

Sektorfallstudien zu Determinanten der Produktivitätsentwicklung in der Automobilindustrie, im Maschinenbau und bei den Telekommunikationsdienstleistungen

Dr. Michael Rothgang

Dr. Jochen Dehio

Ronald Janßen-Timmen

Prof. Dr. Joel Stiebale

Studien zum deutschen Innovationssystem

Nr. 9-2018

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
Hohenzollernstr. 1-3, 45128 Essen
www.rwi-essen.de

Januar 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. 9-2018

ISSN 1613-4338

Herausgeber:

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Geschäftsstelle:

c/o 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:

Dr. Michael Rothgang

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.

Hohenzollernstraße 1-3

45128 Essen

Telefon +49 2 01 81 49-2 48

Telefax +49 2 01 81 49-2 00

Email: rothgang@rwi-essen.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	3
Verzeichnis der Tabellen.....	5
Verzeichnis der Schaubilder	7
Verzeichnis der Übersichten	8
1. Kontext.....	9
2. Analyse der Produktivitätsentwicklung: Untersuchungskonzept.....	10
2.1 Analysekonzept und Vorgehensweise	10
2.2 Untersuchung auf der Unternehmensebene	12
2.3 Untersuchung auf der Sektorebene	13
2.3.1 Expertengespräche mit Unternehmens- und Verbandsvertretern, und Mitarbeitern des Statistischen Bundesamts	13
2.3.2 Analyse von verfügbaren Daten auf Sektorebene.....	14
3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien.....	19
3.1 Kontext.....	19
3.1.1 Die betrachteten Sektoren.....	19
3.1.2 Die betrachteten Sektoren im Innovationsgeschehen der Wirtschaft	21
3.1.3 Der internationale Kontext: internationale Entwicklung von Produktivität und Wirtschaft.....	23
3.2 Automobilbau	26
3.2.1 Charakteristika des automobilen Innovationssystems	26
3.2.2 Produktivitätsentwicklung auf Sektorebene	30
3.2.3 Produktivitätsentwicklung im internationalen Vergleich	33
3.2.4 Produktivitätsentwicklung auf Unternehmensebene.....	37
3.2.5 Determinanten der Produktivitätsentwicklung.....	42
3.2.6 Radikale Neuerungen und ihr Einfluss: Elektromobilität.....	57
3.2.7 Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivitätsentwicklung im Automobilsektor	65
3.3 Maschinenbau	67
3.3.1 Charakteristika des Innovationssystems	67
3.3.2 Produktivitätsentwicklung auf Sektorebene	70
3.3.3 Produktivitätsentwicklung im internationalen Vergleich	85
3.3.4 Produktivitätsentwicklung auf Unternehmensebene.....	93
3.3.5 Determinanten der Produktivitätsentwicklung.....	97
3.3.6 Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivitätsentwicklung im Maschinenbau	108
3.4 Telekommunikation	109
3.4.1 Charakteristika des Sektors und des sektoralen Innovationssystems.....	109
3.4.2 Produktivitätsentwicklung im Telekommunikationssektor	113
3.4.3 Produktivitätsentwicklung im internationalen Vergleich	118
3.4.4 Produktivitätsentwicklung auf Unternehmensebene.....	122

3.4.5	Determinanten der Produktivitätsentwicklung.....	126
3.4.6	Einfluss von FuE und Innovationen auf die Produktivitätsentwicklung.....	134
4.	Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik	136
4.1	Produktivitätszuwächse in der Automobilindustrie	136
4.2	Produktivitätszuwächse im Maschinenbau	139
4.3	Produktivitätszuwächse im Telekommunikationssektor.....	145
4.4	Sektorübergreifende Erkenntnisse	147
4.5	Schlussfolgerungen für die Politik	152
	Literatur	154

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 3.1.1	Produktionswert, Bruttowertschöpfung, Vorleistungsanteil, Preisindex, Arbeitseinsatz, Beschäftigung und Arbeitsproduktivität.....	22
Tabelle 3.1.2	Arbeitsproduktivität in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich	23
Tabelle 3.1.3	Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich	25
Tabelle 3.1.4	Totale Faktorproduktivität in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich	25
Tabelle 3.2.1	Abgrenzung des Sektors „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ in der Wirtschaftszweiggliederung, Umsätze, Unternehmen und Beschäftigte	27
Tabelle 3.2.2	Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Automobilsektor	31
Tabelle 3.2.3	Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Automobilsektor	32
Tabelle 3.2.4	Arbeitsproduktivität im Fahrzeugbau im internationalen Vergleich	33
Tabelle 3.2.5	Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Fahrzeugbau im internationalen Vergleich.....	35
Tabelle 3.2.6	Totale Faktorproduktivität im Fahrzeugbau internationalen Vergleich	36
Tabelle 3.2.7	Umsatz (operating revenue) pro Mitarbeiter im Automobilsektor in 1000 Euro	37
Tabelle 3.2.8	Wertschöpfung (added value) pro Mitarbeiter im Automobilsektor in 1000 Euro	38
Tabelle 3.2.9	Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität im Automobilsektor	39
Tabelle 3.2.10	Zahl der in Amadeus registrierten EPO-Patentanmeldungen der Unternehmen des Automobilsektors im Zeitverlauf	40
Tabelle 3.2.11	Dekomposition der Totalen Faktorproduktivität im Automobilsektor	41
Tabelle 3.2.12	Verteilung der Produktivität im Automobilsektor im Jahr 2015	42
Tabelle 3.2.13	Beschäftigung, Wertschöpfung, Preisentwicklung und Produktivität in den Unterabschnitten der Automobilindustrie	46
Tabelle 3.2.14	Produktionsstrukturen der Automobilindustrie basierend auf Input-Output-Tabellen.....	54
Tabelle 3.2.15	Produktionsstrukturen der Automobilindustrie basierend auf Input-Output-Tabellen.....	55
Tabelle 3.2.16	Auswirkungen einer Elektromobilität auf die Produktivitätsentwicklung: Bauteile.....	63
Tabelle 3.2.17	Auswirkungen einer Zunahme der Elektromobilität auf die Produktivitätsentwicklung: Gesamtsektor	64
Tabelle 3.3.1	Abgrenzung des Maschinenbau-Sektors in der Wirtschaftszweiggliederung, Umsätze, Unternehmen und Beschäftigte	68

Tabelle 3.3.2	Produktionswert, Bruttowertschöpfung, Vorleistungsanteil, Preisindex, Arbeitseinsatz, Beschäftigung und Arbeitsproduktivität	71
Tabelle 3.3.3	Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau	73
Tabelle 3.3.4	Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau	74
Tabelle 3.3.5	Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau: Vergleich 2005 bis 2015 mit 1995 bis 2005.....	75
Tabelle 3.3.6	Entwicklung von Beschäftigung, Wertschöpfung, Preisen und Produktivität in den Unterabschnitten des Maschinenbaus (WZ 2003 Dreisteller)	77
Tabelle 3.3.7	Entwicklung von Beschäftigung, Wertschöpfung, Preisen und Produktivität in den Unterabschnitten des Maschinenbaus (WZ 2008 Viersteller)	79
Tabelle 3.3.8	Arbeitsproduktivität im Maschinenbau im internationalen Vergleich.....	86
Tabelle 3.3.9	Totale Faktorproduktivität im Maschinenbau im internationalen Vergleich.....	87
Tabelle 3.3.10	Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Maschinenbau in ausgewählten Ländern	89
Tabelle 3.3.11	Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Maschinenbau im internationalen Vergleich	90
Tabelle 3.3.12	Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Maschinenbau im internationalen Vergleich	92
Tabelle 3.3.13	Umsatz (operating revenue) pro Mitarbeiter im Maschinenbau	93
Tabelle 3.3.14	Wertschöpfung (added value) pro Mitarbeiter im Maschinenbau	94
Tabelle 3.3.15	Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität im Maschinenbau	95
Tabelle 3.3.16	Entwicklung der Patentanmeldungen im Maschinenbau	96
Tabelle 3.3.17	Dekomposition des TFP im Maschinenbau.....	96
Tabelle 3.3.18	Verteilung der Produktivität im Jahr 2015 im Maschinenbau	97
Tabelle 3.3.19	Arbeitsproduktivität, berechnet über Kettenindizes und den Erzeugerpreisindex	102
Tabelle 3.3.20	Produktionsstrukturen des Maschinenbaus basierend auf Input-Output-Tabellen, 1995 bis 2007.....	104
Tabelle 3.3.21	Produktionsstrukturen des Maschinenbaus basierend auf Input-Output-Tabellen	105
Tabelle 3.4.1	Abgrenzung des Telekommunikationssektors in der Wirtschaftszweiggliederung und auf die einzelnen WZ-Bereiche entfallende Umsätze, Unternehmen und Beschäftigte	109
Tabelle 3.4.2	Entwicklung der Arbeitsproduktivität und der Totalen Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor in Deutschland	113
Tabelle 3.4.3	Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Telekommunikationssektor.....	114
Tabelle 3.4.4	Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Telekommunikationssektor.....	115

Verzeichnis der Schaubilder

Tabelle 3.4.5	Arbeitsproduktivität im Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich	118
Tabelle 3.4.6	Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Telekommunikationssektor in ausgewählten Ländern	120
Tabelle 3.4.7	Totale Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich	121
Tabelle 3.4.8	Umsatz pro Mitarbeiter im Telekommunikationssektor.....	122
Tabelle 3.4.9	Nominale Umsatz pro Mitarbeiter im Telekommunikationssektor	122
Tabelle 3.4.10	Wertschöpfung pro Mitarbeiter im Telekommunikationssektor	123
Tabelle 3.4.11	Totale Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor	124
Tabelle 3.4.12	EPO-Patentanmeldungen der Unternehmen des Telekommunikationssektors.....	124
Tabelle 3.4.13	Dekomposition der Totalen Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor	125
Tabelle 3.4.14	Verteilung der Produktivität im Telekommunikationssektor	126
Tabelle 3.4.15	Produktionsstruktur der Nachrichtenübermittlungs-Dienstleistungen 1995 bis 2007	132
Tabelle 3.4.16	Produktionsstruktur des Telekommunikationssektors 2008 bis 2013	133
Tabelle 4.1	Arbeitsproduktivität, berechnet über Kettenindizes und den Erzeugerpreisindex	143

Verzeichnis der Schaubilder

Schaubild 3.1.1	Entwicklung der Arbeitsproduktivität in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich	24
Schaubild 3.1.2	Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich	26
Schaubild 3.2.1	Wertschöpfungskette im Automobilbau	29
Schaubild 3.2.2	Arbeitsproduktivität im Fahrzeugbau im internationalen Vergleich	34
Schaubild 3.2.3	Totale Faktorproduktivität im Fahrzeugbau im internationalen Vergleich	36
Schaubild 3.2.4	Produkt- und Verfahrensinnovationen im Automobilbau im Zeitablauf.....	49
Schaubild 3.3.1	Arbeitsproduktivität im Maschinenbau im internationalen Vergleich	87
Schaubild 3.3.2	Totale Faktorproduktivität im Maschinenbau im internationalen Vergleich.....	88
Schaubild 3.4.1	Entwicklung des Datenvolumens im Mobilfunk in Deutschland	112
Schaubild 3.4.2	Entwicklung der Arbeitsproduktivität und der Totalen Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor in Deutschland	113
Schaubild 3.4.3	Entwicklung der nominalen Bruttowertschöpfung, des Preisindex und des Arbeitseinsatzes im Telekommunikationssektor in Deutschland.....	116

Schaubild 3.4.4 Vergleich der Entwicklung der Preisindizes für Produktionswert, Vorleistungen und Bruttowertschöpfung im Telekommunikationssektor in Deutschland	117
Schaubild 3.4.5 Arbeitsproduktivität im Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich	119
Schaubild 3.4.6 Totale Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich.....	121

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 2.1 Untersuchungsraaster: mögliche Determinanten der Produktivitätsentwicklung in den untersuchten Sektoren.....	12
Übersicht 2.2 Charakteristika der EU-Klems-Daten	18
Übersicht 3.2.1 Marktstruktur, Marktverhalten, Marktergebnis und Innovationsprozesse im Automobilbau	28
Übersicht 3.2.2 Einflussgrößen der Produktivitätsentwicklung in der Produktion in zwei Bereichen der automobilen Wertschöpfungskette	43
Übersicht 3.2.3 Technischer Fortschritt, Rahmenbedingungen und Marktentwicklung im Zeitablauf.....	48
Übersicht 3.2.4 Komponenten im Antriebsstrang und Auslegung in verschiedenen Antriebsvarianten.....	61
Übersicht 3.3.1 Marktstruktur, Marktverhalten, Marktergebnisse und Innovationen im Maschinenbau.....	69
Übersicht 3.3.2 Industrietrends im Maschinenbau.....	98
Übersicht 3.4.1 Marktstruktur, Marktverhalten, Marktergebnisse und Innovationen im Telekommunikationssektor.....	110
Übersicht 3.4.2 Einflussfaktoren der Produktivitätsentwicklung – Meilensteine in Bezug auf Regulierung und Innovationen	126
Übersicht 3.4.3 Veränderungen von Rahmenbedingungen im Telekommunikationssektor im Zeitablauf.....	128
Übersicht 3.4.4 Technologieentwicklung im Telekommunikationssektor im Zeitablauf	129
Übersicht 4.1 Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Fahrzeugbau.....	138
Übersicht 4.2 Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Maschinenbau.....	141
Übersicht 4.3 Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Telekommunikationssektor	146
Übersicht 4.4 Determinanten des Produktivitäts-Slowdowns: Vergleich mit dem Literaturstand.....	148

1. Kontext

Die Fragestellung der vorliegenden Studie ergab sich der Ausschreibung der Expertenkommission Forschung und Innovation zum Thema „Langfristentwicklungen von Innovation und Produktivität – Säkulare Stagnation“. Im Mittelpunkt dieser Ausschreibung stand die These, dass die sich erschöpfenden technologischen Potenziale zu einer Stagnation von Innovationen und Produktivität geführt haben. In der vorliegenden Untersuchung (Fachlos 1) wird diese These aus der Perspektive einzelner sektoraler Innovationssysteme untersucht. Hintergrund dieses Untersuchungsansatzes ist die Vermutung, dass Produktivitätssteigerungen zu einem erheblichen Teil auf der Sektorebene idiosynkratische Merkmale aufweisen, die in ihrer Summe ein Bild der Faktoren ergeben, welche für die Erklärung des Produktivitätswachstums von Bedeutung sind. Die in dieser Studie diskutierten Bestimmungsgründe des Produktivitätswachstums werden mit Arbeiten des ZEW abgestimmt, die einen Überblick über den Literaturstand zu den möglichen Ursachen eines Produktivitäts-Slowdowns geben.

Das Produktivitätswachstum gilt – bezogen auf die Totale Faktorproduktivität – seit den grundlegenden Arbeiten von Solow (1956) in langfristiger Perspektive insbesondere als ein Maß für den technischen Fortschritt. Die am Ausgangspunkt unserer Untersuchung stehende Frage, ob es in den vergangenen Jahrzehnten zu einer Abschwächung des Produktivitätswachstums gekommen ist, die einen generellen, durch Eigenschaften des technischen Fortschritts bestimmten Trend wiedergibt, oder ob neue Möglichkeiten, etwa durch die Nutzung der Potenziale von IK-Technologien, deutliche Produktivitätssteigerungen erwarten lassen, wird in der Literatur kontrovers diskutiert.

Dabei vertritt Gordon eine eher wachstumspessimistische, Brynjolfsson und McAfee (2014) vertreten dagegen, u.a. basierend auf dem Technologieverständnis von Arthur (2009), eine wachstumsoptimistische Sicht. Dabei werden Eigenschaften der Technologieentwicklung (etwa bei IKT) hervorgehoben, die dazu führen, dass die Technologieentwicklung durch die Kombination aus einer immer größeren Vielzahl von Elementen entsteht. Eine weitere Studie von Bloom (2017) sieht demgegenüber eine Ausschöpfung technischer Potenziale, die zu einer Verringerung der FuE-Produktivität führt, als wichtigen Grund für eine Verringerung des Produktivitätswachstums. Diese Sichtweisen haben gemeinsam, dass sie den technischen Fortschritt und die mit ihm verbundenen Auswirkungen in den Mittelpunkt stellen, insbesondere auch die Auswirkungen von *General Purpose Technologies* (GPT).

Die in dieser Studie diskutierte sektorale oder besser „Innovationssystem“-Sichtweise der Technologieentwicklung und deren Auswirkungen auf die Produktivitätsentwicklung fügt der Diskussion eine weitere Perspektive hinzu. Insbesondere wird es aus dieser Perspektive möglich, die Auswirkungen bestimmter Prozesse (etwa des technischen Fortschritts, von Innovationen und produktionsinternen Optimierungsprozessen) auf das Produktivitätswachstum besser zu verstehen. Dabei darf nicht vergessen werden, dass Entwicklungen auf der Unternehmens-, Sektor- und gesamtwirtschaftlichen Ebene (etwa Auswirkungen der globalisierten Märkte, von Binnenwirtschaftszonen oder des veränderten Zugangs zu Finanzmärkten) in ihrem Zusammenspiel zu den beobachteten Entwicklungen beitragen.

2. Analyse der Produktivitätsentwicklung: Untersuchungskonzept

2.1 Analysekonzept und Vorgehensweise

Der von uns vorgeschlagene Lösungsansatz untersucht anhand von drei Sektor-Fallstudien die These, der zufolge die zunehmend ausgeschöpften technologischen Potenziale zu einer Stagnation von Innovationen und Produktivität geführt haben. Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass viele Aspekte, die für den langfristigen Zusammenhang zwischen Innovationen und Produktivität relevant sein dürften, auf sektorale Prozesse zurückzuführen sind, was vorliegende quantitative Indikatoren bislang nur in Teilaspekten abbilden können. Es sollen daher für drei ausgewählte Sektoren vertiefte Untersuchungen der sektoralen Produktivitätsentwicklung und der zugrundeliegenden Innovationsprozesse durchgeführt werden:

- (1) **Automobilbau:** Hierbei handelt es sich um einen Industriezweig, in dem ein erheblicher Teil der Forschungsaktivitäten der deutschen Wirtschaft stattfindet und der im nationalen Innovationssystem eine immer größere Bedeutung erlangt. Betrachtet wird nicht nur der Sektor nach der Wirtschaftszweigklassifikation, sondern auch die Entwicklung entlang der gesamten Wertschöpfungskette.
- (2) **Maschinenbau:** Dieser Industriezweig gibt über die Verflechtung mit anderen Sektoren der Wirtschaft einen zentralen Impuls für das Innovationsgeschehen und ist durch neue, IKT-getriebene Produktionsprozesse (Industrie 4.0) im Wandel begriffen.
- (3) **Telekommunikationsdienstleistungen als Anwender von IK-Technologien:** Der Telekommunikationssektor (Division 61 nach WZ 2008) ist seit dem Jahr 2000 durch eine deutliche Zunahme der Totalen Faktorproduktivität gekennzeichnet. Dieser Wirtschaftsbereich ist ein intensiver Anwender von IK-Technologien und hat in seiner Entwicklung sowohl von der Regulierung des Festnetzes als auch der dynamischen Entwicklung von IKT profitiert.

Das Analysekonzept sieht für die Untersuchung der Produktivitätsentwicklung in diesen Sektoren eine strukturierte Vorgehensweise vor: Ausgangspunkt dafür ist die Klassifikation von Pavitt (1984) bzw. die Weiterentwicklung dieses Ansatzes. Dabei werden jeweils auch Innovationsprozesse in den Dienstleistungssektoren einbezogen, wobei die vorhandene Literatur zum Innovationsgeschehen in den jeweiligen Sektoren breiter in den Blick genommen wird. Neben dem Innovationsgeschehen als möglicher Treiber der Produktivitätsentwicklung werden gemäß der traditionellen industrieökonomischen Sichtweise auch die Marktstruktur, das Marktverhalten und das Marktergebnis betrachtet.

Darauf aufbauend wird im zweiten Abschnitt die Produktivitätsentwicklung in den jeweiligen Sektoren auf nationaler und internationaler Ebene untersucht, wobei sowohl nationale Daten (Statistisches Bundesamt, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Kostenstrukturerhebungen und Preisstatistiken) als auch internationale Datenquellen (Eurostat und EU-Klems) herangezogen werden.

Gefragt wird:

- (1) Wie hat sich die Arbeitsproduktivität bzw. Totale Faktorproduktivität in Deutschland entwickelt? Ergeben sich Hinweise auf Strukturbrüche, insbesondere eine Verringerung der Produktivitätssteigerungen, wie sie seit 2000 in vielen Volkswirtschaften zu beobachten waren?

2. Analyse der Produktivitätsentwicklung: Untersuchungskonzept

- (2) Welche Hinweise gibt es hinsichtlich des Zusammenwirkens verschiedener Einflussgrößen der Produktivitätsentwicklung?
- (3) Wie hat sich die Produktivität im internationalen Vergleich entwickelt, speziell in den USA, Japan und den Ländern der EU? Gab es hierbei bemerkenswerte Unterschiede im Vergleich zu Deutschland?
- (4) Gibt es Hinweise auf sektorinterne Entwicklungen in den Teilbranchen, die die jeweilige Produktivitätsentwicklung erklären können?

Auf der Unternehmensebene wird eine mikroökonometrische Untersuchung der Produktivitätsentwicklung (sowohl der Arbeits- als auch der Totalen Faktorproduktivität) ab dem Jahr 2006 in den betrachteten Sektoren vorgenommen, wofür Daten der Amadeus-Datenbank herangezogen werden. Gefragt wird:

- (1) Wie hat sich die Produktivität auf der Unternehmensebene entwickelt?
- (2) Wie hat sich die Produktivität von innovativen versus nicht innovativen bzw. großen versus kleinen Unternehmen entwickelt?
- (3) Konnte man eine Produktivitätsentwicklung durch unternehmensinterne Prozesse oder eher durch eine Gewichtsverlagerung zwischen den Unternehmen beobachten?

Aufbauend auf dieser Diskussion der Sektorentwicklung aus unterschiedlichen Perspektiven wird nach den Ursachen für die Produktivitätsentwicklung im jeweiligen Sektor gefragt. Dabei wird ein jeweils einheitliches Untersuchungsrastrer angewendet, das auf den in der Studie des ZEW identifizierten möglichen Ursachen für Produktivitätsveränderungen (bzw. für eine Verringerung des Produktivitätswachstums) aufbaut (Übersicht 2.1).

Im Anschluss an die Analyse der verschiedenen Aspekte wird jeweils ein für den Sektor charakteristischer Aspekt näher untersucht:

- Im Fall des Automobilbaus ist dies die Auswirkung der E-Mobilität auf die Produktivitätsentwicklung. In diesem Zusammenhang wird auch nach dem Zusammenwirken von Produkt- und Prozessinnovationen im dynamischen Entwicklungsprozess in Hinblick auf die Produktivitätsentwicklung gefragt.
- Im Maschinenbau wird vertieft untersucht, inwieweit es seit 2005 zu einer Abschwächung des Produktivitätswachstums gekommen ist und, wenn ja, welche Faktoren die Abschwächung des Produktivitätswachstums in den vergangenen Jahren verursacht haben.
- Bei den Telekommunikationsdienstleistungen werden die Auswirkungen der IKT-Nutzung im betrachteten Sektor untersucht, also die Impulse, die von der Nutzung und Weiterentwicklung einer *General Purpose Technology* (GPT) ausgehen.

Zuletzt wird diskutiert, wie sich in den einzelnen Sektoren der Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivität darstellt, um im Gesamtkontext die Konsequenzen für die Forschungs- und Innovationspolitik ziehen zu können.

Die Ergebnisse für die einzelnen Sektoren werden in Abschnitt 4 zusammengefasst. Darüber hinaus werden in diesem Abschnitt weitergehende Schlussfolgerungen zur Abschwächung des Produktivitätswachstums gezogen und Empfehlungen für die Politik gegeben.

Übersicht 2.1

Untersuchungsraster: mögliche Determinanten der Produktivitätsentwicklung in den untersuchten Sektoren

Möglicher Einflussfaktor	Erläuterung
Messung der Produktqualität/ Preiseffekte	Inwieweit waren Preiseffekte für die gemessene Produktivitätsentwicklung verantwortlich? Gibt es mögliche Messprobleme, die die Produktivitätsmessung beeinflusst haben? Welche Auswirkungen ergeben sich aus Problemen bei der Erfassung der Produktqualität?
Technischer Fortschritt und produktionsorganisatorische Neuerungen	Wie hat der technische Fortschritt in dem Sektor stattgefunden, welche technologischen Entwicklungen hat es gegeben? Lässt sich der technische Fortschritt anhand konkreter Indikatoren abbilden? Gibt es Hinweise darauf, dass Produkt- oder Verfahrensinnovationen die Produktivitätsentwicklung getrieben haben bzw. dass deren Ausbleiben zu einer Abschwächung des Produktivitätswachstums geführt hat?
Markttrends, Angebot und Nachfrage Rahmenbedingungen, regulative Einflüsse	Haben Markt- bzw. angebots- und nachfrageseitige Faktoren die Produktivitätsentwicklung beeinflusst? Inwieweit haben Veränderungen der Rahmenbedingungen für den Wettbewerb bzw. staatliche Maßnahmen einen Einfluss auf die Produktivitätsentwicklung genommen?
Vorleistungsverflechtung	Welchen Einfluss hat die Verschiebung in den Wertschöpfungsketten bzw. das Outsourcing von Produktionskapazitäten auf die Produktivitätsentwicklung?
Nutzung von IKT	Welche Rolle spielen IK-Technologien bei der Produktivitätsentwicklung im jeweiligen sektoralen Innovationssystem?

Quelle: Eigene Darstellung.

2.2 Untersuchung auf der Unternehmensebene

Die Analyse der Produktivitätsentwicklung auf der Unternehmensebene wird auf Basis der Unternehmensdatenbank Amadeus durchgeführt, die vom Bureau van Dijk vertrieben wird. Die Datenbank enthält Informationen aus Bilanzdaten, Gewinn- und Verlustrechnungen sowie Eigentumsverflechtungen. Diese Daten werden in erster Linie aus Geschäftsberichten gewonnen und durch Informationen von spezialisierten Regionalanbietern ergänzt, in Deutschland insbesondere von Creditreform. In der Datenbank sind mehrere Millionen europäische Unternehmen erfasst. Allerdings sind aufgrund von Veröffentlichungspflichten nur für einen Teil dieser Unternehmen Bilanzinformationen verfügbar. Neben anderen Variablen enthält Amadeus Informationen zu Branche, Beschäftigung, Umsatz, Anlagevermögen und Materialkosten, zudem zu den Patentanmeldungen der Unternehmen. Die Datenbank wurde in einer Vielzahl von wissenschaftlichen Studien für Produktivitätsschätzungen auf der Unternehmensebene verwendet (siehe z.B. Bloom et al. 2016; Helpman et al. 2004).

Die Darstellung der Produktivität basiert auf verschiedenen Kennzahlen. Als Indikator wird die Arbeitsproduktivität, gemessen als Umsatz oder Wertschöpfung (Umsatz minus Vorleistungen) pro Mitarbeiter verwendet. Da dieses Maß den unterschiedlichen Kapitaleinsatz von Unternehmen nicht berücksichtigt, wird als zusätzliches Maß die Totale Faktorproduktivität herangezogen. Diese wird anhand einer logarithmischen Regression geschätzt, in welcher der Output eines Unternehmens auf die Zahl der Mitarbeiter, den Kapitalstock und (für Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes) den Materialeinsatz regressiert wird. Das Residuum dieser Regression ist die Totale Faktorproduktivität. Die Idee bei diesem Produktivitätsmaß ist, dass produktivere Unternehmen einen höheren Output für einen gegebenen Einsatz von Produktionsfaktoren erzielen. Der Kapitaleinsatz eines Unternehmens wird hierbei durch das Sachanlagevermögen gemessen. Um die

2. Analyse der Produktivitätsentwicklung: Untersuchungskonzept

Effekte von Preisveränderungen herauszurechnen, werden alle Größen deflationiert und in Preisen des Jahres 2000 gemessen. Die Deflatoren stammen aus dem Erzeugerpreisindex des Statistischen Bundesamts bzw. der Datenbank OECD Stan und enthalten separate Preisindizes für Umsatz, Wertschöpfung, Materialkosten und Kapital.

Ein Problem bei der Schätzung der Totalen Faktorproduktivität ist die Endogenität der Produktionsfaktoren, die u.a. dadurch entstehen kann, dass produktivere Unternehmen möglicherweise mehr Inputs verwenden. Dieses Problem wird anhand des Schätzverfahrens von Akerberg, Caves und Frazer (2016) adressiert. Insbesondere werden bei diesem Verfahren verzögerte Werte der Produktionsfaktoren als Instrumentvariablen verwendet. Die Schätzung der Produktionsfunktionen erfolgt separat für die drei untersuchten Sektoren Fahrzeugbau, Maschinenbau und Telekommunikation, um unterschiedliche Produktionsprozesse in verschiedenen Märkten zu berücksichtigen.

2.3 Untersuchung auf der Sektorebene

Im Rahmen der Untersuchung auf der Sektorebene werden verschiedene Daten- und Informationsquellen kombiniert. Ziel ist es, einen umfassenden Überblick über die Determinanten der Entwicklung in den einzelnen Sektoren zu bekommen.

2.3.1 Expertengespräche mit Unternehmens- und Verbandsvertretern, und Mitarbeitern des Statistischen Bundesamts

Die Unternehmensgespräche haben den Zweck, detailliertere Informationen zu den Determinanten und die Erfassung der Produktivitätsentwicklung auf der Unternehmensebene zu erhalten. Es wurden leitfragengestützte, teilstandardisierte Interviews durchgeführt, wobei die folgenden Fragen jeweils an die spezifische Situation in den einzelnen Sektoren angepasst wurden:

- Wie funktioniert der Markt in Ihrem Sektor? Welche Faktoren bestimmten die Entwicklung von Umsätzen, Wertschöpfung und Beschäftigung?
- Welche Faktoren haben in den letzten Jahrzehnten die Produkt- und Produktivitätsentwicklung maßgeblich beeinflusst? An welchen Indikatoren machen Sie das fest?
- Wie hat der technische Fortschritt die Märkte in den vergangenen Jahrzehnten beeinflusst? Was waren zentrale Einschnitte und welche Auswirkungen haben sie gehabt?
- Aufgrund der Veränderung der Produkte wird es schwieriger, Preisindizes zu berechnen. Woran sollte man Ihrer Ansicht nach die Qualitätssteigerung festmachen?
- Welche Entwicklung ist für die Zukunft zu erwarten, welche Faktoren werden dabei an Bedeutung gewinnen? Mit welcher Produktivitätssteigerung ist aus Ihrer Sicht in Zukunft zu rechnen?

Dabei lag der Schwerpunkt insbesondere auch auf den Mechanismen, die die Produktivitätssteigerungen in der Produktion bestimmen. Die Expertengespräche mit Mitarbeitern des Statistischen Bundesamts gaben einen Einblick in Details der Methodik und Vorgehensweise bei der Erfassung der relevanten Daten für die einzelnen Wirtschaftszweige; sie sind in die Erläuterungen zur Statistik eingeflossen. Es wurden insgesamt zwölf Gespräche geführt, acht mit Unternehmens- und Verbandsvertretern der untersuchten Branchen, vier mit Mitarbeitern des Statistischen Bundesamts. Dabei wurden gezielt die Verantwortlichen für Produktion bzw. Forschung und Entwicklung

sowie bei mittelständischen Unternehmen die jeweiligen Geschäftsführer befragt. Aufgrund der zugesicherten Vertraulichkeit werden die Namen der Ansprechpartner nicht ausgewiesen.

2.3.2 Analyse von verfügbaren Daten auf Sektorebene

Im Rahmen der Analysen erwies es sich als sinnvoll, verschiedene Datenquellen zu kombinieren, um deren jeweilige Aussagekraft für die Untersuchung zu nutzen.

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts

Die Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) des Statistischen Bundesamts, ermöglichen es, die Berechnung der preisbereinigten Wertschöpfung nachzuvollziehen und somit auch die unmittelbaren Einflussfaktoren auf die Produktivitätsentwicklung zu beleuchten. In der VGR wird eine Preisbereinigung anhand einer doppelten Deflationierung (von Produktionswert und Vorleistungen) sowie unter Verwendung von Kettendindizes vorgenommen. In unserer Untersuchung wird die Frage beleuchtet, ob und inwieweit Messprobleme bei der Erfassung von Mengen und Preisen eine Ursache für den Rückgang der Produktivität in Deutschland sein könnten. Diese Frage ist insofern relevant, als die reale Bruttowertschöpfung und damit der Zähler bei jeder Produktivitätsberechnung von den ermittelten Güterpreisen und deren Entwicklung abhängt. Um dieser Frage nachzugehen, werden sowohl die Verfahren der Preisermittlung als auch die Muster von Produktivitätssteigerungen und deren Zusammenhang zu Veränderungen der Produktqualität betrachtet.

Problematik der Preisbereinigung und die Verwendung von Kettenindizes

Preisindizes sollen es ermöglichen, zwei Zeitperioden 0 und t zu vergleichen. Ziel ist es, die Veränderung von Mengen und Preisen für bestimmte Güter voneinander zu trennen. Es gibt eine Vielzahl möglicher Indizes, die für die Preismessung herangezogen werden können (zur Problematik der Preisbereinigung und Verwendung von Kettenindizes vgl. Neubauer 1996, Landefeld und Parker 1997, von der Lippe 2001 und Statistisches Bundesamt 2014):

Das traditionelle Verfahren der Messung beruht auf einer Preismessung auf Basis der Gewichte eines Basisjahrs (wie sie beim direkten Laspeyres-Index herangezogen wird). Dieses Verfahren basiert auf den festen Gewichten des Basisjahrs. Es fragt danach, wie viel der Warenkorb des Basisjahrs (also jedes einzelne Produkt des Basisjahrs) zu einem Zeitpunkt t kostet. Die Gewichte für die einzelnen Produkte werden damit nur im Basisjahr erfasst und dann konstant gehalten. Die Substitution zwischen verschiedenen Produkten (bzw. die Etablierung neuer Produkte) wird für die Periode, in der der Warenkorb konstant gehalten wird, nicht berücksichtigt. Bei einem Preisvergleich auf Basis des Indizes werden, anders als beim Kettenindex, nur Informationen für die beiden Zeitpunkte verwendet.

Der Kettenindex ermittelt für jedes Jahr individuell, wie viel die im Vorjahr verkauften Produkte im gegenwärtigen Jahr kosten. Somit verändert sich der zugrunde gelegte Güterkorb von Jahr zu Jahr. Er greift dabei auch auf Informationen aus den Zwischenperioden zurück. Basierend auf dieser Vorgehensweise wird ein Index gebildet, in dem der Vergleich auf einer Multiplikation von verschiedenen Links beruht. Ein Link wiederum beruht auf einem Vergleich zweier aufeinander folgender Zeitperioden. Die Preisbereinigung bzw. der Preisvergleich wird jeweils auf Basis der Preise für verschiedene Produkte (und Mengen) der Vorperiode vorgenommen. Die Preisvariation zwischen zwei Perioden 0 und t beruht damit (1) auf den Preisunterschieden zwischen den beiden Perioden, (2) den Veränderungen der Mengen (Gewichte) zwischen 0 und t und (3) dem Veränderungspfad von Preisen und Mengen zwischen 0 und t (dem Zeitpfad der Veränderung).

2. Analyse der Produktivitätsentwicklung: Untersuchungskonzept

Von diesen Veränderungen ist die erste der Aspekt, den ein Preisindex primär erfassen sollte. Die zweite reflektiert die Substitution zwischen verschiedenen Produkten (etwa durch Preisänderungen, aber auch durch Nachfrageänderungen, wie sie z.B. bei der Entwicklung qualitativ höherwertiger Produkten auftreten). Für die dritte Art von Variation, die auftritt, existiert keine Rechtfertigung in der ökonomischen Theorie. Die Verkettung liefert dann eine andere Entwicklung als der direkte Laspeyres-Index, wenn jeweils die Mengen zwischen den Perioden angepasst werden.

Der Vorteil der Kettenindizes liegt auf der Hand: für jede Periode werden die „richtigen“, weil aktuellen Gewichte für die Entwicklung der Preise für die einzelnen Güter herangezogen. Das ermöglicht es, zwischen zwei angrenzenden Perioden die Preise am besten von den Mengen zu trennen und damit auch Qualitätsveränderungen, wie sie etwa durch den technischen Fortschritt erfolgen, besser zu berücksichtigen (von der Lippe 2001: 134). Demgegenüber basieren die berechneten Mengen nicht mehr auf konstanten Preisen (einer Basisperiode), sondern auf verschiedenen Preisen unterschiedlicher Perioden.

Von der Lippe (2001) diskutiert sehr ausführlich die Argumente, die für und gegen Kettenindizes ins Feld geführt werden. Das Problem, das für uns von besonderer Relevanz ist, ist die Auswirkung von (raschen) Qualitätsveränderungen der Produkte auf die direkten Preis- und Kettenindizes:

- Bei den Festpreisindizes stellt die Anpassung an veränderte Qualitäten der Produkte in folgender Hinsicht ein Problem dar: Der Preisindex wird auf Basis eines konstanten Produktspektrums berechnet (also auf Grundlage von Preisen für jeweils das gleiche Produkt im Zeitablauf). Die Gewichte werden jeweils nach einigen Jahren angepasst (in der Regel nach fünf Jahren). Das führt dazu, dass der Substitutionseffekt und die Auswirkungen von Qualitätsveränderungen (Qualitätsverbesserungen) sich in den Mengengrößen wiederfinden.
- Bei der Ermittlung von Kettenindizes wird die Basis jeweils von Jahr zu Jahr angepasst, sodass in jedem Jahr die Preisermittlung (und damit auch die Erfassung der Mengen) auf Basis des aktuellen Warenkorbs erfolgt. Dies bedeutet im Mehrjahresvergleich, dass in Hinblick auf die Preisänderungen (wie auch die Mengenänderungen) jeweils unterschiedliche Warenkörbe (und damit auch unterschiedliche Produkte) miteinander verglichen werden. Damit wird aber auch die Vergleichbarkeit zwischen Perioden, die nicht unmittelbar aneinander angrenzend sind, aufgegeben (von der Lippe 2001: 239, Neubauer 1996: 60 ff.).

Der Kettenpreisindex kann grundsätzlich oberhalb oder unterhalb einem Festpreisindex liegen. Dies ist abhängig von den Substitutionseffekten und den relativen Veränderungen von Preisen und Mengen innerhalb des sich im Zeitablauf verändernden Warenkorbs (Neubauer 1996: 63). Eine Studie, die sich systematisch mit den Auswirkungen dieser Methoden in Märkten befasst, die durch kontinuierliche Neuentwicklungen gekennzeichnet sind, ist uns nicht bekannt.

Insgesamt zeigt sich, dass die Messung von Preis- und Mengenänderungen umso schwerer wird, je stärker sich der Warenkorb über die Zeit hinweg verändert. Das gilt unabhängig von dem für die Preisbereinigung verwendeten Verfahren. Während bei Verwendung der Festpreisindizes die Vergleichbarkeit für Preisänderungen auf einem zum Basiszeitpunkt definierten Produktspektrum beruht, hat die Verwendung der Kettenindizes zur Folge, dass beim Vergleich von Preisen und Mengen über mehrere Perioden hinweg Vergleiche zwischen unterschiedlichen Gütern (Warenkörben) durchgeführt wird. Während bei der Verwendung von Festpreisindizes die Substitution von Gütern nicht berücksichtigt wird (die einen direkten Einfluss auf die Mengenveränderung hat), wird bei den Kettenindizes dieses Problem „weg definiert“ um den Preis, dass zwischen entfernten Perioden nicht identische, je nach Marktentwicklung teilweise gänzlich unterschiedliche

Warenkörbe miteinander verglichen werden und die Preisindizes bzw. Mengenänderungen pfadabhängig werden. Bei einer Kombination der Kettenindizes mit dem in der VGR gebräuchlichen Verfahren der doppelten Deflation ergeben sich Probleme, die teilweise mit nicht plausiblen Ergebnissen einhergehen (von der Lippe 2001: 267).

Diese Problematik der Preismessung, die eine erhebliche Relevanz für die Produktivitätsberechnung hat, wurde vor einigen Jahren intensiv und teilweise kritisch diskutiert (von der Lippe 2001, Neubauer 1996). Diese Diskussion ist jedoch in den vergangenen Jahren, als sich die Preisbereinigung mit Hilfe von Kettenindizes durchgesetzt hat, im Sande verlaufen, ohne dass sich unseres Wissens nach Belege für die generelle Vorteilhaftigkeit von Kettenindizes finden lassen.

Kostenstrukturerhebung und Erzeugerpreisstatistik des Statistischen Bundesamts

Die Daten aus der Kostenstrukturerhebung ermöglichen es, detailliertere Einblicke in die Produktivitätsentwicklung in den jeweiligen Teilbranchen der betrachteten Sektoren zu erhalten. Diese Einblicke helfen, die strukturellen Entwicklungen, die der Produktivitätsentwicklung zugrunde liegen, besser zu verstehen.

Erzeugerpreisstatistiken werden basierend auf Laspeyres-Indizes ermittelt, indem ein Wichtungsschema für die Preisberechnung über fünf Jahre konstant gehalten wird. Die Erzeugerpreisentwicklung auf dieser Basis eignet sich für die Deflationierung der Kostenstrukturdaten und ermöglicht es außerdem, die Preisentwicklung in Kombination mit den indirekten Preisindizes besser zu bewerten, die auf Basis der Kettenindex-Daten berechnet werden können. Da beiden Methoden unterschiedliche Annahmen zugrunde liegen, unterscheiden sich die auf den verschiedenen Grundlagen entwickelten Preisreihen.

Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamts

Die Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamts ermöglichen es, Veränderungen in der Vorleistungsstruktur des Maschinenbaus, des Kfz-Baus und der Telekommunikationsdienstleistungen zu analysieren. Diesen Veränderungen können unterschiedliche strategische Marktverhaltensweisen der Unternehmen zugrunde liegen, die jeweils die Vorleistungsstruktur aus dem In- und Ausland beeinflussen und einen Einfluss auf die Produktivität ausüben können. Teilweise zeigen sich darin direkt Verhaltensweisen (wie Outsourcing bestimmter Aktivitäten), die auf eine Erhöhung der Produktivität abzielen. Teilweise werden aber auch Aktivitäten offenbar (wie eine mögliche Verlagerung von Gewinnen ins Ausland), die indirekt die gemessene Produktivität beeinflussen können. Durch mehrere Revisionen der VGR sowie der Einführung der WZ 2008 sind die IO-Daten nicht durchgehend vergleichbar. Es wurden daher mehrere zeitliche Abschnitte mit vergleichbaren Daten gebildet:

1995 – 2003: VGR-Revision 2005 nach WZ 2003 gegliedert

2004 – 2007: VGR-Revision 2005 nach WZ 2003 gegliedert

2008 – 2010: VGR-Revision 2011 nach WZ 2008 gegliedert

2010 – 2013: VGR-Revision 2014 nach WZ 2008 gegliedert

Mit der VGR-Revision 2011 wurde die WZ 2008 eingeführt, die ab dem Berichtsjahr 2008 verwendet wird. Die WZ 2008 hat zum Teil erhebliche Neuordnungen zwischen den Wirtschaftszweigen mit sich gebracht. Zudem wurden einige Bereiche zusammengefasst, andere getrennt und umbenannt. Beispielsweise wurden aus dem Bereich „Nachrichtenübermittlungsdienstleistungen“

2. Analyse der Produktivitätsentwicklung: Untersuchungskonzept

(WZ 2003) die Bereiche „Post-, Kurier- und Expressdienstleistungen“ sowie „Telekommunikationsdienstleistungen“ (WZ 2008). Ergebnisse ab 2008 sind daher mit früheren Ergebnissen nicht vergleichbar, wenn diese nicht entsprechend zurückgerechnet wurden. Da es hier um den Vergleich von Strukturen geht, ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse durch die erneute Revision der VGR 2014 nicht so stark betroffen.

EU-Ebene: EU-Klems-Daten

Die zentrale Datenbasis für den internationalen Vergleich der Produktivitätsentwicklung stellt dabei die EU-Klems-Datenbank dar (euklems.net, vgl. Übersicht 2.2). Ergänzend werden auch Daten des Statistischen Bundesamtes herangezogen. Die EU-Klems-Datenbank wurde zuletzt Ende des Jahres 2017 aktualisiert. Die Daten sind nach ISIC Rev. 4 abgegrenzt und liegen im Wesentlichen für den Zeitraum von 1980-2015 vor (teilweise sind die Daten – mitunter nach früheren Sektorabgrenzungen – sogar schon ab dem Jahr 1970 verfügbar, teilweise aber auch erst ab späteren Zeitpunkten). Die Untersuchungen beziehen sich daher im Folgenden auf den Zeitraum von 1980 bis 2015, da hier für die meisten Indikatoren relativ vollständige Zeitreihen vorliegen.

Das von EFI vorgeschlagene Ländersample kann aus diesen Daten für die EU-Länder Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Schweden bedient werden. Ergänzend werden zudem die EU-Länder Finnland, Italien und Spanien in die Betrachtung einbezogen. Für die vorgeschlagenen Nicht-EU-Länder Schweiz, China und Südkorea liegen in der EU-Klems-Datenbank keine Daten vor, wohl aber für Japan und die USA.

Zur Darstellung der Produktivitätsentwicklung werden die Totale Faktorproduktivität (TFP) und die Arbeitsproduktivität herangezogen, um Unterschiede und Besonderheiten aufzuzeigen. Die Totale Faktorproduktivität ist ein zentraler Produktivitätsmaßstab und kann direkt der EU-Klems-Datenbank entnommen werden (*TFP value added growth*; Kürzel: TFPva_I). Die Arbeitsproduktivität wird aus verschiedenen Zeitreihen berechnet, und zwar durch die Division der realen Bruttowertschöpfung (*gross value added volume*; Kürzel: VA_QI) durch die geleisteten Arbeitsstunden (*total hours worked by persons engaged*; Kürzel: H_EMP).

Zunächst wird für den Zeitraum von 1980 bis 2015 für die neun ausgewählten Länder die Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität und untersucht. Die Totale Faktorproduktivität bringt zum Ausdruck, in welchem Ausmaß das Wachstum der Wertschöpfung einer Volkswirtschaft unabhängig von der Veränderung des Faktoreinsatzes erfolgt, es also nicht auf einen Anstieg oder Rückgang des Einsatzes der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital zurückzuführen ist. Es handelt sich dabei somit um einen unerklärten Rest, der sich aus dem sog. Solow-Residuum einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen ergibt. Die Ursache für diesen Teil des Wachstums wird in erster Linie auf den technischen Fortschritt zurückgeführt. Die sektorspezifische Totale Faktorproduktivität stellt damit einen Indikator dar, der zum Ausdruck bringt, in welchem Ausmaß ein Sektor in der jeweiligen Volkswirtschaft zum Technischen Fortschritt beiträgt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden durch Tabellen sowie Schaubilder in Form von Linienn- und Säulendiagrammen mit entsprechenden Erläuterungen und kurzen inhaltlichen Texten zur Interpretation veranschaulicht.

Sonstige Datenquellen

Sonstige Datenquellen umfassen u.a. Daten aus anderen Studien auf der Unternehmens-, Sektors- und gesamtwirtschaftlichen Ebene, die hier genutzt werden, um die relevanten Prozesse und Zu-

sammenhänge zu beleuchten. Für die Bewertung der Ergebnisse ist es wichtig, diese in den Gesamtkontext anderer Studien einzubinden. In diesem Zusammenhang werden u.a. auch die Befunde der parallel durchgeführten Studie des ZEW genutzt, darüber hinaus wird jedoch auch eine eigene Auswertung von Studienergebnissen durchgeführt.

Übersicht 2.2

Charakteristika der EU-Klems-Daten

Charakteristika	Erläuterung
Allgemeine Charakteristik des Datensatzes	EU-Klems-Daten stellen international vergleichbare Zahlen für Wertschöpfung und Produktivität zur Verfügung. Die Datenbasis wurde ursprünglich aufbauend auf nationalen Datenquellen weitgehend unabhängig von den Eurostat-Daten der EU entwickelt, im Zeitablauf aber an diese Datenquelle angepasst. Ausgangsdaten sind für Deutschland nationale Daten aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, die auf Basis von Kettenindizes berechnet und an Eurostat weiter gegeben wurden.
Datenbasis	Zentrale Datengrundlage des internationalen Vergleichs der Produktivitätsentwicklung ist die EU-Klems-Datenbank (euklems.net), die zuletzt Ende 2016 aktualisiert wurde. Die Daten sind nach ISIC Rev. 4 abgegrenzt und liegen im Wesentlichen für den Zeitraum von 1995-2015 vor, wobei die Daten zum Teil – mitunter nach früheren Sektorabgrenzungen – ab 1970 verfügbar sind.
Indikatoren	Totale Faktorproduktivität: Die Totale Faktorproduktivität ist ein zentraler Produktivitätsmaßstab und kann direkt den EU-Klems-Daten entnommen werden (TFP value added growth; Kürzel: TFPva_1). Arbeitsproduktivität: Die Arbeitsproduktivität muss aus verschiedenen Zeitreihen berechnet werden, und zwar durch die Division der realen Bruttowertschöpfung (<i>gross value added volume</i> ; Kürzel: VA_QI) durch die geleisteten Arbeitsstunden (<i>total hours worked by persons engaged</i> ; Kürzel: H_EMP).
Betrachtungszeitraum	Der Betrachtungszeitraum für die Untersuchungen ist 1980 bis 2015. Dabei werden für die Totale Faktor- und die Arbeitsproduktivität jeweils die Jahre 1980, 1990, 2000, 2010 und 2015 ausgewiesen und das Jahr 2005 jeweils gleich 100 gesetzt.
Branchen	Fahrzeugbau, Maschinenbau, Telekommunikation.
Ländersample	EU-Länder: Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Schweden Nicht-EU-Länder: China, Japan, die Schweiz, Südkorea und die USA Für die Schweiz, China und Südkorea liegen in der EU-Klems-Datenbank allerdings keine Daten vor. Ergänzend werden die EU-Länder Finnland, Italien und Spanien mit in die Betrachtung einbezogen.

Quelle: eigene Darstellung.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

3.1 Kontext

3.1.1 Die betrachteten Sektoren

Die Sektor-Fallstudien sind im größeren nationalen und internationalen Kontext in eine breitere Diskussion über eine mögliche Verlangsamung des Wachstums in den Industrieländern eingebunden. Ziel ist es, durch eine Fokussierung der Betrachtung auf einzelne Innovationssysteme zusätzliche Erkenntnisse über die Faktoren zu erlangen, die in ihrem Zusammenspiel verantwortlich für das Wirtschaftswachstum bzw. dessen Abschwächung sind. So diagnostizieren Adler et al. (2017) im Anschluss an eine leichte IKT-bedingte Erhöhung Ende der 1990er und Anfang der 2000er Jahre eine generelle Abschwächung des Produktivitätswachstums in den entwickelten Volkswirtschaften, die sie unterschiedlichen Faktoren zuschreiben (u.a. einer durch finanzielle Restriktionen bedingte Investitionsschwäche). Die Arbeiten von Gordon (2016) und Bloom et al. (2017) sehen auch Hinweise auf eine Verringerung der Produktivität in einer langfristigen Perspektive, machen dafür aber andere Ursachen verantwortlich (einmal eine Ausschöpfung der Potenziale der IKT, im anderen Fall einer Verringerung der Produktivität von Forschung und Entwicklung). Demgegenüber heben Brynjolfsson und McAfee (2014) die Effizienz- und Marktpotenziale von IKT hervor. Sie sehen keinen Grund, von einer Verlangsamung des Produktivitätswachstums in langfristiger Perspektive auszugehen.

Vor diesem Hintergrund wurden für die vorliegende Studie mit dem Maschinenbau, der Automobilindustrie und den Telekommunikationsdienstleistungen drei sektorale Innovationssysteme gewählt, die durch sehr unterschiedliches Innovationsgeschehen gekennzeichnet sind und für die Entwicklung der deutschen Volkswirtschaft eine hohe Bedeutung besitzen. Für die nachfolgende Analyse sind dabei unterschiedliche Abgrenzungen des Untersuchungsgegenstandes zu unterscheiden:

- Der *Wirtschaftszweig* (oder synonym die Industrie) umfasst gemäß der Wirtschaftszweigabgrenzung in der nationalen und internationalen Statistik Unternehmen, die schwerpunktmäßig bestimmte Tätigkeiten durchführen (z.B. die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen). In dieser Abgrenzung können auf Basis der amtlichen Statistik Produktivitätszahlen berechnet und deren Entwicklung beobachtet werden. An der Abgrenzung der Wirtschaftszweige wird berechtigterweise häufig Kritik geübt, die insbesondere darauf gerichtet ist, dass Wirtschaftsaktivitäten in der heutigen Wirtschaft immer stärker zwischen Unternehmen unterschiedlicher Wirtschaftszweige stattfindet und gleichzeitig Unternehmen häufig neben ihrer schwerpunktmäßigen Tätigkeit noch gänzlich andere Wirtschaftsaktivitäten betreiben. Diese Abgrenzung erscheint daher nur bedingt dafür geeignet, die Komplexität des Wirtschaftslebens zu strukturieren.
- Das *sektorale Innovationssystem* umfasst alle Akteure, die direkt oder indirekt in das Innovationsgeschehen bei der Entwicklung bestimmter Produkte eingebunden sind. Dies umfasst User-Producer-Beziehungen und - weiter gefasst - mehr oder weniger umfassende Wertschöpfungsketten, Dienstleister, Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie staatliche Stellen, die für das Innovationsgeschehen von Bedeutung sind. Diese Sichtweise ist in der Regel industrieübergreifend und beinhaltet etwa bei der Kfz-Industrie eine Vielzahl von Unternehmen der Elektronikindustrie, der Chemischen, der Metall- und Kunststoffindustrie sowie FuE-Dienstleister.

Die Taxonomie von Pavitt (1984) und deren Erweiterung (u.a. durch Bogliancino und Pianta 2015) ermöglichen es, die drei Innovationssysteme im Verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungssektor in Hinblick auf ihre Charakteristika einzuordnen und somit auch andere Wirtschaftszweige und Innovationssysteme zu identifizieren, auf welche die Erkenntnisse aus den Analysen übertragen werden können:

- Die **Kfz-Industrie** (WZ 2008-Code 29) gehört zu den Wirtschaftszweigen, in denen **skalenintensiv produziert wird** (vergleichbar mit der Lebensmittelindustrie, der metallverarbeitenden Industrie, dem Schiffsbau, sowie den Metall- und Zementbau). Dabei unterscheidet sich die Kfz-Industrie von den anderen genannten Sektoren in Hinblick auf die Kombination von großvolumiger Fertigung eines sehr komplexen Produkts. Die Bruttowertschöpfung des Wirtschaftszweigs lag im Jahr 2015 bei rd. 124 Mrd. €, entsprach also knapp 20% der Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe und 4,5% der Bruttowertschöpfung der Gesamtwirtschaft. Durch die enge Verflechtung mit anderen Sektoren (wie der metallverarbeitenden Industrie, der Chemischen Industrie, der Elektronikindustrie und dem Maschinenbau) ist die Bedeutung der Kfz-Industrie für das Wirtschaftsgeschehen aber deutlich größer als dies die Größe des Wirtschaftszweigs selbst zum Ausdruck bringt.¹ Für die FuE- und Innovationsaktivitäten in Deutschland spielt der Sektor sogar noch eine größere Rolle. Mit knapp 23 Mrd. € finden in der Kfz-Industrie knapp 50% der FuE-Aktivitäten des Verarbeitenden Gewerbes und 40% der FuE-Aktivitäten in der gesamten deutschen Wirtschaft statt.
- Der **Maschinenbau** (WZ 2008-Code 28) gehört nach der Kategorisierung von Pavitt zu den Industrien, in denen Produktinnovationen für Kunden vornehmlich in anderen Wirtschaftszweigen erfolgen. Der Wirtschaftszweig ist in Hinblick auf die hergestellten Produkte sehr heterogen (von großen Verbrennungsmotoren, Turbinen über Pumpen hin zu Landmaschinen und Bergwerksmaschinen und Industrieanlagen für verschiedene Wirtschaftszweige). Er ist dadurch gekennzeichnet, dass er von großen mittelständischen Unternehmen dominiert wird, die in der Regel international, häufig weltweit tätig sind. Innovationen werden hauptsächlich im Wirtschaftszweig selbst durchgeführt und die Produktion ist traditionell durch eine hohe Wertschöpfungstiefe gekennzeichnet. Bereiche, die ähnlichen Mechanismen des Wettbewerbs und der Innovationsprozesse gehorchen, finden sich hauptsächlich in Teilen der Elektronikindustrie (etwa die Herstellung von Messinstrumenten, Kassenanlagen oder Geldautomaten). Der Anteil der Wertschöpfung von 96 Mrd. € im Jahr 2015 an der Wertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe lag bei 15,4%, der Anteil an der gesamten Wertschöpfung der Wirtschaft lag bei 3,5%. Der Anteil an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft war mit knapp 8% (knapp 9% am Verarbeitenden Gewerbe) in etwa doppelt so hoch wie der Wertschöpfungsanteil.
- **Telekommunikationsdienstleistungen** (leitungsgebundene, drahtlose Kommunikation, Satellitenkommunikation und sonstige Kommunikationsdienstleistungen, WZ 2008-Code 61) werden gemäß einer erweiterten Klassifikation nach Pavitt unter die wissenschaftsbasierten Dienstleistungen eingeordnet (gemeinsam mit Forschung und Entwicklung und Dienstleistungen der Informationstechnologie – WZ 2008-Code 62- und Teilen der Elekt-

¹ Dies zeigt sich u.a. in den hohen Beschäftigungseffekten der heimischen Nachfrage nach Kraftfahrzeuge, die auf Basis der Input-Output-Tabellen berechnet werden kann. Der gesamte Beschäftigungseffekt der Nachfrage nach Fahrzeugen war im Jahr 2005 nach eigenen Berechnungen 2,4-mal so hoch wie die Beschäftigung im Automobilsektor selbst.

ronik- und Chemischen Industrie). Zu beachten ist, dass zwischen den genannten wissensbasierten Innovationssystemen doch erhebliche Unterschiede bestehen, wobei sich sowohl das Wertschöpfungsgeschehen als auch die Innovationstreiber bei den Informationsdienstleistungen mit den Telekommunikationsdienstleistungen überschneiden. Das Innovationsgeschehen bei den Telekommunikationsdienstleistungen ist durch eine intensive Nutzung von Neuerungen in der IKT-Technik (sowohl im Mobilfunk- als auch im Festnetzbereich) gekennzeichnet, wobei die neuen Technologien in der Regel zugekauft werden. Der Anteil der Wertschöpfung an der gesamten Wertschöpfung der Wirtschaft liegt bei 0,5%. Forschung findet nur in geringem Maße statt (die FuE-Aufwendungen werden nicht getrennt ausgewiesen), wobei die großen Unternehmen des Wirtschaftszweigs (wie die Deutsche Telekom oder Vodafone) die Anbindung an die Hochschulforschung suchen. Eine besondere Bedeutung für das Wirtschafts- und Innovationsgeschehen in Deutschland erhält der Wirtschaftszweig dadurch, dass er die leitungsgebundene und drahtlose Kommunikationsinfrastruktur für die Wirtschaft bereitstellt, die eine herausgehobene Bedeutung für das Wirtschaften erlangt hat.

Somit sind die untersuchten Innovationssysteme durch äußerst unterschiedliche Charakteristika des Innovationsgeschehens gekennzeichnet. Gemäß der revidierten und um den Dienstleistungssektor erweiterten Taxonomie von Pavitt sind damit drei von vier Gruppen der sektoralen Innovationssysteme gemäß der Taxonomie vertreten, lediglich die anbieterdominierten Sektoren wurden nicht in die Untersuchung einbezogen.

3.1.2 Die betrachteten Sektoren im Innovationsgeschehen der Wirtschaft

Hinsichtlich der Produktivitätsentwicklung zeichnen sich daher unterschiedliche Muster ab (Tabelle 3.1.1). Zunächst kann man sehen, dass die international diskutierte Abschwächung des Produktivitätswachstums ab den 2000er Jahren nach den EU-Klems-Daten auch in Deutschland zu beobachten ist (mit einer Abnahme des Wachstums der Totalen Faktorproduktivität von 1% im Zeitraum 1980 bis 1995 auf 0,5% bzw. 0,4% in den Zeiträumen 1995 bis 2005 und 2005 bis 2015). Eine durch die IKT-Nutzung verursachte Zunahme Ende der 1990er Jahre, wie sie Adler et al. (2017) auf internationaler Ebene beschreiben, kann nicht beobachtet werden. Gleiches gilt für das Wachstum der Arbeitsproduktivität, das von 2,4 über 1,8 auf schließlich nur noch 0,8% sank. In den untersuchten Sektoren ergeben sich gänzlich unterschiedliche Muster:

- So ist im **Fahrzeugbau** (speziell auch in der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen, die den Großteil dieses Wirtschaftszweigs in Deutschland ausmacht) bis zum aktuellen Rand keine Abschwächung des Produktivitätswachstums zu beobachten. Das Wachstum der Totalen Faktorproduktivität steigt im Fahrzeugbau sogar von jeweils 0,9% in den Zeiträumen 1980 bis 1995 und 1995 bis 2005 auf 2,7% im Zeitraum 2005 bis 2015. Eine ähnliche Tendenz ist auch bei der Arbeitsproduktivität zu beobachten. Bei der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen steigt das Wachstum der Arbeitsproduktivität gemessen anhand der realen Wertschöpfung je Beschäftigten von 1,7% im Zeitraum 1995 bis 2005 auf 4,3% im Zeitraum 2005 bis 2015. Das Wachstum der Totalen Faktorproduktivität auf Unternehmensebene ist geringer als in den Sektoren (mit einer Zunahme von insgesamt knapp 7% im arithmetischen Mittel von 2006 bis 2015). Dies legt nahe, dass ein Teil des Produktivitätswachstums auf nicht direkt auf der Unternehmensebene beobachtete Phänomene zurückzuführen ist (etwa Effizienzsteigerungen bei kleinen Unternehmen und Marktaustritte).

Tabelle 3.1.1

Produktionswert, Bruttowertschöpfung, Vorleistungsanteil, Preisindex, Arbeitseinsatz, Beschäftigung und Arbeitsproduktivität

	Wirtschaft insgesamt				Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen			
	2015	1980-1995 in % p.a.	1995-2005 in % p.a.	2005-2015 in % p.a.	2015	1980-1995 in % p.a.	1995-2005 in % p.a.	2005-2015 in % p.a.
Produktionswert in Mrd. € (nominal)	5.457	-	2,7	2,7	357		7,0	2,9
Bruttowertschöpfung in Mrd. € (nominal)	2.730	5,2	1,9	2,7	115	4,5	4,1	4,9
Vorleistungsanteil in %	51	.	.	.	68			
Preisindex¹ (2005=100)	114	2,9	0,5	1,3	107	3,1	1,60	0,7
Bruttowertschöpfung in Mrd. € (real)	2.385	2,1	1,4	1,4	106	1,4	2,4	4,1
Arbeitseinsatz in Mill. Stunden	58.892	-0,2	-0,4	0,6	1.404	-0,9	0,7	-0,2
Beschäftigung in Tsd. Personen	43.057	0,7	0,4	0,9	854	-0,6	102	0,2
Arbeitsproduktivität² in €/Arbeitsstunde	41	2,4	1,8	0,8	76 ²	2,4	1,7	4,3
Totale Faktorproduktivität (2005=100)	104	1,0	0,5	0,4	130 ²	0,9	0,9	2,7
		<i>Maschinenbau</i>				<i>Telekommunikationssektor</i>		
Produktionswert in Mrd. € (nominal)	243	.	3,5	3,2	64	-	7,6	-1,5
Bruttowertschöpfung in Mrd. € (nominal)	97	3,8	2,7	3,5	27	5,6	1,2	-1,8
Vorleistungsanteil in %	60	.	.	.	57	-	-	-
Preisindex¹ (2005=100)	133	4,0	2,0	2,9	56	0,8	-5,0	-5,6
Bruttowertschöpfung in Mrd. € (real)	73	-0,2	0,7	0,6	47	2,1	6,5	4,1
Arbeitseinsatz in Mill. Stunden	1.682	-2,4	-1,1	1,3	202	-0,9	-3,7	-4,2
Beschäftigung in Tsd. Personen	1.135	-1,5	-0,8	1,4	124	0,2	-3,7	-4,4
Arbeitsproduktivität² in €/Arbeitsstunde	44	2,2	1,8	-0,7	230	3,1	10,5	8,7
Totale Faktorproduktivität (2005=100)	89	1,1	1,3	-1,1	205	-	5,5	7,4

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts und EU-Klems. 1 Preisindex der Wertschöpfung berechnet aus nominaler und realer Wertschöpfung (Kettenindizes). - 2 Werte auf Basis des übergeordneten Fahrzeugbaus.

- Demgegenüber ist im **Maschinenbau** seit einigen Jahren (insbesondere im Vergleich zu dem Jahr 2008) ein Einbruch im Produktivitätswachstum zu verzeichnen. Nach Wachstumsraten der Totalen Faktorproduktivität von 1,1 (1980 bis 1995) und 1,3% (1995 bis 2005) war von 2005 bis 2015 ein Rückgang von 1,1% zu beobachten. Dies wird auch durch die Entwicklung der Arbeitsproduktivität widerspiegelt (-0,7% von 2005 bis

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

2015). Die Entwicklung wird für den Zeitraum nach 2005 auch durch die mikroökonomischen Untersuchungen bestätigt, wobei dort die Abnahme der Totalen Faktorproduktivität deutlich geringer ausfällt (berechnet auf Basis von Erzeugerpreisindizes, mit einer Gesamtabnahme von 3,2% im Zeitraum 2006 bis 2014).

