Hans Böckler Stiftung
Mitbestimmung · Forschung · Stipendien

STUDY

Nr. 406 · November 2018

BESCHÄFTIGUNGSWIRKUNGEN DER FAHRZEUG-DIGITALISIERUNG

Wirkungen der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung auf Wertschöpfung und Beschäftigung

Andrej Cacilo und Michael Haag

FORSCHUNGS-FÖRDERUNG

Diese Study erscheint als 406. Band der Reihe Study der Hans-Böckler-Stiftung. Die Reihe Study führt mit fortlaufender Zählung die Buchreihe „edition Hans-Böckler-Stiftung“ in elektronischer Form weiter.

Hans Böckler Stiftung
Mitbestimmung · Forschung · Stipendien

STUDY

Nr. 406 · November 2018

BESCHÄFTIGUNGSWIRKUNGEN DER FAHRZEUG-DIGITALISIERUNG

Wirkungen der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung auf Wertschöpfung und Beschäftigung

Andrej Cacilo und Michael Haag

FORSCHUNGS-FÖRDERUNG

© 2018 by Hans-Böckler-Stiftung
Hans-Böckler-Straße 39, 40476 Düsseldorf
www.boeckler.de

„Beschäftigungswirkungen der Fahrzeugdigitalisierung“ von Andrej Cacilo und Michael Haag ist lizenziert unter
Creative Commons Attribution 4.0 (BY).
Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell.
(Lizenztext: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/de/legalcode)

Die Bedingungen der Creative Commons Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. von Schaubildern, Abbildungen, Fotos und Textauszügen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Satz: DOPPELPUNKT, Stuttgart

ISBN: 978-3-86593-319-5

INHALT

Zusammenfassung **9**

1 Einleitung: Die Herausforderung der Digitalisierung des Produkts für die deutsche Automobilindustrie **10**

2 Projektstruktur und Methodik **14**
2.1 Struktur der Studie 14
2.2 Methodik der Studie 15

3 Ausgangssituation der Automobilindustrie am Standort Deutschland **21**

4 Wirkfelder der Digitalisierung des Automobils als Produkt **23**
4.1 Grundlegende Definitionen 23
4.2 Automatisiertes Fahrzeug 25
4.3 Vernetztes Fahrzeug 30
4.4 Mobility-as-a-Service 34

5 Marktentwicklung in den Betrachtungsfeldern **37**
5.1 Marktentwicklung im Bereich automatisierter Fahrzeuge bis 2030 37
5.2 Marktentwicklung für vernetzte Fahrzeuge bis zum Jahr 2030 40
5.3 Marktentwicklung im Bereich MaaS bis 2030 43
5.4 Einordnung der Marktszenarien 45

6 Wirkanalysen in den Betrachtungsfeldern **66**
6.1 Szenarienbildung 66
6.2 Wertschöpfung und Beschäftigung durch Mobility-as-a-Service 67

6.3 Wertschöpfung und Beschäftigung durch automatisierte Fahrzeuge bis 2030 69
6.4 Wertschöpfung und Beschäftigung durch vernetzte Fahrzeuge bis 2030 71
6.5 Fazit Wirkanalyse 73
6.6 Exkurs 77
6.7 Qualitative Effekte auf die Beschäftigung 82

7 Fazit und Gestaltungsoptionen 86
7.1 Handlungsempfehlungen 86
7.2 Zusammenfassung und Fazit 93

Literatur 101

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Studie 14

Abbildung 2: Vorgehensweise zur Berechnung des Marktvolumens der betrachteten Wirkfelder 15

Abbildung 3: Vorgehensweise zur Berechnung der Wertschöpfung und Anzahl der Beschäftigten in NACE-29- und NACE-62-Unternehmen in Deutschland 16

Abbildung 4: Stand der deutschen Automobilindustrie – Überblick über zentrale Kennzahlen 21

Abbildung 5: Wirkfelder – Betrachtete Geschäftsmodelle 24

Abbildung 6: Wirkfeld automatisiertes Fahrzeug – Komponenten eines Automatisierungssystems 29

Abbildung 7: Produktstrukturierung Smart Parking (mit Fahrzeug als Sensor) 32

Abbildung 8: Produktstrukturierung Advanced Navigation 33

Abbildung 9: Marktentwicklung – Automatisierte Fahrzeuge und MaaS 37

Abbildung 10: Globale Marktentwicklung für automatisierte Fahrzeuge – Stückzahlen 38

Abbildung 11: Globale Marktentwicklung für automatisierte Fahrzeuge – Marktvolumen 39

Abbildung 12: Marktentwicklung vernetztes Fahrzeug – Globaler Absatz von vernetzten Fahrzeugen in den Jahren 2015 bis 2025 42

Abbildung 13: Globales Marktvolumen für vernetzte Fahrzeuge bis 2030 – Getrennt nach Hardware und Services 43

Abbildung 14: Wertschöpfung durch MaaS in der deutschen Automobilindustrie bis 2030 68

Abbildung 15: Beschäftigung durch MaaS in der deutschen Automobilindustrie bis 2030 68

Abbildung 16: Wertschöpfung durch automatisierte Fahrzeuge in der deutschen Automobilindustrie bis 2030 70

Abbildung 17: Beschäftigung durch automatisierte Fahrzeuge in der deutschen Automobilindustrie bis 2030 71

Abbildung 18: Wertschöpfungszuwachs durch vernetzte Fahrzeuge in der deutschen Automobilindustrie bis 2030 72

Abbildung 19: Beschäftigungszuwachs durch vernetzte Fahrzeuge in der deutschen Automobilindustrie bis 2030 73

Abbildung 20: Wirkanalysen – Einordnung der Ergebnisse: Apple Umsatzanteile (2012–2016) 76

Abbildung 21: Neue Märkte für Kfz-Versicherungen – Vier beispielhafte Felder 80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wirkfeld automatisiertes Fahren – Funktionen nach Automatisierungsstufen 28

Tabelle 2: Wirkfeld vernetztes Fahrzeug – Produkt- und Serviceangebote im Kontext vernetztes Fahrzeug 31

Tabelle 3: Globale Marktentwicklung MaaS – Verkehrsleistungen in Personenkilometern 44

Tabelle 4: Übersicht zu den Wirkungen der drei Szenarien – Beschäftigungseffekte in der deutschen Automobilindustrie bis 2030 74

Tabelle 5: Wirkanalyse Kfz-Versicherungswirtschaft – Entwicklung der Kfz-Versicherungsprämien in Deutschland 79

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Studie werden Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung für die Automobilindustrie am Standort Deutschland in qualitativer und quantitativer Hinsicht untersucht. Im Rahmen der Studie werden die drei Wirkfelder automatisierte Fahrzeuge, vernetztes Fahren sowie Mobility-as-a-Service (MaaS) betrachtet. Auf Basis der Analyse der drei Wirkfelder werden die Auswirkungen auf die Wertschöpfungsanteile sowie Beschäftigungseffekte für den Automobilstandort Deutschland analysiert. Der Fokus ist hierbei auf den Pkw-Markt gerichtet.

Methodisch fußt die Studie dabei auf einer Berechnung des Marktvolumens für die betrachteten Wirkfelder. Konsekutiv darauf aufbauend erfolgt ein mehrstufiges Vorgehen zur Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für den Automobilstandort Deutschland.

Insgesamt kann die Studie zeigen, dass Automatisierung und Digitalisierung des Fahrzeugs bis zum Jahr 2030 einen ambivalenten, nicht linearen Effekt auf die Wertschöpfung und Beschäftigung bis zum Jahr 2030 am Automobilstandort Deutschland besitzen. Je nach angenommenem Szenario können die Automatisierungsfunktionen und insbesondere die MaaS-Angebote additiv oder substitutiv auf die Markt- und Wertschöpfungsvolumina wirken. Während Automatisierung und Vernetzung zunächst den Beschäftigungsbedarf erhöhen, könnte der globale Serienbetrieb autonomer MaaS-Systeme einen Tipping-Point für den Automobilmarkt darstellen.

1 EINLEITUNG: DIE HERAUSFORDERUNG DER DIGITALISIERUNG DES PRODUKTS FÜR DIE DEUTSCHE AUTOMOBILINDUSTRIE

Die Automobilindustrie steht im Zeichen von vier potenziell disruptiven Technologie- und Markttrends: Automatisierung, Vernetzung, Elektrifizierung und Sharing. Abstrahiert lassen sich Automatisierung, Vernetzung und in Verbindung mit ihnen auch Sharing unter dem Schlagwort Digitalisierung subsumieren. Daneben gehören zur Digitalisierung auch die zunehmenden Möglichkeiten des digitalen Kundenzugangs sowie die steigende Bedeutung von Daten als verbindendes Element aller Aspekte der Digitalisierung. Die Digitalisierung des Automobils führt die drei großen Durchbruchsinnovationen des 20. Jahrhunderts, Fahrzeuge, Computer und das Internet, zusammen und reicht weit über die Automobilindustrie hinaus (vgl. McKinsey 2014, S. 37).

Die Branchenakteure und -beobachter sind sich darüber einig, dass die Digitalisierung nicht nur die (Produktions-)Prozesse, sondern auch die Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle sowie damit auch die Struktur der Automobilindustrie in den nächsten 10 bis 20 Jahren völlig verändern wird (vgl. u. a. McKinsey 2015b, S. 12; Roland Berger 2015, S. 13 ff.). Insbesondere wird erwartet, dass (digitale) Services gegenüber Produkten an Bedeutung gewinnen. Negativ gewendet können diese Marktveränderungen auch zur Substitution bisherigen Geschäftsvolumens führen. Bereits heute deutet sich die potenzielle Bedeutung von Automatisierung und Digitalisierung des „Produkts Automobil" für die Sicherung von Wertschöpfung und Beschäftigung am Automobilstandort Deutschland an. Messen wie die IAA oder die CES haben die rasante Bedeutungszunahme der beiden Themen in den letzten Jahren verdeutlicht. Auch in den Serienfahrzeugen zeigt sich die Bedeutungsverschiebung von Mechanik zu Elektronik und Software. Dies lässt sich exemplarisch an der Anzahl der verbauten Sensoren indizieren. So haben moderne Fahrzeuge heute bereits durchschnittlich 60 bis 100 verbaute Sensoren. Es wird erwartet, dass diese Zahl in den nächsten Jahren auf 200 ansteigen wird (vgl. Deloitte 2015b, S. 9).

Die Produktankündigungen der nächsten Jahre zeigen, dass hochautomatisierte Fahrzeuge bis 2020 Marktreife erlangen werden. Zudem werden derzeit in verschiedenen Bereichen (Parken, Mobilitätsdienstleistungen, Infotainment, Versicherungen …) völlig neue Geschäftsmodelle entwickelt.

Damit korrespondiert der Aufbau von Inkubatoren der Automobilindustrie, in denen Innovationen in einem Start-up-Umfeld entwickelt werden. Die Entwicklungsinvestitionen der Automobilindustrie im Feld der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung betragen laut VDA in den nächsten Jahren vier bis sechs Milliarden Euro p. a. (VDA 2015). Hinzu kommt der Markteintritt neuer, kapitalstarker Unternehmen aus der amerikanischen IT-Industrie. Die Einschätzungen zu den Folgewirkungen für die Automobilindustrie sind ambivalent. Zwar beurteilen Unternehmen der Automobilbranche im Vergleich zu Unternehmen anderer Branchen die Digitalisierung als eine Bedrohung (Ernst & Young 2015), allerdings stimmen gleichzeitig 85 Prozent der befragten Führungskräfte einer McKinsey-Studie der Aussage zu, dass Vernetzung und Automatisierung enormes Wachstumspotenzial bieten (vgl. McKinsey 2015b, S. 22).

Die bevorstehenden Herausforderungen erzeugen vor dem Hintergrund bestehender struktureller Herausforderungen wie Überkapazitäten im globalen Produktionsnetzwerk und dem Wandel hin zu alternativen Antrieben eine hohe Unsicherheit (vgl. Roland Berger 2016a, S. 8). Insbesondere automatisierte Fahrzeuge können die Automobilindustrie in mehrfacher Hinsicht stark verändern und sind die Innovation mit dem größten Transformationspotenzial der Automobilgeschichte (vgl. Roland Berger 2014b, S. 3).

Die Digitalisierung hat nach und nach verschiedene Branchen mit unterschiedlicher Intensität erfasst und in einigen Fällen (u. a. Medienbranche, Mobilfunkbranche, Video-Entertainment, Fotografie, Musikindustrie, Einzelhandel, Tourismus) bereits gezeigt, dass die omnipräsente Vokabel der Disruption auch eine reale Grundlage hat (vgl. Roland Berger 2015, S. 15, 19; McKinsey 2014, S. 41). Ein Indikator hierfür ist der Markteintritt und die Marktbedeutung neuer Akteure. Während in den letzten 15 Jahren nur zwei neue Akteure in der Liste der Top 15-OEMs zu finden sind, sind es im Bereich der Handset-Industrie zehn (vgl. Gao et al. 2016, S. 9). Die Beispiele dieser Industrien zeigen zudem wie schnell und umfassend sich disruptive Entwicklungen vollziehen können. Auch in den Branchen Automobil und Logistik deuten sich ähnlich disruptive Veränderungen bereits heute an (vgl. Roland Berger 2015, S. 19). Insbesondere durch automatisierte „Mobility-as-a-Service-Angebote“ gemäß Maurice Lévy „ge-ubert“ zu werden (zit. n. Roland Berger 2015, S. 17), ist für die Automobilhersteller ein Risiko in völlig neuer Dimension. Mit den neuen Akteuren und Geschäftsmodellen verbinden sich Industrien und es können völlig neue Ökosysteme entstehen. Im datenbasierten Connected Car-Ökosystem sind Automobile und die Automobilindustrie (potenziell) auch (Daten-)Zulieferer an Dritte.

Weitere Entwicklungen, wie der Aufbau von F&E-Kapazitäten an Auslandsstandorten oder die Testaktivitäten deutscher Automobilhersteller im Ausland, zeigen, dass eine neue Standortkonkurrenz erwartet werden kann. Zudem werden die Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung zu einer höheren Entwicklungsintensität innerhalb der Wertschöpfung führen.

Die Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung werden zudem erhebliche soziale Auswirkungen haben und zu Umbrüchen im Bereich der Tätigkeiten, Anforderungen und Arbeitsprozesse führen. Auch im Bereich der traditionellen Geschäftsmodelle wird eine zunehmende Verschiebung der Qualifikationsanforderungen erwartet, insbesondere weg von klassischen Kompetenzen im Bereich der Mechanik. Zudem wird erwartet, dass die Anforderungsprofile vielschichtiger sein werden und Kompetenzen an den Schnittstellen zwischen Informationstechnologie, Maschinenbau und Elektrotechnik benötigt werden.

Zwar lassen sich die benannten Veränderungen erkennen und beschreiben. Die Marktentwicklung und ihre ökonomischen Folgewirkungen sind jedoch von großer Unsicherheit geprägt. Die Wissenschaft beschäftigte sich bisher hauptsächlich mit Fragestellungen in den Bereichen Technik und Recht. Sozioökonomische Fragen hingegen wurden bislang nur eingeschränkt analysiert. Insbesondere zur Beschäftigungswirkung der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung liegen derzeit kaum dezidierte Aussagen vor.

In der Studie „Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen“ von Cacilo et al. (2015) wurden die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für Systeme bis zum hochautomatisierten Fahren ermittelt. Dabei wurde für das 2025 ein Marktvolumen in Höhe von über 50 Milliarden Euro, Wertschöpfungseffekte für den Standort Deutschland in Höhe von 8,8 Milliarden Euro und Beschäftigungsbedarf in Höhe von ca. 120.000 Beschäftigten errechnet, davon ca. 70.000 in der Automobilindustrie. Die Studie der Investmentbank Goldman Sachs prognostiziert für das Jahr 2025 ein Marktpotenzial im Bereich „Advanced Driver Assistance Systems“ (ADAS) und automatisiertes Fahren in Höhe von ca. 100 Milliarden US-Dollar (Goldman Sachs 2015). Die Unternehmensberatung Strategy&/PwC (2014) schätzt das weltweite Umsatzvolumen im Jahr 2020 für das Thema „Connected Car“, das sowohl automatisiertes Fahren als auch sämtliche Formen der Konnektivität umfasst, auf 115 Milliarden Euro. McKinsey hat für das gleiche Betrachtungsfeld für das Jahr 2020 ein Marktpotenzial in Höhe von 170–180 Milliarden US-Dollar errechnet (McKinsey 2014). Weiter gefasst quantifiziert Roland Berger die Effekte der digitalen Transformation für die europäische Industrie bis zum Jahr

2025 in einer Bandbreite von minus 605 Milliarden Euro bis plus 1,25 Billionen Euro (Roland Berger 2015, S. 6 f.). Die vorliegenden Publikationen verbleiben bislang weitgehend auf einer hochaggregierten Umsatz(potenzial)ebene, ohne die Wertschöpfung für einzelne Module bzw. für den Standort Deutschland auszuweisen. Der Kern des Forschungsbedarfs liegt somit in einer Präzisierung und Vertiefung vorliegender Erkenntnisse hinsichtlich Wertschöpfung und Beschäftigung sowie in einer spezifischen Analyse für den Standort Deutschland.

Leitfrage und Gang der Untersuchung

Der vorliegenden Studie liegt folgende zentrale Fragestellung zugrunde: Welche Beschäftigungswirkungen resultieren für die Automobilindustrie am Standort Deutschland in qualitativer wie quantitativer Hinsicht aus dem Trend zur Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung?

Die Studie gliedert sich in vier thematische Blöcke:

A) Beschreibung der Produkte und Geschäftsmodelle, der technischen Systeme sowie Modellierung der Leistungserstellungsprozesse
B) Szenarien der Marktentwicklung
C) Analyse der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte: Quantitative und qualitative Wirkungsanalysen für Beschäftigung. Im Fokus der Wirkungsanalyse stehen dabei:
   (1) Auswirkungen auf die Wertschöpfungsanteile des Automobilstandorts Deutschland
   (2) Berechnung der Arbeitsvolumina und quantitativen Beschäftigungseffekte
   (3) Anforderungen an Qualifikationsprofile und Arbeitsbedingungen
D) Skizzierung von politischen und betrieblichen Gestaltungsoptionen

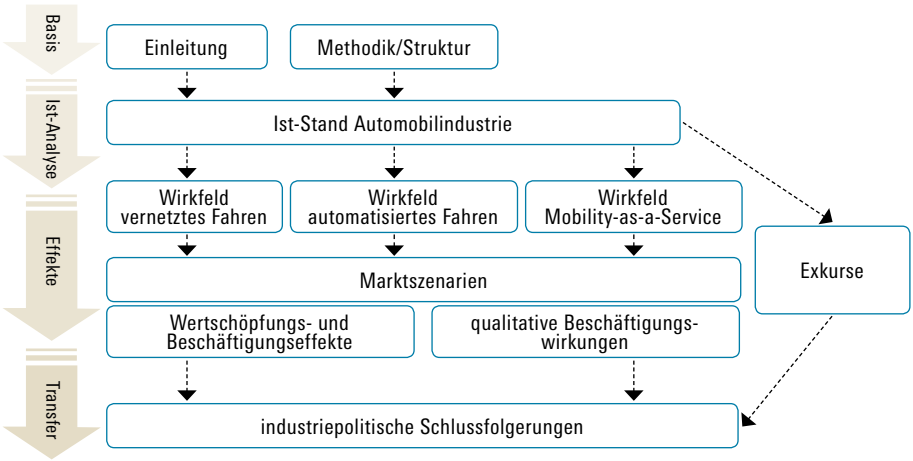
2 PROJEKTSTRUKTUR UND METHODIK

2.1 Struktur der Studie

Die Studie folgt der in Abbildung 1 dargestellten Struktur. Nachdem in Kapitel 1 in die Arbeit eingeleitet wurde, erfolgen in Kapitel 2 die Darstellung des Gangs der Untersuchung sowie methodische Erläuterungen zur Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte. In Kapitel 3 wird der derzeitige Stand der Automobilindustrie am Standort Deutschland anhand der für den Untersuchungsfokus relevantesten Indikatoren dargestellt. In Kapitel 4 erfolgt die Darstellung der in der Studie untersuchten Wirkfelder der Digitalisierung (vernetztes Fahrzeug, automatisiertes Fahrzeug, Mobility-as-a-Service). In Kapitel 5 wird die Marktentwicklung in den drei benannten Bereichen analysiert. In Kapitel 6 werden die quantitativen Wirkungen auf Wertschöpfung und Beschäftigung in den drei Feldern berechnet und erläutert. Nachdem anschließend in einem Exkurs (Abschnitt 6.6) auf weitere Wirkungen der Digitalisierung auf die Automobilindustrie eingegangen wird, be-

Abbildung 1

Aufbau der Studie



Quelle: Eigene Darstellung.

schreibt Abschnitt 6.7 die qualitativen Auswirkungen auf die Beschäftigten. Die Analyse der Gestaltungsoptionen sowie ein Fazit in Kapitel 7 schließen die Untersuchung ab.

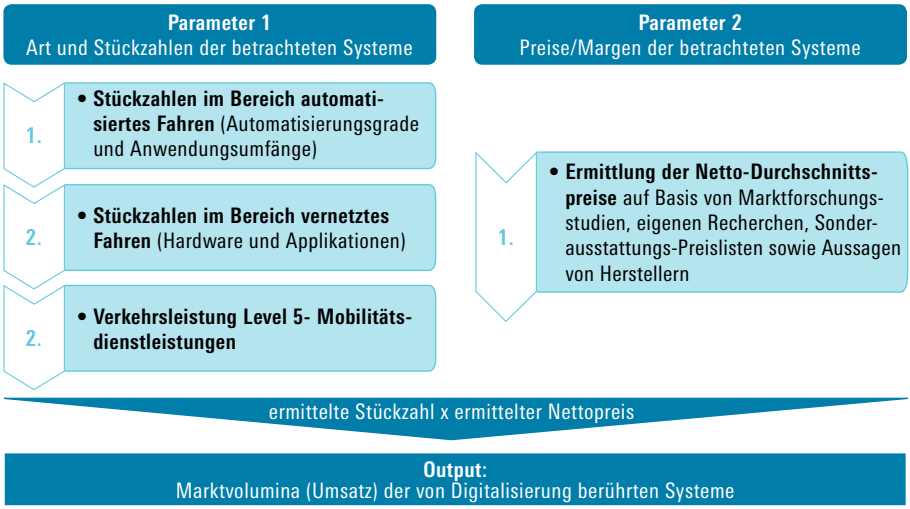
2.2 Methodik der Studie

2.2.1 Methodik zur Bestimmung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte

In Abbildung 2 ist die Vorgehensweise zur Berechnung des Marktvolumens der betrachteten Wirkfelder zu sehen. Die Methodik fußt dabei je Wirkfeld auf zwei Parametern. Zum einen gehen die relevanten Stückzahlen der betrachteten Systeme, zum anderen die Preise respektive die Margen in die Berechnung ein. Aus dem Produkt der jeweiligen Stückzahlen sowie dem ermittelten Nettopreis ergibt sich als zentraler Output das Marktvolumen.

Abbildung 2

Vorgehensweise zur Berechnung des Marktvolumens der betrachteten Wirkfelder



Anmerkung: Level 5 bezeichnet den höchsten Grad des automatisierten Fahrens (fahrerlos), siehe Abschnitt 4.2.1.
Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 3

Vorgehensweise zur Berechnung der Wertschöpfung und Anzahl der Beschäftigten in NACE-29- und NACE-62-Unternehmen in Deutschland

1. • Definition von Wertschöpfungsmodulen
2. • Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem
3. • Bestimmung des Produktions- und Entwicklungsanteils der Wertschöpfungsmodule
4. • Zuordnung der Akteure zu Wertschöpfungsmodulen
5. • Marktanteile Hersteller/Zulieferer (regional differenziert/bezogen auf Wertschöpfungsmodule)
6. • Standortanteile der deutschen Akteure je Wertschöpfungsmodul
7. • Leistungstiefe und Importanteile je Wertschöpfungsmodul

Output 1: Wertschöpfung von NACE-29- und NACE-62-Unternehmen in Deutschland, bezogen auf die Absatzregion und die jeweiligen ADAS/HAF-Systeme oder bezogen auf das Wertschöpfungsmodul.

8. • Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem unter Berücksichtigung des Produktivitätszuwachses

Output 2: Anzahl Beschäftigte bei NACE-29- und NACE-62-Unternehmen, die mit der Wertschöpfung der betrachteten Systeme einhergehen.

Anmerkung: NACE-29 und 62 sind die Wirtschaftszweige „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen" und „Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie"; ADAS = Advanced Driver Assistance Systems; HAF = hochautomatisiertes Fahren.
Quelle: Eigene Darstellung.

In Abbildung 3 ist die Vorgehensweise zur Berechnung der Wertschöpfung sowie der Anzahl der Beschäftigten in NACE-29- und NACE-62-Unternehmen[1] in Deutschland zu sehen.

Nachfolgend erfolgt eine Beschreibung der einzelnen Schritte, welche bei der Berechnung der Wertschöpfung sowie der Bestimmung der daraus induzierten Beschäftigungswirkung am Automobilstandort Deutschland konsekutiv durchlaufen werden.

1 NACE-29 ist der Wirtschaftszweig „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen". NACE-62 ist der Wirtschaftszweig „Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie".

Schritt 1: Definition von Wertschöpfungsmodulen
Um die Wertschöpfung der betrachten Wirkfelder bzw. der hierfür benötigten Komponenten zu bewerten, ist es nötig, granulare Wertschöpfungseinheiten zu definieren. Ein „Wertschöpfungsmodul" ist eine eindeutig definierte Wertschöpfungseinheit, die überschneidungsfrei zu anderen Wertschöpfungseinheiten ist und einen bestimmbaren Input und Output hat (vgl. Cacilo et al. 2015, S. 38). Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Studie „Wertschöpfungsmodule" definiert.

Schritt 2: Bestimmung der Wertanteile der Wertschöpfungsmodule am Gesamtsystem
Um die Relevanz der einzelnen Wertschöpfungsmodule zu ermitteln, werden die Nettopreise der betrachteten Systeme auf Wertanteile einzelner Wertschöpfungsmodule aufgeteilt. Dies erfolgt auf Basis von Expertenaussagen sowie Einzelnachweisen aus der Literatur.

Schritt 3: Bestimmung des Produktions-/Entwicklungsanteils
Um die Wertschöpfungsmodule hinsichtlich der Anteile der am Standort Deutschland stattfindenden Tätigkeiten näher spezifizieren zu können, werden die Produktions- und Entwicklungsanteile auf Basis von Literaturangaben quantifiziert.

Schritt 4: Zuordnung der Akteure zu den Wertschöpfungsmodulen
Danach werden die Akteursgruppen den Wertschöpfungsmodulen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt auf Basis der heute von den jeweiligen Akteursgruppen (Zulieferer, Hersteller, IT-Unternehmen) besetzten Marktrollen bzw. einer qualitativen Bewertung der künftig zu erwarteten Zuordnung.

Schritt 5: Marktanteile Hersteller/Zulieferer (regional differenziert/bezogen auf Wertschöpfungsmodule)
Analog zum Vorgehen bei der Marktanalyse wird der Anteil deutscher Hersteller und des Standorts Deutschland am globalen Pkw-Absatz und am Absatz von Premium- und Oberklassefahrzeugen ermittelt. Hierfür werden die Gesamtproduktion der deutschen Hersteller sowie der regional differenzierte Auslandsabsatz und der Inlandsabsatz deutscher Hersteller ermittelt. Beim Auslandsabsatz wird zwischen direktem Auslandsabsatz und Exporten aus Deutschland, beim Inlandsabsatz zwischen direktem Inlandsabsatz und Importen aus Auslandsfertigung unterschieden.

Grundlage hierfür sind Daten des VDA, Daten aus Geschäftsberichten, Daten von internationalen statistischen Einrichtungen sowie Daten des Statistischen Bundesamtes. Mit der Differenzierung zwischen den beiden Kategorien Inlands- und Auslandsproduktion deutscher Hersteller gehen unterschiedliche Wertschöpfungsanteile an den Prozessen einher, die durch die Automobilhersteller bearbeitet werden.

Zur Unterscheidung der deutschen Wertschöpfung eines deutschen Herstellers an der Herstellung eines Fahrzeugs an einem internationalen Standort im Vergleich zur Herstellung an einem deutschen Standort wird die heutige Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverteilung zwischen Endmontage und sonstiger Produktion und Entwicklung der deutschen Hersteller herangezogen.

Schritt 6: Standortanteile der deutschen Akteure je Wertschöpfungsmodul

Die Standortanteile der für die Erbringung der jeweiligen Leistungen der deutschen Unternehmen relevanten Beschäftigten werden differenziert nach Hersteller, Zulieferer und Softwareunternehmen sowie nach den Bereichen Produktion und Entwicklung ermittelt. Hierzu werden neben Geschäftsberichten und Presseinformationen insbesondere direkte Unternehmensangaben (Primärquellen) verwendet.

Schritt 7: Leistungstiefe und Importanteile je Wertschöpfungsmodul

Im letzten Schritt werden die modulspezifischen Leistungstiefen der OEMs, Zulieferer und IT-Unternehmen[2] sowie die darin erwarteten Importanteile an der Inlandsproduktion und -entwicklung ausgewiesen. Die Vorleistungen aus dem Inland für die Auslandsproduktion und -entwicklung werden hiervon separiert ermittelt. Zur Bewertung der Vorleistungen aus dem Inland werden wertschöpfungsmodulspezifisch die branchenüblichen Werte der jeweiligen Referenzindustrie (bspw. Automobil- Elektronik oder IT-Industrie) herangezogen. Zur Bewertung des Anteils der Vorleistungen aus dem Ausland wird wertschöpfungsmodulspezifisch die durchschnittliche Importquote der jeweiligen Referenzindustrien herangezogen.

2 Bei der Bewertung der Wertschöpfungstiefe werden Unterschiede bei den Entwicklungsanteilen einzelner Wertschöpfungsmodule in die Betrachtung einbezogen.

Output 1 des Modells
Wertschöpfung von NACE-29- und NACE-62-Unternehmen in Deutschland.

Aus den vorgelagerten Schritten 1–7 ergibt sich der erste Output des Modells in Form der Wertschöpfung von NACE-29- und NACE-62-Unternehmen am Standort Deutschland.

Schritt 8: Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem

Um aus den jeweiligen Wertschöpfungswerten die Beschäftigung errechnen zu können, bedarf es einer Aussage zur Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem in der Automobilindustrie. Hierzu werden die Werte des Jahres 2016 des Statistischen Bundesamts zugrunde gelegt. Zur Ermittlung der künftigen Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem werden die durchschnittlichen Produktivitätszuwächse der Vergangenheit zugrunde gelegt.

Output 2 des Modells
Anzahl der mit der Wertschöpfung der betrachteten Systeme einhergehenden **Beschäftigten bei NACE-29- und NACE-62-Unternehmen**.

2.2.2 Annahmen bei der Gestaltung der Szenarien

Keine der bislang in der Literatur vorliegenden Studien betrachtet die Nebenwirkungen und Substitutionseffekte der Digitalisierung des Fahrzeugs. Die drei Wirkfelder werden im Rahmen einer Marktanalyse zunächst isoliert betrachtet. Der isolierten Betrachtung liegt ein weiterhin stabiles Marktwachstum des Pkw-Markts zugrunde. Für die Wertschöpfungs- und Beschäftigungsanalyse werden die drei Wirkfelder integriert betrachtet. Hierzu werden drei Szenarien gebildet:

- In Szenario 1 wird davon ausgegangen, dass die neuen MaaS-Angebote vollständig zusätzlichen Automobilverkehr und -absatz generieren und die Zusatzausgaben für Automatisierung keine anderen Komponenten substituieren.
- In Szenario 2 wird von einer durch automatisiertes Fahren induzierten Substitution in Höhe von 50 Prozent und einer partiellen Substitution

konventioneller Pkw-Verkehrsleistung durch MaaS ausgegangen, sodass der Gesamtabsatz von konventionellen Pkw und MaaS-Pkw dem heute erwarteten Referenzpfad entspricht.
– In Szenario 3 wird davon ausgegangen, dass die mit MaaS erbrachte Verkehrsleistung den bisherigen Pkw-Verkehr zu 100 Prozent substituiert und die Zusatzausgaben für Automatisierung andere Komponenten zu 100 Prozent kompensieren.

Da sowohl automatisiertes Fahren als auch vernetztes Fahren vom Gesamtabsatz von Pkw beeinflusst werden und dieser wiederum von der Rückwirkung von MaaS auf den Absatz abhängt, ist MaaS in den Szenarien als unabhängige Variable und automatisiertes und vernetztes Fahren als abhängige Variable zu verstehen. Bei der Wertschöpfungs- und Beschäftigungsanalyse wird daher MaaS vor den anderen Wirkfeldern betrachtet.

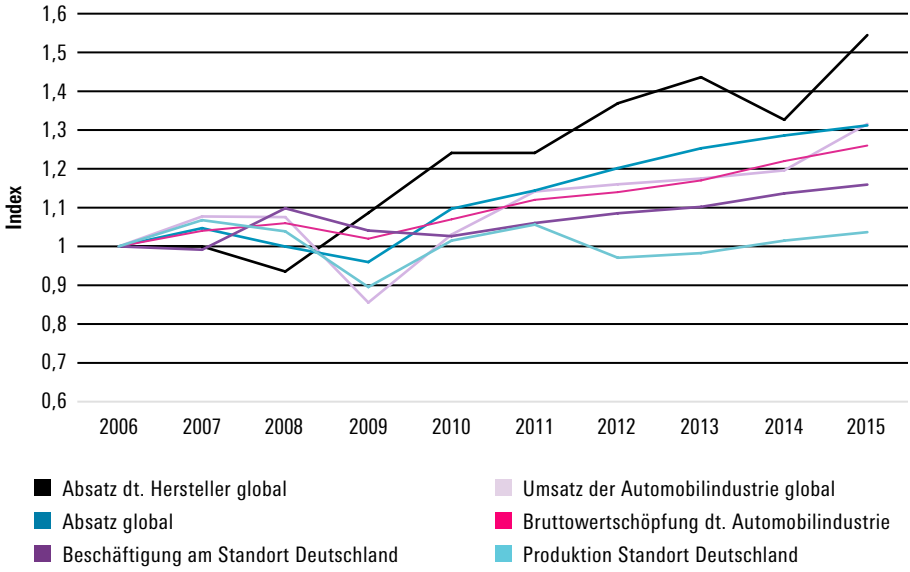
3 AUSGANGSSITUATION DER AUTOMOBIL-INDUSTRIE AM STANDORT DEUTSCHLAND

Um die Veränderungen durch die Digitalisierung einordnen zu können, ist ein Verständnis der Ausgangssituation der Automobilindustrie am Standort Deutschland notwendig. Hierzu wurden die folgenden wesentlichen automobilwirtschaftlichen Parameter für den Betrachtungszeitraum 2006–2015 analysiert und gegenübergestellt (Abbildung 4):

- Automobil-Absatz aller Hersteller
- Pkw-Absatz deutscher Hersteller global
- Produktion der Automobilindustrie am Standort Deutschland
- Umsatz der Automobilindustrie am Standort Deutschland

Abbildung 4

Stand der deutschen Automobilindustrie – Überblick über zentrale Kennzahlen



Anmerkung: Das Jahr 2006 wurde als Ausgangspunkt jeweils mit dem Wert 1 gleichgesetzt.
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von (Auszug): Statistisches Bundesamt, VDA, OICA, Angaben der Automobilhersteller.

– Bruttowertschöpfung der Automobilindustrie am Standort Deutschland
– Beschäftigung der Automobilindustrie am Standort Deutschland

Die Bruttowertschöpfung der Automobilindustrie am Standort Deutschland weist von allen betrachteten Parametern die größte Wachstumsrate im Betrachtungszeitraum auf und hat sich zwischen 2006 und 2015 um ca. 70 Prozent (in jeweiligen Preisen) erhöht. Dies zeigt, dass der Automobilstandort Deutschland in diesem Zeitraum überproportional am globalen Wachstum des Automobilmarkts partizipiert hat. Die globale Pkw-Produktion der deutschen Automobilhersteller ist im Betrachtungszeitraum von 10,1 auf 15,1 Millionen Fahrzeuge pro Jahr angestiegen – überwiegend durch den Auf- und Ausbau von Produktionskapazitäten an Auslandsstandorten. Die Produktionsstückzahlen am Standort Deutschland schwankten zwischen 2006 und 2015 zwischen 5,8 und 6,2 Millionen Fahrzeugen pro Jahr (mit einem Ausreißer-Jahr 2009) und zeigen somit eine stabile Seitwärtsbewegung. Der Umsatz der deutschen Automobilindustrie am Standort Deutschland (in jeweiligen Preisen) und der globale Absatz von Automobilen (Pkw und Nfz) haben sich im Betrachtungszeitraum um ca. 30 Prozent erhöht. Die Beschäftigung hat sich um knapp 16 Prozent erhöht. Aus der Analyse lassen sich die folgenden Schlüsse und wesentlichen Erkenntnisse festhalten:
– Die Produktion am Standort Deutschland stagniert.
– Der Umsatz und die Wertschöpfung sind stärker gestiegen als die Beschäftigung. Dies lässt sich als erhebliche Steigerung der Arbeitsproduktivität deuten.
– Umsatz, Wertschöpfung und Beschäftigung am Standort Deutschland korrelieren stärker mit dem globalen Pkw-Absatz der deutschen Hersteller als mit der Produktion am Standort Deutschland.

Das Auseinanderklaffen von Produktion am Standort Deutschland, Wertschöpfung und Beschäftigung lässt sich dadurch erklären, dass sich die „Struktur“ der Beschäftigung am Standort sukzessive verändert. Während der Ausbau von Produktionstätigkeiten insbesondere im Ausland erfolgt, induzierte dies in den letzten Jahren zusätzliche Kapazitäten in den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie Verwaltung am Standort Deutschland.

4 WIRKFELDER DER DIGITALISIERUNG DES AUTOMOBILS ALS PRODUKT

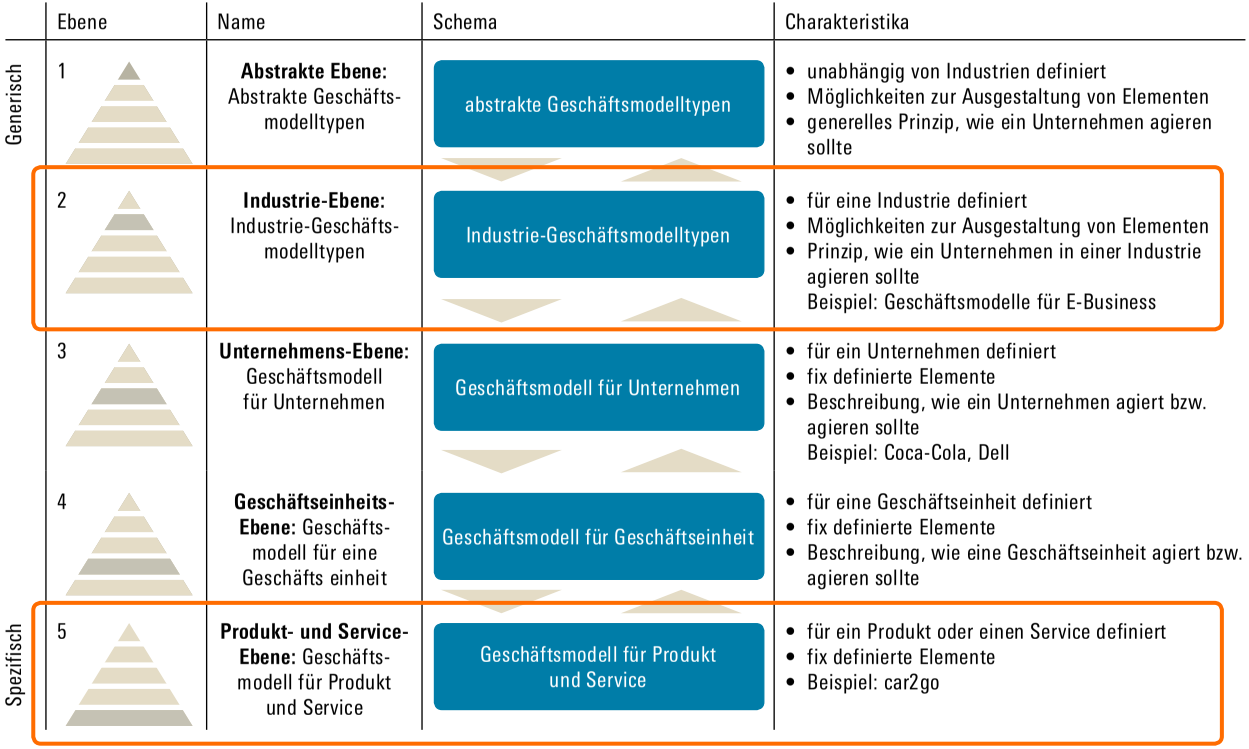
4.1 Grundlegende Definitionen

Um in der vorliegenden Studie die zu betrachtenden Wirkfelder näher untersuchen zu können, erfolgt zunächst deren Definition.

- Ein automatisiertes Fahrzeug kann einzelne Aktivitäten automatisiert, d. h. ohne Eingriff des Fahrers, durchführen. Diese Funktionen sollen das Fahrerlebnis komfortabler, effizienter und sicherer machen (vgl. McKinsey 2015b). Das automatisierte Fahrzeug beschreibt allerdings nicht einen spezifischen Grad an Automatisierung, sondern ein Spektrum an Funktionen mit mehreren jeweiligen Charakteristika.
- Unter einem vernetzten Fahrzeug (Connected Car; CC) versteht man ein Fahrzeug, welches über die notwendige Hard- und Software verfügt, um sich über das Internet mit seinem Umfeld zu vernetzen und Informationen zu senden und zu empfangen (vgl. Strategy&/PwC 2016, S. 10).
- Unter Mobility-as-a-Service (MaaS) werden im Kontext dieser Studie Mobilitätsdienstleistungen verstanden, die auf autonomen Fahrzeugen (Level 5, siehe Abschnitt 4.2.1) basieren.

Die zuvor beschriebenen Wirkfelder werden dabei anhand zweier Betrachtungsebenen hinsichtlich gegebener oder sich entwickelnder Geschäftsmodelle analysiert. In einem ersten Schritt wird der Fokus auf die Produkt- und Service-Ebene gelegt. Einzelne Produkte und Services sowie die damit verbundenen Geschäftsmodelle werden hinsichtlich ihres Marktvolumens sowie den induzierten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten für den Standort Deutschland quantifiziert. In der Einordnung und Bewertung der Ergebnisse werden diese bezüglich ihrer Bedeutung und Wirkung für die „Industrie-Geschäftsmodelle“ der Automobilindustrie evaluiert. Die weiteren in Abbildung 5 genannten Geschäftsmodell-Ebenen werden im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet.

Wirkfelder – Betrachtete Geschäftsmodelle



Quelle: Modifizierte Darstellung auf Basis von Weiner/Vidackovic/Schallmo (2012, S. 188).

4.2 Automatisiertes Fahrzeug

4.2.1 Produkte

Automatisierte Fahrzeuge werden in der Regel primär anhand des Automatisierungsgrads klassifiziert. Dabei werden gemäß den Definitionen der SAE J3016 und des VDA fünf Automatisierungsgrade (Stufen bzw. Level; L0 bis L5) unterschieden. In der nachfolgenden Zusammenfassung stehen die Angaben der SAE in Klammer gesetzt hinter den Angaben des VDA:

- Stufe 0: Driver Only (No Automation)
- Stufe 1: assistiert (Driver Assistance)
- Stufe 2: teilautomatisiert (Partial Driving Automation)
- Stufe 3: hochautomatisiert (Conditional Driving Automation)
- Stufe 4: vollautomatisiert (High Driving Automation)
- Stufe 5: fahrerlos (Full Driving Automation)

In Anlehnung an Cacilo et al. (2015, S. 8) werden die einzelnen Automatisierungsgrade im Folgenden näher beschrieben.

Die Ausgangsstufe 0 wird als „Driver Only“ (Level 0) bezeichnet und steht für das rein manuelle Fahren, ohne die Unterstützung aktiver Assistenzsysteme. Folglich führt der Fahrer über die gesamte Fahrtdauer alle Längs- und Querführungsaktivitäten durch, ohne dabei von einem System unterstützt zu werden.

Die Vorstufe des automatisierten Fahrens (Level 1) wird als „assistiert“ bezeichnet. Analog zur Stufe „Driver Only“ führt der Fahrer dauerhaft über die gesamte Fahrt die Quer- und Längsführung des Fahrzeugs aus, allerdings werden einzelne Fahraufgaben in gewissen Grenzen vom System ausgeführt. Dabei muss der Fahrer das System dauerhaft überwachen und jederzeit bereit sein, die Fahrzeugführung vollständig zu übernehmen. Beispielhafte Systeme sind der Abstandsregeltempomat (engl. ACC) oder der aktive Spurhalteassistent (engl. LKA).

In der Stufe 2 mit der Bezeichnung „teilautomatisiert“ (Level 2) ist das System in der Lage, sowohl die Quer- als auch die Längsführung für einen begrenzten Zeitraum oder in spezifischen Situationen zu übernehmen. Weiterhin muss der Fahrer das System dauerhaft überwachen und jederzeit in der Lage sein, die Fahrzeugführung vollständig zu übernehmen. Beispiele sind Stauassistenten.

In die Stufe 3 („hochautomatisiert“; Level 3) fallen Systeme, die in der Lage sind, die Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spe-

zifischen Situationen zu übernehmen. Entgegen der Teilautomatisierung ist der Fahrer jedoch nicht mehr verpflichtet, das System dauerhaft zu überwachen, sodass eine Beschäftigung mit gewissen fahrfremden Nebentätigkeiten für den Fahrer möglich wird. Sofern eine Übernahme der Fahrzeugführung durch den Fahrer notwendig wird, wird dieser durch das System mit ausreichender Zeitreserve zum Übernehmen aufgefordert. Das System ist in der Lage, Systemgrenzen zu erkennen, welche zum Teil automatisch abgefangen werden können. Sofern dies nicht möglich ist, wird eine Übergabeaufforderung an den Fahrer geleitet.

Stufe 4 (Level 4) bezeichnet Systeme, die in einem definierten Anwendungsfall Quer- und Längsführung vollständig ausführen können, wobei der Fahrer das System nicht überwachen muss. Vor dem Verlassen des Anwendungsfalls wird mit ausreichender Zeitreserve die Übergabe an den Fahrer eingeleitet. Falls die Übernahme durch den Fahrer nicht erfolgt, führt das System den risikominimalen Zustand herbei. Das System erkennt alle Systemgrenzen und ist jederzeit in der Lage, sich in den risikominimalen Systemzustand zurückzuführen.

In der höchsten Stufe, dem fahrerlosen Fahren (Level 5), bewältigt das System alle während einer Fahrt auftretenden Situationen selbstständig. Zum Führen des Fahrzeugs wird kein Fahrer benötigt. Diese fünfte Stufe wird auch als „autonom" bezeichnet. Beispiele für die fünfte Stufe sind das Google Self-Driving Car und der Forschungsprototyp F015 von Daimler – zumindest in der angedachten späteren funktionalen Ausführung. Heute werden auch diese Fahrzeuge bei Testfahrten (noch) von Fahrern „begleitet".

Der derzeitige Gesetzesentwurf (Bundesregierung 2017) adressiert die Stufen 3 und 4 – und somit Stufen mit einer „Arbeitsteilung" von Mensch und Maschine. Stufe 5 ist zum derzeitigen Stand rechtlich noch nicht (ansatzweise) geklärt. Die Automatisierungsgrade charakterisieren die Funktionalität der Systeme jedoch nicht hinreichend. Hierzu muss auch der Anwendungsumfang der Systeme betrachtet werden. Dieser kann durch verschiedene Restriktionen begrenzt sein. Wesentlich sind hierbei insbesondere:

- **Geschwindigkeit:** Je niedriger die Geschwindigkeit, desto niedriger sind die Anforderungen an die sensorische Erfassung und die Umfeldmodellierung. Daher lassen sich Systeme mit Level-5-Automatisierung derzeit nur in niedrigen Geschwindigkeitsbereichen realisieren. So ist das Google Self-Driving Car auf 40 km/h und das Navya Arma-Shuttle auf 45 km/h beschränkt (vgl. Cacilo 2015, S. 244; Navya 2018).
- **Licht- und Wetterverhältnisse:** Die Licht- und Wetterverhältnisse können die Umfeldsensorik vor große technische Herausforderungen stellen.

So sind bspw. Ultraschallsensoren bei Regen und Schnee sowie Kameras bei grellem Licht, Nebel und Gewitter nicht (voll) funktionsfähig (vgl. Cacilo et al. 2015, Kap. 4.2). Insbesondere für Kameras sind Dämmerung und Dunkelheit mit erheblichen Einschränkungen hinsichtlich der Detektionsraten und Reichweite verbunden (vgl. Cacilo et al. 2015, S. 57). Dies ist ein Grund dafür, dass viele Pilotversuche mit autonomen Fahrzeugen in der jüngeren Vergangenheit in Regionen durchgeführt wurden, die niedrigere Anforderungen an die Sensorik stellen, wie Kalifornien oder Singapur.

- **Kartenmaterial:** Automatisierungssysteme ab Level 3 sind auf eine genaue Eigenlokalisierung des Fahrzeugs angewiesen. Hierfür sind rein GNSS-basierte Lösungen aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit und Genauigkeit nicht ausreichend. Die notwendigen Multilaterationsverfahren („Bestimmung von Position und Orientierung anhand von Umfeldmerkmalen") beruhen auf 3-D-Kartenmaterial (vgl. Cacilo et al. 2015, S. 85, 88). Dieses Kartenmaterial liegt allerdings – auch in absehbarer Zukunft – nicht ubiquitär vor.
- **Straßenart:** Unterschiedliche Straßenarten weisen unterschiedliche Komplexitätsgrade auf. Auf Autobahnen ist bspw. der Verkehr strukturierter und weniger komplex als innerorts, da es auf Autobahnen u. a. keinen Gegenverkehr, keine Kreuzungen und keine Kreisverkehre gibt (vgl. Cacilo et al. 2015, S. 4). Die verkehrliche Komplexität ist demgegenüber in Städten grundsätzlich ungleich höher. Hierbei kann es jedoch erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Ländern und Regionen geben.
- **Mobilfunknetzverfügbarkeit:** Zwar ist automatisiertes Fahren bereits mit der bordeigenen Sensorik grundsätzlich möglich, aus mehreren Gründen ist allerdings eine Kommunikation mit einem Backend erforderlich. Zum einen gilt dies für den Prozess der Streckenfreigabe, zum anderen können Daten aus dem Backend zu einer Verbesserung der automatisierten Fahrfunktion beitragen, z. B. indem Informationen aus dem Backend übermittelt werden, die über die Sensordaten nicht erfassbar sind (z. B. das Stauende hinter einer Kurve).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die in Tabelle 1 dargestellten Funktionen/Produkte des assistierten und automatisierten Fahrens betrachtet und in die Berechnungen einbezogen.

Die Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. So wurden bspw. Systeme zum automatisierten Parken sowie Fahrerassistenzsysteme in einer weiten Definition (ESP, ABS …) nicht berücksichtigt.

Tabelle 1

Wirkfeld automatisiertes Fahren – Funktionen nach Automatisierungsstufen

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
adaptive Geschwindigkeits-regelung (adaptive cruise control, ACC)	Stauassistent	Stauchauffeur	Staupilot	MaaS City Car
Frontkollisionsschutz (forward collision warning, FCW)	Autobahn-assisstent	Autobahn-chauffeur	Autobahnpilot	MaaS City Shuttle
Spurhalteassistenz (lane departure warning/ keeping, LDW)		HAF-Chauffeur (einspurig)	VAF-Pilot	MaaS Commuter Car
Spurwechselassistenz (blind spot detection, BSD)		HAF-Chauffeur (mehrspurig)		autonomes Fahrzeug
Fahrerzustandserkennung (driver monitoring, DM)				
Verkehrszeichenerkennung (traffic sign recognition, TSR)				

Anmerkung: HAF = hochautomatisiertes Fahren; MaaS = Mobility-as-a-Service; VAF = vollautomatisiertes Fahren.
Quelle: Eigene Darstellung.