- Im Wirtschaftszweig der **Telekommunikationsdienstleistungen**, der unmittelbar von den Auswirkungen der IKT profitiert, hat sich das Produktivitätswachstum seit Mitte der 2000er Jahre wiederum deutlich beschleunigt. Für die Totale Faktorproduktivität liegen in diesem Wirtschaftszweig in der EU-Klems-Datenbank erst Zahlen für den Zeitraum ab 1995 vor. Der Wirtschaftszweig hat hohe Produktivitäts-Wachstumsraten zu verzeichnen: Bei der Totalen Faktorproduktivität von 5,5% (1995-2005) und 8,2% (2005 bis 2014), bei der Arbeitsproduktivität von 3,1%, über 10,5% bis zu 8,7%. Diese Ergebnisse werden durch die mikroökonomischen Untersuchungen gestützt, nach denen (preisbereinigt mit dem Erzeugerpreisindex) die Totale Faktorproduktivität im Zeitraum zwischen 2006 und 2015 um insgesamt 44% zugenommen hat.

Insgesamt zeigen diese Beobachtungen, dass trotz der allgemeinen Abschwächung wohl in den einzelnen Sektoren sehr unterschiedliche Ausgangsbedingungen vorherrschen und die Treiber der Produktivitätsentwicklung evtl. andere sind, zumindest aber in den verschiedenen Wirtschaftszweigen in sehr unterschiedlicher Form zusammenwirken.

3.1.3 Der internationale Kontext: internationale Entwicklung von Produktivität und Wirtschaft

Die Entwicklung der Arbeitsproduktivität in der Wirtschaft insgesamt geht für ausgewählte Länder aus Tabelle 3.1.2 hervor. Es zeigt sich, dass die Arbeitsproduktivität sich in den meisten Ländern tendenziell abgeschwächt hat. Die Entwicklung vollzog sich dabei in den großen EU-Ländern Deutschland, Frankreich und Großbritannien nahezu deckungsgleich.

Tabelle 3.1.2

Arbeitsproduktivität in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich 2005=100

Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	1995- 2015
	<i>absolute Werte</i>					<i>Wachstum in % p.a.</i>				
Deutschland	83	92	100	104	108	2,1	1,6	0,7	0,9	1,3
Finnland	78	91	100	103	103	3,3	1,9	0,6	-0,1	1,4
Frankreich	84	93	100	103	107	1,8	1,4	0,4	0,8	1,1
Großbritannien	81	90	100	103	105	1,5	2,2	0,8	0,3	1,2
Italien	95	100	100	99	101	1,0	0,1	-0,1	0,3	0,3
Japan	80	88	100	-	-	2,2	2,5	-	-	-
Schweden	76	87	100	102	108	2,9	2,8	0,5	1,0	1,8
Spanien	101	100	100	108	114	-0,3	0,0	1,5	1,1	0,6
USA	80	88	100	107	106	2,1	2,2	1,4	-0,2	1,4

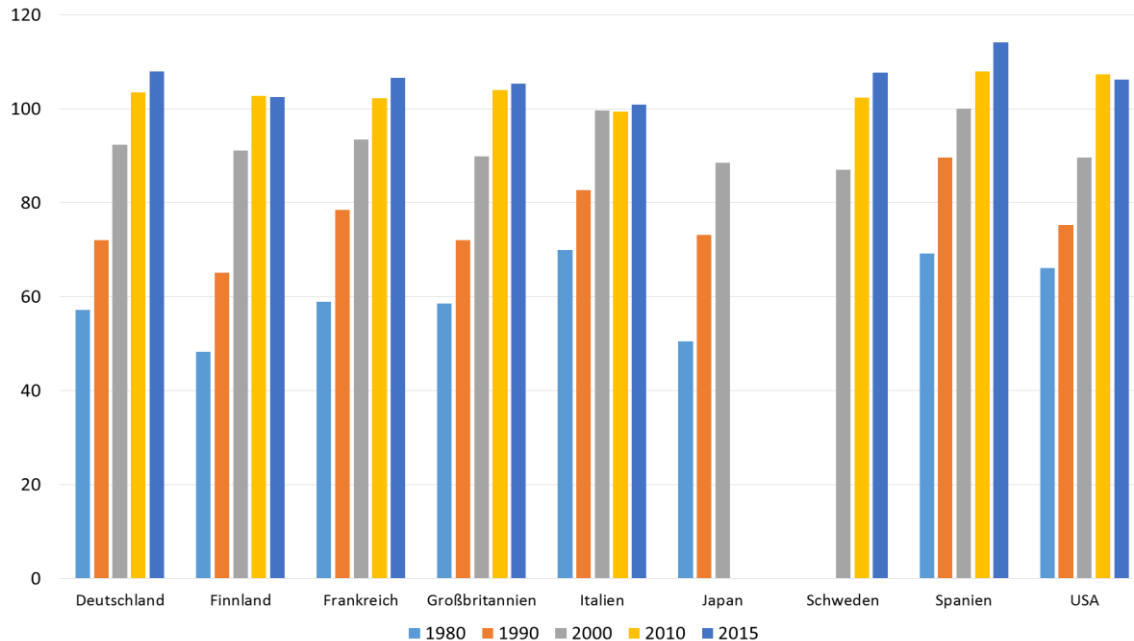
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts. – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Diese Tendenz zeigt sich unter Zugrundelegung eines etwas längeren Zeitraums auch sehr nachdrücklich in Schaubild 3.1.1. Für den Zeitraum von 1980 bis 2015 weisen alle hier betrachteten Länder eine eindeutige Abschwächung der Zunahme der Arbeitsproduktivität auf.

Schaubild 3.1.1

Entwicklung der Arbeitsproduktivität in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich

2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Tabelle 3.1.3 führt die beiden Faktoren der Arbeitsproduktivität separat auf, um zu zeigen, worauf diese Entwicklung in erster Linie zurückgeführt werden kann. Dabei zeigt sich, dass in Deutschland nicht nur ein Rückgang der realen Bruttowertschöpfung, sondern auch eine Zunahme des Arbeitseinsatzes zu verzeichnen war, während die Abschwächung der Arbeitsproduktivität in Frankreich und Großbritannien primär auf einem Rückgang der Wertschöpfung basiert.

Tabelle 3.1.3

Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich

in % p.a.

Land	reale Bruttowertschöpfung					Arbeitseinsatz				
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	<i>Veränderungsrate in % p.a.</i>									
Deutschland	2,1	0,7	1,2	1,5	1,4	0,0	-0,9	0,5	0,6	0,1
Finnland	5,2	2,3	0,8	-0,3	2,0	1,9	0,4	0,3	-0,2	0,6
Frankreich	2,9	1,6	0,8	1,0	1,6	1,1	0,2	0,4	-0,2	0,5
Großbritannien	3,1	2,7	0,4	1,9	2,0	1,7	0,6	-0,4	1,6	0,8
Italien	1,9	0,9	-0,3	-0,6	0,5	0,9	0,8	-0,2	-0,9	0,2
Japan	1,0	1,6	-	-	-	-1,1	-0,9	-	-	-
Schweden	3,7	2,6	1,5	2,1	2,5	0,8	-0,2	1,0	1,0	0,7
Spanien	3,7	3,1	1,2	-0,2	1,9	4,0	3,1	-0,3	-1,3	1,3
USA	3,9	2,2	0,6	1,6	2,0	1,8	-0,0	-0,9	1,8	0,7

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Die Tabelle 3.1.4 und das Schaubild 3.1.2 weisen die Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität aus, also des technischen Fortschritts. Diese nimmt maßgeblichen Einfluss auf die Entwicklung der Arbeitsproduktivität und hat sich im Zeitablauf ebenfalls abgeschwächt.

Tabelle 3.1.4

Totale Faktorproduktivität in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich
2005=100

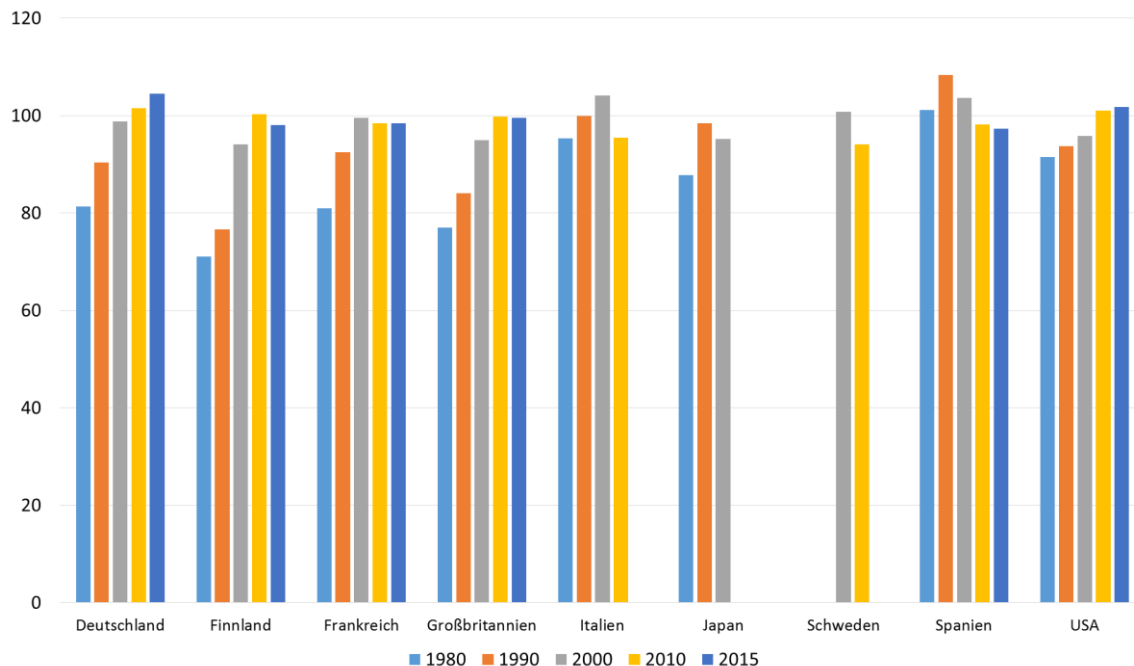
Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	<i>absolute Werte</i>					<i>Wachstum in % p.a.</i>				
Deutschland	95	99	100	102	104	0,7	0,2	0,3	0,6	0,5
Finnland	82	94	100	100	98	2,7	1,2	0,0	-0,4	0,9
Frankreich	95	100	100	98	98	1,0	0,1	-0,3	0,0	0,2
Großbritannien	90	95	100	100	99	1,1	1,0	0,0	-0,1	0,5
Italien	105	104	100	95	-	-0,2	-0,8	-0,9	-	-
Japan	95	95	100	-	-	0,1	1,0	-	-	-
Schweden	101	101	100	94	-	0,0	-0,2	-1,2	-	-
Spanien	109	104	100	98	97	-0,9	-0,7	-0,4	-0,2	-0,5
USA	94	96	100	101	102	0,4	0,9	0,2	0,1	0,4

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts. – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Schaubild 3.1.2

Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in der Wirtschaft insgesamt im internationalen Vergleich

2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Insgesamt zeigen die Befunde, dass auf der gesamtwirtschaftlichen Ebene davon ausgegangen werden kann, dass es im Zeitablauf zu einer Abschwächung des Produktivitätswachstums gekommen ist. Das ist zum einen auf den bereits erreichten Entwicklungsstand der Volkswirtschaften zurückzuführen, denn hohe Wachstumsraten sind umso schwerer zu realisieren, je weiter ein Industrieland bereits entwickelt ist (Niveaueffekt). Zum anderen spielen aber auch strukturelle (Wirtschaftsstruktur), konjunkturelle (wie die Finanzmarktkrise im Jahr 2008) und technologische Aspekte eine Rolle, wobei die Rate des technischen Fortschritts Schwankungen in Abhängigkeit vom Innovationsgeschehen unterliegt.

3.2 Automobilbau

3.2.1 Charakteristika des automobilen Innovationssystems

Auf die große gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Sektors Automobilbau, Nr. 29 der Klassifikation der Wirtschaftszweige, der die Herstellung von Kraftwagen, Kraftwagenmotoren (WZ Nr. 29.1), Karosserien und Aufbauten (29.2) sowie von Teilen und Zubehör für Kraftwagen und deren Motoren (29.3) umfasst, wurde eingangs bereits hingewiesen. Gemessen am Beitrag zur Bruttowertschöpfung (17,2%) handelt es sich um den wichtigsten Zweig der Industrie, der leicht vor dem Maschinenbau lag (16,2%). Bei der Zahl der Beschäftigten nimmt der Automobilbau im Verarbeitenden Gewerbe den zweiten Platz hinter dem Maschinenbau ein mit 11,5% gegenüber 15,1% (jeweils 2014). Nicht berücksichtigt sind dabei die engen Verflechtungen des Automobilsektors mit anderen Sektoren der deutschen Wirtschaft. Die Exportquote der Automobilindustrie lag 2015 bei 64,8% und damit an der Spitze der Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes, knapp vor den Sektoren 30 Sonstiger Fahrzeugbau und 21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (beide 64,4%).

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.2.1 stellt zentrale Indikatoren zum Sektor Nr. 29 und seinen Gruppen vor. Auf die 1.018 in der Kostenstrukturerhebung des Statistischen Bundesamts erfassten Unternehmen entfielen 2015 ein Gesamtumsatz von 461 Mrd. € und ca. 840 Tausend Beschäftigten. Die 69 im Bereich der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren tätigen Unternehmen (darunter die großen Endprodukthersteller der Automobilindustrie - OEMs) vereinten 81% des Umsatzes und 63% der Beschäftigten des Sektors Automobilbau auf sich, die im Sektor 29 erfassten 949 Unternehmen der Zulieferindustrie² hingegen nur 19% des Umsatzes und 36% der Beschäftigten.

Tabelle 3.2.1

Abgrenzung des Sektors „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ in der Wirtschaftszweiggliederung, Umsätze, Unternehmen und Beschäftigte

2015

WZ 2008	Umsatz		Unternehmen		Beschäftigte	
	in Mrd. €	in %	Anzahl	in %	in Tsd.	in %
29 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	461	100	1.018	100	839.605	100
29.1 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	372	81	69	7	531.741	63
29.2 Herstellung von Karosserien, Aufbauten u. Anhängern	10	2	317	31	37.053	4
29.3 Herstellung v. Teilen u. Zubehör f. Kraftwagen u. deren Motoren	79	17	632	62	270.811	32

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kostenstrukturerhebung des Statistischen Bundesamts (2016)

Die Marktstruktur der Automobilindustrie (vgl. hierzu Übersicht 3.2.1) ist insgesamt oligopolistisch geprägt. Dies trifft insbesondere auf die oberen Stufen des Wertschöpfungsprozesses zu: die Endprodukthersteller (OEMs) und die erste Stufe der Zulieferwirtschaft, auf der zum Teil ausgesprochen marktmächtig und selbstbewusst agierende Systemlieferanten anzutreffen sind. Die Marktmacht der Endprodukthersteller prägt stark das wirtschaftliche Handlungsumfeld der Unternehmen, darunter viele KMU, die auf den unteren Stufen der Zuliefererhierarchie (2nd tier, 3rd tier) tätig sind. Hier sind teilweise recht kleinteilige Marktstrukturen anzutreffen. Die OEMs haben im Zuge des intensiven Preiswettbewerbs im Automobilgeschäft in den zurückliegenden Jahrzehnten massiven Druck auf die Zulieferunternehmen ausgeübt, um diese zu erheblichen und stetigen Kostenreduzierungen und zur nur begrenzt entgoltenen Mitwirkung an den von den Endproduktherstellern organisierten Innovationsprozessen zu zwingen. Nur die großen, weltweit agierenden Zulieferunternehmen, die ihrerseits eine ansehnliche Marktmacht entfalten können, sahen sich in der Lage, diesem Druck Paroli zu bieten.

Die Unternehmenskonzentration im Automobilbau ist weitaus höher als in allen anderen Sektoren des Produzierenden Gewerbes (Zweisteller-Ebene der WZ 2008). Im Jahr 2014 entfielen im Sektor Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen 79% des Umsatzes und 64% der Beschäftigten auf die zehn größten Unternehmen (Destatis 2016: 538). Beim nächstfolgenden Sektor – Herstellung von elektronischen Ausrüstungen – vereinten die zehn größten Unternehmen hingegen „nur“ 46% des Umsatzes und 37% der Beschäftigung auf sich.

² Ein Teil der Zulieferer der Automobilhersteller ist, dem Schwerpunktprinzip der Wirtschaftszweigsystematik folgend, in anderen Sektoren zu verorten.

Übersicht 3.2.1

Marktstruktur, Marktverhalten, Marktergebnis und Innovationsprozesse im Automobilbau

Kriterium	Markt- und Technologiecharakteristika
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> - Kontinuierliche Weiterentwicklung der Produktionsverfahren und Produkte (Eigenschaften/Zuverlässigkeit) - Integration neuer Systeme
Marktstruktur	<ul style="list-style-type: none"> - Oligopolistische Strukturen auf den oberen Wertschöpfungsebenen (OEMs, Tier 1 Zulieferer) - Nachgelagerte Ebenen: teilweise kleinteilige Marktstrukturen; - Tendenz zur Marktkonsolidierung, Verringerung der Unternehmenszahl
Marktverhalten	<ul style="list-style-type: none"> - Dominanz der OEMs; Wettbewerb über Kosten, Integration von Neuerungen; - Abnehmende Bedeutung von Leistungskennzahlen gegenüber emotionalen Aspekten auf Kundenebene - OEMs üben hohen Druck auf Zulieferer aus
Marktergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> - Intensiver Wettbewerb auf allen Stufen der Wertschöpfungskette - Hoher Kosten- und Innovationsdruck

Quelle: Eigene Darstellung.

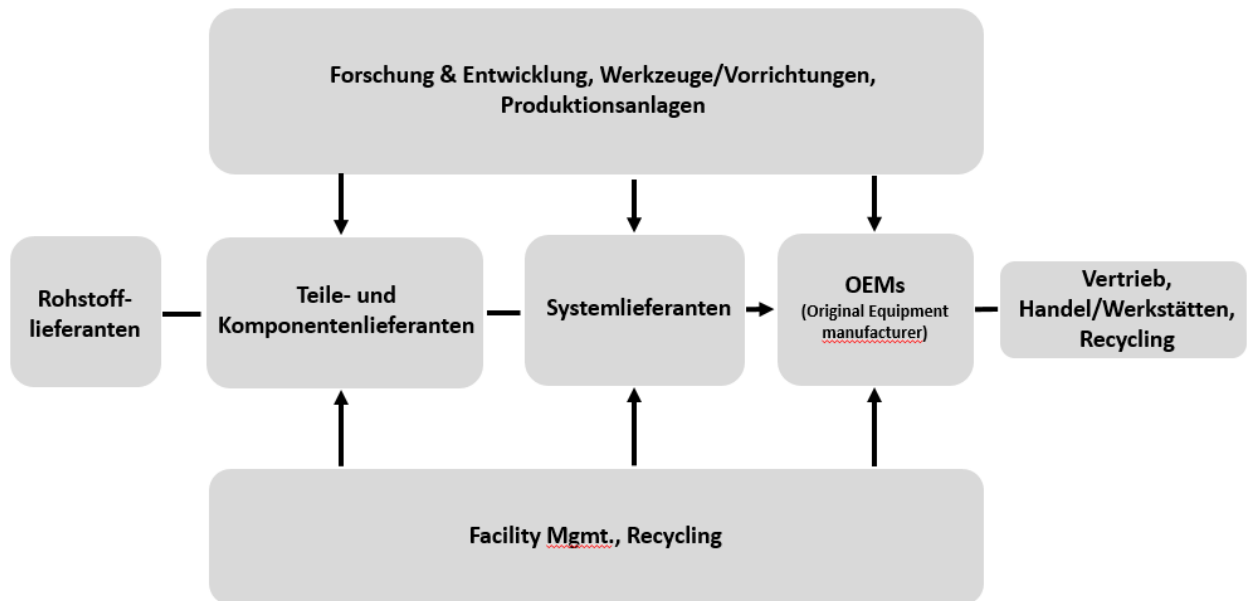
Die großen Automobilhersteller stehen auf nationaler, europäischer und globaler Ebene in einem intensiven Wettbewerb untereinander, der sich gleichermaßen auf die Parameter Produktqualität (Markenrenomee), Preise, Herstellungskosten, Innovativität und Vielfalt der Modellpalette erstreckt. Im Zuge der (partiellen) Adaptation des Toyota-Produktionsmodells in den 1990er Jahren realisierten alle Hersteller erhebliche Kostenreduzierungen, die jeweils mit dem angesprochenen Druck auf die Zulieferer verbunden waren und – je nach Erfolg des jeweiligen Unternehmens – zu Veränderungen in der globalen Rangfolge der Hersteller führten.

Obwohl sich über die vergangenen Jahrzehnte hinweg an der technischen Grundkonstruktion der Kraftwagen wenig geändert hat, waren die aufeinander folgenden Modellgenerationen von PKW und Nutzfahrzeugen durch einen stetigen Fluss von bemerkenswerten technologischen Innovationen gekennzeichnet, welche die Kraftwagen deutlich sicherer, energiesparender und komfortabler gemacht haben. Insbesondere bei der Einführung komplexer technischer Komponenten – z.B. von elektronischen Steuerungssystemen – kann, bezogen auf diese Fahrzeugkomponenten, durchaus von radikalen Innovation gesprochen werden. Den Produktinnovationen im Automobilbau standen ebenfalls beachtliche Prozessinnovationen im Herstellungsprozess gegenüber.

Das sektorale Innovationssystem der Automobilindustrie war und ist durch außerordentlich intensive Innovationsanstrengungen gekennzeichnet, die sich in hohen sektoralen FuE-Aufwendungen niederschlagen. Im Zuge der seit den späten 1980er Jahren realisierten Umstrukturierung der automobilen Zulieferwirtschaft ist unter der Federführung der Endprodukthersteller der gesamte automobilen Wertschöpfungsprozess (vgl. Schaubild 3.2.1) in vertikal integrierte Innovationsprozesse einbezogen worden, an denen sich die Zulieferer ebenso beteiligen wie die Endprodukthersteller. Allerdings verfügen zumeist nur die Systemlieferanten der ersten Stufe der Zuliefererpyramide über eigene, großzügig ausgestattete Forschungsabteilungen. Für kleinere Zulieferer sind eher sporadische, von den OEMs diktierte Innovationsaktivitäten typisch.

Schaubild 3.2.1

Wertschöpfungskette im Automobilbau



Quelle: in Anlehnung an und ergänzt Jürgens/Meißner (2005): 55

Die neueren technologischen Entwicklungen, insbesondere die Nutzung der IKT-Querschnittstechnologie in Automobilherstellung und Verkehr sowie die klimapolitischen Weichenstellungen seitens der Politik verändern die Innovationsszene in der Automobilwirtschaft derzeit bzw. in den kommenden Jahren fundamental. Die Rationalität des Einsatzes herkömmlicher Verbrennungsmotoren wird in immer mehr Industrie- und Schwellenländern vor dem Hintergrund sowohl rationaler klimapolitischer Überlegungen als auch eines ungehemmten politischen Aktivismus grundsätzlich in Frage gestellt. Das Einlassen auf alternative Antriebe – nach Lage der Dinge werden sich wohl Elektromotoren durchsetzen – wird für die Automobilhersteller auf längere Sicht zur wirtschaftlichen Überlebensfrage. Zudem eröffnen die IKT-Technologien für die Zukunft ein weites Spektrum an Möglichkeiten einer elektronischen Verkehrssteuerung, welche die Möglichkeit autonomen Fahrens für die individuellen Kraftwagennutzer in sich birgt. Obwohl die massenhafte Realisierung entsprechender Visionen wohl noch einige Jahrzehnte auf sich warten lassen dürfte, bildet die Suche nach adäquaten technologischen Lösungen eine erhebliche Herausforderung an das Innovationssystem der Automobilhersteller.

Die FuE- und Innovationsanstrengungen der Automobilhersteller sind vor diesem Hintergrund auf vier unterschiedliche Ziele gerichtet:

- (1) eher kurzfristige inkrementale Verbesserungen der aktuell produzierten Modellvarianten und der eingesetzten Herstellungstechnologien;
- (2) die Entwicklung der künftigen Modellpalette und die Weiterentwicklung bestehender bzw. die Einführung gänzlich neuer Produktkomponenten (z.B. automatische Einparksysteme), die auf mittlere und längere Sicht zum Einsatz kommen (Zeithorizont 3 bis 10 Jahre), parallel hierzu die mittelfristige Entwicklung der Produktionstechnologie;

- (3) die Entwicklung neuer Antriebsvarianten, welche die bisherige auf dem Verbrennungsmotor basierende Kernantriebstechnik ersetzen (so auch die Einschätzung bei Dudenhöf-fer 2016: 90ff.). Unter den prinzipiell möglichen Alternativen zum Verbrennungsmotor scheint sich zumindest in absehbarer Zeit der Elektromotor durchzusetzen;
- (4) die Weiterentwicklung der Fahrzeugelektronik im Zusammenhang mit der Entwicklung integrierter Verkehrssysteme und der dafür erforderlichen Infrastrukturen mit dem Ziel, in Zukunft Varianten des autonomen Fahrens zu entwickeln.

Die FuE-Anstrengungen des Automobilsektors haben sich in der Vergangenheit fast ausschließlich auf die ersten beiden Ziele konzentriert, wobei das zweite Ziel, die Entwicklung neuer Modell- und Motorvarianten einen Großteil (etwa zwei Drittel) der gesamten FuE-Aufwendungen für sich beansprucht haben dürfte. Die Ziele 3 und 4 sind erst neuerdings in den Fokus der Aufmerksamkeit der Endprodukthersteller und herausragender Systemlieferanten geraten. Die Gewichte des Einsatzes der FuE-Aufwendungen dürften sich in jüngster Zeit bereits stark zugunsten dieser „Zukunftsziele“ verschoben haben, was auch die in jüngster Zeit zu beobachtende starke Expansion der ohnehin schon zuvor sehr hohen FuE-Aufwendungen zum Teil erklären dürfte. Weitere Gewichtverschiebungen bei weiter expandierenden FuE-Ausgaben in den nächsten Jahren sind wahrscheinlich. Die internen FuE-Aufwendungen des Automobilsektors lagen nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik 2015 bei 20,2 Mrd. € (Budgetplanung). 2010 hatten sie noch bei 14,8 Mrd. € gelegen (Stifterverband 2015).

3.2.2 Produktivitätsentwicklung auf Sektorebene

Die Produktivitätsentwicklung im deutschen Automobilsektor verlief in den vergangenen beiden Jahrzehnten, wie die nachstehenden Tabellen 3.2.2 und 3.2.3 zeigen, insgesamt höchst eindrucksvoll. Es gelang, den realen Produktionswert von 150,1 Mrd. € im Jahr 1995 auf 336,9 Mrd. € im Jahr 2014 zu steigern. Die Beschäftigung erhöhte sich im gleichen Zeitraum von 755 auf 854 Tsd. Der reale Produktionswert stieg deutlich schneller an als die Beschäftigung, was einen erheblichen Anstieg der Arbeitsproduktivität impliziert.

Beachtlich ist, dass und wie der Automobilsektor die Folgen der Finanzkrise 2008 überwand. Zwar kam es zwischen 2005 und 2010 zu einer deutlichen Verlangsamung des Produktionswachstums auf 1,1% p.a. Diese wurde in den Jahren nach 2010 aber wieder überwunden und im Zeitraum 2010-2014 ein jährliches Wachstum von 4,4% erreicht. Die Arbeitsproduktivität stieg auch in den Krisenjahren erheblich an, und zwar um 4,9% p.a. bei einem leichten Beschäftigungsrückgang (-2,5% p.a.). Wird die reale Bruttowertschöpfung des Sektors auf die Zahl der geleisteten Arbeitsstunden bezogen, so lag das Produktivitätswachstum 2005-2010 sogar bei 6,0% p.a. bzw. im gesamten Zeitraum 1995 bis 2014 bei 3,2% p.a.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.2.2

Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Automobilsektor absolute Werte

Variable	Zeile	Quelle/ Berechnung	1995	2000	2005	2010	2015
Produktionswert nominal (in Mrd. €)	1	VGR	135,4	218,2	267,5	293,1	383,5
Produktionswert real (in Mrd. €, Preise von 2005=100)	2	VGR, eigene Berechnung	150,1	228,4	267,5	283,1	358,0
Preisindex Produktion	3	(1)/(2)	90,2	95,5	100,0	103,5	107,1
Vorleistungen nominal (in Mrd. €)	4	VGR	87,2	161,5	197,4	208,5	259,6
Vorleistungen real (in Mrd. €, 2005=100)	5	(2)-(8)	91,3	168,2	197,4	201,5	245,7
Preisindex Vorleistungen	6	(4)/(5)	95,5	96,0	100,0	103,5	105,6
Bruttowertschöpfung nominal (in Mrd. €)	7	VGR	48,1	56,7	70,1	84,5	124,0
Bruttowertschöpfung real (in Mrd. €, 2005=100)	8		58,8	60,2	70,1	81,6	160,2
Preisindex Wertschöpfung	9	(7)/(8)	81,9	94,1	100,0	103,6	110,4
Beschäftigung (in Tsd.)	10	VGR	755,0	886,0	852,0	781,0	854,0
Arbeitsproduktivität (1) ¹ (in Tsd. €)	12	(8)/(10)	78	68	82	104	128,9
Vorleistungsanteil am Produktionswert (in %)	13	(4)/(1)	64,4	74,0	73,8	71,2	67,7

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts, Fachserie 18, Reihe 1.4 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung Detaillierte Jahresergebnisse, Heft 2016, erschienen am 05.09.2017.. – ¹ Die Arbeitsproduktivität (1) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die Beschäftigung. Die Berechnung einer Arbeitsproduktivität bezogen auf Arbeitsstunden ist nicht möglich, da für den Wirtschaftszweig „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ in der VGR keine Arbeitsstunden ausgewiesen werden.

Tabelle 3.2.3

Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Automobilsektor

jahresdurchschnittliche Wachstumsrate in %

Variable	Zeile	Quelle/ Berechnung	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2014	1995- 2015
Produktionswert nominal (in Mrd. €)	1	VGR	10,0	4,2	1,8	5,5	5,3
Produktionswert real (in Mrd. €, 2005=100)	2	VGR, eigene Berechnung	8,8	3,2	1,1	4,8	4,4
Preisindex Produktion	3	(1)/(2)	1,2	0,9	0,7	0,7	0,9
Vorleistungen nominal (in Mrd. €)	4	VGR	13,1	4,1	1,1	4,5	5,6
Vorleistungen real (in Mrd. €, 2005=100)	5	(2)-(8)	13,0	3,3	0,4	4,0	5,1
Preisindex Vorleistungen	6	(4)/(5)	0,1	0,8	0,7	0,4	0,5
Bruttowertschöpfung nominal (in Mrd. €)	7	VGR	3,3	4,3	3,8	8,0	4,8
Bruttowertschöpfung real (in Mrd. €, 2005=100)	8		0,5	3,1	3,1	14,4	5,1
Preisindex Wertschöpfung	9	(7)/(8)	2,8	1,2	0,7	1,3	1,5
Beschäftigung (in Tsd.)	10	VGR	3,3	-0,8	-1,7	1,8	0,6
Arbeitsproduktivität (1) ¹ (in Tsd. €)	12	(8)/(10)	-2,7	3,9	4,9	4,3	2,6
Vorleistungsanteil am Pro- duktionswert (in %)	13	(4)/(1)	2,8	-0,1	-0,7	-1,0	0,2

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts, Fachserie 18, Reihe 1.4 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung Detaillierte Jahresergebnisse, Heft 2016, erschienen am 05.09.2017.. – ¹ Die Arbeitsproduktivität (1) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die Beschäftigung. ² Die Arbeitsproduktivität (2) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden. Die Berechnung einer Arbeitsproduktivität bezogen auf Arbeitsstunden ist nicht möglich, da für den Wirtschaftszweig „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ in der VGR keine Arbeitsstunden ausgewiesen werden.

3.2.3 Produktivitätsentwicklung im internationalen Vergleich

Die Bilanz der Produktivitätsentwicklung im deutschen Automobilsektor fällt im internationalen Vergleich mit Einschränkungen positiv aus, wie in Tabelle 3.2.4 und Schaubild 3.2.2 für die Arbeitsproduktivität sichtbar wird. Das jahresdurchschnittliche Wachstum der Arbeitsproduktivität lag im Zeitraum 1995-2015 mit 3,0% im Mittelfeld der ausgewählten Länder. Großbritannien (4,4%), Schweden (4,2%), Spanien (3,5%) und die USA (3,4%) verzeichneten höhere Zuwachsraten, wobei der Automobilsektor in keinem der genannten Länder eine vergleichbare volkswirtschaftliche Position innehat wie die deutsche Automobilindustrie.

Tabelle 3.2.4

Arbeitsproduktivität im Fahrzeugbau im internationalen Vergleich

2005=100

Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	<i>absolute Werte</i>					<i>Wachstum in % p.a.</i>				
Deutschland	85	81	100	134	152	-0,8	4,2	6,0	2,6	3,0
Finnland	83	89	100	87	99	1,2	2,4	-2,8	2,6	0,8
Frankreich	74	96	100	112	114	5,4	0,8	2,3	0,3	2,2
Großbritannien	66	80	100	126	157	3,9	4,5	4,8	4,4	4,4
Italien	99	102	100	109	126	0,7	-0,5	1,8	2,9	1,2
Japan	79	85	100	-	-	1,7	3,2	-	-	-
Schweden	57	82	100	126	128	7,6	4,2	4,8	0,2	4,2
Spanien	79	75	100	118	159	-1,2	6,0	3,4	6,1	3,5
USA	65	71	100	124	125	1,9	7,1	4,3	0,3	3,4

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts. – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Generell ist festzustellen, dass die Automobilindustrie aller hier verglichenen Länder zwischen 1980 und 2015 erhebliche Produktivitätsfortschritte zu verzeichnen hat. Sie folgt also nicht dem volkswirtschaftlichen Trend abnehmender Produktivitätszuwächse. Die ähnlich verlaufende Produktivitätsentwicklung in allen Ländern überrascht angesichts der weltweiten Präsenz eines relativ kleinen Kreises von weltweit agierenden OEMs nicht, welche sich bei Ausbau ihres globalen Filialnetzes ähnlicher Methoden zur Produktivitätssteigerung bedient haben wie z.B. bei der Einführung modellübergreifender stark standardisierter Plattformen und Antriebsstränge, des zuerst von Toyota praktizierten Lean-Production-Modells und des „global sourcing“. Die Entwicklung der Produktions- und Vertriebssysteme der Automobilindustrie in den einzelnen Ländern weist somit starke Ähnlichkeiten auf. Was sich an einer Stelle bewährt hat, wird durch die gleichen Hersteller und ihre Systemzulieferer früher oder später auch andernorts praktiziert. Ein rein nationaler Blickwinkel auf die Automobilindustrie wird den insbesondere seit den 1990er Jahren gewachsenen vielfältigen grenzüberschreitenden Produktionsverflechtungen nicht mehr gerecht.

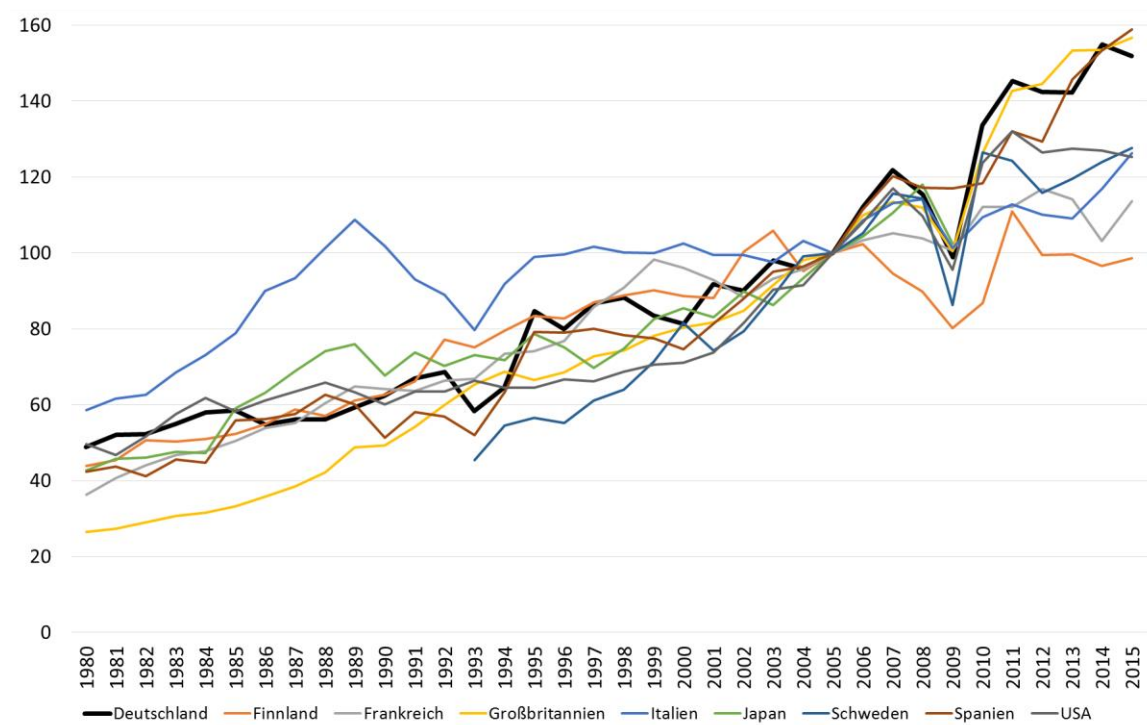
Trotzdem weist die Produktivitätsstatistik auf die Existenz jeweils nationaler Profile des Automobilsektors hin, welche zum Verständnis der Unterschiede zwischen den in Tabelle und Schaubild erfassten Ländern beitragen können. In der deutschen Wirtschaft sind alle Stufen der gesamten automobilen Wertschöpfungskette in breitem Umfang vertreten. In Großbritannien hingegen ist dies nach dem Verschwinden großer Teile der noch in den 1970er Jahren bestehenden heimischen Automobilindustrie nur in sehr eingeschränktem Maße der Fall. Der starke und kontinuierliche

Aufschwung der Arbeitsproduktivität ist hier auch eine Folge des Abbaus wenig produktiver Kapazitäten und des damit verbundenen partiellen Deindustrialisierungsprozesses, von dem nicht zuletzt die Automobilbranche betroffen war. Die entstehenden Lücken wurden allerdings zumindest zum Teil von den Direktinvestitionen auswärtiger Hersteller, darunter des damaligen Weltmarkprimus Toyota, gefüllt. Die nationalen Produktionsprofile der Automobilindustrie sind auch durch die stärkere oder schwächere Präsenz großbetrieblicher Produktionseinheiten geprägt. In einigen Ländern ist deren für die Automobilindustrie durchweg gegebene Dominanz noch stärker ausgeprägt als in anderen. Das für das Verarbeitende Gewerbe generell typische Gefälle der Arbeitsproduktivität von großen zu kleinen Produktionseinheiten muss sich auch in der Produktivitätsstatistik niederschlagen. Veränderungen des nationalen Größenmix der automobilen Produktionseinheiten dürften sich also in der hier vorgelegten Betrachtung der Produktivitätsveränderungen niederschlagen.

Schaubild 3.2.2

Arbeitsproduktivität im Fahrzeugbau im internationalen Vergleich

2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Zur besseren Einordnung der Entwicklung der Arbeitsproduktivität in der deutschen Automobilindustrie in den zurückliegenden Jahrzehnten ist ein Blick auf die Expertenanalysen der zweiten Hälfte der 1980er und der frühen 1990er sinnvoll (Deger 1995; Womack/Jones/Reos 1994; Womack/Jones 1997; Gutberlet 1993). Damals wurde den deutschen Automobilproduzenten ein erheblicher Produktivitätsrückstand gegenüber den japanischen Produzenten attestiert, der sie trotz der bei ihnen anzutreffenden hohen ingenieurtechnischen Qualität auf den Märkten in ernsthafte Bedrängnis führen müsse, wenn es ihnen nicht gelänge, eine Wende bei ihrer Produktivitätsentwicklung herbeizuführen (Womack/Jones 1997: 238ff.). Die damals angestellten direkten internationalen Vergleiche des Produktivitätsniveaus stellen sich im Nachhinein insbesondere wegen der Probleme der Währungsumrechnung (insbesondere bei der Kaufkraftparitätenberechnung) als begrenzt aussagekräftig dar (schon damals wurden Teilaspekte der angestellten Berechnungen

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

mancherorts in Zweifel gezogen, z.B. bei Deger 1995: 158). Auch wir verzichten in der vorliegenden Untersuchung auf einen direkten internationalen Vergleich der sektoralen Produktivitätsniveaus, weil das Datenmaterial hierfür nicht belastbar genug erscheint.

Wie groß auch immer der Produktivitätsrückstand der deutschen gegenüber der japanischen Automobilindustrie war, an der Existenz einer kritischen Produktivitätslücke Anfang der 1990er Jahre bestehen keine Zweifel. Die deutschen und anderen europäischen Automobilhersteller reagierten, studierten das Toyota-Produktionsmodell, übernahmen wesentliche, in andere kulturelle Milieus übertragbare Kernpunkte und unternahmen auf dieser Basis erhebliche Anstrengungen zur Produktivitätssteigerung. Dass diese Anstrengungen das Wachstum der Arbeitsproduktivität in allen hier in den Vergleich einbezogenen Ländern positiv beeinflusst haben, zeigen die verfügbaren Daten.

Das Wachstum der Arbeitsproduktivität ist ein wesentlicher Treiber der Rentabilität der Unternehmen, obgleich für letztere noch eine Reihe anderer Einflussfaktoren wie die Entwicklung der Faktorkosten und der Marktsituation in Rechnung zu stellen sind. Die in Tabelle 3.2.5 enthaltenen Daten zur Veränderung der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitseinsatzes weisen darauf hin, dass die deutsche Automobilindustrie seit 2000 eine Phase der Prosperität durchlief, die nur durch die Finanzkrise unterbrochen wurde. Die reale Bruttowertschöpfung des deutschen Automobilsektors nahm im Zeitraum von 1995 bis 2015 in Deutschland mit 3,2% p.a. stärker zu als in den meisten Vergleichsländern. Leider fehlt die Vergleichsmöglichkeit mit Japan in den Jahren nach 2005, da für letzteres keine aktuellen EU-Klems-Daten vorliegen. Bemerkenswerterweise hielt dieser Wachstumstrend mit 3,3% p.a. auch im Zeitraum von 2005 bis 2010 an, in welchen die Finanzkrise fällt. Die positive wirtschaftliche Entwicklung der deutschen Automobilindustrie schlug sich auch in einer Ausweitung der Beschäftigung um 0,3% p.a. nieder, während die Beschäftigung in den Vergleichsländern rückläufig war (für Japan fehlen die Vergleichszahlen).

Tabelle 3.2.5

Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Fahrzeugbau im internationalen Vergleich
in % p.a.

Land	reale Bruttowertschöpfung					Arbeitseinsatz				
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	Veränderungsrate in % p.a.									
Deutschland	1,6	3,2	3,3	4,9	3,2	2,4	-1,0	-2,5	2,2	0,3
Finnland	2,5	-0,3	-7,5	1,3	-1,1	1,3	-2,6	-4,9	-1,3	-1,9
Frankreich	5,7	0,8	-2,0	-1,2	0,8	0,3	0,0	-4,2	-1,4	-1,4
Großbritannien	3,1	0,5	2,4	6,3	3,0	-0,7	-3,8	-2,3	1,8	-1,3
Italien	0,4	-2,2	-1,9	1,8	-0,5	-0,3	-1,7	-3,6	-1,0	-1,7
Japan	0,7	5,8	-	-	-	-0,9	2,6	-	-	-
Schweden	9,3	3,9	0,7	-0,9	3,2	1,6	-0,3	-3,9	-1,1	-0,9
Spanien	4,5	1,1	-1,7	5,3	2,3	5,8	-4,7	-4,9	-0,7	-1,2
USA	3,6	3,0	-1,3	4,7	2,4	1,4	-3,8	-5,4	4,4	-0,9

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Bei der Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität ergibt sich für die deutsche Automobilindustrie insgesamt ein ähnlich positives Bild (vgl. Tabelle 3.2.6 und Schaubild 3.2.3). Sie erhöhte sich über den gesamten Zeitraum von 1995 bis 2015 hinweg um 1,8% p.a., allerdings verzeichneten hier Großbritannien (2,8%) und Spanien (3,0%) höhere Zuwächse. Es fällt auf, dass das

Wachstum der totalen Faktorproduktivität im deutschen Automobilsektor seit den 1990er Jahren, dem Zeitraum, in dem die deutschen Hersteller auf die Produktivitätslücke gegenüber der japanischen Autoindustrie zu reagieren begannen, in den meisten Jahren deutlich höher war als in Japan.

Tabelle 3.2.6

Totale Faktorproduktivität im Fahrzeugbau internationalen Vergleich

2005=100

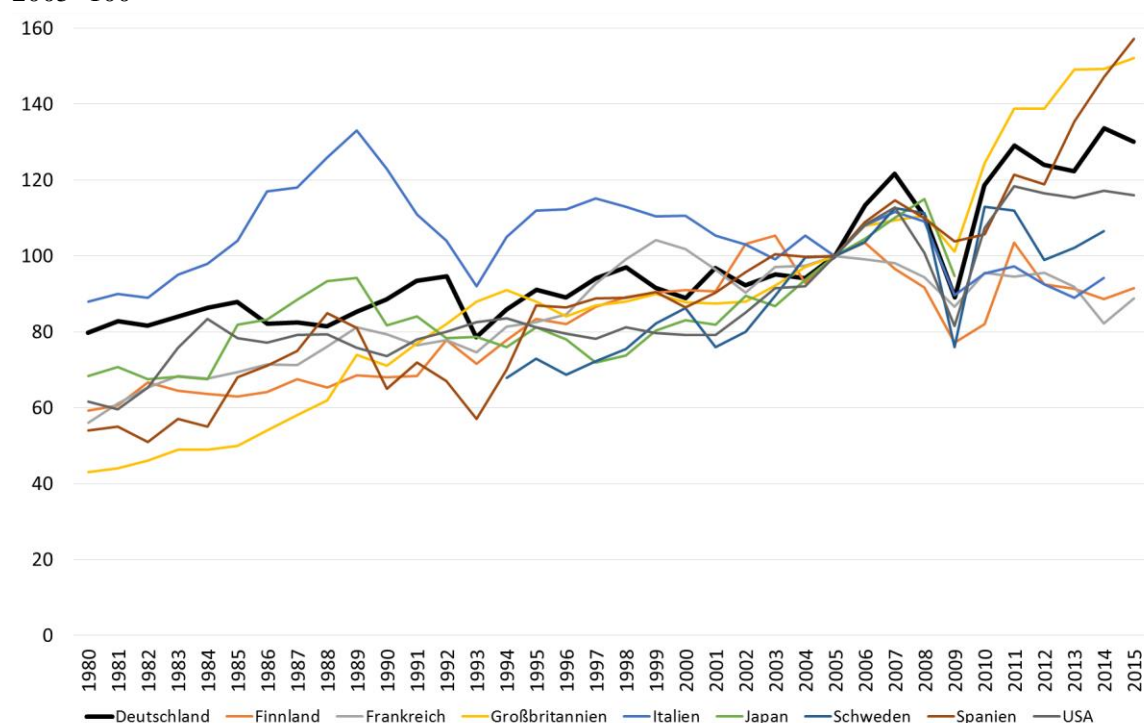
Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	<i>absolute Werte</i>					<i>Wachstum in % p.a.</i>				
Deutschland	91	84	100	117	132	-0,5	2,4	3,5	1,9	1,8
Finnland	83	91	100	80	103	1,8	1,9	-3,9	2,2	0,5
Frankreich	82	102	100	95	81	4,3	-0,4	-0,9	-1,5	0,4
Großbritannien	85	86	100	118	164	0,0	2,6	4,5	4,1	2,8
Italien	110	11	100	95	-	-0,2	-2,0	-0,9	-	-
Japan	81	83	100	-	-	0,4	3,8	-	-	-
Schweden	73	86	100	111	104	3,4	3,0	2,5	-	-
Spanien	87	86	100	106	148	-0,1	3,0	1,1	8,3	3,0
USA	81	81	100	75	-	-0,5	4,8	1,4	1,6	1,8

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts. – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Schaubild 3.2.3

Totale Faktorproduktivität im Fahrzeugbau im internationalen Vergleich

2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

3.2.4 Produktivitätsentwicklung auf Unternehmensebene

Die Analyse auf der Unternehmensebene basiert auf 1.366 Unternehmen mit dem NACE 2-Steller Code 29, die in der Unternehmensdatenbank Amadeus registriert sind. Erfasst werden hier nur solche Unternehmen, für welche Bilanzkennzahlen vorliegen. Die Zahl der in Amadeus registrierten Unternehmen ist folglich erheblich kleiner als diejenige der im Wirtschaftszweig 2015 steuerpflichtigen Unternehmen (3.599) und zugleich etwas größer als die Zahl der in der Kostenstrukturerhebung erfassten Unternehmen (1.018, vgl. Tabelle 3.2.1). Die Differenzen erklären sich aus den Unterschieden der jeweiligen Erfassungs- bzw. Berichtskreise.

Tabelle 3.2.7 zeigt arithmetische Mittelwerte und Mediane des Umsatzes pro Mitarbeiter im Zeitverlauf. Um Preisentwicklungen herauszurechnen, sind die Umsätze mit Hilfe des Erzeugerpreisindex deflationiert und in Preisen des Jahres 2010 dargestellt. Im Durchschnitt konnten die Unternehmen des Automobilbaus ihre Umsätze von 2006 bis 2015 um mehr als ein Drittel auf etwa 219 Tsd. Euro pro Mitarbeiter steigern.

In Tabelle 3.2.7 sind weiterhin Umsätze pro Mitarbeiter des Weiteren nach kleinen Unternehmen, definiert als Unternehmen deren Größe im Durchschnitt des betrachteten Zeitraums maximal am Median der Industrie (200 Mitarbeiter) liegt, im Vergleich zu größeren Unternehmen dargestellt. Zudem wird zwischen Unternehmen, die mindestens ein Patent angemeldet haben und sonstigen Unternehmen unterschieden. Sowohl kleine als auch große, patentierende und nicht patentierende Unternehmen konnten ihre Umsätze im Beobachtungszeitraum erheblich steigern.³ Dieser Zuwachs war trotz eines substantiellen Rückgangs während der Finanzkrise im Jahr 2009 möglich. Relativ größere sowie patentierende Unternehmen weisen allerdings im gesamten Beobachtungszeitraum ein höheres Umsatzniveau pro Mitarbeiter auf.

Tabelle 3.2.7

Umsatz (operating revenue) pro Mitarbeiter im Automobilsektor in 1000 Euro

Jahr	Alle		Kleine		Große		Mit Patent		Ohne Patent	
	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.
2006	160.0	101.0	131.9	78.6	184.8	126.6	204.5	145.3	142.8	88.1
2007	167.4	105.0	137.6	82.0	193.5	130.9	214.9	151.8	149.0	91.2
2008	169.7	108.2	141.5	84.2	194.5	135.3	216.2	157.7	151.7	93.6
2009	151.7	99.4	131.9	79.0	169.1	120.3	186.8	138.6	138.2	86.9
2010	181.2	120.6	158.0	95.7	201.6	143.0	221.6	162.4	165.6	102.9
2011	202.1	134.7	178.5	106.0	222.9	160.8	242.8	176.7	186.4	117.0
2012	202.0	137.9	185.2	107.9	216.8	163.0	238.7	180.4	187.8	119.0
2013	200.6	138.6	181.9	109.9	217.0	164.5	243.3	181.7	184.0	121.1
2014	210.1	143.6	190.6	114.0	227.3	171.7	252.4	187.2	193.8	126.5
2015	218.9	150.8	201.1	120.0	234.5	178.0	262.0	195.8	202.2	133.3
Mittel	186.4	124.8	163.8	98.4	206.2	150.2	228.3	168.4	170.2	108.3

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt Umsätze pro Mitarbeiter in 1000 Euro im Durchschnitt und für das Medianunternehmen innerhalb der Gruppen kleine Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter ≤ Median), große Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter > Median), Unternehmen mit und ohne Patentanmeldungen bis zum Jahr 2015 (unabhängig vom adressierten Patentamt, in die hier präsentierte Rechnung gehen also gleichermäßen Anmeldungen von Patenten beim EPO, USPTO oder „nur“ beim DPMA ein), sowie alle Unternehmen insgesamt.

³ Die durchschnittliche Mitarbeiterzahl von patentierenden Unternehmen beträgt 2640 (Median 165), nicht-patentierenden Unternehmen beschäftigen im Durchschnitt 148 Mitarbeiter (Median 87).

Tabelle 3.2.8 zeigt Durchschnitts- und Medianwerte der Wertschöpfung pro Mitarbeiter, ebenfalls in Preisen des Jahres 2010. Ähnlich wie bei den Umsätzen pro Mitarbeiter ergibt sich ein Produktivitätswachstum von ca. 30% im Beobachtungszeitraum. Dieser Wert liegt nah an den relativen Veränderungen aus der Datenbank OECD Stan sowie der EU KLEMS Datenbank, wobei letztere nur Kennzahlen für den gesamten Fahrzeugbau enthält (NACE 29 und 30). Das Niveau der Arbeitsproduktivität unterscheidet sich von den Werten auf Industrieebene in diesen Datenbanken, da die durchschnittliche Produktivität eines Unternehmens nicht der Gesamtproduktivität einer Branche entspricht. Grund ist, dass Produktivität und Größe üblicherweise miteinander korreliert sind. Auch anhand der Wertschöpfung pro Mitarbeiter zeigen sich höhere Niveaus für patentierende und große Unternehmen sowie ein signifikantes Wachstum für alle Gruppen.

Tabelle 3.2.8

Wertschöpfung (added value) pro Mitarbeiter im Automobilsektor in 1000 Euro

	Alle		Kleine		Große		Mit Patent		Ohne Patent	
	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.
2006	48.1	33.6	40.6	25.8	54.8	41.8	60.7	46.7	43.3	29.2
2007	50.4	34.8	42.6	26.9	57.2	43.4	63.8	49.3	45.2	29.9
2008	51.1	35.9	43.9	27.7	57.5	44.5	63.7	51.0	46.3	30.8
2009	44.8	32.4	40.5	26.3	48.7	38.5	54.4	44.0	41.1	28.4
2010	54.2	40.1	48.7	31.5	59.1	46.7	65.2	50.6	50.0	34.7
2011	59.2	44.1	54.6	34.9	63.2	51.1	68.9	55.0	55.4	38.8
2012	58.6	44.6	56.5	36.0	60.5	50.2	66.1	54.5	55.7	39.1
2013	58.3	44.7	55.0	36.4	61.3	50.5	67.0	55.7	55.0	39.4
2014	61.5	46.4	58.2	37.5	64.5	53.8	71.1	58.4	57.9	41.2
2015	64.3	48.5	61.3	39.7	66.9	55.8	74.0	60.9	60.5	43.0
Mittel	55.1	40.8	50.2	32.4	59.4	47.9	65.5	52.4	51.0	35.8

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt Wertschöpfung pro Mitarbeiter in 1000 Euro im Durchschnitt und für das Medianunternehmen innerhalb der Gruppen kleine Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter \leq Median), große Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter $>$ Median), Unternehmen mit und ohne Patentanmeldungen bis zum Jahr 2015, sowie alle Unternehmen insgesamt.

In Tabelle 3.2.9 ist die Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität (TFP) dargestellt, welche Anhand der im Abschnitt 2.2 beschriebenen Methode geschätzt wurde und ein Maß für die Effizienz der Umsatzgenerierung bei gegebenem Arbeits-, Material- und Kapitaleinsatz darstellt. Da der absolute Wert der TFP wenig aussagekräftig ist, wird dieser als logarithmisches Maß so normalisiert, dass der Durchschnitt im Jahr 2006 über alle Unternehmen genau 0 entspricht. Ein Wert von 0,068 für das Jahr 2015 bedeutet somit, dass die Totale Faktorproduktivität im Durchschnitt um 6,8% gestiegen ist. Auf Grund der Schiefe der Produktivitätsverteilung ist der Median der TFP deutlich geringer als das arithmetische Mittel. So ist z.B. im Jahr 2015 der Median der TFP um ca. 8% höher als in 2006, liegt aber immer noch unter dem arithmetischen Mittel der Produktivität aus dem Jahr 2006. Das Wachstum der TFP ist aufgrund eines gestiegenen Material- und Kapitaleinsatzes kleiner als bei der Arbeitsproduktivität.

Tabelle 3.2.9

Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität im Automobilsektor

	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	Alle		Kleine		Große		Mit Patent		Ohne Patent	
	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.
2006	-0.000	-0.091	0.009	-0.080	-0.002	-0.092	0.013	-0.089	-0.012	-0.092
2007	0.033	-0.061	0.040	-0.049	0.032	-0.063	0.044	-0.061	0.024	-0.063
2008	0.022	-0.069	0.033	-0.056	0.020	-0.071	0.041	-0.066	0.006	-0.081
2009	-0.032	-0.118	-0.017	-0.095	-0.035	-0.120	-0.021	-0.114	-0.043	-0.119
2010	0.020	-0.069	0.028	-0.053	0.018	-0.071	0.034	-0.063	0.007	-0.072
2011	0.054	-0.047	0.059	-0.021	0.053	-0.049	0.068	-0.045	0.042	-0.048
2012	0.038	-0.047	0.041	-0.032	0.038	-0.052	0.049	-0.040	0.029	-0.048
2013	0.035	-0.045	0.042	-0.020	0.033	-0.049	0.031	-0.042	0.038	-0.055
2014	0.056	-0.023	0.071	0.014	0.053	-0.030	0.049	-0.021	0.062	-0.027
2015	0.068	-0.010	0.086	0.034	0.065	-0.019	0.062	-0.003	0.074	-0.017
Mittel	0.029	-0.055	0.039	-0.037	0.027	-0.059	0.037	-0.051	0.023	-0.059

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt die (logarithmische) totale Faktorproduktivität, gemessen als Differenz zum Durchschnittswert im Jahr 2006 im Durchschnitt und für das Medianunternehmen innerhalb der Gruppen kleiner Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter \leq Median), große Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter $>$ Median), Unternehmen mit und ohne Patentanmeldungen bis zum Jahr 2015, sowie alle Unternehmen insgesamt.

Eine mögliche Erklärung für den Anstieg der Produktivität im Automobilsektor sind Innovationsaktivitäten. Tabelle 3.2.10 zeigt die Ergebnisse einer Auswertung der Amadeus-Daten bezüglich der Patentanmeldungen. Sowohl der Anteil der patentierenden Unternehmen als auch die Anzahl der Patentanmeldungen ist im Zeitverlauf gestiegen. Die Wertschöpfung je Mitarbeiter ist bei den patentierenden Unternehmen mit ca. 65 Tsd. € gegenüber 51 Tsd. € bei nicht patentierenden etwas größer (vgl. nochmals Tabelle 3.2.8). Dies kann teilweise auch mit Größenunterschieden zusammenhängen. Gleichzeitig ergibt sich ein anderes Bild bei der Veränderung der Totalen Faktorproduktivität (vgl. nochmals Tabelle 3.2.9), die bei den patentierenden Unternehmen um 4,9% und bei den nicht patentierenden um 8,4% zugenommen hat (im Median um 8,6% bei den patentierenden und um 7,5% bei den nicht patentierenden).

Dieses Ergebnis kann nicht belegen, dass es einen klaren Zusammenhang zwischen Produktivitätsentwicklung und Innovationsaktivitäten gibt. Dies ist konsistent mit der Beobachtung aus einem Expertengespräch, dass gerade bei mittelständischen Unternehmen der hohe Produktivitätsdruck zumindest kurz- und mittelfristig eher mit einer Verminderung der Innovationsaktivitäten verbunden sein kann, da Unternehmen teilweise ihre Entwicklungsabteilung schließen, um Kosten zu sparen. Einschränkend muss hierbei angemerkt werden, dass nicht alle Innovationen patentiert werden und der Wert von Patenten sehr unterschiedlich ist. Ein kausaler Zusammenhang zwischen der Zahl der Patente und der gestiegenen Produktivität lässt sich somit anhand dieser deskriptiven Analyse nicht festmachen.

Tabelle 3.2.10

Zahl der in Amadeus registrierten EPO-Patentanmeldungen der Unternehmen des Automobilsektors im Zeitverlauf

Zahl der EPO-Patentanmeldungen von in Amadeus registrierten Unternehmen des Sektors Automobilbau (NACE-Code Nr. 29)	
Patentanmeldungen beim EPO insgesamt	97.133
bis zum Jahr 2000	27.531
2001-2005	22.032
2006-2010	20.909
2011-2015	21.399
ab 2016	5.262

Anteil der in Amadeus registrierten Unternehmen des Sektors Automobilbau mit EPO-Patentanmeldungen in %	
Patenanmeldungen beim EPO im gesamten Zeitraum	20,5
bis zum Jahr 2000	10,1
2001-2005	10,1
2006-2010	10,3
2011-2015	11,1
ab 2016	6,9

Erklärung: Die Zahlen basieren auf Patentanmeldungen all jener Unternehmen der Automobilindustrie, die aktuell in Amadeus registriert sind. Diese Zahlen schließen solchen Patentanmeldungen von Unternehmen ein, die zwar nach dem Schwerpunktprinzip dem Automobilsektor zugeordnet sind, zugleich aber auch in anderen Industriezweigen aktiv sind (z.B. der Systemzulieferer Bosch). Ein Teil der hier aggregierten Patentanmeldungen ist also nicht für den Automobilsektor relevant. Daraus erklärt sich die Differenz zu den erheblich niedrigen Patentanmeldungszahlen des EPO für den deutschen Automobilbau, die einem rein technologischen Klassifizierungskriterium folgen. Umgekehrt sind in diesen Zahlen solche Patentanmeldungen nicht enthalten, welche technologisch zwar für den Automobilsektor relevant sind, jedoch von Unternehmen getätigt wurden, die nach dem Schwerpunktprinzip nicht dem Automobilsektor zuzurechnen sind.

Mit Hilfe der Dekomposition von Olley & Pakes (1996) lässt sich die Veränderungen der aggregierten TFP einer Industrie in eine Veränderung der ungewichteten Durchschnitts-Produktivität pro Unternehmen und die Reallokation zwischen Unternehmen aufteilen (vgl. Tabelle 3.2.11). Die Reallokation entspricht dabei der Kovarianz zwischen Marktanteilen und TFP. Hintergrund dieser Zerlegung ist, dass die aggregierte Produktivität entweder steigen kann, weil Unternehmen im Durchschnitt produktiver werden oder weil produktive Unternehmen wachsen und damit ihren Beitrag zur aggregierten Produktivität erhöhen. Das Produktivitätswachstum scheint hier durch ein unternehmensinternes Wachstum der Produktivität und nicht durch ein zunehmendes Gewicht von Unternehmen getrieben zu werden.⁴ Das kann etwa dadurch erklärt werden, dass das Wachstum der Unternehmen durch einen branchenweiten Druck zum Produktivitätswachstum getrieben ist, der alle Unternehmen der Automobilindustrie umfasst. Dieses Ergebnis ist auch konsistent zu den Befunden aus den Expertengesprächen. Allerdings können in dieser Betrachtung Marktein- und Austritte nicht berücksichtigt werden, da die Unternehmen in Amadeus nicht der Grundgesamtheit entsprechen und kleine Unternehmen auf Grund fehlender Bilanzierungsverpflichtungen

⁴ Alle Berechnungen erfolgen auf Basis von unkonsolidierten Bilanzen um Doppelzählungen zu vermeiden. Unternehmensübernahmen spielen daher für die Berechnungen eine untergeordnete Rolle, da Zielunternehmen in den meisten Fällen auch nach Übernahme eigene unkonsolidierte Bilanzen veröffentlichen.

unterrepräsentiert sind. Also ist es möglich, dass ein Teil des branchenweiten Produktivitätswachstums insbesondere auf die zahlreichen Marktaustritte zurückzuführen ist, insoweit als weniger produktive Unternehmen den Markt verlassen haben.

Tabelle 3.2.11

Dekomposition der Totalen Faktorproduktivität im Automobilsektor

	Aggregierte TFP	Ungewichtete TFP	Reallokation
2006	0.000	-0.000	0.000
2007	-0.007	0.033	-0.040
2008	-0.027	0.022	-0.049
2009	-0.064	-0.032	-0.031
2010	0.008	0.020	-0.012
2011	0.073	0.054	0.018
2012	0.059	0.038	0.021
2013	0.051	0.035	0.016
2014	0.032	0.056	-0.024
2015	0.035	0.068	-0.034
Mittel	0.016	0.029	-0.013

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank..

Die Ergebnisse der Dekomposition zeigen, dass das Produktivitätswachstum im Automobilsektor nicht nur durch das Wachstum einzelner Unternehmen zustande kommt, sondern alle Gruppen von Unternehmen relativ gleichmäßig betrifft (vgl. nochmals Tabelle 3.2.7). Dennoch gibt es erhebliche Produktivitätsunterschiede zwischen den Unternehmen innerhalb des Sektors. Diese Beobachtung ist auch konsistent mit den Ergebnissen auf Sektorebene, wenn man dort die Produktivität für unterschiedliche Sparten betrachtet. Tabelle 3.2.12 zeigt die Verteilung der Produktivität für die verschiedenen Maße für ausgewählte Quantile der Produktivitätsverteilung bezogen das Jahr 2015, welches das letzte verfügbare Jahr für die meisten Unternehmen ist. Die Umsätze und die Wertschöpfung pro Mitarbeiter sind für das Unternehmen am 90% Quantil der Verteilung mehr als doppelt so hoch als für das Medianunternehmen und mehr als viermal so hoch im Vergleich zum 10%-Quantil.

Diese beträchtlichen Unterschiede lassen sich nicht vollständig durch den unterschiedlichen Kapitaleinsatz erklären. Die Totale Faktorproduktivität für das Unternehmen am 90%-Quantil ist um 0.5 log-Punkte höher als für das Median-Unternehmen, was bedeutet, dass bei gleichem Einsatz von Inputfaktoren dieses Unternehmen einen um mehr als 50% höheren Output generieren würde. Diese substantiellen Produktivitätsunterschiede innerhalb des Sektors entsprechen in der Größenordnung etwa denen aus anderen empirischen Studien für die USA und andere entwickelte Länder (siehe z.B. Syverson, 2011). Wie die Befunde aus den Expertengesprächen nahelegen, werden diese Unterschiede wohl teilweise auch durch die Auslagerung weniger produktiver Wertschöpfungsbereiche von OEMs und Systemzulieferern zu den Zulieferern auf anderen Ebenen der Wertschöpfungskette getrieben, die auch Ausdruck einer unterschiedlichen Marktmacht der Unternehmen sind. Die OEMs üben dabei ihre Marktmacht in den Zuliefermärkten aus, um weniger produktive Bereiche der Wertschöpfung zu den Zulieferern auszulagern. Darüber hinaus kann auch die unterschiedliche Anzahl von Teilzeitarbeitskräften in den Unternehmen eine Rolle spielen. Jedoch kommen Studien, die auf detaillierteren Datensätzen fußen, zu ähnlichen Ergebnissen, was die Heterogenität in Hinblick auf die Produktivität anlangt (siehe z.B. Syverson, 2011). Da das Wachstum der Produktivität im Zeitverlauf relativ gleichmäßig über die verschiedenen Quantile der Produktivität verteilt ist, wird von einer getrennten Darstellung pro Jahr abgesehen.