Die Unterscheidung zwischen Level-5-Commuter und VAF-Pilot ergibt sich durch den Funktionsumfang. Level 5 ist ausschließlich auf eine Steuerung durch das System ausgelegt, der Mensch ist nicht mehr im Kreislauf. Bei einem VAF-Pilot kann ggf. ein spezifischer Streckenabschnitt, eine Straßenart, eine Stadt oder ein Quartier „freigeschaltet" sein, andere Straßenarten aber nicht, sodass dort „manuell" gesteuert werden muss. Level-5-City-Cars, -Shuttles und -Commuter-Cars sind nicht sinnvoll als Privat-Pkw denkbar. Stattdessen ist von einer Integration in öffentliche Service-Flotten (MaaS) auszugehen.

4.2.2 Produktstruktur

Um die Komplexität im Rahmen zu halten, wird im Weiteren davon ausgegangen, dass die Systeme ihren Anwendungsumfang sukzessive ausbauen

werden. Technisch basieren die Automatisierungssysteme auf den in Abbildung 6 dargestellten Komponenten.

4.2.3 Wertschöpfungsmodule

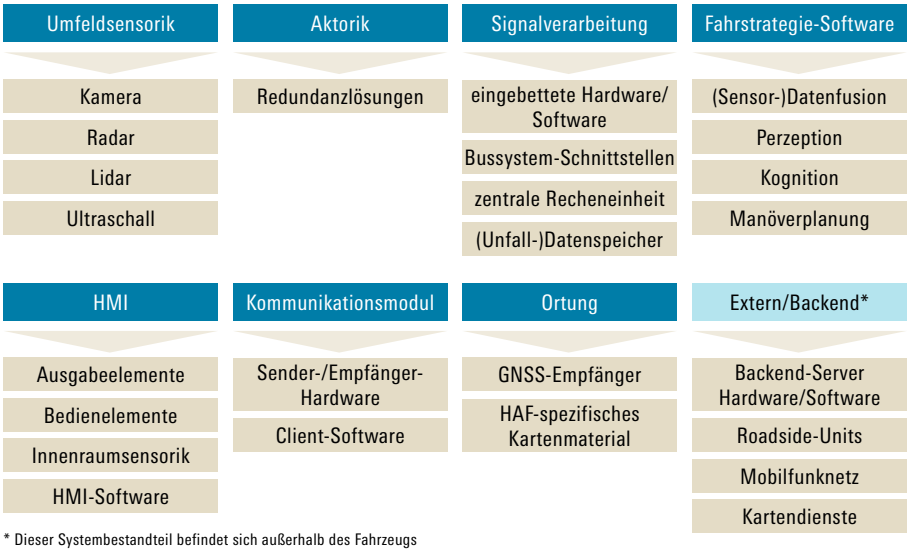
Mit Bezug auf Cacilo et al. (2015, S. 39, 190) lassen sich die folgenden Wertschöpfungsmodule für Fahrerassistenz- und Fahrzeugautomatisierungssysteme definieren:

- Entwicklung und Herstellung der Umfeldsensorik
- Entwicklung und Herstellung der Steuergeräte (Hardware)
- Entwicklung der Software (Modellierung und Algorithmen)

Abbildung 6

Wirkfeld automatisiertes Fahrzeug – Komponenten eines Automatisierungssystems

Generisches Modell automatisierter Fahrsysteme



* Dieser Systembestandteil befindet sich außerhalb des Fahrzeugs

Anmerkung: GNSS = globales Navigationssatellitensystem; HAF = hochautomatisiertes Fahren; HMI = Human–Machine Interface (Mensch–Maschine-Schnittstelle).
Quelle: nach Cacilo et al. 2015, S. 33.

- Entwicklung und Herstellung der Benutzerschnittstelle, inklusive Komponenten der Innenraumsensorik
- Systemintegration
- Validierung und Systemtests/Fahrzeugintegration/Vertriebsmarge
- Entwicklung und Bereitstellung von Kartenmaterial und Backend-Services

4.3 Vernetztes Fahrzeug

Die Anzahl der Kommunikations-Schnittstellen im Fahrzeug steigt zunehmend. Unter einem vernetzten Fahrzeug versteht man ein Fahrzeug, welches über die notwendige Hard- und Software verfügt, um sich über das Internet mit seinem Umfeld zu vernetzen und Informationen zu senden und zu empfangen (Strategy&/PwC 2016, S. 10). Die Vernetzung kann hierbei über ein eingebettetes Telekommunikationsmodul oder andere mobile Endgeräte wie bspw. einem Smartphone erfolgen (Coppola/Morisio 2016). Die notwendige Hardware setzt sich für die Basisservices üblicherweise aus einem Autoradio, einem Anzeigeelement, einer Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human Machine Interface; HMI) sowie einer Telematik-Einheit zusammen (NTT Data 2015, S. 4).

Durch ein vernetztes Fahrzeug lassen sich heute bereits dedizierte Services anbieten. In Zukunft können auf Basis verfügbarer Zusatzdienste gänzlich neue Geschäftsmodelle entstehen, welche ein verbessertes Nutzenversprechen für die Kunden darstellen. So wird prognostiziert, dass für ein Mittelklassefahrzeug im Jahr 2020 durchschnittlich 6 Prozent der Erlöse über dessen Lebensdauer durch Konnektivität-Hardware erwirtschaftet werden (McKinsey 2014, S. 26).

4.3.1 Charakterisierung und Strukturierung der Dienstleistungen

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden die Services bzw. Dienstleistungen beschrieben, welche den größten prognostizierten Umsatzanteil bis 2020 aufweisen. Eine Segmentierung und exemplarische Auflistung der Services in die Bereiche Basisservices, Verkehr, Infotainment sowie die Integration des Umfelds findet sich in Tabelle 2.

Basierend auf der Beschreibung des vernetzten Fahrzeugs erfolgt in diesem Abschnitt die Strukturierung und Beschreibung eines ausgewählten Services aus den jeweiligen Bereichen.

Tabelle 2

Wirkfeld vernetztes Fahrzeug – Produkt- und Serviceangebote im Kontext vernetztes Fahrzeug

Basis-Services	Verkehr	Infotainment	weitere Integration
Notrufsystem (eCall)	Smart Parking	Streaming von Medieninhalten	Vernetzung Home–Car
Wartungsmanagement	Advanced Navigation	In-Car-Office	Remote-Applikationen
Unfallservice	Integration Mobilitäts-plattformen		
Pannenmanagement	standortbezogene Services		
Telediagnose	Peer-to-Peer-Carsharing		

Quelle: Eigene Klassifizierung auf Basis von Strategy&/PwC (2016), McKinsey (2016b), Arthur D. Little (2012)

4.3.2 Systembeschreibung und Servicestrukturierung exemplarischer Services

Im nachfolgenden Abschnitt werden mit Smart Parking und Advanced Navigation aus den in Tabelle 2 segmentierten Dienstleistungen im Bereich vernetztes Fahrzeug exemplarisch zwei Dienstleistungen auf Basis ihrer Systembeschreibung sowie Servicestrukturierung herausgegriffen und näher erläutert.

Smart Parking

Systembeschreibung:

Die Bezeichnung Smart Parking setzt sich aus unterschiedlichen Lösungsansätzen zusammen. Nach Pflügler et al. (2016) lassen sich intelligente Parklösungen anhand der drei Kategorien nutzerbezogen generierte Daten, infrastrukturell erfasste Parkdaten sowie öffentlich verfügbare Parkdaten differenzieren. Den nutzerbezogenen Daten liegt dabei ein Crowdsourcing-Ansatz zugrunde, wonach diese einerseits einen freien Parkplatz selbst melden können oder eine installierte Smartphone-Applikation bzw. ein vernetztes Fahrzeug einen vakanten Parkplatz an das Backend meldet. Sensorbasiert erfasste Parkdaten basieren auf dem Einsatz einer entsprechenden verbauten Infrastruktur an Umfeldsensorik, welche freie Parkplätze detektieren und die In-

formation an ein Backend senden. Eine weitere Möglichkeit beruht auf der Datenfusion verschiedener öffentlicher oder privater Datensätze, um so die Parkvorhersage abzuleiten. Die oben beschriebenen Lösungsansätze können hinsichtlich der Art des Parkplatzes in On-Street-Parking (Straßenparkplatz) und Off-Street-Parking (Parkhaus, Tiefgarage oder offene bewirtschaftete Fläche) differenziert werden (vgl. Willi 2012).

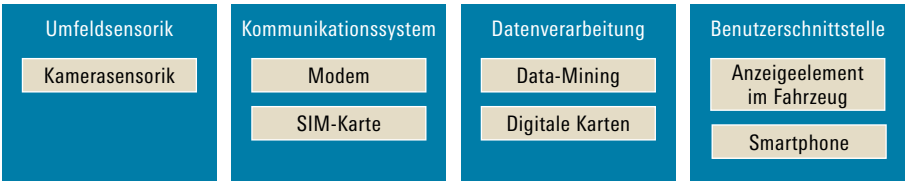
Produktstrukturierung:

Nachstehend soll auf den Ansatz der nutzerbezogenen Datengenerierung durch ein vernetztes Fahrzeug eingegangen werden. Um vakante Parkplätze zu detektieren, wird ein Ultraschall-basiertes System der Einparkhilfe eingesetzt. Die Ultraschall-Sensorik setzt sich aus einem akustischen Wandlerelement, der benötigten Elektronik sowie dem Einbaurahmen zusammen. Die Abstandmessung erfolgt hierbei nach dem Puls/Laufzeitprinzip (vgl. Winner et al. 2015, S. 252). Unter anderem arbeiten BMW und INRIX sowie Daimler und Bosch an Lösungen, welche sich die Ultraschall-Sensorik zunutze machen.

Sich im Verkehr befindliche Fahrzeuge detektieren während der Fahrt (bis zu 55 km/h) freie Parkplätze und vermitteln relevante Attribute wie Position und Größe mittels des im Fahrzeug verbauten Sendesystems an das Backend (vgl. Daimler 2016). Dort werden die Daten der verfügbaren Parkplätze mittels Data-Mining-Methoden transformiert, validiert und in digitale Karten eingetragen. Die aktualisierten Parkdaten werden den Nutzern anschließend in Form von Parkraumkarten, Parkraumprognosen sowie einer Echtzeitbelegungskarte in vernetzten Fahrzeugen oder Smartphone-Applikationen zur Verfügung gestellt. Eine generische Konfiguration der benötigten Komponenten findet sich in Abbildung 7.

Abbildung 7

Produktstrukturierung Smart Parking (mit Fahrzeug als Sensor)



Quelle: Eigene Darstellung.

Advanced Navigation

Systembeschreibung

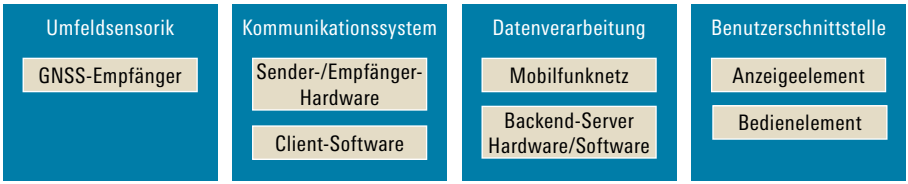
Navigationslösungen und Verkehrsflussinformationen stellen gemäß Studien den aktuell wichtigsten Service für Verbraucher bei vernetzten Fahrzeugen dar (vgl. MBtech Consulting GmbH 2015; Brown 2016). Mit Hilfe dieser Dienste werden aktuelle Verkehrsinformationen dem Navigationssystem zugeführt, sodass eine präzise und dynamische Zielführung ermöglicht wird. Dabei generiert ein vernetztes Fahrzeug selbst Verkehrsdaten, indem es „Floating Car Data" (FCD) zu den Verkehrskenngrößen detektiert und Informationen wie bspw. über den aktuell vorherrschenden Verkehrszustand (mittels Sensoren), die aktuelle Position (mittels GNSS-Empfänger) sowie den Zeitstempel in regelmäßigen Abständen via Mobilfunk an ein Backend-System sendet (vgl. Kühnel 2012). Die durch ein Verkehrsdatensystem aus der Menge der Fahrzeuge aufbereiteten Daten werden wiederum dem Fahrzeug zur Verfügung gestellt.

Produktstrukturierung

Die Datenbereitstellung erfolgt mittels eines UMTS- oder LTE-Kommunikationsmoduls, welches mit einer eingebetteten SIM-Karte eine Internetverbindung zu einem dedizierten Backend-Server eines Fahrzeugherstellers aufbaut. Hierbei handelt es sich um ein Client-Server-System, in welchem das Fahrzeug den Client und das Backend den Server darstellt (Klanner/Ruhhammer 2015, S. 551ff). Fahrzeuge liefern als Clients Daten an die Serversysteme, welche die zur Verfügung gestellten Daten aggregieren und selektieren und den

Abbildung 8

Produktstrukturierung Advanced Navigation



Anmerkung: GNSS = globales Navigationssatellitensystem.
Quelle: Eigene Darstellung.

Clients dann wiederum relevante Informationen zur Verfügung stellen. Eine Aktualisierung der Daten erfolgt in einem kurzfristen Intervall (i. d. R. bis zu zwei Minuten). Dabei werden nur die zu einem Zeitpunkt relevanten Daten eines Streckenabschnitts an ein Fahrzeug gesendet (vgl. Mercedes-Benz 2013). Eine allgemeine Konfiguration der benötigten Komponenten findet sich in Abbildung 8.

4.3.3 Wertschöpfungsmodule

Wie in Abschnitt 4.1 beschrieben, wird unter einem Wertschöpfungsmodul eine eindeutig definierte und überschneidungsfreie Wertschöpfungseinheit verstanden. Neben der Entwicklung von Hardware in Form von Kommunikationsmodulen, Mensch-Maschine-Schnittstellen, Infotainment-Systemen oder einer Smartphone-Integration sind die zentralen Wertschöpfungseinheiten im Bereich vernetztes Fahrzeug in der nachfolgenden Aufstellung zusammengefasst:

- Funktionsentwicklung und Applikationsentwicklung
- Herstellung und Bereitstellung des IT-Backends
- Betrieb des IT-Backends
- Betrieb von Applikationen im IT-Backend
- Datenverarbeitung und Datenanalyse
- Fehlermanagement
- Integrations-, Schnittstellen- und Releasemanagement
- Datenübertragung
- Entwicklung und Herstellung der Hardware

4.4 Mobility-as-a-Service

4.4.1 Charakterisierung und Strukturierung der Dienstleistungen

Der Markt der Pkw-Verkehrsdienstleistungen (Mobility-as-a-Service; MaaS) ist heute sehr vielschichtig. Die wesentlichen Marktsegmente sind:

- Taxi
- Mietwagen mit Fahrer (z. B. „Minicar“ und Chauffeurdienste)
- Mietwagen („Selbstfahrermietfahrzeuge“)
- Carsharing
- E-Hailing

Mit dem Aufkommen von Level-5-Fahrzeugen als MaaS-Angebot ist es wahrscheinlich, dass die genannten Marktsegmente konvergieren (Cacilo/Duwe/Hermann 2016, S. 46). Es ist allerdings zu erwarten, dass sich eine neue Marktsegmentierung ergibt, die an Komfort- und (Zeit-)Effizienz ausgerichtet sein wird. In der gröbsten Form lassen sich zwei konzeptionelle Unterformen von Level-5-MaaS differenzieren:

- Robo-Taxis
- Dynamic Shuttles

Während das Robo-Taxi-Konzept am heutigen Taxi orientiert ist und grundsätzlich von einem Kunden ausgegangen wird, wird bei Dynamic Shuttles von grundsätzlich mehreren Kunden und dem Bedarf an einer entsprechenden Routenoptimierung ausgegangen. Robo-Taxis könnten auch in kleineren Städten Anwendung finden.

Dynamic Shuttles haben aufgrund der größeren Sitzplatzkapazitäten insbesondere Ridesharing-Anwendungen zum Ziel und sind daher eher für größere Städte geeignet. Dynamic Shuttles könnten in Städten zunächst den ÖPNV ergänzen und entsprechend sogar von ÖV-Betreibern implementiert werden.

Beispiele für autonome Shuttles sind bspw. der Navya Arma oder „Olli" von Local Motors. Das derzeit in Pilotanwendungen getestete Fahrzeug „Olli" verfügt bspw. über zehn bis zwölf Sitzplätze. Dabei ist anzumerken, dass autonome Shuttles derzeit strenggenommen keine Pkw, sondern Kleinbusse sind. Da sie jedoch einen Markt adressieren, der zwischen dem heutigen Pkw-Dienstleistungsmarkt und dem ÖPNV liegt, und damit kein Substitut des klassischen ÖVs sind, ist die Betrachtung hier sinnvoll. An diesem Konzept wird auch seitens der ÖV-Industrie (Betreiber und Hersteller) bereits gearbeitet, wie Aussagen bspw. von Siemens belegen.

Ein Beispiel für ein potenzielles Robo-Taxi ist das Self-Driving Car von Google. Obwohl es sich bei Level-5-MaaS-Systemen um öffentliche Verkehrsangebote handelt, ist von einem hohen Grad an Personalisierung auszugehen. Die Anbieter werden über detaillierte Informationen über den Nutzer verfügen. Durch Schnittstellen zum digitalen Lebensraum des Nutzers kann die Informationsverfügbarkeit noch deutlich gesteigert werden. Zudem verfügen die Unternehmen zunehmend über die Möglichkeit, dynamisch auf die Nutzerpräferenzen zu reagieren (Preisbildung, Werbung etc.). Auch die Bezahl- und Abrechnungssysteme werden vollständig digitalisiert (vgl. Deloitte 2015b, S. 2). Die hiermit verbundenen Datenflüsse können wiederum zur Optimierung des Angebots genutzt werden.

4.4.2 Produktstruktur

Durch Level-5-MaaS ändern sich die Fahrzeuge sowie die Besitzstrukturen, die grundlegende Produktstruktur bleibt aber an der heutigen Struktur von Pkw-Mobilitätsdienstleistungen orientiert. Hierzu gehören die folgenden Komponenten:

- Fahrzeug und Hardware
  - Entwicklung und Herstellung der Sharing-Fahrzeuge
  - Entwicklung und Herstellung von Ersatzteilen
  - Entwicklung und Herstellung der Carsharing-Technologie (On-Board-Unit und Zugangssysteme)
- Betrieb
  - Kundenservice und Nutzerbetreuung
  - Parkplatzmanagement
  - Betrieb der Buchungs- und Abrechnungsplattform
  - Gewinnmarge
  - Disposition, Pooling und Routing der Fahrzeuge
  - Schadensmanagement (Bußgelder und Schäden)
  - Reinigung und Instandhaltung der Fahrzeuge
- Finanzierung und Versicherung
  - Versicherung der Fahrzeuge
  - Finanzierung der Fahrzeuge
- Infrastruktur und Energie
  - Treibstoffe und Strom
  - Parkplatzmiete
- Wartung und Reparatur der Fahrzeuge

4.4.3 Wertschöpfungsmodule

Innerhalb der betrachteten Servicekomponenten lassen sich drei für die Automobilindustrie einschlägige Wertschöpfungsmodule identifizieren und zusammenfassen:

- Sharing-Technologie
- Technischer Betrieb
- Management, Marketing und Marge

5 MARKTENTWICKLUNG IN DEN BETRACHTUNGSFELDERN

5.1 Marktentwicklung im Bereich automatisierter Fahrzeuge bis 2030

Die Marktentwicklung des automatisierten Fahrens wird sich in mehreren Schüben vollziehen. Hierzu ist zunächst die technische Reife der Systeme und Funktionen zu betrachten. Abbildung 9 illustriert die Entwicklungsstufen des automatisierten Fahrens zwischen 2020 und 2030.

Die Analyse der Marktentwicklung erfolgte auf Basis einer Meta-Analyse der vorliegenden (wissenschaftlichen) Literatur. Hierzu wurden u. a. die Studien von IHS (2015), Berylls Strategy Advisors (2015), Navigant (2016), Frost & Sullivan (2014), Boston Consulting Group (2015), McKinsey (2016a), Roland Berger (2016b), Frost & Sullivan (2016), Cacilo et al. (2015) und Litman (2016) ausgewertet und in ein mittleres Szenario überführt.

Abbildung 9

Marktentwicklung – Automatisierte Fahrzeuge und MaaS

	2020	2025	2030
Beschreibung	Hochautomatisiertes Fahren ist in den zentralen Automobilmärkten realisiert; ADAS haben den globalen Automobilmarkt weitgehend erschlossen.	Hochautomatisierte Funktionen sind zu vollautomatisierten Funktionen fortentwickelt worden; erste Anwendungen von autonomen Shuttles sind im Realbetrieb; Carsharing-Betreiber ermöglichen autonome Zustellung der Fahrzeuge.	Vollautomatisiertes Fahren ist weltweit möglich; Robo-Taxis und autonome Shuttles agieren stadtweit; stadtspezifisch ist auch der Individualverkehr autonom.
Beschreibung	• HAF auf Autobahnen („Autobahnpilot") • Staupilot	• vollautomatisiertes Fahren auf Autobahnen und autobahnähnlichen Straßen • automatisierte Zustellung/ Parkvorgänge/Carsharing • Valet Parking • autonome Shuttles 1.0	• autonome Shuttles 1.0 • Robo-Taxis

Anmerkung: ADAS = Advanced Driver Assistance Systems; HAF = hochautomatisiertes Fahren.
Quelle: Eigene Darstellung.

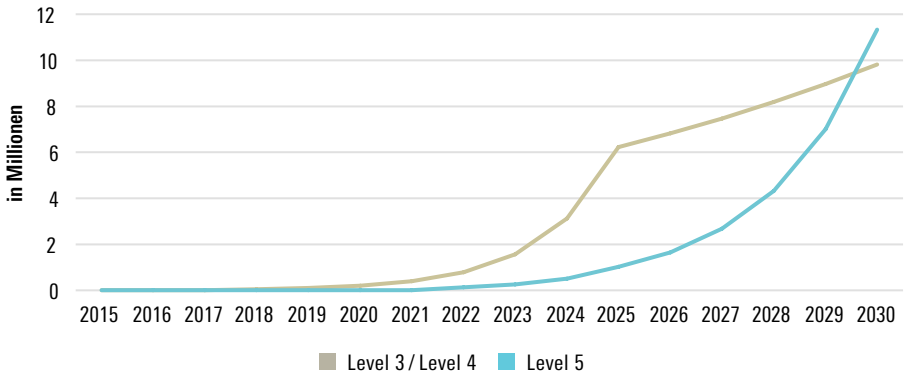
Hinsichtlich Level 3 und 4 wurden bis 2025 die Werte aus Cacilo et al. (2015) übernommen. Ab 2025 wurden die Werte von Litman (2016) als Rahmendaten für Level 3 bis 5 summiert zugrunde gelegt. Der Anteil an Level-5-Systemen wurde dabei basierend auf Roland Berger (2016b) ermittelt. Die Anzahl von Level-3- und Level-4-Systemen in den Jahren 2025 bis 2030 ergibt sich in dieser Rechnung als Residualgröße.

Abbildung 10 zeigt, dass ein sehr schneller Markthochlauf von 2018 eingeführten Level-3- und Level-4-Systemen bis 2025 erwartet wird. Ab dem Jahr 2018 durchdringen hochautomatisierte Systeme den Markt und weiten ihren Funktionsumfang zunehmend aus. Zunächst ist die Anwendung in Stausituationen geplant, im nächsten Schritt folgt der fließende Autobahnverkehr. Sukzessive wird die Anzahl an Übergabesituationen abnehmen, bis schließlich zwischen 2020 und 2025 mit der Einführung von Level-5-Systemen gerechnet wird. Ab 2025 schwächt sich das Wachstum der Level-3- und Level-4-Systeme ab.

Erste Level-5-Systeme werden Anfang der 2020er Jahre im Serienbetrieb eingesetzt. Es werden sehr hohe Wachstumsraten der Level-5-Systeme und eine zunehmende Ausweitung des Funktionsumfangs erwartet. Während erste Anwendungen starke Restriktionen im Anwendungsumfang aufweisen werden (Umweltbedingungen, Geschwindigkeiten, Strecken) wird im unterstellten Szenario bis zum Jahr 2030 eine zunehmende Annäherung an das

Abbildung 10

Globale Marktentwicklung für automatisierte Fahrzeuge – Stückzahlen



Quelle: Eigene Darstellung.

derzeit eher noch metaphorisch zu verstehende Konzept der „Robo-Taxis“ und „Dynamic Shuttles“ unterstellt, sodass die Systeme für eine immer größere Anzahl an „Verkehrsaufgaben“ infrage kommen (von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zu einem ubiquitären Mobilitätsangebot). Ab dem Jahr 2029 übersteigt die Anzahl abgesetzter Level-5-Systeme die Anzahl abgesetzter Level-3- und Level-4-Systeme.

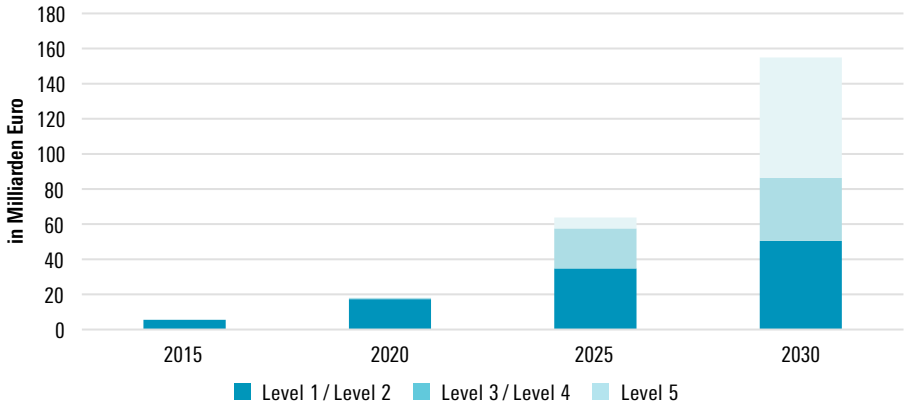
Für eine Berechnung der Marktvolumina wurden die Marktpreise für Level-3- und Level-4-Systeme basierend auf Cacilo et al. (2015, mit weiteren Nachweisen) zugrunde gelegt. Der Preis für Level-5-Systeme wurde auf Basis von Frost & Sullivan (2014), Unternehmensangaben zu Google von Waymo CEO John Krafcik (Muoio 2017) und zu Navya (Navya 2018) sowie eigenen Berechnungen auf der Grundlage des Erfahrungskurvenansatzes bestimmt.

Im Ergebnis wurde für Level-3- und Level-4-Systeme von einem Netto-Preis in Höhe von 3.657 Euro und für Level-5-Systeme von einem Netto-Preis in Höhe von 6.045 Euro ausgegangen. Dabei wurde die Annahme getroffen, dass der Preis der Systeme im Betrachtungszeitraum stabil bleibt und die Kostendegressions- und Skaleneffekte in eine Ausweitung des Funktionsumfangs „investiert“ werden.

Auf Basis der ermittelten Stückzahlen und Marktpreise ergeben sich die in Abbildung 11 dargestellten Umsätze in den jeweiligen Betrachtungsjahren.

Abbildung 11

Globale Marktentwicklung für automatisierte Fahrzeuge – Marktvolumen



Quelle: Eigene Darstellung.

Im Ausgangsjahr 2015 liegt das Marktvolumen bei 5,5 Milliarden Euro. Bis zum Jahr 2020 wird der Markt von den hohen Steigerungsraten (ca. 26 Prozent) im Bereich ADAS und teilautomatisiertes Fahren geprägt und steigt auf ca. 18 Milliarden Euro. Im zugrunde liegenden Marktszenario dominieren im Jahr 2030 die mit Level-5-Systemen erzielten Umsätze. Das Gesamtmarktvolumen für Automatisierungssysteme beträgt im Jahr 2030 ca. 155 Milliarden Euro.

5.2 Marktentwicklung für vernetzte Fahrzeuge bis zum Jahr 2030

In diesem Abschnitt wird die Entwicklung des globalen Gesamtmarkts für vernetzte Fahrzeuge beschrieben. Die nachfolgenden Berechnungen des globalen Marktvolumens basieren auf Sekundärforschung und fußen dabei auf der Auswertung von Unternehmensangaben, Marktforschungsberichten sowie der Analyse von Fahrzeugsonderausstattungsoptionen.[3]

Die Modellrechnung für die globale Marktentwicklung im Bereich vernetztes Fahren stützt sich dabei auf eine Reihe von Annahmen. Neuwagen verfügen oftmals über Basisdienste, welche dem Fahrzeugnutzer kostenfrei zur Verfügung gestellt werden. Im Rahmen dieser Studie wird angenommen, dass die Dienste eCall, Wartungsmanagement, Unfallservice, Pannenmanagement sowie Telediagnose kostenfrei zur Verfügung gestellt werden und keinen zusätzlichen Umsatz darstellen. Weiter wird eine Marge von 30 Prozent in einem digitalen Ökosystem angenommen und ein Wechselkurs von 0,93 US-Dollar/Euro berücksichtigt.

Aufbauend auf den oben beschriebenen Literaturquellen erfolgt eine Bottom-up-Modellierung des globalen Marktvolumens anhand von Services. Diese einzelnen Services werden nachfolgend kurz im Einzelnen beschrieben:

- Location-based Services: Location-based Services sind standortbezogene Dienste, welche den Standort eines mobilen Endgeräts als Kernfunktion nutzen, um dessen Besitzer Dienstleistungen anbieten zu können.
- Smart Parking: Smart Parking wird als Service verstanden, welcher es ermöglicht, den Parkplatzsuchverkehr zu minimieren und gleichzeitig die Auslastung von Parkeinrichtungen zu erhöhen.

3 Vgl. Frost & Sullivan (2015), BI Intelligence (2016), SBD (2015), everis (2015), Statista (2017b) und Berylls Strategy Advisors (2016).

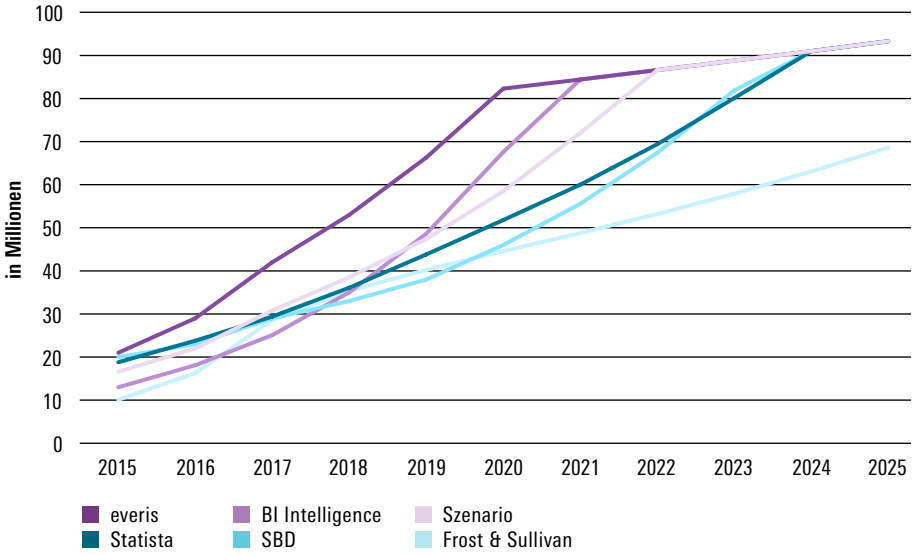
- Advanced Navigations: Navigationslösungen sind Services, welche basierend auf dem Fahrzeugstandort, der aktuellen Verkehrssituation sowie dem Zielort einen bestmöglichen Fahrtkurs bestimmt.
- Predictive Maintenance: Unter Predictive Maintenance werden Services zusammengefasst, welche kontinuierlich Fahrzeugdaten prüfen sowie die verbleibende Restlebenszeit von Fahrzeugkomponenten bestimmen.
- Remote-Applikationen: Remote-Applikationen stellen Dienste dar, mit welchen sich bestimmte Funktionalitäten eines Fahrzeugs aus der Ferne steuern lassen.
- Streaming von Audio-/Videoinhalten: Streaming beschreibt die Übertragung von medialen Inhalten in das Fahrzeug und deren Wiedergabe im Fahrzeug.
- In-Car-Office: Durch In-Car-Office lassen sich arbeitsbezogene Funktionen wie die Einstellung und Koordination von Terminen, Bearbeitung von Aufgaben oder Erstellung von Notizen im Fahrzeug ermöglichen.
- Vernetzung Home–Car: Die Vernetzung von zu Hause und dem Fahrzeug ermöglicht Kommunikation und Datenaustausch zwischen den Bereichen.
- Reise-/Mobilitätsplattformen: Durch die Integration von Mobilitätsplattformen können Informationen verschiedener Mobilitätsanbieter im Fahrzeug integriert und intermodale Verkehrswege geplant werden.
- P2P-Carsharing: Peer-to-Peer-Carsharing ermöglicht das Teilen von Autos als Ressource zwischen Privatleuten. Mittels intermediärer Plattformen werden Fahrzeuganbieter und -nachfrager zusammengeführt.

In einem ersten Schritt wird das globale Marktvolumen für die einzelnen Services bis zum Jahr 2030 bestimmt. Die Berechnung fußt hierbei auf der oben beschriebenen Sekundärliteratur. Analog hierzu werden die Stückzahlen an vernetzten Fahrzeugen für denselben Beobachtungszeitraum bestimmt. Abbildung 12 zeigt den prognostizierten globalen Absatz an vernetzten Fahrzeugen – unter Berücksichtigung verschiedener Quellen – bis zum Jahr 2025. Es ist zu sehen, dass die jährlichen Neuzulassungen vernetzter Fahrzeuge je nach zugrunde gelegter Quelle differieren. Für das Jahr 2020 werden so jährliche Neuzulassungen zwischen 45 und 82 Millionen vernetzten Fahrzeugen ausgewiesen. Auf Basis der konsultierten Quellen wird ein mittleres Szenario entworfen. Im Jahr 2020 belaufen sich die globalen Neuzulassungen an vernetzten Fahrzeugen im Szenario auf 58,5 Millionen Fahrzeuge.

Aufbauend auf diesen beiden Schritten, wird im Anschluss mittels eines Bottom-up-Ansatzes das globale Marktvolumen für Services und Hardware

Abbildung 12

Marktentwicklung vernetztes Fahrzeug – Globaler Absatz von vernetzten Fahrzeugen in den Jahren 2015 bis 2025

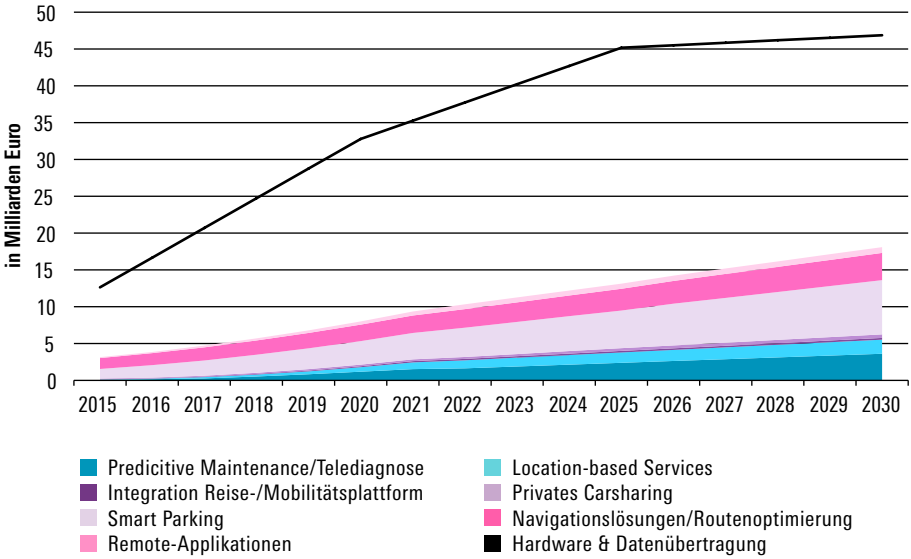


Quelle: Statista (2017b), BI Intelligence (2016), SBD (2015), everis (2015), Frost & Sullivan (2015) sowie eigene Berechnungen (Szenario 2, siehe Abschnitt 2.2.2).

im Wirkfeld des vernetzten Fahrzeugs berechnet. In Abbildung 13 ist das Marktvolumen für die einzelnen Services sowie Hardware bis zum Jahr 2030 aufgetragen. Für das Jahr 2020 ist ein globales Marktvolumen im Betrachtungsfeld des vernetzten Fahrzeugs von etwa 41,1 Milliarden Euro zu erwarten. Das globale Marktvolumen steigt bis zum Jahr 2030 auf 65,5 Milliarden Euro an. Außerdem ist zu sehen, dass der Anteil der Hardware konstant etwa 70 Prozent des Marktvolumens im Bereich der vernetzten Fahrzeuge beträgt. Es zeigt sich weiter, dass die – gemessen am globalen Marktvolumen – dominierenden Services im Betrachtungsfeld Smart Parking sowie Navigationslösungen sind. Dies belegen auch andere Studien, wonach bei fahrzeugnahen Services, wie Navigations-Diensten oder Routen- und Reise-Diensten, bei den Nutzern eine Zahlungsbereitschaft gegeben ist (vgl. Berylls Strategy Advisors 2016, S. 2).

Abbildung 13

Globales Marktvolumen für vernetzte Fahrzeuge bis 2030 – Getrennt nach Hardware und Services



Quelle: Eigene Berechnungen.

5.3 Marktentwicklung im Bereich MaaS bis 2030

Der Car-/Ridesharing- und P2P-Markt ist bereits heute – ohne den Einfluss des autonomen Fahrens – inmitten eines starken Marktwachstums. Carsharing hat in den letzten Jahren konstant zweistellige jährliche Wachstumsraten bei den Mitglieder- und Nutzerzahlen aufgewiesen. Die Einführung von Free Floating-Systemen und der Markteinstieg von Joint Ventures aus der Automobil- und Autovermietungsbranche haben mit stetiger Erschließung von Standorten starke Wachstumsimpulse ausgelöst. Zwischen 2010 und 2017 hat sich die Anzahl an Carsharing-Kunden und -Mitgliedern in Deutschland mehr als verzehnfacht und die Anzahl an Carsharing-Fahrzeugen mehr als vervierfacht (Statista 2018a, b).

Dennoch ist das Verkehrs- und Marktvolumen von Carsharing relativ zur gesamten Größenordnung des Verkehrsmarkts nach wie vor marginal. In

Deutschland wird mit Carsharing im Basisjahr 2015 eine Verkehrsleistung in Höhe von ca. 0,64 Milliarden Pkm (Personenkilometer) erbracht. Dies entspricht ca. 0,05 Prozent der jährlichen Personenverkehrsleistung (InnoZ 2016, S. 3). Global wird mit Carsharing im Basisjahr 2015 eine Verkehrsleistung in Höhe von ca. 3,7 Milliarden Pkm erbracht.

Mit einer noch größeren Dynamik und in einer anderen Größenordnung entwickelt sich der Markt für P2P-Mobilitätsdienstleistungen (E-Hailing). Der Markteinstieg zahlreicher hochinvestierter Start-ups (z. B. Uber, Gett, Flync, Didi Chuxing) hat den Markt bis zum Jahr 2015 auf eine globale Verkehrsleistung in Höhe von über 38 Milliarden Pkm erhöht. Diesbezüglich ist ein rein deutscher Blickwinkel bzw. eine Einschätzung der Gesamtmarktentwicklung auf Basis der Entwicklung in Deutschland irreführend.

Die Abschätzung des künftigen Marktwachstums im Bereich Carsharing, P2P-Mobilitätsdienstleistungen und autonomem MaaS wurde auf Basis von Roland Berger (2016a, S. 5) vorgenommen. Um zu starke Sprünge zu vermeiden, wurden die Werte dabei zwischen Referenzjahren interpoliert. Tabelle 3 fasst die beschriebene Marktentwicklung zusammen.

Die Preise von Carsharing und P2P-Mobilitätsdienstleistungen lassen sich anhand der heutigen Marktdaten auf die Verkehrsleistung in Pkm herunterbrechen. Entsprechend wurde für Carsharing von einem Kilometerpreis in Höhe von netto 0,24 Cent/Pkm und für P2P von einem Marktpreis in Höhe von 1,4 Euro/Pkm ausgegangen. Die Preise von MaaS (Robo-Taxis und autonome Shuttles) wurden auf Basis der Abschätzungen der OECD (ITF 2015, S. 11) sowie der Boston Consulting Group (2015, S. 22) berechnet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Besetzungsgrund automatisierter MaaS-Fahrzeuge aufgrund des Anteils von Ridesharing-basierten Shuttles deutlich höher ist als bei Carsharing-Fahrzeugen.

Tabelle 3

Globale Marktentwicklung MaaS – Verkehrsleistungen in Personenkilometern

	2015	2020	2025	2030
Peer-to-Peer	39 Mrd. Pkm	274 Mrd. Pkm	1.199 Mrd. Pkm	453 Mrd. Pkm
Carsharing	3,7 Mrd. Pkm	13 Mrd. Pkm	44 Mrd. Pkm	11 Mrd. Pkm
Robo-Taxi/autonome Shuttles			386 Mrd. Pkm	4.896 Mrd. Pkm

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Marktvolumina ergeben sich aus der Fahrleistung (Verkehrsleistung/ Besetzungsgrad) multipliziert mit den Kilometerpreisen. Hieraus ergibt sich ein Marktvolumen für alle drei betrachten Formen der Mobilitätsdienstleistungen in Höhe von 55 Milliarden Euro im Jahr 2015, 390 Milliarden Euro im Jahr 2020, 1.787 Milliarden Euro im Jahr 2025 und 1.804 Milliarden Euro im Jahr 2030. Autonomes MaaS hat daran einen Anteil in Höhe von ca. 65 Prozent.

5.4 Einordnung der Marktszenarien

Die Erstellung der Marktszenarien erfolgt auf Basis quantitativer Größen und existierender Marktstudien. Nachfolgend werden diese quantitativen Aussagen qualitativ eingeordnet. Hierzu wird mittels Backcasting auf die Voraussetzungen hinsichtlich der Ausprägung wesentlicher Einflussfaktoren geschlossen. Die Einflussfaktoren sind dabei nach Sichtung zahlreicher Szenario-Analysen im Betrachtungsfeld ausgewählt worden. Dabei wurden die folgenden Einflussgrößen als Schlüsselfaktoren identifiziert:

- Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft für automatisiertes Fahren
- technische Reife des automatisierten Fahrens
- rechtliche Reife des automatisierten Fahrens
- Zahlungsbereitschaft für Services des vernetzten Fahrens
- Security und Datenschutz
- Mobilfunknetz
- Kapitalverfügbarkeit und -einsatz für MaaS
- politische Förderung von MaaS
- Kundenakzeptanz von MaaS
- Anteil der Fahrzeugsegmente und Fahrzeugnutzungsdauer

In den Marktszenarien sind folgende auf die Schlüsselfaktoren bezogene Voraussetzungen impliziert:

- Eine schnelle Marktdiffusion der Automatisierungssysteme und eine hohe Zahlungsbereitschaft stehen in Einklang.
- Alle Automatisierungsgrade erreichen zügig die technische Reife.
- Autonomes Fahren wird in allen wesentlichen Weltmärkten rechtlich ermöglicht.
- Der Automobilindustrie gelingt es, vielfältige Connected Car-Services mit automobilspezifischen Mehrwerten anzubieten und adäquate Zahlungsbereitschaft quer durch die Kundengruppen zu generieren.

- Connectivity gilt als sicher.
- Das Mobilfunknetz wird zeitnah und flächendeckend mit 4G und 5G ausgebaut.
- Es gibt eine hohe Kapitalverfügbarkeit für die Investition in autonome Systeme und einen hohen Kapitaleinsatz der zentralen Akteure.
- Autonomes MaaS (aMaaS) wird von Metropolen, Großstädten und kleineren Kommunen gefördert.
- Es werden vielfältige MaaS-Angebote eingeführt, die auf eine hohe Akzeptanz quer durch die Kundengruppen treffen.
- Die Anteile der Fahrzeugsegmente entsprechen dem Trendverlauf – auch bei hoher Durchdringung mit aMaaS. Die aktuelle Nutzungsdauer und Nutzungszyklen von Flotten werden beibehalten.

Die Realisierung der genannten Voraussetzungen ist als sehr optimistisch einzustufen. Es wurde jedoch bewusst ein optimistisches Marktszenario zugrunde gelegt, um ein besseres Verständnis für die sich daraus ergebenden Effekte zu gewinnen. Die aufgelisteten Voraussetzungen werden im nächsten Schritt erläutert und zur besseren Einordnung alternativen Entwicklungsmöglichkeiten gegenübergestellt.

Faktor 1 – Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft für automatisiertes Fahren

Der Schlüsselfaktor „Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft für automatisiertes Fahren“ integriert die zusammenhängenden Faktoren gesellschaftliche Akzeptanz und „Zahlungsbereitschaft“ im Kontext des Markthochlaufs. Folgende Ausprägungen für den Schlüsselfaktor sind möglich. Im Rahmen der Berechnungen wurde von Ausprägung 1 ausgegangen.

Ausprägung 1: Einklang von schneller Marktdiffusion und Zahlungsbereitschaft

- Zunächst ausreichend hohe Zahlungsbereitschaft im Oberklassesegment;
- schnelle Marktdiffusion aufgrund von Skaleneffekten führt zu schneller Diffusion in untere Fahrzeugklassen;
- auch in unteren Fahrzeugklassen kann mit den Automatisierungssystemen Zahlungsbereitschaft für automatisiertes Fahren als Sonderausstattung aktiviert werden;
- seltene Systemgrenzen und steigende Anwendungsumfänge sichern einen hohen Kundennutzen der Funktionen.

Für diese Ausprägung spricht ein weitgehendes Interesse der Bevölkerung an automatisiertem/autonomem Fahren und hohe Zahlungsbereitschaft für automatisierte/autonome Fahrzeuge. So zieht laut einer Umfrage der Boston Consulting Group (2015, S. 8) etwa die Hälfte der amerikanischen Kunden den Kauf voll-/teilautomatisierter Fahrzeuge in Erwägung und 12 bis 24 Prozent der Befragten sind je nach Systemfunktionen und Automatisierungsgrad bereit, über 4.000 US-Dollar für ein automatisiertes/autonomes Fahrzeug zu zahlen. Ähnliche Umfrage- und Studienergebnisse liefern Schoettle/Sivak (2014) für Australien, die USA und das Vereinigte Königreich, außerdem Casley/Jardim/Quartulli (2013) in einer Online-Umfrage.

Ausprägung 2: Einklang von langsamer Marktdiffusion und Zahlungsbereitschaft

- Gesellschaftliche Akzeptanz ist gegeben, eine adäquate Zahlungsbereitschaft besteht jedoch vorrangig bei Oberklasse/oberer Mittelklasse und Firmenfahrzeugen;
- langsame Marktdiffusion in untere Fahrzeugklassen.

Für diese Ausprägung spricht zum einen, dass Kunden über ADAS und teilautomatisiertes Fahren bereits an Automatisierungsfunktionalitäten herangeführt werden und die Nutzer bereits heute eine hohe Wertschätzung für Hands-off-Funktionen haben (McKinsey 2014, S. 45). Auf der anderen Seite ist die Akzeptanz für automatisiertes/autonomes Fahren je nach geographischer Lage (Schoettle/Sivak 2014) und Geschlecht (McKinsey 2015b, S. 43) unterschiedlich, was einen Hinweis darauf liefert, dass das automatisierte/autonome Fahren in den verschiedenen Bevölkerungsgruppen unterschiedlichen Anklang findet. So gibt es auch Kunden, die die Automatisierungsfunktionen als technischen Schnickschnack abtun und hierfür weder Zahlungsbereitschaft noch Akzeptanz aufbringen (McKinsey 2014, S. 45).

Ausprägung 3: Premium only

- Zunächst eine adäquate Zahlungsbereitschaft nur in Teilen des Oberklassesegments/für Firmenfahrzeuge;
- langsame Diffusion in die obere Mittelklasse und Mittelklasse;
- in unteren Fahrzeugklassen lässt sich nur sehr eingeschränkte Zahlungsbereitschaft für automatisiertes Fahren als Sonderausstattung aktivieren;
- Akzeptanzprobleme in der Gesellschaft aufgrund vereinzelter Unfälle.

Für die „Premium only"-Ausprägung spricht laut einer Umfrage von Goldman Sachs in den Vereinigten Staaten, dass nur etwa 50 Prozent der Befragten Interesse am automatisierten Fahren haben und die Skepsis gegenüber automatisierten Fahrzeugen bei Personen über 45 Jahren deutlich größer als bei jüngeren Personengruppen ist (Goldman Sachs 2015). Weiterhin haben Nutzer von Premiumfahrzeugen das größte Interesse an automatisierten Fahrfunktionen. Die Wahrscheinlichkeit, dass Kunden des Volumensegments sich ein automatisiertes Fahrzeug kaufen, scheint nur halb so hoch zu sein (Boston Consulting Group 2015, S. 10). In Deutschland würden sich im Jahr 2015 60 Prozent der Befragten ein autonomes Fahrzeug (ohne manuelle Fahrfunktion) selbst dann nicht anschaffen, wenn es kostenneutral wäre (McKinsey 2015b, S. 37 f.).

Auch Sicherheitsbedenken können eine tiefere Marktdurchdringung in kurzer Zeit behindern. Laut der Studie von McKinsey sind nur 61 Prozent der befragten Kunden der Meinung, dass Fahrzeuge mit autonomen Funktionen rechtlich zugelassen werden sollten. Auf der anderen Seite ließen sich aber auch 27 Prozent der Teilnehmer durch positive Unfallstatistiken aus Pilotprojekten oder die erfolgreiche Einführung von Fahrzeugen mit autonomen Funktionen von der Sicherheit dieser Autos überzeugen (ebd.). Für eine schleppende Marktdurchdringung und hohe Sicherheitsbedenken gegenüber hochgradig automatisierten Fahrzeugen spricht außerdem, dass ein Großteil der Verbraucher weiterhin die Möglichkeit haben will, die Kontrolle über das Fahrzeug via Lenkrad, Pedale usw. zu übernehmen (ebd., S. 39; Schoettle/Sivak 2014).

Faktor 2 – Technische Reife des automatisierten Fahrens

Unter dem Schlüsselfaktor „Technische Reife" wird der Reifegrad der Technologien, d. h. in diesem Kontext insbesondere die Erfüllung der Voraussetzungen für Typgenehmigungen und Sicherstellung der funktionalen Sicherheit im Serienbetrieb verstanden. Nach wie vor sind diesbezüglich unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeiten denkbar. Das Marktszenario basiert auf der Ausprägung 1.

Ausprägung 1: Schnelle globale Entwicklung in Richtung automatisiertes Fahren

- Hochautomatisiertes Fahren (HAF) ab 2018/2019 für alle relevanten Märkte verfügbar;
- autonom (Level 5) ab 2022 in eingegrenzten Anwendungskontexten verfügbar.

Für diese Ausprägung sprechen eine potenziell positive Entwicklung der ersten Anwendungsfälle des automatisierten Fahrens auf Autobahnen ab 2018 und Einschätzungen, dass zurzeit verfügbare ADAS (Fußgängererkennung, Fahrlinienassistent) in drei Jahren Standard in jedem Auto sein werden (McKinsey 2014, S. 14 f.; Condliffe 2016). Auch das autonome Parken, das bereits ausgereift ist, wird u. a. in der Carsharing-Anwendung an Bedeutung gewinnen. Zwar bestehen für autonomes Fahren im urbanen Raum noch technische Herausforderungen, wie die Objekterkennung und -klassifikation, insbesondere bei schlechtem Wetter, auf der anderen Seite haben aber verschiedene Automobilhersteller und -zulieferer autonome Fahrzeuge ohne Bedienelemente für die nächsten Jahre bereits angekündigt (Condliffe 2016).

Ausprägung 2: Verzögerte Einführung von HAF und Folgestufen in vielen Ländern

- HAF kommt vor 2020, zunächst aber eingeschränkt auf Stausituationen;
- HAF mit Geschwindigkeiten bis 130 km/h wird erst nach 2020 und nur in bestimmten Märkten realisiert;
- Markteinführung autonomer Systeme (Level 5) nicht vor 2025 und nur in wenigen Märkten.