Tabelle 3.2.12

Verteilung der Produktivität im Automobilsektor im Jahr 2015

Quantil	10%	25%	50%	75%	90%
Umsatz/Mitarbeiter:	72,3	101,8	150,8	239,9	412,8
Wertschöpfung/ Mitarbeiter	24,0	33,6	48,5	73,2	111,0
TFP	-0,291	-0,149	-0,010	0,177	0,502

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt Umsätze und Wertschöpfung pro Mitarbeiter in 1000 Euro und die (logarithmische) totale Faktorproduktivität für verschiedene Quantile der Produktivitätsverteilung im Jahr 2015.

3.2.5 Determinanten der Produktivitätsentwicklung

Bei der Untersuchung der Determinanten der Produktivitätsentwicklung laufen die Ergebnisse aus den vorausgehenden Abschnitten, den Expertengesprächen sowie aus der Literatursauswertung zusammen. Prinzipiell sind als Determinanten der Produktivitätsentwicklung eine Vielzahl von Faktoren in Rechnung zu stellen. Wir konzentrieren uns in unseren Sektoranalysen jeweils auf solche Determinanten, welche für den jeweiligen Sektor von zentraler Bedeutung sind und gehen hierbei auf die Rolle von Forschung und Innovation bei der Produktivitätsentwicklung ein. Im vorliegenden Abschnitt stellen wir zunächst die Experteneinschätzungen vor. Nachdem wir anschließend kurz auf die Zuverlässigkeit der sektoralen Preisstatistik eingegangen sind, diskutieren wir die Untersuchungsbefunde zu den Treibern der sektoralen Produktivitätsentwicklung.

Experteneinschätzungen

Um die Zusammenhänge innerhalb der Produktion und die unmittelbaren Einflussfaktoren der Produktivitätssteigerung besser verstehen zu können, wurden Gespräche mit zwei Produktionsverantwortlichen sowie zwei FuE-Verantwortlichen in Unternehmen entlang der automobilen Wertschöpfungskette geführt. Diese Gespräche geben einen Einblick in einen bestimmten Bereich der Wertschöpfung, der für die Produktivitätsentwicklungen von großer Bedeutung ist. Dabei wurden zwei Bereiche der Wertschöpfungskette näher in den Blick genommen: die Ebene der Original Equipment Manufacturers (OEMs) und der Vorleistungsbereich der Massivumformunternehmen, der insbesondere wichtige Teile für Motor, Fahrwerk und Getriebe liefert.

Ein Produktionsverantwortlicher bei einem OEM skizzierte die Bemühungen zur Optimierung der Produktionsprozesse in der Endfertigung der Automobilindustrie und deren Einflussfaktoren. Demgegenüber beschrieb ein Produktionsverantwortlicher bei einem Schmiedeunternehmen, das in der Zulieferkette der Automobilindustrie die Teile für das Getriebe und den Antriebsstrang an die OEMs und Systemzulieferer liefert, die Determinanten, die dort die Bemühungen zur Optimierung der Produktion treiben. Die Gesprächsbefunde werden in Hinblick auf Schmiedeunternehmen ergänzt um Befunde aus einem Projekt zum Massiven Leichtbau, in dem zahlreiche weitere Unternehmensgespräche geführt wurden. Zu beachten ist bei der Bewertung der Befunde, dass diese Ergebnisse nur einen Teil der – wenn auch sehr zentralen – Faktoren widerspiegeln können, die die Produktivität bei den Unternehmen bestimmen. Übersicht 3.2.2 vermittelt einen Überblick über die Antworten der Unternehmensvertreter zu den verschiedenen relevanten Aspekten der Produktivitätsentwicklung, die im Folgenden jeweils unter den einzelnen Aspekten diskutiert werden.

Übersicht 3.2.2

Einflussgrößen der Produktivitätsentwicklung in der Produktion in zwei Bereichen der automobilen Wertschöpfungskette

Aspekt	Endfertigung	Zulieferer (Schmiedeunternehmen)
Was wird optimiert?	Fertigungszeit pro Fahrzeug als wichtige Größe; Analyse einzelner Fertigungsschritte (welche können optimiert werden? Wie können einzelne Prozesse Optimiert, bspw. Wege verringert werden? etc.) Bei neuen Fertigungsstraßen Möglichkeit, grundsätzliche Veränderungen durchzuführen	Optimierung rund „um die Presse“; Einsparung einzelner Prozess-Schritte (bzw. beim Personal); Können durch Produkt- oder Prozessgestaltung Prozess-Schritte gespart werden? Ausreizen der Potenziale bestehender Anlagen Bei neuen Pressen kann (in Zusammenarbeit mit den Maschinenherstellern) Produktivitäts-Sprünge erzielt werden (sind aber hohe Investitionskosten, findet also nicht so häufig statt) Lean Aspekt: Auch Betrachtung breiterer Aspekte wie Rüstzeiten, Optimierung der Organisation im weiteren Sinne; Optimierung der Prozess-Stabilität
Indikatoren	Zentraler Indikator: HBV (Fertigungszeit per Auto, hours per vehicle); wird über den Harbour-Report auch für den Vergleich zwischen verschiedenen Werken herangezogen; aber: unterschiedliche Fertigungstiefen: Vergleichbarkeit ist eingeschränkt	Mehrere Indikatoren: Nutzungsgrad der Presse; Verfügbarkeit der Presse; übergeordnet: Tonnage pro Lohnstunde; im Zerspanwerk: Nettowertschöpfung je Lohnstunde
Ausmaß der Produktivitätssteigerung	Optimierung der Produktion/Erhöhung der Produktivität als zentrale Zielsetzung Unterschiede zwischen Unternehmen; in den vergangenen 15 bis 20 Jahren ca. Halbierung des HBW ⁵	Optimierung der Produktion/Erhöhung der Produktivität als zentrale Zielsetzung Keine Angabe zu Produktivitätssteigerungen; kontinuierliche Verbesserung in Hinblick auf die genannten Indikatoren. Ist auch abhängig vom betrachteten Bauteil und Einzelprozess; Zentrale Bedeutung der Produktivitätssteigerungen für die Wettbewerbsfähigkeit (die Prozesskosten machen ca. 50% der Gesamtkosten aus)
Einflussfaktoren, Optimierung des Produktionsprozesses	Mehrere Einflussfaktoren: - Fertigungstiefe und Outsourcing - Komplexität der Fertigung - Kontinuierliche, sukzessive Optimierung der Prozesse - Einsatz neuer Maschinen	Insbesondere: Druck von den Kunden - Sukzessive Optimierung der Prozesse um die Presse - Optimierung der Prozess-Schritte in Zusammenhang mit Produktdesign
Veränderungstendenzen in den vergangenen 15 bis 20 Jahren	- Man hat immer wieder wurden neue Potenziale gehoben, wo es möglich war, Maschinen eingesetzt - Einfluss der japanischen Hersteller und Produktionssysteme auf die deutschen Unternehmen (Effizienzdruck) - Teilweise Tendenz zum Outsourcing zu den Systemzulieferern: führt eher zur Verringerung der Fertigungstiefe (liegt bei ca. 25%, Verringerung von ca. 3 Prozentpunkten) - Standardisierung (Trend zur Standardisierung von Einzelkomponenten) - Gleichzeitig durch die Kunden getrieben höhere Produktvielfalt (verringert die Produktivität)	- Hoher Druck von den Kunden in der Automobilindustrie (man geht bei der Preisbildung von vorne herein von Produktivitätssteigerungen aus) - Kontinuierliches Steigen der Personal- und Materialkosten - Neue Stähle, Geometrien: bedeuten Anpassungserfordernisse (muss über Entwicklungsarbeit stabile Prozesse bekommen und benötigt neue Werkzeuge)

⁵ Dies entspricht einem Medienbericht darüber, dass BMW den HBW innerhalb von ca. 15 Jahren halbieren möchte. <https://www.automobil-produktion.de/technik-produktion/produktionstechnik/bmw-will-produktionszeit-auf-30-stunden-druecken-263.html>, Abruf vom 10.10.2017,

noch Übersicht 3.2.2

Aspekt	Endfertigung	Zulieferer (Schmiedeunternehmen)
Rolle von IKT	Maschineneinsatz an einigen Teilen der Produktion trägt zur Produktivitätssteigerung bei	Zunahme der Produktivität durch Beschäftigungsabbau ohne weitere Investitionen zu tätigen; Verstärkter Kostendruck auf die Zulieferer Wichtig: Betriebsdatenerfassung; Verbesserung der Steuerung IT-Systeme kommen beim Qualitätsmanagement zum Einsatz, z.B. angebunden an Messmaschinen und in Verbindung mit digitalen Enggeräten.
Zukünftige Trends	<ul style="list-style-type: none"> - Weiter steigende Produktvielfalt zu erwarten - Gleichzeitig: man geht davon aus, dass immer weiter Produktivitäts-Potenziale zu heben sind - Elektromobilität: keine grundsätzliche Veränderung der Prozesse im Bereich der Endfertigung (aber: Motor/Getriebe: große Veränderung) 	Höhere Effizienz und Produktivität; weitere Nutzung von economies of scale Industrie 4.0: Chance, Potenziale in Hinblick auf die Datenvernetzung und die Optimierung der Schnittstellen Mensch-Maschine, Maschine-Maschine zu nutzen. Ausweitung der Vernetzung (Data Analysis, Factory Cloud, Cloud Computing, Big Data, adaptive Steuerungen, Lean Management, digitale Signaturen, intelligente Roboter, 3D-Kamerasysteme). Erfassung und intelligente Verarbeitung von Daten über den gesamten Wertschöpfungsprozess, zeitnahe Prozessregelung Ziel: Produkteigenschaften beherrschen und vorhersagen zu können, Prozessoptimierung, die heute mitunter in Echtzeit Elektromobilität: in Autos mit Elektromotor sind erheblich weniger Massivumform-Teile vorhanden Höhere Anforderungen an die Bauteile und neue Stähle führen zu Anpassungen
Rolle von FuE	FuE wird hauptsächlich für die Weiterentwicklung der Produkte durchgeführt; die Prozessoptimierung läuft im Unternehmen nicht unter dem Label „FuE“	FuE konzentriert sich auf die Produktentwicklung, Produkteigenschaften (Geometrie, mechanische Eigenschaften, Gewicht ...) Aber: enger Zusammenhang zwischen Produktentwicklung und Prozesskosten (Material und Produktdesign beeinflusst über Bearbeitungsschritte die Produktionskosten) Eine Aufgabe von FuE: Produktdesign, das in Einklang mit Herstellervorgaben ist und kostengünstig produziert werden kann

Quelle: eigene Erhebungen, basierend auf den Expertengesprächen 1 bis 4.

Messung der Produktqualität und Preiseffekte

Der Automobilsektor stellt hochwertige, technisch komplexe industrielle Produkte in Massenfertigung her. Obwohl die jeweils neuen Fahrzeugmodelle von Jahr zu Jahr mit neuen und verbesserten Komponenten ausgestattet werden und ständig an der Verbesserung der Antriebstechnik gearbeitet wird, hat sich über die Jahrzehnte hinweg am Prinzip der Optimierung einer breit verwurzelten, auf den Verbrennungsmotor fokussierten Konzeption verändert (Aigle u.a. 2008: 126). Diese Situation ändert sich erst mit der sich nunmehr anbahnenden Verbreitung alternativer Antriebstechnologien (vgl. Abschnitt 3.2.6) grundsätzlich. Die Erfassung von Veränderungen der Produktionsmengen, der für die erstellten Produkte erzielten Preise und die damit verbundene Trennung von Preis- und Mengeneffekten stellt sich vor diesem Hintergrund im Automobilsektor einfacher dar als in den beiden anderen hier untersuchten Sektoren, insbesondere im Maschinenbau. Dies hat sich auch in einem Telefonat mit dem für die Preiserfassung zuständigen Mitarbeiter des Statistischen Bundesamts bestätigt. Wir haben hier im Gegensatz zum Maschinenbau keine Hinweise auf Probleme bei der korrekten Ermittlung der Preisentwicklung mittels des Kettenindexverfahrens gefunden.

Produktivitätsentwicklung in den Unterabteilungen des Automobilsektors

Ging es in den bisherigen Ausführungen zur Produktivitätsentwicklung in der Automobilindustrie stets um den Sektor als Ganzen, soll zunächst ein Aspekt nachgetragen werden, der für das Verständnis der Entwicklung dieses Industriezweigs nicht unwichtig ist. Die oben zitierten Studien zur Produktivitätslücke der deutschen gegenüber der japanischen Industrie hatten sich primär auf die Rolle der OEMs konzentriert, die Zulieferer der verschiedenen Stufen hingegen zum Teil nur cursorisch behandelt. Beim Toyota-Modell ging es um spektakuläre Produktivitätsgewinne, welche der Endprodukthersteller (Toyota) u.a. durch eine Verringerung seiner Wertschöpfungstiefe, also durch Auslagerung von Produktionssparten an handverlesene Zulieferer realisiert hatte. Der damit verbundene Ausleseprozess führte zum Ausscheiden der weniger rentabel wirtschaftenden Unternehmen aus dem automobilen Wertschöpfungsprozess.

Die deutschen OEMs verfolgten zur Schließung der Produktivitätslücke zu den japanischen Endproduktherstellern seit dem 1990er Jahren eine ähnliche Strategie. Nur solche Zulieferer hatten eine Chance in der restrukturierten automobilen Zulieferwirtschaft wirtschaftlich zu überleben, welche den Kostenreduktionserwartungen ihrer Abnehmer entsprechen und flexibel auf deren Vorstellungen zu neu gefassten Vertragsarrangements eingehen konnten. Dabei handelt es sich in aller Regel um die aufgrund ihrer höheren Produktivität rentabler wirtschaftenden Unternehmen, während die weniger rentablen bzw. produktiven aus den Zuliefererlisten gestrichen wurden.

Vor diesem Hintergrund ist es in unserem Untersuchungszusammenhang von Interesse, zu erfahren, wie sich die wichtigsten Parameter der Unterabteilungen des Automobilsektors zwischen 1995 und 2015 entwickelt haben. Entsprechende Daten sind in Tabelle 3.2.13 zusammengestellt. Um mit geschlossenen Zeitreihen für diesen Zeitraum arbeiten zu können, arbeiten wir mit Daten auf Basis der WZ 1993.

Tabelle 3.2.13

Beschäftigung, Wertschöpfung, Preisentwicklung und Produktivität in den Unterabschnitten der Automobilindustrie

Wirtschaftszweige nach Wirtschaftszweigsystematik 1993		Absolute Werte (in Tsd. €)		Jahresdurchschnittliche Wachstumsrate					Wachstum insg.
		1995	2015	95/00	00/05	05/10	10/15	95/15	
Wertschöpfung nominal									
WZ34	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	42.910.627	96.380.552	2,5	4,7	2,1	7,3	4,1	124,6
WZ-341	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	29.314.013	72.210.515	0,8	5,2	4,8	7,8	4,6	146,3
WZ-342	Herstellung von Karosserien, Aufbauten u. Anhängern	1.739.799	2.301.203	0,5	1,4	-1,6	5,5	1,4	32,3
WZ-343	H. v. Teilen u. Zubeh. f. Kraftwagen u. deren Motoren	11.856.815	21.868.833	6,5	4,1	-3,8	5,9	3,1	84,4
Erzeugerpreise ¹									
WZ-34	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	-	-	0,8	1,2	0,5	0,4	0,7	15,5
WZ-341	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	-	-	1,3	1,6	1,0	0,6	1,1	25,3
WZ-342	Herstellung von Karosserien, Aufbauten u. Anhängern	-	-	0,7	1,4	0,8	1,2	1,0	22,3
WZ-343	H.v. Teilen u. Zubeh. f. Kraftwagen u. deren Motoren	-	-	-	0,5	-0,1	0,2	0,2	2,9
Wertschöpfung real ¹									
WZ-34	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	48.486.584	94.259.709	1,7	3,5	1,6	6,8	3,4	94,4
WZ-341	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	35.575.258	69.937.545	-0,5	3,6	3,7	7,1	3,4	96,6
WZ-342	Herstellung von Karosserien, Aufbauten u. Anhängern	2.006.881	2.170.776	-0,1	0,0	-2,4	4,2	0,4	8,2
WZ-343	H.v. Teilen u. Zubeh. f. Kraftwagen u. deren Motoren	-	21.693.477		3,6	-3,7	5,7	1,8	30,6
Beschäftigung									
WZ-34	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	756.259	839.605	2,3	0,3	-2,9	2,6	0,5	11,0
WZ-341	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	481.524	531.741	1,8	-0,4	-2,1	2,8	0,5	10,4
WZ-342	Herstellung von Karosserien, Aufbauten u. Anhängern	43.023	37.053	-2,5	-1,9	-0,3	1,7	-0,7	-13,9
WZ-343	H.v. Teilen u. Zubeh. f. Kraftwagen u. deren Motoren	231.712	270.811	3,9	1,7	-4,7	2,4	0,8	16,9
Produktivität ¹									
WZ-34	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	64	112	-0,5	3,3	4,6	4,1	2,8	75,1
WZ-341	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	74	132	-2,3	4,0	6,0	4,2	2,9	78,0
WZ-342	Herstellung von Karosserien, Aufbauten u. Anhängern	47	59	2,4	1,9	-2,1	2,5	1,1	25,6
WZ-343	H.v. Teilen u. Zubeh. f. Kraftwagen u. Motoren	-	80	-	1,8	1,1	3,2	2,0	35,4

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Kostenstrukturstatistik und der Erzeugerpreisindizes des Statistischen Bundesamts. - ¹Erzeugerpreise für die Herstellung von Teilen und Zubehör sind erst ab 2000 verfügbar. Wachstumsraten in den letzten beiden Spalten sind ab 2000 berechnet. Daten nach WZ 2008 und WZ 2003 (in den entsprechenden Wirtschaftszweigen ist es durch die Umstellung der Systematik nur zu geringeren Anpassungen gekommen).

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Es zeigen sich erhebliche Unterschiede bei der Entwicklung von Wertschöpfung und Produktivität zwischen den Unterabteilungen des Automobilsektors. Gewinner des wirtschaftlichen Aufstiegs des Sektors sind in erster Linie die OEMs, die in der Unterabteilung WZ 34 (WZ 1993) angesiedelt sind, während die in den Unterabteilungen WZ 343 (Kfz-Teile) und WZ 342 (Karosserien) erfassten Zulieferunternehmen keine ganz schlechte, aber doch eher eine durchwachsene Bilanz aufzuweisen hatten. Besonders letztere verloren an Terrain und mussten – im Gegensatz zum allgemeinen Trend im deutschen Automobilbau – ca. 6.000 Arbeitsplätze abbauen. Wahrscheinlich spielten hierbei zunehmende Importe eine Rolle, wobei die Daten der Input-Output-Tabellen (Tabellen 3.2.14 und 3.2.15) hierfür gewisse Anhaltspunkte, aber keine belastungsfähigen Belege liefern.

Bemerkenswert ist die unterschiedliche Entwicklung der Erzeugerpreise in den drei Unterabteilungen des Automobilsektors. Während die Hersteller ihre Erzeugerpreise 1995-2015 um 1,1% p.a. steigern konnten, stagnierten die Erzeugerpreise der zuliefernden Teilehersteller fast (0,2% p.a.). Eine auffällige Diskrepanz zeigt sich ebenfalls bei der Entwicklung der realen Bruttowertschöpfung. Während diese bei den Kfz-Herstellern um 3,4% p.a. wuchs, legte sie bei den Teileproduzenten nur um 1,8% p.a. und bei den Karosserieherstellern um 0,4% p.a. zu.

Zentrale Produktivitätsdeterminanten im Überblick

Übersicht 3.2.3 vermittelt einen Überblick über die zentralen Faktoren, aus deren Zusammenwirken sich die Entwicklung der deutschen Automobilindustrie in den zurückliegenden Jahrzehnten im Spiegel der einschlägigen Fachliteratur erklärt. Ausgewertet wurden hierfür die in der Legende der Übersicht zitierten Quellen.

Wesentliche Voraussetzung für den Aufstieg der Automobilindustrie in Deutschland und anderen Industrieländern war die Schaffung von die in Europa engen nationalen Grenzen überschreitenden Märkten. Veränderungen des automobilen Produktionssystems legten in enger Verbindung mit der Handelsliberalisierung die Basis für die konsequente Nutzung von positiven Skaleneffekten. Diese technischen wie organisatorischen Prozessinnovationen wurden durch eine Fülle von Produktinnovationen begleitet. Wir gehen im Folgenden näher auf einzelne Punkte dieser Entwicklungen ein.

Übersicht 3.2.3

Technischer Fortschritt, Rahmenbedingungen und Marktentwicklung im Zeitablauf

Zeitraum	Aspekt	Auswirkungen	Quelle
<i>Veränderung der Rahmenbedingungen</i>			
1948	Gründung des allgemeinen Zoll- und Handelsabkommens; starke Senkung der Handelszölle, Ausweitung des Marktpotenzials und,	Ermöglichung der Nutzung von economies of scale	(1)
1995	Gründung der World Trade Organisation, Starke Senkung der Handelszölle	Leichter Zugang zu ausländischen Märkten, vermehrte Nutzung von economies of scale	(1) [S.120]
Bis 2013 (mit dem zuletzt beigetretenen Mitgliedsstaat Kroatien)	Erweiterung der EU; Erleichterung des Handels und des Outsourcing	Nutzung von economies of scale	(1)
<i>Veränderung im Produktionssystem</i>			
Verstärkt ab Ende der 1980er Jahre	Produktionsoptimierung – Massive Kostensenkung durch Beschäftigungsabbau; wichtiger Auslöser: Druck von japanischen Herstellern	Zunahme der Produktivität durch Beschäftigungsabbau ohne weitere Investitionen zu tätigen; Verstärkter Kostendruck auf die Zulieferer	(2)
ab Mitte der 80er-Jahre	Standardisierung (Trend zur Standardisierung von Einzelkomponenten)	Höhere Effizienz und Produktivität; Nutzung von economies of scale	(3)
Ab Mitte der 80er Jahre	Miniaturisierte Bauweise (Komponenten werden immer kleiner; u.a. Elektronik)	Weniger Materialverbrauch	(3) [S.3]
Ab Mitte der 80er-Jahre	Flexibleres Verhalten von Werkstoffen (geringere Steckkräfte nötig, was sich vorteilhaft in der Montage auswirkt)	Niedrigere Kosten, höhere Effizienz	(3) [S.5]
Anfang der 90er Jahre	Übernahme von Ideen aus dem Toyota-Produktionssystem/Lean-Management; hohe Produktivität bei höchster Produktqualität und pünktlicher Lieferung,	Effizienzsteigerung durch schlanke Organisationsstrukturen/Optimierung des Produktionsprozesses entlang der Wertschöpfungskette	(4)
Verstärkt seit 2000	Internationales Outsourcing von Kernkompetenzen (Entwicklung/Produktion)	Kostensenkung	(6) + (8)
	Verschiebung der Wertschöpfungskette zu Zulieferern aufgrund von Kostenvorteilen und Produktkomplexität	Kostenvorteile	(7) + (8)
<i>Produktinnovationen</i>			
	Qualitätssteigerung beim Kfz (z.B. Verlässliche Verbindungen, weniger Ausgaben für Garantie)	Kostensenkung	(3) [S.5]
Ab Mitte der 80er-Jahre	Einsatz leistungsfähigerer Materialien, verstärkte Fokussierung auf Kraftstoffverbrauch	Teilweise Materialersparnis; verstärkt Fokussierung auf Eigenschaften (Kraftstoffverbrauch), die die Produktion tendenziell komplexer machen	(3) [S.5]
Mitte 90er-Jahre/2000	Zunehmender Markt für Hybrid- und Elektroautos	Produktivitätssteigerung durch höhere Produktivität der Batteriefertigung, Lerneffekte	
Ab 90er-Jahre	Assistenzsysteme (Einparkhilfen, Start-Stopp-Automatik, Abstandhalter, Autopilot)	Differenzierung; erhöhte Komplexität der Produktion; Einfluss auf Produktivität über andere Produktionsprozesse, Lerneffekte	

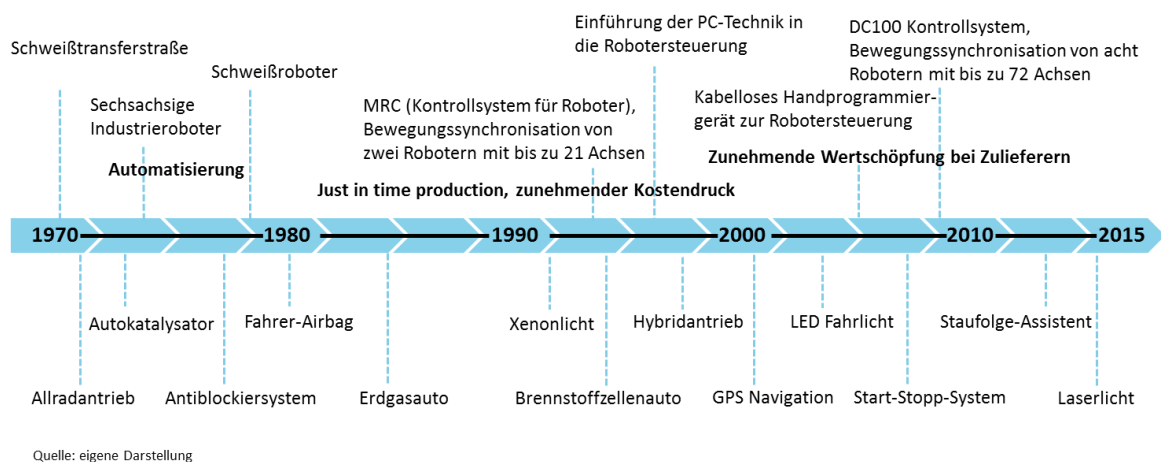
Quelle: eigene Darstellung. Für die Übersicht verwendete Literaturquellen: (1) Warda (2013), (2) Hrachowy (2015), (3) Greschner (1996), (4) Kaizen LeanManagement (2017) Das Toyota-Produktionssystem (TPS). Internet: <http://kaizen-lean-management.de/grundlagen/toyota-produktionssystem/>, Abruf vom 18.8.2017. Uelzen: Kaizen LeanManagement, (5) Arnoscht et al. (2011), (6) Kleinhans et al. (2015), (7) Berking et al. (2012), (8) Lang (2017).

Produktinnovationen und produktionsorganisatorische Neuerungen

Eine Determinante für die Produktivitätsentwicklung in der Automobilindustrie waren die Verfahrens- und Produktinnovationen, welche in den vergangenen Jahrzehnten realisiert wurden. Schaubild 3.2.4 und Übersicht 3.2.3 vermitteln einen Überblick über die wichtigsten in den zurückliegenden 45 Jahren realisierten Prozess- und Produktinnovationen. Auf Seiten der Herstellungsprozesse sind insbesondere die früh einsetzende Automatisierung von Produktionsprozessen zu erwähnen, die Durchsetzung des Just-in-time-Prinzips in der zwischen- und innerbetrieblichen Logistik, der massive Druck der Endprodukthersteller auf Kostenreduzierungen gegenüber den Zulieferern und die damit verbundene Verschlinkung der Zuliefererketten sowie die aus heutiger Sicht bisweilen über Gebühr ausgereizte Tendenz zum Outsourcing von Produktionsschritten an Zulieferer insbesondere an kostengünstige Standorte in der Produktion. Auf der Produktseite sorgte ein stetiger Strom von Produktinnovation für eine anhaltende Akzeptanz der Produkte der deutschen Automobilindustrie bei den Verbrauchern sowie für die Durchsetzung relativ hoher Preise trotz der Preissenkungen bei den Zulieferern.

Schaubild 3.2.4

Produkt- und Verfahrensinnovationen im Automobilbau im Zeitablauf



Aus den Expertengesprächen lassen sich Hinweise auf die Rolle des technischen Fortschritts für die Produktivitätsentwicklung ableiten. Wie die Ergebnisse in Übersicht 3.2.3 zeigen, sind Produktivitätssteigerungen in beiden Bereichen der Wertschöpfungskette zentrale Determinanten des Wettbewerbs, wobei in beiden Bereichen der Wertschöpfungskette die sukzessive Optimierung von Prozessen dominiert. Dabei kommen unterschiedliche Indikatoren zur Anwendung, die jeweils verschiedene unternehmensrelevante Aspekte der Produktivität abdecken. Dazu gehört bei der Endfertigung in den OEMs insbesondere die Fertigungszeit je Automobil, die sich in den vergangenen Jahrzehnten bei den deutschen Herstellern deutlich erhöht hat (es gibt in Einzelfällen Hinweise auf eine Verdoppelung). Bei den Schmiedeunternehmen erfolgt eine Optimierung um die Presse als zentrales Element, wobei das Ziel ist, jeweils Arbeitseinsatz oder Arbeitsschritte einzusparen. Die Optimierung konzentriert sich jedoch in beiden Fällen nicht lediglich auf die unmittelbaren Prozesse um den Produktionsprozess sondern umfasst im weiteren Sinne etwa auch Rüstzeiten und die Lagerhaltung.

Wie die Gespräche zeigen, findet der technische Fortschritt in beiden Fällen hauptsächlich in kleinen Schritten statt, in dem einzelne Prozessschritte optimiert und damit Zeit und Kosten gespart werden. Produktivitätssprünge sind insbesondere bei der Etablierung einer neuen Montagelinie

bzw. Maschine möglich oder durch den Einsatz neuer Maschinen. Wichtiger Treiber der Produktivitätsentwicklung war bei den OEMs in der Vergangenheit insbesondere auch der internationale Wettbewerb, wobei in den 1980er und 90er Jahren teilweise ein Produktivitätsrückstand zu japanischen Herstellern bestand. Bei den Schmiedeunternehmen wurde die Produktivitätsentwicklung insbesondere durch den Kostendruck von den Kunden (OEMs, Systemzulieferer), aber auch durch den immer intensiveren Wettbewerb aus dem Ausland beschleunigt.

Vor diesem Hintergrund zeigt sich auch, dass die zahlreichen Produktinnovationen, welche in den zurückliegenden Jahrzehnten in der Automobilindustrie realisiert wurden, nicht zwangsläufig zu einer Erhöhung der Produktivität führten. In vielen Fällen war dies zweifellos der Fall, in anderen führte dies zu einer zunehmenden Komplexität des Endprodukts Kfz, die mit einem erhöhten Ressourceneinsatz einherging und zugleich die Attraktivität des Endprodukts für die Kunden erhöhte. Dies zeigte sich auch in dem Gespräch mit dem OEM, das deutlich machte, dass die größere Produktvielfalt, wie sie heute von den Kunden gewünscht ist, eine höhere Flexibilität der Produktion bedingt, die wiederum die Produktivität der Produktion tendenziell vermindert.

Verfahrensinnovationen resultierten, wie die Gespräche auch zeigten, keineswegs nur aus dem Einsatz effektiverer Produktionsanlagen oder neuartiger Maschinensysteme wie z.B. dem Roboterinsatz. Vielmehr spielten organisatorische Faktoren eine entscheidende Rolle: konsequente Analyse der Produktionsprozesse auf Einspar- und Rationalisierungsmöglichkeiten hin, Verbesserungen der inner- und zwischenbetrieblichen Logistik und die kostensparende Standardisierung von Fahrzeugvarianten wie die Konstruktion in vielen Modellvarianten nutzbarer Fahrzeugplattformen. Zulieferer wurden in die Rationalisierungsprozesse einbezogen, soweit die den OEMs opportun erschien. Vor diesem Hintergrund wurde die in Tabelle 3.2.13 illustrierte Entwicklung des Sektors im Zeitraum 1995 – 2015 möglich. Die dort ausgewiesenen Zahlen zeigen, dass die dynamische Produktionsentwicklung und die Produktivitätszuwächse keineswegs nur auf die EndproduktHersteller beschränkt waren, sondern auch liefernde Unterabteilungen des Sektors betrafen.

Entwicklung der Automobilmärkte

Die Automobilwirtschaft ist als Hersteller technologisch komplexer Massenprodukte dazu prädestiniert, von economies of scale zu profitieren. Die Eignung der Branche für die industrielle Massenfertigung wurde bereits Anfang des 20. Jahrhunderts durch Ford (Model T) erfolgreich demonstriert. Das ungebrochen starke Interesse der Verbraucher in den entwickelten Industriestaaten und – mit zunehmender Kaufkraft – auch der Konsumenten in den Schwellen- und Entwicklungsländern an individueller Mobilität sowie die auf den Straßenverkehr fokussierte Entwicklung der logistischen Systeme sorgte in hohem Maße für eine rasche Ausweitung der Nachfrage nach PKW und Nutzfahrzeugen aller Art.

Die US-amerikanische Autoindustrie profitierte wesentlich von der Existenz eines großen regionalen, wirtschaftlich prosperierenden Marktes der den Absatz der Produkte der automobilen Massenfertigung ermöglichte. Die Gründung eines schrittweise liberalisierten gemeinsamen Marktes der westeuropäischen Länder schuf ähnliche Marktbedingungen für den Automobilabsatz von Westeuropa. Schon kurz nach dem Zweiten Weltkrieg wurde 1948 das allgemeine Zoll- und Handelsabkommen (GATT) gegründet, welches die allmähliche Öffnung der Märkte in der nichtkommunistischen Welt einleitete. Mit Gründung der Welthandelsorganisation (WTO) wurden später die zwischen den Mitgliedsländern bestehenden Zollschränken stark reduziert.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Das Ende der UdSSR, die wirtschaftliche Öffnung Chinas und die Osterweiterung der Europäischen Union läuteten 1990 eine neue Welle der Globalisierung ein, welche kaum einen Industriesektor so stark und nachhaltig prägend erfasste wie die Automobilindustrie. Die großen Hersteller, darunter die OEMs der deutschen Automobilindustrie, bauten globale Produktions- und Vertriebsnetze auf. Wertschöpfungsprozesse wurden immer stärker mit Blick auf die globalen Gegebenheiten gestaltet und bei der „Optimierung“ der Zuliefererketten die jeweils günstigsten Standorte gewählt, soweit die mit diesen verbundenen Risiken dies zuließen. Vor diesem Hintergrund ist die eindruckliche Produktivitätsentwicklung in der Automobilindustrie infolge der Ausnutzung von economies of scale aufs engste mit der Globalisierung der Märkte und der Erhaltung des (weitgehenden) Freihandelssystems verbunden.

Regulative Einflüsse

Das im Vergleich zur Vorkriegszeit liberalere weltwirtschaftliche Klima in den Staaten des damaligen Westens schuf nach dem zweiten Weltkrieg günstige Voraussetzung für verstärkte transnationale Aktivitäten der Automobilhersteller, deren Produktionsprofil zunehmend die nationalen Grenzen überschritt. Die verschiedenen GATT-Runden sowie später die WTO schufen einen unter den beteiligten Staaten akzeptierten günstigen Rahmen für den zunehmenden Handelsaustausch. Die Tatsache, dass dieser liberale Ordnungsrahmen neuerdings auch von prominenter Seite in Frage gestellt wird, erinnert an die starke Abhängigkeit der der Automobilindustrie von einem günstigen globalen regulativen Umfeld.

Während sich die nationalen (später auf europäischer Ebene koordinierten) regulativen Einflüsse in den Nachkriegsjahrzehnten noch in engen Grenzen hielten, hat sich im Zuge der umweltpolitischen Einflussnahme des Staates in den zurückliegenden Jahrzehnten die Situation grundlegend gewandelt. Ging es früher vor allem um die Einhaltung und ständige Verbesserung der Sicherheitsstandards, die mit beachtlichen Erfolgen durchgesetzt wurde – starker Rückgang der Zahl der Verkehrstoten –, rückte in den 1980er Jahren die Verringerung der im Straßenverkehr generierten Schadstoffemissionen in den Vordergrund. Die Erwartungen der Politik an die Hersteller nahmen in dem Maße zu, in dem die öffentliche Diskussion über eine anthropogene Verursachung des Klimawandels lauter wurde.

Grenzwerte für das zulässige Ausmaß der Schadstoffemissionen wurden gesetzt und sukzessive verschärft. Obwohl dies zumeist in enger Absprache mit den Herstellern erfolgte, öffnete sich, wie der Dieselskandal zeigt, eine wachsende Kluft zwischen den normativen Setzungen der Politik und deren realer Umsetzung durch die Hersteller. Mittlerweile sind etliche Länder dazu übergegangen, gesetzliche Auslaufristen für den Vertrieb von Neufahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu setzen. In Deutschland wurden bislang moderatere Wege zur Ablösung des konventionellen automobilen Antriebssystems eingeschlagen. Ob und wie lange dies so sein wird, bleibt abzuwarten.

Diese Regulierungen haben insgesamt dazu geführt, dass das Produkt „Automobil“ komplexer geworden ist. Den höheren Stückpreisen steht ein höherer Produktionswert und wohl auch eine zusätzliche Wertschöpfung in Deutschland gegenüber. Gleichzeitig ist der Faktoreinsatz gestiegen. Es ist jedoch nicht automatisch davon auszugehen, dass dadurch gleichzeitig auch die Produktivität als Quotient aus Output und Faktorinput zugenommen hat.

Vorleistungsverflechtungen und Outsourcings

Ein wesentlicher Hebel zur Produktivitätssteigerung für die Endprodukthersteller war in den zurückliegenden Jahrzehnten eine von den OEMs ausgehende, die gesamte automobilen Wertschöpfungskette erfassende Rationalisierungswelle: Die Automobilhersteller lagerten einen Teil ihrer

Produktionspalette an solche Zulieferer aus, bei denen ein zugleich kostengünstiger und mit geringen Ausfallrisiken verbundener Bezug möglich war. Die Zahl der Unternehmen, mit denen bislang direkte Zulieferbeziehungen bestanden, wurde deutlich reduziert. Die verbleibenden Zulieferer wurden durch die sich in starker Marktposition befindenden OEMs zu weitreichenden Zugeständnissen bei der Gestaltung von Preisen und Lieferkonditionen bewegt. Zugleich eröffnete immer engere Verflechtung der großregionalen Automobilmärkte für die großen OEMs die Möglichkeit, ihre Produktions- und Vertriebsnetze in einem globalen Rahmen zu planen und sich die Vorteile kostengünstiger Standorte zunutze zu machen. Dies musste in der weltweit eng verzahnten Automobilwirtschaft zu tiefgreifenden Veränderungen der Lieferverflechtungen führen, die sich im statistischen Nachweis inter- und innersektoraler Verflechtungen niederschlugen.

Ein Teil dieser Veränderungen in den Vorleistungsverflechtungen wurde auch in den Expertengesprächen deutlich. Es zeigte sich, dass der befragte OEM seine eigene Wertschöpfungstiefe in den vergangenen Jahren im Zuge der Optimierung der Zuliefer- und Produktionsstrukturen etwas verringert hat (der Wertschöpfungsanteil liegt derzeit bei ca. 25%). Im Bereich der Schmiedeunternehmen hat sich in der eigenen Wertschöpfungsstruktur demgegenüber nicht viel geändert, wenngleich die Bedeutung ausländischer Wettbewerber in den vergangenen Jahren zugenommen hat.

Die Tabellen 3.2.14 und 3.2.15 informieren über die jüngere Entwicklung der Vorleistungsstrukturen der Automobilindustrie auf Basis einer Auswertung der Input-Output-Tabellen im Zeitraum 1995 bis 2007 (revidierte Fassung von 2005), die geeignet ist, die von Mitte der 1990er Jahre bis ins erste Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts hinein eingetretenen Wandlungen der Produktions- und Vorleistungsstruktur der Automobilindustrie zu verdeutlichen. Dieser Zeitraum ist für die Entwicklung des Sektors besonders interessant, weil sich in ihm die Auswirkungen der Übernahme des ursprünglich von Toyota entwickelten Lean-Production-Modells durch die anderen weltweit führenden Hersteller manifestieren. Dieser Auswertung wurde durch eine zweite für die Stichjahre 2008, 2010 und 2013 ergänzt, die über neuere Entwicklungen am aktuellen Rand informieren soll. Der in den betrachteten Zeiträumen eingetretene Wechsel von der WZ 2003 zur WZ 2008 verbietet zwar die direkte Verknüpfung der beiden Tabellen. Immerhin erlauben sie aber in ihrer Kombination Einblicke in die zwischen 1995 und 2013 erfolgten Wandlungen der Produktionsstruktur.

Wir stützen uns zunächst auf die Tabelle 3.2.14. Die wichtigsten Veränderungen der Produktionsstruktur sind wie folgt zu fassen:

- (1) Der Anteil der von Zulieferern aus der Automobilindustrie bezogenen Vorleistungen am Produktionswert hat zwischen 1995 und 2007 erheblich zugenommen (von ursprünglich 13,7% auf 30,9%). Die im Toyota-Modell implizierte Outsourcing-Welle hat erhebliche Spuren in den Input-Output-Tabellen hinterlassen. Das Outsourcing hat allerdings bereits um die Jahrtausendwende an Schwung verloren und ist in den ersten Jahren des neuen Jahrzehnts wesentlich langsamer voranschreitend als in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre.
- (2) Zu vergleichsweise geringen Veränderungen kam es hingegen bei den Bezügen von Unternehmen des Automobilsektors aus anderen Sektoren. Der Anteil der Bezüge sonstiger Vorleistungen aus dem Verarbeiten Gewerbe hat sogar mit 9,4% 1995 auf 8,3% 2007 leicht abgenommen. Unterschiedliche Tendenzen (teils Zunahmen, teils Rückgänge) hingegen sind für die Dienstleistungssektoren zu konstatieren.
- (3) Ein erheblicher Teil der Vorleistungen der Produktionsbereiche stammte bereits 1995 aus Importen. Bemerkenswert ist allerdings, dass der Anteil der Importe an den Vorleistungen aller Produktionsbereiche (1-95, WZ 2003) von 41,3% im Jahr 1995 auf 33,8% im Jahr

2007 gesunken ist. Zumindest im in der Tabelle 3.2.14 betrachteten Zeitraum (1995 bis 2007) ist es demnach nicht zu einer massiven Verlagerung des Vorleistungsbezugs ins kostengünstiger produzierende Ausland gekommen.

- (4) In unserem Zusammenhang ist auch die Frage von Interesse, inwieweit für den fraglichen Zeitraum eine Auslagerung von FuE-Dienstleistungen an Forschungsdienstleister zu beobachten ist. Die Input-Output-Tabellen zeigen zwar eine leichte Zunahme von 1995 bis 2004 von 0,06% auf 0,14% des Produktionswertes, wobei in der Folge aber wieder ein Rückgang zu beobachten war (2007: 0,11). Die in Frage stehenden Summen hingegen sind allerdings, gemessen am FuE-Portfolio der deutschen Automobilindustrie, gering. Bei einem Produktionswert von ca. 280 Mrd. € in 2007 würden von Forschungs-Dienstleistern bezogene Vorleistungen in Höhe von 0,11% gerade einmal 308 Mio. € ausmachen – ein im Vergleich zu den umfangreichen FuE-Aufwendungen des forschungsaktiven Automobilsektors doch recht geringer Betrag. Die in den Importen enthaltenen FuE-Leistungen von spezialisierten Dienstleistern betrugen 2007 0,06% ($0,28 \cdot 20,12$) der gesamten Vorleistungen. Dies entspräche bei einem Produktionswert von 280 Mrd. € weiteren 168 Mio. €.

Hier zeigt sich, dass der Versuch, FuE-Vorleistungen über die Input-Output-Tabellen zu erfassen rasch an enge Grenzen stößt, da diese nur solche FuE-Vorleistungen erfassen können, die durch externe Forschungsdienstleister (z.B. Hochschulinstitute und ein umfassendes, hierarchisch organisiertes Netzwerk an Ingenieursdienstleistern) erbracht werden. Das Gros der relevanten, durch Firmen des eigenen Konzernverbunds oder andere Unternehmen des Automobilsektors erbrachten FuE-Leistungen kann in Input-Output-Erhebungen nicht erfasst werden. Hinzu kommt, dass Veränderungen der Vorleistungsanteile im Zeitvergleich auch auf geänderte Preisrelationen zurückzuführen sein können, da die Input-Output-Tabellen nominale Werte ausweisen. Nach Angaben der Wissenschaftsstatistik erreichten die externen FuE-Aufwendungen des Automobilsektors mit 8,2 Mrd. € fast die Hälfte der Summe der internen FuE-Aufwendungen von 17,2 Mrd. € (Stifterverband 2015).

Die in Tabelle 3.2.15 enthaltenen Daten zur neueren Entwicklung der Produktionsverflechtungen der Automobilindustrie sind dazu geeignet, das oben gezeichnete Bild wesentlich zu korrigieren. Die Tendenz zum Outsourcing von Produktionsprozessen durch die Endprodukthersteller hat im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrhunderts ihren Höhepunkt eindeutig überschritten. Der rückläufige Anteil der aus dem Automobilsektor bezogenen Vorleistungen (25,4% in 2013 im Vergleich zu 32,3% in 2008) spricht dafür, dass an die Stelle des Outsourcings mittlerweile stellenweise ein erneutes Insourcing getreten ist. Dies kommt auch im gestiegenen Anteil der Bruttowertschöpfung am Produktionswert des Automobilsektors zum Ausdruck. Die Verringerung des Vorleistungsanteils des Sektors 29 könnte z.B. durch den Zukauf bzw. den Erwerb von Mehrheitsbeteiligungen an zuliefernden Unternehmen herbeigeführt worden sein.

Weiterhin wird deutlich, dass eine einmal getroffene Make-Or-Buy-Entscheidung durchaus nicht in Stein gemeißelt sein muss, sondern sich schon in mittlerer Frist als reversibel erweisen kann. Bei der stellenweisen Neubewertung des Make-Or-Buy-Kalküls dürften unterschiedliche Faktoren eine Rolle gespielt haben wie z.B. negative Erfahrungen von OEMs und Systemlieferanten mit erstarkenden oder versagenden Zulieferern, verändernde Marktverhältnisse auf den Neuwagenmärkten und den Märkten für Zulieferfabrikate, aber auch veränderte Auffassungen hinsichtlich der bestmöglichen Managementpraktiken.

Tabelle 3.2.14

Produktionsstrukturen der Automobilindustrie basierend auf Input-Output-Tabellen
 1995 bis 2007

CPA (WZ 2003)		1995	2003	2004	2007
<i>Vorleistungen aus inländischer Produktion</i>					
27, 28	Roheisen, NE-Metalle, Halbzeuge, Gießerei- und Metallerzeugnisse	7,11	5,89	6,51	6,47
34	Kraftwagen und Kraftwagenteile	13,66	29,54	29,10	30,91
15-26, 29-33, 35-37	Sonstige Vorleistungen aus dem Verarbeitenden Gewerbe	9,44	8,72	8,85	8,32
73	Forschungs- und Entwicklungsleistungen.	0,06	0,13	0,14	0,11
74	Unternehmensbezogene DI	4,07	4,18	4,34	4,37
45-72, 75-95	Andere Dienstleistungsbereiche	9,79	9,53	9,37	8,56
1-14, 40, 41	Andere Bereiche	1,22	0,61	0,74	0,67
1-95	Vorleistungen der Produktionsbereiche	45,34	58,62	59,05	59,41
1-95	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus Importen	18,74	18,39	19,35	20,12
	Gütersteuern abzüg. Gütersubventionen	0,29	0,37	0,30	0,32
1-95	Vorleistungen zu Anschaffungspreisen	64,37	77,37	78,70	79,86
	Bruttowertschöpfung	35,63	22,63	21,30	20,14
	Produktionswert	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Vorleistungen aus Importen: Aufteilung (100%: alle Importe)</i>					
27,28	Roheisen, NE-Metalle, Halbzeuge, Gießerei- und Metallerzeugnisse	12,66	14,92	16,37	21,34
34	Kraftwagen und Kraftwagenteile	63,84	55,78	53,31	47,64
15-26, 29-33, 35-37	Sonstige Vorleistungen aus dem Verarbeitenden Gewerbe	19,51	24,64	25,57	25,54
73	Forschungs- und Entwicklungsleistungen.	0,32	0,30	0,30	0,28
74	Unternehmensbezogene DI	0,87	0,90	0,90	0,99
45-72, 75-95	Andere Dienstleistungsbereiche	2,79	3,47	3,55	4,21
1-14, 41, 42	Andere Bereiche	0,31	0,44	0,33	0,50
1-95	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus Importen	100,00	100,00	100,00	100,00

Quelle: Statistisches Bundesamt. Nach WZ 2003. Die Jahreswerte basieren auf demselben Revisionsstand und sind somit direkt vergleichbar. CPA: Statistical Classification of Products by Activity.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.2.15

Produktionsstrukturen der Automobilindustrie basierend auf Input-Output-Tabellen
2008 bis 2013

CPA (WZ 2008)		2008 (rev 2011)	2010 (rev 2011)	2010 (rev2014)	2013 (rev 2014)
<i>Vorleistungen aus inländischer Produktion</i>					
24, 25	Roheisen, Stahl, NE-Metalle, Gießerei- und Metallerzeugnisse	7,50	6,90	7,48	7,47
29	Kraftwagen und Kraftwagenteile	32,33	30,23	25,98	25,41
10-23, 26-28, 30-33	Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe	6,58	6,50	6,70	6,67
45	Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	3,53	3,57	3,72	3,49
78	Dienstleistungen der Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	0,12	0,61	0,62	1,07
37-44, 77, 79-98	Sonstige Dienstleistungen	13,15	10,89	11,04	11,00
1-9, 35, 36	Andere Bereiche	0,65	0,77	0,61	0,54
1-98	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus inländischer Produktion	63,85	59,48	56,16	55,66
1-98	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus Importen	19,16	19,36	20,59	20,78
	Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen	0,37	0,32	0,33	0,31
	Vorleistungen insgesamt	83,38	79,16	77,09	76,74
	Bruttowertschöpfung	16,62	20,84	22,91	23,26
	Produktionswert	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Vorleistungen aus Importen: Aufteilung (100%: alle Importe)</i>					
24, 25	Roheisen, Stahl, NE-Metalle, Gießerei- und Metallerzeugnisse	15,21	13,46	11,42	10,75
27	Elektrische Ausrüstungen	3,43	3,98	3,33	3,46
28	Maschinen	9,44	11,53	8,24	8,98
29	Kraftwagen und Kraftwagenteile	49,38	47,58	56,34	56,46
10-23, 26, 30-33	Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe	12,98	15,09	12,02	10,59
64	Finanzdienstleistungen	0,58	0,53	0,41	0,61
72	Forschungs- und Entwicklungsleistungen	0,85	1,06	0,00	0,00
37-63, 65-71, 73-98	Sonstige Dienstleistungen	7,29	5,84	5,44	6,58
1-9, 35, 36	Andere Bereiche	0,85	0,93	2,81	2,57

Quelle: Statistisches Bundesamt. Nach WZ 2008. Die Werte für die Revisionen 2011 und 2014 sind nur eingeschränkt vergleichbar. CPA: Statistical Classification of Products by Activity.

Der Anteil der Importe an den Vorleistungen hat sich gegenüber der Mitte der 1990er Jahre zwar erhöht (von 18,74% auf 20,78% vorbehaltlich der eingangs angesprochenen statistischen Vergleichsprobleme), von einer starken Zunahme kann aber kaum gesprochen werden. Hervorzuheben ist allerdings, dass der Anteil der aus dem Automobilsektor bezogenen Vorleistungen an den Importen deutlich zugelegt hat, und zwar von 49,38% in 2008 auf 56,46% in 2013.

Auswirkungen der IKT

Haben sich die modernen IKT in der Automobilindustrie in ihrer Anfangszeit in den 1970er und frühen 1980er Jahren zunächst im Einzug der Computertechnik in die Verwaltungssphäre und in verbesserten Möglichkeiten der inner- und zwischenbetrieblichen Kommunikation bemerkbar gemacht, ohne merkliche Einflüsse auf die Produktivitätsentwicklung zu hinterlassen, so hat sich dieses Bild in den Folgejahrzehnten drastisch geändert. Spätestens in der zweiten Hälfte der 1980er Jahren haben die ersten elektronischen Steuerungselemente in Fahrzeugkomponenten zunächst der Premium-Modelle der Fahrzeugflotten Einzug gehalten, um sich in der Folge über die Mittelklassefahrzeuge bis hin zu den preiswertesten Kleinwagenmodellen der Neuwagenflotte zu verbreiten. Neue Kfz sind zumindest auf den Märkten der alten Industrieländer ohne eine ansehnliche und schnell wachsende Palette von IKT-Komponenten kaum mehr vorstellbar, würden also durch die Fahrzeugkäufer kaum nachgefragt.

In jeder Beziehung vom IKT-Einsatz abhängig ist die neben der Verdrängung des Verbrennungsmotors wichtigste disruptive Technologie, der sich die Automobilunternehmen derzeit stellen müssen: das autonome Fahren. Zwar fehlen die erforderlichen technischen, infrastrukturellen und ordnungsrechtlichen Voraussetzungen für die weitere Verbreitung autonomen Verfahrens noch (zur Rechtslage Dudenhöffer 2016: 145ff.) und sind die in der Öffentlichkeit bisweilen geäußerten Erwartungen hinsichtlich seiner baldigen Verbreitung wohl drastisch übertrieben, jedoch kann kein Zweifel an seiner prinzipiellen Realisierbarkeit und seiner wahrscheinlichen flächendeckenden Verbreitung noch im 21. Jahrhundert bestehen.

Parallel zur raschen Verbreitung von immer mehr elektronischen Komponenten in den Fahrzeugen haben sich IKT-basierte Steuerungsprozesse in der Produktion durchgesetzt. Nach frühen Phasen der elektronisch gesteuerten Automatisierung in den 1980er und 1990er Jahren, stellt sich heute die Herausforderung der Durchsetzung industrieweiter elektronisch vernetzter Automatisierungsprozesse (Industrie 4.0). Von diesen produktionstechnischen und –organisatorischen Entwicklungen sind erhebliche Produktivitätsgewinne zu erwarten.

Wie die Expertengespräche zeigten, ist der Einsatz von IK-Technologien in der Produktion in den vergangenen Jahren ein wichtiger Treiber der Produktivitätsentwicklung gewesen. Dies betrifft die zunehmende Automatisierung von Teilen der Produktion, aber auch die zunehmende Verfügbarkeit von Informationen für die Optimierung von Produktionsprozessen. Gleichzeitig zeigen die Gespräche sowohl bei den OEMs als auch der Schmiedeunternehmen aber auch, dass die sukzessive Analyse und Verbesserung der Prozessrouten immer noch eine hohe Bedeutung für die Produktivitätssteigerungen hat, die hier bestehenden Potenziale sind also keineswegs ausgeschöpft. Darüber hinaus zeigte auch das Gespräch beim OEM, dass (zumindest derzeit noch) die erforderliche Flexibilität der Produktion bei der gleichzeitigen Komplexität des zu erstellenden Produkts den Einsatz von IKT begrenzt.

Die Produktionsexperten sehen in beiden Bereichen für die kommenden Jahre keine revolutionären Veränderungen in den Produktionsprozessen, sondern vielmehr eine weitere schrittweise Verbesserung, bei der die Möglichkeiten der neuen digitalen Technologien verstärkt zur Anwendung kommen.

Gesamteinschätzung

Die deutliche Zunahme der Produktivität in der Automobilindustrie ist durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Einflussfaktoren zu erklären. Wesentliche Treiber waren die konsequente Ausnutzung von *economies of scale* durch die Automobilhersteller mittels einer globalen Standortvernetzung, der Einführung einheitlicher Plattformen und Antriebsstränge für breite Paletten in

der Detailausführung höchst unterschiedlicher Kfz-Modelle, tiefgreifende, ursprünglich von den japanischen Automobilproduzenten ausgehende produktionsorganisatorische Reorganisationsprozesse der automobilen Wertschöpfungsketten, des Weiteren grundlegende Verfahrensinnovationen wie z.B. die Einführung der Robotertechnik sowie – keineswegs weniger bedeutsam, wenn auch oft unterschätzt – eine ununterbrochene Kette inkrementaler Verfahrensinnovationen. Die Effekte der Produktinnovationen auf die Produktivitätsentwicklung im Automobilsektor stellen sich differenziert dar.

Forschung, Entwicklung und Innovation auf höchstem quantitativen und qualitativen Niveau stellen für die Automobilhersteller langfristig die wichtigste Überlebensgarantie auf den hart umkämpften, weltweit expandierenden und sich schnell wandelnden Märkten der Automobilindustrie dar. Der Konnex zwischen FuE und Produktivitätsentwicklung ist allerdings komplexer Natur und wird an vielen Stellen über ergänzende Faktorenkomplexe wie z.B. das richtige Erfassen von Trends der Konsumentenerwartungen und auf den regionalen Märkten adäquate Marketingstrategien der Unternehmen erfordern. Eine lineare Relation zwischen FuE und Produktivitätszuwächsen besteht nicht. Vielfach stellt sich FuE als äußerst kostspielige Zukunftsinvestition mit höchst ungewissem Ausgang dar wie z.B. in Folge der im nächsten Abschnitt diskutierten disruptiven Antriebstechnologie.

3.2.6 Radikale Neuerungen und ihr Einfluss: Elektromobilität

Ein bemerkenswertes Charakteristikum in der Entwicklung der Automobilindustrie ist, dass immer neue Anforderungen an das Auto (etwa im Hinblick auf seine Emissionen) gestellt werden, die zu Veränderungen in der Architektur und dem Innenleben der Fahrzeuge führen. In jüngster Vergangenheit wurde immer stärker die Möglichkeit diskutiert, durch Elektrifizierung der Fahrzeuge die Emissionen, die mit der konventionellen Mobilität verbunden sind, zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund wird im vorliegenden Abschnitt die Frage untersucht, *welche Auswirkungen ein für die Zukunft wahrscheinlich erhöhter Anteil von Elektro- und Hybridautos auf die Produktivität in der Automobilindustrie haben könnte*. Zu diesem Zweck wurde ein quantitatives Modell der Produktivitätsentwicklung erstellt, welches auf Basis des aktuellen Stands der Literatur die Einflussgrößen der Wertschöpfungs- und Beschäftigungsentwicklung abbildet und somit eine Simulation der Auswirkungen eines steigenden Anteils von Elektro- und Hybridfahrzeugen auf die Produktivitätsentwicklung ermöglicht. Bei der Entwicklung des Simulationsmodells konnte auf einen mittlerweile sehr umfassenden Studienstand sowohl zu Einflussgrößen der Beschäftigung als auch der Wertschöpfung im Zeitablauf zurückgegriffen werden. Jedoch beziehen sich die verfügbaren Studien zum Großteil auf die Einzelunternehmensebene jeweils auf der Beschäftigungs- und Wertschöpfungsseite, sodass die Aufgabe verblieb, die ermittelten Werte auf die Gesamtbranche zu übertragen und unter plausiblen Annahmen die Wertschöpfungs- und Beschäftigungsentwicklung zu kombinieren. Dabei ging es nicht um die exakte Abschätzung der Auswirkungen, die aufgrund der Vielzahl der Einflussfaktoren nicht möglich wäre. Vielmehr wird nach der Richtung und Größenordnung, sowie den Einflussgrößen der Produktivitätsentwicklung gefragt.

Die im vorliegenden Abschnitt durchgeführte Abschätzung der Auswirkungen der Elektromobilität beruht insbesondere auf folgenden Informationsquellen:

- Einer Studie des Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. und des Instituts für Fahrzeugkonzepte (DLR-FK) in Stuttgart, IMU Institut Stuttgart zu den Wirkung der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB), im Folgenden zitiert als Bauer et al. 2012. In dieser Studie werden Beschäftigungszahlen pro Jahr für verbrennungsmotorische,

hybridisierte und vollkommen elektrifizierte Antriebsstränge berechnet und unter plausiblen Annahmen in die Zukunft fortgeschrieben.

- Eine Strukturstudie BW Mobil 2015 „Elektromobilität in Baden-Württemberg“, herausgegeben von der e-mobil BW GmbH, dem Fraunhofer – IAO und dem Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg. Die Studie ermittelt die Wertschöpfung der einzelnen Komponenten verbrennungsmotorischer, hybridisierter sowie elektrifizierter Antriebsstränge bezogen auf den gesamten Produktionswert eines Autos, im Folgenden zitiert als: Bauer et al. 2015.
- Daten des Statistischen Bundesamts zur Beschäftigung und Wertschöpfung in der Automobilindustrie in Deutschland aus der Kostenstrukturerhebung, Preisdaten basierend auf dem Erzeugerpreisindex, sowie Informationen des VDA zur Produktionsmenge (VDA 2017).
- Eine Studie „Fast 2025 – Future Automotive Industry Structure“ von Oliver Wyman und dem Verband der Automobilindustrie, die sich u.a. mit verschiedenen Treibern und Technologien der Industrie, wie der Elektromobilität, und der Wertschöpfungsentwicklung und -verteilung im Automobilsektor, beschäftigt, nachfolgend zitiert als: Berking et al. 2012.
- Einer Analyse „Wertschöpfung lohnt“ des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung und der Hochschule Karlsruhe für Technik und Wirtschaft, die sich mit Vorteilen und der Notwendigkeit lokaler Wertschöpfungsketten auseinandersetzt und u.a. auf Wertschöpfungspotenziale in der Elektromobilität, den Automobilsektor betreffend, eingeht, nachfolgend zitiert als: Kinkel et al. 2015.
- Einem Innovationsreport „Zukunft der Automobilindustrie“ des Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), der die Potenziale der deutschen Automobilindustrie, den absehbaren Wandel der globalen Automobilmärkte und die Einführung neuer Mobilitätskonzepte in einer systemischen Perspektive untersucht, im Folgenden zitiert als: Schade et al. 2012.
- Eine Studie des Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO sowie der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft PricewaterhouseCoopers GmbH zu „Elektromobilität – Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand“, die wie folgt zitiert wird: Arnold et al. 2010.
- Eine Studie „Automotive Entwicklungsdienstleistung – Zukunftsstandort Deutschland“, herausgegeben vom Verband der Automobilindustrie, die sich unter anderem mit der Wertschöpfungsverlagerung in der Automobilindustrie befasst.

Die Untersuchungsfrage wird in diesem Abschnitt auf Basis von Simulationen dreier möglicher Entwicklungsszenarien für die Produktion bis 2030 im Automobilsektor in Deutschland diskutiert. Im Folgenden werden die drei Szenarien kurz beschrieben:

- (1) Ein *Ausgangsszenario*, in dem der Anteil der in Deutschland produzierten Elektro- und Hybridautos über den betrachteten Zeitraum konstant auf dem niedrigen Niveau von 2016 gehalten wird.
- (2) *Szenario 1*, in dem davon ausgegangen wird, dass sich der Anteil der Elektrofahrzeuge an der Gesamtproduktion auf 15%, derjenige der Hybridfahrzeuge auf 30% erhöhen wird. Diese Anteile entsprechen in etwa den Schätzungen in der ELAB-Studie (Bauer et al. 2012: 47) und in der Strukturstudie Elektromobilität in Baden-Württemberg (Bauer et al.

2015: 47, Abb. 32).⁶ Dabei wird angenommen, dass der Anteil der Produktion von spezifischen Bauteilen (wie der Batterie) an der Wertschöpfung in Deutschland (sowie die damit verbundene Beschäftigung) auf dem gegenwärtig niedrigen Niveau verbleibt (gegenwärtig schätzungsweise 20% der Wertschöpfung in der Batterieproduktion insgesamt).

- (3) *Szenario 2*, in dem zunächst angenommen wird, dass sich die Anteile von Elektro- und Hybridfahrzeugen an der Gesamtproduktion wie in Szenario 1 verändern. Darüber hinaus wird angenommen, dass der Anteil der Wertschöpfung in Zusammenhang mit der Batterieproduktion sich von 20 auf 40% verdoppelt, was entsprechend mit einer Erhöhung der Beschäftigung verbunden ist. Als zentrale Komponente im Antriebsstrang von Elektrofahrzeugen entfällt auf die Batterie ein hoher Wertschöpfungsanteil, der jedoch in den vergangenen Jahren schon deutlich abgenommen hat (Bauer et al. 2012: 215). Dies wäre insbesondere dann der Fall, wenn OEMs und/oder Systemzulieferer in Deutschland die strategische Entscheidung treffen würden, (zusätzliche) Produktionskapazitäten für die Batterieproduktion in Deutschland aufzubauen.

Nun kann man fragen, ob es sich bei der Elektromobilität um eine „radikale“ Innovation handelt, die mit erheblichen Auswirkungen auf die Wertschöpfungsaktivitäten in der Automobilindustrie einhergeht. Das kommt bis zu einem gewissen Maße darauf an, welches Design diese zukünftigen Kraftfahrzeuge haben werden und ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht mit Sicherheit zu beantworten. Allerdings zeigt die bereits laufende Entwicklung der Verbrauchererwartungen, dass die Konsumenten derzeit nicht dazu neigen, etwa Einbußen bei der Bequemlichkeit oder den zusätzlichen Eigenschaften der Fahrzeuge, wie Sicherheits-Features oder Konnektivität, in Kauf zu nehmen. Das spricht dafür, dass in den kommenden Jahren auch Hybrid- und Elektroautos nicht generell anders ausgestattet sein werden als die derzeit existierenden Autos mit Verbrennungsmotor.