Für diese Ausprägung sprechen vor allem die hohen Sicherheitsanforderungen an automatisierte/autonome Fahrzeuge seitens der Gesetzgebung und Ethik (bspw. Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren 2017). Es ist daher denkbar, dass es zu deutlichen Verzögerungen für die Erreichung einer Reife und Markteinführung v. a. für den Regelbetrieb autonomer Systeme kommen wird. Für eine schleppende Entwicklung autonomer Systeme spricht außerdem eine sukzessive Weiterentwicklung automatisierter Systeme und etablierter Fahrerassistenzsysteme statt sprunghaften Innovationen in diesem Bereich (VDA, o. J.). Automatisiertes Fahren bleibt deshalb auf längere Zeit auf Situationen geringer Komplexität (Parkhäuser, Autobahnen) beschränkt.

Ausprägung 3: HAF und Folgestufen verzögern sich deutlich und sind nur in Nischen realisierbar

- HAF erst nach 2020 für die freie Autobahnfahrt funktionsfähig;
- Markteinführung autonomer Systeme (Level 5) nicht vor 2025, nur in wenigen Märkten und nur mit dauerhaft sehr eingeschränktem Funktionsumfang.

Für diese Ausprägung sprechen strenge gesetzliche Regelungen gekoppelt mit einer pessimistischen Einschätzung der Entwicklung der derzeit noch schlecht funktionierenden autonomen Systeme (Cacilo et al. 2015, S. 104–106). Beispielsweise könnte die schleppende Entwicklung autonomer Systeme und damit verzögerte Markteinführung durch die schlechte Infrastruktur des Mobilfunknetzes (kein flächendeckendes 4G/5G) und damit wegfallenden Echtzeitinformationen gestützt werden. Auch autonome Systeme als Weiterentwicklung von hochautomatisierten Fahrfunktionen funktionieren bei ungünstigem Umgebungsbedingungen zu schlecht, weshalb autonomes Fahren in mittlerer Zukunft (fünf bis zehn Jahre) auf öffentlichen Straßen nur in Ausnahmefällen realisierbar sein wird.

Faktor 3 – Rechtliche Reife des automatisierten Fahrens

Der Schlüsselfaktor „Rechtliche Reife des automatisierten Fahrens" beschreibt die rechtliche Ermöglichung und die mit dem Rechtsrahmen verbundenen Anforderungen an automatisierte Fahrzeuge. Der Einflussfaktor betrifft neben der Art auch den Zeitpunkt der rechtlichen Regelungen des automatisierten Fahrens. Die rechtlichen Rahmenbedingungen gelten als wesentlichstes Hindernis für die Fortentwicklung des automatisierten Fahrens (Cacilo et al. 2015, S. 108).

Ausprägung 1: Schnelle globale Entwicklung in Richtung automatisiertes Fahren

- Wiener Übereinkommen, ECE-Regelungen und Genfer Übereinkommen werden zügig überarbeitet;
- liberale Umsetzung in den jeweiligen nationalen Rechtsordnungen.

In den Szenarien wird von Ausprägung 1 ausgegangen, d. h., es wird angenommen, dass sowohl die völkerrechtlichen Rahmenbedingungen als auch die nationale Gesetzgebung zügig die Voraussetzungen für den Betrieb von Fahrzeugen in allen Automatisierungsgraden schaffen. Die industriepolitische Bedeutung des automatisierten Fahrens deutet darauf hin, dass insbesondere Länder mit einer eigenen Automobilindustrie (v. a. USA, Deutschland, Japan und China) interessiert daran sind, schnellstmöglich auch zum Leitmarkt für automatisiertes Fahren zu werden. Zahlreiche National- und Bundesstaaten haben deshalb auch bereits dedizierte Regelungen zum automatisierten Fahren erlassen.

In Japan ist es mit Stand Januar 2016 erlaubt, dass ein Fahrzeug einen der drei Kontrollaspekte Beschleunigen, Lenken oder Bremsen selbständig über-

nimmt. Bis 2020 sollen es laut dem von der japanischen Regierung veröffentlichten Zeitplan alle drei sein, solange der Fahrer weiterhin eingreifen kann (Sasaki 2016). Weiterhin autorisieren die koreanische Regierung und viele US-Bundestaaten unter bestimmten Voraussetzungen zunehmend Testfahrten von autonomen Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen (John Day 2017; West 2016, S. 21).

Zuletzt wurden die völkerrechtlichen Regelungen des Wiener Übereinkommens vom 8. November 1968 zur Entwicklung automatisierter Fahrsysteme bereits überarbeitet und die überarbeitete Form ist seit 23. März 2016 in Kraft getreten (Deutscher Bundestag 2017). Mit der Ratifizierung durch den Deutschen Bundestag am 16. Juni 2017 (8. Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes) ist der Betrieb und das Fahren hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge in der Bundesrepublik erlaubt, wenn (1) die Automatisierungsfunktion bestimmungsgemäß verwendet wird und (2) der Fahrer jederzeit die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen kann (Bundesgesetzblatt 2017). Weitere Änderungen des Wiener Übereinkommens (z. B. bzgl. des automatisierten Lenkens) sind außerdem für 2018 geplant (Thatcham Research 2017).

Ausprägung 2: Verzögerte Einführung von hochautomatisiertem Fahren und Folgestufen in vielen Ländern

- Langsame Anpassungen der völkerrechtlichen Rahmenbedingungen;
- weitgehend liberale Umsetzungen in den jeweiligen nationalen Rechtsordnungen;
- künftige Automatisierungsstufen zunächst auf Leitmärkte beschränkt.

Für Ausprägung 2 spricht, dass die Änderung der völkerrechtlichen Prozesse sehr langwierig ist, da Nationen ohne industriepolitisches Interesse den Prozess verlangsamen. Hinzu kommt, dass diese Länder auch bei der Ausgestaltung der nationalen Rechtsordnungen hinter den Leitmärkten zurückbleiben könnten (z. B. Russland, Indien, Lateinamerika). So ist Deutschland das erste Land, das die Änderungen des Wiener Übereinkommens vom März 2016 ratifiziert hat. Weiterhin beziehen sich diese Änderungen nicht auf höhere Autonomiestufen (Level 4 und 5), weshalb es auch für diese noch Legalisierungsbedarf auf internationaler sowie nationaler Ebene gibt (Daimler 2017).

Ausprägung 3: Hochautomatisiertes Fahren und Folgestufen nur in Nischen realisierbar

- Rechtliche Rahmenbedingungen zersplittert und vielerorts restriktiv (z. B. US-Bundesstaaten);

– in nationalen Rechtsordnungen häufig restriktive Rahmenbedingungen, z. B. im Haftungsrecht.

Für Ausprägung 3 spricht, dass bereits einige aus Sicht der Automobilindustrie enttäuschende Regelungen erlassen wurden (z. B. in Kalifornien) und auch das die deutsche Rechtsgrundlage des automatisierten Fahrens sowohl in datenschutzrechtlicher als auch in haftungsrechtlicher Hinsicht starker Kritik ausgesetzt ist. Da für Schäden durch aktivierte automatisierte Fahrsysteme beispielsweise der Hersteller haften soll, zeichnet sich eine Verschiebung der Haftung weg von Fahrern hin zu Zulieferern und Automobilherstellern ab.

Weiterhin muss laut Ethik-Kommission der BRD für Haftungsfragen derjenige dokumentiert und gespeichert werden, der automatisierte Fahrzeuge fährt. Auf der anderen Seite sollte aber der Fahrer grundsätzlich selbständig über die Verwendung und Weitergabe seiner Fahrzeugdaten entscheiden können.

Bezüglich der rechtlichen Reife wurde in der ethischen Diskussion des Themas zudem wiederholt gefordert, die Systeme nur unter sehr restriktiven Voraussetzungen bzw. in eingeschränkter Form zu erlauben. In der Diskussion hemmen hier v. a. ungelöste Dilemma-Situationen, in denen dem System Entscheidungen über das menschliche Leben übertragen werden sollen, die Legalisierung von höheren Automatisierungsgraden (SAE Level 4 und 5) (Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren 2017).

Faktor 4 – Zahlungsbereitschaft für Services des vernetzten Fahrens

Der Schlüsselfaktor „Zahlungsbereitschaft für vernetztes Fahren/Connected Car" ist vor allem vor dem Hintergrund der Konkurrenz der Connected Services zu Applikationen auf Smartphones und anderen mobilen Endgeräten zu sehen. Folgende paradigmatischen Ausprägungen sind denkbar:

Ausprägung 1: Vielfältige Angebote mit automobilspezifischen Mehrwerten – adäquate Zahlungsbereitschaft quer durch die Kundengruppen

– Fahrspezifische Services haben sich kostenpflichtig am Markt etabliert;
– monatliche Zahlungsbereitschaft für CC-Services und Zahlungsbereitschaft für die CC-Service-Hardwarekomponenten im Auto;
– subscription-based und „Pay as you go"-Zahlmodelle für CC-Services werden gleichermaßen akzeptiert.

Für diese Ausprägung sprechen v. a. Kundenumfragen von McKinsey. So scheint das „Vernetzt sein" des Fahrzeugs für mehr als die Hälfte der Neufahrzeugkäufer ein kritischer Faktor zu sein, 28 Prozent präferieren die Konnektivität des Fahrzeugs gegenüber anderen Faktoren wie Treibstoffeffizienz oder Motorleistung und 13 Prozent würden ein Auto ohne Internetverbindung nicht mehr kaufen (McKinsey 2014).

Weiterhin beginnt die heute noch geringere und heterogene Zahlungsbereitschaft (siehe Ausprägung 2 und 3) rund um die Connected Car-Dienste (stark) zu steigen, und Fahrzeugbesitzer scheinen zunehmend eine grundsätzliche Zahlungsbereitschaft für CC-Dienste zu entwickeln (McKinsey 2015b, S. 18; McKinsey 2016b, S. 10). So zeigt sich bei letzterem Trend ein Anstieg von weltweit Befragten, die für CC-Dienste zahlen würden, von 21 Prozent im Jahr 2014 auf 32 Prozent im Jahr 2015 (McKinsey 2015b, S. 16). Vor allem in Deutschland scheinen etwa 80 Prozent der Befragten im Jahr 2016 bereit zu sein, für CC-Dienste zu zahlen (Statista 2017d).

Daneben gibt es bereits eine hohe Zahlungsbereitschaft für die Schnittstelle automatisiertes Fahren und CC-Services. Bis zu 1.500 US-Dollar Aufpreis beim Fahrzeugkauf waren die Befragten einer Umfrage von Shin et al. (2015, S. 13 f.) bereit zu zahlen, wenn sich das Auto mit dem Handy steuern ließe. Zuletzt spricht zunehmende nicht monetäre Zahlungsbereitschaft für eine stärkere Marktdurchdringung von CC-Diensten. So stieg der Anteil der Befragten, der für ein vernetztes Auto die Automarke wechseln würde, um etwa 50 Prozent von 2014 auf 2015 (McKinsey 2015b, S. 18).

Ausprägung 2: In selektiven Marktsegmenten hohe Zahlungsbereitschaft

- Zahlungspflichtige Services nur für begrenztes Marktsegment attraktiv (Oberklasse, Firmenfahrzeuge);
- starke Heterogenität bei der Zahlungsbereitschaft für CC-Services;
- höhere Zahlungsbereitschaft für CC-Services bei Personen der jüngeren Generation (Generation Y).

Für die Ausprägung, dass die Zahlungsbereitschaft für CC-Services sowohl personen- wie auch servicebezogen sehr unterschiedlich sein kann, spricht zum einen, dass Konsumenten sich eher für fahrverwandte Services interessieren (McKinsey 2015b, S. 27), dieses Interesse und die damit verbundene Zahlungsbereitschaften sich aber zwischen generischen Personengruppen unterscheiden (McKinsey 2014, S. 12). Weiterhin scheint die Zahlungsbereitschaft für Smart Technology-Optionen wie kabelloses Internet und Stimm-

steuerungsfunktionen heterogener zu sein als für Smart Vehicle-Applikationen, die Echtzeit-Informationen für Reisende bezüglich Park- und Verkehrssituation bieten (Shin et al. 2015).

Auch zwischen den Generationen scheint es eine große Heterogenität bzgl. der Zahlungsbereitschaft für CC-Services zu geben. Auffallend ist hierbei, dass die jüngere Generation über die verschiedenen Kategorien der CC-Dienste (Navigation, Unterhaltung …) hinweg mehr bezahlen würde (Deloitte 2015a, S. 15).

Zuletzt scheint sich auch die in Ausprägung 1 genannte nicht monetäre Zahlungsbereitschaft des Markenwechsels für urbane und ländliche Gebiete je nach Altersgruppen und Land zu unterscheiden. So ist bspw. in Kleinstädten ein Anteil von 27 Prozent der Befragten bereit, für ein vernetztes Auto die Marke zu wechseln, während es in Großstädten 52 Prozent sind (McKinsey 2015b, S. 19). Wie beim Faktor 1 (automatisierte Fahrzeuge) ist deshalb auch hier unterschiedliche Zahlungsbereitschaft je nach geographischer Lage für CC-Dienste zu vermuten.

Ausprägung 3: Keine automobilspezifischen Mehrwerte von Connectivity-Services – geringe Zahlungsbereitschaft

- Nutzung auf generische Services beschränkt: CC-Services sind reines Smartphone-Add-on;
- Zahlungsbereitschaft nur für fachspezifische Services, in denen die Konkurrenz zu Smartphone-Applikationen eingeschränkt ist;
- CC-Services werden nur dann genutzt, wenn keine Zusatzkosten entstehen.

Diese Ausprägung ist zu erwarten, wenn die derzeitig geringe Zahlungsakzeptanz für CC-Dienste stagniert. So sind im Jahr 2014 nur wenig Befragte (35 Prozent) bereit, 100 US-Dollar für eine integrierte Smartphone-Halterung auszugeben; und noch weniger (21 Prozent) sind bereit, für CC-Services im Rahmen eines Subscription-based-Modells zu bezahlen (McKinsey 2014, S. 13). Auch im Jahr 2016 gaben bei einer Umfrage in Deutschland 84 Prozent der Befragten an, dass sie nicht bereit wären, mehr als 500 Euro für die Konnektivität im Auto zu bezahlen (Statista 2017a).

Des Weiteren scheinen auch jeweils etwa 15 Prozent der älteren und jüngeren Generation in Deutschland die gebührenfreie Nutzung von CC-Services bei Einwilligung von In-Car-Werbung anderen Bezahlformen wie einer monatlichen Flatrate oder der Bezahlung nach Nutzung vorzuziehen (Statista 2017e).

Faktor 5 – Datenschutz und Cybersecurity

Der Schlüsselfaktor „Datenschutz und Cybersecurity" bezieht sich einerseits auf den objektiven Umgang der Automobilhersteller und Mobilitätsdienstleistungsanbieter mit Kundendaten und andererseits auf die diesbezügliche Wahrnehmung der Kunden. Vernetzte Fahrzeuge verfügen über Schnittstellen zur Au**ßenwelt** (**OBD-II**-Schnittstelle, RFID, Bluetooth u. a.) und viele der Geschäftsmodelle im Bereich Connected Car bestehen auf der Nutzung von Kundendaten.

Dies rückt die Frage nach dem Datenschutz und der Bereitschaft der Kunden zur Freigabe und Nutzung der Daten ebenso wie die Cybersecurity als Erfolgsfaktoren in den Fokus. Da beide Faktoren sowohl juristisch als auch aus der Nutzerperspektive in zunehmendem Maße – unabhängig von der Automobilindustrie – an Bedeutung gewinnen, werden nachfolgend drei paradigmatische Ausprägungen entfaltet.

Ausprägung 1: Connectivity gilt als sicher

- Datenschutz und Sicherheitsbedenken sind keine Hürde für die Akzeptanz;
- alle Automobilhersteller und Mobilitätsdienstleister sichern Transparenz, Selbstbestimmung und Sicherheit bei der Datensammlung, Speicherung und Verwaltung zu.

Für diese Ausprägung spricht eine weitgehende Akzeptanz, Daten mit Automobilherstellern und Mobilitätsdienstleistern zu teilen. Bereits 2015 war sich laut einer Umfrage von McKinsey die überwiegende Mehrheit (88 Prozent) von Smartphone-Nutzern bewusst, dass bestimmte Daten über Anwendungen mit Unternehmen geteilt werden und viele der Befragten (71 Prozent) sind auch bereit, Daten zur Verfügung zu stellen, um zusätzliche Funktionen nutzen zu können (McKinsey 2015b, S. 19). So lehnt bspw. nur ein Viertel der Befragten die Nutzung von Standortdaten durch Mobilitätsdienstleister kategorisch ab (McKinsey 2015b, S. 6).

Objektiv ist mit dem Datenschutzgesetz der Umgang mit personenbezogenen Daten seitens der Automobilhersteller geregelt. Ergänzend dazu haben sich der VDA und die unabhängigen Datenschutzbeauftragten des Bundes und der Länder über die im Bereich des Connected Cars besonders relevanten Aspekte im Januar 2016 nochmals im Speziellen geeinigt. So muss z. B. die Datenhoheit dem Fahrer überlassen werden und Automobilhersteller streben zusätzlich an, dass standardisierte Symbole im Cockpit den aktuellen Vernetzungsstatus anzeigen (VDA 2016, S. 3).

Ausprägung 2: Connectivity ist bei den Marktführern sicher

- Datentransparenz, -kontrolle und -schutz ist bei Connectivity-Marktführern gegeben;
- Entwicklung des Gesamtmarkts wird aber durch Sicherheits- und Datenschutzbedenken gebremst;
- differenzierte Bereitschaft der Kunden, Daten zu teilen.

Für diese Ausprägung spricht, dass die Bereitschaft der Kunden, Daten zu teilen, je nach Anwendung unterschiedlich zu sein scheint, wobei Befragte einer McKinsey-Studie am ehesten bereit sind, Daten für fahraufgabennahe Anwendungen zu teilen (McKinsey 2015b, S. 20). Da die Automobilhersteller und Mobilitätsdienstleister ihre Ökosysteme in unterschiedlichem Maße gegenüber Drittanbietern geöffnet haben bzw. noch öffnen werden und in unterschiedlichem Maße zwischen proprietären und anonymen Daten unterscheiden, sind auch wahrnehmbare Unterschiede hinsichtlich des Datenschutzes und der Cybersecurity zu erwarten. Hier zeichnet sich z. B. ab, dass Kunden in Deutschland den Fahrzeugherstellern beim Umgang mit Daten mehr Vertrauen entgegen bringen als Herstellern von Smartphone-Software (McKinsey 2015b, S. 21).

Ausprägung 3: Connectivity gilt als riskant

- Datenschutz hat hohe Priorität bei breiten Nutzergruppen;
- Automobilhersteller werden in näherer Zukunft „Datenschutzskandale" erleben;
- wahrscheinlich kommen Fahrzeuge der Level 3 und 4 auf den Markt, ohne vollständige Cybersecurity gewährleisten zu können.

Für diese Ausprägung spricht ein allgemeines Misstrauen hinsichtlich der Datensicherheit quer durch die Bevölkerungsgruppen. Etwa die Hälfte der Deutschen steht vernetzten Services der Automobilindustrie ablehnend gegenüber, da sie sich um ihre Privatsphäre Sorgen machen; 59 Prozent haben Angst davor, Opfer von Hacking zu werden. Die Befragten aus anderen Ländern wie USA oder China sind diesbezüglich offener und optimistischer (McKinsey 2014, S. 11).

Aktuellere und zunehmende „White Hat"-Hacker-Vorfälle wie bei den Marken BMW, Mini, Rolls-Royce oder Tesla zeigen, dass sich aus Cybersecurity-Lücken erhebliche Finanz- und Reputationsrisiken für Unternehmen ergeben (McKinsey 2015b, S. 33; Goldman Sachs 2015, S. 38). Dies gilt im Besonderen für den Bereich des automatisierten Fahrens, in dem Cybersecurity

auch eine Relevanz für die funktionale Sicherheit hat. Überraschend hierbei ist, dass 75 Prozent der befragten Automobilhersteller einer McKinsey-Studie angaben, dass sie keine Gegenmaßnahmen für den Fall eines Hackerangriffes hätten (McKinsey 2015b, S. 33).

Faktor 6 – Mobilfunknetz

Automatisiertes und vernetztes Fahren stellen je nach Service in unterschiedlichem Maße Anforderungen an das Mobilfunknetz dar. Der Schlüsselfaktor „Mobilfunknetz" umfasst sowohl die Weiterentwicklung der Netztechnologie als auch den Ausbau des Mobilfunknetzes, um die Dienste im Hinblick auf automatisiertes und vernetztes Fahren überall nutzen zu können. Folgende paradigmatische Ausprägungen sind für den Zeitraum 2020 bis 2025 denkbar.

Ausprägung 1: Zeitnaher flächendeckender Ausbau mit 4G und 5G

- Lückenlose Netzabdeckung in Städten, auf Autobahnen und im ländlichen Raum mit 4G;
- 5G v. a. in Ballungsräumen ab 2020 verfügbar;
- alle gewünschten Dienste, die auf Vernetzung basieren, können genutzt werden.

Für diese Entwicklung sprechen eine positive Entwicklung erster Feldversuche der 5G-Technologie von führenden Netzanbietern wie Vodafone (Vodafone 2015) oder Telekom für das Jahr 2018 (Williams 2017) sowie die Markteinführung von pre-5G-Technologien wie NarrowBand IoT und Cloud RAN im Jahr 2017.

Neben der Weiterentwicklung der Netztechnologie sprechen auch der Ausbau und die Weiterentwicklung der Infrastruktur dafür, dass netzintensive Dienste auch auf Autobahnen und dünnbesiedelten Gebieten genutzt werden können.

Neben der Backend-Kommunikation gewinnt auch die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen (Car2Car) oder zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur (Car2Infrastructure) an Bedeutung. Ein Paradebeispiel liefert BMWs Forschungsprojekt „Vehicular CrowdCell" mit dem Ziel, stillstehende Fahrzeuge als lokale Funkrelais benutzen zu können (BMW 2016). Zuletzt spricht die steigende Nachfrage von netzbasierten Diensten dafür, dass Netzanbieter auch in der Zukunft gemeinsam Netzausbau und -technologie vorantreiben werden (z. B. 3GPP-Initiative).

Ausprägung 2: Ballungsraumzentrierte Verfügbarkeit von 4G und 5G

- Zeitlich verzögerter Ausbau mit Schwerpunkt auf den Ballungsräumen;
- Nutzung von netzintensiven Diensten in ländlichen Gebieten und Autobahnen eingeschränkt;
- verzögerte Entwicklung neuer Netztechnologien.

Für diese Ausprägung spricht ein Fortschreiben der 4G-Evolution, bevor die Verfügbarkeit von 5G-Netzen seitens der Netzanbieter gewährleistet werden kann. Neben dem Mobilfunknetzausbau für 4G (siehe Ausprägung 3) zeigt sich dies bspw. auch in netztechnischen Kombinationen wie der Aggregation von LTE und WLAN oder dem Rollout von Voice-over-LTE seit 2014.

Problematisch bei dieser Ausprägung ist, dass die derzeitige 4G-Technologie vor allem bei einer hohen Marktdurchdringung von netzintensiven Services nicht ausgereift zu sein scheint (5G PPP 2015, S. 39–48) und dann deshalb selbst bei flächendeckendem 4G nicht alle Dienste überall genutzt werden könnten.

Ausprägung 3: Lückenhaftes Breitbandnetz – in ländlichen Gebieten 2020 bis 2025 nur 2G/3G dauerhaft verfügbar

- Insbesondere entlang von Autobahnen Lücken im Breitbandnetz;
- viele Dienste können im Fahrzeug nicht zufriedenstellend angeboten werden;
- lückenhafte Car2Backend-Kommunikation.

Für diese Ausprägung spricht eine Stagnation des Netzausbaus seitens der Netzanbieter sowie anderer Akteure, die für einen Ausbau dezentraler Infrastruktur sorgen könnten (siehe Ausprägung 1). Weiterhin könnten zum heutigen Stand netzintensive Dienste in vielen ländlichen Gebieten und entlang von Autobahnen nicht bzw. nur mit einer zu langsamen Datenübertragungsrate (kein 3G/4G) genutzt werden (OpenSignal 2017). Folglich wären in diesem Szenario z. B. Beschränkungen im Bereich des automatisierten/autonomen Fahrens, wo Echtzeitdaten nötig sind, denkbar (z. B. Streckenfreigaben).

Für eine nicht vollständige Netzabdeckung in der Zukunft sprechen verschiedene Prognosen zur Netzabdeckung. So schätzt z. B. GSMA Intelligence, dass 2020 nur etwa 65 Prozent der Weltbevölkerung LTE-Zugang haben wird. Auch wenn der Netzausbau v. a. in den Schwellenländern schnell vorangeht, scheinen Entwicklungsländer in Afrika deutlich hinterherzuhinken (GSMA Intelligence 2014, S. 22).

Faktor 7 – Kapitalverfügbarkeit und -einsatz für MaaS

Der Schlüsselfaktor „Kapitaleinsatz für MaaS" beschreibt die Verfügbarkeit und den Einsatz von Kapital zur Investition in (autonome) MaaS-Angebote.

Ausprägung 1: Hohe Kapitalverfügbarkeit und hoher Kapitaleinsatz zentraler Akteure

- Kapitalstarke Start-up-Unternehmen und/oder Akteure aus anderen Industrien sowie risikobereite OEMs investieren hohe Summen in die Forschung, Erprobung und Produkt-/Serviceentwicklung von MaaS;
- Betreiber von MaaS: Risikobereite OEMs, Start-ups, IT- und Technologie-Konzerne;
- politische Förderung von MaaS.

Für die Berechnungen wird implizit davon ausgegangen, dass eine Reihe kapitalstarker Akteure hohe Investitionen in MaaS tätigt. Diese Entwicklung ist bereits im Gange, wie die Entwicklungs- und Testaktivitäten sowie die Produktankündigungen einer Vielzahl von Herstellern und (potenziellen) Betreibern wie Bosch, BMW, Daimler, Audi UBER, Google und Apple zeigen. Zudem deuten die Kapitalausstattung der „neuen" Wettbewerber wie UBER, Google und Apple sowie die Vielzahl von Start-up-Unternehmen auf dem Gebiet autonomer MaaS-Lösungen darauf hin, dass sich die „Investitionsspirale" durch den Wettbewerb, die wachsende Anzahl von MaaS-Nutzern und die Lücken im ÖPNV sogar noch verstärken könnte. Investitionen in MaaS könnten zuletzt auch politisch gefördert werden. So hat z. B. das US-Department für intermodale Innovationen im Jahr 2015 seine „Smart City Challenge" gestartet, in der Städte mit innovativen MaaS-Lösungen um öffentliche Gelder konkurrieren.