Dies bedeutet aber auch, dass Teile des Produktionsprozesses und der Wertschöpfungskette nur in geringerem Ausmaß von der Elektromobilität betroffen sein werden. Bei anderen Teilen (speziell im Zusammenhang mit dem Motor, dem Getriebe und dem Bereich der Batterie) werden sich erhebliche Veränderungen ergeben, wenn der Anteil von Hybrid- und Elektroautos zunimmt (vgl. Schade et al. 2012, Bauer et al. 2015: 56f.). Insgesamt kann auf Basis verfügbarer Informationen eine Abschätzung des Wertschöpfungsanteils der für die Elektromobilität relevanten Antriebskomponenten im Verbrennungs- und Elektromotor vorgenommen werden:

- Der Anteil der Antriebskomponenten beim Verbrennungsmotor-Auto an der Wertschöpfung im Kfz-Bereich liegt bei etwa 15% (10% der Motor, 5% das Getriebe). Der Anteil am Produktionswert ist höher, weil ein erheblicher Teil der Wertschöpfung in anderen Sektoren (etwa in der Stahlindustrie oder der metallverarbeitenden Industrie) oder im Ausland anfällt (Peters et al. 2015)
- Beim Elektroauto ist der Anteil der Batterie und der anderen Komponenten des Antriebs am Produktionswert des Autos höher als derjenige von Motor und Getriebe beim Verbrennungsmotor. Alleine der Anteil der Batterie an den Kosten/dem Produktionswert des Autos liegt derzeit bei ca. 30% (mit abnehmender Tendenz). Jedoch entfällt ein Großteil der Wertschöpfung auf ausländische Produktion, während in Deutschland die Batteriezellen aus dem Ausland zu Aggregaten zusammengesetzt werden (Berking et al. 2012). Wir haben den deutschen Wertschöpfungsanteil der Elektrobatterien an den Elektroautos auf Basis von vorhandenen Studien auf derzeit 20% geschätzt.

⁶ Beide Studien berücksichtigen anders als unsere Berechnungen zusätzlich noch die Brennstoffzellentechnologie, die bei uns vereinfachend nicht in die Analyse aufgenommen wurde.

Die genannten Studien ermitteln Beschäftigung und Wertschöpfung für einzelne spezifizierte Fahrzeugmodelle, Teile und Produktionsprozesse, sodass eine Übertragung auf eine sektorale Analyse bestimmte Anpassungen erfordert. Natürlich kann das auf dieser Basis entwickelte Modell keine genauen Abschätzungen der zukünftigen Entwicklung liefern, aber es ermöglicht, bestimmte Mechanismen und grundsätzliche Zusammenhänge zu identifizieren und auf Basis empirischer Daten eine grobe Abschätzung der Auswirkungen eines erhöhten Anteils von Elektroautos auf Beschäftigung, Wertschöpfung und Produktivität im Fahrzeugbau vorzunehmen.

Folgende Spezifika wurden bei der Abschätzung der Auswirkungen der Elektromobilität berücksichtigt:

- Bei der Abschätzung der Beschäftigtenzahl und Wertschöpfung wurde eine Differenzierung der jeweils relevanten Komponenten vorgenommen, die bei Fahrzeugen mit Verbrennungs-, Hybrid- und Elektromotor unterschiedlich sind (vgl. Übersicht 3.2.4, Berking et al. 2012, Peters et al. 2013, Schade et al. 2012).
- Für die Produktivitätssteigerungen wird angenommen, dass sie in Form von „learning by doing“ in der Produktion stattfinden und so insbesondere mit der zeitlichen Erfahrung und der Produktionsmenge zusammenhängen (vgl. Arrow 1962). Die Expertengespräche mit Produktionsverantwortlichen in einem OEM und einem Umformunternehmen haben gezeigt, dass diese Art des Fortschritts, die ursprünglich u.a. im Flugzeugbau beobachtet wurde, immer noch eine dominante Rolle für Produktivitätssteigerungen in der Produktion einnimmt. Für die Abschätzung der Größenordnung der Produktivitätssteigerungen wurde auf die Ergebnisse der Studie von Bauer et al. 2012 zurückgegriffen, die insbesondere auf Expertengesprächen mit Unternehmensvertretern basieren.
- Die Hochrechnung auf die gesamte Anzahl der produzierten Fahrzeuge wurde auf Basis einer linearen Fortschreibung des Entwicklungstrends bei der Herstellung von Personenkraftwagen vorgenommen. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde davon ausgegangen, dass die Gesamtzahl der in den Szenarien produzierten Fahrzeuge in den künftigen Jahren jeweils gleich groß ist. Das ermöglicht es, die Auswirkungen der veränderten Anteile der verschiedenen Fahrzeugmodelle bzw. eines veränderten Wertschöpfungs- und Beschäftigungsanteils in Deutschland abzuschätzen.
- Bei der Abschätzung der Beschäftigungsentwicklung wurde zunächst die Entwicklung bei den direkt und indirekt in Zusammenhang mit der Produktion stehenden Beschäftigten geschätzt. Ausgangsdaten beruhen auf der Studie von Bauer et al. (2012). Darüber hinaus wurden anteilig auch die Beschäftigten in FuE, Verwaltung und anderen Unternehmensteilen hinzugerechnet, wobei hier angenommen wurde, dass die Produktivitätssteigerung derjenigen aus dem Ausgangsszenarios entspricht. Anders ausgedrückt: Die Produktivitätsentwicklung in FuE, Verwaltung und anderen Unternehmensteilen lehnt sich nicht an die teilweise schnellere Produktivitätsentwicklung bei der Produktion der neuen Bauteile an.
- Weiterhin wurde berücksichtigt, dass nur ein Teil der Wertschöpfung bei der Entwicklung der relevanten Bauteile im Fahrzeugbau bzw. in Deutschland stattfindet. So wurde bei der Berechnung angenommen, dass ein relativ geringer Anteil von ca. 20% der Wertschöpfung (und Beschäftigung) in der Produktion von Batterien tatsächlich in Deutschland stattfindet. Für die Abschätzung der Wertschöpfungszahlen wurden die Studien von Bauer et al. (2015) ausgewertet.

Übersicht 3.2.4

Komponenten im Antriebsstrang und Auslegung in verschiedenen Antriebsvarianten

Komponenten	Antriebsmodell		
	Verbrennungs- motorischer Antrieb	Hybridantrieb	Elektrifizierter Antrieb
Verbrennungs- kraftmaschine	Leistungsstark	Je nach Hybridart weniger leistungsstark bis leistungsschwach, da zusätzliche Trakti- onsbatterie	Nicht vorhanden
Getriebe	Mehrstufig	Mehrstufig, aber weniger	Stufenlos bis höchstens zweistufig
E-Motor/-Ma- schine	Nicht vorhanden	Leistung abhängig von Hybridart. Range Extender stärker.	Hohe Leistung
Traktionsbatterie	Nicht vorhanden	Leistung abhängig von Hybridart. Range Extender stärker.	Hohe Leistung
Leistungs- elektronik	Nicht vorhanden	Leistung abhängig von Hybridart. Range Extender stärker.	Hohe Leistung

Quelle: eigene Darstellung. Basierend auf Informationen aus Bauer et al. 2012.

Aufbauend auf den genannten Annahmen wurde folgende Vorgehensweise gewählt: zunächst wurde eine Abschätzung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungs- und Produktivitätsentwicklung für diejenigen Bauteile vorgenommen, die bei Elektroautos und Hybridautos anders aufgebaut sind bzw. gegen andere Bauteile ausgetauscht werden. Darauf aufbauend wurde eine Hochrechnung der Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Gesamtwertschöpfung im Fahrzeugbau in Deutschland vorgenommen.

Tabelle 3.2.16 zeigt die Abschätzung der Entwicklung von Beschäftigung, Wertschöpfung und Arbeitsproduktivität für die drei Szenarien bis 2030. Im Ausgangsszenario wurde angenommen, dass der Anteil von Elektro- und Hybridfahrzeugen in Deutschland konstant auf dem relativ niedrigen Niveau von 2016 verbleibt, während die Gesamtzahl der Fahrzeuge von 2016 (5.746.808 Fahrzeuge) auf 7.031.145 Fahrzeuge im Jahr 2030 ansteigt. Das Szenario geht davon aus, dass Lernprozesse stattfinden, die bei Elektroautos und Hybridfahrzeugen langsamer als in den anderen Szenarien vonstattengehen. In diesem Szenario steigt die Beschäftigung im Zusammenhang mit den Bauteilen, die für die Elektromobilität relevant sind, leicht von 125 Tsd. in 2016 auf 127 Tsd. Personen in 2030. Die Arbeitsproduktivität bei diesen Bauteilen steigt im Gesamtzeitraum um jahresdurchschnittlich ca. 3,4% von 88 Tsd. € auf 141 Tsd. €.

In Szenario 1 wurde angenommen, dass der Anteil der Hybridautos bis 2030 auf 30 % und derjenige von Elektroautos auf 15% ansteigt. Unter diesen Annahmen zeigt sich gegenüber dem Ausgangsszenario ein leichter Rückgang der Beschäftigung von 125 Tsd. Beschäftigten in 2016 auf 122 Tsd. in 2030. Dies hat damit zu tun, dass die Produktivität speziell bei der Produktion von Batterien aufgrund der geringeren Komplexität des Produktionsprozesses deutlich geringer ist und teilweise (speziell bei der Batterieproduktion) auch noch erhebliche Produktivitätspotenziale bestehen. Diese sind sowohl beim Verbrennungsmotor als auch beim Elektromotor als relativ gering einzuschätzen. Gleichzeitig führt der moderate Diffusionsprozess dazu, dass die gesamten Auswirkungen auf die Beschäftigung überschaubar sind.

Die Wertschöpfung nimmt gegenüber dem Basisszenario aufgrund der veränderten Fahrzeugstruktur leicht zu, da die neuen Bauteile insgesamt (trotz des hohen Fertigungsanteils außerhalb Deutschlands) mit einer etwas höheren Wertschöpfung auch in Deutschland verbunden sind. Die Wertschöpfung steigt somit geschätzt auf knapp 21 Mrd. € im Vergleich zu 18 Mrd. € im Ausgangsszenario. Die Produktivität liegt in dieser Simulation für die betrachteten Bauteile 21,9% über derjenigen im Ausgangsszenario.

Szenario 2 zeigt die abgeschätzte Entwicklung bei einer Verdoppelung des Wertschöpfungsanteils für Batterien von 20 auf 40% im Jahre 2030 gegenüber dem Ausgangsszenario und Szenario 1. Dies wäre also der Fall, wenn OEMs oder Systemzulieferer in höherem Maße Batterien in Deutschland fertigen lassen. In diesem Fall würde die Beschäftigung und Wertschöpfung in Deutschland gegenüber Szenario 1 moderat ansteigen. Dennoch liegt die Beschäftigung in 2030 mit 125,6 Tsd. Zwar über den 121,5 Tsd. In Szenario 1 aber unterhalb den 127 Tsd. Im Ausgangsszenario. Die Wertschöpfung ist in diesem Szenario in 2030 mit 24 Mrd. € höher als im Ausgangsszenario (18 Mrd. €) und in Szenario 1 (21 Mrd. €). Dementsprechend weist dieses Szenario auch den höchsten Wert für die Arbeitsproduktivität auf (194 Tsd. €, 12,5% höher als im Ausgangsszenario). Der höhere Produktionsanteil von Batterien und Elektromotoren in Deutschland führt dazu, dass sich die mit diesen verbundene höhere Produktivität auch in einer erhöhten (Gesamt-)Produktivität zeigt.

Insgesamt zeigt sich, dass sowohl ein erhöhter Anteil von Elektro- und Hybridautos (Szenario 1) als auch ein erhöhter Wertschöpfungsanteil in Deutschland (Szenario 2) die Produktivität bei der Herstellung der Bauteile, die mit der Antriebstechnik in Zusammenhang stehen, erhöht. Diese Erhöhung wird beeinflusst durch die Produktivität bei der Erstellung der verschiedenen Bauteile und die damit in der Zukunft noch verbundenen Effizienzpotenziale. Darüber hinaus spielen die Geschwindigkeit der Veränderung und die Frage, wo die jeweiligen Bauteile produziert werden, eine zentrale Rolle für die Produktivitätseffekte.

Tabelle 3.2.16

Auswirkungen einer Elektromobilität auf die Produktivitätsentwicklung: Bauteile

				Wachstumsrate ⁵		
Jahr	Beschäftigung	Wertschöpfung (in Tsd. €)	Arbeitsproduktivität (in Tsd. €)	B	W	A
Ausgangsszenario (Unveränderte Produktionsanteile) ¹						
1 2016	124.644	12.410.548	100			
2 2020	126.307	14.513.058	115	0,33	3,99	3,65
3 2025	126.504	16.134.959	128	0,03	2,14	2,11
4 2030	127.214	17.975.874	141	0,11	2,18	2,07
2016-2030				0,15	2,68	2,53
Szenario 1 (55% Verbrennung, 30% Hybrid, 15% Elektro) ²						
5 2016	124.644	12.410.548	100			
(5)-(1)	0					
(5)-(1) [%]	0,00	0,00	0,00			
6 2020	125.246	16.155.903	129	0,12	6,82	6,69
(6)-(2)	-1061	1.642.844	14			
(6)-(2) [%]	-0,84	11,32	12,26			
7 2025	123.142	19.324.653	157	-0,34	3,65	4,00
(7)-(3)	-3362	3.189.694	29			
(7)-(3) [%]	-2,66	19,77	23,04			
8 2030	121.501	20.930.616	172	-0,27	1,61	1,88
(8)-(4)	-5713	2.954.742	31			
(8)-(4) [%]	-4,49	16,44	21,91			
2016-2030				-0,18	3,80	3,99
Szenario 2 (Erhöhter Eigenfertigungsanteil) ³						
9 2016	124.644	12.410.548	100			
(9)-(5) ⁴	0	0	0			
(9)-(5) [%] ⁴	0,00	0,00	0,00			
10 2020	125.889	16.862.989	134	0,05	3,23	3,18
(10)-(6)	643	707.086	5			
(10)-(6) [%]	0,51	4,38	3,84			
11 2025	124.517	21.460.949	172	0,25	7,97	7,70
(11)-(7)	1374	2.136.296	15			
(11)-(7) [%]	1,12	11,05	9,83			
12 2030	123.490	24.134.865	195	-0,22	4,94	5,17
(12)-(8)	1989	3.204.249	23			
(12)-(8) [%]	1,64	15,31	13,45			
2016-2030				-0,07	4,87	4,94

Quelle: Eigene Berechnungen nach Angaben von Destatis (Kostenstrukturserhebung des Verarbeitenden Gewerbes und Erzeugerpreisindizes), ELAB (Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung), Strukturstudie BW^e mobil 2015 (Elektromobilität in Baden-Württemberg). ¹Ausgangsszenario: Die Produktionsanteile der verschiedenen Antriebsmodelle an der Gesamtproduktion bleiben ab 2017 gleich. Die berechneten Wachstumsraten beruhen auf einer linearen Fortschreibung der Wachstumsrate der Automobilproduktion, wobei durch die geringe Wachstumsrate bei Elektro- und Hybridautos in diesen Marktfeldern die angenommenen Lernprozesse in der Produktion auch gering sind.. ²Szenario 1: Der Produktionsanteil des verbrennungsmotorischen Antriebsmodells beträgt 55% für das Jahr 2030. Der hybridisierte (elektrifizierte) Antriebsstrang hat einen Anteil von 30% (15%). ³Szenario 2: Der Verlauf der Produktionsanteile entspricht dem des Szenario 1. Betrachtet wurde eine Situation, in der der Eigenfertigungsanteil der Traktionsbatterie (Hochleistungs- und Hochenergie-Batteriesystem) doppelt so groß ist. ⁴Veränderung gegenüber Szenario 1. ⁵Jahresdurchschnittliche Wachstumsraten für 4-Jahres-Intervalle (2016-2020) und 5-Jahres-Intervalle (2020-2025 bzw. 2025-2030) sowie für den gesamten Zeitraum 2016-2030.

Bei der Abschätzung der Auswirkungen auf Ebene des Gesamtsektors ist zu berücksichtigen, dass die Bauteile, die unmittelbar und stark durch den derzeit absehbaren Strukturwandel hin zu neuen Antriebskonzepten verbunden sind, nur einen gewissen Teil der Gesamtwertschöpfung des Autos und auch des Fahrzeugbausektors ausmachen. Nach einer groben Abschätzung, die auf unseren Hochrechnung basieren, sind dies gegenwärtig durch die Dominanz des Verbrennungsmotors ca. 15% der Wertschöpfung im Kfz-Sektor. Dies führt dazu, dass die beschriebenen Entwicklungen für die Produktivitätszahlen des Fahrzeugbaus insgesamt eine moderate Auswirkung zeigen (Tabelle 3.2.17). So sinkt die Beschäftigung im Fahrzeugbau durch die Umstrukturierung bis 2030 in Szenario 1 gegenüber dem Ausgangsszenario um 0,7%, während sie in Szenario 2 gegenüber Szenario 1 um 0,4% zunimmt. Gegenüber dem Ausgangsszenario kann man in Szenario 2 eine Beschäftigungsabnahme beobachten. Diese resultiert daraus, dass die Produktion von den Bauteilen im Antriebsbereich beim Elektroauto deutlich weniger beschäftigungsintensiv ist als bei der Herstellung von konventionellen Motoren und Getrieben. Zu bedenken ist, dass diese Zahlen sehr stark vom zukünftigen Mix abhängen, da Hybridautos deutlich beschäftigungsintensiver produziert werden als Autos mit Elektroantrieb. Die Arbeitsproduktivität liegt in Szenario 1 gegenüber dem Ausgangsszenario um 3,6% höher und in Szenario 2 um 6,2% oberhalb des Wertes aus dem Ausgangsszenario.

Tabelle 3.2.17

Auswirkungen einer Zunahme der Elektromobilität auf die Produktivitätsentwicklung: Gesamtsektor

Jahr	Beschäftigung	Wertschöpfung (in Tsd. €)	Arbeitsproduktivität (in Tsd. €)	Wachstumsrate ⁵		
				B	W	P
2030	Ausgangsszenario (Unveränderte Produktionsanteile) ¹					
	817.653	103.418.696	126.482	0,03	1,44	1,40
2030	Szenario 1 (55% ICE, 30% PHEV, 15% BEV) ²					
	811.941	106.373.439	131.011	-0,02	1,64	1,66
	(2)-(1)	-5.713	2.954.742	4.529		
	(2)-(1) [%]	-0,70	2,86	3,58		
2030	Szenario 2 (Erhöhter Eigenfertigungsanteil) ³					
	814.947	109.577.688	134.460	0,01	1,86	1,85
	(3)-(2) ⁴	3.006	3.204.249	3.449		
	(3)-(2) [%] ⁴	0,37	3,01	2,63		

Quellen: Eigene Berechnungen nach Angaben von Destatis (Kostenstrukturerhebung des Verarbeitenden Gewerbes und Erzeugerpreisindizes), ELAB (Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung), Strukturstudie BWe mobil 2015 (Elektromobilität in Baden-Württemberg). 1Ausgangsszenario: Die Produktionsanteile der verschiedenen Antriebsmodelle an der Gesamtproduktion bleiben ab 2017 gleich. 2Szenario 1: Der Produktionsanteil des verbrennungsmotorischen Antriebsmodells beträgt 55% für das Jahr 2030. Der hybridisierte (elektrifizierte) Antriebsstrang hat einen Anteil von 30% (15%). 3Szenario 2: Der Verlauf der Produktionsanteile entspricht dem des Szenario 1. Betrachtet wurde eine Situation, in der der Eigenfertigungsanteil der Traktionsbatterie (Hochleistungs- und Hochenergie-Batteriesystem) doppelt so groß ist. 4Veränderung gegenüber Szenario 1. 5Jahresdurchschnittliche Wachstumsraten für den gesamten Zeitraum 2016-2030.

Neben der reinen Abschätzung der Entwicklung und der Auswirkungen einer Veränderung des Fahrzeugmixes ermöglicht diese Simulation auch, Einblicke in die Determinanten zu erlangen, die in der Automobilindustrie die Produktivitätsentwicklung vorantreiben. Neben den kontinuierlichen Verbesserungen in der Produktion sind dies auch die Neuerungen, die in die Fahrzeuge gelangen. Jedoch ist hier der Zusammenhang komplexer:

- Die Auswirkungen auf die Produktivität sind insbesondere davon abhängig, wie die Produktionsprozesse für diese Neuerungen aussehen und inwieweit zusätzliche Lernprozesse

gegenüber den bisherigen Bauteilen bzw. Systemen realisiert werden können. So können diese Neuerungen in Ausnahmefällen auch zu einer Verminderung des Produktivitätswachstums führen, wenn ihre Produktion sehr arbeitsintensiv ist.

- Die Geschwindigkeit der Diffusion der Neuerungen im Sektor und die Aufteilung der Produktion auf das In- und Ausland wirken sich auch auf die Produktivitätseffekte aus. Je langsamer die Diffusion, desto geringere Lerneffekte werden realisiert und desto langsamer wirken sich auch potenzielle Produktivitätssteigerungen aus.

Insgesamt zeigt die Analyse, dass sich bei Veränderungen im Fahrzeugdesign (also Produktinnovationen) sehr komplexe Wirkungsmechanismen ergeben, die sich auf die Produktivitätsentwicklung auswirken. Mittelfristig betrachtet, können durch die benötigten zunehmend hohen Stückzahlen Kostendegressionseffekte erzielt werden. Diese legen nahe, dass diese Veränderungen/Produktinnovationen im Zeitverlauf häufig mit zusätzlichen Produktivitätseffekten einhergehen.

Wie die diskutierten Zahlen für die Produktivitätsentwicklung des Automobilbaus in Deutschland zeigen, ist es immer wieder zu Impulsen gekommen, die gemeinsam mit zusätzlich identifizierten Produktivitätspotenzialen und anderen Möglichkeiten der Produktivitätssteigerung, wie dem Outsourcing von Unternehmensfunktionen, ein Absinken der Wachstumsrate der Produktivität verhindert haben. Sicherlich besteht hier auch für die Zukunft ein ausreichendes Potenzial. Gleichzeitig ist die Wettbewerbssituation deutscher Hersteller in der Zukunft auch von der globalen Marktentwicklung und den Strategien der Wettbewerber abhängig. Eine verminderte Wettbewerbsfähigkeit der Industrie würde sicherlich auch erhebliche Konsequenzen für deren Produktivität haben.

3.2.7 Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivitätsentwicklung im Automobilsektor

Die Untersuchung zeigt, dass der Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivitätsentwicklung im Automobilsektor durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Faktoren geprägt ist:

- Verbesserungen im Produktionsprozess werden, wie insbesondere auch die Expertengespräche gezeigt haben, sowohl bei den OEMs als auch bei den Zulieferern häufig produktionsbegleitend durchgeführt. Quantitativ gesehen macht dies nur einen relativ kleinen Teil der FuE-Aktivitäten aus, sodass etwa bei den OEMs bei der Endmontage in der Regel gar keine formelle FuE-Abteilung existiert.
- Die FuE-Aufwendungen werden zum Großteil für die Weiterentwicklung der Produkte verwendet. Diese Produktinnovationen müssen aber gar nicht in jedem Fall zu einer Produktivitätserhöhung führen, da sie in der Regel das Produkt und damit auch den Herstellungsprozess komplexer machen. Somit steht einer Erhöhung der Wertschöpfung auch eine Zunahme des Arbeitseinsatzes in der Produktion gegenüber.
- Die Verfahrensinnovationen resultieren, wie die Untersuchungen zeigen, nur teilweise aus der Automatisierung. Darüber hinaus wird der Produktionsprozess intensiv analysiert, um zukünftige Produktivitätspotenziale zu identifizieren (etwa durch eingesparte Arbeitsschritte oder eine Zeitersparnis über verkürzte Wege). Dies wurde sowohl von dem OEM als auch dem Zulieferunternehmen berichtet, mit denen wir Expertengespräche geführt haben.

Im Saldo resultiert also die kontinuierliche Produktivitätsentwicklung der vergangenen Jahre auf der strikten Ausrichtung der Produktion sowie der Zulieferkette auf eine möglichst hohe Produktivität und aus dem Kostendruck entlang der Wertschöpfungskette.

3.3 Maschinenbau

3.3.1 Charakteristika des Innovationssystems

Der Maschinenbau beschäftigt sich mit der Entwicklung, Konstruktion und Produktion von Maschinen. Einzelne Maschinenelemente sind Teile von komplexeren Produkten, Anlagen oder Fertigungsstraßen. Eine einheitliche Definition und Abgrenzung etwa von Apparaten und Geräten gibt es nicht, auch wenn sich etwa die EU in einer abstrakten Definition versucht hat.⁷ Mögliche Abgrenzungskriterien für Maschinen sind die Aktivitäten, für die sie bestimmt sind (Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung und Fertigung von Werkstücken mit Werkzeugen, Öfen oder Brenner) oder die Sektoren, für die sie bestimmt sind (etwa land- und forstwirtschaftliche Maschinen).

Tabelle 3.3.1 zeigt den Maschinenbau nach der aktuellen Wirtschaftszweigsystematik WZ 2008. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Maschinen und der unklaren Abgrenzung von Maschinen überrascht es nicht, dass im Rahmen der Anpassung von der WZ 2003 auf die WZ 2008 erhebliche Veränderungen vorgenommen wurden. So wurden etwa Reparatur- und Instandsetzungsaktivitäten, die Herstellung von Waffen und Munition sowie von elektrischen Haushaltsgeräten in andere Wirtschaftszweige überführt.⁸

Nach der aktuellen Wirtschaftszweigklassifikation umfasste der Maschinenbau in Deutschland 2015 laut Kostenstrukturstatistik 5.330 Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten, die 1,032 Mill. Personen beschäftigten und 249 Mrd. € an Umsatz erwirtschafteten. Die Beschäftigten im Maschinenbau entsprechen ca. 16% der Beschäftigtenzahl des gesamten Verarbeitenden Gewerbes, was zeigt, dass der Wirtschaftszweig alleine schon aufgrund seiner Größe eine große Bedeutung für das Wirtschaftsgeschehen hat. Wichtige Bereiche des sehr heterogenen und kleinteiligen Sektors in Deutschland sind die Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen (ohne Straßenfahrzeuge) mit 12% der Beschäftigten im Maschinenbau und die Herstellung von Werkzeugmaschinen mit 10%.

Trotz seiner Heterogenität ist der Maschinenbau auch durch Gemeinsamkeiten zwischen den verschiedenen Sparten in Hinblick auf die Leistungserstellung, den Wettbewerb und die Innovationsaktivitäten gekennzeichnet. Die Branchenentwicklung hängt dabei eng mit der Entwicklung des Konjunkturzyklus in einzelnen Sparten zusammen, wobei Teilsparten wie der Landmaschinenbau durch Konjunkturzyklen charakterisiert sind, die vom gesamtwirtschaftlichen Zyklus abweichen können.

Insgesamt ist das Markt- und Innovationsgeschehen im Maschinenbau traditionell durch enge *User-Producer-Beziehungen* und eine sukzessive Weiterentwicklung des unternehmensinternen Wissensstocks gekennzeichnet. Gleichzeitig spielt die Nutzung vorwettbewerblichen Wissens aus den Hochschulen oder der industriellen Gemeinschaftsforschung schon immer eine wichtige Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in zentralen Marktsegmenten des Maschinenbaus (etwa im Textilmaschinenbau).

⁷ http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=uriserv:OJ.L_.2006.157.01.0024.01.DEU, Abgerufen vom 15.09.2017.

⁸ Vgl. den Umsteigeschlüssel zwischen der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003 (WZ 2003), und der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) und umgekehrt vom November 2008.

Tabelle 3.3.1

Abgrenzung des Maschinenbau-Sektors in der Wirtschaftszweiggliederung, Umsätze, Unternehmen und Beschäftigte
2015

WZ 2008 (Code 28)		Umsatz		Unternehmen		Beschäftigte	
		<i>in Mrd. €</i>	<i>in %</i>	<i>Anzahl</i>	<i>in %</i>	<i>in Tsd.</i>	<i>in %</i>
28	Maschinenbau	249	100	5.330	100	1.032.357	100
281	Herstellung von nicht wirtschafts- zweigspezifischen Maschinen	94	38	973	18	355.597	34
2811	Verbrennungsmotoren u. Turbinen (ohne Straßenfahrzeuge usw.)	43	17	113	2	122.829	12
2812	hydraulischen und pneumatischen Komponenten	9	4	137	3	48.844	5
2813	Pumpen und Kompressoren a. n. g.	12	5	171	3	47.636	5
2814	Armaturen a. n. g.	10	4	229	4	43.540	4
2815	Lagern, Getrieben, Zahnrädern, An- triebselementen	20	8	323	6	92.748	9
282	Herstellung von sonst. nicht wirt- schaftszweigspezifischen Maschinen	64	26	1.750	33	281.567	27
2821	Öfen und Brennern	3	1	121	2	12.230	1
2822	Hebezeugen und Fördermitteln	16	6	503	9	68.792	7
2823	Büromaschinen (ohne DV-u. perip- here Geräte)	1	0	24	0	3.713	0
2824	handgeführten Werkzeugen mit Mo- torantrieb	3	1	30	1	10.701	1
2825	kälte-u. lufttechnischen Erzeugnissen, nicht für den Haushalt	15	6	382	7	62.761	6
2829	sonst. nicht WZ-spezifischen Maschi- nen a. n. g.	27	11	690	13	123.370	12
283	Herstellung von land- und forstwirt- schaftlichen Maschinen	12	5	165	3	37.293	4
284	Herstellung von Werkzeugmaschinen	21	9	697	13	102.863	10
2841	Werkzeugmaschinen für die Metallbe- arbeitung	16	7	460	9	73.583	7
2849	sonstigen Werkzeugmaschinen	5	2	237	4	29.280	3
289	Herstellung von Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige	58	23	1.745	33	255.037	25
2891	Maschinen f. Metallerzeugung, Walz- werkseinrichtung usw.	2	1	45	1	8.975	1
2892	Bergwerks-, Bau- und Baustoffma- schinen	14	5	197	4	43.486	4
2893	Maschinen f. Nahrungsmittelerzeu- gung u. ä., Tabakverarbeitung	5	2	190	4	24.995	2
2894	Maschinen f. d. Textil-u. Beklei- dungsherstellung, Lederverarbeitung	5	2	106	2	20.182	2
2895	Maschinen f. d. Papiererzeugung u.- verarbeitung	2	1	68	1	8.371	1
2896	Maschinen f. d. Verarbeitung v. Kunststoff u. Kautschuk	7	3	173	3	29.692	3
2899	Maschinen f. sonst. best. Wirtschafts- zweige a. n. g.	23	9	966	18	119.336	12

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kostenstrukturerhebung des Statistischen Bundesamts (Stand: 01.08.2017).

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Die Märkte sind insbesondere seit den 1990er Jahren durch ausgeprägte Umwälzungen gekennzeichnet, wozu sowohl Markttrends als auch die technologische Entwicklung beigetragen haben (vgl. z.B. Wengel, Shapira 2004; Übersicht 3.3.1). So sind neue Wettbewerber in die Märkte eingetreten, die sich auch immer stärker internationalisiert haben. Der Kostendruck ist insgesamt hoch, was dazu führt, dass die Unternehmen gezielt Produktivitätssteigerungen anstreben. Gleichzeitig haben sich deutsche Unternehmen im internationalen Wettbewerb zunehmend auf Bereiche des Maschinenbaus konzentriert, die durch die Anfertigung von Spezialmaschinen und Einzel- oder Kleinserienfertigung gekennzeichnet sind, bei denen also traditionell Produktivitätssteigerungen durch die Nutzung von *economies of scale* nur in Grenzen möglich sind (vgl. Fleischer 1997). Innovationsaktivitäten im Maschinenbau konzentrieren sich stark auf Produktinnovationen, die letztlich zu Effizienzsteigerungen bei den Kunden führen, sodass der Zusammenhang zwischen den Forschungsaktivitäten im Sektor und Produktivitätssteigerungen in der Wirtschaft sehr eng ist. Gleichzeitig liefert die Branche auch ihre eigenen Maschinen, die entweder durch die Unternehmen selbst hergestellt oder von anderen Maschinenbauunternehmen gekauft werden. Die Nutzung von IK-Technologien (z.B. elektronische Steuerungen) spielte in den vergangenen Jahrzehnten eine immer größere Rolle, und zwar sowohl teilweise in der Produktion als auch in besonderem Maße bei der Weiterentwicklung der Produkte.

Übersicht 3.3.1

Marktstruktur, Marktverhalten, Marktergebnisse und Innovationen im Maschinenbau

Kriterium	Markt- und Technologiecharakteristika
Marktstruktur	<ul style="list-style-type: none">- Zahlreiche unterschiedliche, voneinander getrennte Marktsegmente, viele davon mit europa- oder weltweitem Wettbewerb- Oligopolistische Marktstrukturen mit meist wenigen technologisch fortgeschrittenen Wettbewerbern und häufig auch Anbietern einfacher Produkte- Intensiver Wettbewerb insbesondere auch aus den neuen Industrieländern- Teilweise: vermehrte Ausbildung von Wertschöpfungsketten
Marktverhalten	<ul style="list-style-type: none">- Wettbewerb über unternehmensinternes Erfahrungswissen; kontinuierliche Weiterentwicklung des Wissensstocks- Hoher Kosten- und Wettbewerbsdruck, Fokus auf Produktivitätssteigerungen in der Produktion- Konzentration deutscher Anbieter auf technologisch hochwertige Marktsegmente, mit Einzel- oder Kleinserienfertigung- Zunehmende Bedeutung produktbegleitender Dienstleistungen (Wartung der Maschinen etc.)- Entwicklung neuer Marktfelder: interessante Dynamiken (Chancen für experienced newcomers, keine Vorteile für Incumbents)
Marktergebnisse	<ul style="list-style-type: none">- Hohe Konjunkturabhängigkeiten (Investitionsgütermärkte)- Zunehmende Komplexität der Produkte (insbesondere durch zunehmende Rolle von IKT, elektronische Steuerungen)
Innovationen	<ul style="list-style-type: none">- Verfahrensinnovationen: Produktivitätspotenziale teilweise begrenzt (wegen geringer Stückzahlen, geringer Möglichkeit, Economies of scale zu nutzen)- Produktinnovationen: Verbesserung der Produkte in Hinblick auf jeweils segmentspezifische Eigenschaften (Geschwindigkeit; Umweltregulierungen; Ausfallsicherheit bei den Kunden); Zunehmende Bedeutung elektronischer Steuerungen- Zunehmende Bedeutung der Kooperation mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen vor dem Hintergrund technologischer Herausforderungen

Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt sind in der Branche was Marktbedingungen und Innovationsaktivitäten anlangt zahlreiche Entwicklungen zu beobachten, die die Produktivitätsentwicklung in die eine oder andere Richtung beeinflussen können. Zu berücksichtigen ist immer noch, dass es bei allen Gemeinsamkeiten

auch erhebliche Unterschiede in den Bedingungen und Prozessen gibt, die in einzelnen Marktfeldern vorherrschen.

Auch die Betrachtung der Marktdynamik für neue Marktfelder bringt wichtige Erkenntnisse. So zeigt Günther (2009), dass sich im neuen Feld der multifunktionellen Werkzeugmaschinen nicht unbedingt die bereits etablierten Unternehmen oder *Firstcomer* erfolgreich durchsetzen. Vielmehr wird deutlich, dass die Chancen für Unternehmen, die zu einem späteren Zeitpunkt in den Markt eintreten und gleichzeitig eher allgemeine Fertigkeiten aufweisen (hinsichtlich der Integration von zusätzlichen Aktivitäten in das Produktportfolio) eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit haben. Es zeigt sich also, dass im Wettbewerb im Maschinenbausektor die Innovationsdynamik nicht nur von dem sehr spezifischen bereichsbezogenen Wissen getragen wird, sondern bei der Entwicklung neuer Felder ein Mix aus spezifischen Erfahrungen und richtigem Timing die Erfolgswahrscheinlichkeit erhöht.

3.3.2 Produktivitätsentwicklung auf Sektorebene

Einflussgrößen der Produktivitätsentwicklung

Die Entwicklung der Produktivität und ihrer unmittelbaren Einflussgrößen (insbesondere dem Arbeitseinsatz und der Wertschöpfung) sind in den Tabellen 3.3.2 bis 3.3.4 dargestellt. Die Darstellungen beruhen auf unterschiedlichen Quellen. Tabelle 3.3.2 zeigt die langfristige Entwicklung der verschiedenen Größen ab 1980 auf Basis der EU-Klems-Daten, die mit Daten des Statistischen Bundesamts ergänzt wurden. Der Vorteil der EU-Klems-Daten liegt darin, dass eine Diskussion der langfristigen Entwicklungslinien der Produktivität (insbesondere auch der Totalen Faktorproduktivität) möglich ist. In den Tabellen 3.3.3 und 3.3.4 ist es möglich, die Berechnung der Produktivität ab 1995 wie bei den anderen Sektoren in Fünf-Jahres-Perioden auf Basis von Daten aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts nachzuvollziehen. Beide Datenquellen sind insofern kompatibel als die EU-Klems-Daten auf den Daten des Statistischen Bundesamts aufsetzen.

Tabelle 3.3.2 zeigt zunächst, dass die Arbeitsproduktivität und die Totale Faktorproduktivität im Maschinenbau von 1980 bis 2005 langsam und kontinuierlich gestiegen sind. Danach war ein Einbruch der Produktivitätszahlen zu verzeichnen. Die Wachstumsraten der Totalen Faktorproduktivität lagen im Jahresdurchschnitt von 1980 bis 1995 bei 1,1 und von 1995 bis 2005 bei 1,3%. Im Zeitraum 2005 bis 2015 war ein Rückgang von jahresdurchschnittlich 1,1% zu verzeichnen. Die Zuwachsraten der Arbeitsproduktivität waren von 1980 bis 2005 höher, auch die Verringerung ab 2005 fiel geringer aus. Dies weist darauf hin, dass durch den zunehmenden Produktivitätsdruck und trotz des Trends hin zu Individuallösungen auch die Kapitalintensität der Produktion zugenommen hat.

Tabelle 3.3.2

Produktionswert, Bruttowertschöpfung, Vorleistungsanteil, Preisindex, Arbeitseinsatz, Beschäftigung und Arbeitsproduktivität

	2015	Maschinenbau		
		1980-1995 in % p.a.	1995-2005 in % p.a.	2005-2015 in % p.a.
Produktionswert in Mrd. € (nominal)	243	.	3,5	3,2
Bruttowertschöpfung in Mrd. € (nominal)	97	3,8	2,7	3,5
Vorleistungsanteil in %	60	.	.	.
Preisindex ¹ (2005=100)	133	4,0	2,0	2,9
Bruttowertschöpfung in Mrd. € (real)	73	-0,2	0,7	0,6
Arbeitseinsatz in Mill. Stunden	1.682	-2,4	-1,1	1,3
Beschäftigung in Tsd. Personen	1.135	-1,5	-0,8	1,4
Arbeitsproduktivität ² in €/Arbeitsstunde	44	2,2	1,8	-0,7
Totale Faktorproduktivität (2005=100)	89	1,1	1,3	-1,1

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts und EU-Klems, Fachserie 18, Reihe 1.4 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung Detaillierte Jahresergebnisse, Heft 2016, erschienen am 05.09.2017. 1Preisindex der Wertschöpfung berechnet aus nominaler und realer Wertschöpfung (Kettenindizes).

Überraschend ist zunächst der Blick auf die unmittelbaren Einflussgrößen der Produktivität. Die Wachstumsraten der Bruttowertschöpfung (sowohl nominal als auch real) unterscheiden sich kaum. So hat die reale Wertschöpfung von 1980 bis 1995 jahresdurchschnittlich um 0,2% abgenommen und von 1995 bis 2005 um 0,7% sowie von 2005 bis 2015 um 0,6% zugenommen. Dies ergibt sich aus im längerfristigen Vergleich konstant hohen Zuwachsraten der Bruttowertschöpfung bei einer kontinuierlichen Preissteigerung zwischen 2 und 4% (zuletzt von 2005 bis 2015 bei 2,9%). Der Arbeitseinsatz in Mill. Stunden hat jedoch im Zeitraum 1980 bis 1995 um 2,4% und im Zeitraum 1995 bis 2005 um 1,1% abgenommen, während er im Zeitraum 2005 bis 2015 um jahresdurchschnittlich 1,3% zugenommen hat.

Einen genaueren Einblick in die Berechnungsmethodik und die Einflussgrößen der Produktivitätsentwicklung, wie sie den EU-Klems-Daten zugrunde liegt, erlauben die Zahlen des Statistischen Bundesamts für die Arbeitsproduktivität.

Bei der Berechnung der Arbeitsproduktivität werden zwei Methoden kombiniert:

- Eine Preisbereinigung des Produktionswerts und der Vorleistungen auf Basis von Kettenindizes. Beim Kettenindex wird der Indexwert auf der Basis der jeweiligen Vorperiode berechnet. Dies führt dazu, dass bei der Preisbereinigung jeweils die Produktpalette der Vorperiode (also in unserem Fall des Vorjahres) zugrunde liegt. Eine Indexreihe ergibt sich

daraus, indem die verschiedenen so berechneten Indizes auf Basis einer Referenzperiode (für die der Indexwert gleich 100 gesetzt wird) verkettet werden.⁹

- Die Berechnung der realen Bruttowertschöpfung auf Grundlage der preisbereinigten Werte für die Vorleistungen und den Produktionswert (doppelte Deflationierung), wobei für die gütermäßige Zusammensetzung Informationen aus den Input-Output-Tabellen verwendet werden. Die durchaus überzeugende Begründung für diese Vorgehensweise besteht darin, dass die Wertschöpfung auch keinem Produktportfolio entspricht, das mit Marktpreisen bewertet werden kann, anders als der Produktionswert und die Vorleistungen (Herbel, Räth 2002: 850).

Wegen der hohen Konjunkturanfälligkeit des Maschinenbaus, die insbesondere zu einem erheblichen Einbruch der Produktion um 2009 geführt hat, werden hier anders als bei den anderen betrachteten Sektoren nicht die Daten aus den Tabellen zu den Fünf-Jahres-Zeiträumen (Tabellen 3.3.3 und 3.3.4), sondern noch die Ergebnisse aus Tabelle 3.3.5 heran gezogen. Die Ergebnisse der Berechnung ergeben im Vergleich des Zeitraums zwischen 2005 und 2015 gegenüber dem Zeitraum 1995 bis 2005 folgendes Bild: Im Gesamtzeitraum von 1995 bis 2015 ist der Produktionswert um 3,4% gestiegen, was in etwa auch dem Wachstum des Produktionswerts im Zeitraum 1995 bis 2005 und im Zeitraum 2005 bis 2015 entspricht (3,5%). Auch die Vorleistungen nahmen von 2005 bis 2015 um jahresdurchschnittlich 3,3% zu, also etwas weniger als Ende der 1990er Jahre (4,0%). Im Saldo war das nominale Wertschöpfungswachstum mit 3,4% im Jahresdurchschnitt 2005 bis 2015 größer als 1995 bis 2005 (2,7%). Was die nominalen Werte anlangt, ergeben sich also im Saldo keine großen Unterschiede, diese sind seit 1995 eher angestiegen: Der Arbeits-einsatz stieg im Gesamtzeitraum von 2005 bis 2015 um jahresdurchschnittlich 1,4% gegenüber einer Abnahme um 1,1% im Zeitraum 1995 bis 2005.

Um einen Einblick in die Auswirkung der Preisbereinigung zu erhalten, wird eine Berechnung der Arbeitsproduktivität (bezogen auf die Stundenzahl) mit nominalen Größen durchgeführt. In nominalen Größen vermindert sich die Arbeitsproduktivität von 3,8% in 1995 bis 2005 auf 2,0% in 2005 bis 2015, also um 1,8 Prozentpunkte. In realen Größen erhält man eine Verminderung von 1,8 auf -1,1 Prozentpunkte, also um 2,9 Prozentpunkte. Daraus folgt, dass einerseits auch ohne Preisbereinigung eine Verminderung des Wachstums der Arbeitsproduktivität zu beobachten war, andererseits die preisbereinigte Wachstumsrate um 1,1 Prozentpunkte niedriger liegt als die nicht preisbereinigte, sodass die Preisbereinigung (bezogen auf das Wachstum mit Preisbereinigung) die berechnete Verminderung der Wachstumsrate um knapp 40% erhöht.

⁹ Vgl. hierzu bspw. die Erläuterung von Eurostat, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Chain_index (Abruf vom 15.09.2017) oder Statistisches Bundesamt 2016: 5.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.3.3

Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau

absolute Werte

Variable	Zeile	Quelle/ Berechnung	1995	2000	2005	2010	2015
Produktionswert nominal (in Mrd. €)	1	VGR	125,0	150,5	176,2	200,1	245,0
Produktionswert real (in Mrd. €, 2005=100)	2	VGR, eigene Berechnung	139,8	160,3	176,2	184,0	209,1
Preisindex Produktion	3	(1)/(2)	89,4	93,9	100,0	108,8	117,2
Vorleistungen nominal (in Mrd. €)	4	VGR	72,2	89,1	107,4	123,0	149,1
Vorleistungen real (in Mrd. €, 2005=100)	5	(2)-(8)	75,8	92,8	107,4	118,4	138,5
Preisindex Vorleistungen	6	(4)/(5)	95,3	96,1	100,0	103,9	107,7
Bruttowertschöpfung nominal (in Mrd. €)	7	VGR	52,7	61,4	68,8	77,1	95,9
Bruttowertschöpfung real (in Mrd. €, 2005=100)	8		64,0	67,5	68,8	65,6	70,7
Preisindex Wertschöpfung	9	(7)/(8)	82,4	91,0	100,0	117,6	135,7
Beschäftigung (in Tsd.)	10	VGR	1070,0	1043,0	986,0	1041,0	1695,0
Arbeitseinsatz (in Mill. Stunden)	11	VGR	1645	1586	1479	1494	1146,0
Arbeitsproduktivität (1) ¹ (in Tsd. €)	12	(8)/(10)	59,8	64,7	69,8	63,0	61,7
Vorleistungsanteil am Produktionswert (in %)	13	(4)/(1)	57,8	59,2	60,9	61,5	60,9
Arbeitsproduktivität (2) ² (in €/Arbeitsstunde)	14	(8)/(11)	38,9	42,6	46,5	43,9	41,7

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts, Fachserie 18, Reihe 1.4 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung Detaillierte Jahresergebnisse, Heft 2016, erschienen am 05.09.2017.. – ¹ Die Arbeitsproduktivität (1) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die Beschäftigung. ² Die Arbeitsproduktivität (2) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Tabelle 3.3.4

Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau

jahresdurchschnittliche Wachstumsrate in %

Variable	Zeile	Quelle/ Berechnung	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	1995- 2015
Produktionswert nominal (in Mrd. €)	1	VGR	3,8	3,2	2,6	4,1	3,4
Produktionswert real (in Mrd. €, 2005=100)	2	VGR, eigene Berechnung	2,8	1,9	0,9	2,6	2,0
Preisindex Produktion	3	(1)/(2)	1,0	1,3	1,7	1,5	1,4
Vorleistungen nominal (in Mrd. €)	4	VGR	4,3	3,8	2,8	3,9	3,7
Vorleistungen real (in Mrd. €, 2005=100)	5	(2)-(8)	4,1	3,0	2,0	3,2	3,1
Preisindex Vorleistungen	6	(4)/(5)	0,2	0,8	0,8	0,7	0,6
Bruttowertschöpfung nominal (in Mrd. €)	7	VGR	3,1	2,3	2,3	4,5	3,0
Bruttowertschöpfung real (in Mrd. €, 2005=100)	8		1,1	0,4	-1,0	1,5	0,5
Preisindex Wertschöpfung	9	(7)/(8)	2,0	1,9	3,3	2,9	2,5
Beschäftigung (in Tsd.)	10	VGR	-0,7	-1,4	0,2	2,6	0,1
Arbeitseinsatz (in Mill. Stunden)	11	VGR	-0,5	-1,1	1,1	1,9	0,3
Arbeitsproduktivität (1) ¹ (in Tsd. €)	12	(8)/(10)	1,6	1,5	-2,0	-0,4	0,2
Vorleistungsanteil am Produktionswert (in %)	13	(4)/(1)	0,5	0,6	0,2	-0,2	0,3
Arbeitsproduktivität (2) ² (in €/Arbeitsstunde)	14	(8)/(11)	1,8	1,8	-1,2	-1,0	0,3

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts, Fachserie 18, Reihe 1.4 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung Detaillierte Jahresergebnisse, Heft 2016, erschienen am 05.09.2017.. – ¹ Die Arbeitsproduktivität (1) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die Beschäftigung. ² Die Arbeitsproduktivität (2) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.3.5

Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau: Vergleich 2005 bis 2015 mit 1995 bis 2005

	2015	1995-2005 in % p.a.	2005-2015 in % p.a.	1995-2015 in % p.a.
Produktionswert (nominal)	245,0	3,5	3,4	3,4
Produktionswert real (2005=100)	209,1	2,3	1,7	2,0
Preisindex Produktion	117,2	1,1	1,6	1,4
Vorleistungen Nominal	149,1	4,0	3,3	3,7
Vorleistungen real (2005=100)	138,5	3,5	2,6	3,1
Preisindex Vorleistungen	107,7	0,5	0,7	0,6
Bruttowertschöpfung (nominal)	95,9	2,7	3,4	3,0
Bruttowertschöpfung real (2005=100)	70,7	0,7	0,3	0,5
Preisindex Wertschöpfung	135,7	2,0	3,1	2,5
Arbeitseinsatz	1695,0	-1,1	1,4	0,1
Beschäftigung	1146,0	-0,8	1,5	0,3
Arbeitsproduktivität ⁽¹⁾	61,7	1,6	-1,2	0,2
Vorleistungsanteil am Produktionswert	60,9	0,5	0,0	0,3
Arbeitsproduktivität ⁽²⁾ , bezogen auf Arbeitsstunden	41,7	1,8	-1,1	0,3
Arbeitsproduktivität ⁽²⁾ , bezogen auf Arbeitsstunden in nominalen Größen		3,8	2,0	2,9

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts, Fachserie 18, Reihe 1.4 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung Detaillierte Jahresergebnisse, Heft 2016, erschienen am 05.09.2017.¹Preisindex der Wertschöpfung berechnet aus nominaler und realer Wertschöpfung (Kettenindizes).

Ein Blick auf die Preisentwicklung zeigt auch die Ursache für diese Differenz: Die indirekte Preissteigerungsrate, die sich aus dem Quotienten aus nominaler und realer Bruttowertschöpfung ergibt, hat in den 2000er Jahren zugenommen. Zwischen 1995 und 2005 bzw. 2005 und 2015 beträgt diese Zunahme 1,1 Prozentpunkte (von 2,0 auf 3,1). Dem entspricht eine Zunahme des Preisindex der Produktion von 1,1 auf 1,6% von 1995/05 auf 2005/15 und einer Erhöhung des Preisindex der Vorleistungen von 0,5% zwischen 1995 und 2005 auf 0,7% zwischen 2005 und 2015.

Insgesamt zeigt diese Betrachtung, dass sich die Veränderung des realen Produktivitätswachstums zu ca. zwei Dritteln auch in den nominalen Größen widerspiegelt und darüber hinaus ca. einem Drittel mit einer indirekt gemessenen veränderten Preisentwicklung zusammenhängt.

Produktivitätsentwicklung in den verschiedenen Teilmärkten des Maschinenbaus

Wie bereits in Abschnitt 3.3.1 diskutiert wurde, zerfällt der Maschinenbau in zahlreiche voneinander getrennte Teilmärkte, deren Entwicklung in der Kostenstrukturhebung in einzelnen Unterabschnitten nachgezeichnet wird. Diese Entwicklung ist im Folgenden in Tabelle 3.3.6 für die WZ-Dreisteller-Ebene und in Tabelle 3.3.7 für die WZ-Viersteller-Ebene nachvollzogen. Zu beachten ist, dass die Daten aus der Kostenstrukturhebung etwas von jenen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) abweichen, die die Grundlage der Datenermittlung in den bisherigen Tabellen bildete. Die VGR zieht für die Berechnungen zusätzliche Informationsquellen heran und nimmt darüber hinaus eine Schätzung für die Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten vor, die in der Kostenstrukturhebung nicht enthalten sind.

Die Kostenstrukturhebung hat allerdings den Vorteil, dass sie eine in Hinblick auf die Einzelmärkte des Maschinenbaus differenziertere Analyse erlaubt. Im Folgenden werden für diese Aggregate die absoluten Werte und Entwicklungen für die Unternehmenszahl, die nominale Wertschöpfung, die Erzeugerpreise (basierend auf den Erzeugerpreisindizes des Statistischen Bundesamts für die in den einzelnen Märkten gehandelten Produktgruppen), die reale Wertschöpfung (preisbereinigt auf Basis der Erzeugerpreise) sowie die Beschäftigung und die Arbeitsproduktivität ausgewiesen.

Zu beachten ist, dass zwischen 2007 und 2008 eine Revision der Wirtschaftszweigklassifikation stattgefunden hat, die auch zu einer Veränderung der Zuordnung von Maschinenbauunternehmen geführt hat. So sind in Tabelle 3.3.6 Werte vor und in Tabelle 3.3.7 Werte nach der Veränderung in der Klassifikation ausgewiesen, um auch längerfristige Trends identifizieren zu können. Beim Vergleich der Werte bis 2007 bzw. ab 2008 ist indes Vorsicht geboten.

Insgesamt bestätigen die berechneten Wachstumsraten die Beobachtung eines moderaten Produktivitätswachstums im Maschinenbau von 1995 bis zur Mitte der 2000er Jahre (jahresdurchschnittlich in realen Größen 2,6% von 1995 bis 2000 und 2,2% von 2000 bis 2007). Seit Mitte der 2000er Jahre (2008 bis 2015) wiederum stagnierte das Produktivitätswachstum (-0,4% im Jahresdurchschnitt). Dieser Trend ist weitgehend für alle WZ-Dreisteller zu beobachten. Eine Ausnahme stellt hier lediglich die Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen dar: Dieser Markt ist einerseits durch eine Kleinserienfertigung gekennzeichnet (im Gegensatz zu vielen anderen Bereichen in Deutschland, in denen häufig Spezialprodukte in sehr geringen Stückzahlen produziert werden). Allerdings ist in Bezug auf die Herstellung land- und forstwirtschaftlicher Maschinen auch zu bedenken, dass hier die Konjunkturzyklen anderen Mustern folgen, als dies bei den meisten anderen Maschinenbaubereichen der Fall ist (Abhängigkeit von Wetterbedingungen und politischen Einflussgrößen wie z.B. aktuellen Handelsembargos für Russland).

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.3.6

Entwicklung von Beschäftigung, Wertschöpfung, Preisen und Produktivität in den Unterabschnitten des Maschinenbaus (WZ 2003 Dreisteller)

Wirtschaftszweige	Absolute Werte		Jahresdurchschnittliche Wachstumsrate		
				in %	
	1995	2007	95/00	00/07	95/07
Unternehmen					
Maschinenbau (29)	5.698	6.042	0,6	0,4	0,5
Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen(291)	940	934	-0,4	0,2	-0,1
Herstellung von sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen (292)	1.649	1.768	0,7	0,5	0,6
Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen ² (293)	166	162	-1,9	1,0	-0,2
Herstellung von Werkzeugmaschinen(294)	860	844	-0,5	0,1	-0,2
Herstellung von Maschinen für sonst. best. Wirtschaftszweige (295)	1.885	2.177	2,0	0,7	1,2
Herstellung von Waffen, Munition; Herstellung von Haushaltsgeräten a. n. g. (296, 297)	198	157	-3,1	-1,0	-1,9
Wertschöpfung nominal (absolute Werte in Tsd. €)					
Maschinenbau (29)	50.163.616	74.248.744	2,5	3,9	-0,4
Herstellung v. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen(291)	11.228.889	19.731.146	3,0	6,1	0,6
Herstellung von sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen (292)	12.793.283	19.144.620	2,4	4,2	-0,1
Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen(293)	1.455.360	2.146.631	1,9	4,3	-1,6
Herstellung von Werkzeugmaschinen(294)	5.680.217	9.154.250	4,7	3,6	0,0
Herstellung von Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige (295)	14.160.551	19.414.953	2,5	2,8	-0,7
Herstellung von Waffen, Munition; Herstellung von Haushaltsgeräten a. n. g. (296,297)	4.845.316	4.657.144			-3,5
Erzeugerpreise ¹					
Maschinenbau (29)	-	-	1,1	1,5	1,4
Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen ¹ (291)	-	-	-	1,2	
Herstellung von sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen (292)			1,0	1,3	1,2
Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen(293)			1,2	2,0	1,7
Herstellung von Werkzeugmaschinen(294)	-	-	1,3	1,5	1,4
Herstellung von Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige (295)	-	-	1,0	1,5	1,3

Noch Tabelle 3.3.6

Wirtschaftszweige	Absolute Werte		Jahresdurchschnittliche Wachstumsrate		
	1995	2007	95/00	00/07	95/07
<i>Wertschöpfung real (absolute Werte in Tsd. €)¹</i>					
Maschinenbau (29)	62.083.683	76.531.977	1,4	2,4	25,9
Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen ¹ (291)	-	27.456.847	-	4,9	
Herstellung von sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen (292)	15.376.542	20.824.788	1,4	2,8	30,1
Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen (293)	1.940.480	2.932.287	0,7	2,2	21,0
Herstellung von Werkzeugmaschinen (294)	7.171.991	7.190.628	3,4	2,1	36,1
Herstellung von Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige (295)	17.374.909	18.133.273	1,5	1,2	17,4
<i>Beschäftigung</i>					
Maschinenbau (29)	1.049.413	997.246	-1,2	0,1	-0,4
Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen ¹ (291)	226.913	242.719	-0,6	1,4	0,6
Herstellung von sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen (292)	262.047	258.710	-0,3	0,1	-0,1
Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen (293)	33.300	27.444	-4,3	0,4	-1,6
Herstellung von Werkzeugmaschinen (294)	126.143	126.180	-0,4	0,3	0,0
Herstellung von Masch. f. sonst. best. Wirtschaftszweige (295)	299.727	275.776	-1,4	-0,2	-0,7
Herstellung von Waffen, Munition; Herstellung von Haushaltsgeräten a. n. g. (296,297)	101.283	66.417	-4,6	-2,6	-3,5
<i>Produktivität¹</i>					
Maschinenbau (29)	59	78	2,6	2,2	32,5
Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen ¹ (291)	-	86	-	3,4	
Herstellung von sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen (292)	59	77	1,7	2,7	31,8
Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen (293)	58	86	5,2	1,9	46,9
Herstellung von Werkzeugmaschinen (294)	57	77	3,8	1,8	36,0
Herstellung von Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige (295)	58	74	2,9	1,4	27,6

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Kostenstrukturstatistik und der Erzeugerpreisindizes des Statistischen Bundesamts. - ¹Für die Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen wurden Erzeugerpreise erst ab dem Jahr 2000 ermittelt, sodass auch keine Informationen zur preisbereinigten Wertschöpfung und Produktivität vorliegen. Daten nach Wirtschaftszweigsystematik WZ 2008 und WZ 2003. Die Umstellung der Wirtschaftszweigsystematik hatte erhebliche Auswirkungen auf die Sektorzuordnung, sodass die Wachstumsraten für die WZ-Dreisteller jeweils bis 2007 (WZ 2003) und ab 2008 (WZ 2008) berechnet wurden.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.3.7

Entwicklung von Beschäftigung, Wertschöpfung, Preisen und Produktivität in den Unterabschnitten des Maschinenbaus (WZ 2008 Viersteller)

Wirtschaftszweige nach Wirtschaftszweigssystematik		Absolute Werte (in Tsd. €)					Wachstum insg.
		2008	2015	08/10	10/15	08/15	
Unternehmen							
WZ08-28	Maschinenbau	5.418	5.330	-3,0	0,9	-0,2	-1,6
WZ08-281	Herstellung v. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	997	973	-2,1	0,4	-0,3	-2,4
WZ08-2811	- Verbrennungsmotoren u. Turbinen (oh. Straßenfahrzeuge usw.)	121	113	0,8	-1,7	-1,0	-6,6
WZ08-2812	- hydraulischen und pneumatischen Komponenten	107	137	9,8	1,2	3,6	28,0
WZ08-2813	- Pumpen und Kompressoren a.n.g.	226	171	-15,1	1,0	-3,9	-24,3
WZ08-2814	- Armaturen a.n.g.	232	229	0,4	-0,4	-0,2	-1,3
WZ08-2815	- Lagern, Getrieben, Zahnrädern, Antriebselementen	311	323	-1,0	1,2	0,5	3,9
WZ08-282	Herstellung v. sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	1.684	1.750	-1,5	1,4	0,6	3,9
WZ08-2821	- Öfen und Brennern	117	121	-5,3	2,9	0,5	3,4
WZ08-2822	- Hebezeugen und Fördermitteln	513	503	-3,8	1,2	-0,3	-1,9
WZ08-2823	- Büromaschinen (ohne DV-u. periphere Geräte)	33	24	-7,9	-3,0	-4,4	-27,3
WZ08-2824	- handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb	36	30	-10,2	0,7	-2,6	-16,7
WZ08-2825	- kälte- u. lufttechnische Erzeugnisse, nicht f. d. Haushalt	342	382	1,0	1,8	1,6	11,7
WZ08-2829	- sonst. nicht WZ-spezifischen Maschinen a.n.g.	644	690	0,4	1,2	1,0	7,1
WZ08-283	Herstellung v. land- und forstwirtschaftlichen Maschinen	142	165	4,9	2,1	2,5	16,2
WZ08-284	Herstellung von Werkzeugmaschinen	730	697	-4,7	1,0	-0,7	-4,5
WZ08-2841	- Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung	464	460	-3,5	1,3	-0,1	-0,9
WZ08-2849	- sonstigen Werkzeugmaschinen	266	237	-6,8	0,5	-1,6	-10,9
WZ08-289	Herstellung v. Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige	1.863	1.745	-4,7	0,6	-0,9	-6,3
WZ08-2891	- Maschinen f. Metallerzeugung, Walzwerkseinrichtung usw.	58	45	-10,0	-0,9	-3,6	-22,4
WZ08-2892	- Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen	200	197	-0,5	-0,1	-0,2	-1,5
WZ08-2893	- Maschinen f.Nahrungsmittelerzeugung u.ä., Tabakverarbeitung	182	190	2,7	-0,2	0,6	4,4
WZ08-2894	- Maschinen f. d. Textil-u.Bekleidungsherstellung, Lederverarbeitung	143	106	-9,5	-2,0	-4,2	-25,9
WZ08-2895	- Maschinen f. d. Papiererzeugung u.-verarbeitung	73	68	-4,2	0,3	-1,0	-6,8
WZ08-2896	- Maschinen f. d. Verarbeitung v. Kunststoff u. Kautschuk	239	173	-17,4	1,2	-4,5	-27,6
WZ08-2899	- Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige a.n.g.	968	966	-3,2	1,3	0,0	-0,2

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Wirtschaftszweige nach Wirtschaftszweigsystematik		Absolute Werte (in Tsd. €)					Wachstum insg.
		2008	2015	08/10	10/15	08/15	
Beschäftigung							
WZ08-28	Maschinenbau	1.009.186	1.032.357	-3,2	1,8	0,3	2,3
WZ08-281	Herstellung v. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	340.537	355.597	-2,1	1,7	0,6	4,4
WZ08-2811	- Verbrennungsmotoren u. Turbinen (oh. Straßenfahrzeuge usw.)	111.005	122.829	0,8	1,7	1,5	10,7
WZ08-2812	- hydraulischen und pneumatischen Komponenten	32.434	48.844	16,5	2,1	6,0	50,6
WZ08-2813	- Pumpen und Kompressoren a.n.g.	53.949	47.636	-10,8	2,1	-1,8	-11,7
WZ08-2814	- Armaturen a.n.g.	49.448	43.540	-9,7	1,5	-1,8	-11,9
WZ08-2815	- Lagern, Getrieben, Zahnrädern, Antriebselementen	93.701	92.748	-3,9	1,4	-0,1	-1,0
WZ08-282	Herstellung v. sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	268.557	281.567	-2,9	2,1	0,7	4,8
WZ08-2821	- Öfen und Brennern	12.947	12.230	-7,3	1,9	-0,8	-5,5
WZ08-2822	- Hebezeugen und Fördermitteln	68.614	68.792	-3,4	1,5	0,0	0,3
WZ08-2823	- Büromaschinen (ohne DV-u. periphere Geräte)	9.071	3.713	-35,7	-0,2	-12,0	-59,1
WZ08-2824	- handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb	10.812	10.701	-4,5	1,6	-0,1	-1,0
WZ08-2825	- kälte- u. lufttechnische Erzeugnisse, nicht f. d. Haushalt	58.155	62.761	-1,1	2,0	1,1	7,9
WZ08-2829	- sonst. nicht WZ-spezifischen Maschinen a.n.g.	108.957	123.370	-0,6	2,8	1,8	13,2
WZ08-283	Herstellung v. land- und forstwirtschaftlichen Maschinen	28.713	37.293	1,0	5,2	4,5	29,9
WZ08-284	Herstellung von Werkzeugmaschinen	107.489	102.863	-6,3	1,7	-0,6	-4,3
WZ08-2841	- Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung	73.182	73.583	-5,3	2,3	0,1	0,5
WZ08-2849	- sonstigen Werkzeugmaschinen	34.307	29.280	-8,4	0,4	-2,2	-14,7
WZ08-289	Herstellung v. Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige	263.118	255.037	-4,1	1,0	-0,4	-3,1
WZ08-2891	- Maschinen f. Metallerzeugung, Walzwerkseinrichtung usw.	9.828	8.975	-3,4	-0,4	-1,3	-8,7
WZ08-2892	- Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen	42.056	43.486	-2,6	1,7	0,5	3,4
WZ08-2893	- Maschinen f. Nahrungsmittelerzeugung u. ä., Tabakverarbeitung	20.559	24.995	5,8	1,7	2,8	21,6
WZ08-2894	- Maschinen f. d. Textil- u. Bekleidungsherstellung, Lederverarbeitung	24.688	20.182	-9,8	0,1	-2,8	-18,3
WZ08-2895	- Maschinen f. d. Papiererzeugung u.-verarbeitung	10.583	8.371	-5,4	-2,4	-3,3	-20,9
WZ08-2896	- Maschinen f. d. Verarbeitung v. Kunststoff u. Kautschuk	30.094	29.692	-8,9	3,5	-0,2	-1,3
WZ08-2899	- Masch. f. sonst. best. Wirtschaftszweige a.n.g.	125.311	119.336	-4,0	0,6	-0,7	-4,8

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Wirtschaftszweige nach Wirtschaftszweigsystematik		Absolute Werte (in Tsd. €)					Wachstum insg.
		2008	2015	08/10	10/15	08/15	
Wertschöpfung							
WZ08-28	Maschinenbau	74.774.260	82.271.875	-5,5	4,3	1,4	10,0
WZ08-281	Herstellung v. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	25.858.995	29.378.826	-0,6	2,8	1,8	13,6
WZ08-2811	- Verbrennungsmotoren u. Turbinen (oh. Straßenfahrzeuge usw.)	8.018.492	10.635.172	5,0	3,8	4,1	32,6
WZ08-2812	- hydraulischen und pneumatischen Komponenten	2.682.299	3.669.744	11,7	1,9	4,6	36,8
WZ08-2813	- Pumpen und Kompressoren a.n.g.	4.077.658	3.916.094	-8,3	2,7	-0,6	-4,0
WZ08-2814	- Armaturen a.n.g.	3.886.276	3.959.092	-6,6	3,2	0,3	1,9
WZ08-2815	- Lagern, Getrieben, Zahnradern, Antriebselementen	7.194.271	7.198.724	-4,5	1,9	0,0	0,1
WZ08-282	Herstellung v. sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	20.311.847	22.344.998	-8,5	5,6	1,4	10,0
WZ08-2821	- Öfen und Brennern	921.790	868.673	-6,5	1,5	-0,8	-5,8
WZ08-2822	- Hebezeugen und Fördermitteln	5.713.212	5.236.053	-16,2	5,5	-1,2	-8,4
WZ08-2823	- Büromaschinen (ohne DV-u. periphere Geräte)	922.430	230.585	-55,3	4,6	-18,0	-75,0
WZ08-2824	- handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb	927.400	1.063.290	-5,0	4,9	2,0	14,7
WZ08-2825	- kälte- u. lufttechnischen Erzeugnissen, nicht f. d. Haushalt	3.936.293	5.296.817	-1,3	6,7	4,3	34,6
WZ08-2829	- sonst. nicht WZ-spezifischen Maschinen a.n.g.	7.890.721	9.649.582	-3,5	5,6	2,9	22,3
WZ08-283	Herstellung v. land- und forstwirtschaftlichen Maschinen	1.971.298	3.231.380	11,4	8,0	8,6	63,9
WZ08-284	Herstellung von Werkzeugmaschinen	7.670.234	7.823.403	-14,6	6,9	0,3	2,0
WZ08-2841	- Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung	5.357.654	5.855.352	-14,3	8,3	1,3	9,3
WZ08-2849	- sonstigen Werkzeugmaschinen	2.312.580	1.968.051	-15,3	3,5	-2,3	-14,9
WZ08-289	Herstellung v. Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige	18.328.702	19.493.268	-5,5	3,5	0,9	6,4
WZ08-2891	- Maschinen f. Metallerzeugung, Walzwerkseinrichtung usw.	881.718	608.570	-0,9	-6,8	-5,2	-31,0
WZ08-2892	- Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen	3.814.795	3.591.967	-7,5	1,9	-0,9	-5,8
WZ08-2893	- Maschinen f. Nahrungsmittelerzeugung u. ä., Tabakverarbeitung	1.487.074	1.855.137	5,6	2,3	3,2	24,8
WZ08-2894	- Maschinen f. d. Textil- u. Bekleidungsherstellung, Lederverarbeitung	1.305.723	1.543.793	-2,6	4,5	2,4	18,2
WZ08-2895	- Maschinen f. d. Papiererzeugung u.-verarbeitung	669.684	588.090	-3,8	-1,0	-1,8	-12,2
WZ08-2896	- Maschinen f. d. Verarbeitung v. Kunststoff u. Kautschuk	2.105.416	2.601.462	-8,4	8,0	3,1	23,6
WZ08-2899	- Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige a.n.g.	8.064.292	8.704.250	-7,1	4,6	1,1	7,9

Wirtschaftszweige nach Wirtschaftszweigsystematik		Absolute Werte (in Tsd. €)					Wachstum insg.
		2008	2015	08/10	10/15	08/15	
Erzeugerpreise							
WZ08-28	Maschinenbau	-	-	1,4	1,5	1,4	10,6
WZ08-281	Herstellung v. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	-	-	1,6	1,4	1,4	10,4
WZ08-2811	- Verbrennungsmotoren u. Turbinen (oh. Straßenfahrzeuge usw.)	-	-	1,0	0,5	0,7	4,7
WZ08-2812	- hydraulischen und pneumatischen Komponenten	-	-	2,5	1,7	1,9	14,4
WZ08-2813	- Pumpen und Kompressoren a.n.g.	-	-	2,0	1,7	1,8	13,0
WZ08-2814	- Armaturen a.n.g.	-	-	2,2	2,5	2,4	18,1
WZ08-2815	- Lagern, Getrieben, Zahnrädern, Antriebsselementen	-	-	1,4	1,1	1,2	8,5
WZ08-282	Herstellung v. sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	-	-	1,1	1,4	1,3	9,7
WZ08-2821	- Öfen und Brennern	-	-	2,2	1,1	1,4	10,2
WZ08-2822	- Hebezeugen und Fördermitteln	-	-	1,2	1,3	1,3	9,4
WZ08-2823	- Büromaschinen (ohne DV-u. periphere Geräte)	-	-	1,1	1,3	1,2	8,8
WZ08-2824	- handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb	-	-	1,7	1,8	1,8	12,9
WZ08-2825	- kälte-u. lufttechnischen Erzeugnissen, nicht f. d. Haushalt	-	-	1,9	1,4	1,5	11,2
WZ08-2829	- sonst. nicht WZ-spezifischen Maschinen a.n.g.	-	-	0,2	1,5	1,2	8,3
WZ08-283	Herstellung v. land- und forstwirtschaftlichen Maschinen	-	-	3,2	2,0	2,3	17,4
WZ08-284	Herstellung von Werkzeugmaschinen	-	-	1,7	1,7	1,7	12,5
WZ08-2841	- Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung	-	-	1,7	1,7	1,7	12,3
WZ08-2849	- sonstigen Werkzeugmaschinen	-	-	1,7	1,8	1,8	13,1
WZ08-289	Herstellung v. Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige	-	-	1,3	1,5	1,4	10,3
WZ08-2891	- Maschinen f. Metallerzeugung, Walzwerkseinrichtung usw.	-	-	1,4	0,9	1,0	7,5
WZ08-2892	- Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen	-	-	1,9	1,6	1,7	12,3
WZ08-2893	- Maschinen f. Nahrungsmittelerzeugung u. ä., Tabakverarbeitung	-	-	2,0	1,8	1,8	13,4
WZ08-2894	- Maschinen f. d. Textil-u. Bekleidungsherstellung, Lederverarbeitung	-	-	-	1,3	1,3	6,9
WZ08-2895	- Maschinen f. d. Papiererzeugung u.-verarbeitung	-	-	0,7	0,7	0,7	5,2
WZ08-2896	- Maschinen f. d. Verarbeitung v. Kunststoff u. Kautschuk	-	-	0,8	1,9	1,6	11,6
WZ08-2899	- Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige a.n.g.	-	-	1,3	1,4	1,4	9,8

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Wirtschaftszweige nach Wirtschaftszweigssystematik		Absolute Werte (in Tsd. €)					Wachstum insg.
		2008	2015	08/10	10/15	08/15	
Wertschöpfung real							
WZ08-28	Maschinenbau	76.928.251	76.531.977	-6,8	2,8	-0,1	-0,5
WZ08-281	Herstellung v. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	26.686.269	27.456.847	-2,1	1,4	0,4	2,9
WZ08-2811	- Verbrennungsmotoren u. Turbinen (oh. Straßenfahrzeuge usw.)	8.182.135	10.365.665	4,0	3,2	3,4	26,7
WZ08-2812	- hydraulischen und pneumatischen Komponenten	2.820.504	3.372.926	8,9	0,2	2,6	19,6
WZ08-2813	- Pumpen und Kompressoren a.n.g.	4.238.730	3.602.662	-10,1	1,0	-2,3	-15,0
WZ08-2814	- Armaturen a.n.g.	4.056.656	3.500.523	-8,6	0,6	-2,1	-13,7
WZ08-2815	- Lagern, Getrieben, Zahnradern, Antriebselementen	7.393.906	6.816.973	-5,8	0,8	-1,2	-7,8
WZ08-282	Herstellung v. sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	20.768.760	20.824.788	-9,5	4,1	0,0	0,3
WZ08-2821	- Öfen und Brennern	963.208	823.387	-8,6	0,4	-2,2	-14,5
WZ08-2822	- Hebezeugen und Fördermitteln	5.847.709	4.898.085	-17,2	4,1	-2,5	-16,2
WZ08-2823	- Büromaschinen (ohne DV-u. periphere Geräte)	942.217	216.512	-55,8	3,3	-18,9	-77,0
WZ08-2824	- handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb	959.049	973.709	-6,6	3,1	0,2	1,5
WZ08-2825	- kälte- u. lufttechnischen Erzeugnissen, nicht f. d. Haushalt	4.087.532	4.945.674	-3,2	5,2	2,8	21,0
WZ08-2829	- Herstellung v. sonst. nicht WZ-spezifischen Maschinen a.n.g.	7.922.411	8.943.079	-3,7	4,0	1,7	12,9
WZ08-283	Herstellung v. land- und forstwirtschaftlichen Maschinen	1.989.201	2.932.287	5,1	5,9	5,7	47,4
WZ08-284	Herstellung von Werkzeugmaschinen	7.931.990	7.190.628	-16,0	5,2	-1,4	-9,3
WZ08-2841	- Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung	5.540.490	5.391.669	-15,7	6,5	-0,4	-2,7
WZ08-2849	- sonstigen Werkzeugmaschinen	2.393.975	1.800.596	-16,8	1,7	-4,0	-24,8
WZ08-289	Herstellung v. Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige	18.798.669	18.133.273	-6,7	2,1	-0,5	-3,5
WZ08-2891	- Maschinen f. Metallerzeugung, Walzwerkseinrichtung usw.	907.117	582.364	-2,3	-7,6	-6,1	-35,8
WZ08-2892	- Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen	3.961.366	3.322.819	-9,2	0,3	-2,5	-16,1
WZ08-2893	- Maschinen f. Nahrungsmittelerzeugung u. ä., Tabakverarbeitung	1.545.815	1.700.401	3,6	0,5	1,4	10,0
WZ08-2894	- Maschinen f. d. Textil- u. Bekleidungsherstellung, Lederverarbeitung	-	1.444.147	.	3,1	3,1	16,6
WZ08-2895	- Maschinen f. d. Papiererzeugung u.-verarbeitung	679.193	567.107	-4,5	-1,8	-2,5	-16,5
WZ08-2896	- Maschinen f. d. Verarbeitung v. Kunststoff u. Kautschuk	2.137.478	2.367.117	-9,1	6,0	1,5	10,7
WZ08-2899	- Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige a.n.g.	8.271.069	8.127.218	-8,3	3,1	-0,3	-1,7

Wirtschaftszweige nach Wirtschaftszweigssystematik		Absolute Werte (in Tsd. €)					Wachstum insg.
		2008	2015	08/10	10/15	08/15	
Produktivität							
WZ08-28	Maschinenbau	76	74	-3,8	1,0	-0,4	-2,7
WZ08-281	Herstellung v. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	78	77	0,0	-0,3	-0,2	-1,5
WZ08-2811	- Verbrennungsmotoren u. Turbinen (oh. Straßenfahrzeuge usw.)	74	84	3,1	1,5	2,0	14,5
WZ08-2812	- hydraulischen und pneumatischen Komponenten	87	69	-6,5	-1,9	-3,2	-20,6
WZ08-2813	- Pumpen und Kompressoren a.n.g.	79	76	0,8	-1,1	-0,5	-3,7
WZ08-2814	- Armaturen a.n.g.	82	80	1,2	-0,9	-0,3	-2,0
WZ08-2815	- Lagern, Getrieben, Zahnrädern, Antriebsselementen	79	73	-1,9	-0,6	-1,0	-6,9
WZ08-282	Herstellung v. sonst. nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	77	74	-6,8	1,9	-0,6	-4,4
WZ08-2821	- Öfen und Brennern	74	67	-1,4	-1,4	-1,4	-9,5
WZ08-2822	- Hebezeugen und Fördermitteln	85	71	-14,2	2,6	-2,5	-16,5
WZ08-2823	- Büromaschinen (ohne DV-u. periphere Geräte)	104	58	-31,3	3,5	-7,9	-43,9
WZ08-2824	- handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb	89	91	-2,2	1,4	0,4	2,6
WZ08-2825	- kälte-u. lufttechnischen Erzeugnissen, nicht f. d. Haushalt	70	79	-2,0	3,2	1,6	12,1
WZ08-2829	- sonst. nicht WZ-spezifischen Maschinen a.n.g.	73	72	-3,2	1,2	0,0	-0,3
WZ08-283	Herstellung v. land- und forstwirtschaftlichen Maschinen	69	79	9,4	0,7	2,1	13,5
WZ08-284	Herstellung von Werkzeugmaschinen	74	70	-10,4	3,4	-0,8	-5,3
WZ08-2841	- Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung	76	73	-11,0	4,1	-0,5	-3,2
WZ08-2849	- sonstigen Werkzeugmaschinen	70	61	-9,1	1,3	-1,8	-11,9
WZ08-289	Herstellung v. Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige	71	71	-2,7	1,0	-0,1	-0,5
WZ08-2891	- Maschinen f. Metallerzeugung, Walzwerkseinrichtung usw.	92	65	1,1	-7,2	-4,9	-29,7
WZ08-2892	- Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen	94	76	-6,8	-1,4	-2,9	-18,9
WZ08-2893	- Maschinen f. Nahrungsmittelerzeugung u. ä., Tabakverarbeitung	75	68	-2,1	-1,1	-1,4	-9,5
WZ08-2894	- Maschinen f. d. Textil- u. Bekleidungsherstellung, Lederverarbeitung	62	72	-	3,0	3,0	16,0
WZ08-2895	- Maschinen f. d. Papiererzeugung u.-verarbeitung	64	68	1,0	0,7	0,8	5,6
WZ08-2896	- Maschinen f. d. Verarbeitung v. Kunststoff u. Kautschuk	71	80	-0,2	2,4	1,7	12,2
WZ08-2899	- Maschinen f. sonst. best. Wirtschaftszweige a.n.g.	66	68	-4,5	2,5	0,4	3,2

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Kostenstrukturstatistik und der Erzeugerpreisindizes des Statistischen Bundesamts. - ¹Für die Herstellung von Land- und Forstwirtschaftlichen Maschinen sind Werte für Beschäftigung, Wertschöpfung und Preise nicht für 2008 verfügbar. Alle berechneten Wachstumsraten beziehen sich für diesen Wirtschaftszweig auf das Jahr 2009. ¹Für die Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen wurden Erzeugerpreise erst ab dem Jahr 2000 ermittelt, sodass auch keine Informationen zur preisbereinigten Wertschöpfung und Produktivität vorliegen. Daten nach Wirtschaftszweigssystematik WZ 2008 und WZ 2003. Die Umstellung der Wirtschaftszweigssystematik hatte erhebliche Auswirkungen auf die Sektorzuordnung, sodass die Wachstumsraten für die WZ-Dreisteller jeweils bis 2007 (WZ 2003) und ab 2008 (WZ 2008) berechnet wurden.

Tabelle 3.3.7 erlaubt eine differenziertere Analyse für verschiedene Märkte des Maschinenbaus. Dabei wird durchaus deutlich, dass die Entwicklung in den Jahren ab 2008 nicht über alle Teilmärkte einheitlich sondern teilweise sehr unterschiedlich verlaufen ist. Einige Teilmärkte verzeichneten hohe Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität. So wuchs die Arbeitsproduktivität bei der Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen von 2008 bis 2015 um Jahresdurchschnittlich 2%, bei kälte- und lufttechnischen Erzeugnissen um 1,6%, bei land- und forstwirtschaftlichen Maschinen um 2,1%, bei Maschinen für die Nahrungsmittelerzeugung und die Tabakverarbeitung sogar um 3%. Dennoch war eine Verringerung der Arbeitsproduktivität im Zeitraum von 2008 bis 2015 in 12 von 25 Marktsegmenten auf der WZ-Viersteller-Ebene zu beobachten. Im Einzelnen waren im Zeitraum von 2008 bis 2015 in Bezug auf Wertschöpfung, Preise und Beschäftigung folgende Entwicklungen in den Teilmärkten des Maschinenbaus zu beobachten:

- Die reale Wertschöpfung ist in zwölf von 25 Marktsegmenten gesunken, wobei in zehn sowohl die Wertschöpfung als auch die Produktivität zurückgegangen ist. Die Beschäftigung hat insgesamt leicht zugenommen (jahresdurchschnittlich um 0,3%). Eine Zunahme fand in 9 der 25 Marktsegmente statt, während dementsprechend in 16 die Beschäftigung gesunken ist.
- Die Erzeugerpreise entwickelten sich in allem Marktsegmenten langsam aber kontinuierlich aufwärts. Die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten lagen zwischen 0,7 und 2,4% (im Durchschnitt des Maschinenbaus bei 1,4%).
- Die nominale Wertschöpfung wuchs um jahresdurchschnittlich 1,4% (dem Einbruch durch die Rezession 2008 folgte eine längere Erholungsphase), in sieben von 25 Marktsegmenten nahm die nominale Wertschöpfung ab.

Insgesamt zeigt die Entwicklung, dass sich viele Marktsegmente hinsichtlich Wertschöpfung und Beschäftigung kontinuierlich und positiv entwickelt haben, während einige – wie nicht anders zu erwarten – Herausforderungen aufweisen. Offensichtlich aber bildet eine Produktivitätssteigerung bezogen auf die Arbeitsproduktivität keine Voraussetzung dafür, dass sich die Unternehmen im Wettbewerb behaupten können. Immerhin haben Unternehmen aber in fünf der zwölf Marktsegmente, in denen die Produktivität gesunken ist, ihre Beschäftigung erhöht.

3.3.3 Produktivitätsentwicklung im internationalen Vergleich

Um Hinweise auf mögliche Einflussfaktoren der Produktivität zu erhalten bzw. darüber, ob der Entwicklung in Deutschland Prozesse zugrunde liegen, die auch auf internationaler Ebene beobachtet werden können, werden im Folgenden die Entwicklung der Arbeitsproduktivität (Tabelle 3.3.8 und Schaubild 3.3.1), der Totalen Faktorproduktivität (Tabelle 3.3.9 und Schaubild 3.3.2) sowie der Wertschöpfung und Beschäftigung (Tabelle 3.3.10) im internationalen Vergleich betrachtet.

Ein Blick auf die Entwicklung der Arbeitsproduktivität im internationalen Vergleich zeigt, dass dieser Wert für Deutschland als einziges der hier betrachteten Industrieländer seit 2005 zurückgegangen ist (laut dem Indexwert um 7 Prozentpunkte seit 2005), während alle anderen in der Tabelle aufgeführten Industrieländer eine teilweise deutliche Produktivitätssteigerung verzeichneten. Der Indexwert für die Arbeitsproduktivität im Maschinenbau (93) liegt geringfügig über dem Wert des Jahres 2000 (91). Ganz anders stellt sich die Entwicklung in anderen wichtigen Maschinenbauländern dar. Der Wert für Italien ist seit dem Jahr 2000 um 21 Prozentpunkte auf 115 gestiegen, derjenige der USA um 27 Prozentpunkte auf 107. Hinsichtlich der Produktivitätsentwicklung von 1995 bis 2005 lag der Maschinenbau in Deutschland (Wachstum von 16 Prozentpunkten) in etwa

im Bereich von Japan (18 Prozentpunkte), aber über dem von Italien (7 Prozentpunkte). Das Wachstum der Arbeitsproduktivität in den USA war mit 24 Prozentpunkten höher.

Die Totale Faktorproduktivität (Tabelle 3.3.9 und Schaubild 3.3.2) berücksichtigt auch den veränderten Kapitaleinsatz. Hier zeigt sich für Deutschland ein ähnliches Bild: Die Totale Faktorproduktivität ist nach dem Indexwert von 1995 bis 2005 um 12 Prozentpunkte gestiegen, zwischen 2005 und 2015 dann wieder auf den Ausgangswert gesunken (-11 Prozentpunkte). Die Entwicklung war in den meisten Industrieländern von 1995 bis 2005 ähnlich (leichte Zunahme der Totalen Faktorproduktivität), wobei Italien und die USA als wichtige Maschinenbau-Länder im Gesamtzeitraum eher eine Stagnation der Totalen Faktorproduktivität aufwiesen. Dies bedeutet, dass in diesem Zeitraum die erhöhte Arbeitsproduktivität in diesen beiden Ländern mit einer vermehrten Kapitalbildung einherging.

Tabelle 3.3.8

Arbeitsproduktivität im Maschinenbau im internationalen Vergleich

2005=100

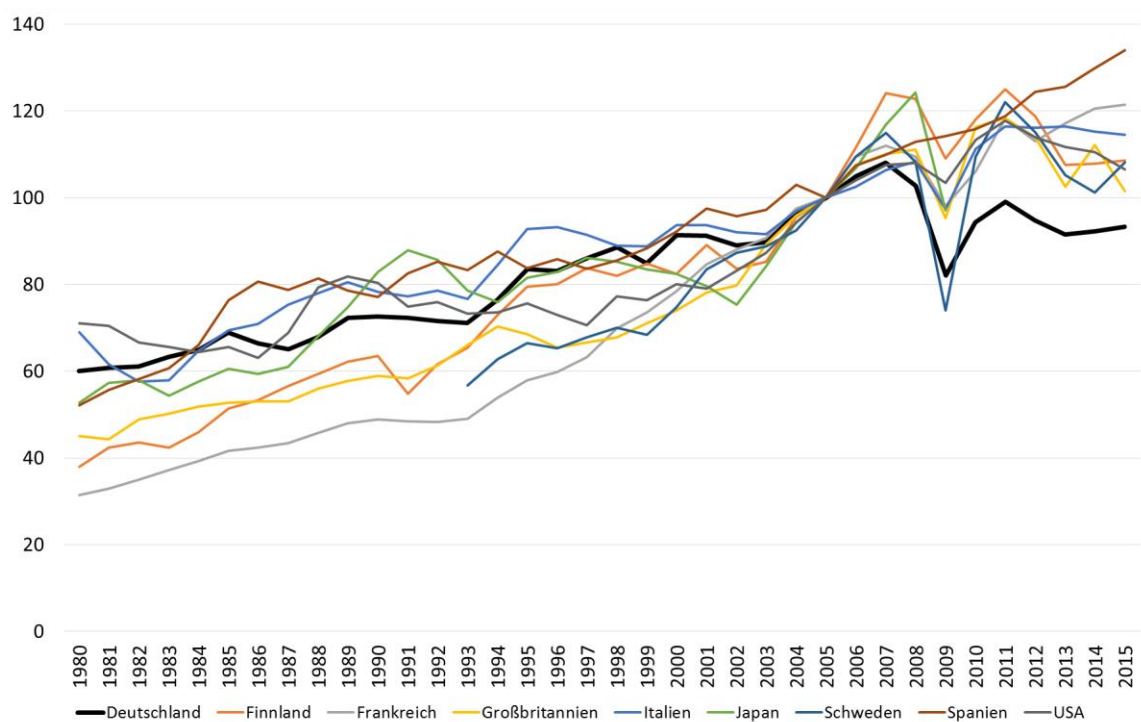
Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	<i>absolute Werte</i>					<i>Wachstum in % p.a.</i>				
Deutschland	84	91	100	94	93	1,8	1,8	-1,2	-0,2	0,6
Finnland	79	82	100	118	109	0,7	4,0	3,4	-1,7	1,6
Frankreich	58	79	100	106	121	6,3	5,0	1,2	2,7	3,8
Großbritannien	69	74	100	116	101	1,5	6,2	3,1	-2,7	2,0
Italien	93	94	100	111	115	0,2	1,3	2,2	0,6	1,1
Japan	82	82	100	-	-	0,2	3,9	-	-	-
Schweden	67	75	100	110	108	2,3	6,0	1,8	-0,3	2,5
Spanien	84	92	100	116	134	1,9	1,6	3,0	2,9	2,4
USA	76	80	100	113	107	1,1	4,5	2,5	-1,2	1,7

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts. – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Schaubild 3.3.1

Arbeitsproduktivität im Maschinenbau im internationalen Vergleich 2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Tabelle 3.3.9

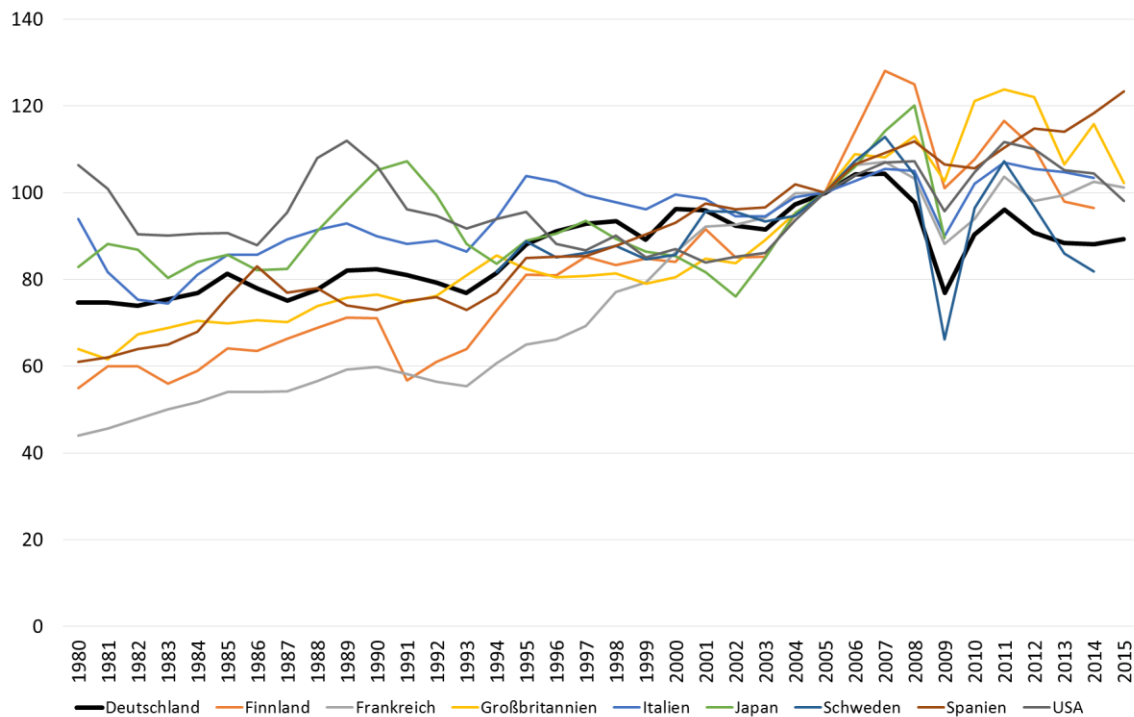
Totale Faktorproduktivität im Maschinenbau im internationalen Vergleich 2005=100

Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	<i>absolute Werte</i>					<i>Wachstum in % p.a.</i>				
Deutschland	88	96	100	90	89	1,8	0,8	-2,0	-0,2	0,1
Finnland	81	84	100	108	-	0,7	3,5	1,5	-	-
Frankreich	65	86	100	94	101	5,8	3,0	-1,2	1,5	2,2
Großbritannien	83	81	100	121	102	-0,5	4,4	3,9	-3,3	1,1
Italien	104	100	100	102	-	-0,8	0,1	0,4	-	-
Japan	89	85	100	-	-	-0,8	3,2	-	-	-
Schweden	89	86	100	96	-	-0,7	3,2	-0,7	-	-
Spanien	85	93	100	106	123	1,8	1,5	1,1	3,2	1,9
USA	96	87	100	105	98	-1,9	2,8	0,9	-1,3	0,1

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts. – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Schaubild 3.3.2

Totale Faktorproduktivität im Maschinenbau im internationalen Vergleich 2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Ab dem Jahr 2005 verlief die Entwicklung in den Industrieländern dann uneinheitlich, wobei die begrenzte Datenverfügbarkeit für einige der anderen wichtigen Maschinenbau-Länder die Aussagekraft des Vergleichs einschränkt.

Die Tabellen 3.3.10 und 3.3.11 zeigen die Entwicklung der unmittelbaren Einflussgrößen der Produktivität und können somit helfen, einen ersten Eindruck zu bekommen, welche Faktoren für die im internationalen Vergleich ungünstige Produktivitätsentwicklung verantwortlich sind:

- Die Entwicklung der nominalen Bruttowertschöpfung verlief in Deutschland über den Gesamtzeitraum und auch im Zeitraum nach 2005 günstig. Zwischen 1995 und 2015 nahm die Wertschöpfung um 3,1% zu. Eine deutlich höhere Wachstumsrate hatten über den Gesamtzeitraum nur Finnland (3,9%) und Spanien (5,6%) zu verzeichnen, also relativ unbedeutende Maschinenbau-Nationen. Mit einer Wachstumsrate von 2,3% von 2005 bis 2010 und 4,7% in 2010 bis 2015 hatte die deutsche Maschinenbau-Industrie auch insgesamt einen guten Wert im Vergleich zu den anderen Industrieländern. Im Zeitraum von 2005 bis 2010 hatten von den sieben Ländern, für die Zahlen vorlagen, drei eine höhere und vier eine niedrigere Wachstumsrate als Deutschland. Im Zeitraum 2005 bis 2015 war die Wachstumsrate der Bruttowertschöpfung in keinem der Vergleichsländer höher als in Deutschland.
- Beim ermittelten indirekten Preisindex für die Wertschöpfung im Maschinenbau nimmt Deutschland mit einem Wachstum von 2,4% über den Zeitraum 1995 bis 2015 den Spitzenwert ein. Lediglich Spanien mit 2,2% und die USA mit 2,1% wiesen ebenfalls Werte von über 2% auf. Auch im Zeitraum von 2005 bis 2015 war die Preissteigerungsrate für deutsche Maschinenbau-Produkte im internationalen Vergleich hoch. Sie wurde lediglich von der in Schweden überboten.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

- Die reale Wertschöpfungsentwicklung, die daraus folgt, ist für Deutschland eher ungünstig. Mit einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 0,7% wuchs die reale Bruttowertschöpfung weniger stark als in den Vergleichsländern (außer den USA und Großbritannien).
- Hinsichtlich der Beschäftigung hat sich der deutsche Maschinenbau insbesondere seit dem Jahr 2005 günstig entwickelt, über den Gesamtzeitraum von 1995 bis 2015 blieb die Beschäftigung gemessen am Arbeitsstundeneinsatz in etwa konstant (plus 0,1% p.a.). Dies lag in etwa im Trend der betrachteten Industrieländer, wobei Frankreich, Großbritannien, Schweden und die USA eine deutlich schlechtere Entwicklung verzeichneten. Von 2005 bis 2010 hatte Deutschland allerdings als einziges der betrachteten Länder ein Beschäftigungswachstum zu verzeichnen, und auch von 2010 bis 2015 war das Beschäftigungswachstum in Deutschland am höchsten.

Insgesamt zeigt dieser Vergleich, dass die seit 2005 im internationalen Vergleich sinkende Produktivität in Deutschland nichts mit der nominalen Entwicklung der Bruttowertschöpfung zu tun hat, sondern damit, dass im internationalen Vergleich die Preise für die Wertschöpfung des deutschen Maschinenbaus deutlich zugenommen haben, während gleichzeitig der Arbeitseinsatz gestiegen ist. In der Kombination erscheinen diese Befunde widersprüchlich und erklärungsbedürftig, da es ein Ziel der Unternehmen sein müsste, durch die Verminderung des Arbeitseinsatzes die Produktivität zu erhöhen.

Tabelle 3.3.10

Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Maschinenbau in ausgewählten Ländern

in % p.a.

Land	nominale Bruttowertschöpfung					Preisindex Wertschöpfung				
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
Veränderungsrate in % p.a.										
Deutschland	3,1	2,3	2,3	4,7	3,1	2,0	1,9	3,3	2,5	2,4
Finnland	6,1	3,2	5,5	0,9	3,9	2,3	-0,3	3,0	1,5	1,6
Frankreich	5,2	0,4	-2,0	2,6	1,5	-0,9	-2,8	1,3	0,6	-0,5
Großbritannien	0,6	-1,1	-1,4	3,4	0,3	1,7	-1,4	-1,9	6,0	1,1
Italien	6,1	2,3	1,1	3,0	3,1	3,8	0,7	0,2	2,1	1,7
Japan	1,3	-4,2	-	-	-	1,5	-7,3	-	-	-
Schweden	3,4	5,4	3,3	1,1	3,3	1,3	-0,8	3,8	2,8	1,8
Spanien	10,3	6,0	1,1	5,2	5,6	1,9	3,1	2,3	1,8	2,2
USA	3,0	0,3	1,2	4,6	2,3	2,8	0,3	1,6	3,6	2,1

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Tabelle 3.3.11

Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Maschinenbau im internationalen Vergleich

in % p.a.

Land	reale Bruttowertschöpfung					Arbeitseinsatz				
	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	1995- 2015	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	1995- 2015
<i>Veränderungsrate in % p.a.</i>										
Deutschland	1,1	0,4	-1,0	2,2	0,7	-0,7	-1,4	0,2	2,4	0,1
Finnland	3,7	3,5	2,5	-0,6	2,3	3,0	-0,4	-0,9	1,1	0,7
Frankreich	6,2	3,2	-3,3	2,0	2,0	-0,1	-1,6	-4,4	-0,7	-1,7
Großbritannien	-1,1	0,3	0,5	-2,5	-0,7	-2,6	-5,6	-2,5	0,2	-2,6
Italien	2,2	1,6	0,9	0,9	1,4	2,0	0,3	-1,3	0,3	0,3
Japan	-0,2	3,3	-	-	-	-0,4	-0,6	-	-	-
Schweden	2,0	6,2	-0,5	-1,6	1,5	-0,3	0,2	-2,3	-1,4	-0,9
Spanien	8,3	2,8	-1,1	3,4	3,3	6,2	1,1	-4,0	0,3	0,9
USA	0,2	0,0	-0,3	1,0	0,2	-1,0	-4,4	-2,8	2,3	-1,5

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Tabelle 3.3.12 zeigt die Einflussgrößen der Veränderung der Arbeitsproduktivität in den Zeiträumen 1995 bis 2005 und 2005 bis 2015 im internationalen Vergleich. Dabei sind für die einzelnen Größen jeweils die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten in den zwei Teilzeiträumen sowie die Differenz zwischen den beiden Wachstumsraten für alle betrachteten Länder ausgewiesen. Es treten folgende Muster zutage:

- Die Wachstumsrate der nominalen Bruttowertschöpfung geht in einigen der betrachteten Länder zurück, neben Deutschland weisen Großbritannien und die USA eine zunehmende Wachstumsrate auf.
- Die Wachstumsrate des Arbeitseinsatzes sinkt ebenfalls in fast allen betrachteten Ländern. Eine Zunahme des Arbeitseinsatzes weisen auch hier nur Deutschland, Großbritannien und die USA auf, wobei in Deutschland die Wachstumsrate (anders als in den anderen hier betrachteten Industrieländern) positiv wird.
- Die Preise für Maschinenbauprodukte sind im Zeitraum 2005 bis 2015 in Deutschland wie in der Mehrzahl der betrachteten Länder stärker gestiegen als im Zeitraum von 1995 bis 2005. In Deutschland war der Zuwachs über den gesamten Zeitraum hinweg am höchsten.
- Aus der Veränderung der nominalen Bruttowertschöpfung und der Preise ergibt sich die Entwicklung der realen Bruttowertschöpfung. Diese wuchs in Deutschland sowohl im ersten als auch im zweiten Teilzeitraum relativ langsam, zudem ergab sich im Saldo ein jahresdurchschnittlicher Rückgang um 0,1 Prozentpunkte. Die meisten anderen Länder wiesen eine wesentlich deutlichere Verminderung der Wachstumsrate der realen Bruttowertschöpfung auf, lediglich in den USA stieg sie – von einem allerdings sehr niedrigen Niveau ausgehend – leicht an.
- Bei der Veränderung der Arbeitsproduktivität ergibt sich daraus das folgende Bild: Obwohl Deutschland als einziges Land von 2005 bis 2015 eine negative Wachstumsrate aufwies, war der Rückgang der Wachstumsrate in anderen Ländern teilweise größer. Immerhin wiesen Frankreich, Großbritannien und Schweden einen höheren Einbruch der Veränderungsrate der Arbeitsproduktivität auf, bezogen aber auf ein hohes Wachstum in 1995 bis 2005.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Insgesamt nahm nur in zwei Ländern (Italien und Spanien) das Wachstum der Arbeitsproduktivität zu, in den anderen Ländern schwächte sich das Wachstum der Arbeitsproduktivität deutlich ab.

Aus den dargestellten Entwicklungen lassen sich einige länderübergreifende Trends, aber auch einige Spezifika für Deutschland ableiten: So hat das Wachstum der Beschäftigung und der realen Bruttowertschöpfung im Maschinenbau in den meisten Ländern abgenommen, wobei sich im Saldo für sechs von acht Ländern eine Verringerung des Produktivitätswachstums ergab. Die ausgewiesenen Preise (berechnet als indirekter Preisindex, der auf der Kombination aus einer doppelten Differenzbildung mit der Preisbereinigung über Kettenindizes beruht) stiegen in den meisten Ländern ab 2005 stärker als in der Dekade davor. Deutschland wies zwar als eines von zwei Ländern ein Wachstum der nominalen Bruttowertschöpfung auf und lag bezogen auf die reale Bruttowertschöpfung mit einem leichten Sinken immer noch im Ländervergleich an zweiter Stelle. Durch das (im Ländervergleich ungewöhnlich) deutliche Beschäftigungswachstum nahm das Wachstum der Arbeitsproduktivität aber deutlich ab und drehte in den negativen Bereich.

Tabelle 3.3.12

Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Maschinenbau im internationalen Vergleich

1995 bis 2005				2005 bis 2015				Differenz			
1995 bis 2005				2005 bis 2015				Differenz			
Nominale Bruttowert- schöpfung				Arbeitseinsatz							
Veränderungsrate in % p.a.				Veränderungsrate in % p.a.							
Deutschland	2,7	3,5	0,8	Deutschland	-1,1	1,3	2,4				
Finnland	4,7	3,2	-1,4	Finnland	1,3	0,1	-1,2				
Frankreich	2,8	0,3	-2,5	Frankreich	-0,9	-2,6	-1,7				
Großbritannien	-0,2	0,9	1,1	Großbritannien	-4,1	-1,2	2,9				
Italien	4,2	2,1	-2,1	Italien	1,1	-0,5	-1,6				
Japan	-1,5			Japan	-0,5						
Schweden	4,4	2,2	-2,2	Schweden	-0,1	-1,8	-1,7				
Spanien	8,1	3,1	-5,0	Spanien	3,6	-1,8	-5,4				
USA	1,6	2,9	1,3	USA	-2,7	-0,3	2,4				
Reale Bruttowertschöpfung				Preise							
Veränderungsrate in % p.a.				Veränderungsrate in % p.a.							
Deutschland	0,7	0,6	-0,1	Deutschland	2,0	2,9	0,9				
Finnland	3,6	0,9	-2,7	Finnland	1,0	2,2	1,2				
Frankreich	4,7	-0,6	-5,3	Frankreich	-1,8	0,9	2,7				
Großbritannien	-0,4	-1,0	-0,6	Großbritannien	0,2	2,0	1,8				
Italien	1,9	0,9	-1,0	Italien	2,2	1,2	-1,0				
Japan	1,6			Japan	-3,0						
Schweden	4,1	-1,1	-5,2	Schweden	0,3	3,3	3,0				
Spanien	5,5	1,1	-4,4	Spanien	2,5	2,0	-0,5				
USA	0,1	0,3	0,2	USA	1,6	2,6	1,0				
Arbeitsproduktivität											
Veränderungsrate in % p.a.											
Deutschland	1,8	-0,7	-2,5								
Finnland	2,3	0,8	-1,5								
Frankreich	5,6	2,0	-3,6								
Großbritannien	3,8	0,1	-3,7								
Italien	0,7	1,4	0,7								
Japan	2,1										
Schweden	4,2	0,8	-3,4								
Spanien	1,8	3,0	1,2								
USA	2,8	0,6	-2,2								

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

3.3.4 Produktivitätsentwicklung auf Unternehmensebene

Die Analyse auf Unternehmensebene für den Maschinenbausektor basiert auf 2.830 Unternehmen mit dem NACE 2-steller Code 28 aus Amadeus, für welche Bilanzkennzahlen vorliegen. Die Tabellen 3.3.13 und 3.3.14 zeigen arithmetische Mittelwerte und Mediane für den Umsatz sowie die Wertschöpfung pro Mitarbeiter im Zeitverlauf. Um Preisentwicklungen herauszurechnen, sind die Zahlen analog zu den anderen Branchen auf Basis von Erzeugerpreisindizes deflationiert und in Preisen des Jahres 2010 dargestellt. Bemerkenswert ist dabei zunächst, dass generell große Unternehmen keinen höheren Umsatz je Mitarbeiter aufweisen (große und kleine Unternehmen werden als Unternehmen mit Beschäftigung ober- und unterhalb des Median definiert, welcher bei 98 Mitarbeitern liegt). So lag im Durchschnitt der Umsatz je Mitarbeiter bei kleinen Unternehmen mit 239 Tsd. € sogar höher als derjenige in großen Unternehmen mit 228 Tsd. €, bei der Wertschöpfung lagen sie mit 76 und 77 Tsd. € in etwa gleich. Dies weist darauf hin, dass die Unternehmen des deutschen Maschinenbaus durch ihrer tendenziellen Spezialisierung auf bestimmte technologieintensive Marktnischen und die tendenziell geringen Produktionsmengen auch nur begrenzt Skaleneffekte realisieren können. Auf patentierende Unternehmen entfiel mit 234 Tsd. € je Mitarbeiter ein in etwa gleich hoher Umsatz wie auf nicht-patentierende Unternehmen (230 Tsd. €), die Wertschöpfung je Mitarbeiter lag mit 78 Tsd. € bei den patentierenden etwas höher als bei den nicht patentierenden Unternehmen (72 Tsd. €). Der Grund für die geringen Unterschiede kann in der großen Bedeutung der Geheimhaltung von Neuerungen im Maschinenbau liegen, die dazu führt, dass die Patentierung nur in bestimmten Fällen eine Rolle spielt. Darüber hinaus kann sich der geringe Unterschied bei der Wertschöpfung je Mitarbeiter auch dadurch erklären, dass die Patente auf bestimmte Produkte und damit Produktinnovationen nicht automatisch mit einer höheren Produktivität einhergehen (s. unten Abschnitt 3.3.5).

Tabelle 3.3.13

Umsatz (operating revenue) pro Mitarbeiter im Maschinenbau

	Alle		Kleine		Große		Mit Patent		Ohne Patent	
	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.
2006	236.1	193.6	241.6	191.1	231.7	195.8	234.9	197.9	239.6	179.6
2007	252.6	203.2	255.3	196.7	250.4	206.1	253.6	209.2	249.5	191.0
2008	252.5	203.2	251.1	198.4	253.6	208.7	256.6	208.4	240.5	190.2
2009	201.8	160.8	207.0	158.6	197.7	163.1	203.2	162.4	197.5	154.0
2010	220.8	178.4	226.0	173.1	216.7	183.7	221.8	183.0	217.7	163.2
2011	240.0	196.0	246.4	190.7	235.0	199.3	241.9	199.9	234.4	180.6
2012	233.1	190.5	239.7	186.0	227.9	194.3	234.5	195.0	228.9	175.1
2013	227.3	185.1	234.1	175.9	221.9	190.7	228.0	190.3	225.1	169.3
2014	228.6	186.3	238.4	179.7	221.0	191.8	228.2	190.6	230.0	174.2
2015	235.7	190.1	249.3	184.0	225.2	196.2	236.0	197.2	235.1	174.0
Mittel	232.8	189.2	238.9	183.2	228.1	193.5	233.9	193.7	229.8	175.5

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt Umsätze pro Mitarbeiter in 1000 Euro im Durchschnitt und für das Medianunternehmen innerhalb der Gruppen kleine Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter ≤ Median), große Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter > Median), Unternehmen mit und ohne Patentanmeldungen bis zum Jahr 2015, sowie alle Unternehmen insgesamt.

Im Durchschnitt stagnieren die Umsatzzahlen je Mitarbeiter (sowohl in Hinblick auf das arithmetische Mittel als auch auf den Median) und die Wertschöpfung je Mitarbeiter sinkt im betrachteten Zeitraum um ca. 10%. Dieser Befund ist konsistent mit den Ergebnissen auf Sektorebene. In einem etwas geringeren Ausmaß zeigt sich diese Entwicklung auch bei der Totalen Faktorproduktivität

(Tabelle 3.3.15), wobei große und patentierende Unternehmen etwas stärkere Einbrüche der Produktivität verzeichneten. So nahm die Totale Faktorproduktivität bei den Großunternehmen um 6,2% ab, während die Abnahme bei den kleineren Unternehmen lediglich 1,2% betrug (im Median bei den Großunternehmen 5,9% und bei den kleineren Unternehmen 2,7%). Auch eine geringere Abnahme der Totalen Faktorproduktivität bei den innovativen bzw. patentierenden Unternehmen war nicht zu beobachten. Bei den patentierenden Unternehmen nahm die Totale Faktorproduktivität um 3,8% ab (Median: 4,8%), bei den nicht patentierenden waren es von einem deutlich höheren Niveau aus 1,6% (Median: 3,2%). Hier zeigt sich wiederum, dass die Innovationen im Maschinenbau nicht automatisch zu höheren Produktivitäts-Steigerungsraten geführt haben.

Tabelle 3.3.14

Wertschöpfung (added value) pro Mitarbeiter im Maschinenbau
in Tsd. €

	Alle		Kleine		Große		Mit Patent		Ohne Patent	
	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.
2006	84.1	77.3	83.5	75.4	84.5	78.6	85.8	78.8	78.8	70.2
2007	85.5	77.7	84.0	75.7	86.6	80.0	87.2	79.9	80.3	72.1
2008	84.1	76.5	82.3	75.3	85.5	78.2	86.0	78.1	78.4	70.1
2009	66.8	59.6	66.7	59.3	66.9	59.9	68.2	60.6	62.6	57.1
2010	73.0	65.9	72.7	64.7	73.2	66.7	74.1	67.2	69.8	61.5
2011	77.9	70.9	77.4	69.5	78.3	72.4	79.5	72.8	73.3	65.7
2012	74.0	68.0	73.7	66.0	74.2	69.3	75.4	69.5	69.8	62.6
2013	71.5	65.7	70.7	63.2	72.1	67.6	72.5	67.5	68.6	60.5
2014	72.2	67.0	72.2	66.1	72.2	67.8	72.6	67.9	71.2	64.2
2015	73.0	67.5	73.6	66.4	72.5	68.2	73.8	68.8	70.5	64.4
Mittel	76.2	69.6	75.7	68.0	76.6	70.7	77.5	71.2	72.3	64.7

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt Wertschöpfung pro Mitarbeiter in 1000 Euro im Durchschnitt und für das Medianunternehmen innerhalb der Gruppen kleine Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter ≤ Median), große Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter > Median), Unternehmen mit und ohne Patentanmeldungen bis zum Jahr 2015, sowie alle Unternehmen insgesamt.

Tabelle 3.3.15

Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität im Maschinenbau

	Alle		Kleine		Große		Mit Patent		Ohne Patent	
	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.	Mittel	Med.
2006	0.000	-0.043	0.056	-0.004	-0.035	-0.064	-0.015	-0.048	0.047	-0.008
2007	0.008	-0.042	0.057	-0.005	-0.023	-0.058	-0.008	-0.048	0.055	-0.000
2008	-0.002	-0.049	0.043	-0.016	-0.029	-0.070	-0.016	-0.052	0.043	-0.013
2009	-0.084	-0.137	-0.021	-0.089	-0.123	-0.159	-0.106	-0.146	-0.017	-0.080
2010	-0.041	-0.089	0.026	-0.030	-0.083	-0.115	-0.064	-0.098	0.030	-0.034
2011	-0.033	-0.078	0.033	-0.020	-0.073	-0.103	-0.052	-0.088	0.027	-0.048
2012	-0.044	-0.093	0.028	-0.042	-0.088	-0.117	-0.068	-0.103	0.032	-0.042
2013	-0.047	-0.103	0.034	-0.060	-0.097	-0.132	-0.074	-0.113	0.035	-0.074
2014	-0.045	-0.099	0.046	-0.050	-0.100	-0.130	-0.070	-0.109	0.036	-0.044
2015	-0.034	-0.089	0.068	-0.025	-0.097	-0.123	-0.053	-0.096	0.024	-0.062
Mittel	-0.032	-0.080	0.037	-0.031	-0.075	-0.103	-0.053	-0.087	0.031	-0.040

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt die (logarithmische) totale Faktorproduktivität, gemessen als Differenz zum Durchschnittswert im Jahr 2006 im Durchschnitt und für das Medianunternehmen innerhalb der Gruppen kleiner Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter \leq Median), große Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter $>$ Median), Unternehmen mit und ohne Patentanmeldungen bis zum Jahr 2015, sowie alle Unternehmen insgesamt.

Interessanterweise lässt sich der Produktivitätsrückgang im Maschinenbau nicht durch eine geringere Innovatorenquote erklären. Tabelle 3.3.16 weist aus, dass sowohl der Anteil der patentierenden Unternehmen als auch die Zahl der Patentanmeldungen im Zeitablauf gestiegen ist. Dieser Befund ist jedoch konsistent zu der Beobachtung, dass der Zusammenhang zwischen Innovationen und Produktivitätsentwicklung komplex ist und nicht automatisch ein direkter Zusammenhang zwischen Produktinnovationen und Produktivitätssteigerungen existiert. Hier muss darüber hinaus aber darauf hingewiesen werden, dass Unternehmen auch im Maschinenbau aus unterschiedlichen Gründen patentieren, sodass die Patentaktivität nicht automatisch mit Innovationen gleichgesetzt werden kann.

Tabelle 3.3.16

Entwicklung der Patentanmeldungen im Maschinenbau

Zahl der angemeldeten Patente an Unternehmen mit Primär-NACE Code Maschinenbau in Amadeus (kann Patente enthalten die nicht im Maschinenbau verwendet werden)	
Patente insgesamt:	83.944
bis zum Jahr 2000:	21.748
2001-2005:	15.484
2006-2010:	19.827
2011-2015:	21.783
ab 2016	5.152

Anteil der Unternehmen mit Patentanmeldungen nach Zeitraum (basierend auf allen Unternehmen im Maschinenbausektor die aktuell in Amadeus verfügbar sind)	
gesamter Zeitraum:	26,0%
bis zum Jahr 2000:	13,5%
2001-2005:	11,3%
2006-2010:	12,6%
2011-2015:	13,9%
ab 2016	5,0%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Zahlen basieren auf den Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt von allen Unternehmen im Maschinenbausektor, die aktuell in Amadeus verfügbar sind. Die Zahlen können teilweise Patente beinhalten, die nicht im Maschinenbau verwendet werden, z.B. wenn ein Unternehmen in mehreren Branchen aktiv ist. Ebenso sind einige Patente, welche möglicherweise im Maschinenbau angewendet werden, aber von Unternehmen aus anderen Branchen angemeldet wurden, nicht erfasst.

Tabelle 3.3.17 zeigt die Dekomposition des gesamten Produktivitätswachstums der Industrie. Die sinkende Produktivität ist, wie sich zeigt, auf eine geringere Produktivität pro Unternehmen zurückzuführen, wobei die Reallokation durch veränderte Marktanteile dem Absinken der Produktivität sogar etwas entgegengewirkt hat. Dies deutet darauf hin, dass ein größeres Gewicht und Wachstum von produktiveren Unternehmen tendenziell in Richtung auf ein Produktivitätswachstum gewirkt hat.

Tabelle 3.3.17

Dekomposition des TFP im Maschinenbau

	Aggregierte TFP	Ungewichtete TFP	Reallokation
2006	0.000	0.000	0.000
2007	0.008	0.008	0.000
2008	0.013	-0.002	0.015
2009	-0.073	-0.084	0.011
2010	-0.029	-0.041	0.012
2011	-0.029	-0.033	0.004
2012	-0.034	-0.044	0.009
2013	-0.038	-0.047	0.010
2014	-0.036	-0.045	0.009
2015	-0.027	-0.034	0.007
Mittel	-0.024	-0.032	0.008

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt, dass auch im Maschinenbau erhebliche Produktivitätsunterschiede zwischen den Unternehmen bestehen, die allerdings nicht ganz so stark ausgeprägt sind wie in den anderen beiden Sektoren. Dennoch erzielt ein Unternehmen am 90%-Quantil der Produktivitätsverteilung mehr als doppelt so viel Wertschöpfung pro Mitarbeiter wie ein Unternehmen am 10%-Quantil und hat eine um etwa 80% ($\exp(0.279+0.322)-1$) höhere totale Faktorproduktivität.

Auch die Entwicklung der Produktivität ist innerhalb des Maschinenbausektors sehr heterogen (Tabelle 3.3.18). Einige Unternehmen konnten ihre Produktivität steigern, einige mussten starke Verluste hinnehmen. Zu den Unternehmen mit besonders starkem Wachstum zählen u.a. die „KWD Kupplungswerk Dresden GmbH“ (Kupplungen/Antriebstechnik), die „WKS Technik GmbH“ (Anlagenbau) und die „Gardner Denver Thomas GmbH“ (u.a. Kompressoren, Pumpen). Diese Unternehmen konnten zwischen 2006 und 2010 ihre Umsätze pro Mitarbeiter um mehr als 50% und ihre Wertschöpfung pro Mitarbeiter um mehr als 40% steigern. Bei letzterem handelt es sich um einen Hersteller aus den USA, der u.a. auch ein deutsches Unternehmen aufgekauft hat und Kompressoren und Pumpen für vielfältige Anwendungen auf dem Weltmarkt herstellt. Zu den Unternehmen mit einem starken Produktivitätsrückgang zählen unter anderem die „Dresdner Kühlanlagenbau GmbH“ und die „Steinmüller Babcock Environment GmbH“ (Anlagenbau). Die Deutsche Kühlanlagenbau GmbH, die aus einem VEB der DDR hervorgegangen ist, bietet auch ein Beispiel für ein Unternehmen, das neben dem Anlagenbau eine Servicesparte aufgebaut hat, in der Dienstleistungen im Bereich der Kälte- und Klimatechnik angeboten werden und die vermutlich anderen Mustern der Produktivitätsentwicklung folgt als der Anlagenbau.¹⁰

Ein Blick auf die Spezialisierung der einzelnen Unternehmen mit einem deutlichen Produktivitätsrückgang zeigt ein sehr gemischtes Bild: die verschiedenen Unternehmen kommen mit den Bedingungen des raschen Wandels in Hinblick auf die Technologie und Marktentwicklung sehr unterschiedlich zurecht. Natürlich sind im Anlagenbau in geringerem Ausmaß economies of scale zu realisieren, aber Unternehmen wie WKS zeigen, dass dort auch Unternehmen mit starkem Produktivitätswachstum zu verorten sind.

Tabelle 3.3.18

Verteilung der Produktivität im Jahr 2015 im Maschinenbau

Quantil	10%	25%	50%	75%	90%
Umsatz/Mitarbeiter	117,1	146,8	190,1	262,9	379,0
Wertschöpfung/MA	43,8	55,0	67,5	84,0	107,8
TFP	-0,322	-0,214	-0,089	0,059	0,279

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. Die Tabelle zeigt Umsätze und Wertschöpfung pro Mitarbeiter in 1000 Euro und die (logarithmische) totale Faktorproduktivität für verschiedene Quantile der Produktivitätsverteilung im Jahr 2015.

3.3.5 Determinanten der Produktivitätsentwicklung

Überblick: Entwicklungstrends im Maschinenbau

Im Folgenden werden Determinanten der Produktivitätsentwicklung in Hinblick darauf geprüft, in welcher Form und inwieweit sie einen Einfluss auf die Produktivitätsentwicklung im Maschinenbau in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten hatten. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung nach 2005, als es zu einem offensichtlichen Absinken des Produktivitätswachstums kam. Basis sind (1) Daten aus der offiziellen Statistik des Statistischen Bundesamts, (2) die Ergebnisse der im Rahmen dieser Studien durchgeführten mikroökonomischen Untersuchung, (3) die Gespräche mit drei Unternehmensvertretern aus dem Landmaschinenbau, der Produktion von Industriearmaturen und der Herstellung von Werkzeugen für industrielle Anwendungen, sowie (4) Studien zum Maschinenbau und zum Innovationsgeschehen im Maschinenbau.

¹⁰ Vgl. die Darstellung des Unternehmens in Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Dresdner_K%C3%BChlanlagenbau, Abruf vom 11.10.2017.

Zuerst wird ein Überblick über die aktuellen Entwicklungslinien im Maschinenbau gegeben. Diese Entwicklungstrends werden dann verschiedenen Kategorien von Einflussgrößen zugeordnet und deren Einfluss auf die Produktivitätsentwicklung untersucht. Übersicht 3.3.2 weist die Ergebnisse einer Studie von McKinsey und VDMA (2014) zu den wichtigsten Industrietrends im Maschinenbau aus. In der Tabelle werden die Trends und der Anteil der Unternehmen aufgeführt, die den jeweiligen Trend für sich für relevant halten. Darüber hinaus wird eine generelle Einschätzung darüber getroffen, ob der jeweilige Trend für die Produktivitätsentwicklung relevant ist und welche der im Folgenden zu diskutierenden Ursachengruppen er (potenziell) betrifft. Generell ist zu beachten, dass durch die Heterogenität der Teilmärkte des Maschinenbaus ein bestimmter Trend (etwa handelspolitische Regulierungen) für einige Unternehmen aufgrund ihrer Marktzugehörigkeit irrelevant sein kann, während er für andere eine sehr große Relevanz besitzt.

Übersicht 3.3.2

Industrietrends im Maschinenbau

Trend	Relevanter Trend (Anteil in %)	Auswirkung Produktivität	Ursachen-Gruppe
Nachfrage nach kundenspezifischen System-/ Integrationslösungen	74	direkt	Innovation; Wettbewerb; Preismessung
Verlagerung Nachfrage außerhalb von Europa	70	direkt	Wettbewerb; Verschiebung der Wertschöpfung
Steigende Bedeutung von Aftersales/ Service	60	direkt	Wettbewerb
Wettbewerb durch neue Marktteilnehmer	47	indirekt	Wettbewerb
Wettbewerbsfaktor Standort Deutschland	45	indirekt	Wettbewerb; Verschiebung der Wertschöpfung
Revolutionierung Produkte/Produktionsprozesse durch technologische Innovation	41	direkt	Innovation, IKT
Modulare Produktentwicklung	37	direkt	Innovation
Umweltansprüche/ Anforderungen	31	indirekt	Innovation; Regulierung
Ingenieur-/ Fachkräftemangel	29	indirekt	Andere
Verstärkte/weltweit synchronisierte Konjunkturzyklen	22	?	Wettbewerb
Im internationalen Vergleich steigende Energiekosten in Deutschland	17	indirekt	Regulierungen Verschiebung der Wertschöpfung
Steigende/ Schwankende Rohstoff- und Materialkosten	14	indirekt	Andere
Bedeutung handelspolitischer und gesetzlicher Regelungen	13	indirekt	Regulierungen; Verschiebung der Wertschöpfung

Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Daten aus: VDMA-McKinsey (2014), Befragung zu Zukunftsperspektiven des deutschen Maschinenbaus.

Es existiert, wie Übersicht 3.3.2 zeigt, eine Vielzahl von Trends, die die Produktivität beeinflussen können. Von hoher Relevanz sind aus Sicht der Unternehmen insbesondere Faktoren, die mit der Wettbewerbskonstellation zu tun haben (etwa nachfrageseitige Faktoren, aber auch zusätzliche Wettbewerber) und an zweiter Stelle der technische Fortschritt als Treiber von Innovationen. Natürlich hängen beide Kategorien von Faktoren eng zusammen, da die Nachfrage nach bestimmten Produkten wiederum auch die Richtung des technischen Fortschritts bestimmt. Der Zusammenhang der einzelnen Trends mit der Produktivitätsentwicklung wird unten diskutiert.

Technischer Fortschritt, wirtschaftszweiginterne Produktivitätssteigerung

Der technische Fortschritt und Innovationen wurden in der Befragung von Maschinenbauunternehmen durch VDMA und McKinsey nicht als wichtigste Industrietrends genannt. Immerhin 41% der Unternehmen nennen die Revolutionierung der Produkte und Produktionsprozesse durch technische Innovationen als wichtigen Trend und 37% sehen einen wichtigen Trend in der modularen Produktentwicklung.

Wie die geführten Gespräche zeigen, spielt dabei der technische Fortschritt in unterschiedlicher und jeweils sektorspezifischer Form eine wichtige Rolle für die Unternehmen. Forschung und Entwicklung konzentriert sich dabei in den näher untersuchten Unternehmen zu einem Großteil auf die Entwicklung neuer Produkte.

Im *Landmaschinenbau* spielt beispielsweise die Nutzung der Möglichkeiten der IK-Technologien eine wichtige Rolle. Auch die technologische Abgasreinigung (bedingt durch staatliche Regulierungen) ist wichtig für die Kunden. Insgesamt zielt die Forschung hauptsächlich auf die Produktivitätssteigerung beim Kunden ab. Die Produkte selbst werden dadurch komplexer, was die Realisierung von Produktivitätssteigerungen in der Produktion eher behindert bzw. verlangsamt. Dennoch ergeben sich immer weitere Potenziale zur Produktivitätssteigerung durch die Optimierung und Verbindung von Prozessen (Zeitmanagement, gegenseitige Abstimmung und Analyse von Prozessen) sowie die Nutzung von Möglichkeiten der IKT zur Datenerhebung.

In den Unternehmen aus dem Bereich der *Industriearmaturen* wird der Gegenstand der Forschung durch die generellen Industrietrends bestimmt. Es gibt eine Entwicklung hin zu Systemangeboten für die Industriekunden. Bei diesen werden einzelne Teile auch zugekauft und die FuE konzentriert sich auf die Optimierung des Gesamtsystems für den Kunden (Analyse der Prozesskosten, Schwachstellen und Ineffizienzen). Die Optimierung einzelner Teile verliert demgegenüber an Bedeutung. Es wird also ein sehr komplexes, auf den Kunden individuell zugeschnittenes Produkt entwickelt.

Produktivitätssteigerungen bei den unternehmensinternen Prozessen stehen im Maschinenbau im Mittelpunkt der Unternehmensaktivitäten. In dieser Hinsicht unterscheidet sich der Maschinenbau nicht vom Fahrzeugbau. Die Potenziale sind teilweise jedoch geringer als im Fahrzeugbau, wo es in erheblich höherem Ausmaß möglich ist, Lerneffekte durch *economies of scale* zu heben. Dies wird dadurch verstärkt, dass gerade deutsche Unternehmen ihre Produkte häufig sehr kundenspezifisch auslegen.

Wie unsere Gespräche zeigen, zielen die Unternehmen nicht nur in der Produktion auf Produktivitätssteigerungen ab, sondern auch im immer wichtiger werdenden administrativen Bereich. Im Mittelpunkt steht dabei die Identifizierung und Beseitigung von Ineffizienzen in den Arbeitsprozessen (etwa auch in der Kommunikation zwischen den Mitarbeitern oder der Vernetzung zwischen Maschinen). Bei den zugrunde liegenden technischen Lösungen erfolgt teilweise eine enge Kooperation mit Hochschulen. Die Möglichkeiten der IKT werden, so wurde bei zwei der drei Gespräche sehr deutlich, intensiv zur Realisierung von Produktivitätssteigerungen eingesetzt. Eine individuelle Ausrichtung der Produkte begrenzt in allen drei befragten Unternehmen die Realisierung von *economies of scale*.

Während die Orientierung an den Kundenerfordernissen eher zu einer Verminderung des Produktivitätswachstums führt, besteht teilweise auch die Möglichkeit, über die modulare Produktentwicklung die Produktivität zu erhöhen.

Insgesamt zeigt sich, dass (i) die Unternehmen gezielt durch die Verbesserung interner Prozesse (nicht nur im Bereich der Produktion, sondern auch der Verwaltung) Produktivitätssteigerungen anstreben, und (ii) Forschung eher auf die Verbesserung der Produkte ausgerichtet ist, die durch eine Zunahme der Komplexität der Angebote den Produktivitätssteigerungen entgegenwirkt.

Markttrends, Angebot und Nachfrage

Faktoren, die mit der Marktentwicklung zusammenhängen, wurden im Rahmen der Befragung von McKinsey und VDMA von den Maschinenbauunternehmen als wichtigste Trends angesehen. Dazu gehören die Nachfrage nach kundenspezifischen Systemlösungen (74% der Befragten), die Verlagerung der Nachfrage nach Regionen außerhalb Europas (70%), die steigende Bedeutung von Aftersales/Services (60%) und der Wettbewerb durch neue Marktteilnehmer (47%).

Generell zeigen Untersuchungen im Maschinenbau eine Segmentierung des Marktes in einen Hightech-Markt, in dem deutsche Unternehmen sehr stark vertreten sind, in einen Medium-Technology-Markt (der insbesondere bedient werden muss, wenn die Maschinenbau-Unternehmen in ausländischen Märkten wie in Asien aktiv sind) und Low-Technology-Marktsegmenten, in denen hauptsächlich Hersteller aus anderen Nationen zu finden sind.

Die Gespräche zeigen, dass die Bedeutung der Markttrends in den einzelnen Märkten sehr unterschiedlich ist. Bei den Industriearmaturen wird die individuelle Ausrichtung der Produkte an den Kundenwünschen sehr stark durch die Kunden bestimmt (wie dies auch bei den Werkzeugen der Fall ist). Man versucht in beiden genannten Bereichen langfristige Verträge abzuschließen, die auch die Aftersales-Betreuung mit umfassen. Diese Faktoren und Trends begrenzen insgesamt die Möglichkeiten, Produktivitätssteigerungen durch höhere Stückzahlen zu realisieren. Vielmehr müssen Produktivitätssteigerungen durch Prozessanalyse und zusätzlich auch die Durchleuchtung von Verwaltungs- und Vertriebsprozessen erfolgen. Auch im Bereich der Landmaschinen erfordern individuelle Bedingungen in den verschiedenen Märkten eine Spezifizierung der Produkte (etwa auch in Hinblick auf spezifische Umweltregulierungen). Dies führt dazu, dass die Möglichkeiten, Skaleneffekte zu realisieren, begrenzt bleiben.