Ausprägung 2: Begrenzte Risikobereitschaft mit mittlerem Kapitaleinsatz

- Kapitaleinsatz monetär und zeitlich begrenzt;
- Betreiber von MaaS sind vergleichbar mit dem heutigen Carsharing-Markt (OEMs, Autovermietungen, dedizierte Carsharing-Betreiber);
- wenig Investitionen in multimodale MaaS-Angebote.

Diese Ausprägung ist zu erwarten, wenn die Risikobereitschaft und der Kapitaleinsatz im Bereich der MaaS-Angebote stagnieren. Da für die Realisierung von MaaS-Lösungen die Kooperation verschiedenster Akteure wie Datenanbieter und Serviceanbieter notwendig ist, müssen auch alle Akteure in diese

nachhaltig investieren, damit sich neue MaaS-Angebote im Markt etablieren können und Ertragschancen für Start-ups entstehen. Auf der anderen Seite scheinen aber gerade organisierende Funktionen wie z. B. das Bereitstellen von Daten oder Zahlungssystemen die erfolgversprechendsten Einnahmequellen für Unternehmen zu sein (Finnish Transport Agency 2015, S. 13 f.). Für sehr geringe Investitionen im Bereich der intermodalen MaaS-Lösungen sprechen die heute noch sehr hohe individualisierte Verkehrsleistung und die vergleichbar geringe Verkehrsleistung des öffentlichen Verkehrs (Statista 2017c).

Ausprägung 3: Geringe Risikobereitschaft und geringer Kapitaleinsatz

- Rechtliche Barrieren, eine schlechte Infrastruktur und die politische Förderung des öffentlichen Verkehrs senken die Ertragschancen von MaaS-Anbietern eklatant;
- geringe Risikobereitschaft/Investitionen der OEMs und anderer Akteure im MaaS-Umfeld, da nicht an langfristiger Gewinnmaximierung orientiert.

Entscheidend für positive Ertragschancen und damit eine Investitionsbereitschaft von MaaS-Akteuren sind rechtliche Rahmenbedingungen und eine entsprechende Infrastruktur. Jede intermodale MaaS-Lösung braucht z. B. Zugang zu Routen des öffentlichen Nahverkehrs und Echtzeitstandortdaten, um zu funktionieren. Betreiber öffentlicher Verkehrsmittel müssten deshalb ihre API-Feeds für Entwickler von MaaS-Lösungen und Datenanbieter zur Verfügung stellen, damit diese überhaupt die Chance haben, in MaaS-Lösungen zu investieren und Ertragschancen zu haben.

Trotz eines positiven Trends haben weltweit laut City-Go-Round jedoch gerade einmal etwa 30 Prozent der Transitagenturen ihre APIs freigegeben (City-Go-Round 2017). Darüber hinaus können zu strenge rechtliche Rahmenbedingungen hinsichtlich Dienstleistung, Datenschutz, Haftung oder gleichberechtigtem Zugang zu MaaS-Angeboten Investitionen im privaten Sektor abschrecken.

Faktor 8 – Politische Förderung von MaaS

Der Schlüsselfaktor „Politische Förderung von MaaS“ beschreibt das Ausmaß, mit dem MaaS, insbesondere durch Kommunen, monetär und/oder durch ordnungsrechtliche Privilegierung gefördert wird. Folgende Ausprägungen des Schlüsselfaktors sind denkbar:

Ausprägung 1: Unterstützung/Einführung von autonomen Stadtsystemen durch Kommunen

- Verkehrspolitische Privilegierung autonomer Systeme (z. B. bevorzugte Stellplätze, Zufahrtsrechte);
- Kommunen können über die kommunalen Verkehrsbetriebe in den Betrieb involviert sein (Beispiel Singapur) oder schreiben autonome Systeme als Teil des öffentlichen Verkehrs aus;
- autonome Shuttles werden insbesondere in kleineren Städten als Teil des ÖPNVs und als Daseinsvorsorge verstanden und bei wirtschaftlicher Notwendigkeit subventioniert.

Ausprägung 2: Autonome Shuttles als reines Marktangebot

- Autonome Systeme werden als Ergänzung des ÖV durch den Markt verstanden (ähnlich wie bei heutigem Free Floating Carsharing);
- Privilegierung nur in begrenztem Umfang (z. B. bei Stellplätzen);
- autonome Shuttles werden nicht als öffentliche Aufgabe und Teil der Daseinsvorsorge verstanden.

Ausprägung 3: Autonomes Fahren mit erheblichen Beschränkungen

- Stärkere Bevorzugung von Massentransit und traditionellem ÖPNV;
- aus rechtlichen und verkehrspolitischen Gründen bleibt autonomes Fahren in Städten bis auf wenige Ausnahmen auf Parken und die Zustellung des Fahrzeugs beschränkt;
- aMaaS wird eher als Konkurrenz zum ÖPNV wahrgenommen.

Kommunen, Städte und Megacitys werden zunehmend als treibende Kräfte bei MaaS-Innovationen gesehen, da v. a. aMaaS-Lösungen die mit Bevölkerungswachstum und Urbanisierung einhergehenden Probleme (Feinstaub, Verkehrsstau usw.) adressieren. Automatisierte MaaS-Angebote berühren dabei verschiedene Ziele von Städten. Sie können a) als Chance zur Sicherstellung und Ausweitung des Mobilitätsangebots, b) zur Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs oder c) als Instrument zur Prägung eines Images als Innovationsträger gesehen werden. Es ist daher plausibel, dass Städte versuchen werden, Level-5-MaaS-Systeme zu fördern. Einige Städte werden automatisierte Shuttles dabei als Teil der öffentlichen Daseinsvorsorge im Mobilitätsbereich begreifen.

Beispielsweise hat Helsinki einen MaaS-Aktionsplan präsentiert, der darauf abzielt, ein eigenes Auto ab 2025 unnötig zu machen und in Kalifornien

hat die Santa Clara Valley Transportation Authority (VTA) ein Innovationscenter eröffnet, in dem Unternehmen, Start-ups und Studenten u. a. staatlich geförderte MaaS-Lösungen entwickeln können (McKinsey 2015a).

Andere Staaten wie Deutschland werden nicht so weit gehen, aber die neuen Systeme als Ergänzung des ÖPNV begreifen (Stegmüller 2017). Auch wenn dies in Studien mit Nachhaltigkeitsbezug (z. B. Roland Berger 2014b; ITF 2017) gefordert wird, ist außerdem nicht davon auszugehen, dass Angebote mit autonomen Shuttles oder anderen MaaS-Lösungen in Städten gezielten Restriktionen unterliegen werden, um nicht Verkehr vom ÖPNV in den autonomen Straßenverkehr zu verlagern. Entsprechend liegt dem in den Berechnungen verwendeten Szenario insbesondere Ausprägung 1 und 2 zugrunde.

Faktor 9 – Kundenakzeptanz MaaS

Der Schlüsselfaktor „Kundenakzeptanz MaaS" beschreibt die Akzeptanz von MaaS-Angeboten bei den Endkunden und ist deshalb entscheidend für die Frage, ob sich MaaS-Lösungen am Markt etablieren können.

Ausprägung 1: Vielfältige MaaS-Angebote und hohe Akzeptanz quer durch die Kundengruppen

- Auf Einzelkunden abgestimmte MaaS-Angebote sichern Kundennutzen und Akzeptanz;
- Bevölkerungswachstum und Urbanisierung treiben die Akzeptanz auch bei privaten Pkw-Besitzern hoch.

Für diese Ausprägung sprechen eine bereits weitgehende Akzeptanz und deren positiver Trend im Hinblick auf MaaS. So können sich etwa 50 Prozent der Fahrzeugbesitzer in der industrialisierten Welt vorstellen, ihr Auto in der Zukunft zu teilen (Roland Berger 2014b, S. 8). In Deutschland können sich 38 Prozent der jüngeren Bevölkerung (18–39 Jahre) und 26 Prozent der älteren Bevölkerung (> 40 Jahre) vorstellen, dass sie in zehn Jahren mehr Carsharing benutzen werden (McKinsey 2012, S. 10).

Auch in Asien scheint der Drang nach neuen Mobilitätslösungen groß zu sein. Laut einer Studie von Roland Berger in China sind ca. 75 Prozent der Befragten, die von Carsharing gehört haben, daran interessiert, es nutzen zu können. Dabei scheinen MaaS-Lösungen wie auch in Deutschland von dem jüngeren Bevölkerungsteil stärker akzeptiert zu werden (Roland Berger 2017, S. 4), was für eine positive Entwicklung der Akzeptanz in beiden Ländern spricht.

Ein Indikator für die derzeitige Akzeptanz von MaaS-Lösungen ist die Popularität von on demand-Mobilitätslösungsanbietern wie Uber für den amerikanischen Markt und Didi für den chinesischen (McKinsey 2015a). Insbesondere autonome MaaS-Fahrzeuge, die über mobile Applikationen gerufen werden können, könnten zunehmend als (personifizierte) Schnittstelle zwischen den Passagieren und ihrem Lebensraum fungieren und bspw. orts- und umgebungsbezogene Empfehlungen bieten und damit auch die Akzeptanz bei privaten Pkw-Besitzern ankurbeln. Der Mehrwert, den solche Fahrzeuge für Nutzer bieten könnten, lässt sich u. a. aus aktuellen Umfragen des Fraunhofer Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation ableiten: Während Robo-Taxis in Deutschland eher als Ergänzung zu bestehenden Angeboten des ÖPNV gesehen werden, kann sich ein Großteil der chinesischen Probanden vorstellen, dafür auf andere Verkehrsmittel zu verzichten (Stegmüller 2017).

Zuletzt kann eine hohe bzw. wachsende Akzeptanz auch deshalb erwartet werden, weil MaaS-Lösungen auch die mit Bevölkerungswachstum und Urbanisierung einhergehenden Probleme (Lärm, Verkehrsaufkommen, Feinstaub) adressieren.

Ausprägung 2: Unterschiedliche Akzeptanz – MaaS nur für bestimmte Personengruppen interessant

- Unterschiedliche Akzeptanz von MaaS-Angeboten wie P2P-Carsharing, (Shared) E-Hailing usw.;
- unterschiedliche Akzeptanz von einzelnen MaaS-Angeboten nach Personengruppen und/oder geografischer Lage;
- MaaS zunächst nur in Ballungsräumen.

Für diese Ausprägung spricht, dass MaaS-Angebote nicht von jeder Personengruppe gleichermaßen akzeptiert werden. Studien von McKinsey zeigen v. a. eine stärkere Akzeptanz bei besser Verdienenden und Personen mit individuellen Mobilitätsbedürfnissen, wie Personen mit einem eigenen Auto. Auf der anderen Seite sehen viele der heutigen Nutzer von MaaS Carsharing nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung zum eigenen Auto. Daneben zeichnen sich derzeit Unterschiede je nach Alter und geografischer Lage ab (siehe Ausprägung 1). Während Akzeptanzunterschiede je nach Land bereits in Ausprägung 1 angesprochen wurden, können sich diese durch Akzeptanzunterschiede je nach ländlichen und urbanen Gebieten weiter verschärfen. So scheint das Interesse an MaaS in ländlichen Gebieten gering und dort höher, wo begrenzte Parkmöglichkeiten bestehen (McKinsey 2012, S. 15).

Ausprägung 3: Geringe Akzeptanz von bestehenden und potenziellen MaaS-Angeboten

- Sicherheitstechnische Bedenken (Datensicherheit, Mobilitätssicherheit etc.) seitens der MaaS-Nutzer;
- mittlere Akzeptanz von intermodalen MaaS-Angeboten;
- geringe Akzeptanz des Carsharing;
- Akzeptanz von MaaS erst mit der Einführung von autonomen Systemen.

Für eine geringe Akzeptanz von MaaS durch die Bevölkerungsgruppen sprechen erstens daten- und mobilitätssicherheitstechnische Bedenken quer durch die Bevölkerungsgruppen. So müssen MaaS-Nutzer z. B. bereit sein, standort- und/oder personenbezogene Daten zu teilen, um die Angebote nutzen zu können. Dabei scheinen im Vergleich zu China besonders Befragte in Deutschland der Zurverfügungstellung von standortbezogenen Daten eher kritisch gegenüber zu stehen (McKinsey 2015b, S. 42).

Weiterhin scheinen derzeitige MaaS-Lösungen dem Kunden wenig Mehrwert zu bringen. Zuletzt scheinen auch Vertrauensprobleme die Popularität von MaaS-Lösungen zu senken. Besonders im P2P-Carsharing, aber auch im kommerziellen B2C-Carsharing müssen sich Unternehmen wie auch Privatpersonen sicher sein können, dass Carsharing-Fahrzeuge im Straßenverkehr ordnungsgerecht benutzt und auch geparkt werden.

Faktor 10 – Anteil der Fahrzeugsegmente und Fahrzeugnutzungsdauer

Der Schlüsselfaktor „Anteil der Fahrzeugsegmente und Fahrzeugnutzungsdauer“ bezieht sich auf den annualisierten Wertverlust der Fahrzeuge. Dieser wird wesentlich durch den Anteil der Fahrzeugsegmente und die Fahrzeugnutzungsdauer determiniert.

Ausprägung 1: Anteil der Fahrzeugsegmente entsprechen dem Trendverlauf, die aktuellen Nutzungsdauern/-zyklen von Flotten werden beibehalten

- Im MaaS-Markt wird die Vielfalt heutiger Fahrzeugkonzepte und Fahrzeugklassen abgebildet;
- die Nutzungsdauer von Flottenfahrzeugen entspricht eher dem heutigen Pkw-Dienstleistungs-Markt.

In dieser Ausprägung wird davon ausgegangen, dass MaaS-Fahrzeuge verschiedene Größen- und Komfortklassen abdecken werden und somit weitge-

hend die heutige Verteilung der Fahrzeugsegmente repräsentieren. Hinsichtlich der Nutzungsdauer liegen die Fahrzeuge im Bereich von unter fünf Jahren und entsprechen damit dem heutigen Pkw-Dienstleistungsmarkt. In den vergangenen Jahren hat sich das Durchschnittsalter des deutschen Kraftfahrzeugbestandes stetig erhöht und liegt mittlerweile bei 9,3 Jahren (KBA 2017). Das Durchschnittsalter von Pkw-Dienstleistungsflotten liegt hingegen deutlich darunter und liegt für Taxi-Fahrzeuge bei ca. fünf Jahren, für Carsharing-Fahrzeuge bei ca. einem Jahr und für Mietwagen bei unter einem Jahr.

Ausprägung 2: Leichte Verschiebung hin zu günstigeren, länger genutzten Fahrzeugen

- MaaS-Fahrzeuge sind tendenziell einfacher und hinsichtlich der Ausstattung auf Kostenoptimierung ausgelegt;
- die Nutzungsdauer steigt gegenüber heutigen Flotten leicht an.

In dieser Ausprägung wird davon ausgegangen, dass MaaS teilweise als Taxi-Ersatz und teilweise als ÖV-Ersatz und -Ergänzung wahrgenommen und genutzt wird. Entsprechend bleiben die Fahrzeuge deutlich länger in der Flotte als bei heutigen Pkw-Dienstleistungen.

Ausprägung 3: Deutlich einfachere, günstigere Fahrzeugkonzepte mit möglichst langer Betriebsdauer

- MaaS etabliert sich insbesondere als kostengünstige Mobilitätsform und Ergänzung/Ersatz des öffentlichen Verkehrs;
- Fahrzeuge sind entsprechend auf Kostenoptimierung und Nutzungsdauer ausgelegt. Die Nutzungsdauer entspricht eher dem öffentlichen Verkehr.

In dieser Ausprägung wird davon ausgegangen, dass MaaS-Fahrzeuge eher den heute bereits in Erprobung befindlichen Shuttle-Fahrzeugen entsprechen werden und daher eher uniform, einfach und günstig sein werden. Die Fahrzeugnutzungsdauer von ÖPNV-Bussen beträgt ca. 8–15 Jahre, die deutsche Omnibusflotte hat ein Durchschnittsalter von 8,7 Jahren (KBA 2017) und liegt damit um ein Vielfaches höher als das Durchschnittsalter von Pkw-Dienstleistungs-Flotten. MaaS wird vorrangig als Mobilitätsangebot mit niedrigeren Komfortansprüchen wahrgenommen. Entsprechend liegt die Nutzungsdauer der Fahrzeuge auf dem Niveau der ÖV-Busse.

6 WIRKANALYSEN IN DEN BETRACHTUNGSFELDERN

In diesem Kapitel werden die Wirkanalysen für die Wirkfelder Mobility-as-a-Service, automatisierte Fahrzeuge sowie vernetzte Fahrzeuge in Bezug auf deren Wertschöpfung und Beschäftigung bis zum Jahr 2030 betrachtet. Die Berechnung der Wertschöpfung und Beschäftigung folgt der in Abschnitt 2.2 dargestellten Methodik. Zur differenzierten Bewertung wurden drei Szenarien gebildet, die den Berechnungen zugrunde liegen und im Folgenden erläutert sind.

6.1 Szenarienbildung

Da MaaS eine Rückwirkung auf den Fahrzeugabsatz hat und somit die Marktpotenziale des automatisierten und vernetzten Fahrens beeinflusst, ist eine isolierte Betrachtung der Wirkfelder zur Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte nicht sinnvoll. Zudem betrachtet keine der bislang in der Literatur vorliegenden Studien die Nebenwirkungen und Substitutionseffekte der Digitalisierung des Fahrzeugs. Daher wurden die verschiedenen Wirkfelder integriert betrachtet. Dabei wurden die bereits beschriebenen drei Szenarien verwendet (vgl. Abschnitt 2.2.2).

- In Szenario 1 wird davon ausgegangen, dass die neuen MaaS-Angebote vollständig zusätzlichen Automobilverkehr und -absatz generieren und die Zusatzausgaben für Automatisierung keine anderen Komponenten substituieren.
- In Szenario 2 wird von einer durch automatisiertes Fahren induzierten Substitution in Höhe von 50 Prozent und einer partiellen Substitution konventioneller Pkw-Verkehrsleistung durch MaaS ausgegangen, sodass der Gesamtabsatz von konventionellen Pkw und MaaS-Pkw dem heute erwarteten Referenzpfad entspricht.
- In Szenario 3 wird davon ausgegangen, dass die mit MaaS erbrachte Verkehrsleistung den bisherigen Pkw-Verkehr zu 100 Prozent substituiert und die Zusatzausgaben für Automatisierung andere Komponenten zu 100 Prozent kompensieren.

Zur Bestimmung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte wurden die drei Szenarien für alle Wirkfelder zugrunde gelegt. Im hinterlegten

Mobilitätsmarktmodell wird von weiterhin steigenden Pkw-Personenverkehrsleistungen (Personen x km) und einer Wachstumsrate von 3,5 Prozent p. a. ausgegangen. Die Verkehrsleistung dient als Bezugsgröße der Szenarien. Während aber in Szenario 3 MaaS die Pkw-Verkehrsleistung substituiert, sind die Verkehrsleistungen mit MaaS in Szenario 1 zusätzlich. Entsprechend impliziert Szenario 1, dass der Mobilitätsmarkt insgesamt stärker wächst als bislang prognostiziert oder MaaS öffentlichen Verkehr substituiert.

6.2 Wertschöpfung und Beschäftigung durch Mobility-as-a-Service

> "When I gave my TED talk, people were shocked. They said, 'Wait a minute. What I just heard you say is you're going to be, potentially, selling fewer cars in the future.' And I told them that's exactly what's going to happen unless we start doing something differently and redefine ourselves as a mobility company and not just as a car and truck manufacturer" (Bill Ford, bei McKinsey Quarterly 2014).

Mobility-as-a-Service wird in diesem Kapitel als erstes Wirkfeld dargestellt, da es als unabhängige Variable die Märkte für automatisiertes und vernetztes Fahren beeinflusst und daher vorgelagert analysiert werden muss. Die Wertschöpfungseffekte für MaaS basieren auf der Marktanalyse in Abschnitt 5.3 und wurden für die unter Abschnitt 4.4.3 definierten Wertschöpfungsmodule „Sharing-Technologien", „technischer Betrieb", „Management, Marketing und Marge" berechnet.

Der Wertschöpfungs- und Beschäftigungsbedarf für MaaS inkludiert dabei autonome Level-5-Systeme (Robo-Taxis, Dynamic Shuttles) sowie Carsharing und P2P-Angebote. Die Entwicklung des MaaS-Marktes wurde in den Szenarien nicht variiert, sondern entspricht dem in Abschnitt 5.4 dargestellten optimistischen Ansatz.

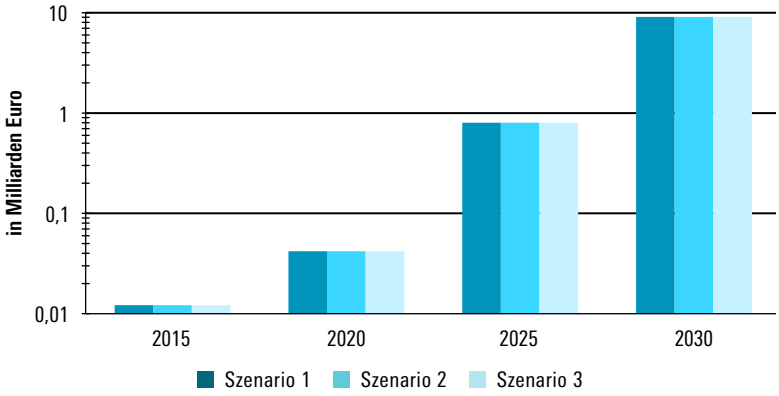
Insgesamt ergeben sich die in Abbildung 14 dargestellten Wertschöpfungseffekte. Während im Jahr 2015 eine Wertschöpfung in Höhe von ca. 12 Millionen Euro erwirtschaftet wird, steigt der Betrag bis zum Jahr 2020 auf 41 Millionen Euro, bis zum Jahr 2025 auf 800 Millionen Euro und bis zum Jahr 2030 auf 9,07 Milliarden Euro.

Unter Berücksichtigung der Produktivitätsentwicklung ergibt sich hieraus die in Abbildung 15 dargestellte Beschäftigungswirkung.

Die Wertschöpfungs- und Beschäftigungsberechnung erfolgte anhand der in Abschnitt 2.2 entwickelten Methodik. Der sich daraus ergebende Re-

Abbildung 14

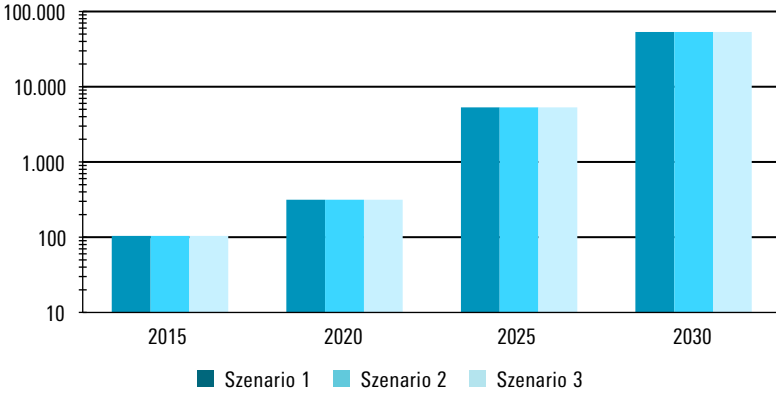
Wertschöpfung durch MaaS in der deutschen Automobilindustrie bis 2030



Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 15

Beschäftigung durch MaaS in der deutschen Automobilindustrie bis 2030



Quelle: Eigene Darstellung.

chenweg wird nachfolgend anhand des Wertschöpfungsmoduls „Technischer Betrieb“ kurz dargestellt:

- Das Gesamtmarktvolumen für MaaS beträgt im Jahr 2030 1.804 Milliarden Euro.
- Davon entfallen 386,7 Milliarden Euro auf den technischen Betrieb.
- Der Automobilstandort Deutschland hat einen Marktanteil am Weltmarkt in Höhe von 12,6 Prozent.
- Der Standortanteil deutscher Unternehmen beträgt 47 Prozent.
- Die Leistungstiefe am Standort beträgt 28 Prozent.
- Hieraus ergibt sich ein Wertschöpfungsvolumen am Standort Deutschland in Höhe von 9,07 Milliarden Euro.
- Basierend auf einer Produktivität in Höhe von 170.117 Euro für NACE-29 ergibt sich hieraus ein Beschäftigungsbedarf in Höhe von ca. 53.000 Beschäftigten.

Bis zum Jahr 2030 werden im betrachteten Szenario durch MaaS über 50.000 Beschäftigte in den Wirtschaftszweigen NACE-29 und NACE-62 hinzukommen. Induzierte (hier nicht betrachtete) Effekte in anderen Wirtschaftszweigen könnten sich dabei in geringem Umfang für Dienstleistungen rund um das Mobilitätsangebot ergeben (bspw. aufgrund der Reinigung der Fahrzeuge).

6.3 Wertschöpfung und Beschäftigung durch automatisierte Fahrzeuge bis 2030

Anknüpfungspunkt der Wertschöpfungs- und Beschäftigungsberechnung sind die in den jeweiligen Jahren ermittelten Marktvolumina des automatisierten Fahrens (siehe Abschnitt 5.1), die unter Abschnitt 4.2.3 definierten Wertschöpfungsmodule sowie die Annahmen in den drei Szenarien (siehe Abschnitt 6.1).

- In Szenario 1 wird angenommen, dass automatisierte Fahrsysteme zu einer vollständig zusätzlichen Zahlungsbereitschaft führen.
- In Szenario 2 wird angenommen, dass automatisiertes Fahren eine Substitution anderer Funktionen und Komponenten im Fahrzeug in Höhe von 50 Prozent des Werts des automatisierten Fahrsystems induziert.
- In Szenario 3 wird angenommen, dass automatisierte Fahrsysteme andere Komponenten und Funktionen im Fahrzeug wertmäßig vollständig substituieren (z. B. wird ein kleinerer Motor gewählt, um den Aufpreis für automatisiertes Fahren auszugleichen).