Insgesamt zeigt sich, dass die Marktentwicklung tendenziell eine Verringerung des Produktivitätswachstums begünstigt. Neue Wettbewerber üben zwar einen Preis- und Produktivitätsdruck aus. Jedoch besteht die meist erfolgreiche Anpassungsstrategie der deutschen Maschinenbauhersteller bislang darin, in Übereinstimmung mit ihren Kundenwünschen individuelle Lösungen anzubieten und das Angebot über das Produkt hinaus in den Aftersales-Bereich hinein auszudehnen.

Marktregulierungen

Marktregulierungen werden nur von einem kleineren Anteil der Unternehmen direkt oder indirekt als wichtige Entwicklungstrends des Maschinenbaus genannt. Immerhin sehen 31% der Unternehmen Umweltansprüche und Umwelanforderungen als wichtigen Markttrend an, bei handelspolitischen und gesetzlichen Regelungen erachten dies 13% für relevant.

Von den drei interviewten Unternehmen ist insbesondere der Bereich der landwirtschaftlichen Maschinen von Umweltregulierungen und handelspezifischen Regelungen betroffen. Handelspolitische Regelungen betreffen insbesondere Regionen (wie derzeit Russland), die von einem politisch motivierten Handelsboykott betroffen sind. Diese Regelung hat keine direkten Auswirkungen auf die Produktivität, indirekt jedoch darüber, dass sie Einfluss auf die Stückzahlen und damit die Realisierung von Kostendegressionen haben. Darüber hinaus existieren umweltpolitische Regulierungen, die z.B. Grenzwerte für Stickoxide vorschreiben und damit die Reinigung von Ab-

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

gasen erforderlich machen. Die entsprechenden Maßnahmen führen zu einer erhöhten Komplexität des Produktionsprozesses und gehen daher tendenziell mit einem sinkenden Produktivitätswachstum einher.

Messung der Produktqualität und Preiseffekte

Der Maschinenbau stellt eine besondere Herausforderung für die Preismessung und damit auch die Messung des Produktionsvolumens im Zeitablauf dar. Die Gründe dafür sind, dass

- Produkte des Maschinenbaus häufig in sehr geringer Stückzahl oder sogar in Einzelfertigung erstellt werden,
- der technische Fortschritt und die Marktentwicklung (beispielsweise die zunehmende Elektronisierung der Produktion und die teilweise veränderten Anforderungen der Kunden) dazu führen, dass es zu einer kontinuierlichen Weiterentwicklung vieler Produkte kommt, sodass neuere Produktversionen nicht direkt vergleichbar mit älteren Produktversionen sind.

Diese Herausforderung stellt sich im deutschen Maschinenbau in besonderem Maße, da dieser sich einerseits durch einen hohen Anteil von Spezialmaschinen auszeichnet und andererseits seine Wettbewerbsvorteile durch die kontinuierliche Weiterentwicklung seiner Produkte sichert, die die Vergleichbarkeit der Produkte und damit auch des Warenkorbs im Zeitablauf erschweren. Wie stellt sich also die Problematik vor dem Hintergrund der Situation im Maschinenbau dar? Bei den drei Unternehmen aus unterschiedlichen Sparten des Maschinenbaus, die in die Untersuchung einbezogen wurden, fanden sich folgende Muster der Weiterentwicklung der Produkte und der Produktivitätssteigerungen:

- Ein Unternehmen des Landmaschinenbaus hat seine Produktion sehr auf die Realisierung von Produktivitätssteigerungen ausgelegt. Gleichzeitig werden die verschiedenen Produkte kontinuierlich weiterentwickelt. Die Produktion findet in Kleinserien statt, sodass hier in gewissem Maße Lerneffekte in der Produktion realisiert werden können.
- Ein Unternehmen aus dem Bereich der Industriearmaturen hat sich auf das Angebot an Systemlösungen für individuelle Industrieanwendungen spezialisiert. Produktivitätssteigerungen werden systematisch in allen Bereichen angestrebt, wobei diese sich nicht in einer höheren Produktivität für ein einzelnes Produkt äußern, sondern darin, dass die Produktivitätssteigerungen jeweils beim Angebot der nächsten Produktgeneration einfließen.
- Ein befragtes Unternehmen stellt Umformwerkzeuge für den Automobilbau her. In diesem Bereich werden teilweise Werkzeuge in einer größeren Stückzahl, meist aber in einer sehr kleinen Auflage für den einzelnen Kunden produziert. Die Produktivitätssteigerungen betreffen jeweils die allgemein durchgeführten Prozesse und werden dann bei dem nächsten Auftrag realisiert, d.h. in der Regel auch bei der Fertigung eines anderen Produkts.

Dies zeigt, dass im Maschinenbau eine Heterogenität der Produktionsbedingungen vorherrscht, wobei Produkt- und Verfahrensinnovationen schwer voneinander zu trennen sind. Insbesondere bei der Einzel- bzw. Kleinserienproduktion erfolgen die Produktivitätssteigerungen über die Analyse von Zuständen und Aktivitäten und deren Optimierung, die bei den nächsten Produkten bzw. Produktgenerationen realisiert werden. Neue Produkte und Verfahren sind daher für die Bereiche, in denen sehr kleine Mengen produziert werden, nicht voneinander zu trennen. Anders ist das in denjenigen Bereichen, in denen größere Stückzahlen produziert werden.

Vertieft untersucht wurde die deutliche Verringerung des Produktivitätswachstums ab dem Jahr 2000. Dabei zeigte sich, dass im Maschinenbau unterschiedliche Faktoren zu berücksichtigen sind.

So kann zunächst festgestellt werden, dass es deutliche Unterschiede bei der berechneten Entwicklung der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau gibt, je nachdem, ob diese über den Erzeugerpreisindex für Maschinenbauprodukte oder über die Kettenindizes und die doppelte Deflationierung berechnet wird, wie sie im Einklang mit den Vorgaben von Eurostat im Rahmen der VGR vorgenommen wird (Tabelle 3.3.19).

Tabelle 3.3.19

Arbeitsproduktivität, berechnet über Kettenindizes und den Erzeugerpreisindex

	2000	2014	2000-2005	2005-2010	2010-2014	2000-2014
1 Bruttowertschöpfung (nominal)	61,4	93,8	2,3	2,3	5,0	3,1
2 Arbeitseinsatz (in Stunden)	1.586,0	1.672,0	-1,4	0,2	2,9	0,4
<i>Basierend auf Kettenindizes</i>						
3 Indirekter Preisindex Wertschöpfung	91,0	130,7	1,9	3,3	2,7	2,6
4 Bruttowertschöpfung real (2005=100)	67,5	71,8	0,4	-1,0	2,3	0,4
5 Arbeitsproduktivität	42,6	42,9	1,8	-1,2	-0,5	0,1
<i>Basierend auf Erzeugerpreisindizes</i>						
6 Erzeugerpreisindex	93,6	116,6	1,3	1,8	1,6	1,6
7 Wertschöpfung real (Basis: Erzeugerpreisindex)	65,56	80,44	1,0	0,4	3,4	1,5
8 Arbeitsproduktivität	41,34	48,11	2,4	0,2	0,5	1,1

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts.

So war die über Kettenindizes berechnete Arbeitsproduktivität von 2000 bis 2014 weitgehend konstant. Einer jahresdurchschnittlichen Zunahme von 0,1% folgte ab 2005 eine Abnahme von 1,2% und ab 2010 von 0,5%, während die Arbeitsproduktivität bei einer Berechnung auf Basis des Erzeugerpreisindex um 1,1% von 2000 bis 2014 leicht zunimmt, um 0,2% von 2005 bis 2010 und um 0,5% von 2010 bis 2014). Ein genauerer Blick auf die verwendeten Verfahren zeigt, dass insgesamt die Berechnung über den Erzeugerpreisindex ein plausibles Ergebnis liefert, auch wenn das einfache Verfahren nicht berücksichtigt, dass in den Leistungen des Maschinenbaus etwa auch ein gewisser Anteil an Dienstleistungen für die Kunden enthalten ist, für den sich die Preisentwicklung von derjenigen von Maschinen unterscheidet. Außerdem wird bei dem Verfahren kein Versuch unternommen, zwischen den Preisen für Vor- und Endprodukte zu unterscheiden. Die Berechnung der Produktivität über Kettenindizes und die doppelte Deflationierung scheint demnach mit methodischen Herausforderungen verbunden zu sein, die gerade im Maschinenbau auftreten, der sich dadurch auszeichnet, dass sich die verkauften Produkte zwischen den Jahren in Hinblick auf ihre Eigenschaften sehr stark ändern.

Die unterschiedliche Berechnung führt offensichtlich dazu, dass sich ein Teil der Produktivitätssteigerung bei der Berechnung mit dem Kettenindex in der Entwicklung der Preise niederschlägt, die nach dieser Methode von 2000 bis 2014 um 2,6% gewachsen sind, im Vergleich zu 1,5% bei der Berechnung nach dem Erzeugerpreisindex. Die Berechnung nach dem Kettenindex kommt nach unserer Einschätzung zu einer um ca. einen Prozentpunkt zu niedrigen Schätzung der Arbeitsproduktivität, während die Entwicklung der Preise wohl zu hoch geschätzt wird.

Vorleistungsverflechtung

Veränderungen in der Vorleistungsverflechtung werden bei der Darstellung der Industrietrends nicht direkt angesprochen, sie sind für die Trends jedoch indirekt relevant. So erfordert die Nachfrage nach kundenspezifischen Systemlösungen und die Verlagerung von Nachfrage außerhalb Europas eine immer stärkere Präsenz des Vertriebs, aber auch teilweise von FuE und Produktion an internationalen Standorten. Dies gilt insbesondere, wenn nationale Regulierungen die Produktion vor Ort erfordern und/oder Produkte an lokale Bedürfnisse angepasst werden. Traditionell sind Maschinenbauunternehmen durch eine hohe Wertschöpfungstiefe gekennzeichnet und in Hinblick auf die Produktion (und noch mehr die Forschung) sehr konzentriert. Jedoch haben sich in vielen Bereichen des Maschinenbaus nationale und internationale Wertschöpfungsketten etabliert, wie ein Blick auf die Entwicklung der Vorleistungsverflechtung anhand der Input-Output-Tabellen deutlich macht (Tabellen 3.3.20 und 3.3.21).

Dabei zeigt sich, dass bereits im Jahr 1995 eine intensive Vorleistungsverflechtung vorherrschte. Schon 1995 bezogen die Unternehmen des Maschinenbaus 61% ihrer Produktion in Form von Vorleistungen (knapp 36% aus inländischer Produktion, 14% der Produktion in Form von Vorleistungen aus dem Maschinenbau). Der Anteil der Vorleistungen aus inländischer Produktion ist nach 2008 eher leicht zurückgegangen. Demgegenüber ist der Anteil der Vorleistungen aus Importen seit 1995 deutlich gestiegen, von 11,3% im Jahr 1995 auf 14,9% in 2003 und noch einmal jeweils um einen Prozentpunkt von 2004 bis 2007 und 2008 bis 2010. Dies weist darauf hin, dass insgesamt zwar keine höhere Vorleistungstiefe zu beobachten war, wohl aber eine sukzessive Entwicklung internationaler Wertschöpfungsketten.

Nach 2010 lassen sich zumindest in der Vorleistungsstatistik keine Hinweise auf eine erhöhte Vorleistungsverflechtung ausfindig machen. Allerdings wurde vielfach Produktion auch aus Marktgründen im Ausland aufgebaut, ohne dass gleichzeitig automatisch Produktionsaktivitäten im Inland abgebaut wurden. Wie aus den Gesprächen hervorgeht, findet jedoch in einzelnen Segmenten (wie bei den Armaturen) zunehmend die Ausbildung einer Wertschöpfungskette statt. Es kann allerdings sein, dass dieser Trend sich nicht auf eine größere Zahl der Bereiche erstreckt oder sehr neu und damit in den aktuellen Statistiken noch nicht zu identifizieren ist.

Vertieft untersucht wurden die Ursachen für die Produktivitätsabnahme seit 2005 bzw. 2007. Hier konnten einige mögliche Ursachen ausgeschlossen werden:

- Für nennenswerte Veränderungen in der Vorleistungsstruktur gibt es keine Hinweise. Dies betrifft insbesondere die bilanztechnische Verschiebung von Gewinnen, die an bestimmten Stellen der Importstatistik zu einer Erhöhung der verbuchten Importe hätte führen müssen.
- Auch für eine Produktivitätsveränderung durch die Zunahme von Leiharbeitsverhältnissen im Maschinenbau ergeben sich keine Hinweise, da insgesamt das Volumen dieser Vertragsverhältnisse unverändert gering ist.

Tabelle 3.3.20

Produktionsstrukturen des Maschinenbaus basierend auf Input-Output-Tabellen, 1995 bis 2007

CPA		1995 (rev 2005)	2003 (rev 2005)	2004 (rev 2005)	2007 (rev 2005)
<i>Vorleistungen aus inländischer Produktion</i>					
27,28	Roheisen, NE-Metalle, Halbzeuge, Gießerei- und Metallerzeugnisse	9,73	9,33	9,51	10,51
29	Maschinen	13,73	11,11	10,87	13,45
15-26, 30-37	Sonstige Vorleistungen aus dem Verarbeitenden Gewerbe	7,89	6,90	6,70	6,88
51	Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen	5,36	3,76	3,92	3,53
73	Forschungs- und Entwicklungsleistungen.	0,01	0,04	0,03	0,02
74	Unternehmensbezogene DL	5,38	7,16	6,89	6,67
45-72, 75-95	Andere Dienstleistungsbereiche	6,07	6,97	6,75	5,92
1-14, 40,41	Andere Bereiche	1,25	0,67	0,76	0,65
1-95	Vorleistungen der Produktionsbereiche	49,43	45,94	45,44	47,63
1-95	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus Importen	11,26	14,91	15,42	16,61
	Gütersteuern abzüg. Gütersubventionen	0,37	0,40	0,41	0,39
1-95	Vorleistungen zu Anschaffungspreisen	61,07	61,25	61,27	64,63
	Bruttowertschöpfung	38,93	38,75	38,73	35,37
	Produktionswert	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Vorleistungen aus Importen: Aufteilung (100%: alle Importe)</i>					
27,28	Roheisen, NE-Metalle, Halbzeuge, Gießerei- und Metallerzeugnisse	26,91	18,55	19,22	24,14
29	Maschinen	40,11	46,19	46,04	45,95
31	Geräte der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.Ä.	7,90	7,63	6,75	5,43
32	Nachrtechn., Rundf.- und Fernsehgeräte, elektron. Bauelemente	6,70	9,80	10,99	8,76
15-26, 30, 33--37	Sonstige Vorleistungen aus dem Verarbeitenden Gewerbe	11,79	11,96	11,37	10,00
73	Forschungs- und Entwicklungsleistungen.	0,20	0,17	0,16	0,14
74	Unternehmensbezogene DL	0,76	0,60	0,54	0,64
45-72,75-95	Andere Dienstleistungsbereiche	5,10	4,53	4,54	4,39
1-14,41,42	Andere Bereiche	0,52	0,56	0,38	0,54
1-95	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus Importen	100,00	100,00	100,00	100,00

Quelle: Statistisches Bundesamt. Nach WZ 2003. Abweichungen zwischen Produktionswert - Die Jahreswerte basieren auf dem selben Revisionsstand und sind somit direkt vergleichbar. CPA: Statistical Classification of Products by Activity.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.3.21

Produktionsstrukturen des Maschinenbaus basierend auf Input-Output-Tabellen 2008 bis 2014

CPA		2008 (rev 2011)	2010 (rev 2011)	2010 (rev2014)	2013 (rev 2014)
<i>Vorleistungen aus inländischer Produktion</i>					
24,25	Roheisen, Stahl, NE-Metalle, Gießerei- und Metallerzeugnisse	10,36	9,72	9,54	9,22
28	Maschinen	14,28	12,27	12,24	14,48
10-23,26-27, 29-33	Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe	7,69	7,16	7,38	6,43
46,47	Groß- oder Einzelhandelsleistungen	4,19	4,94	3,89	3,27
69-70	Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung	3,11	1,84	2,38	2,23
72	Forschungs- und Entwicklungsleistun- gen	0,04	0,04	-	-
78	Dienstleistungen der Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	0,25	0,85	0,93	1,25
37-45. 48-68, 71, 73-77,79- 98	Sonstige Dienstleistungen	8,08	7,70	8,79	9,09
1-9,35, 36	Andere Bereiche	0,78	0,77	0,75	0,67
1-98	Vorleistungen der Produktionsberei- che aus inländischer Produktion	48,79	45,28	45,90	46,64
1-98	Vorleistungen der Produktionsberei- che aus Importen	15,73	16,96	16,94	16,60
	Gütersteuern abzüglich Gütersubven- tionen	0,43	0,37	0,39	0,35
	Vorleistungen zu Anschaffungspreisen	64,95	62,61	63,24	63,59
	Bruttowertschöpfung	34,62	37,02	36,37	36,05
	Produktionswert	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Vorleistungen aus Importen: Aufteilung (100%: alle Importe)</i>					
24,25	Roheisen, Stahl, NE-Metalle, Gießerei- und Metallerzeugnisse	23,81	20,79	16,81	16,78
26	DV-Geräte, elektron. Bauelem.; Mess-, Kontroll- u.ä. Instr. u. Einr.	8,99	10,65	10,33	7,16
27	Elektrische Ausrüstungen	5,97	6,60	6,21	7,21
28	Maschinen	40,19	40,33	40,58	41,60
29	Kraftwagen und Kraftwagenteile	3,08	4,88	6,14	6,40
10-23,30-33	Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe	7,36	6,88	6,84	6,54
69-70	Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung	3,53	2,80	3,47	3,16
72	Forschungs- und Entwicklungsleistun- gen	0,15	0,18	-	-
37-68, 71, 73-98	Sonstige Dienstleistungen etc.	6,00	6,02	5,97	7,77
1-9,35, 36	Andere Bereiche	0,92	0,87	3,65	3,38

Quelle: Statistisches Bundesamt. Nach WZ 2008. Die Werte für die Revisionen 2011 und 2014 sind nicht direkt ver-
gleichbar. CPA: Statistical Classification of Products by Activity.

- Abnehmende Anteile von skalenintensiven Produktionsteilen an der Wertschöpfung in Deutschland: Durch die intensive Verflechtung mit dem Ausland und den Aufbau von Produktionskapazitäten (hauptsächlich in Hinblick auf Marktpräsenz) im Ausland, insbesondere in China, wurden neue Möglichkeiten zur Strukturierung der Wertschöpfungsketten geschaffen. Insoweit als gerade wenig wissens- aber skalenintensive Vorprodukte ausgelagert wurden, könnte dies dazu führen, dass diejenigen Bereiche der Produktion eher in Deutschland verbleiben, bei denen die Produktivitätspotenziale gering sind.
- Eine weitere mögliche Ursache für die Produktivitätsentwicklung könnte im erhöhten Anteil von Dienstleistungen (Reparaturdienstleistungen) an der Wertschöpfung liegen, der einerseits in Hinblick auf seine Preisentwicklung eventuell nicht korrekt erfasst worden sein könnte, andererseits mit einer generell niedrigen Produktivitätssteigerung einhergehen könnte. Der Anteil der Dienstleistungen liegt nach Angaben des Statistischen Bundesamts bei ca. 10% (der Wert ist nicht in der offiziellen Statistik ausgewiesen). Im Zeitraum von 2010 bis 2013, in dem vergleichbare Zahlen existieren, ist es wohl zu keiner deutlichen Zunahme gekommen. Jedoch ist der Zeitraum zweifellos zu klein, um Aussagen über mittelfristige Entwicklungstrends treffen zu können.

Auswirkungen von IKT

Die IK-Technologien wirken sich im Maschinenbau einerseits auf die Produkte, andererseits auf die Produktionsverfahren aus:

- Eine zunehmende Komplexität der Produkte führt zu einer Verminderung der Produktivitätspotenziale. Die Expertengespräche zeigten, dass im Zeitablauf die Produkte des Maschinenbaus auch durch die zunehmende Bedeutung von IK-Technologien tendenziell komplexer wurden. Die Gesprächsergebnisse weisen aber auch darauf hin, dass die komplexeren Produkte in der Regel dazu führen, dass die Produktivität der Produktion nicht steigt bzw. sogar tendenziell sinkt (Gespräche 5 und 6). Die höhere Komplexität ist mit größeren Herausforderungen verbunden, Produktionsprozesse effizient zu gestalten und *economies of scale* zu realisieren.
- In der Wertschöpfung des Maschinenbaus werden immer mehr die Möglichkeiten der IK-Technologien genutzt. Dies betrifft die Identifikation von Einsparpotenzialen und die Optimierung der Produktion. Bislang läuft dies in kleinen, inkrementellen Schritten ab. Neue technologische Möglichkeiten führen teilweise auch zu neuen Dienstleistungsangeboten (etwa bei der Fernwartung von Anlagen), erwartete Produktivitätssprünge durch die Nutzung von IK-Technologien sind indes noch nicht zu beobachten. Diese wären dann mit einer generellen Neuausrichtung von Produktionsprozessen verbunden.

Somit bestärken die Expertengespräche die Ergebnisse auf Basis der quantitativen Indikatoren, dass es im Maschinenbau durch IKT bislang zu keinem deutlichen Anstieg der Rate der Produktivitätssteigerung gekommen ist.

Gesamteinschätzung

Der Maschinenbau ist gekennzeichnet durch

- einen in vielen Teilbranchen hohen Beschäftigungsstand und eine gute Auftragslage,
- dementsprechend hohe Zuwachsraten beim Produktionswert (nominal und real),
- hohe nominale Zuwachsraten bei der Wertschöpfung zumindest seit 2010,

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

- gleichzeitig ein geringes Wachstum der realen Bruttowertschöpfung, was gleichzeitig die hohen indirekten Preissteigerungsraten reflektiert, die sich rechnerisch ergeben.

Unterschiede zwischen den Erzeugerpreisindizes, die sich kaum verändern, und der hohen Steigerungsrate für den indirekten Preisindex können als Hinweis gedeutet werden, dass es Unternehmen, die ihre Produktpalette laufend anpassen, besser möglich ist, die Preise für ihre Produkte zu erhöhen, dass also neuere Angebote schnellere Preissteigerungsraten als ältere hervorbringen.

Die verschiedenen Bereiche des Maschinenbaus sind sehr unterschiedlich strukturiert und unterliegen daher auch differenzierten Markttrends. Teilweise steht die Einzelfertigung äußerst komplexer Produkte zugeschnitten auf individuelle Kundenwünsche im Mittelpunkt. Teilweise werden Kleinserien gefertigt, bei denen die Produkte (auch auf Basis der Nutzung von IK-Technologien) kontinuierlich weiterentwickelt werden. Der Maschinenbau in Deutschland hat sich im internationalen Wettbewerb über Jahrzehnte hinweg in Segmenten konzentriert, die durch geringe Stückzahlen und damit auch vergleichsweise geringe Produktivitätspotenziale gekennzeichnet sind. Diese Beobachtung hat in der Vergangenheit dazu geführt, dass die mittelfristige Wettbewerbsfähigkeit von Teilen der Branche in Zweifel gezogen wurde (bezogen auf den Werkzeugmaschinenbau vgl. Fleischer 1997).

Folgende übergreifende Aspekte stehen vor diesem Hintergrund in Hinblick auf den Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivität im Mittelpunkt:

- Es gibt vielfach einen Trend zum **Angebot von Systemlösungen**, teilweise ist auf dieser Basis auch eine Entwicklung hin zur Ausbildung von Wertschöpfungsketten zu beobachten. Unternehmen, die weiter hinten in diesen Wertschöpfungsketten angesiedelt sind, stehen immer stärker unter Wettbewerbsdruck (auch durch Billiganbieter aus dem Ausland) und sind davon bedroht, aus dem Wettbewerb gedrängt zu werden.
- Das **Anstreben von Produktivitätssteigerungen** konzentriert sich nicht alleine auf Aktivitäten in der Produktion, sondern auch auf Dienstleistungsaktivitäten und die Administration. Das Heben von Effizienzpotenzialen ist dabei nicht so stark mit FuE-Aktivitäten, sondern vornehmlich mit der Arbeitsorganisation verbunden. Bei einem Teil der Unternehmen dieses Sektors dominieren mittlerweile diese nicht direkt produktionsnahen Aktivitäten gegenüber solchen in der Produktion.
- **Forschung und Entwicklung** konzentrieren sich zu einem großen Teil auf Produktinnovationen, die gemäß der Charakteristik des Sektors in der Regel auf Produktivitätssteigerungen bei den Kunden abzielen. Dabei spielt insbesondere die anwendungsorientierte Forschung an Hochschulen und Forschungseinrichtungen eine zentrale Rolle.

Folgende Entwicklungen konnten wir für Unternehmensgruppen beobachten:

- Unternehmen, die unter hohem Kostendruck relativ standardisierte Produkte herstellen,
- Unternehmen, die versuchen, sich über Systemangebote und Neuerungen vom Wettbewerb abzuheben und gleichzeitig Produktivitätssteigerungen zu realisieren,
- Unternehmen, die sich in einem sehr kompetitiven Umfeld bewegen, in dem einerseits der Kostendruck hoch ist, andererseits aber auch die Anforderungen der Kunden ausgeprägt sind.

3.3.6 Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivitätsentwicklung im Maschinenbau

Forschung und Innovationen sind ein zentraler Aspekt des Wettbewerbs im Maschinenbau. Dies zeigt auch die FuE-Statistik des Stifterverbands für die deutsche Wissenschaft. Wie bereits in Abschnitt 3.1 diskutiert, ist der Anteil des Maschinenbaus an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft war mit knapp 8% (knapp 9% am Verarbeitenden Gewerbe) in etwa doppelt so hoch wie der Wertschöpfungsanteil.

Den Ergebnissen der Gespräche zufolge gilt für den Maschinenbau tendenziell das Gleiche wie für die Automobilindustrie: Forschung ist zunächst einmal hauptsächlich auf Produktinnovationen konzentriert. Die Produktinnovationen aus dem Maschinenbau werden in anderen Teilen der Wirtschaft eingesetzt, wo sie die Produktivität in den Branchen der Kunden erhöhen. Gerade in den Feldern des Maschinenbaus, in denen Systemlösungen nachgefragt werden, wird das immer deutlicher: Forschung und Innovationen im Maschinenbau zielen auf die Erhöhung der Produktivität in den Anwenderbranchen ab. Gleichzeitig ist zu bedenken, dass die im Maschinenbau eingesetzten Maschinen, die gerade in skalenintensiven Bereichen wichtig für die Produktivität sind, auch aus dem Maschinenbau stammen (und häufig auch dort hergestellt werden).

Insgesamt ist der Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivität im Maschinenbau, wie unsere Untersuchungen zeigen, komplex:

- **Verbesserungen im Produktionsprozess** finden, wie auch die Gespräche zeigten, hauptsächlich produktionsbegleitend statt, wobei eine systematische Analyse der Arbeitsvorgänge vorherrscht, in der Verbesserungspotenziale identifiziert werden. Diese Vorgänge sind nicht in größerem Ausmaß mit eigener FuE verbunden. Gleichzeitig werden beim Design neuer Produkte in vielen Fällen (etwas im Landmaschinenbau, in dem in Kleinserien produziert wird) schon Effizienz- und Produktivitätsaspekte mit berücksichtigt.
- **Produktinnovationen** führen im Maschinenbau (anders als in anderen Branchen) in der Regel zu einer höheren Produktkomplexität, die die Produktivität (etwa in Form der Arbeitsproduktivität) eher vermindert, was wir auch in den Gesprächen bei zwei der drei Unternehmen beobachten konnten. Bei den Landmaschinen haben verschiedene Faktoren (staatliche Emissionsregeln, zunehmende Elektronisierung der Produkte) zu einer kontinuierlich steigenden Produktkomplexität geführt, die den Produktivitätssteigerungen entgegenwirken. Im anderen Fall (Industriearmaturen) hat das Unternehmen durch das Angebot an Systemlösungen eine Marktstrategie verfolgt, die mit einem hohen Maß an Individuallösungen einhergeht, was die Möglichkeit zur Realisierung klassischer Produktivitätssteigerungen in der Produktion verringert. Vor dem Hintergrund dieser Einzelfälle erscheint es naheliegend, dass die durch FuE initiierte Einführung von Neuerungen in vielen Fällen den Bemühungen zur Realisierung von Produktivitätssteigerungen entgegen wirken.

Produktivitätssteigerungen im Maschinenbau selbst scheinen – wie auch im Automobilsektor – häufig nicht in einem direkten Zusammenhang mit den Forschungsaktivitäten zu stehen. Die Ergebnisse der ökonometrischen Untersuchungen auf der Unternehmensebene weisen in dieselbe Richtung (siehe oben Tabelle 3.3.13). Patentaktive (also tendenziell innovativere) Unternehmen hatten im arithmetischen Mittel einen Rückgang der Totalen Faktorproduktivität um 4% zu verzeichnen, während diese bei nicht patentierenden Unternehmen lediglich um gut 2% gefallen ist (Median bei patentierenden Unternehmen -4,8% und bei den nicht patentierenden -5,4%).

Im mittelständisch geprägten Maschinenbau ist die enge Vernetzung mit den Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowohl für die Produkte als auch für die Produktionsprozesse von großer

Bedeutung. Gerade bei den Produktionsprozessen scheint es möglich und nicht unwahrscheinlich, dass noch erhebliche Produktivitätspotenziale bei der Nutzung von IK-Technologien bestehen, die in der Zukunft zu gänzlich neuen Produktionskonzepten führen könnten, welche sowohl im Maschinenbau als auch in anderen Branchen Anwendung finden (Industrie 4.0).

3.4 Telekommunikation

3.4.1 Charakteristika des Sektors und des sektoralen Innovationssystems

Abgrenzung des Telekommunikationssektors

Der Telekommunikationssektor ist im Wesentlichen mit der Erstellung von Telekommunikationsdienstleistungen befasst. Er ermöglicht die Übertragung von Sprache, Daten, Texten, Tönen sowie Bildern und stellt die damit verbundenen Dienstleistungen bereit. In der Wirtschaftszweigsystematik WZ 2008 bzw. der Wirtschaftszweigklassifikation NACE Rev. 2 ist der Telekommunikationssektor in Code 61 auf der Dreisteller-Ebene in vier Bereiche unterteilt (Tabelle 3.4.1).

Tabelle 3.4.1

Abgrenzung des Telekommunikationssektors in der Wirtschaftszweiggliederung und auf die einzelnen WZ-Bereiche entfallende Umsätze, Unternehmen und Beschäftigte 2015

WZ 2008 (Code 61)	Umsatz		Unternehmen		Beschäftigte	
	in Mill. €	in %	Anzahl	in %	in Tsd.	in %
61 Telekommunikation	67.753	100	2.624	100	113.437	100
61.1 Leitungsgebundene TK	35.308	52	479	18	66.263	58
61.2 Drahtlose TK	19.181	28	340	13	20.913	18
61.3 Satellitenkommunikation	380	1	50	2	634	1
61.9 Sonstige Telekommunikation¹	12.884	19	1.754	67	25.621	23

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kostenstrukturerhebung des Statistischen Bundesamts (2016) – ¹Die Rubrik „Sonstige Telekommunikation“ umfasst u.a. Internetserviceprovider.

Die leitungsgebundene Telekommunikation, welche Festnetz und Internet umfasst, ist der mit Abstand bedeutendste Bereich. Bei der drahtlosen Kommunikation steht der Mobilfunk im Vordergrund. Die Satellitenkommunikation ist vergleichsweise unbedeutend, die sonstige Telekommunikation umfasst die Internetserviceprovider und die weiteren Telekommunikationsdienstleistungen, die nicht in einer der drei anderen Kategorien zu subsummierenden sind. Die Anbieter von Informationsdienstleistungen, wie Webportale (z.B. Facebook) oder Suchmaschinen (z.B. Google) sind nicht in Code 61 der WZ 2008 enthalten, sondern in Code 63 (Informationsdienstleistungen), bauen aber mit ihren Angeboten auf die leitungsgebundenen oder drahtlosen Netzwerkstrukturen auf. Bezüglich der Interpretation der Zahlen in der Tabelle ist zu bedenken, dass die Zuordnung zu Wirtschaftszweigen nach dem Schwerpunktprinzip erfolgt. Unternehmen, die primär in einem Bereich tätig sind, werden demnach komplett der entsprechenden Kategorie zugeordnet. Auch marktbestimmende Unternehmen werden nach diesem Prinzip zugeordnet, was dazu führt, dass die Ausprägungen auf der Ebene der Dreisteller kein vollständig authentisches Bild hinsichtlich des Gewichts der einzelnen Aktivitäten widerspiegeln.

Der Telekommunikationsmarkt

In Übersicht 3.4.1 werden stichwortartig die Marktstruktur, das Marktverhalten, die Marktergebnisse und die Innovationen im Telekommunikationssektor skizziert (zu den sektoralen Innovationssystemen siehe auch Shapiro und Varian 1999 sowie Malerba 2004).

Übersicht 3.4.1

Marktstruktur, Marktverhalten, Marktergebnisse und Innovationen im Telekommunikationssektor

Kriterium	Markt- und Technologiecharakteristika
Marktstruktur	<ul style="list-style-type: none"> - Marktentwicklung durch staatliche Regulierung beeinflusst - aus Wettbewerbsgründen ist die Regulierung recht weitreichend - trotz der Marköffnung prägen wenige große Anbieter den Markt, hohe Marktkonzentration - insgesamt weniger als 2.500 Unternehmen - weitere Marktkonsolidierungen sind absehbar
Marktverhalten	<ul style="list-style-type: none"> - extrem schnelllebigem Markt zwingt Anbieter zu hohem Maß an Flexibilität - die Wettbewerbsintensität ist hoch - dominierende Anbieter auf europäische und globale Märkte ausgerichtet
Marktergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Produktivitätsfortschritte, eine Abschwächung nicht absehbar - die Preise sind deutlich rückläufig - erheblicher Beschäftigungsabbau - starke Marktfluktuation insbesondere bei den Start-ups/kleineren Unternehmen
Innovationen	<ul style="list-style-type: none"> - Produktlebens- und Innovationszyklen relativ kurz - relevante Innovationen werden in erheblichem Maße außerhalb des Telekommunikationssektors bei Hardware- und Softwareherstellern oder Anbietern von Informationsdienstleistungen generiert - Herausforderungen der Telekommunikationsinfrastruktur durch Industrie 4.0 - Innovationstempo außerordentlich hoch - zahlreiche Produktinnovationen und grundlegende Marktneuheiten - Innovationen werden maßgeblich durch globale Impulse angestoßen - Technologiesprünge ausgeprägter als in anderen Sektoren

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Marktentwicklung wird demnach maßgeblich durch die staatliche Regulierung beeinflusst, die nach der Marköffnung Ende der 1990er Jahre für eine Übergangszeit dazu dienen sollte, den Telekommunikationsmarkt wettbewerbsfähiger zu strukturieren. Allerdings prägen nach wie vor relativ wenige große Anbieter die Marktstruktur, wie z.B. die Deutsche Telekom, Vodafone oder die Telefonica (Orvisky 2016). Auch die Zahl der insgesamt auf dem Telekommunikationsmarkt agierenden Unternehmen ist mit weniger als 3 Tsd. relativ überschaubar. Zudem ist vor dem Hintergrund der Internationalisierung und der Notwendigkeit zur Realisierung von Skalen- und Netzwerkeffekten eine weitere Marktkonsolidierung absehbar.

Dennoch ist die Wettbewerbsintensität zwischen den Unternehmen im sehr schnelllebigem Telekommunikationsmarkt mittlerweile sehr hoch. So lag der Marktanteil der Deutschen Telekom im Jahr 2016 nur noch bei 38%. Das lag aber vor allem Festnetzmarkt mit einem Anteil von 43%, im Mobilfunkmarkt betrug er dagegen nur noch 30% (Dialog Consult und VATM 2016: 4f.). Während der Umfang der Festnetztelefonie zwischen 2007 und 2016 von 548 auf 388 Mill. Minuten pro Tag sank, stieg der Umfang der von den Mobilfunkanbietern in diesem Zeitraum vermittelten Telefonate von 189 auf 302 Mill. Minuten pro Tag an. Hinzu kommt die Übermittlung audiovisueller Telefonate über das Internet durch die OTT-Anbieter (OTT für „Over-the-top“, u.a. Skype und Face Time), die sich von 74 auf 250 Mill. Minuten pro Tag erhöht hat (Dialog Consult und VATM 2016: 24).

Innovationsgeschehen

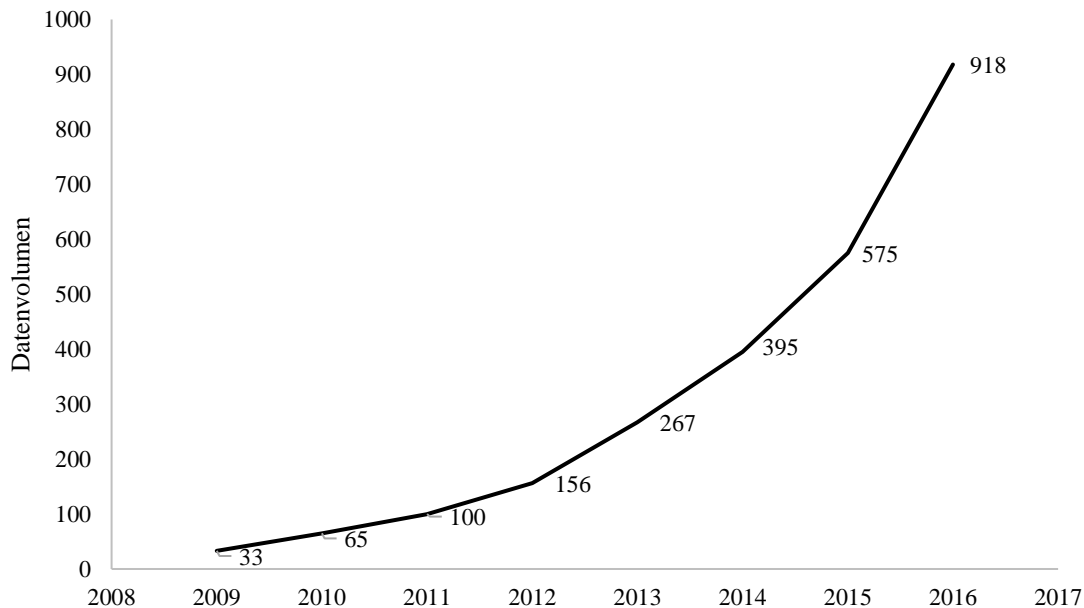
Produkt- und Prozessinnovationen im Telekommunikationssektor sind fest im Innovationsgeschehen der Hardware- und Softwarelieferanten sowie der Anbieter von Informationsdienstleistungen verankert, die in der Internetwirtschaft generiert werden (zur Einbettung des Sektors in diese siehe Arthur D. Little 2015). Die Telekommunikationsindustrie stellt die Kommunikationsinfrastruktur für die Internetwirtschaft bereit. Sie ist nur in bescheidenem Maße selbst mit Forschung und Entwicklung befasst, nutzt hingegen den nicht abreißenden und rasanten Strom von Innovationen, die andernorts, einerseits in Abteilungen des Sektors 26 Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten, Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten, Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik generiert werden. Andererseits üben u.a. die im Sektor 63 erfassten Informationsdienstleister, darunter marktbeherrschende Unternehmen wie Google stetigen Druck auf einen zügigen Ausbau der Telekommunikationsinfrastruktur aus und entwickeln ihrerseits für den Sektor relevante Innovationen. Es macht daher wenig Sinn, dass sektorale Innovationssystem des Telekommunikationssektors in isolierter Form zu betrachten. Vielmehr ist seine vielfältige Einbettung in das Innovationssystem des breiteren IKT-Sektors und der Internetökonomie zu beachten, um die Innovationsleistungen der Telekommunikationsunternehmen adäquat beurteilen zu können.

Der Telekommunikationssektor ist dabei, wie in Kapitel 3.4.2 noch aufgezeigt wird, durch hohe Produktivitätssteigerungen gekennzeichnet (zum Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Produktivität siehe auch OECD 2017: 7). Die Produktivitätseffekte sind dabei aber nicht alleine auf den Telekommunikationssektor im engeren Sinne beschränkt, sondern betreffen auch Unternehmen anderer Sektoren, welche die Netzwerkstrukturen der Telekommunikation als Infrastruktur für ihre Marktentwicklung nutzen.

Die Produktlebens- und Innovationszyklen sind im Telekommunikationssektor relativ kurz, da es immer wieder Produktinnovationen gibt, die mitunter grundlegende Marktneuheiten darstellen, was insbesondere die Bereiche Mobilfunk und Internet betrifft. Das Datenvolumen hat sich in Deutschland beispielsweise im Mobilfunk zwischen 2009 und 2016 von 33 auf 918 Mill. GB erhöht (Bundesnetzagentur 2017: 59; Schaubild 3.4.1).

Schaubild 3.4.1

Entwicklung des Datenvolumens im Mobilfunk in Deutschland
in Mill. GB



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Angaben der Bundesnetzagentur (2017).

2011 wurden pro SIM-Karte etwa 50 MB genutzt, bereits 3 Jahre später (2014) waren es knapp 300 MB (Monopolkommission 2015: 46). Das Breitbandverkehrsvolumen stieg im gleichen Zeitraum von 3,6 auf 11,5 Mrd. GB (Monopolkommission 2015: 18). Die Zahl der Breitbandanschlüsse hat sich zwischen 2009 und 2016 von 2,2 auf 7,2 Mill. erhöht, das Breitbandvolumen stieg von 2011 bis 2016 von 5,5 auf 22,5 Mrd. GB und die Zahl der UMTS- und LTE-Nutzer wuchs zwischen 2009 und 2016 von 19 auf 63 Mill. (Bundesnetzagentur 2017: 52ff.). Hier kommt auch ein Nachholeffekt zum Tragen, denn in Deutschland wurde das Telefonnetz aufgrund von unklaren Zuständigkeiten der Gebietskörperschaften und Interessengegensätzen im internationalen Vergleich erst relativ spät mit Breitbandglasfaserkabel digitalisiert (JOANNEUM RESEARCH et al. 2010: 234). Die Zahl der SMS- und WhatsApp-Nachrichten hat sich zusammengekommen von gut 100 Mill. Nachrichten pro Tag in 2010 auf über 700 Mill. Nachrichten in 2015 erhöht (Monopolkommission 2015: 64).

Zu bedenken ist bei den skizzierten enormen Steigerungen in Deutschland allerdings, dass die zugrundeliegenden Innovationen im Telekommunikationssektor meist durch globale Impulse angestoßen werden (Internet, Smartphones, LTE usw.). Zwar kam in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten etwa jede zehnte Patentanmeldung in der Telekommunikation aus Deutschland, bei der Forschungsintensität und auch dem Anteil der Ausgaben für neue Produkte, Dienstleistungen, Prozesse und Anlagen am Umsatz der Telekommunikationsunternehmen steht Deutschland im internationalen Vergleich aber relativ schlecht da, obwohl der Telekommunikationssektor dafür 2010 rund 9 Mrd. € investierte (ZEW 2011: 4ff). Die USA lagen um mehr als der Hälfte darüber, Schweden sogar bei dem doppelten der Intensität von Deutschland. Das bedeutet, dass die Potenziale der Telekommunikation noch nicht voll ausgeschöpft werden, was vor allem deshalb von großer Bedeutung ist, da Telekommunikationsdienstleistungen in vielen Sektoren Auslöser von Innovationen oder Unternehmensgründungen sowie in der Folge von Produktivitätssteigerungen etwa infolge eines effizienteren Informationsaustauschs sind.

3.4.2 Produktivitätsentwicklung im Telekommunikationssektor

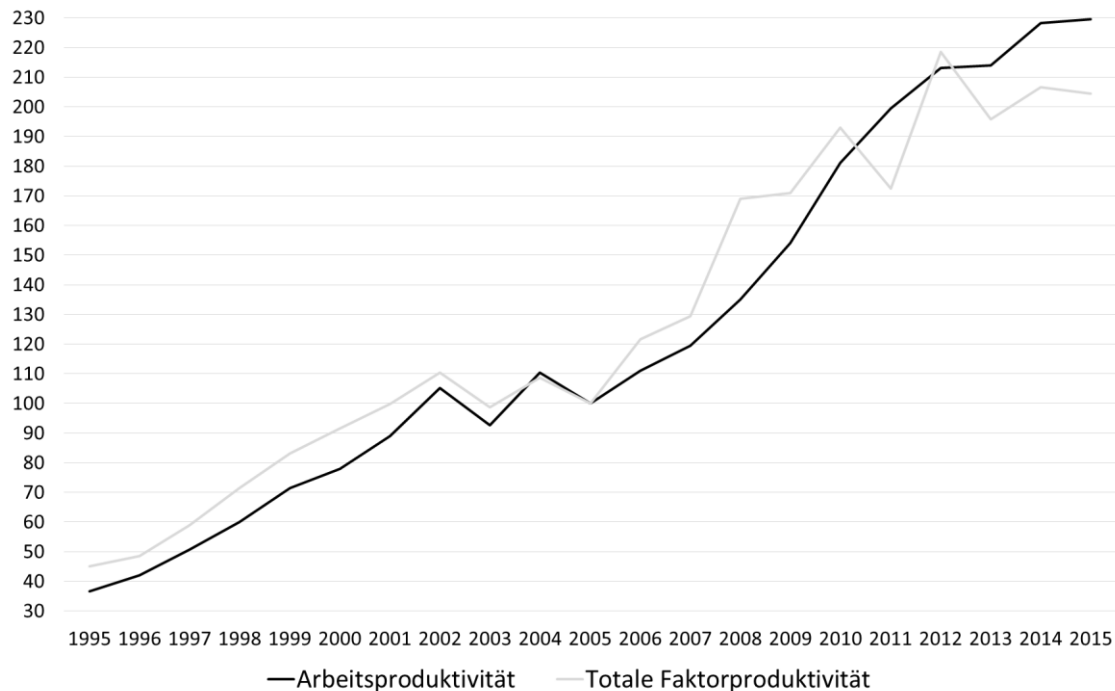
Produktivitätsentwicklung auf nationaler Ebene

Schaubild 3.4.2 und Tabelle 3.4.2 weisen die Entwicklung der Arbeitsproduktivität und der Totalen Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor für den Zeitraum von 1995 bis 2015 aus.

Schaubild 3.4.2

Entwicklung der Arbeitsproduktivität und der Totalen Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor in Deutschland

2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank (2017) und des Statistischen Bundesamts (2017). – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Tabelle 3.4.2

Entwicklung der Arbeitsproduktivität und der Totalen Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor in Deutschland

2005=100

Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	absolute Werte					Wachstum in % p.a.				
Arbeitsproduktivität¹	37	78	100	181	230	16,3	5,1	12,6	4,9	9,6
Totale Faktorproduktivität	45	91	100	193	205	15,2	1,8	14,0	1,2	7,9

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank (2017) und des Statistischen Bundesamts (2017). – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Es zeigt sich, dass die Produktivitätsentwicklung zwar Schwankungen unterliegt, tendenziell aber durch eine relativ kontinuierliche Aufwärtsentwicklung gekennzeichnet ist. Die Arbeitsproduktivität stieg jahresdurchschnittlich um knapp 10% p.a. an. Das führte in der Konsequenz dazu, dass sich die Arbeitsproduktivität innerhalb des Betrachtungszeitraums von zwei Jahrzehnten mehr als

versechsfachte. Die Totale Faktorproduktivität, also die Rate des technischen Fortschritts, stieg über den gesamten betrachtungszeitraum hinweg um durchschnittlich knapp 8% p.a. an.

Einflussgrößen der Produktivitätsentwicklung

Die Einflussgrößen auf die im Telekommunikationssektor vom allgemeinen Trend abweichenden Entwicklung der Arbeitsproduktivität weisen die Tabellen 3.4.3 und 3.4.4 aus.

Tabelle 3.4.3

Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Telekommunikationssektor

absolute Werte

Variable	Zeile	Quelle/ Berechnung	1995	2000	2005	2010	2015
Produktionswert nominal (in Mrd. €)	1	VGR	36,2	54,5	75,0	71,3	66,6
Produktionswert real (in Mrd. €, 2005=100)	2	VGR, eigene Berechnung	24,9	51,5	75,0	93,8	94,5
Preisindex Produktion	3	(1)/(2)	145,0	105,8	100,0	76,0	70,5
Vorleistungen nominal (in Mrd. €)	4	VGR	7,0	23,4	42,2	43,9	39,3
Vorleistungen real (in Mrd. €, 2005=100)	5	(2)-(8)	7,4	22,5	42,2	50,0	43,5
Preisindex Vorleistungen	6	(4)/(5)	94,4	103,9	100,0	87,7	90,3
Bruttowertschöpfung nominal (in Mrd. €)	7	VGR	29,2	31,2	32,8	27,5	27,3
Bruttowertschöpfung real (in Mrd. €, 2005=100)	8		17,5	29,0	32,8	43,8	51,0
Preisindex Wertschöpfung	9	(7)/(8)	166,4	107,3	100,0	62,7	53,5
Beschäftigung (in Tsd.)	10	VGR	285,0	222,0	195,0	144,0	124,0
Arbeitseinsatz (in Mill. Stunden)	11	VGR	450,0	351,0	309,0	228,0	198,0
Arbeitsproduktivität (1) ¹ (in Tsd. €)	12	(8)/(10)	61,5	130,8	168,1	304,4	411,0
Vorleistungsanteil am Produktionswert (in %)	13	(4)/(1)	19,4	42,9	56,3	61,5	59,0
Arbeitsproduktivität (2) ² (in €/Arbeitsstunde)	14	(8)/(11)	38,9	82,7	106,1	192,2	257,4

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts, Fachserie 18, Reihe 1.4 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung Detaillierte Jahresergebnisse, Heft 2016, erschienen am 05.09.2017.. – ¹ Die Arbeitsproduktivität (1) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die Beschäftigung. ² Die Arbeitsproduktivität (2) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Der nominale Produktionswert stieg demnach von 36 Mrd. € im Jahr 1995 auf 62 Mrd. € im Jahr 2014. Die nominale Bruttowertschöpfung sank in diesem Zeitraum sogar von 29 auf 26 Mrd. €. Dies hing damit zusammen, dass der Vorleistungsanteil von 19% auf 58% stieg. Der Preisindex der Produktion fiel dagegen in dem Zeitraum drastisch ab, während er für die Vorleistungen vergleichsweise konstant blieb, sodass die reale Bruttowertschöpfung von knapp 18 auf 48 Mrd. € zulegte. Die Beschäftigung wurde indes von 285 Tsd. auf nur noch 125 Tsd. Personen abgebaut,

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

der Arbeitseinsatz von 450 Mill. auf 198 Mill. Stunden. Als Quintessenz daraus stieg die Arbeitsproduktivität, also die reale Bruttowertschöpfung je Beschäftigten bzw. je geleistete Arbeitsstunde, von 62 Tsd. € je Beschäftigten bzw. 39 € je Arbeitsstunde bis auf 384 Tsd. € je Beschäftigten bzw. 242 € je Arbeitsstunde an.

Tabelle 3.4.4

Einflussgrößen der Arbeitsproduktivität im Telekommunikationssektor

jahresdurchschnittliche Wachstumsrate in %

Variable	Zeile	Quelle/ Berechnung	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	1995- 2015
Produktionswert nominal (in Mrd. €)	1	VGR	8,6	6,6	-1,0	-1,4	3,1
Produktionswert real (in Mrd. €, 2005=100)	2	VGR, eigene Berechnung	15,6	7,8	4,6	0,1	6,9
Preisindex Produktion	3	(1)/(2)	-6,1	-1,1	-5,3	-1,5	-3,5
Vorleistungen nominal (in Mrd. €)	4	VGR	27,3	12,5	0,8	-2,2	9,0
Vorleistungen real (in Mrd. €, 2005=100)	5	(2)-(8)	24,8	13,4	3,5	-2,7	9,2
Preisindex Vorleistungen	6	(4)/(5)	2,0	-0,8	-2,6	0,6	-0,2
Bruttowertschöpfung nominal (in Mrd. €)	7	VGR	1,3	1,0	-3,5	-0,1	-0,3
Bruttowertschöpfung real (in Mrd. €, 2005=100)	8		10,6	2,5	6,0	3,1	5,5
Preisindex Wertschöpfung	9	(7)/(8)	-8,4	-1,4	-8,9	-3,1	-5,5
Beschäftigung (in Tsd.)	10	VGR	-4,9	-2,6	-5,9	-2,9	-4,1
Arbeitseinsatz (in Mill. Stunden)	11	VGR	-4,8	-2,5	-5,9	-2,8	-4,0
Arbeitsproduktivität (1) ¹ (in Tsd. €)	12	(8)/(10)	16,3	5,1	12,6	6,2	10,0
Vorleistungsanteil am Produktionswert (in %)	13	(4)/(1)	17,2	5,6	1,8	-0,8	5,7
Arbeitsproduktivität (2) ² (in €/Arbeitsstunde)	14	(8)/(11)	16,3	5,1	12,6	6,0	9,9

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts, Fachserie 18, Reihe 1.4 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung Detaillierte Jahresergebnisse, Heft 2016, erschienen am 05.09.2017.. – ¹ Die Arbeitsproduktivität (1) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die Beschäftigung. ² Die Arbeitsproduktivität (2) ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

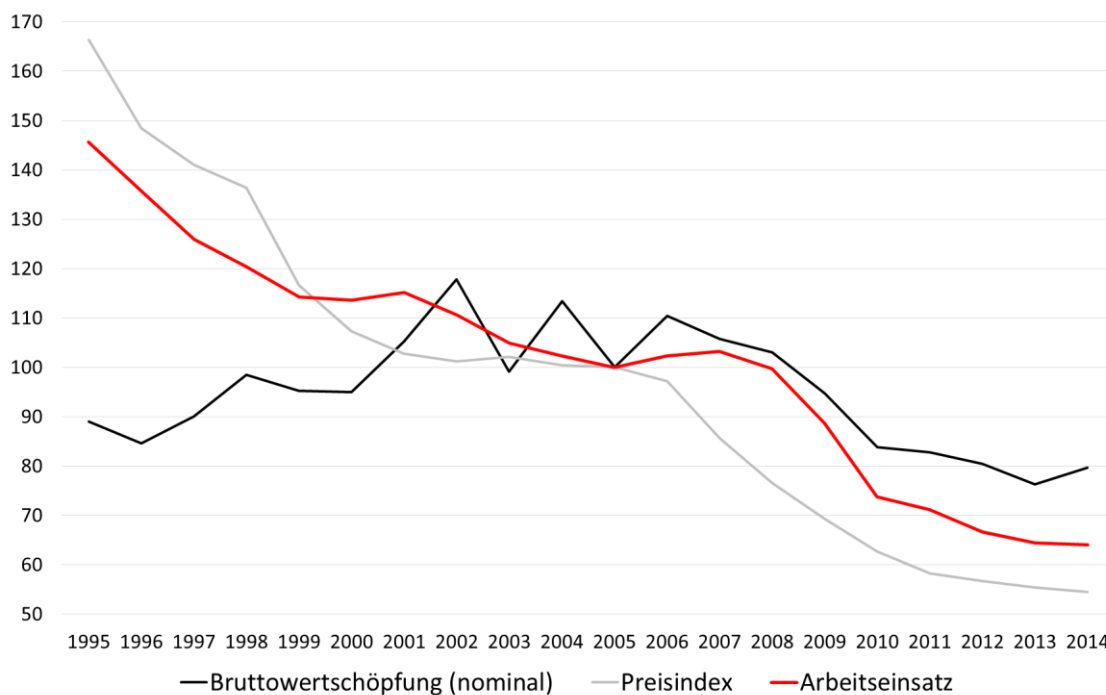
Während die nominale Bruttowertschätzung im Telekommunikationssektor in der zweiten Hälfte der 1990er und der ersten Hälfte der 2000er Jahre noch eine positive Wachstumsrate aufwies, war diese danach negativ. Dies hing mit Rückgängen des Produktionswerts zusammen, also der Unternehmensumsätze, aber auch damit, dass nach dem Einsetzen der Marktregulierung in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre der Vorleistungsanteil, wie zuvor bereits dargelegt, deutlich anstieg, da die Netzbetreiber im Zuge der Markttöffnung dazu verpflichtet wurden, Netzkapazitäten an Konkurrenten zu vermieten. Die reale Bruttowertschöpfung stieg dagegen relativ kontinuierlich

an, was u.a. damit zusammenhing, dass die Preise mit durchschnittlich knapp 6% p.a. zurückgingen. Da zudem der Arbeitsstundeneinsatz deutlich sank, war der Anstieg der Arbeitsproduktivität mit 10% p.a. noch ausgeprägter als jener der realen Bruttowertschöpfung. Die zentralen Einflussfaktoren für die Entwicklung der Arbeitsproduktivität, nämlich die Entwicklung der nominalen Bruttowertschöpfung, des Preisindex der Wertschöpfung und des Arbeitseinsatzes, werden in Schaubild 3.4.3 noch einmal grafisch veranschaulicht.

Schaubild 3.4.3

Entwicklung der nominalen Bruttowertschöpfung, des Preisindex und des Arbeitseinsatzes im Telekommunikationssektor in Deutschland

2005=100



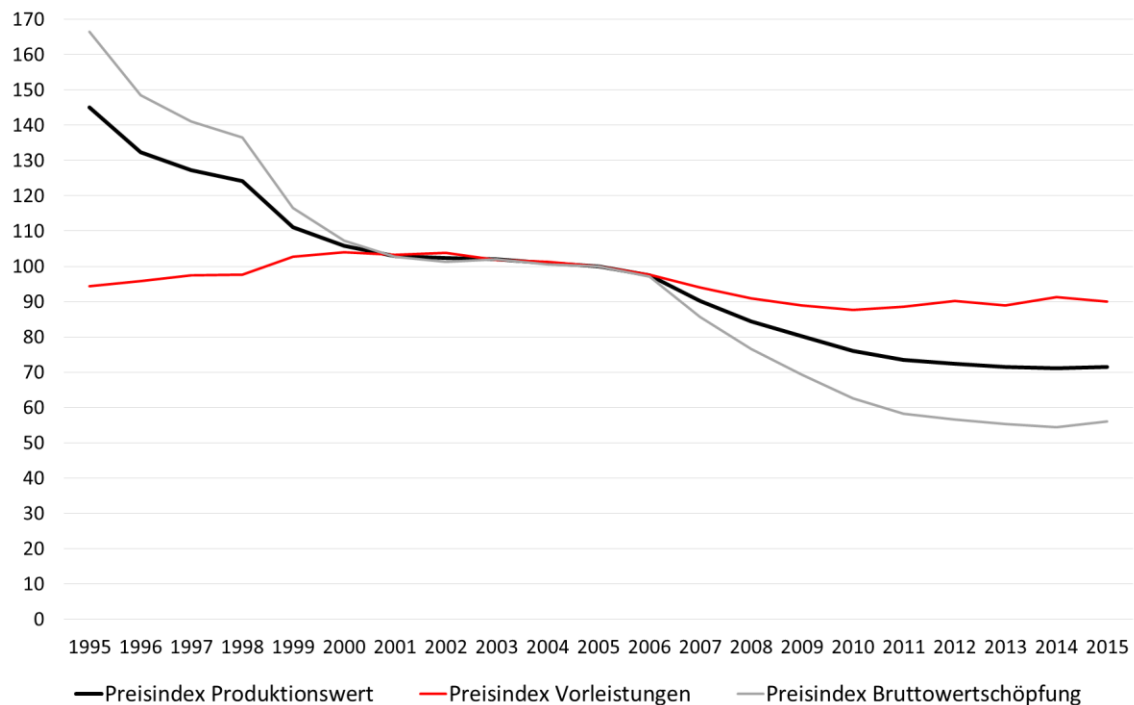
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Eine besondere Rolle spielte demnach, neben der Entwicklung der nominalen Umsätze, der nominalen Vorleistungen und der Beschäftigung bzw. des Arbeitseinsatzes, die jeweilige Preisentwicklung, die daher im Folgenden noch etwas näher beleuchtet werden. Schaubild 3.4.4 zeigt die Entwicklung der Preisindizes für den Produktionswert, die Vorleistungen und die Bruttowertschöpfung. Der Preisindex für den Produktionswert ging demnach während des hier betrachteten Zeitraums relativ kontinuierlich zurück, wenn auch in der ersten Hälfte der 2000er Jahre etwas weniger deutlich. Insgesamt haben sich die Preise über den Gesamtzeitraum etwa halbiert. Die Preise für die Vorleistungen, die eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte und Dienstleistungen umfassen, veränderten sich demgegenüber im Gesamtzeitraum kaum, wobei Phasen einer Preiszunahme wie auch solche eines Preisrückgangs zu beobachten waren. Die stabile Entwicklung der Vorleistungspreise und der zunehmende Anteil der nominalen Vorleistungen am nominalen Produktionswert führten dazu, dass der Preisindex der Bruttowertschöpfung stärker zurückging als jener des Produktionswerts. Der Preisindex für die Wertschöpfung lag 2015 mit 56 lediglich bei etwa einem Drittel des Wertes von 1995 (166,4). Die Preisrückgänge beim Mobilfunk waren dabei noch etwas ausgeprägter als die im Bereich Festnetz und Internet.

Schaubild 3.4.4

Vergleich der Entwicklung der Preisindizes für Produktionswert, Vorleistungen und Bruttowertschöpfung im Telekommunikationssektor in Deutschland

2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Angaben des Statistischen Bundesamts.

Zusammenfassend lassen sich die Entwicklungen und deren Einflussgrößen wie folgt skizzieren:

- Eine deutliche Zunahme des **Produktionswerts** (sowohl nominal als auch real) bis Mitte der 2000er Jahre, die sich danach abschwächte bzw. sogar rückläufig war.
- Eine gegenüber dem Produktionswert überproportionale Zunahme der **Vorleistungen**, was zu einer drastischen Zunahme des Vorleistungsanteils am Produktionswert führte.
- Eine beobachtbare Abschwächung der nominalen **Bruttowertschöpfung**, aber aufgrund der Preisentwicklung einem relativ kontinuierlichen Anstieg der realen Bruttowertschöpfung.
- Ein kontinuierlicher Rückgang von **Beschäftigung bzw. Arbeitseinsatz**.
- Als Resultat dieser Entwicklungen eine deutliche Zunahme der **Arbeitsproduktivität**.

Demnach hat die positive Produktivitätsentwicklung weniger mit einer Zunahme der Umsätze (= Produktionswert) zu tun, sondern vielmehr mit der kontinuierlichen Beschäftigungsabnahme und dem deutlichen Rückgang der (indirekten) Preise für die Wertschöpfung.

3.4.3 Produktivitätsentwicklung im internationalen Vergleich

Im Folgenden wird untersucht, wie sich die Produktivität in Deutschland im internationalen Vergleich entwickelt hat. Wie schon in den beiden anderen Sektoralfallstudien greifen wir auf die Daten zur Produktivitätsentwicklung im Zeitraum 1995 bis 2015 zurück, verzichten hingegen auf einen direkten Vergleich der absoluten Niveaus, weil dies eine überzeugende Lösung des Währungsumrechnungsproblems voraussetzen würde. Tabelle 3.4.5 und Schaubild 3.4.5 zeigen die Entwicklung der Arbeitsproduktivität für den Telekommunikationssektor im Vergleich zu ausgewählten Ländern auf.

Tabelle 3.4.5

Arbeitsproduktivität im Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich

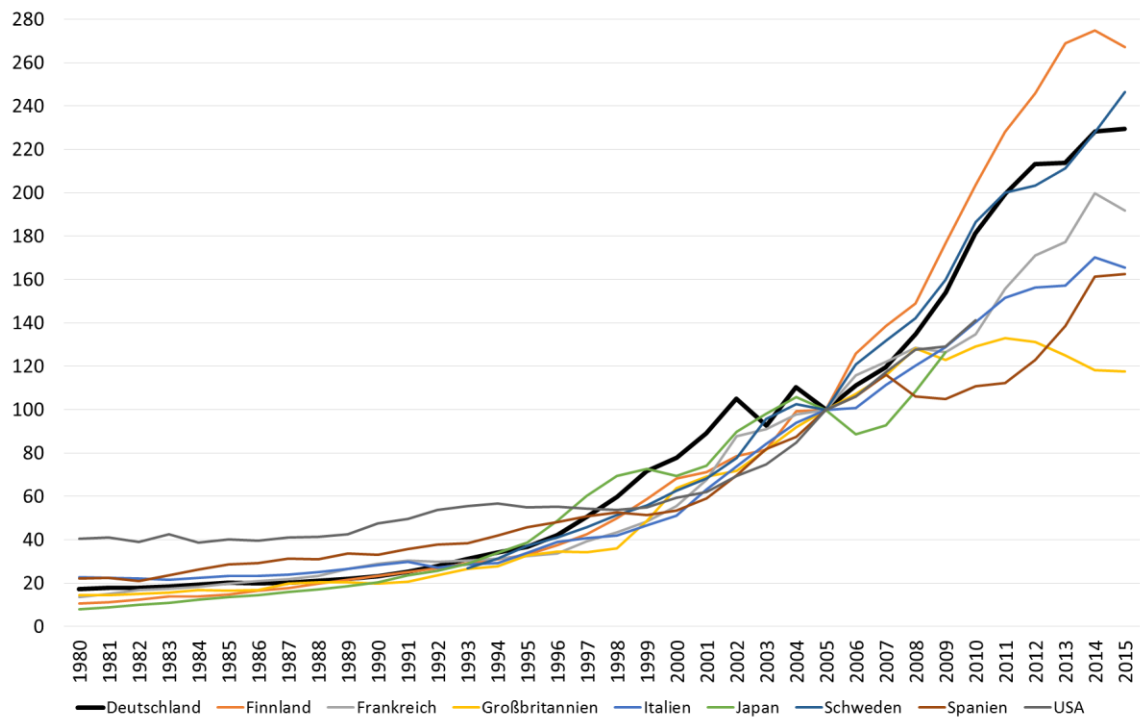
2005=100

Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	1995- 2015
	<i>absolute Werte</i>					<i>Wachstum in % p.a.</i>				
Deutschland	37	78	100	181	230	16,3	5,1	12,6	4,8	9,6
Finnland	33	68	100	203	267	15,6	8,0	15,3	5,6	11,0
Frankreich	32	56	100	135	192	11,3	12,5	6,2	7,3	9,3
Großbritannien	33	64	100	129	118	14,3	9,4	5,2	-1,8	6,6
Italien	34	51	100	140	166	8,5	14,3	7,0	3,4	8,2
Japan	39	69	100	-	-	12,4	7,6	-	-	-
Schweden	37	63	100	186	246	11,1	9,8	13,3	5,7	9,9
Spanien	46	54	100	111	163	3,2	13,3	2,1	8,0	6,5
USA	55	59	100	141	-	1,6	11,0	7,1	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts. – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Schaubild 3.4.5

Arbeitsproduktivität im Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich 2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Der Entwicklung im Telekommunikationssektor läuft dabei – wie das schon für die Automobilindustrie festgestellt wurde – dem für die Volkswirtschaften der Industrieländer insgesamt festzustellenden Trend abnehmender Produktivitätszuwächse deutlich entgegen. Von Großbritannien abgesehen weisen die hier betrachteten Länder einen kontinuierlichen, sich seit der Jahrtausendwende eher noch beschleunigenden Anstieg der Arbeitsproduktivität auf. Während die Entwicklung der Arbeitsproduktivität in der Wirtschaft insgesamt den Schluss nahelegt, dass sich die Produktivitätsentwicklung hier zuletzt leicht abgeschwächt hat, scheint das für den Telekommunikationssektor zumindest bislang noch nicht der Fall zu sein. Dabei entwickelten sich die reale Bruttowertschöpfung (Zähler) und der Arbeitseinsatz (Nenner) sehr unterschiedlich (Tabelle 3.4.6).

Tabelle 3.4.6

Durchschnittliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung und des Arbeitsstundeneinsatzes im Telekommunikationssektor in ausgewählten Ländern

in % p.a.

Land	reale Bruttowertschöpfung					Arbeitseinsatz				
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	1995-2015
	<i>Veränderungsrate in % p.a.</i>									
Deutschland	10,6	2,5	6,0	2,3	5,3	-4,8	-2,5	-5,9	-2,4	-3,9
Finnland	20,3	8,1	6,4	4,7	9,7	4,1	0,1	-7,7	-0,8	-1,2
Frankreich	10,1	10,7	4,3	5,4	7,6	-1,1	-1,5	-1,7	-1,7	-1,5
Großbritannien	19,0	9,6	4,4	-0,9	7,8	4,1	0,2	-0,8	1,0	1,1
Italien	10,1	10,7	4,0	-1,2	5,8	1,5	-3,2	-2,8	-4,4	-2,2
Japan	12,7	4,8	-	-	-	0,3	-2,6	-	-	-
Schweden	14,7	7,6	11,8	4,4	9,6	3,3	-1,9	-1,3	-1,2	-0,3
Spanien	7,2	7,7	5,8	7,4	7,0	3,9	-4,9	3,6	-0,5	0,4
USA	5,5	6,4	3,6	-	-	3,8	-4,1	-3,3	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

Starken Zunahmen der realen Bruttowertschöpfung steht in den in unseren Vergleich einbezogenen Ländern eine starke Abnahme des Arbeitskräfteeinsatzes gegenüber, was per Saldo zu dem eingangs angesprochenen Arbeitsproduktivitätswachstum führt. Nur die Telekommunikationsunternehmen in Spanien und Großbritannien haben über den gesamten hier betrachteten Zeitraum von 1995 bis 2015 ihren Arbeitskräftebestand leicht ausgebaut; für Japan und die USA fehlen am aktuellen Rand die erforderlichen Daten. Beim leichten Beschäftigungswachstum in Großbritannien dürfte eine Rolle spielen, dass die regulative Neuordnung des Telekommunikationssektors unter der Regierung Margaret Thatchers hier früher einsetzte als in den meisten anderen europäischen Ländern. Es ist somit nicht von einem völligen Gleichlauf der Entwicklungen der Telekommunikationssektoren zu sprechen, wohl aber von einem dominierenden länderübergreifenden sektoralen Trend, der in jedem Land durch nationale Sonderkonstellationen (Zeitpunkt und Umfang des weit reichenden Abbaus regulativer Eingriffe, Anbieterkonstellationen, gesamtwirtschaftliches Umfeld usw.) in gewissem Ausmaß modifiziert wird.

In Tabelle 3.4.7 und Schaubild 3.4.6 ist für die zurückliegenden zwei Jahrzehnte die Totale Faktorproduktivität für den Telekommunikationssektor ausgewiesen. Dabei zeigt sich in den meisten der hier ausgewählten Länder auch nach der Jahrtausendwende – und zwar im Gegensatz zu der Entwicklung in der Wirtschaft insgesamt – keine grundlegende Abschwächung des Wachstums. Der Telekommunikationssektor läuft vielmehr dem für die Wirtschaft insgesamt sowie für diverse andere Sektoren zu beobachtenden Trend entgegen. Im Telekommunikationssektor zeigt sich eher ein kontinuierlicher Anstieg der Totalen Faktorproduktivität, der sich seit der Jahrtausendwende sogar noch beschleunigt hat. Mit einigen Abstufungen lässt sich diese Tendenz – von Großbritannien einmal abgesehen – auch in den anderen hier ausgewählten Ländern feststellen, soweit Daten für diese vorliegen.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.4.7

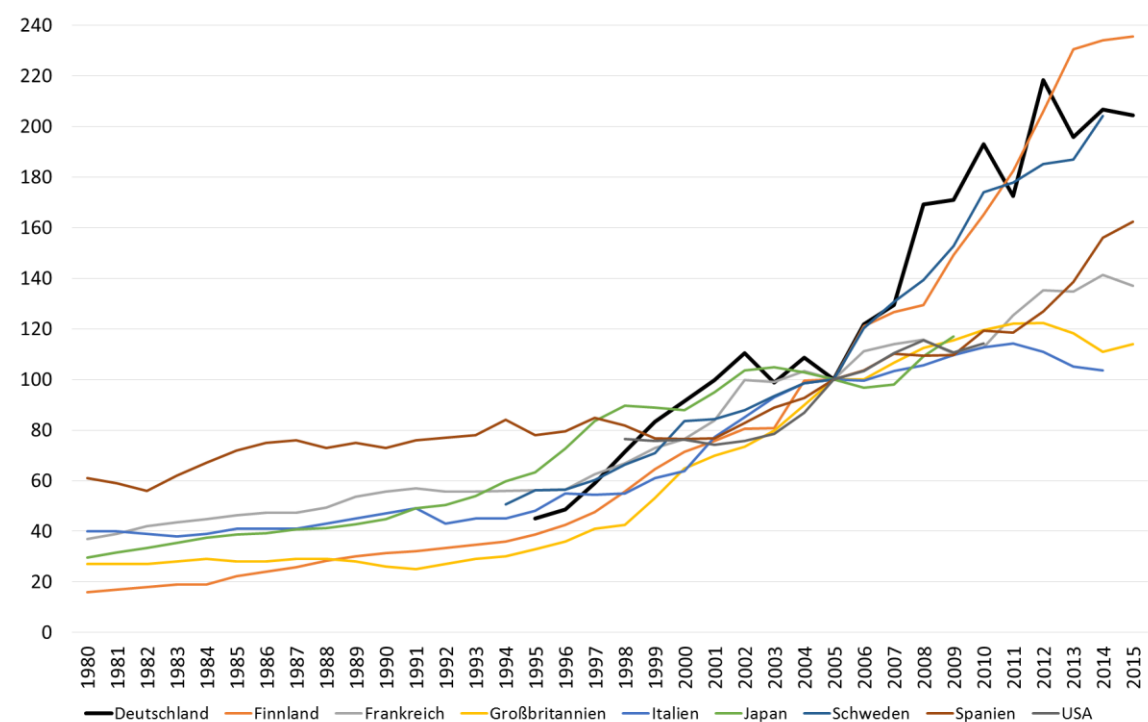
Totale Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich 2005=100

Land	1995	2000	2005	2010	2015	1995- 2000	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	1995- 2015
	<i>absolute Werte</i>					<i>Wachstum in % p.a.</i>				
Deutschland	45	91	100	193	204	15,2	1,8	14,0	1,2	7,9
Finnland	39	72	100	165	236	13,0	6,9	10,5	7,4	9,4
Frankreich	56	77	100	113	137	6,4	5,5	2,4	4,0	4,6
Großbritannien	33	65	100	120	114	14,4	9,1	3,7	-1,0	6,4
Italien	48	64	100	113	-	5,9	9,4	2,4	-	-
Japan	63	88	100	-	-	6,8	2,6	-	-	-
Schweden	56	84	100	174	-	8,3	3,6	11,7	-	-
Spanien	78	76	100	119	162	-0,4	5,5	3,6	6,4	3,7
USA	-	76	100	114	-	-	5,6	2,7	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts. – Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus der Division der realen Bruttowertschöpfung durch die geleisteten Arbeitsstunden.

Schaubild 3.4.6

Totale Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor im internationalen Vergleich 2005=100



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der EU-Klems-Datenbank.

3.4.4 Produktivitätsentwicklung auf Unternehmensebene

Die Analyse auf der Unternehmensebene basiert auf einer Auswertung von 550 Unternehmen mit dem NACE 2-Steller Code 61 aus der Bilanzdatenbank Amadeus. Diese Abgrenzung entspricht der WZ 2008, die den Analysen auf der Sektorebene zugrunde liegt. Tabelle 3.4.8 weist die arithmetischen Mittelwerte und Mediane des Umsatzes pro Mitarbeiter im Zeitverlauf aus. Die Umsätze wurden mit Hilfe des Erzeugerpreisindex deflationiert (in Preisen von 2010). Die Unternehmen des Telekommunikationssektors konnten ihre Umsätze von 2006 bis 2015 um mehr als ein Drittel auf etwa 219 Tsd. € pro Mitarbeiter steigern. Das hohe Niveau der Umsätze pro Mitarbeiter ist die Folge der hohen Kapitalintensität des Sektors. Die Steigerung des Umsatzes pro Mitarbeiter reflektiert die starke Zunahme des realen Outputs, der mit dem deutlich sinkenden Preisindex zusammenhängt. Wie Tabelle 3.4.9 zeigt, gab es nur geringe Änderungen des nominalen Umsatzes pro Mitarbeiter.

Tabelle 3.4.8

Umsatz pro Mitarbeiter im Telekommunikationssektor in Tsd. €

Jahr	Mittel	Median
2006	209,9	77,7
2007	219,4	89,1
2008	238,9	97,2
2009	250,7	101,6
2010	260,0	108,3
2011	299,6	113,7
2012	297,0	115,6
2013	301,6	117,1
2014	308,5	117,6
2015	291,0	119,3
Mittel	268,1	106,4

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. – Die Tabelle weist die Umsätze pro Mitarbeiter in Tsd. € im Durchschnitt und für den Median in Preisen des Jahres 2010.)

Tabelle 3.4.9

Nominale Umsatz pro Mitarbeiter im Telekommunikationssektor in Tsd. €

Jahr	Mittel	Median
2006	269,0	99,6
2007	260,1	105,7
2008	265,0	107,8
2009	264,4	107,1
2010	260,0	108,3
2011	289,6	110,0
2012	282,6	110,1
2013	283,3	110,2
2014	288,4	110,1
2015	269,2	110,3
Mittel	269,0	99,6

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. – Die Tabelle weist die Umsätze pro Mitarbeiter in Tsd. € im Durchschnitt und für den Median zu aktuellen Preisen aus..

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Die Produktivitätssteigerung, die im Folgenden anhand der Wertschöpfung pro Mitarbeiter (siehe nochmals Tabelle 3.4.10) sowie der Totalen Faktorproduktivität (Tabelle 3.4.11) gemessen wird, ist zwischen 2006 und 2015 sowohl im Durchschnitt wie auch im Median mit über 50% noch höher ausgefallen als das Wachstum der Wertschöpfung. Für die Totale Faktorproduktivität ergeben sich die entsprechenden Werte aus folgender Rechnung: $\exp(0.436-1)*100\%$ bzw. $\exp(0.368-1)*100\%$. Da der Materialeinsatz in den Dienstleistungssektoren generell nur eine relativ geringe Rolle spielt, wurde die Totale Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor mit der Wertschöpfung als Output sowie dem Einsatz von Kapital und Arbeit als Input geschätzt. Aufgrund der Regulierung des Telekommunikationssektors, die Wettbewerbsbedingungen schafft, und des dynamischen technischen Fortschritts beim Einsatz von IK-Technologien, der sich unmittelbar in der Entwicklung der Verbraucherpreise niederschlägt, ist die im Zeitverlauf zu verzeichnende deutliche Produktivitätssteigerung letztendlich wenig überraschend.

Da der Telekommunikationssektor durch relativ große Unternehmen dominiert wird und nur eine sehr geringe Zahl von patentierenden Unternehmen aufweist, wird von einer differenzierten Analyse nach Unternehmensgrößen sowie nach patentierenden und nicht patentierenden Unternehmen abgesehen (Tabelle 3.4.12). Diese geringe Patentaktivität reflektiert auch, dass zwar die Weiterentwicklung der IK-Technologien für die Branche eine große Rolle spielt, die Technologien selbst in anderen Sektoren der Wirtschaft weiter entwickelt und dann in Form von Kapitalinvestitionen zugekauft werden.

Tabelle 3.4.10

Wertschöpfung pro Mitarbeiter im Telekommunikationssektor

in Tsd. €

Jahr	Mittel	Median
2006	69,4	31,0
2007	78,5	35,6
2008	87,6	39,0
2009	93,3	41,2
2010	96,1	44,5
2011	113,8	47,8
2012	110,0	50,1
2013	117,4	50,8
2014	120,9	51,5
2015	107,1	51,8
Mittel	99,4	44,8

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. – Die Tabelle weist die Wertschöpfung pro Mitarbeiter in Tsd. € im Durchschnitt und für den Median innerhalb der Gruppe kleiner Unternehmen aus (Zahl der Mitarbeiter \leq Median), großer Unternehmen (Zahl der Mitarbeiter $>$ Median), Unternehmen mit und ohne Patentanmeldungen bis zum Jahr 2015 sowie die Unternehmen insgesamt.

Tabelle 3.4.11

Totale Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor

Jahr	Mittel	Median
2006	0,000	-0,080
2007	0,057	-0,025
2008	0,114	0,033
2009	0,216	0,147
2010	0,324	0,255
2011	0,306	0,254
2012	0,388	0,315
2013	0,418	0,361
2014	0,423	0,344
2015	0,436	0,368
Mittel	0,268	0,196

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. – Die Tabelle zeigt die (logarithmische) Totale Faktorproduktivität, gemessen als Differenz zum Durchschnittswert im Jahr 2006 im Durchschnitt und für den Median.

Tabelle 3.4.12

EPO-Patentanmeldungen der Unternehmen des Telekommunikationssektors

Zahl der Patentanmeldungen von in Amadeus erfassten Unternehmen des Sektors Telekommunikation beim EPO im Zeitablauf	
Patentanmeldungen beim EPO insgesamt	4.402
bis zum Jahr 2000	475
2001-2005	918
2006-2010	1.672
2011-2015	1.090
ab 2016	247

Anteil der in Amadeus erfassten Unternehmen des Telekommunikationssektors mit Patentanmeldungen beim EPO in % nach Zeitraum	
Patentanmeldungen beim EPO im gesamten Zeitraum	1,5
bis zum Jahr 2000	0,2
2001-2005	0,4
2006-2010	0,6
2011-2015	1,0
ab 2016	0,4

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. – Die Zahlen basieren auf den EPO-Patentanmeldungen aller Unternehmen im Telekommunikationssektor, die aktuell in der Amadeus-Datenbank für den Telekommunikationssektor registriert sind. Die Zahlen enthalten auch solche Patentanmeldungen von Unternehmen beim EPO die zwar nach dem Schwerpunktprinzip dem Telekommunikationssektor zugeordnet worden sind, aber technologisch nicht für diesen relevant sind. Analog hierzu sind solche Patentanmeldungen nicht in diesen Zahlen enthalten, welche zwar für den Telekommunikationssektors relevant sind, aber von Unternehmen anderer Sektoren getätigt wurden. Dies dürfte gerade im Falle des auf den externen Zufluss von Innovationen angewiesenen Telekommunikationssektors eine erhebliche Rolle spielen.

Tabelle 3.4.13 zeigt die Entwicklung der Produktivität anhand der Dekomposition nach Olley & Pakes (1996), welche die aggregierte TFP aufteilt in die Veränderung der ungewichteten Durchschnittsproduktivität pro Unternehmen und die Reallokation zwischen Unternehmen. Für den Telekommunikationssektor zeigt sich – wie auch bei der Automobilindustrie –, dass das Produktivitätswachstum der Branche insgesamt eher auf die gesteigerte Produktivität innerhalb von Unternehmen als auf die veränderten Marktanteile zurückzuführen ist. Allerdings gilt auch hier die Einschränkung, dass sich das Bild bei einer Berücksichtigung von Markteintritten und Marktaustritten teilweise ändern könnte. Theoretische und empirische Studien belegen, dass Marktein- und –Austritte eine wichtige Determinante des aggregierten Produktivitätswachstums sein können, da Unternehmen mit geringer Produktivität mit höherer Wahrscheinlichkeit aus dem Markt ausscheiden, während eintretende Unternehmen oft eine höhere Produktivität aufweisen können (siehe z.B. Bartelsmann und Doms 2000; Foster et al. 2008).

Tabelle 3.4.13

Dekomposition der Totalen Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor

Jahr	Aggregierte TFP	Ungewichtete TFP	Reallokation
2006	0,000	0,000	0,000
2007	0,033	0,057	-0,024
2008	0,288	0,114	0,174
2009	0,393	0,216	0,177
2010	0,341	0,324	0,017
2011	0,378	0,306	0,072
2012	0,393	0,388	0,004
2013	0,354	0,418	-0,064
2014	0,381	0,423	-0,041
2015	0,441	0,436	0,004
Mittel	0,300	0,268	0,032

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. – Die Tabelle zeigt die (logarithmische) Totale Faktorproduktivität, gemessen als Differenz zum Durchschnittswert im Jahr 2006 im gewichteten Durchschnitt, im ungewichteten Durchschnitt sowie als Kovarianz zwischen Produktivität und Marktanteilen.

Produktivitätsunterschiede sind im Telekommunikationssektor besonders ausgeprägt. Tabelle 3.4.14 zeigt daher die Verteilung der Produktivität über verschiedene Quantile. Wertschöpfung und Umsätze pro Mitarbeiter sind im 90%-Quantil der Verteilung mehr als zehnmals so hoch wie im 10%-Quantil. Auch die relative Totale Faktorproduktivität ist im 90%-Quantil um ein Vielfaches höher. Basierend auf der unkonsolidierten Bilanz aus dem Jahresbericht liegt z.B. die Deutsche Telekom mit etwa 200 Tsd. € Umsatz je Mitarbeiter im 75%-Quantil der Verteilung (der Umsatz pro Mitarbeiter des Gesamtkonzerns liegt bei ca. 300 Tsd. €). Zu den produktivsten Unternehmen im deutschen Telekommunikationssektor gehören u.a. Unternehmen, die kapitalintensive Netzwerklösungen anbieten. Geringe Umsätze und Wertschöpfungszahlen weisen nach einer Betrachtung einzelner Firmen demgegenüber Unternehmen auf, die web-basierte Lösungen anbieten (z.B. Call-Center) und in anderen Sektoren das Outsourcing wenig produktiver Aktivitäten ermöglichen. Hier könnte ein Problem auch darin liegen, dass diese Unternehmen über viele Teilzeitbeschäftigte verfügen, die beim „headcount“ jeweils einzeln gezählt werden, was die gemessene Produktivität verringert.

Tabelle 3.4.14

**Verteilung der Produktivität im Telekommunikationssektor
2015**

Quantil	10%	25%	50%	75%	90%
Umsatz je Mitarbeiter in Tsd. €	40,7	72,3	119,3	249,5	588,2
Wertschöpfung je Mitarbeiter in Tsd. €	16,7	31,8	51,8	103,4	221,2
TFP	-0,8	-0,2	0,4	1,0	1,8

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Amadeus-Datenbank. – Die Tabelle zeigt Umsätze und Wertschöpfung pro Mitarbeiter in Tsd. € und die (logarithmische) Totale Faktorproduktivität für verschiedene Quantile der Produktivitätsverteilung im Jahr 2015.

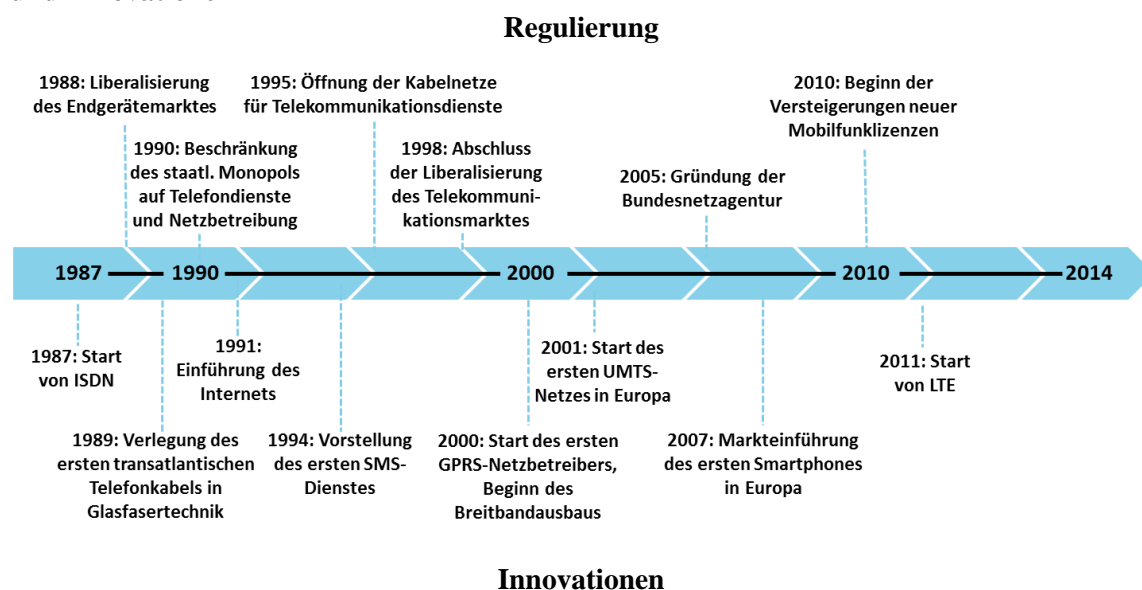
3.4.5 Determinanten der Produktivitätsentwicklung

Überblick

Der Telekommunikationssektor war noch in den frühen 1980er Jahren in allen entwickelten Marktwirtschaften stark reguliert. In den europäischen Ländern herrschten staatliche Telefongesellschaften vor, die als Anbieter eine Monopolstellung innehatten und in ihrer Preispolitik, da staatlich mehr oder weniger eng beaufsichtigt, nicht frei agieren konnten. Sie wurden dann, ausgehend von Großbritannien und den USA, eines der ersten Ziele der Liberalisierungs- und Deregulierungspolitik, die in der Folge mit unterschiedlichem Erfolg im Einzelnen auf immer weitere, bislang stark regulierte Wirtschaftsbereiche übertragen wurde. In Übersicht 3.4.2 werden für Deutschland Meilensteine bei der grundlegenden Liberalisierung (zugleich auch Neufassung der Regulierung) des Telekommunikationssektors dargestellt. Dazu korrespondierend werden Produktinnovationen aufgeführt, welche Voraussetzungen, Umfeld und Arten der leitungsgebundenen und nicht leitungsgebundenen Kommunikation bzw. der Informationsflüsse und des Informationsaustauschs in den zurückliegenden Jahrzehnten fundamental verändert haben.

Übersicht 3.4.2

Einflussfaktoren der Produktivitätsentwicklung – Meilensteine in Bezug auf Regulierung und Innovationen



Quelle: Eigene Darstellung.

Der Telekommunikationssektor wurde also ein bevorzugtes Objekt der Liberalisierungspolitik. Mittlerweile hatte eine rasante Entwicklung der neuen IK-Technologien eingesetzt und eine neue technologische „Geschäftsbasis“ für die Kommunikation geschaffen. Es bestanden ernsthafte Zweifel an der Fähigkeit bzw. auch Bereitschaft der staatlichen Telefongesellschaften, die sich eröffnenden Potenziale und Wege der Kommunikation möglichst rasch und im Interesse ihrer Kunden zu nutzen. Die ökonomische Sinnhaftigkeit des überkommenen sektoralen Ordnungskonzepts, das auf staatsdominierte Lösungen setzte, wurde jetzt nicht nur von markoliberal orientierten Ökonomen in Frage gestellt, stand auch von einer breiten Öffentlichkeit. Die Liberalisierung des Telekommunikationssektors gilt heute als Erfolgsgeschichte.

Da Innovationen bei IKT und die Deregulierung einen fundamentalen Einfluss auf die Entwicklung des Telekommunikationssektors und somit auch dessen Produktivitätsentwicklung hatten, stehen sie im Mittelpunkt des vorliegenden Abschnitts. Andere Faktoren wie Markttrends und Vorleistungsverflechtungen werden zusätzlich betrachtet. Zunächst wird ein Blick auf das Problem der Messung der Qualitätsentwicklung und der Preisveränderungen geworfen, dessen adäquate Lösung durch die Statistischen Ämter eine Voraussetzung für die Verfügbarkeit zuverlässiger Statistiken ist.

Messung der Produktqualität und Preiseffekte

Der Telekommunikationssektor stellt recht hohe Anforderungen an die Berechnung von Preisindizes, da die Wägungsanteile zeitnah angepasst und Qualitätsänderungen berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise führen die Flatrates aufgrund von nutzungsunabhängigen Festpreisen bei einer gleichzeitig steigenden Nutzung zu faktischen Preissenkungen, die entsprechend einzupreisen sind. Weiterhin werden Internetzugänge mit höheren Datenübertragungsgeschwindigkeiten bei gleichzeitig sinkenden Preisen angeboten. Zudem bekommen Bündelangebote von Festnetz und Internet eine zunehmende Bedeutung. Mitte der 2000er Jahre wurde daher eine methodische Weiterentwicklung der Erstellung der Erzeugerpreisindizes und deren empirischer Umsetzung vorangetrieben. Die Erzeugerpreisindizes für Telekommunikationsdienstleistungen werden vom Statistischen Bundesamt auf Basis der Umsätze und Absätze der Unternehmen erhoben (die in die Erhebung einbezogenen Unternehmen decken etwa 95% des Umsatzes des Telekommunikationssektors ab). Bei den Unternehmen werden für etwa eintausend Dienstleistungen (repräsentative Segmente) Umsätze und abgesetzte Mengen erhoben.

Regulative Einflüsse

Die Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Telekommunikationssektor betreffen insbesondere die Veränderungen der Rahmenbedingungen vor dem Hintergrund der Regulierung des Marktes sowie dem technischen Fortschritt. Eine Auswahl der diese beiden Aspekte betreffend besonders relevanten Meilensteine enthält die Übersicht 3.4.2 für den Zeitraum ab Ende der 1980er Jahre. Die Regulierung, die erforderlich war, um den zuvor monopolistisch strukturierten Markt in einen wettbewerblichen Markt umzuwandeln, scheint den Produktivitätsfortschritt im Telekommunikationssektor vorübergehend gehemmt zu haben. Unmittelbar nach der Regulierung des Telekommunikationsmarkts kam es zunächst zwar zu einer Zunahme des Produktionswerts (sowohl nominal als auch real), in der Folge gingen die Wachstumsraten dann aber deutlich zurück und waren ab Mitte der 2000er Jahre sogar negativ. Die mit der Regulierung einhergehenden positiven Wirkungen stellten sich somit erst mit einer zeitlichen Verzögerung ein, da zunächst erst einmal die erforderlichen Wettbewerbsbedingungen zu schaffen waren und der Markt sich auf diese neuen Bedingungen einstellen musste.

Die empirischen Befunde zeigen, dass die Produktivitätssteigerungen im Telekommunikationssektor vor allem durch den technischen Fortschritt bedingt waren. Darauf deutet insbesondere die Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität hin, die ein Indikator zur Messung des technischen Fortschritts darstellt (die Totale Faktorproduktivität im Telekommunikationssektor ist in Deutschland seit 1995 um durchschnittlich fast 8% p.a. gestiegen).

In Übersicht 3.4.3 werden die Regulierungsmaßnahmen in Hinblick auf ihre mögliche Auswirkung auf die Produktivitätsentwicklung hin abgeklöpft. Die einzelnen Maßnahmen haben für sich meist keine unmittelbare Produktivitätsrelevanz, jedenfalls nicht sofort, sondern erst mit einer zeitlichen Verzögerung, wenn davon perspektivisch positive Auswirkungen auf die Etablierung wettbewerblicher Marktstrukturen ausgehen.

Übersicht 3.4.3

Veränderungen von Rahmenbedingungen im Telekommunikationssektor im Zeitablauf

Zeitpunkt	Art der Änderung der Rahmenbedingung	Auswirkungen auf die Produktivität
1988	Liberalisierung des Endgerätemarkts	vorbereitende Maßnahmen für die generelle Öffnung des Telekommunikationsmarktes für Wettbewerber mit vermutlich ersten positiven Auswirkungen auf die Produktivität
1990	Beschränkung des staatlichen Monopols auf Telefondienste und Netzbetreibung	
1995	Öffnung der Kabelnetze für Telekommunikationsdienste	
1998	Abschluss der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes	Voraussetzung für die Schaffung wettbewerblicher Märkte und perspektivisch das Eintreten von Produktivitätssteigerungen
2005	Gründung der Bundesnetzagentur	eine sinnvolle Maßnahme zur Optimierung der Regulierung, aber ohne eine unmittelbare Relevanz für die Produktivitätsentwicklung
2010	Versteigerung neuer Mobilfunklizenzen	hierdurch wurde der Wettbewerb verstärkt, sonst erfolgte aber eher eine Umverteilung, die keine unmittelbare Produktivitätswirkung hatte

Quelle: Eigene Darstellung.

Technischer Fortschritt und wirtschaftszweiginterne Produktivitätssteigerungen

In Übersicht 3.4.4 werden die Meilensteine der Technologieentwicklung im Telekommunikationssektor auf ihre möglichen Auswirkungen auf die Produktivitätsentwicklung hin beleuchtet.

Übersicht 3.4.4

Technologieentwicklung im Telekommunikationssektor im Zeitablauf

Zeitpunkt	Art des technischen Fortschritts	Auswirkung auf die Produktivität
1987 1989	- Start von ISDN - Verlegung des ersten transatlantischen Telefonkabels in Glasfasertechnik	- Schaffung der Voraussetzungen für erhebliche Steigerungen des Datendurchsatzes
1991	- Einführung des Internets	- radikale Neuerung, große Produktivitätswirkungen
1994	- Vorstellung des ersten SMS-Dienstes	- neue Kommunikationsmöglichkeiten (später WhatsApp)
2000 2001	- Start des ersten GPRS-Netzbetreibers und Beginn des Breitbandausbaus - Start des ersten UMTS-Netzes in Europa	- Einstieg in die Datenübertragung im Mobilfunk mit deutlich höheren Übertragungsraten
2007	- Markteinführung des ersten Smartphones in Europa	- grundlegende Verbesserung der Konnektivität für Unternehmen
2011	- Start von LTE	- neuer Mobilfunkstandard mit Erhöhung des Datendurchsatzes

Quelle: Eigene Darstellung.

Festzuhalten bleibt, dass es im Telekommunikationssektor in den zurückliegenden Jahren immer wieder Innovationen gegeben hat, die sich positiv auf die Produktivität ausgewirkt haben. Beim Festnetz hat die Produktivität unseren Gesprächen zufolge u.a. deshalb zugenommen, weil heute bei Neuanschlüssen in der Regel keine Techniker mehr vor Ort sein müssen. Auch der Datendurchsatz hat exponentiell zugenommen, sodass das sog. Mooresche Gesetz – entgegen allen anderslautenden Prophezeiungen – nach wie vor Gültigkeit besitzt. Dieses „Gesetz“ besagt, dass sich die Leistungsfähigkeit integrierter Schaltkreise bei relativ geringen Kosten etwa alle 18-24 Monate verdoppelt (Moore 1965). Es stellt letztendlich die Grundlage für die sog. „Digitale Revolution“ dar, ist aber kein Naturgesetz, sondern eine Faustregel, die auf empirische Beobachtungen zurückgeht.

Zum Teil handelt es sich dabei vermutlich aber auch um eine sich selbst erfüllende Prophezeiung, da z.B. die Computerchipindustrie die Festlegung ihrer Meilensteine durch einen entsprechenden Kapitaleinsatz daran ausrichtet. Es gab zwar immer wieder Zweifel daran, dass der von Moore unterstellte Trend über längere Zeiträume anhalten könne, diese bestätigten sich bislang jedoch nicht. 2007 vertrat Moore selbst die Ansicht, dass das Ende der Gültigkeit seines Gesetzes etwa 2020 bevorstünde. Das Unternehmen Intel, das 2016 14-nm-Prozessoren fertigte, sieht die physikalische Grenze bei 2 nm. Das Unternehmen sucht daher nach neuen Halbleitertechnologien (z.B. dreidimensionale Schaltkreise, Spintronik, Supraleiter usw.), um sich auch weiterhin am Mooreschen Gesetz orientieren zu können. In dem Zusammenhang wird sich dann jedoch die Frage stellen, inwieweit sich die damit einhergehenden Leistungssteigerungen dann auch noch in einem entsprechend steigenden Anwendernutzen niederschlagen werden.

Inwieweit die skizzierten Entwicklungen im Telekommunikationssektor auch auf längere Sicht andauern, ist umstritten. Manche glauben, die größten Produktivitätszuwächse durch die Digitalisierung stünden noch bevor. Brynjolfsson und McAfee (2011) begründen dies mit einer damit einhergehenden verbesserten Wissens- und Technologieaustausch. Andere sind der Ansicht, die Produktivität von Investitionen in FuE bzw. Innovationen sinke, da physikalische Grenzen und Sättigungen erreicht würden (Gordon 2012; Nordhaus 2015; Bloom et al. 2017).

Markttrends, Angebot und Nachfrage

Die Märkte im Telekommunikationssektor werden, wie letztlich jeder andere Markt auch, maßgeblich durch die Entwicklungen auf der Angebots- und Nachfrageseite beeinflusst. Das Angebot neuer Technologien ist dabei meist mit Leistungssteigerungen bei der Netzinfrastruktur verbunden. Die damit einhergehenden Produktivitätseffekte können dann sehr rasch umgesetzt werden. Seitens der Nachfrage steht auf der Unternehmensseite wie auf der Seite der privaten Nutzer neben der Leistungsfähigkeit und Anwenderfreundlichkeit neuer Technologien insbesondere die damit verbundene verbesserte Konnektivität im Vordergrund. Die Marktstrategien der Unternehmen im Telekommunikationssektor müssen daher möglichst passgenau auf die Anforderungen des Marktes ausgerichtet werden, um eine entsprechende Nachfrage zu generieren.

Nachfrager der Netzinfrastruktur finden sich in allen Marktsegmenten der Wirtschaft. Dazu gehören die Serviceprovider, die bei den sonstigen Telekommunikationsdienstleistungen gelistet sind (Sektion 61.9), die Informationsdienstleister (63), aber auch Unternehmen des Verarbeitenden und des Dienstleistungsgewerbes, die sich in ihrer Leistungserstellung immer stärker vernetzen. Dabei sind zwei Phänomene zu beobachten: eine fehlende oder schlechte Netzinfrastruktur kann die Entwicklung von Marktfeldern bei den Kunden (insbesondere den Unternehmen) behindern. Dies zeigte sich insbesondere bei einem Gespräch mit einem Unternehmen des Maschinenbaus, bei dem die Unternehmensleitung über die sehr schlechte Netzinfrastruktur in der Region klagte, die die Entwicklung mobiler Services durch die Unternehmen behindert. Außerdem bietet eine verbesserte Netzinfrastruktur den Rahmen für ein (potenzielles) Angebot an neuen Dienstleistungen. Ob diese dann tatsächlich entstehen, kann nicht mit Sicherheit von vorneherein gesagt werden. Jedoch zeigt die Erfahrung aus den vergangenen Jahren, dass bislang neue Angebote dazu geführt haben, dass die neuen Netzkapazitäten auch genutzt wurden.

Vorleistungsverflechtungen

Der Telekommunikationssektor ist, so stellten wir oben bereits fest, aufs engste mit seinen Lieferanten- und Abnehmersektoren verbunden. Das sich in ihm vollziehende Innovationsgeschehen lässt sich ohne die Technologief Flüsse sowohl aus dem Bereich der Produzenten der Hardware und Software, die für den Erhalt und Ausbau der Telekommunikationsinfrastruktur erforderlich sind, als auch der Abnehmersektoren in der Internetwirtschaft (z.B. Internetdienstleister und -händler wie Google und Amazon) nicht adäquat verstehen. Die hier bestehenden vielfältigen Verflechtungen können nur in begrenztem Maße durch die Input-Output-Tabellen widerspiegelt werden. Trotzdem vermittelt ein Blick auf die Vorleistungsverflechtungen des Telekommunikationssektors wie schon bei den beiden im vorausgehenden Text behandelten Sektoren interessante Einblicke in die Strukturen des Sektors.

Die Tabellen 3.4.15 und 3.4.16 zeigen Veränderungen der Produktions- und Vorleistungsstruktur des Telekommunikationssektors für die statistisch dokumentierten Zeiträume einerseits im Zeitraum von 1995 bis 2007 und von 2008 bis 2013. Wie schon im Falle der beiden anderen Sektoren sind die Daten der beiden Tabellen, da sie unterschiedlichen Wirtschaftszweigsystematiken folgen, nicht direkt miteinander vergleichbar. Datenrevisionen schränken bei der zweiten Tabelle auch die Datenvergleichbarkeit innerhalb des ausgewiesenen Zeitraums ein. Insbesondere umfasst die Abgrenzung des Sektors nach WZ 2003 neben den Telekommunikationsdienstleistungen auch die Post-, Kurier- und Expressdienstleistungen, was bei der Bewertung der Daten für den Zeitraum 1995 bis 2007 zu beachten ist.

Die wichtigsten Informationen, die sich aus den Tabellen ableiten lassen, sind wie folgt zu fassen:

- (1) Der Anteil der Vorleistungen aus inländischen Produktionsbereichen einschließlich Dienstleistungssektoren am Produktionswert hat in Anschluss an die Marktöffnung des Sektors deutlich zugenommen und sich von 20,8% 1995 auf 40,5% 2007 erhöht (sektorale Abgrenzung nach WZ 2003). Die für die darauf folgenden Jahre ausgewiesenen Werte liegen noch weitaus höher (Spitzenwert 60,1% in 2010). Jedoch erscheint ein direkter Vergleich mit dem vorausgegangen Zeitraum aufgrund der starken Unterschiede zwischen WZ 2003 und WZ 2008 besonderes im Bereich der Erfassung der Dienstleistungswirtschaft nicht sinnvoll. Immerhin lässt sich sagen, dass die Ausweitung des Vorleistungsanteils in jüngster Zeit zum Stillstand gekommen und wieder ein leichter Rückgang festzustellen ist.
- (2) Der Bezug von Gütern des Sektors 26 der WZ 2008 (DV-Geräte, elektronische Bauelemente und Erzeugnissen für Telekommunikation und Unterhaltung), also dem Sektor, aus welchem die Telekommunikationsunternehmen ihre Hardware beziehen, ist erheblichen Veränderungen unterworfen und dürfte in engem Zusammenhang mit einer Variation der Investitionstätigkeit der Telekommunikationsunternehmen stehen.
- (3) Die innersektoralen Vorleistungsbezüge des Telekommunikationssektors haben sich seit den 1990er Jahren drastisch erhöht (von 0,5% des Produktionswerts in 1995 auf 26,0% in 2010). Zuletzt war hier wieder ein Rückgang zu beobachten. Die steigenden Anteile der innersektoralen Bezüge erklären sich aus den dramatischen Veränderungen des regulativen Umfelds der Telekommunikation und der Herausbildung eines inzwischen durch einen intensiven Wettbewerb charakterisierten Marktes.
- (4) Vergleichsweise gering sind die Anteile der Vorleistungsbezüge aus Importen (5,8% 1995, 4,1% 2013). Während im ersten der beiden betrachteten Zeiträume noch deutliche Steigerungen zu beobachten waren, ist jüngst ein eher leicht abfallender Trend bzw. eine Stabilisierung auf niedrigem Niveau zu beobachten. Bei immerhin einem Drittel der importierten Vorleistungsgüter bzw. -dienstleistungen handelt es sich um DV-Geräte und elektronische Bauelemente. Die starken Abweichungen der revidierten von den erstveröffentlichten Daten (2010) weisen auf Erfassungsprobleme hin.

Tabelle 3.4.15

Produktionsstruktur der Nachrichtenübermittlungs-Dienstleistungen 1995 bis 2007

CPA		1995 (rev 2005)	2003 (rev 2005)	2004 (rev 2005)	2007 (rev 2005)
<i>Vorleistungen aus inländischer Produktion</i>					
32	Nachrtechn., Rundf.- und Fernsehgeräte, elektron. Bauelemente	1,94	2,21	2,44	2,52
15-31,33-37	Sonstige Vorleistungen aus dem Verarbeitenden Gewerbe	2,52	1,87	1,69	2,02
64	Nachrichtenübermittlungs-DL	0,45	19,59	17,18	14,87
70	DL des Grundstücks- und Wohnungswesens	5,08	4,84	4,47	5,40
74	Unternehmensbezogene DL	2,21	3,46	3,49	4,55
45-63, 65-69, 71-73, 75-95	Sonstige Dienstleistungen	7,86	8,88	8,50	10,40
1-14, 40,41	Andere Bereiche	0,77	0,57	0,64	0,72
1-95	Vorleistungen der Produktionsbereiche	20,84	41,43	38,41	40,48
	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus Importen	5,82	7,52	7,45	9,94
	Gütersteuern abzüg. Gütersubventionen	2,15	1,11	1,22	1,38
1-95	Vorleistungen zu Anschaffungspreisen	28,80	50,05	47,07	51,80
	Bruttowertschöpfung	71,20	49,95	52,93	48,20
	Produktionswert	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Vorleistungen aus Importen: Aufteilung (100%: alle Importe)</i>					
30	Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen	2,31	4,15	4,30	3,88
32	Nachrtechn., Rundf.- und Fernsehgeräte, elektron. Bauelemente	1,19	3,01	3,37	3,72
15-29, 31, 33-37	Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe	5,63	4,31	3,50	3,44
64	Nachrichtenübermittlungs-DL	84,93	75,07	75,60	74,61
45-63, 65-69, 71-73, 75-95	Sonstige Dienstleistungen	5,63	13,15	13,01	14,06
1-14, 40,41	Andere Bereiche	0,31	0,30	0,23	0,28
1-95	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus Importen	100,00	100,00	100,00	100,00

Quelle: Statistisches Bundesamt. Nach WZ 2003. Angaben zu Herstellungspreisen. Abweichungen zwischen Produktionswert - Vorleistungen und Bruttowertschöpfung: Gütersteuern abzüglich Subventionen. Die Jahreswerte basieren auf dem selben Revisionsstand und sind somit direkt vergleichbar. CPA: Statistical Classification of Products by Activity.

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

Tabelle 3.4.16

Produktionsstruktur des Telekommunikationssektors 2008 bis 2013

CPA		2008 (rev 2011)	2010 (rev 2011)	2010 (rev2014)	2013 (rev 2014)
<i>Vorleistungen aus inländischer Produktion</i>					
26.1-26.4	DV-Geräte, elektron. Bauelem. u. Erzeugn. f. Telekomm. u. Unterhaltg.	6,21	8,06	3,67	1,77
10-25,26.5-26.8, 27-33	Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe	2,23	3,04	2,88	2,58
53	Post-, Kurier- und Expressdienstleistungen	4,13	3,01	2,36	2,91
61	Telekommunikationsdienstleistungen	18,27	18,66	26,00	23,67
62-63	IT- und Informationsdienstleistungen	2,69	2,37	2,66	4,22
68	Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens	6,79	6,93	8,09	7,64
78	Dienstleistungen der Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	0,04	7,06	0,87	0,64
37-52, 54-60, 64-67, 69-77, 79-98	Sonstige Dienstleistungen	13,05	10,14	10,43	10,81
1-9, 35, 36	Andere Bereiche	0,83	0,81	1,21	1,23
1-98	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus inländischer Produktion	54,22	60,07	58,18	55,46
1-98	Vorleistungen der Produktionsbereiche aus Importen	4,77	2,63	3,68	4,14
	Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen	0,29	0,26	0,24	0,25
	Vorleistungen insgesamt	59,29	62,97	62,10	59,85
	Bruttowertschöpfung	40,71	37,03	37,90	40,15
	Produktionswert	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Vorleistungen aus Importen: Aufteilung (100%: alle Importe)</i>					
26.1-26.4	DV-Geräte, elektron. Bauelem. u. Erzeugn. f. Telekomm. u. Unterhaltg.	28,09	32,17	36,57	33,89
10-23,26.5-33	Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe	5,07	9,88	8,28	8,27
61	Telekommunikationsdienstleistungen	26,55	0,27	12,41	11,88
62-63	IT- und Informationsdienstleistungen	13,60	16,09	17,74	12,73
72	Forschungs- und Entwicklungsleistungen	2,07	1,50	0,00	0,00
37-61. 64-71, 73-98	Sonstige Dienstleistungen	23,34	38,45	23,87	32,38
1-9, 35, 36	Andere Bereiche	1,28	1,64	1,13	0,85

Quelle: Statistisches Bundesamt. Nach WZ 2008. Angaben zu Herstellungspreisen. Die Werte für die Revisionen 2011 und 2014 sind nicht direkt vergleichbar. CPA: Statistical Classification of Products by Activity.

Rolle der IKT

Die neuen IK-Technologien sind als Querschnittstechnologien in allen Sektoren der Wirtschaft anzutreffen und prägen in zunehmendem Maße Wirtschaft und Gesellschaft. Der Telekommunikationssektor nimmt eine Schlüsselstellung bei der Digitalisierung der Wirtschaft ein, indem er grundlegende Infrastrukturen für die digitale Vernetzung bereitstellt. Er steht somit selbst im Zentrum der sich anbahnenden informationstechnischen Revolution. Rasche Fortschritte bei der weiteren Modernisierung und beim Ausbau der Telekommunikationsinfrastruktur sind die Voraussetzung dafür, dass Deutschland seine ehrgeizigen Ziele bei der Digitalisierung der Industrie (Industrie 4.0) erreicht und in den nächsten Jahrzehnten einen Spitzenplatz unter den führenden Wirtschaftsnationen behauptet. Insofern sind interne Produktivitätszuwächse im Telekommunikationssektor und das Produktivitätswachstum in der Gesamtwirtschaft eng miteinander verbunden und Fortschritte im erstenen Voraussetzungen für solche in der Gesamtwirtschaft.

Das Expertengespräch mit einem Telekommunikationsunternehmen machte deutlich, dass die Kapazität des leitungsgebundenen und nicht leitungsgebundenen Telekommunikationsnetzes den Rahmen für die Entwicklung neuer Dienstleistungsangebote durch Unternehmen in allen Sektoren der Wirtschaft bildet. Die Leitungskapazität ermöglicht somit neue Dienstleistungsangebote, ohne dass von vornherein sicher ist, ob diese Kapazitäten auch genutzt werden. Die mit den Angeboten verbundenen Produktions- und Produktivitätssteigerungen finden dann in den unterschiedlichen Anwendungssektoren statt (wie etwa auch im Automobil- oder Maschinenbau). Ein Gespräch mit einem der Unternehmen aus dem Maschinenbausektor zeigte, dass das gerade in ländlichen Räumen teilweise noch sehr lückenhafte nicht leitungsgebundene Netz bzw. die geringe Kapazität des leitungsgebundenen Netzes hier ein Wachstumshindernis für innovative mittelständische Unternehmen darstellen kann.

Die jüngste öffentliche Diskussion über Rückstände beim Ausbau des deutschen Glaskabelnetzes und das Nichterreichen einschlägiger Ziele, die seinerseits durch die letzten beiden Bundesregierungen gesetzt wurden, zeigen ebenso wie internationale Vergleiche der Telekommunikationsinfrastruktur (so z.B. mit den skandinavischen Ländern), dass in Deutschland noch erhebliche Spielräume für eine Forcierung der Telekommunikationsinfrastruktur bestehen. Dies impliziert gleichzeitig die Existenz von erheblichen Möglichkeiten für Produktivitätssteigerung im Telekommunikationssektor, die auch starke Auswirkungen auf die Sektoren haben können, in denen die zusätzlichen Netzkapazitäten genutzt werden.

3.4.6 Einfluss von FuE und Innovationen auf die Produktivitätsentwicklung

Die empirischen Analysen geben Hinweise darauf, dass die Produktivitätsentwicklung im Telekommunikationssektor maßgeblich durch den technischen Fortschritt getrieben wird. Zentral ist dabei die Weiterentwicklung der IK-Technologien, die sich über die zunehmende Leistung der leitungsgebundenen und mobilen Netzwerkinfrastruktur zeigt. Die entsprechende FuE wird jedoch teilweise nicht von den Unternehmen selbst vorgenommen. Vielfach wird die Hardware und Software für die entsprechende Infrastruktur von den Unternehmen nur zugekauft. Gleichzeitig bestehen teilweise auch Einheiten wie die Telekom Laboratories, die in einer übergeordneten Funktion die Entwicklung von Innovationen in den Unternehmen vorantreiben.¹¹

Rein rechnerisch waren dies rund 80% des Produktivitätsfortschritts, was sich daraus ergibt, dass die Arbeitsproduktivität um rund 10% p.a. und die Totale Faktorproduktivität um knapp 8% p.a.

¹¹ laboratories.telekom.com/public/Deutsch/ueber_uns/Pages/Mission.aspx (Abruf vom 14.09.2017).

3. Ergebnisse der Sektor-Fallstudien

steigt. Für das Hervorrufen eines solchen vergleichsweise hohen Produktivitätswachstums war es erforderlich, in FuE und Innovationen zu investieren, aber vielfach auch Technologien zuzukaufen, um auf diesem Wege technologische Neu- bzw. Weiterentwicklungen zu generieren, welche dann in entsprechenden Produktivitätssteigerungen zum Ausdruck kommen.

Es kann im Telekommunikationssektor noch einige Zeit zu hohen Produktivitätssteigerungen kommen, solange neue technologische Entwicklungen angestoßen werden können. In einigen Bereichen dürfte man früher oder später aber an physikalische Grenzen stoßen. Zum einen wird der Aufwand, um weitere Leistungssteigerungen zu erreichen, immer höher werden, was dann in abnehmenden Grenzerträgen zum Ausdruck kommen wird. Zum anderen gibt es keinen linearen Zusammenhang zwischen einer technologischen Leistungssteigerung, etwa in Form einer Erhöhung des Datendurchsatzes, und dem sich daraus ergebenden Nutzen für den Anwender. Letzterer ist davon abhängig, wie die Kommunikationsmittel genutzt werden. Für einen Nutzer wird beispielsweise eine Internetleitung, die für seine Anwendungen bereits einen ausreichenden Datendurchsatz gewährleistet, eine weitere Verdopplung oder Verdreifachung der Leitungsgeschwindigkeit keinen entsprechenden Nutzen mehr mit sich bringen können, wie das bei den zuvor erfolgten Leistungssteigerungen möglicherweise noch der Fall war. Daher ist auch mit einem tendenziell fallenden Grenznutzen zu rechnen.

Bei statischer Betrachtung, die also ausschließlich auf die gegenwärtigen Nutzungen bezogen wäre, ist daher früher oder später mit einer Abflachung des Produktivitätsfortschritts auch im Telekommunikationssektor zu rechnen. Allerdings besteht einerseits gerade in Deutschland noch ein erheblicher Nachholbedarf, was etwa den Ausbau des Glasfasernetzes anbelangt. Zum anderen hat sich in der Vergangenheit immer wieder gezeigt, dass der Sektor Innovationen hervorgebracht hat, die neue Nutzungsmöglichkeiten hervorriefen. Sollte das auch künftig der Fall sein, spricht an sich wenig dagegen, dass sich die hohen Produktivitätssteigerungen noch über längere Zeiträume hinweg fortsetzen.

4. Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik

Im Folgenden werden zentrale Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt (Abschnitte 4.1 bis 4.3), sektorübergreifende Schlussfolgerungen gezogen (Abschnitt 4.4) und auf dieser Basis Empfehlungen für die Politik gegeben (Abschnitt 4.5). Dabei werden die Befunde auch den Ergebnissen der Literaturlauswertung gegenübergestellt, die parallel durch das ZEW durchgeführt wird.

4.1 Produktivitätszuwächse in der Automobilindustrie

In der Automobilindustrie ist im betrachteten Zeitraum insgesamt **keine Tendenz zur Verringerung des Produktivitätswachstums** zu beobachten. Im Gegenteil, das Produktivitätswachstum hat im Zeitablauf eher zugenommen. Sowohl die Arbeitsproduktivität (+5,0%) als auch die Totale Faktorproduktivität (+3,1%) ist von 2005 bis 2014 deutlich stärker gewachsen als im Gesamtdurchschnitt der Wirtschaft (+0,8% und +0,5%). Im Zeitablauf war zumindest ab 2005 eher eine Zunahme des Wachstums der Arbeitsproduktivität zu verzeichnen (+4,9% in 2005 bis 2010 und +5% in 2010 bis 2014 gegenüber -2,7% 1995 bis 2000 und +3,9% 2000 bis 2005 bezogen auf die Wertschöpfung je Beschäftigten).

Innerhalb des Wirtschaftszweigs war, wie ein Blick auf die Kostenstrukturstatistik zeigt, das Produktivitätswachstum bei der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen deutlich höher als bei der Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern sowie der Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen und Motoren. So war bei der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen das Produktivitätswachstum mit 2,9% jährlich von 1995 bis 2015 fast dreimal so hoch wie bei der Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern (1,1%). Auch die Arbeitsproduktivität war 2015 mit 132 Tsd. € je Beschäftigten bei der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren deutlich höher als in den anderen Wirtschaftszweigen (Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhänger 59 Tsd. €; Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen und Karosserien 90 Tsd. €).

Gleichzeitig gab es nach den Ergebnissen der Expertengespräche und der Literaturlauswertung nicht einen einzelnen Faktor, der die Produktivität erhöht hat, vielmehr **haben mehrere Faktoren in ihrem Zusammenspiel zur Produktivitätsentwicklung beigetragen**. Insgesamt ist die Wertschöpfungskette im Fahrzeugbau durch einen hohen Druck in Richtung Effizienzsteigerungen gekennzeichnet, der durch die Wettbewerbssituation (hoher Wettbewerbsdruck in der Gesamtbranche) und die Fokussierung der OEMs auf Produktivitätszuwächse hervorgerufen wurde. Dies ging mit einer ausgeprägten Verlagerung von Wertschöpfung zu den Zulieferern einher, die in den letzten Jahren teilweise wieder rückgängig gemacht wurde. So sank der Anteil der Wertschöpfung am Produktionswert von 1995 bis 2007 von 35 auf 20%, während ab 2008 bis 2013 in der Statistik wieder ein leichter Anstieg des Wertschöpfungsanteils um ca. 4 Prozentpunkte zu verzeichnen war. Die Zunahme der Vorleistungen war zum Großteil innerhalb des Sektors zu verzeichnen, was dadurch zu erklären ist, dass das Outsourcing zu einem erheblichen Teil innerhalb der Wertschöpfungskette zwischen OEMs und Systemzulieferern erfolgte. Gleichzeitig war in den 1990er und bis Anfang der 2000er Jahre eine Verlagerung von weniger produktiven Teilen der Produktion ins Ausland zu beobachten. Diese war zum großen Teil dadurch geprägt, dass für die Marktbearbeitung im Ausland Produktionskapazitäten aufgebaut und dann später die dort produzierten Vorprodukte teilweise wieder importiert wurden. Der Anteil der Vorleistungen aus Importen nahm demgegenüber insbesondere im Zeitraum von 1995 bis 2007 zu, jedoch deutlich langsamer, und zwar von 18,7 auf 20,1%.

4. Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik

Sowohl die Zulieferer als auch die OEMs haben darüber hinaus durch eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen die **Effizienz ihrer Produktion sukzessive immer weiter gesteigert**, wobei ein Anstoß von der Übernahme von Produktionskonzepten aus Japan in den 1980er und 1990er Jahren ausgegangen ist. Dabei spielte die Nutzung von neuen Maschinen und Robotern in Teilen der Produktion eine wichtige Rolle. Nach den Ergebnissen der Gespräche ist es in den vergangenen 15 bis 20 Jahren in der Produktion zu einer Halbierung der Arbeitszeit je Kfz gekommen, dem zentralen Produktivitätsindikator in der Produktion. Diese anhand der Arbeitsproduktivität gemessene Produktivitätssteigerung entspricht in etwa auch der Produktivitätssteigerung in Hinblick auf die Arbeitsproduktivität in diesem Zeitraum (eine Zunahme um 90% im Zeitraum 2000 bis 2015 bezogen auf die Wertschöpfung je Beschäftigten).

Der **internationale Vergleich der Produktivitätsentwicklung im Automobilsektor** fällt für die deutschen Hersteller mit Einschränkungen positiv aus. Die Arbeitsproduktivität erhöhte sich im deutschen Fahrzeugbau zwischen 1995 und 2015 um 3,0% p.a., die Totale Faktorproduktivität um 1,8% p.a. Deutschland nahm damit bei beiden Indikatoren eine mittlere Position ein. Fast gleichlaufende Entwicklungen der Arbeitsproduktivität in der Automobilindustrie der Sitzländer der OEMs erklären sich daraus, dass die weltweit operierenden OEMs sich an ihren über alle Kontinente hinweg verteilten Standorten ähnlicher produktionsorganisatorischer Maßnahmen zur Kostenreduzierung und zur Ausnutzung von Skaleneffekten bedienen.

Übersicht 4.1 fasst die Befunde zu den im Automobilsektor zentralen Determinanten der Produktivitätsentwicklung zusammen. Um die Auswirkungen größerer Innovationen auf die Produktivität in der Automobilindustrie abschätzen zu können, wurde auf Basis existierender Voruntersuchungen eine **Modellrechnung** durchgeführt, um auf der Basis unterschiedlicher Szenarien die Auswirkungen der Diffusion von Elektro- und Hybridautos bis zum Jahr 2030 untersuchen zu können. Bei der Elektromobilität handelt es sich zwar um keine radikale Innovation in dem Sinne, dass sie das Gesamtsystem beeinflusst. Dennoch betreffen die ingenieurstechnischen Unterschiede zwischen Elektro-, Hybrid- und Verbrennungsmotor-Autos in Bezug auf den Motor und das Getriebe sowie Teilen der Elektrik einen erheblichen Teil der Unternehmen, der Wertschöpfung und der Beschäftigten. So liegt der Anteil der Wertschöpfung dieser Teile an der Gesamtwertschöpfung im Wirtschaftszweig Kraftwagen und Kraftwagenteile bei gegenwärtig ca. 15% (der Anteil am Produktionswert ist sogar noch höher).

Einem Ausgangsszenario mit einem gegenüber heute konstant gehaltenen Anteil von Elektro- und Hybridautos wurde im Rahmen der Modellrechnungen ein Szenario mit einem erhöhten Anteil von Elektrofahrzeugen (15% aller produzierten Fahrzeuge in 2030) und Hybridautos (30%) gegenübergestellt. Insgesamt zeigt sich, dass sowohl ein erhöhter Anteil von Elektro- und Hybridautos (Szenario 1) als auch ein erhöhter Wertschöpfungsanteil in Deutschland (Szenario 2) die Produktivität bei der Herstellung der Bauteile, die mit der Antriebstechnik in Zusammenhang stehen, erhöht. Diese Erhöhung wird beeinflusst durch die Produktivität bei der Erstellung der verschiedenen Bauteile und die damit in der Zukunft noch verbundenen Effizienzpotenziale. Darüber hinaus spielen die Geschwindigkeit der Veränderung und die Frage, wo die jeweiligen Bauteile produziert werden, eine zentrale Rolle für die Produktivitätseffekte.

Die Auswirkungen der beschriebenen Entwicklungen auf die Produktivitätszahlen des Fahrzeugbaus stellen sich wie folgt dar: Es sinkt die Beschäftigung im Fahrzeugbau durch die Umstrukturierung bis 2030 in Szenario 1 gegenüber dem Ausgangsszenario um 0,7%, während sie in Szenario 2 gegenüber Szenario 1 um 0,4% steigt. Gegenüber dem Ausgangsszenario kann man in Szenario 2 eine Beschäftigungsabnahme beobachten. Diese resultiert daraus, dass die Produktion von den Bauteilen im Antriebsbereich beim Elektroauto deutlich weniger beschäftigungsintensiv ist

als bei der Herstellung von konventionellen Motoren und Getrieben. Zu bedenken ist, dass diese Zahlen sehr stark vom zukünftigen Mix abhängen, da Hybridautos deutlich beschäftigungsintensiver produziert werden als solche mit Elektroantrieb. Die Arbeitsproduktivität liegt in Szenario 1 gegenüber dem Ausgangsszenario um 3,6% höher und in Szenario 2 um 6,2% oberhalb des Wertes des Ausgangsszenarios. Diese Produktivitätseffekte sind u.a. auf die von vorneherein hohe Produktivität bei der Herstellung von Batterien und Elektromotoren sowie auf unterstellte größere Lerneffekte bei der Herstellung von Elektrobatterien in der Produktion zurückzuführen (die Herstellung von Elektromotoren ist bereits heute sehr effizient möglich).

Übersicht 4.1

Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Fahrzeugbau

Möglicher Einflussfaktor	Entwicklung	Auswirkungen
Technischer Fortschritt, wirtschafts-zweiginterne Produktivitätssteigerung	Kontinuierliche Verbesserung der Produktion, Erschließen immer neuer Potenziale durch Hersteller, Zulieferer; Beitrag von Robotern und IKT-Technologien, gleichzeitig aber auch „traditionelle“ sukzessive Prozessoptimierung.	Kontinuierliche Produktivitätsverbesserungen; mögliche Stagnation durch auslaufende Lernkurveneffekten
Regulierungen, staatliche Maßnahmen	V.a. Umweltschutz- und Sicherheitsstandards ermöglichen es, die Eigenschaften der Fahrzeuge zu verbessern und mit den neuen Bauteilen auch neue Lernprozesse in der Produktion zu realisieren.	Immer neue Impulse durch die Integration und sukzessive Verbesserung neuer Bauteile/Systeme
Nachfrage	Zusätzliche Nachfrage nach Produkteigenschaften (Navigation, Vernetzung) führt zu höherer Komplexität; Nachfrage nach stärker individualisierten Produkten.	Potenziale zu Produktivitätssteigerung, aber auch entgegengesetzte Effekte durch erhöhte Komplexität der Produktion
Messung der Produktqualität/Preiseffekte	Kontinuierliche Verbesserung der Fahrzeuge, Neuerungen führen zur Erfordernis, diese bei der Preisbereinigung zu berücksichtigen, Dies kann sehr gut durch den Vergleich des Preises für das gleiche Modell gemacht werden, es gibt keine Hinweise auf Probleme.	Kein Einfluss durch Messprobleme
Verschiebung von Teilen der Wertschöpfung	Verschieben von weniger produktiven Aktivitäten von den OEMs zu den Zulieferern (innerhalb des Sektors, teilweise darüber hinaus). Nachfrage und Integration von Systemen ermöglichen höherer Produktivität insbesondere bei OEMs. Insbesondere in den 1990er Jahren auch teilweise Verschiebung von weniger produktiven Aktivitäten ins Ausland.	Insgesamt: Erhöhung der Produktivität, v.a. bei den OEMs, teilweise auch bei den Systemzulieferern
Rolle von IKT	Zuletzt teilweise rückläufige Tendenzen (Nachteile der Verlagerung von Produktionskompetenzen). Einsatz von IKT (Datenanalysen, neue Maschinengenerationen) in der Produktion erhöht die Produktivität; im Mittelpunkt stehen sukzessive, kleine Verbesserungen von Prozessen sowie Zeit- und Materialersparnis. Einsatz von IKT in den Produkten; IKT führt dazu, dass das Produkt komplexer wird, teilweise erfolgt Zulieferung von Systemen von Systemanbietern.	Tendenziell Erhöhung der Produktivität; aber: höhere Produktkomplexität kann zu sinkender Produktivität führen

Quelle: Eigene Darstellung.

4. Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik

Der **Zusammenhang zwischen Forschung, Innovationen und Produktivitätsentwicklung** ist, wie sich auf Basis der Untersuchungen zeigt und wie sich das auch aus den Modellrechnungen ergibt, komplex. Dies belegen auch die Ergebnisse der mikroökonomischen Untersuchungen, nach denen die Totale Faktorproduktivität bei den patentierenden (tendenziell den innovativeren) Unternehmen zwischen 2006 und 2015 mit 8,4% deutlich stärker zugenommen haben als bei den nicht patentierenden Unternehmen (+4,9%).

Der Anstoß zu Forschung und Innovationen geht u.a. von Bedürfnissen und Wünschen der Kunden (etwa in Hinblick auf die Fahrsicherheit oder die Vernetzung des Autos) und Veränderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen (etwa in Hinblick auf den Umweltschutz) aus. Forschung ist gleichzeitig hauptsächlich auf Produktinnovationen konzentriert. Die **unmittelbaren Verbesserungen in der Produktion**, die einen erheblichen Teil der Produktivitätssteigerungen dort vorantreiben, **gehen mit einem sehr geringen Teil der FuE-Aufwendungen einher** (größtenteils produktionsbegleitend). Forschung und Neuerungen führen zu einer Weiterentwicklung der Produkteigenschaften, die erst einmal die Realisierung zusätzlicher Wertschöpfung ermöglichen und, wie die Gespräche zeigten, den Unternehmen die Möglichkeit bieten, den Preis vorübergehend über die Kosten zu erhöhen. Die Richtung und Größenordnung der Auswirkungen auf die Produktivität im Automobilsektor ist abhängig von der Produktivität bei der Einführung der Neuerungen, dem Wertschöpfungsanteil, der auf den Automobilsektor entfällt, dem Diffusionsgrad sowie dem in der Produktion realisierten Lernkurveneffekt, sodass sich in Hinblick auf den Produktivitätseffekt ein zeitlich differenziertes Muster ergibt.