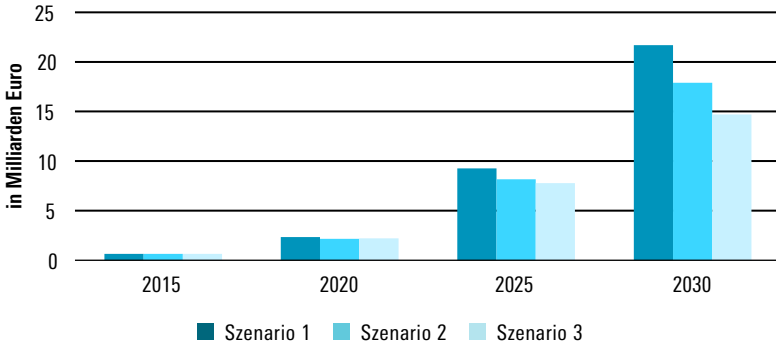
Basierend darauf wird anhand des Markt-, Standort- und Importanteils an den jeweiligen Wertschöpfungsmodulen auf die am Automobilstandort Deutschland geleistete Wertschöpfung „zurückgerechnet“. Exemplarisch am Wertschöpfungsmodul „Sensorik“ ergibt dies den folgenden Rechenweg:

- Das globale Gesamtmarktvolumen für automatisiertes Fahren beträgt in Szenario 2 knapp 155 Milliarden Euro im Jahr 2030.
- Hiervon entfallen 54,6 Milliarden Euro auf die Entwicklung und Herstellung von Sensorik.
- Deutsche Hersteller und Zulieferer haben einen Marktanteil am Weltmarkt in Höhe von 52,5 Prozent.
- Der Standortanteil für das Wertschöpfungsmodul beträgt 35,4 Prozent; die Leistungstiefe am Standort beträgt 38,5 Prozent.
- Hieraus ergibt sich ein Wertschöpfungsvolumen am Standort Deutschland in Höhe von ca. 3,9 Milliarden Euro für das Jahr 2030.
- Basierend auf einer Produktivität in Höhe von 170.117 Euro für NACE-29-Unternehmen im Jahr 2030, lässt sich ein Beschäftigungsbedarf in Höhe von 23.035 Beschäftigten ableiten.

Abbildung 16 stellt die aggregierten Wertschöpfungseffekte des automatisierten Fahrens für die drei Szenarien dar. Die Szenarien unterscheiden sich dabei insbesondere durch die Rückwirkung von MaaS auf die Absatz-Stückzahlen.

Abbildung 16

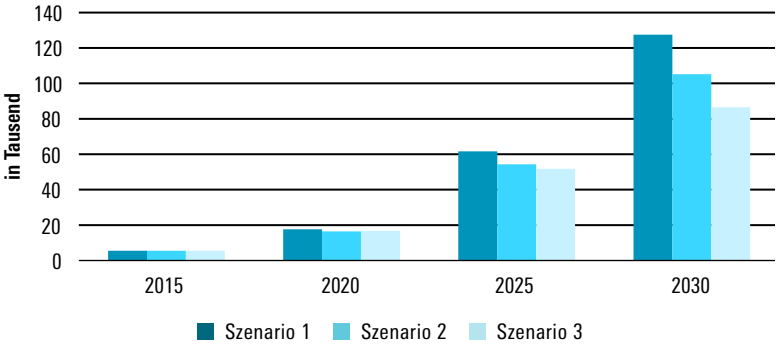
Wertschöpfung durch automatisierte Fahrzeuge in der deutschen Automobilindustrie bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen.

Abbildung 17

Beschäftigung durch automatisierte Fahrzeuge in der deutschen Automobilindustrie bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen.

Unter Berücksichtigung der Produktivitätsentwicklung ergibt sich hieraus die in Abbildung 17 dargestellte Beschäftigungswirkung.

6.4 Wertschöpfung und Beschäftigung durch vernetzte Fahrzeuge bis 2030

In diesem Abschnitt wird die Wertschöpfung und Beschäftigung durch vernetzte Fahrzeuge bis zum Jahr 2030 beschrieben. Hierbei wird exemplarisch am Wertschöpfungsmodul „Entwicklung und Herstellung der Hardware" die Berechnung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für Szenario 2 für das Jahr 2030 beschrieben. Der Rechenweg konstituiert sich aus den folgenden, einzelnen Berechnungsschritten:

- Das globale Gesamtmarktvolumen für vernetztes Fahren beträgt in Szenario 2 65,5 Milliarden Euro im Jahr 2030.
- Hiervon entfallen 40,8 Milliarden Euro auf die Entwicklung und Herstellung von Hardware.
- Deutsche Hersteller haben einen Marktanteil am Weltmarkt in Höhe von 17,1 Prozent.
- Der Standortanteil für das Wertschöpfungsmodul beträgt 92 Prozent; die Leistungstiefe am Standort beträgt 28 Prozent.

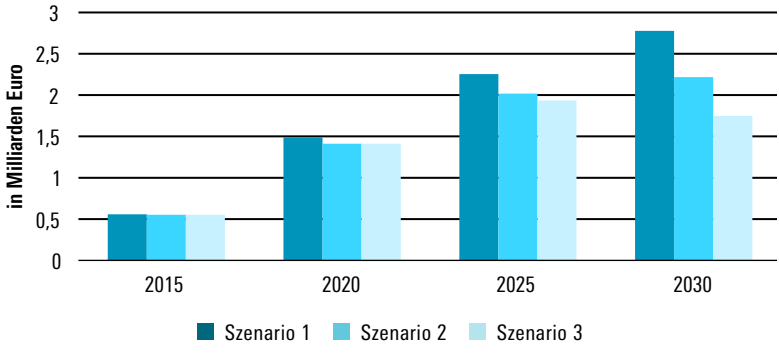
– Hieraus ergibt sich ein Wertschöpfungsvolumen am Standort Deutschland in Höhe von 1,8 Milliarden Euro für das Jahr 2030.
– Basierend auf einer Produktivität in Höhe von 170.117 Euro für NACE-29-Unternehmen im Jahr 2030, lässt sich ein Beschäftigungsbedarf in Höhe von 9.567 Beschäftigten ableiten.

In Abbildung 18 ist der Wertschöpfungszuwachs durch vernetzte Fahrzeuge für die drei Szenarien bis zum Jahr 2030 zu sehen. Im Trendszenario (Szenario 2) kann die Wertschöpfung für Unternehmen in Deutschland (NACE-29 und weitere Wirtschaftszweige) um den Faktor 4 zwischen den Jahren 2015 (0,55 Milliarden Euro) und 2030 (2,21 Milliarden Euro) zulegen.

Auf Basis der bestimmten Wertschöpfung für Unternehmen in Deutschland und der Bruttowertschöpfung je Beschäftigtem (unter Berücksichtigung des Produktivitätszuwachses), lässt sich die Anzahl der Beschäftigten, die mit der Wertschöpfung einhergehen, bestimmen. In Abbildung 19 ist der durch vernetzte Fahrzeuge induzierte Beschäftigungszuwachs für die drei Szenarien bis zum Jahr 2030 abgebildet. Es ist zu erkennen, dass im Trendszenario (Szenario 2) die Beschäftigung von 4.760 Beschäftigten im Jahr 2015 auf 13.245 Beschäftigte im Jahr 2030 anwächst. Die Analyse des positiven und negativen Extremszenarios zeigt einen induzierten Beschäftigungszuwachs von 16.534 sowie 10.474 Beschäftigten im Jahr 2030.

Abbildung 18

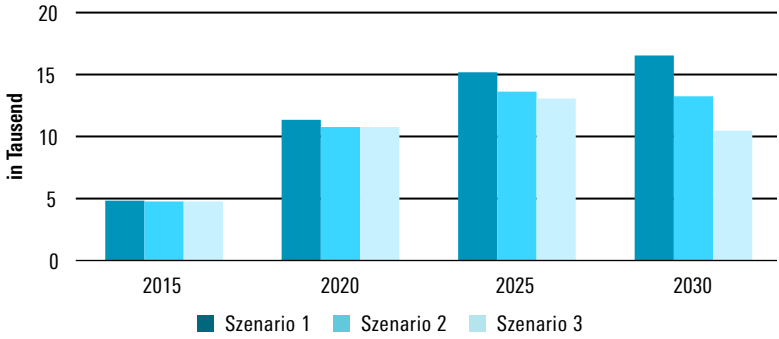
Wertschöpfungszuwachs durch vernetzte Fahrzeuge in der deutschen Automobilindustrie bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen.

Abbildung 19

Beschäftigungszuwachs durch vernetzte Fahrzeuge in der deutschen Automobilindustrie bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen.

6.5 Fazit Wirkanalyse

In diesem Abschnitt wird ein abschließendes Fazit zu den Wirkanalysen in den drei Bereichen automatisierte Fahrzeuge, vernetzte Fahrzeuge und Mobility-as-a-Service gezogen. In Tabelle 4 werden die Wertschöpfung sowie Beschäftigungsentwicklung für die drei Szenarien bis zum Jahr 2030 zusammengefasst.

Ein Kennzeichen disruptiver Innovationen ist die Einführung in Nischen, die mit einem zunächst „trügerischen" Anstieg des Geschäftsvolumens der wesentlichen Akteure einhergeht. Mit dem „Durchbruch" der disruptiven Innovation im Massenmarkt geraten die Marktführer dann jedoch in kürzester Zeit in Schwierigkeiten. Ein ähnliches Muster zeigt sich im Betrachtungsfeld auf industrieller Ebene bezogen auf Wertschöpfung und Beschäftigung. In Szenario 3 erfolgt ein „trügerischer" Anstieg von Wertschöpfung und Beschäftigung, gefolgt von einem rapiden Rückgang innerhalb von nur wenigen Jahren, der in den späten 2020er Jahren beginnt.

Die Entwicklung des Kameramarktes in den letzten 70 Jahren zeigt eine strukturell ähnliche Entwicklung, wie in Szenario 3 errechnet. Nach einem stetigen, moderaten Anstieg der Produktion für Analog- bzw. ab der Jahrtausendwende für Digitalkameras, geht mit dem Durchbruch einer neuen Inno-

Tabelle 4

Übersicht zu den Wirkungen der drei Szenarien – Beschäftigungseffekte in der deutschen Automobilindustrie bis 2030

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Absatz 2015	73 Mio.	73 Mio.	73 Mio.
Absatz 2020	88 Mio.	82 Mio.	83 Mio.
Absatz 2025	107 Mio.	93 Mio.	88 Mio.
Absatz 2030	142 Mio.	106 Mio.	75 Mio.
CC – Beschäftigung 2030	16.534	13.245	10.474
AF – Beschäftigung 2030	127.503	105.217	86.441
MaaS – Beschäftigung 2030	53.311	53.311	53.311
Durch AF substituierte Beschäftigung 2030	0	–34.196	–56.186
Beschäftigung durch zusätzlichen Verkehr/Absatz 2030	261.530	4.632	–211.858
Δ 2015–2030	+458.878	+142.210	–117.819

Anmerkung: AF = automatisiertes Fahren; CC = Connected Car (vernetztes Fahren); MaaS = Mobility-as-a-Service.
Quelle: Eigene Darstellung.

vation (hochwertige Smartphone-Kameras) die Produktion in den letzten Jahren rapide zurück (Zhang 2014).

Zur Einordnung der Szenarien sind zudem einige methodische Aspekte und Einschränkungen zu beachten: Die Wertschöpfungsanalyse basiert auf einer Fortschreibung der heutigen Zuordnung/Abdeckung von Wertschöpfungsmodulen durch Unternehmen des Automobil- und IT-Standorts Deutschland sowie ihrer heutigen Markt- und Standortanteile. Zwar ist dies die aus heutiger Sicht plausibelste Annahme. Durch Variation der Markt- und Standortanteile lassen sich die Beschäftigungseffekte unabhängig von den Szenarien variieren. Das heißt, selbst bei Szenario 1 können Verlust von Markt- und Standortanteilen die positiven Beschäftigungseffekte aufwiegen, bei Szenario 3 können steigende Markt- und Standortanteile die berechneten Beschäftigungsverluste dämpfen.

Mit der hier angewandten Methodik werden Entwicklungstätigkeiten zeitlich der Absatzperiode zugeordnet. Am Beispiel des Jahres 2015 bedeutet dies, dass der Beschäftigungsbedarf von den 2015 abgesetzten Systemen abgeleitet wird, inklusive F&E-Tätigkeiten, die aber ggf. in den Jahren zuvor bereits angefallen sein können. Dies kann dazu führen, dass die derzeitigen Effekte in der Realität etwas höher sind als berechnet und die Effekte in späteren Marktphasen etwas niedriger ausfallen werden als berechnet.

Zur Einordnung ist zu erwähnen, dass hier keine Aussage zur allgemeinen Entwicklung der Beschäftigung in der Automobilindustrie am Standort Deutschland vorgenommen wird. Andere Effekte können die hier berechneten dämpfen, aufwiegen oder verstärken. Im Besonderen gilt dies für die zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Es ist plausibel, dass aufgrund der hohen Entwicklungsaufwände sowie der Parallelplanung und -produktion der verschiedenen Antriebstechnologien die hier dargestellte Kurve sogar noch verstärkt wird, d. h., zunächst ein hoher, ggf. sogar steigender Beschäftigungsbedarf durch die Elektrifizierung anfällt, der dann ab einem Wendepunkt bei zunehmender Dominanz von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEVs) im Absatz fällt.

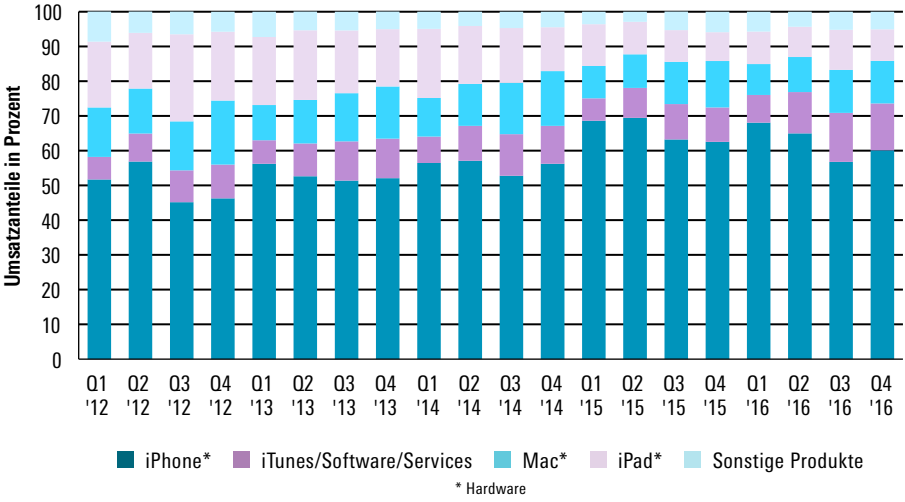
Zu den überraschenden Aussagen der Berechnungen dieser Studie zählt der auch künftig hohe Hardwareanteil an der Wertschöpfung im Bereich des vernetzten Fahrens. Dieses Ergebnis wird gestützt durch eine Analyse der Umsatzstruktur von Apple. Entgegen der häufig kolportierten Meinung, Apple verdiene sein Geld weitgehend mit Services, erzielt Apple seit Jahren stabil über 80 Prozent seines Umsatzes mit Hardware (Abbildung 20).

Die Betrachtung in dieser Studie fokussiert einen eingegrenzten Bereich der Automobilindustrie (Entwicklung, Herstellung und Betrieb). Die Digitalisierung und Automatisierung wird allerdings auch die weiteren Wertschöpfungssegmente der Automobilindustrie beeinflussen. So deuten sich bereits transformative Veränderungen im Vertrieb an, indem E-Commerce zunehmend an Bedeutung gewinnt. Auch das Aftersales-Geschäft ist bereits inmitten einer Digitalisierung, die durch eine steigende Bedeutung von (Over-the-Air-)Software-Updates und eine Neustrukturierung der Aftersales-/Wartungsprozesse (z. B. bei Tesla) gekennzeichnet ist.

Die Digitalisierung des Automobils ist Teil der umfassenden digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Es ist daher sinnvoll, die vorliegende Studie in den Kontext allgemeinerer Studien zur digitalen Transformation einzuordnen. Die allgemeinen volkswirtschaftlich-quantitativen Beschäftigungswirkungen der Digitalisierung sind insbesondere in drei hervorzuhebenden Studien untersucht worden:

Abbildung 20

Wirkanalysen – Einordnung der Ergebnisse: Apple Umsatzanteile (2012–2016)



Quelle: Statista (2018c), auf Basis von Apple-Unternehmensangaben.

– Frey/Osborne (2013) untersuchen die Auswirkung der Automatisierung auf die Beschäftigung in den USA, mit dem Ergebnis, dass 47 Prozent der Berufe in den USA in den kommenden 10 bis 20 Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von über 70 Prozent automatisiert werden können.
– Bonin/Gregory/Zierhan (2015) übertragen den Untersuchungsansatz von Frey und Osborne auf Deutschland. Demnach arbeiten derzeit 42 Prozent der Beschäftigten in Deutschland in Berufen, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit innerhalb der nächsten 10 bis 20 Jahre automatisiert werden. In der Übertragung der Studie nehmen sie die Analyse jedoch auch tätigkeitsspezifisch und nicht nur berufsspezifisch vor. Hierdurch sind spezifischere Aussagen möglich. Für Deutschland ergibt sich daraus, dass nur 12 Prozent der Beschäftigten durch Automatisierung betroffen sind. Die erhobene Automatisierungswahrscheinlichkeit bezieht sich dabei auf das technische Automatisierungspotenzial, d. h. die prinzipielle Automatisierbarkeit von Arbeitsplätzen. Bei der Interpretation der Studie ist daher darauf zu beachten, dass von der Automatisierungswahrscheinlichkeit nicht auf Gesamtbeschäftigungseffekte geschlossen werden kann, da

durch den Wandel auch neue Arbeitsplätze entstehen, a) indem (neue) schwer automatisierbare Arbeiten ausgeführt werden, b) durch die Herstellung der neuen Technologien und c) durch die induzierten Produktivitäts- und Gewinnzuwächse (Bonin/Gregory/Zierhan 2015, S. 23 f.). Neben den quantitativen Effekten wird allerdings auch hervorgehoben, dass sich das Aufgabenspektrum von Arbeitskräften verändern wird. Erstens wird sich menschliche Arbeit stärker auf komplexe, nicht automatisierbare Aufgaben konzentrieren, zweitens werden die Qualifikationsanforderungen weiter steigen (ebd., S. 24).

– Das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB; Wolter et al. 2016) analysierte die Folgen der Veränderungen für den Arbeitsmarkt bis 2025 mit verschiedenen Szenarien. Dabei wurden sowohl Effekte durch Industrie 4.0 als auch Effekte durch die Digitalisierung der Dienstleistungsbranchen betrachtet. Methodisch wurde dabei auf die Ergebnisse zweier Online-Betriebsbefragungen zurückgegriffen, die IAB/ZEW-Befragung zur Arbeitswelt 4.0 und die QuEst-Befragung (Quality in Establishment Surveys) des IAB. Selbst das Szenario einer vollständig digitalisierten Arbeitswelt weist gegenüber der Basisprojektion nur einen Netto-Beschäftigungsverlust von 30.000 Beschäftigten auf.
  Allerdings werden sich die Branchen-, Berufs- und Anforderungsstrukturen völlig verändern und gegenüber der Basisprojektion 1,5 Millionen Arbeitsplätze nicht mehr existieren, allerdings auch 1,5 Millionen andere Arbeitsplätze zusätzlich entstehen. Zusammengefasst unterscheidet sich das digitalisierte Szenario daher um rund 7 Prozent (= 3 Millionen von 43,4 Millionen Arbeitsplätzen) von der QuBe-Basisprojektion (Wolter et al. 2016, S. 62). Während insbesondere Berufe im verarbeitenden Gewerbe von einem Personalabbau betroffen sein werden, werden technisch-naturwissenschaftliche Berufe, designbezogene Berufe, Sozialberufe, lehrende Berufe sowie Sicherheits- und Wachberufe an Bedeutung zunehmen (ebd., S. 56).

6.6 Exkurs

Der Wandel in Richtung des automatisierten Fahrens betrifft die „Mobilitätswirtschaft“ im umfassenden Sinne und geht damit weit über die Wirkung auf die Entwicklung und Herstellung von Fahrzeugen hinaus. Betroffen sind bestehende Unternehmen wie u. a. Versicherungsunternehmen, Flottenmanagement-Organisationen, Mobilitätsdienstleister, Logistikunternehmen; darü-

ber hinaus entstehen vermutlich neue Akteure und Geschäftsfelder wie Mobility Service Broker oder Mobility Data Broker. Zudem wird die Automatisierung und Digitalisierung den Nutzfahrzeugsektor ebenso und zeitgleich erschließen, wie den in dieser Studie fokussierten Pkw-Sektor.

Daher wird nachfolgend in zwei Exkursen dargestellt wie sich die Automatisierung der Fahrfunktion auf die Kfz-Versicherungswirtschaft auswirkt und welche Entwicklungen und Effekte aufgrund der Automatisierung im Nutzfahrzeugsektor zu erwarten sind.

6.6.1 Auswirkungen der Digitalisierung und Automatisierung auf die Kfz-Versicherungswirtschaft

> "Anything that makes cars safer is very pro-social, and it's bad for the auto insurance industry. […] if there are no accidents, then no need for insurance. And I think there will be a big reduction in accidents over a longer period of time. […] that will happen some day, and when it happens there will be a lot less auto insurance written" (Warren Buffet, auf CNBC 2016).

Ein wesentliches Nutzenversprechen von Fahrerassistenz- und Automatisierungsfunktionen ist die Verringerung der Unfallzahlen und -auswirkungen. In verschiedenen Studien wurde daher der Effekt des automatisierten Fahrens auf die Versicherungswirtschaft untersucht.

Swiss Re/Here (2016) gehen bis 2020 von weltweit um ca. 20 Milliarden US-Dollar verringerten Umsätzen bei den Kfz-Versicherungsprämien aus – vorrangig aufgrund der ADAS-Marktdiffusion. PwC (2015) ermittelte einen zu erwartenden Umsatzrückgang für die Kfz-Versicherungswirtschaft in Höhe von 10 Prozent im Jahr 2025 unter der Annahme eines ADAS-Anteils von 95 Prozent bei den Neuzulassungen im Jahr 2025. Tabelle 5 stellt die erwartete Entwicklung des deutschen Volumens der Kfz-Versicherungsprämien für drei Szenarien dar (KPMG 2015). Der Rückgang beträgt von 2015 bis 2030 zwischen 15 und 45 Prozent.

- Szenario 1 basiert auf der Annahme einer Verlangsamung von technischem Fortschritt und Marktentwicklung im Bereich des automatisierten Fahrens.
- Szenario 2 basiert auf der Annahme einer Fortschreibung der heutigen Dynamik der Technik- und Marktentwicklung im Bereich des automatisierten Fahrens.
- Szenario 3 basiert auf der Annahme einer schnellen Technologie- und Marktentwicklung im Bereich des automatisierten Fahrens.

Tabelle 5

Wirkanalyse Kfz-Versicherungswirtschaft – Entwicklung der Kfz-Versicherungsprämien in Deutschland

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
2015	24,3 Mrd. Euro	24,3 Mrd. Euro	24,3 Mrd. Euro
2020	23,6 Mrd. Euro	21,8 Mrd. Euro	20,9 Mrd. Euro
2025	22,5 Mrd. Euro	19,9 Mrd. Euro	17,7 Mrd. Euro
2030	20,6 Mrd. Euro	15,6 Mrd. Euro	13,3 Mrd. Euro

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von KPMG (2015, S. 46).

Die KPMG-Studie geht zwar von zu optimistischen Unfallvermeidungseffekten des automatisierten Fahrens aus und berücksichtigt auch nicht den Effekt steigender Schadenshöhen aufgrund der Anbringung der Sensorik in schadensanfälligen Positionen am Fahrzeug, die Grundaussage sowie der in den Berechnungen zum Ausdruck kommende Trend, sind jedoch glaubwürdig.

Die Kfz-Versicherungswirtschaft arbeitet daher derzeit aktiv an der Erschließung neuer Geschäftsfelder und der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Abbildung 21 stellt vier exemplarische Geschäftsbereiche dar, mit denen die Verringerung des Geschäftsvolumens aufgrund automatisierter Fahrzeuge kompensiert werden könnte.

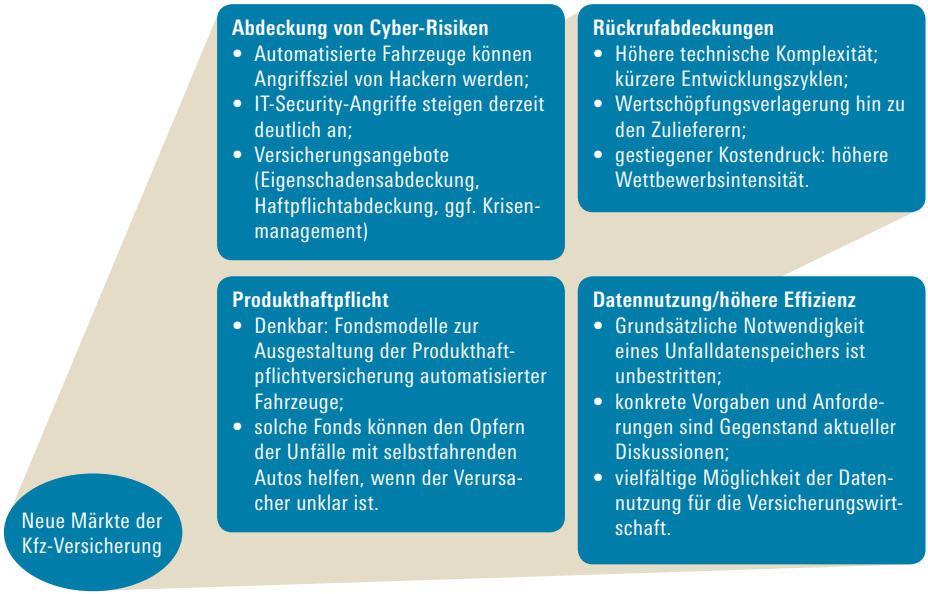
Auch wenn die genannten Felder Potenziale haben, so ist es sehr fraglich, ob hierdurch eine Kompensation des wegbrechenden traditionellen Kfz-Versicherungsgeschäfts möglich sein wird. Zusätzlich zu dem bereits seit Jahren einsetzenden Effekt der Digitalisierung und Automatisierung im Versicherungswesen und den damit einhergehenden Beschäftigungsrückgängen, ist daher eine weitere Verschärfung des Beschäftigungsrückgangs im Kfz-Versicherungsgewerbes zu erwarten.