Für die **weitere Entwicklung der Automobilindustrie** ist derzeit auch noch nicht absehbar, dass es zu einer Produktivitätsabschwächung kommen könnte. Es ist davon auszugehen, dass weiterhin Produktivitätspotenziale existieren und die zu erwarteten Neuerungen (wie ein Ausbau der Elektromobilität und auch die Vernetzung der Fahrzeuge) sukzessive Produktivitätssteigerungen ermöglichen.

Jedoch zeigen die Untersuchungen auch, dass **die hohen Wachstumsraten der Produktivität in der deutschen Automobilindustrie nicht automatisch bedeuten, dass die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen innerhalb der Wertschöpfungskette bedroht ist**. Derzeit nicht absehbar ist, inwieweit die zurzeit stattfindenden Umwälzungen in der Automobilindustrie (z.B. die Diskussion über die künftige Etablierung von Elektroautos) die momentan starke Position der deutschen Automobilindustrie beeinträchtigen und eventuell zu einer globalen Verschiebung von Wertschöpfungsstrukturen führen kann, welche sich wiederum auf die Produktivitätsentwicklung der deutschen Automobilindustrie auswirken könnte. Was derzeit schon beobachtet werden kann, ist, dass ein Fahrzeug mit Elektromotor deutlich weniger komplex ist als eines mit dem Verbrennungsmotor, was den Wissensbestand der deutschen OEMs bei der Antriebstechnologie, aber auch bei der Systemintegration entwertet. Dies zeigt sich beispielsweise darin, dass neue Produzenten wie das Konsortium um die Deutsche Post mit ihren Zustellautos unter dem Namen Streetscooter dabei sind, sich zu etablieren. Ähnliches gilt auch für Tesla aus den USA, das dabei ist, eine immer bedeutendere Marktposition zu gewinnen.

4.2 Produktivitätszuwächse im Maschinenbau

Der **Maschinenbausektor** wies von 1980 bis 2005 zunächst ein gegenüber dem Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes **leicht überdurchschnittliches Wachstum der Totalen Faktorproduktivität** auf, während die Zunahme der Arbeitsproduktivität im Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland lag. Ab dem Jahr 2005 haben Arbeitsproduktivität und Totale Faktorproduktivität auf Basis der EU-Klems-Daten, die auf den Berechnungen der deutschen VGR

beruhen, merklich abgenommen (um jeweils insgesamt 8 bzw. 12 %). Eine differenziertere Betrachtung auf Grundlage der Kostenstrukturerhebung zeigt, dass es sich bei den verschiedenen Segmenten nicht um einen einheitlichen Trend handelt. So ist die Produktivität bei der Herstellung von Landmaschinen (jahresdurchschnittliches Wachstum von 2,1% im Zeitraum 2008 bis 2015), Verbrennungsmotoren und Turbinen (jahresdurchschnittliche Zunahme von 2,0%) bzw. bei Maschinen für die Textil- und Begleitungsindustrie (jahresdurchschnittliche Zunahme von 3,0% ab 2010) offensichtlich deutlich stärker gewachsen als der Branchendurchschnitt des Maschinenbaus. Dennoch war eine Verringerung der Arbeitsproduktivität im Zeitraum von 2008 bis 2015 in 12 von 25 Marktsegmenten auf der WZ-Viersteller-Ebene zu beobachten.

Generell ist der Maschinenbau die Branche in Deutschland, bei der die FuE-Anstrengungen am stärksten mit der Produktivitätsentwicklung einhergehen. Immerhin werden dabei Maschinen optimiert und weiter entwickelt, deren Einsatz in den verschiedenen Bereichen des Verarbeitenden Gewerbes die Produktivität erhöht. Somit zeigt sich die Produktivität der Forschungsanstrengungen im Maschinenbau, in der Automobilindustrie oder in zahlreichen anderen Sektoren.

Übersicht 4.2 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung von zentralen Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Maschinenbau.

Zu berücksichtigen ist bei der Bewertung der Entwicklung im Maschinenbau einerseits, dass die Produktion in weiten Strecken dieses Sektors durch Einzel- bzw. Kleinserienfertigung gekennzeichnet ist, bei der die klassischen Methoden der Effizienzsteigerung in der Produktion von Großserien nicht zur Anwendung kommen können und auch eine Automatisierung von Produktionsprozessen daher teilweise nur in engen Grenzen möglich ist. Die Effizienzpotenziale sind daher in den verschiedenen Bereichen des Maschinenbaus unterschiedlich und gleichzeitig geringer als etwa in der Automobilindustrie. Teilweise müssen entweder andere Methoden zur Erhöhung der Produktivität (etwa Auslagerung von weniger produktiven Teilen der Produktion) zur Anwendung kommen oder über Produktinnovationen Umsätze und Wertschöpfung erhöht werden. Zudem ist die hohe Heterogenität des Wirtschaftszweigs zu berücksichtigen, die generelle Aussagen erschwert.

Zunächst konnten die Unternehmen im Maschinenbau offensichtlich durch kontinuierliche Weiterentwicklung ihrer Produkte insgesamt ihre Wettbewerbsfähigkeit erhalten. Die Gespräche zeigen, dass die Realisierung von Produktivitätssteigerungen in der Produktion quer zu den verschiedenen Bereichen die Realisierung von Produktivitätssteigerungen in der Herstellung eigener Produkte für die Unternehmen eine zentrale Rolle spielt und gezielt verfolgt wird. Diese Beobachtung steht offensichtlich im Widerspruch zu den Zahlen, die sich aus der Auswertung der Wirtschaftszweigstatistik ergeben. Gleichzeitig existiert, wie sich aus den Gesprächen ergab, ein Trend zu einer höheren Komplexität der Produkte (etwa durch die Integration und den Ausbau elektronischer Steuerungen), die folglich auch die Produktion in Teilen komplexer macht und einer Steigerung der Produktivität entgegenwirkt.

4. Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik

Übersicht 4.2

Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Maschinenbau

Möglicher Einflussfaktor	Entwicklung	Auswirkungen
Technischer Fortschritt, wirtschafts-zweiginterne Produktivitätssteigerung Regulierungen, staatliche Maßnahmen	Unterschiedliche Potenziale zur Produktivitätssteigerung; begrenztes Potenzial bei Einzelfertigung; Trend zu einer höheren Komplexität der Produkte (auch IKT-getrieben) In bestimmten Bereichen sehr relevant (Emissionen); führt tendenziell zu höherer Produktkomplexität	Lernkurveneffekte in bestimmten Segmenten mit höheren Stückzahlen Höhere Produktkomplexität führt zu verringertem Produkt.-wachstum Immer neue Impulse für Produktinnovationen; tendenziell Verringerung des Produktivitätswachstums
Nachfrage Messung der Produktqualität/Preiseffekte	Sukzessive Optimierung der Produkte in Hinblick auf zentrale Leistungskennzahlen; zunehmende Bedeutung von IKT Schwierige Messung der Preisentwicklung in vielen Segmenten durch Einzelfertigung (das gleiche Produkt wird nur selten öfter verkauft); aber: das Problem existiert schon immer und wird durch die Verfahren der Ermittlung von Erzeugerpreisen durch das Statistische Bundesamt adressiert; Problematisch: Preiserfassung über Kettenindizes und die Methode der doppelten Deflationierung Möglichkeit, dass veränderte Produktqualität in der Preismessung nicht adäquat erfasst sein könnte Hinweise, dass die verkauften Produkte sich teilweise verändern, was Auswirkungen auf die Produktivitätsmessung haben kann (Bezahlung von Werkzeugherstellern nicht mehr für Werkzeuge sondern je bearbeitetem Bauteil, Angebot von produktivitätssteigernden Produktionssystemen)	Höhere Produktivität in den Kundenmärkten Kein prinzipieller Einfluss durch Messprobleme bei der Ermittlung von Erzeugerpreisen; aber: widersprüchliche Ergebnisse im Vergleich mit der Ermittlung indirekter Preisindizes über Kettenindizes
Verschiebung von Teilen der Wertschöpfung	Von 1995 bis 2003 Hinweise auf eine zusätzliche Verlagerung von Teilen der Wertschöpfung ins Ausland; ansonsten gleichbleibend hohe Wertschöpfungstiefe; keine Hinweise auf Kostensteigerung durch Verschiebung von Wertschöpfung in Deutschland/international; am aktuellen Rand: vermehrte Ausbildung von Wertschöpfungsketten	Bei insgesamt hoher Wertschöpfungstiefe werden, wo möglich, die Potenziale zur Auslagerung genutzt (aber: Nachteile der Auslagerung: unternehmensinternes Wissen schwieriger zu schützen); Erhöhung der Produktivität vor allem in der Vergangenheit.
Rolle von IKT	IKT wird auch bei der eigenen Produktion genutzt (jedoch in der Form, dass bestehende Prozesse weiter sukzessive optimiert werden); informationstechnische Vernetzung, Optimierung von Gesamtsystemen; bislang keine „revolutionären Auswirkungen“, neuen Produktionssysteme	Sukzessive Weiterentwicklung der Produktivität

Quelle: Eigene Darstellung.

Hinweise auf eine verstärkte Auslagerung der Erstellung von Vorprodukten ins Ausland gibt es für den Zeitraum von 1995 bis 2003 (eine Zunahme des Vorleistungsanteils des Auslands von 11,3 auf 14,9% und dann noch einmal um einen Prozentpunkt zwischen 2004 und 2007). Danach lassen sich zumindest in der Vorleistungsstatistik keine Hinweise auf eine erhöhte Vorleistungsverflechtung ausfindig machen. Allerdings wurde vielfach Produktion auch aus Marktgründen im Ausland aufgebaut, ohne dass automatisch gleichzeitig Produktionsaktivitäten im Inland abgebaut wurden. Wie aus den Gesprächen hervorgeht, findet jedoch in einzelnen Segmenten (wie etwa bei den Armaturen) zunehmend die Ausbildung einer Wertschöpfungskette statt. Es kann allerdings sein,

dass dieser Trend sich nicht auf eine größere Zahl der Bereiche erstreckt oder sehr neu und damit in den aktuellen Statistiken noch nicht zu identifizieren ist.

Vertieft untersucht wurden die Ursachen für die Produktivitätsabnahme seit 2005 bzw. 2007. Hier konnten einige mögliche Ursachen ausgeschlossen werden:

- Auf nennenswerte Veränderungen in der Vorleistungsstruktur ergeben sich keine Hinweise. Dies betrifft insbesondere auch die bilanztechnische Verschiebung von Gewinnen, die an bestimmten Stellen der Importstatistik zu einer Erhöhung der verbuchten Importe hätte führen müssen.
- Messprobleme bei der Erfassung der Inflation können, was die Erfassung der Erzeugerpreise anbetrifft, für denjenigen Teil der Produkte, die in einer höheren Stückzahl über einen längeren Zeitraum produziert werden, ausgeschlossen werden. Es erweist sich zwar schon seit jeher als schwierig, die Preisentwicklung für Maschinenbauprodukte zu erfassen, da diese häufig in Einzelfertigung produziert werden. Diese Probleme werden jedoch bei der Preisermittlung durch das Statistische Bundesamt berücksichtigt und es gibt nach Rückfrage mit dem Statistischen Bundesamt keinen Grund, anzunehmen, dass diese schwieriger geworden sind. Jedoch geben die weiteren Befunde Hinweise darauf, dass der Anteil derjenigen Produkte und Produktangebote, die entweder als Systemangebote erstellt oder in einer geringen Anzahl hergestellt werden, größer geworden ist.
- Auch für eine Produktivitätsveränderung durch die Zunahme von Leiharbeitsverhältnissen im Maschinenbau ergeben sich keine Hinweise, da insgesamt das Volumen dieser Vertragsverhältnisse unverändert gering ist.
- Eine weitere mögliche Ursache für die Produktivitätsentwicklung könnte im erhöhten Anteil von Dienstleistungen (Reparaturdienstleistungen) an der Wertschöpfung liegen, der einerseits in Hinblick auf seine Preisentwicklung eventuell nicht korrekt erfasst worden sein, andererseits generell mit einer niedrigen Produktivitätssteigerung einhergehen könnte. Der Anteil der Dienstleistungen liegt jedoch zum einen relativ stabil bei ca. 10% (mit einer leichten Zunahme), zum anderen wird die Preisentwicklung für diesen Teil der Wertschöpfung in der VGR mitberücksichtigt.

Im internationalen Vergleich ergeben die Untersuchungen zum Maschinenbau teilweise unplausible Ergebnisse. Zunächst war eine Verringerung der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität um 2,5% in 2005 bis 2015 gegenüber 1995 bis 2005 zu beobachten (von 1,8 auf -0,7%). Damit weist Deutschland als einziges der betrachteten Länder ein negatives Wachstum der Arbeitsproduktivität auf, während der Produktivitätsrückgang bei allen bis auf zwei Länder zu beobachten war. Das Wachstum der nominalen Bruttowertschöpfung war demgegenüber im internationalen Vergleich zwischen 2005 und 2015 am höchsten. Da jedoch gleichzeitig die Preissteigerungsrate im internationalen Vergleich hoch war und der Arbeitseinsatz um 1,3% im Jahresmittel zwischen 2005 und 2015 zugenommen hat (Deutschland war das einzige der betrachteten Länder mit einer deutlichen Zunahme der Beschäftigung), sank die Produktivität. Die Expertengespräche wiederum zeichnen ein Bild von einer vergleichsweise hohen Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Maschinenbaus im internationalen Vergleich. Dieses Ergebnis stellt zumindest den für die Produktivitätsentwicklung verwendeten Indikator in Hinblick auf seine Aussagefähigkeit in Frage und gibt Anlass zu einer weiter gehenden Untersuchung der Zusammenhänge.

Vertieft untersucht wurde die deutliche Verringerung des Produktivitätswachstums ab dem Jahr 2000. Dabei zeigte sich, dass im Maschinenbau unterschiedliche Faktoren zu berücksichtigen sind. So kann zunächst festgestellt werden, dass es deutliche Unterschiede in Bezug auf die berechnete

4. Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik

Entwicklung der Arbeitsproduktivität im Maschinenbau gibt, je nachdem, ob diese über den Erzeugerpreisindex für Maschinenbauprodukte oder über die Kettenindizes und die doppelte Deflationierung berechnet wird, wie sie in Einklang mit den Vorgaben von Eurostat im Rahmen der VGR vorgenommen wird (Tabelle 4.1). So ist die über Kettenindizes berechnete Arbeitsproduktivität im Gesamtzeitraum von 2000 bis 2014 konstant (eine Zunahme von 0,1%, ab 2005 eine Abnahme von 1,2 bzw. 0,5%), während die Arbeitsproduktivität bei einer Berechnung auf Basis des Erzeugerpreisindex leicht zunimmt (um 1,1% von 2000 bis 2014, um 0,2% von 2005 bis 2010 und um 0,5% von 2010 bis 2014).

Tabelle 4.1

Arbeitsproduktivität, berechnet über Kettenindizes und den Erzeugerpreisindex

	2000	2014	2000-2005	2005-2010	2010-2014	2000-2014
1 Bruttowertschöpfung (nominal)	61,4	93,8	2,3	2,3	5,0	3,1
2 Arbeitseinsatz (in Stunden)	1586,0	1672,0	-1,4	0,2	2,9	0,4
<i>Basierend auf Kettenindizes</i>						
3 Indirekter Preisindex Wertschöpfung	91,0	130,7	1,9	3,3	2,7	2,6
4 Bruttowertschöpfung real (2005=100)	67,5	71,8	0,4	-1,0	2,3	0,4
5 Arbeitsproduktivität	42,6	42,9	1,8	-1,2	-0,5	0,1
<i>Basierend auf Erzeugerpreisindizes</i>						
6 Erzeugerpreisindex	93,6	116,6	1,3	1,8	1,6	1,6
7 Wertschöpfung real (Basis: Erzeugerpreisindex)	65,56	80,44	1,0	0,4	3,4	1,5
8 Arbeitsproduktivität	41,34	48,11	2,4	0,2	0,5	1,1

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts.

Ein genauerer Blick auf die verwendeten Verfahren zeigt, dass insgesamt die Berechnung über den Erzeugerpreisindex ein plausibles Ergebnis liefert, auch wenn das von uns für die Berechnung verwendete einfache Verfahren nicht berücksichtigt, dass in den Leistungen des Maschinenbaus etwa auch ein gewisser Anteil an Dienstleistungen für die Kunden enthalten ist, für den sich die Preisentwicklung von derjenigen von Maschinen unterscheidet.

So ist die Berechnung der Produktivität über Kettenindizes und die doppelte Deflationierung mit methodischen Herausforderungen verbunden, die gerade im Maschinenbau auftreten, denn der Maschinenbau ist dadurch gekennzeichnet, dass sich die verkauften Produkte zwischen den Jahren in Hinblick auf ihre Eigenschaften stark ändern. Da bei Kettenindizes die Preisentwicklung jeweils auf dem Produktportfolio des Vorjahres basiert und dieses von Jahr zu Jahr angepasst wird, beruhen die Vergleiche über mehrere Jahre hinweg auf gänzlich unterschiedlichen Produktkörben. Darüber hinaus ist nicht klar, welche Auswirkungen sich aus der gleichzeitigen Anwendung der Methode der doppelten Deflationierung ergeben (vgl. von der Lippe 2001). Beim Erzeugerpreisindex wird demgegenüber versucht, die Preisänderung über fünf Jahre hinweg für das gleiche Produkt zu ermitteln. Diese unterschiedliche Berechnung führt offensichtlich dazu, dass sich ein Teil der Produktivitätssteigerung bei der Berechnung aus dem Kettenindex in der Entwicklung der Preise niederschlägt, die nach dieser Methode von 2000 bis 2014 um 2,6% gewachsen sind, im Vergleich zu 1,5% bei der Berechnung nach dem Erzeugerpreisindex. Die Berechnung nach dem Kettenindex kommt nach unserer Einschätzung zu einer um ca. einen Prozentpunkt zu niedrigen Schätzung der Arbeitsproduktivität, während die Entwicklung der Preise zu hoch geschätzt wird.

Dennoch verbleibt ein Rückgang der Produktivität nach dem Jahr 2000 gegenüber den 1990er Jahren, der nicht auf Probleme bei der Produktivitätsmessung zurückzuführen sein kann. Auf Basis der vorliegenden Analysen kann dieser nicht mit abnehmenden Bemühungen der Unternehmen um Produktivitätssteigerungen zu tun haben. Gleichzeitig kann dieser Rückgang wohl auch nicht mit Verschiebungen in den Wertschöpfungsstrukturen zusammenhängen. Folgende mögliche Erklärungen erscheinen plausibel:

- **Abnehmender Anteil von skalenintensiven Produktionsteilen an der Wertschöpfung in Deutschland:** Durch die intensive Verflechtung mit dem Ausland und den Aufbau von Produktionskapazitäten (hauptsächlich in Hinblick auf Marktpräsenz) im Ausland, insbesondere in China, wurden neue Möglichkeiten zur Strukturierung der Wertschöpfungsketten geschaffen. Insoweit als gerade wenig wissens-, aber skalenintensive Vorprodukte ausgelagert wurden, könnte dies dazu führen, dass diejenigen Bereiche der Produktion eher in Deutschland verbleiben, bei denen die Produktivitätspotenziale gering sind.
- **Zunehmende Komplexität der Produkte und dadurch geringere Produktivitätspotenziale:** Die Expertengespräche zeigen, dass im Zeitablauf die Produkte des Maschinenbaus auch durch die zunehmende Bedeutung von IK-Technologien tendenziell komplexer geworden sind. Die Aussagen aus den Gesprächen zeigen aber auch, dass diese komplexeren Produkte in der Regel dazu führen, dass die Produktivität der Produktion weniger steigt oder sogar tendenziell sinkt.
- **Ergebnisse der ökonometrischen Untersuchungen auf Unternehmensebene weisen ebenfalls in diese Richtung:** Patentaktive (tendenziell innovativere) Unternehmen hatten im arithmetischen Mittel einen Rückgang der Totalen Faktorproduktivität um 4% zu verzeichnen, während diese bei den nicht patentierenden Unternehmen lediglich um gut 2% gefallen ist (Median bei patentierenden Unternehmen -4,8% und bei den nicht-patentierenden -5,4%). Insoweit dies der Fall ist, würden IK-Technologien im Maschinenbau gegenwärtig durch die höhere Produktkomplexität zur Produktivitätssenkung beitragen.
- **Es bleibt noch die Frage zu klären, wie Forschung und Innovation im Maschinenbau zur Produktivitätsentwicklung beitragen:** Nach den Gesprächen gilt hier tendenziell das Gleiche wie in der Automobilindustrie. Die Forschung konzentriert sich zunächst einmal hauptsächlich auf Produktinnovationen, wobei die im Maschinenbau eingesetzten Maschinen, die gerade in skalenintensiven Bereichen wichtig für die Produktivität sind, auch aus dem Maschinenbau stammen (und häufig auch selbst hergestellt wurden). Gleichzeitig ist gerade auch im mittelständisch geprägten Maschinenbau die enge Vernetzung mit den Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowohl für die Produkte als auch für die Produktionsprozesse von großer Bedeutung. Gerade bei den Produktionsprozessen scheint es möglich und nicht unwahrscheinlich, dass noch erhebliche Produktivitätspotenziale in der Nutzung von IK-Technologien bestehen, die in der Zukunft zu gänzlich neuen Produktionskonzepten führen könnten, die sowohl im Maschinenbau als auch in anderen Branchen Anwendung finden können (Industrie 4.0).

4.3 Produktivitätszuwächse im Telekommunikationssektor

Der Telekommunikationssektor (Angebot an Telekommunikationsdienstleistungen) war zwischen 1995 und 2015 durch eine **dynamische Produktivitätsentwicklung** gekennzeichnet. Während die Totale Faktorproduktivität um durchschnittlich 8% p.a. stieg, erhöhte sich die Arbeitsproduktivität sogar um knapp 10% p.a. Dabei nahm der nominale Produktionswert im Zeitraum von 1995 bis 2005 im Durchschnitt zunächst um knapp 8% p.a. zu, die nominale Bruttowertschöpfung dagegen nur um gut 1% p.a. Dies hing mit den steigenden Vorleistungsanteilen infolge der Marktöffnung zusammen, in deren Folge die Netzbetreiber ihre Netzkapazitäten zunehmend an Wettbewerber vermieten mussten. Die Arbeitsstunden, die im Telekommunikationssektor eingesetzt wurden, gingen allerdings um durchschnittlich knapp 4% p.a. zurück und der Preisindex sank um 5% p.a., sodass sich die Arbeitsproduktivität im genannten Zeitraum um gut 10% p.a. erhöhte.

Im Zeitraum von 2005 bis 2014 war **keine Verlangsamung des Produktivitätswachstums** zu beobachten. Zwar verlangsamte sich das Produktionswachstum erheblich, sodass Produktionswert und nominale Bruttowertschöpfung sogar um mehr als 2% p.a. sanken, dies hing aber auch mit dem sich noch beschleunigenden Beschäftigungsabbau und dem Preisrückgang zusammen. Die reale Bruttowertschöpfung erhöhte sich somit um rund 4% p.a., die Arbeitsproduktivität auch weiterhin mit einer Rate von knapp 10% p.a.

Der **internationale Vergleich** zeigt, dass Deutschland unter den ausgewählten Ländern hinsichtlich der Entwicklung der Arbeitsproduktivität zusammen mit Finnland am dynamischsten war. Ähnliches gilt auch für die Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität, die den technischen Fortschritt widerspiegelt. Dieser Befund weist auch darauf hin, dass im Telekommunikationssektor der technische Fortschritt für die Entwicklung der Arbeitsproduktivität die wichtigste, zudem eine größere Rolle als in vielen anderen Sektoren und der Wirtschaft insgesamt spielt.

Übersicht 4.3 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung von zentralen Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Telekommunikationssektor. Der Telekommunikationssektor ist durch relativ **kurze Innovationszyklen** geprägt, denn dem Mooreschen Gesetz zufolge verdoppelt sich die Computerleistung etwa alle zwei Jahre. Auch die Nutzungsmöglichkeiten des Mobilfunks und des Internets steigen durch immer leistungsfähigere Übertragungstechnologien rasch an. Die Technologieänderungen sind dabei meist ausgeprägter als in den meisten anderen Sektoren. Anders als bei den anderen betrachteten sektoralen Innovationssystemen beeinflusste die Entwicklung der IK-Technologien unmittelbar das Angebot bei den Telekommunikationsdienstleistungen, wobei das Datenvolumen im Mobilfunk seit 2009 einem exponentiellen Entwicklungspfad folgte. Einige zentrale Meilensteine waren der Start von ISDN (1987), die Einführung des Internets (1991) und der Smartphones (2007) sowie der Start von LTE (2011).

Übersicht 4.3

Determinanten der Produktivitätsentwicklung im Telekommunikationssektor

Einflussfaktor	Entwicklungen	Auswirkungen
Technischer Fortschritt	Der Sektor ist durch immer neue Innovationen gekennzeichnet (z.B. der Übergang von ISDN zu Breitbandkabeln oder vom Mobilfunkstandard UMTS zu LTE).	Kontinuierliche Erschließung neuer Produktivitätspotenziale u.a. durch Erhöhung des Datendurchsatzes.
Regulierung	Der Telekommunikationssektor war lange ein monopolistischer Markt. Er wurde erst in den 1990er Jahren reguliert und für den Wettbewerb geöffnet, daher spielt die Regulierung naturgemäß immer noch eine große Rolle. Aufgrund des nach wie vor hohen Marktanteils der ehemaligen Monopolisten wie etwa der Deutschen Telekom besteht auch weiterhin Bedarf für staatliche Regulierungsmaßnahmen.	Die Auswirkung der Regulierung nimmt ab, da einige Bereiche inzwischen als wettbewerblich anzusehen sind. Nach einer Phase der Konsolidierung traten positive Wirkungen ein (Innovationsimpulse, Verbesserung des Dienstleistungsangebots, Erhöhung des Wettbewerbs, Preissenkungen, Effizienzsteigerungen usw.).
Nachfrage	Zusätzliche Nachfrage wird aufgrund von neuen bzw. leistungsfähigeren Produkten und zugleich sinkenden Preisen geschaffen.	Steigende Absätze werden durch sinkende Preise überkompensiert, sodass Umsätze und Beschäftigung sanken, die Arbeitsproduktivität und der technische Fortschritt aber überproportional stiegen.
Messung der Produktqualität	Das hohe Ausmaß der Neuerungen führen zu dem Erfordernis, diese bei der Preisbereinigung zu berücksichtigen.	Die qualitätsbezogene Preisbereinigung führte ab Mitte der 2000er Jahre zu einem Anstieg der Preissenkungen.
Wertschöpfung, Produktivität	Gegenläufige Tendenzen der nominalen und realen Wertschöpfung bei sinkenden Preisen und zurückgehender Beschäftigung.	Deutliche Erhöhung der Arbeits- und Totalen Faktorproduktivität, was sich zuletzt eher noch beschleunigt hat.
Rolle von IKT	Neuerungen in den IK-Technologien wirkten sich unmittelbar über eine qualitative Verbesserung des Angebots auf den Markt aus	Zunehmende Produktivität durch verbessertes (ausgeweitetes) Angebot an übertragenem Datenvolumen

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Marktentwicklung im Telekommunikationssektor wird seit Ende der 1980er Jahre auch durch die **staatliche Regulierung** beeinflusst, die aus Wettbewerbsgründen relativ weitreichend ausfiel. Die Marktöffnung für Wettbewerber der Deutschen Telekom, die zuvor als Staatsunternehmen eine Monopolstellung innehatte, löste zunächst einige Marktanpassungen aus. Die Entwicklung war daher von Ende der 1990er bis Mitte der 2000er Jahre durch eine Stagnation der Produktivitätsentwicklung gekennzeichnet. Erst danach vollzogen sich der Produktivitätsanstieg und der Beschäftigungsabbau dann wieder dynamischer. Dementsprechend traten die positiven Effekte der Öffnung des Wettbewerbs durch die Marktregulierung erst zweitverzögert ein, was als normaler Anpassungsprozess im Rahmen eines Marktes anzusehen ist, der zuvor jahrzehntelang durch eine Monopolsituation gekennzeichnet war. Meilensteine der Regulierung waren die Liberalisierung des Endgerätemarktes (1988), die Öffnung der Kabelnetze für Wettbewerber (1995), der Abschluss der Regulierung des Telekommunikationsmarktes (1998) und die Versteigerung neuer Mobilfunklizenzen (ab 2010). Trotz der Marktöffnung prägen nach wie vor wenige große Anbieter den Markt, wie z.B. die Deutsche Telekom oder Vodafone. Insgesamt sind im Telekommunikationssektor weniger als 3 Tsd. Unternehmen aktiv.

In Hinblick auf die **künftige Entwicklung des Telekommunikationssektors** ist derzeit noch keine Abschwächung des Produktivitätsanstiegs abzusehen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass es aufgrund der unvermindert hohen Innovationintensität zu weiteren Produktivitätssteigerungen

4. Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik

kommen wird. Im Telekommunikationssektor gilt – trotz einiger mitunter anderslautender Pro-
phetisierungen – einstweilen auch weiterhin das Mooresche Gesetz (Schätzungen zufolge noch min-
destens bis 2030). Vor dem Hintergrund der zunehmenden Internationalisierung der Produktion
und der fortlaufenden Notwendigkeit zur Realisierung von Skaleneffekten sind weitere Konsoli-
dierungen des Telekommunikationsmarktes zu erwarten.

Der Zusammenhang zwischen Forschung, Innovation und Wertschöpfung ist sehr mittelbar. Die
Ausweitung des Datenangebots resultiert aus der Forschung insbesondere im Bereich der Hard-
ware, aber auch der Software. Die Forschung findet zum Großteil außerhalb des Wirtschaftszweigs
statt, sodass die Telekommunikationsdienstleistungen insgesamt eher ein Nutzer von in anderen
Wirtschaftszweigen (insbesondere im Elektroniksektor) generierten Neuerungen sind. Die Ergeb-
nisse der Forschung führen also zu neuen Möglichkeiten und potenziell neuen Marktfeldern. Ob
sich daraus neue Produkte und Dienstleistungen etablieren, ist dann den Marktkräften überlassen.

4.4 Sektorübergreifende Erkenntnisse

Die Untersuchungen der drei betrachteten Sektoren zeigen, dass sich nicht nur die Muster der
Produktivitätssteigerungen, sondern auch das Gewicht unterschiedlicher Ursachen stark zwischen
den einzelnen Wirtschaftszweigen und sektoralen Innovationssystemen unterscheiden. Die ge-
samtwirtschaftlichen Produktivitätssteigerungen ergeben sich daher aus dieser Perspektive aus ei-
nem Mix von Sektorspezifika und unterschiedlichen Faktoren, die teilweise in ihrem Zusammen-
spiel die Produktivitätsentwicklung erklären. Zu bedenken ist auch, dass weitere Faktoren, die hier
nicht direkt betrachtet wurden, einen Einfluss auf die Produktivitätsentwicklung haben (wie die
Verfügbarkeit von Krediten, die Rahmenbedingungen für den internationalen Handel oder das
Angebot an qualifizierten Arbeitskräften).

Übersicht 4.4 stellt die Erkenntnisse unserer Untersuchungen insbesondere zur Verringerung des
Produktivitätswachstums den Befunden aus der Literatur gegenüber. In der Gegenüberstellung
zeigt sich, dass sich einige Ergebnisse der vorhandenen Literatur bekräftigen lassen. So zeigt auch
eine nähere Betrachtung der Produktionsprozesse im Fahrzeug- und Maschinenbau, dass (zumin-
dest bislang) keine tiefgreifende Veränderung in den Produktionsprozessen dieser Sektoren zu
beobachten war, sondern vielmehr die IK-Technologien (etwa durch die Bereitstellung zusätzli-
cher Informationen im Produktionsprozess) einen zusätzlichen Beitrag zu den evolutionären Pro-
duktivitätssteigerungen liefern. An anderen Stellen stehen die Befunde im Widerspruch zu Hypo-
thesen aus der Literatur. So lassen sich aus dem verringerten Produktivitätswachstum auf Basis
unserer Befunde keine Hinweise auf eine verringerte FuE-Produktivität ableiten. Das hat schon
alleine damit zu tun, dass FuE zum Großteil auf Produktinnovationen zielt, die auf die Bedürfnisse
und Erfordernisse der Kunden abzielen und nicht auf Verbesserung der Produktionsverfahren. So-
mit stellt sich die Frage nach weiteren Indikatoren, die diese Aspekte des technischen Fortschritts
adäquat abbilden und es ermöglichen, Aussagen zu Veränderungen in Bezug auf die Forschungs-
produktivität zu treffen.

Übersicht 4.4

Determinanten des Produktivitäts-Slowdowns: Vergleich mit dem Literaturstand

Erklärung	Literatur-Hypothese	Sektoruntersuchungen
Beobachtung: Verminderung des Produktivitätswachstums nach 2005	Hypothese: das könnte auf verminderte Wirkung von IKT zurückzuführen sein.	Verminderte Produktivitätssteigerungen sind v.a. im Maschinenbau zu beobachten; Telekommunikation und Automobilindustrie: hohe Produktivitätssteigerungen
Abnahme der FuE Produktivität	Verlangsamung des Produktivitätswachstums ist auf eine abnehmende Produktivität von FuE durch sich erschöpfende technologische Potenziale zurückzuführen; Unternehmen ziehen sich aus Innovation zurück (Gordon 2012, Bloom et al. 2017).	In allen betrachteten Sektoren konzentriert sich die eigene FuE zum Großteil auf neue Produkte (unklar, wie bei neuen Produkten ein ausschöpfendes Produktivitätspotenzial zu messen ist): <ul style="list-style-type: none"> - Produktionsverfahren: Zukauf von Maschinen, sukzessive Verbesserungen in der Produktion - Automobilbau: hohe Produktivitätssteigerungen - Automobilzulieferer: bei mittelständischen Unternehmen führt der Produktivitätsdruck zu verringerten Innovationsaktivitäten (Abbau der Bauteilentwicklung zugunsten von Kosteneinsparungen) - Telekommunikation: Produktivitätssteigerung auch durch neue Infrastruktur (Innovationen aus anderen Branchen)
Verlangsamung trotz Digitalisierung	Productivity puzzle (Brynjolfsson, McAfee 2014); hohe technische Dynamik, trotzdem geringe Produktivitätssteigerungen; liegen Entwicklungssprünge in der Zukunft?	Unterschiedliche Beobachtungen in den Sektoren: <ul style="list-style-type: none"> - Automobilindustrie: höhere Komplexität der Produkte, individualisiertere Fertigung macht die Herstellung schwieriger, führt tendenziell zu sinkender Produktivität; aber: Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung dominieren. IKT wird genutzt - Maschinenbau: immer stärkere Ausrichtung der Produktion an Individualwünschen der Kunden (deren Produktivität) und höherer Produktkomplexität; dadurch verringerte Produktivitätspotenziale; IKT-Nutzung in der Produktion: führt zu langsamen Verbesserungen, (noch?) keine Innovationssprünge in Hinblick auf Produktionsaktivitäten - Telekommunikation: hohe Produktivitätssteigerungen, bedingt durch erhöhte Leitungskapazität; daraus ergeben sich neue Möglichkeiten für digitale Angebote
Messung des Produktivitätswachstums	Probleme mit der Erfassung des Produktivitätswachstums? Erfassung von Qualitätssteigerungen bei der Ermittlung von Preisveränderungen	Speziell im Maschinenbau: Hinweise, dass unplausible Ergebnisse, die teilweise auf Messprobleme bei der Preis- und Volumenmessung zurückzuführen sein könnten; wenige Erkenntnisse darüber, in wieweit die verwendeten Methoden bei Einzelfertigung oder geringen Stückzahlen einsetzbar sind (Erfordernis zusätzlicher Erkenntnisse)

Quelle: Eigene Darstellung.

An anderen Stellen zeigen unsere Befunde, dass es bislang auch Wissenslücken in Hinblick auf die Bedeutung bestimmter Faktoren für die Produktivitätsentwicklung gibt. Das betrifft z.B. die Auswirkungen einer erhöhten Komplexität und verstärkten Individualisierung der Produkte. Auch die Eigenschaften der Preisindizes, die sich aus der Preisbereinigung über Kettenindizes ergeben, erscheinen noch nicht gänzlich verstanden zu sein. Zumindest erscheint es noch offen, inwieweit

4. Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik

bei geringen Stückzahlen (im Extremfall gleich 1) und kontinuierlichen Produktinnovationen die Trennung von Preis- und Mengeneffekten gelingt bzw. wie unter diesen Konstellationen die Ergebnisse der Preisbereinigung zu bewerten sind.

Folgende sektorübergreifende Erkenntnisse ergeben sich vor diesem Hintergrund aus den Untersuchungen:

- Spezifische Herausforderungen bei der Erfassung von Produktivitätssteigerungen über die traditionelle Methode, wie sie bei der Ermittlung der Erzeugerpreisindizes zur Anwendung kommt (über einen Zeitraum konstanter Warenkorb), existieren nur in wenigen Wirtschaftsbereichen und werden durch das Statistische Bundesamt bestmöglich adressiert. Die Herausforderung in Bereichen wie dem Maschinenbau oder den Telekommunikationsdienstleistungen besteht darin, für die Vergleichbarkeit zwischen den Jahren ein konstantes Produktspektrum zu definieren. Dabei führt etwa die erhebliche Kapazitätsausweitung bei den Telekommunikationsdienstleistungen zusammen mit dem Angebot an Flatrates zu hohen Raten der Preissenkung, da die tatsächliche Nutzung der Kapazitäten die Basis für die Ermittlung der Nachfrageentwicklung darstellt.
- Unsere Untersuchung auf der Sektorebene liefert Hinweise darauf, dass die **Preisbereinigung über die Methode der doppelten Deflationierung** (von Produktionswert und Vorleistungen) **in Kombination mit Kettenindizes**, wie sie im Rahmen der VGR erfolgt, zumindest **unter bestimmten Konstellationen unplausible Ergebnisse liefert**: Es scheint so, dass die Trennung von Preis- und Volumeneffekten nicht erreicht wird. Durch die jährliche Verkettung werden bei mehrjährigen Preisvergleichen nicht identische Produkte (bzw. Warenkörbe) miteinander verglichen. Im Maschinenbau, der dadurch gekennzeichnet ist, dass eine schnelle Weiterentwicklung der Produkte stattfindet, scheint es so, dass ein Teil der realen Produktivitätssteigerung in den Preiseffekt wandert. Auch im Telekommunikationssektor existiert ein großer Unterschied zwischen dem Erzeugerpreisindex und dem indirekten Preisindex, der im Rahmen der VGR berechnet wird, der nicht erklärt werden kann. Generell ist nach unserem gegenwärtigen Wissensstand zu wenig darüber bekannt, welche Eigenschaften die auf Basis der Kettenindizes und der doppelten Deflationierung berechnete reale Wertschöpfung ausweist und inwieweit diese als Basis für Produktivitätsberechnungen geeignet sind. Zumindest wäre zu untersuchen, wie sich der technische Fortschritt in Form von Produktinnovationen auf die Preismessung auswirkt. Hierzu wurde eine kritische Diskussion Ende der 1990er und Anfang der 2000er Jahre in den jüngsten Jahren nicht weitergeführt (vgl. auch von der Lippe 2001, Neubauer 1996). Festzuhalten ist allerdings, dass es hier ausschließlich um die Frage geht, inwieweit durch die von der amtlichen Statistik angewandte Methode der doppelten Deflationierung Messprobleme bei der Erfassung der Produktivitätsentwicklung einzelner Sektoren entstehen. Die volkswirtschaftliche Produktivitätsstatistik ist hiervon vermutlich, da diese Probleme mit den individuellen Charakteristika des technischen Fortschritts in diesen Sektoren zusammen hängen, nur peripher betroffen.
- Eine zunehmende Bedeutung für die Erklärung der Produktivitätsentwicklung nehmen auch **Effizienzsteigerungen bei der Dienstleistungserstellung und bei administrativen Tätigkeiten** ein, die einerseits im Dienstleistungssektor eine Rolle spielen, andererseits aber auch in zunehmendem Maße im Produzierenden Gewerbe. In letzterem spielen produktionsferne Tätigkeiten und begleitend angebotene Dienstleistungen mittlerweile auch eine feste Rolle im Angebotsspektrum einiger Branchen. Der Anteil dieser Arten von Tätigkeiten an der gesamten Wertschöpfung der deutschen Wirtschaft hat immer mehr zugenommen, während

gleichzeitig das Wissen über volkswirtschaftliche Mechanismen der Produktivitätssteigerung in diesen Tätigkeiten immer noch gering ist.

- Die **Informations- und Kommunikationstechnologien** als *General Purpose Technology* bzw. die damit einhergehende Automatisierung von Produktionsprozessen unterscheiden sich in ihren Auswirkungen deutlich zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen. In sehr komplexen Massenproduktionsprozessen wie in der Automobilindustrie werden sie an vielen Stellen eingesetzt und ermöglichen Produktivitätssteigerungen in Zusammenhang mit der Verbesserung der Fertigungsprozesse, wie sie bereits seit der Einführung der Serienfertigung vor ca. 100 Jahren betrieben werden. In Sektoren, in denen das Output-Volumen unmittelbar von den IK-Technologien beeinflusst wird, wie den Kommunikationsdienstleistungen, ist eine deutliche Ausweitung des Angebotsvolumens zu beobachten. Es stellt sich gleichzeitig die Frage, ob eine strikte Orientierung am Angebotsvolumen bei der Preisbereinigung, wie sie derzeit praktiziert wird, in diesen Branchen nicht teilweise die Auswirkungen auf die Produktions- und Konsumprozesse überzeichnet.
- In den untersuchten produzierenden Sektoren **Maschinenbau und Automobilindustrie** ergaben sich bislang noch keine Hinweise auf die erhoffte grundsätzliche Umstrukturierung der Produktionsprozesse, die zu einem Produktivitätssprung durch den Einsatz von IK-Technologien führen könnte. In der Automobilindustrie werden IK-Lösungen erfolgreich eingesetzt, um die Prozesse weiter sukzessive zu verbessern. In Branchen wie dem Maschinenbau, die sich durch einen hohen Anteil von Einzel- und Kleinserienfertigung kennzeichnen, sind die Potenziale zur Effizienzsteigerung immer noch begrenzt. Offensichtlich ergeben sich hier auch – zumindest bislang – nicht die teilweise erwarteten hohen zusätzlichen Produktivitätspotenziale durch den Einsatz von IKT: Offensichtlich ist es bislang nur begrenzt möglich, die IK-Technologien produktivitätssteigernd bei Einzel- oder auch Kleinserienfertigung einzusetzen. Allerdings gibt es vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen in der Forschung nach neuen Produktionsprozessen Anlass zu der Vermutung, dass für die Zukunft Produktivitätssprünge durch IK-Technologien möglich sind.
- Das **Outsourcing von Produktionsprozessen oder Dienstleistungen** (national und international) spielte in den vergangenen Jahren eine wichtige Rolle für Produktivitätssteigerungen in allen drei betrachteten Sektoren. Auch wenn zuletzt keine großen Veränderungen in der Vorleistungsstruktur mehr erkennbar waren, ist davon auszugehen, dass Verschiebungen durch Veränderungen in der nationalen und internationalen Arbeitsteilung auch weiter eine wichtige Rolle spielen. In unseren Gesprächen hat sich das in der Hinsicht gezeigt, dass in einzelnen Segmenten des Maschinenbaus eine weitere Ausbildung von Wertschöpfungsketten und über die Zeit hinweg eine engere Vernetzung von Produktion im In- und Ausland zu beobachten war.
- Die **Zusammenhänge zwischen einer verminderten Innovatorenquote und Produktivitätssteigerungen** könnten komplexer sein, als dies auf den ersten Blick der Fall ist. In verschiedenen Sektoren wie dem Automobilbau war über den Zeitablauf in den vergangenen Jahren eine verminderte Innovatorenquote zu beobachten. Es stellt sich die Frage, in wieweit hier ein Zusammenhang zu einer verminderten Rate der Produktivitätssteigerungen besteht. Die verminderte Innovatorenquote lässt sich nicht bei den Großunternehmen sondern im innovativen Mittelstand ausmachen (und da wohl bei den „marginalen“ Unternehmen, die nicht systematisch mit größerem Aufwand forschen). Aus Sicht der Unternehmen ist Forschung, die zu Innovationen führen kann, mit einem Aufwand verbunden, dessen

4. Schlussfolgerungen und Ansatzpunkte für die Politik

Verminderung zu einer Produktivitätserhöhung führt. Wie ein Gespräch mit einem Zulieferer aus dem Automobilbau zeigte (ein Stahlhersteller aus dem Bereich der massiven Spezialstähle), führt der hohe Produktivitätsdruck der OEMs und Systemzulieferer teilweise dazu, dass etwa bei den mittelständischen Unternehmen in der Massivumformung teilweise die Bauteilentwicklung reduziert oder eingestellt wird, um den Kostenvorgaben zu entsprechen. Also wird in dem Fall eine kurzfristige Überlegung (Erhöhung der Produktivität durch Verminderung der kurzfristig unproduktiven Vorentwicklung) gegenüber der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit vorgezogen. Die Auswirkung auf die Produktivitätsentwicklung wird also aufgrund des geringen Gewichts der Unternehmen im Gesamtsektor eher gering ausfallen, wobei ein kurzfristig positiver und mittelfristig längerfristiger Effekt zu erwarten ist.

- Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass der **Zusammenhang zwischen Forschung, Innovation und Produktivität** insgesamt komplex ist und kein einfacher Weg von FuE-Aktivitäten zu Produktivitätssteigerungen führt. Im Maschinenbau und der Automobilindustrie wird FuE hauptsächlich zur Weiterentwicklung der Produkte eingesetzt. Die Verfahrensinnovationen beruhen häufig auf dem Zukauf von Technologien (Software und Hardware in Form von Maschinen). Weiterentwicklungen in der Produktion finden in Form sukzessiven Verbesserungen im Verfahrensablauf statt, die häufig eng mit den Zulieferern von Maschinen abgestimmt sind. Produktinnovationen können sich unterschiedlich auf die Produktivität auswirken. Einerseits erhöhen sie die Wertschöpfung. In vielen Fällen können sie andererseits die Produktion auch komplexer machen und damit die Produktivität der Produktionsprozesse verringern.
- Eng mit dem letztgenannten verbunden ist die Frage nach den **Auswirkungen der IK-Technologien auf die Produktivitätsentwicklung**. Sie führen zur Verbesserung der IK-Netze (Erhöhung der Produktivität bei den Telekommunikationsdienstleistungen), ermöglichen das Angebot an neuen netzbasierten Dienstleistungen (tendenziell produktivitätssteigernd), führen zur Weiterentwicklung von Produkten (Auswirkungen auf die Produktivität sind unklar) und ermöglichen tendenziell effizientere Prozesse bei der Produkt- und Dienstleistungserstellung (mit bislang unterschiedlich deutlichen Auswirkung auf die Effizienzsteigerung). Bei Betrachtung dieser Aspekte wird klar, dass die Auswirkungen teilweise anders gelagert sind als man dies auf den ersten Blick erwarten würde.
- In den untersuchten Sektoren konnten **keine Hinweise auf eine abnehmende Produktivität der FuE-Anstrengungen gefunden werden**, wobei zu berücksichtigen ist, dass die ökonomisch definierte Produktivität nur eine von mehreren Dimensionen von Produktivität bedeutet (zusätzlich zu anderen Dimensionen wie etwa die Umweltwirkungen von Produktionsaktivitäten). In einzelnen Bereichen kann es sein, dass sich Potenziale einer weiteren Verbesserung etablierter Prozesse in der Produktion langsam ausschöpfen, auch wenn die Gespräche zeigen, dass es im Allgemeinen noch Möglichkeiten für Effizienzsteigerungen gibt. FuE-Anstrengungen konzentrieren sich, wie bereits diskutiert wurde, in der Automobilindustrie und im Maschinenbau hauptsächlich auf Produktinnovationen, wo in beiden Sektoren noch erhebliche Innovationspotenziale (etwa in Hinblick auf die Vernetzung der Produkte, im Fall der Automobilindustrie auf neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren) gesehen werden. Bei den Telekommunikationsdienstleistungen bilden die Festnetz- und Mobilfunknetze eine Infrastruktur, die durch ihre Weiterentwicklung Potenziale für neue Anwendungen und somit auch künftig Innovationen schaffen.

Aus den Untersuchungen ergeben sich weitergehende Forschungsfragen in Hinblick auf ein besseres Verständnis der Produktivitätssteigerungen von FuE: (1) Welche Muster gibt es im Zusammenhang zwischen Forschung und Produktivität? (2) Wie entwickelt sich die Produktivität der

FuE-Anstrengungen, wenn man berücksichtigt, dass diese zahlreiche mögliche Zielsetzungen haben können? (3) Welche Ergebnisse liefern verschiedene Möglichkeiten der Preisbereinigungen bei der Berücksichtigung von technischem Fortschritt in Form von kontinuierlich verbesserten Produkten? (4) Welche Muster der Produktivitätssteigerungen und Einflussfaktoren finden sich in anderen sektoralen Innovationssystemen? Wie wirken die diskutierten Einflussfaktoren der Produktivitätsentwicklung mit anderen (makroökonomischen) Faktoren zusammen?

4.5 Schlussfolgerungen für die Politik

Aus den Untersuchungen ergibt sich, dass Forschungs- und Innovationspolitik auch weiterhin einen wichtigen Beitrag für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und die Produktivitätsentwicklung leisten kann und sollte. Eine sinkende Bedeutung der Forschungs- und Innovationspolitik durch abnehmende Produktivität der FuE ist nicht zu erkennen. Vielmehr zeigt sich, dass zahlreiche Fragen anstehen, die von großer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und die mittelfristige Entwicklung der Produktivität sind.

Die Schlussfolgerungen für die Politik ergeben sich aus den gänzlich unterschiedlichen Bedingungskonstellationen in den drei untersuchten Sektoren: Gemeinsam ist den Sektoren, dass die Produktivität des Wirtschaftsgeschehens eine entscheidende Determinante für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen darstellt und gleichzeitig dem Staat über die vorwettbewerbliche Forschung und die Verbesserung der Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle zukommt.

In der Telekommunikation hat sich in hoher Geschwindigkeit ein Rahmen für neue Marktaktivitäten von etablierten und innovativen neuen Unternehmen entwickelt, dessen weiterer Ausbau entscheidend für die künftige Entwicklung von Unternehmen in den verschiedenen Wirtschaftsbereichen sein kann. Eine produktive Telekommunikationsinfrastruktur stellt einen entscheidenden Baustein für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in verschiedenen Bereichen der deutschen Wirtschaft dar. Die zentrale Rolle des Maschinenbaus wiederum liegt darin, dass er über die Steigerung der Produktivität die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in den verschiedenen Sektoren der Wirtschaft beeinflusst. Anders als bei vielen anderen Sektoren zeigen sich die Produktivitätseffekte sich nicht im Sektor selbst sondern bei den Sektoren, in denen die Produkte des Maschinenbaus eingesetzt werden. Die Automobilindustrie wiederum war in den vergangenen Jahren durch eine hohe Rate des Produktivitätswachstums gekennzeichnet, wobei die Elektromobilität – wie auch das autonome Fahren – mittelfristig zu tiefgreifenden strukturellen Veränderungen führen kann, die die Branchenstruktur nachhaltig beeinflussen können. Hierbei nützt es nicht, sich auf das hohe Produktivitätswachstum der Vergangenheit zu verlassen.

Ansatzpunkte für die Politik ergeben sich insbesondere an folgenden Stellen:

- (1) **Gezielte weitere Förderung der vorwettbewerblichen Forschung im Bereich der Produktionssysteme:** Zurecht stellt die vorwettbewerbliche Förderung der Forschung im Bereich der Produktionsprozesse einen wichtigen Schwerpunkt in der deutschen Hightech-Strategie dar. Auch wenn bislang noch wenige Sprunginnovationen Eingang in die Produktion gefunden haben, so erscheint es doch sehr wahrscheinlich, dass hier noch große Potenziale in der zukünftigen Nutzung von IK-Technologien stecken. Diese Technologien werden insbesondere durch den mittelständischen Maschinenbau in sehr enger Kooperation mit Universitäten und Forschungsinstituten (u.a. auch den Fraunhofer-Instituten) vorangetrieben. Sie sind gleichzeitig auch zentral für die künftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft.

- (2) **Zielgerichtete Forschung in Hinblick auf Produktinnovationen:** Produktivität ist letztlich ein (eindimensionales) Maß für eine Dimension des Wettbewerbs. Wenn neue Produkte, die ökologisch vorteilhafter oder sicherer sind oder anderen Nutzen in sich vereinen und damit eben auch komplexer sind, also nicht automatisch effizienter produziert werden können, so heißt das nicht gleichzeitig, dass die Forschungsförderung reduziert werden sollte. Vorwettbewerbliche Forschung sollte sich demnach auch weiterhin an gesellschaftlichen Zielsetzungen orientieren, von denen eine höhere Produktivität in der Produktion dann letztlich nur eine ist, die mitunter im Konflikt mit anderen Zielen stehen kann.
- (3) **Förderung des Ausbaus des Fest- und Mobilfunknetzes:** Das Fest- und Mobilfunknetz stellt eine zentrale Voraussetzung für die Entwicklung von neuen Dienstleistungen und die Vernetzung der Wirtschaft dar. Ein Angebot an Telekommunikationsdienstleistungen ist die Voraussetzung für die Weiterentwicklung der Geschäftsprozesse und die Vernetzung zwischen den Unternehmen. Hier ist es wichtig, dass Deutschland nicht ins Hintertreffen gegenüber den Wettbewerbern gerät, sodass gezielte Anstrengungen zur Weiterentwicklung der Netze unternommen werden sollten.
- (4) **Technologieoffene Förderung der Forschung im Bereich der Mobilität:** Wie die Untersuchungen zeigen, hat die deutsche Wirtschaft in den vergangenen Jahren ihre Wettbewerbsfähigkeit durch die Weiterentwicklung der Produkte und gezielte Produktivitätssteigerungen gerade in der Automobilindustrie gehalten. Gleichzeitig existieren sowohl den Markt als auch die Technologie betreffende Herausforderungen (intensiver Wettbewerb aus neuen Industrieländern wie China, aber auch aus den USA spielen beispielsweise hinsichtlich Elektromobilität oder autonomen Fahrens eine Rolle). In diesen Bereichen werden gegenwärtig die Weichen für die künftige Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Industrien gestellt. Dies betrifft die Frage, welche Technologien sich global durchsetzen und wo die entsprechenden Kompetenzen aufgebaut werden. Entscheidende Faktoren sind hierbei die Entwicklung erforderlicher Netze und die Technologieführerschaft bei den neuen Technologien, die sich im Markt durchsetzen werden.
- (5) **Verstärkter Fokus auch auf Produktivitätssteigerungen bei der Dienstleistungserstellung und in der Administration:** Nicht produktionsbezogene Aktivitäten (z.B. Verwaltungsaktivitäten, FuE) nehmen in modernen Volkswirtschaften einen erheblichen Anteil an der gesamten Wertschöpfung ein. Dies betrifft nicht nur den Dienstleistungssektor sondern in hohem Ausmaß das Produzierende Gewerbe. Die Mechanismen der Produktivitätssteigerungen in diesen Aktivitäten sind bislang in Hinblick auf ihre ökonomischen Konsequenzen nur sehr wenig erforscht und sollten in Zukunft stärkere Beachtung finden.
- (6) **Steuerliche Förderung von FuE:** In den untersuchten Sektoren zeigt sich, dass auch weiterhin FuE der Unternehmen gemeinsam mit der Vernetzung im Bereich der vorwettbewerblichen Forschung den Schlüssel zur zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen darstellen. Gerade mittelständische Unternehmen, wie sie im Maschinenbau (aber auch in den hinteren Bereichen der Wertschöpfungskette in der Automobilindustrie) häufig anzutreffen sind, haben oft Probleme, ihre FuE-Anstrengungen aus eigenen Mitteln zu finanzieren. Unternehmen, die nicht innovativ sind, haben zunehmend Probleme im Wettbewerb, da sie immer stärker in einem Preiswettbewerb mit Unternehmen aus dem Ausland stehen, die unter anderen Kostenbedingungen produzieren können. Hier kann eine staatliche Förderung der FuE-Aktivitäten durch die steuerliche Förderung von FuE eine Unterstützung dabei geben, die langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern.

Literatur

- Adler, G., R. Duval, D. Furceri, S. Kiliç Çelik, K. Koloskova and M. Poplawski-Ribeiro (2017). *Gone with the Headwinds: Global Productivity*. IMF Staff Discussion Note.
- Aghion, P., M. Dewatripont, C. Hoxby, A. Mas-Colell and A. Sapir (2009). Why reform Europe's universities? In: C. Dehon, D. Jacobs und C. Vermandele (Eds.): 1901-113.
- Aigle, T., A. Krstacic-Galic, L. Marz und A. Scharnhorst (2008). *Busse als Wegbereiter. Zu einem frühen Markt für alternative Antriebe*. WZB – discussion paper SP III 2008-102. Berlin: WZB.
- Annesley, C. (2006). Ver.di and trade union revitalisation in Germany. *Industrial Relations Journal* 37 (2): 164-179.
- Arnold, H., F. Kuhnert, R. Kurtz und W. Bauer (2010). *Elektromobilität – Herausforderung für Industrie und öffentliche Hand*. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Arnoscht, J., A. Bohl, C. Nussbaum and G. Schuh (2011). Integrative assessment and configuration of production systems. In: CIRP annals – Manufacturing Technology 60. CIRP, The International Academy For Production Engineering, pp. 457-460.
- Arrow, K.J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies* 29 (3): 155-173.
- Arthur D. Little (2015). *Die deutsche Internetwirtschaft 2015-2019*. Wien und Köln: Arthur D. Little Austria GmbH und eco – Verband der Internetwirtschaft e.V. Download: [www.adlittle.de/uploads/tx_extthoughtleadership/Studie Internetwirtschaft 2015-2019.pdf](http://www.adlittle.de/uploads/tx_extthoughtleadership/Studie_Internetwirtschaft_2015-2019.pdf) (Abruf vom 12.09.2017)
- Bartelsman, E. J. and M. Doms (2000). Understanding productivity: Lessons from longitudinal microdata. *Journal of Economic Literature* 38(3): 569-594.
- Bauer, W., D. Borrmann, M. Brand, A. Cacilo, J. Dungs, F. Herrmann, F. Klausmann, F. Rothfuss und S. Schmidt (2015). *Strukturstudie BWe mobil 2015. Elektromobilität in Baden-Württemberg*. Stuttgart: e-mobil BW GmbH, Fraunhofer – IAO, Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg.
- Bauer, W., D. Borrmann, M. Brand, J. Dispan, B. Frieske, F. Herrmann, B. Propfe, P. Rally, M. Reledbach, M., F. Rothfuss, S. Schmid, D. Spath und S. Voigt (2012). *Elektromobilität und Beschäftigung. Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstranges auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB)*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Berking, J., M. Borreck, T. Bosser, M. Duckwitz, L. Gong, S. Juckenack, J. Karas, Dr. D. Kronenwett, H. Lee, J. Missel, C. Möller, Dr. R. Müller, S. Oertel, B. Park, S. Rheineck, Dr. J. Reiner, J. Sickmann, Dr. T. Sieber, L. Stolz, D. Tegtmeyer, S. Wandres and J. Westfield (2012). *FAST 2025 – Future Automotive Industry Structure*. Berlin: VDA e.V.
- Bloom, N., C.I. Jones, J. van Reenen and M. Webb (2017). *Are Ideas harder to find?* Working Paper. Stanford. Internet: web.stanford.edu/~chadj/IdeaPF.pdf (Abruf vom 5.7.2017).
- Brynjolfsson, E. and A. McAfee (2011). *Race Against The Machine: How The Digital Revolution. Is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Lexington, Massachusetts: Digital Frontier Press.
- Brynjolfsson, E. and A. McAfee (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: Norton & Company.
- Bundesnetzagentur (2017). *Jahresbericht 2016. Märkte im digitalen Wandel*. Bonn: Bundesnetzagentur.
- Deger, R. (1995). *Deutschland versus Weltklasse. Internationale Wettbewerbsfähigkeit und Unternehmenserfolg*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Dialog Consult und VATM – Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. (2016). *18. TK-Marktanalyse Deutschland 2016. Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e.V. im dritten Quartal 2016*. Duisburg und Berlin: Dialog Consult und VATM.
- Dudenhöffer, F. (2016). *Wer kriegt die Kurve? Zeitenwende in der Automobilindustrie*. Frankfurt/Main: Campus.

- Fleischer, M. (1997), *The inefficiency trap: strategy failure in the German machine tool industry*. ISBN 3-89404-173-0.
- Foster, L., J. Haltiwanger and C. Syverson (2008). Reallocation, firm turnover, and efficiency: Selection on productivity or profitability? *American Economic Review* 98(1), 394-425.
- Gordon, J.G. (2012). *Is U.S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds*. NBER Working Paper No. 18315. Cambridge.
- Gordon, R. (2016). *The Rise and Fall of American Growth. The U.S. Standard of Living since the Civil War*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Greschner, U. (1996). *Trends in the European Automotive Industry and Their Impact on Electrical Component Design and Material Selection*. São Paulo: Society of Automotive Engineers Brasil.
- Günther, C. (2009). *Pioneer burnout: Radical product innovation and firm capabilities*. Evolutionary Economics Group, MPI Jena (ed.), Papers on Economics and Evolution Nr. 0922.
- Gutberlet, K. (1993). *Die Produktivität der japanischen Automobilindustrie – Ausmaß und Ursachen der japanischen Wettbewerbsvorteile gegenüber der deutschen Automobilindustrie*. Dissertation. Universität zu Köln.
- Hrachowy, F. O. (2015). *Volkswagen – Auf dem Weg zur Weltspitze: Die Geschichte der Automarke seit 1970*. Biebergemünd: Edition Technikgeschichte.
- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Technopolis Group und ZEW (2010). *Das deutsche Forschungs- und Innovationssystem. Ein internationaler Systemvergleich zur Rolle von Wissenschaft, Interaktionen und Governance für die technologische Leistungsfähigkeit*. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 11-2010. Wien, Brighton, Amsterdam und Mannheim.
- Kinkel, S., B. Rieder, D. Horvat und A. Jäger (2015). *Wertschöpfung lohnt - Vorteile und Notwendigkeit lokaler Wertschöpfungsketten: Analyse der Industrieposition in Baden-Württemberg, exemplarisch auch für das Zukunftsfeld Elektromobilität*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Kleinhans, C., T. Neidl und A. Radics (2015). *Automotive Entwicklungsdienstleistung – Zukunftsstandort Deutschland*. Berlin: Verband der Automobilindustrie e.V.
- Landefeld, S. und R.P. Parker (1997), BEA's Chain Indexes, Time Series, and Measures of Long-Term Economic Growth. Bureau of Economic Analysis
(Internet: bea.gov/scb/account_articles/national/0597od/maintext.htm, Abruf vom Oktober 2017).
- Lang, T. (2017). *Verlagerung von Wertschöpfung – Geht die Produktion ins Ausland?* München: Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro e. V., Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie e. V., Vereinigung der bayerischen Wirtschaft e. V.
- Malerba, F. (2004). *Sectoral Systems of Innovation. Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Monopol Kommission (2015). *Telekommunikation 2015: Märkte im Wandel*. Sondergutachten 73. Bonn.
- Moore, G.E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics* 38/8: 114-117.
- Neubauer, W. (1996), *Preisstatistik*. Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. München: Verlag Franz Vahlen.
- Nordhaus, W.D. (2015). *Are We Approaching an Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth*. NBER Working Paper No. 21547. Cambridge.
- OECD (2017). *Going Digital: Making the Transformation Work for Growth and Well-Being. Meeting of the OECD Council at Ministerial Level 7-8 June 2017*. OECD: Paris.
- Orvisky, R. (2016). *Germany Telecoms Market Report 2016*. Analysis Mason Limited. London.
- Peters, A., C. Doll, P. Plötz, A. Sauer, W. Schade, A. Thielmann, M. Wietschel und C. Zanker (2012). *Konzepte der Elektromobilität – Ihre Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt*. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag.
- Rammer, C. und J. Ohnemus (2011). *Innovationsleistung und Innovationsbeiträge der Telekommunikation in Deutschland*. Dokumentation Nr. 11-02. Mannheim: ZEW.

- Schade, W., C. Zanker, A. Kühn, S. Kinkel, A. Jäger, T. Hettesheimer und T. Schmall (2012). *Zukunft der Automobilindustrie*. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag.
- Shapiro, C. and H.R. Varian (1999). *Information Rules. A Strategic Guide to the Network Economy*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Sorge, N. (2017). *Warum dem Verbrenner plötzlich das Zwangsaus droht*. Internet: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/diesel-und-benziner-warum-ein-motorenverbot-moeglich-scheint-a-1158531-3.html> [abgerufen am: 01.09.2017]
- Statistisches Bundesamt (2014), *Handbuch zur Methodik. Index der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Inlandsabsatz)*. Wiesbaden: Destatis.
- Statistisches Bundesamt (2016). *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Wichtige Zusammenhänge im Überblick*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Stifterverband (2015). *Forschung und Entwicklung im Wirtschaftssektor 2013*. a:ren'di: Zahlenwerk 2015. Berlin: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.
- Syverson, C. (2011). What determines productivity?. *Journal of Economic Literature* 49(2), 326-365.
- Verband der Automobilindustrie (2017). Internet: <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html> [abgerufen am: 01.08.2017]
- von der Lippe, P. (2001). *Chain Indices. A Study in Price Index Theory*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Warda, P. (2013). Trends and patterns in offshoring in the European automotive industry. In: C. Karlsson, B. Johansson, R. Stough. *Entrepreneurial knowledge, technology and the transformation of regions*. London: Routledge.
- Womack, J.P. und D.T. Jones (1997). *Auf dem Weg zum perfekten Unternehmen (Lean Thinking)*. Aus dem Engl. Frankfurt/Main: Campus.
- Womack, J.P., D.T. Jones und D. Roos (1994). *Die zweite Revolution in der Automobilindustrie. Konsequenzen aus der weltweiten Studie des Massachusetts Institute of Technology*. Aus dem Engl. 8. Aufl. Frankfurt am Main: Campus.