6.6.2 Auswirkungen der Digitalisierung und Automatisierung auf die Nutzfahrzeugindustrie

Bevor mögliche qualitative und quantitative Auswirkungen der Digitalisierung und Automatisierung auf die Nutzfahrzeugindustrie aufgezeigt werden,

Abbildung 21

Neue Märkte für Kfz-Versicherungen – Vier beispielhafte Felder



Quelle: Eigene Darstellung.

erfolgt basierend auf verschiedenen Marktstudien zunächst kurz die Beurteilung der Marktreife automatisierter Nutzfahrzeuge.

Die Marktstudien führender Beratungsgesellschaften zeigen, dass verschiedene automatisierte Systeme der ersten zwei Stufen bereits Stand der Technik bei Nutzfahrzeugen sind (Roland Berger 2016b, S. 8; McKinsey 2016c, S. 64; ATA 2015, S. 16). Auch konditionale Automatisierung (Level 3) wie Platooning soll ab 2020 Marktreife haben und ab 2025 umgesetzt werden. Jedoch soll die Marktdurchdringung laut Frost & Sullivan (2015) eher schleppend verlaufen, sodass bis 2030 halb-autonome Nutzfahrzeuge (Level 3 gemäß der US-amerikanischen National Highway Traffic Safety Administration; NHTSA) nur ca. 5 Prozent der Nutzfahrzeug-Flotte ausmachen. Tier-1-Zulieferer (System- und Modul-Lieferanten) werden während dieser Ent-

wicklung in den Markt für autonome Fahrttechnologien vordringen und zusammen mit IT-Firmen Lösungen entwickeln (ebd., S. 104). Der langsamen Markteinführung von teilautonomen Nutzfahrzeugen entsprechend werden auch vollautonome Nutzfahrzeuge (Level 4 nach NHTSA) nicht vor 2035 Marktreife erlangen (Frost & Sullivan 2015, S. 4, 9).

Nachfolgend werden nun wahrscheinliche Effekte auf die Nutzfahrzeugindustrie aufgezeigt. Dabei wird zwischen Effekten für Betreiber von Nutzfahrzeugen und Effekten für Beschäftigte unterschieden. Aus Sicht der Betreiber werden folgende Effekte durch die Automatisierung erwartet:

- **Sicherheit und Versicherung:** Da menschliches Versagen über 90 Prozent der Unfälle auslöst (Roland Berger 2016b, S. 4), sollen automatisierte Systeme den Straßenverkehr sicherer machen. Durch Adaptive Cruise Control (ACC) ist es bspw. möglich, Auffahrunfälle, an denen Lkw beteiligt sind, um über 70 Prozent zu reduzieren. Ein derart verringertes Risiko könnte sich auch auf die Versicherungsmodelle für Lkw auswirken. Neben sinkenden Kosten für die Betreiber der Nutzfahrzeuge ist auch eine Verschiebung der Haftung hin zu Herstellern der Systeme möglich.
- **Kostenersparnisse:** Neben den bereits angesprochenen potenziell sinkenden Kosten für Versicherung, sind v. a. Ersparnisse in den Bereichen Personal und Kraftstoff zu erwarten. Bis 2025 könnte man aufgrund der automatisierten Lkw die Betriebskosten um 15 Prozent senken, bis 2030 sogar um bis zu 30 Prozent. Das größte Einsparpotential liegt bei den Personalkosten für Lastkraftwagenfahrer (Strategy&/PwC 2016, S. 13). Weiterhin kommt es durch Platooning zu einer Kraftstoffersparnis von ca. 7 Prozent und es kann die Autobahnkapazität um bis zu 50 Prozent erhöht werden (Strategy&/PwC 2016, S. 17). Auf der anderen Seite steigen mit der Automatisierung die Anschaffungskosten für Nutzfahrzeuge. Laut Roland Berger (2016b, S. 11) macht dabei v. a. die mit den Automatisierungsfunktionen notwendige Software einen Großteil (85 Prozent) der steigenden Kosten aus. Beim Platooning werden die Implementierungskosten voraussichtlich 5.000 bis 10.000 US-Dollar pro Fahrzeug, bei voll autonomen Nutzfahrzeugen (Level 4 nach NHTSA) über 30.000 US-Dollar betragen (Frost & Sullivan 2015, S. 4, 9).
- **Personalbedarf:** Die Beschäftigungseffekte durch Automatisierung und Digitalisierung werden sich stufenweise vollziehen. In den nächsten zehn Jahren erreichen rund 30 Prozent des Fahrerpersonals die Altersgrenze. Dies wird zu einem Personaldefizit von 150.000 Lkw-Fahrern führen (Dekra 2012). Diesem bevorstehenden Defizit kann die Automatisierung der Nutzfahrzeuge entgegenwirken. Automatisierte Systeme können zum ei-

nen den Beruf des Lkw-Fahrers für die jüngere Generation attraktiver machen und zum anderen helfen, die ältere Generation im Beruf zu halten. Ein negativer Beschäftigungseffekt ist auf der anderen Seite mit der Einführung autonomer Systeme (SAE Level 4/5) möglich. Unter bestimmten Bedingungen werden in zehn Jahren laut PwC keine Lkw-Fahrer mehr für Fernlastfahrten benötigt (Strategy&/PwC 2016, S. 10). Jedoch wird man vorerst noch Fahrer v. a. für Auslieferungen im Nahverkehr benötigen (ebd.).
- **Instandhaltung:** Neben den Fahrzeugen selbst, müssen in Zukunft auch die automatisierten Systeme gewartet und auf den neuesten Stand gebracht werden. Auch hieraus entstehen Kosten- und/oder Personaleffekte.

Aus Sicht der Beschäftigten/Fahrer werden folgende Effekte durch die Automatisierung erwartet:
- **Arbeitsbelastung:** Automatisierte Systeme bieten die Möglichkeit, den Fahrer physisch und kognitiv zu entlasten und lassen ihm in der Zukunft eine eher überwachende, passive Rolle zukommen. In dieser Rolle wird auf der anderen Seite die Arbeitsbelastung bei komplexen Situationen, in denen automatisierende Systeme versagen, weil sie technisch nicht so weit entwickelt oder falsch implementiert sind, negativ beeinflusst.
- **Fahrverhalten:** Eine grundlegende Änderung des Fahrverhaltens durch die Einführung automatisierter Systeme ist nicht auszuschließen. Diese Veränderungen können sich auf die Geschwindigkeit, Auffahrdistanz, Anzahl der Spurwechsel usw. beziehen. Insbesondere das Aufmerksamkeitslevel des Fahrers, das benötigte Training und die Fahrfähigkeiten wird dabei mit dem Level der Automatisierung variieren (ATA 2015).

6.7 Qualitative Effekte auf die Beschäftigung

Neben den quantitativen Beschäftigungseffekten in Form einer Veränderung der Anzahl der Beschäftigten, verändert sich auch die Art der Tätigkeiten. Im Folgenden sollen daher diese qualitativen Beschäftigungseffekte der Digitalisierung in der Automobilindustrie dargestellt werden. Dabei interagieren die Veränderungen ausgehend von der produktbezogenen Digitalisierung und Automatisierung mit einer grundsätzlichen Digitalisierung der Prozesse und Organisationsstrukturen. Es zeigen sich insbesondere die folgenden Trends:
- **Beschleunigung der Produktentwicklung:** Die langen Entwicklungszyklen- und Entwicklungszeiten der Automobilindustrie von historisch

etwa sieben Jahren verkürzen sich (Roland Berger 2016a, S. 9; Boston Consulting Group 2014, S. 4, 15). Da die hier betrachteten Technologie- und Produktbereiche in hohem Maße auf Software basieren und zudem zunehmend Akteure aus der IT-Industrie in den Markt Einzug halten, ist von einer weiteren stetigen Verkürzung in der absehbaren Zukunft auszugehen.

- **Zunehmende Nutzung mobiler IKT:** Die modernen informations- und kommunikationstechnologischen Möglichkeiten, bspw. durch dienstliche Smartphones, VPN-Zugänge etc., ermöglichen Arbeitnehmern eine größere räumliche und zeitliche Flexibilität und damit Souveränität (Boes et al. 2016a, S. 26 f.). Die Kehrseite davon sind allerdings das Aufweichen von Zeitinstitutionen wie Feierabend oder Wochenende und damit eine Entgrenzung der Tätigkeit (Apt et al. 2016, S. 25).
- **Steigende Flexibilitäts- und Agilitätsanforderungen:** Unter Agilität wird eine grundsätzliche Veränderungsbereitschaft, Flexibilität, Kundenorientierung und eng getaktete Kundenkommunikation sowie das „Empowerment" von mündigen und eigenverantwortlichen Mitarbeitern und Führungskräften verstanden (Boes et al. 2014) Agilität kommt ursprünglich aus der Software-Entwicklung, wird allerdings mittlerweile auch auf Projektmanagement und die gesamte Unternehmenskultur bezogen. Eng verbunden mit dem Begriff der Agilität sind Methoden wie „Scrum" (Boes et al. 2016b). Scrum ist ein Vorgehensmodell, das durch schnelle Iterationen, Änderungsaffinität und oftmals Interdisziplinarität gekennzeichnet ist und von einer zunehmenden Anzahl von Unternehmen genutzt wird, auch jenseits der Softwareentwicklung (ebd.). Die mit diesem Trend verbundene permanente Instabilität von Unternehmen und ihrem Umfeld geht mit sich schnell ändernden Prioritäten und Tätigkeiten einher. Für Mitarbeiter könnte dies als ein „System permanenter Bewährung" wahrgenommen werden (Boes et al. 2016a, S. 11).
- **Veränderung der Organisationsstrukturen:** Um die benötigte Agilität zu ermöglichen, werden zunehmend hierarchische Strukturen und Ordnungen in Organisationen und Betrieben abgebaut (Kämpf et al. 2016). Ein Beispiel hierfür ist das Projekt „Leadership 2020" der Daimler AG, in dem unter Beteiligung von über 200 Führungskräften, Mitarbeitern und Betriebsräten Organisationsstrukturen und -prozesse der Zukunft entwickelt werden. Dabei sollen die Entscheidungswege verkürzt und persönliche Entwicklungsmöglichkeiten ausgedehnt und verbessert werden. Hierdurch können einerseits neue Gestaltungsspielräume und neue Formen der Kooperation entstehen, andererseits können Organisationen mit fla-

chen Hierarchien und einem hohen Anteil an Selbststeuerung auch zu intransparenten Leistungsbeziehungen und -bewertungen führen.

- **Veränderung von Leitbildern und Unternehmenskulturen:** Insbesondere IT-Unternehmen aus dem Silicon Valley werden zu Vorbildern und Maßstäben hinsichtlich der Organisationsstrukturen und -prozesse für die deutsche Industrie (Kämpf et al. 2016). Dies spiegelt sich nach Aussage des Porsche-Digital-Chefs Thilo Koslowski u. a. in einem zunehmenden „Silicon-Valley-Tourismus" deutscher Industrieunternehmen wider (Schaal 2017). Den IT- und Start-up-Vorbildern folgend werden Organisationen zunehmend als Informationsraum und offene Plattformen für Zusammenarbeit und Know-how-Austausch verstanden (Kämpf et al., 2016; Boes et al. 2014, S. 8).
- **Etablierung neuer Produktionsmodelle und Kommunikationsumgebungen:** Neben der Flexibilisierung, Digitalisierung und Automatisierung der Produktion („Industrie 4.0") verändern sich auch die Kooperationsstrukturen nach außen (Cloudworking und Crowdsourcing) und die unternehmensinternen Kollaborationsstrukturen (Kämpf et al. 2016).
- **Veränderung der Ausbildungs-, Qualifizierungs- und Kompetenzanforderungen:** Die beschriebenen Wirkfelder werden die in den nächsten zehn Jahren prognostizierte Vervielfachung des Beschäftigungsbedarfs in den Bereichen Elektronik und Informatik in der Automobilindustrie zusätzlich verschärfen (Proff 2013, S. 12). Insbesondere die Hochschullandschaft bildet die Verschiebung der Kompetenzbedarfe noch nicht ab. Die beschriebenen Wirkfelder sind hingegen bislang nur in Ausnahmefällen mit dezidierten Lehrstühlen und Professuren versehen und werden in der Regel als eines von zahlreichen Forschungsfeldern bspw. von Mechatronik-Lehrstühlen bearbeitet. Neben die darin zum Ausdruck kommende „Trägheit" von Stellenbeschreibungen von Professuren tritt das Problem der zu geringen Absolventenzahlen. Zwar gibt es mittlerweile über 102.000 Studierende im Fach Informatik in Deutschland. Allein zwischen 2013 und 2016 hat sich die Zahl um ca. 20.000 erhöht und ist damit überproportional zum Trend steigender Studierenden-Zahlen gestiegen (Statistisches Bundesamt 2013; 2016). Laut Bitkom gibt es dennoch über 51.000 offene Stellen für Informatiker in Deutschland (Bitkom 2016). Damit die Kompetenzen mit den Anforderungen Schritt halten, wird neben der Erstausbildung somit insbesondere die Weiterbildung deutlich an Bedeutung zunehmen (Weber 2017). Aus der hohen Umschulungsdynamik ergibt sich aus der Perspektive der Beschäftigten die Gefahr der Überforderung. Die Tatsache, dass die vorhandenen Kompetenzen nicht mehr im

bisherigen Maße benötigt werden, kann zu Frustration führen und Widerstände bei den Beschäftigten hervorrufen. Auch aus der Perspektive der Arbeitgeber bestehen Risiken. Die Automobilhersteller und Automobilzulieferunternehmen am Standort Deutschland gelten nach wie vor als sehr attraktive Arbeitgeber. Entsprechend besteht bislang kein grundsätzliches Problem, (hoch-)qualifiziertes Personal zu finden. Aussagen aus den Unternehmen deuten darauf hin, dass sich dies mit der zunehmenden Bedeutung von Spezialisten in IT-Teilbereichen wie Künstliche Intelligenz und Datenanalysemethoden ändert. Der Wettbewerb um diese Spezialisten ist global und industrieübergreifend (vgl. McKinsey 2015b, S. 34 f.). Der Personal- und Fachkräftemangel in bestimmten Kompetenzfeldern wird die Knappheit und damit die Gehälter in diesen Bereich (weiter) nach oben treiben. Die Automobilindustrie konkurriert diesbezüglich mit IT- und Technologieunternehmen. Es ist fraglich, ob der Standort Deutschland für die spezifische, globale Zielgruppe einen attraktiven Wohn- und Arbeitsstandort im Wettbewerb mit bspw. dem Silicon Valley darstellt. Dies stellt ein Risiko aus der Standortperspektive dar.

– **Zunahme der Relevanz von Geschäftsmodellen und Services:** Die Orientierung an (physischen) Produkten wird zunehmend ergänzt durch die Orientierung an Geschäftsmodellen und Service-Angeboten (Tratz-Ryan/Ridder/Scheibenreif 2016, S. 4).

Aus den genannten Trends ergeben sich verschiedene Chancen und Risiken für die Unternehmen und ihre Beschäftigten. Die beschriebenen Entwicklungen sollten daher nicht „dämonisiert" werden. Aus Beschäftigtenperspektive ist ein Positivszenario denkbar, in dem die Arbeit durch „Empowerment" und höhere „Autonomie" humanisiert wird, die Kommunikation im Unternehmen vereinfacht und verbessert wird und zusätzliche Freiheiten und Gestaltungsspielräume für Beschäftigte entstehen. Es ist aber auch ein Negativszenario mit erhöhter Arbeitsbelastung, (Dauer-)Stress, zunehmender Kontrolle und stetiger „Bewährung" denkbar (Boes et al. 2016b, S. 7, 11; Apt et al. 2016, S. 24). Es gibt Beispiele, die zeigen, dass die technologischen Möglichkeiten teilweise auch bewusst begrenzt werden müssen, um sie im Sinne der Beschäftigten zu nutzen. Besonders gut illustriert dies das „Recht auf Unerreichbarkeit", das der Eindämmung negativer Folgen der Kommunikations- und Agilitätsanforderungen dient und bereits von einigen Unternehmen implementiert wurde (Wilke 2015).

7 FAZIT UND GESTALTUNGSOPTIONEN

Aus den beschriebenen Entwicklungen und Herausforderungen ergeben sich zahlreiche Implikationen und Handlungsanforderungen für (Industrie-)Politik, Gewerkschaften, Arbeitnehmervertretungen und Unternehmen.

7.1 Handlungsempfehlungen

Übergreifendes

- **Blockadehaltung seitens der Automobilindustrie verhindern:** Eine Blockadehaltung der Automobilindustrie (Unternehmen, Politik, Gewerkschaften) gegenüber der Digitalisierung ist nicht erfolgsversprechend und wäre damit auch nicht im Sinne der langfristigen Beschäftigungssicherung.
- **Klar definierte Begriffe verwenden:** Eine weiterhin undifferenzierte Verwendung der Begrifflichkeiten (beispielsweise der Automatisierungsgrade) ist zu vermeiden, insbesondere da hierdurch gegebenenfalls Hoffnungen/Ängste ausgelöst werden, die eine Versachlichung der Diskussion erschweren.
- **Veränderung „in den Köpfen" der Kapitalgeber forcieren:** Die Kapitalmärkte dürfen Langfriststrategien etablierter Unternehmen in Bezug auf die Digitalisierung nicht „abstrafen". Dies ist eine Anforderung an die Kapitalgeber und die Unternehmensstrategien und -kommunikation. Derzeit bestehen offensichtlich andere Bewertungsmaßstäbe für sogenannte digitale Start-up-Unternehmen im Automobilsektor als für etablierte Unternehmen.
- **Digitale Transformation der Automobilindustrie mit bestehenden Programmen zur Digitalisierung verknüpfen:** In Deutschland gibt es bereits zahlreiche Plattformen zur Diskussion der Veränderungsprozesse im Kontext der Digitalisierung, z. B. die Digitale Agenda, der Nationale IT-Gipfel oder die Hightech-Strategie (Roland Berger 2015, S. 37). Es ist zu prüfen, inwieweit ein konzertierter Dialog hinsichtlich der Transformation der Automobilindustrie hieran anschließen kann. Alternativ ist der Aufbau einer eigenen Plattform sinnvoll. In Baden-Württemberg wurde hierfür mit der Gründung eines Transformationsbeirats bereits ein erster Schritt getan.

Arbeitnehmervertreter/IG Metall (IGM)

- **Aktive Rolle einnehmen:** Die IGM muss eine aktive Rolle einnehmen und sowohl Unternehmen als auch Politik und Verwaltung zu schnellem Handeln und Aktivität auffordern. So ist bspw. hinsichtlich des automatisierten Fahrens neben der Schaffung der (straßenverkehrs-, zivil- und datenschutz-) rechtlichen Voraussetzungen für alle Automatisierungsgrade auch eine Formulierung des politischen Ziels von Null Verkehrstoten anzustreben.
- **Strategische Positionierung von Betriebsräten und IGM abstimmen:** Diskussion und Klärung von Dilemmata in Bezug auf die Positionierung der Betriebsräte, z. B. beim Datenschutz bei Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, „Kameras bei Testfahrten" oder „Leistungskontrolle per EDV". Eine rein risikoorientierte Betrachtung und zu starker Arbeitnehmerschutz können diesbezüglich im Widerspruch zur Wettbewerbsfähigkeit von Standorten stehen.
- **Arbeitnehmervertreter-Austausch institutionalisieren:** Die hohe Dynamik im Automobilsektor durch Veränderungen der Mobilitätsorientierungen sowie neue Technologien (Elektrifizierung, Automatisierung und Vernetzung) muss von den Arbeitnehmervertretern und Gewerkschaften „absorbiert" und in strategische Antworten übersetzt werden. Hierbei gibt es sowohl den Bedarf, von Best Practices anderer zu lernen, als auch gemeinsam Perspektiven für den Standort Deutschland zu entwickeln. Hierzu bietet sich ein institutionalisierter Arbeitskreis „Digitale Transformation" bei der IGM an.
- **Betriebsräte qualifizieren:** Betriebsräte und IGM müssen mit der dynamischen Entwicklung Schritt halten. Umorganisationen und strategische Anpassungen werden künftig in deutlich kürzeren Zyklen vollzogen. Agilität und Dynamik sind jedoch in Einklang zu bringen mit dem Schutz der Arbeitnehmer. Dieser „Spagat" zwischen Schutzfunktion und Förderung der Wettbewerbsfähigkeit ist eine fachliche, kulturelle und einstellungsbezogene Herausforderung.
- **Internationalen gewerkschaftlichen Austausch initiieren:** Austausch auf europäischer/transnationaler Ebene zu arbeitnehmerrelevanten Aspekten im Kontext „Digitalisierung des Fahrzeugs".
- **Detailanalysen zu den qualitativen Beschäftigungsauswirkungen durchführen:** Mit der Digitalisierung des Produkts Automobil werden sich auch die Inhalte der Leistungserstellung und mit ihnen die Arbeitsbedingungen verändern. Dies reicht über die Entwicklung und Produktion hinaus. So wird sich u. a. der Beruf des Kraftfahrers und des Fahrlehrers

völlig verändern. Zudem wird ggf. auch Beschäftigung unter schwierigen Arbeitsbedingungen entstehen. Beispiele hierfür sind Dienstleistungen im Bereich MaaS (z. B. Reinigungsdienstleistungen). Diese qualitativen Veränderungen und die sich daraus ergebenden Aspekte (z. B. Anpassung der Ausbildungsordnungen) sollten in den nächsten Jahren detailliert und rechtzeitig untersucht werden.

- **Ausgründungen von Geschäftseinheiten kritisch prüfen und ggf. intervenieren:** Im Zuge der Digitalisierung gründen derzeit viele große Unternehmen GmbHs bzw. Geschäftseinheiten außerhalb der Tarifbindung. Damit gehen für die Mitarbeiter Nachteile einher, Gewerkschaften und Arbeitnehmervertreter verlieren an Einfluss und es droht eine „Zweiklassengesellschaft". Ausgründungen können ein sinnvolles Mittel bei neuen Technologien und disruptiven Geschäftsansätzen sein. Ein missbräuchlicher Vorwand dieser Argumentation zur Zurückdrängung des Einflusses von Betriebsräten und Gewerkschaften ist jedoch zu verhindern.

Anforderungen an Unternehmen

- **Digitalisierungsstrategien entwickeln:** Die Bedeutung der Digitalisierung rechtfertigt die Notwendigkeit einer dezidierten „Digitalisierungsstrategie", die mit einer entsprechenden „Kommunikationsstrategie" einhergehen sollte (Roland Berger 2015, S. 33). Die Entwicklung der Digitalisierungsstrategie sollte als Aufgabe der Unternehmensführung definiert sein und eine zentrale Rolle in den Unternehmensstrategien einnehmen (Roland Berger 2015, S. 33). Die Empfehlung richtig sich im Besonderen an KMUs, welche die Veränderungen erst verzögert wahrnehmen und Gefahr laufen, den Strukturwandel nicht in der erforderlichen Zeit bewältigen zu können.
- **Fokus auf digitale Geschäftsmodelle legen:** Insbesondere die großen OEMs und Tier-1-Zulieferer haben die Möglichkeit, datengetriebene Ökosysteme, Daten-Marktplätze, prädiktive Analyse-Angebote und Crowdsourcing-getriebene Lösungen zu entwickeln. Ein Vorteil der OEMs ist der Zugriff auf die Fahrzeugdaten, welche wirtschaftliche verwertet werden können.
- **Agiles Change Management institutionalisieren:** Die Produktentwicklungsprozesse der Automobilindustrie werden sich in den nächsten Jahren erheblich verkürzen und müssen in Einklang gebracht werden mit den Zyklen der Consumer Electronics- und IT-Industrie. Ein anschauliches Beispiel für diese Notwendigkeit sind heute veraltete, aber nur wenige Jahre alte CD-ROM-basierte In-Car-Navigationssysteme (Boston Con-

sulting Group 2014, S. 12). Mit der zeitlichen Verkürzung werden sich auch Prozesse, Abläufe, (Test-)Methoden und (Freigabe-)Verfahren in der Entwicklung verändern. Dies stellt neue Anforderungen an Unternehmensarchitektur und -kultur und an die Mitarbeiter. Die Unternehmenskultur und die Unternehmensorganisation müssen im Rahmen eines kontinuierlichen Change Management-Prozesses so weiterentwickelt werden, dass sie den künftigen Anforderungen (Agilität, kurze Innovationszyklen, schnelle Anpassungen der Geschäftsmodelle) gerecht werden. Es ist bspw. fraglich, ob die Aufstellung der OEMs in die traditionellen Säulen der Wertkette (Entwicklung, Produktion, Vertrieb …) zukunftsfähig ist. Ein Musterbeispiel für unternehmerisches Change Management ist Amazon, das sich innerhalb weniger Jahre vom Online-Buchhändler zum Internetkaufhaus, zum Anbieter komplexer Logistikdienstleistungen, zum Cloud Services Provider und zur Videoplattform weiterentwickelt hat (Roland Berger 2015, S. 19 ff.).

- **Entwicklung von Dienstleistungen bzw. hybriden Produkte stärken:** Hybride Produkte werden im Rahmen der Fahrzeugdigitalisierung weiter an Bedeutung gewinnen. Unternehmen in der Automobilindustrie sind zunehmend der Herausforderung ausgesetzt, physische Sachleistungen und Dienstleistungen zu vereinen. Hierdurch steigt zunehmend die Komplexität der betrieblichen Wertschöpfung, da neben dem eigentlichen Produktionsprozess der Sachleistung noch der Dienstleistungserstellungsprozess berücksichtigt werden muss (vgl. Wassmus 2013, S. 24 ff.).

Industriepolitische Standort- und Wettbewerbsstrategien

- **Standortsicherung priorisieren:** Eine großflächige Abwanderung von F&E-Kapazitäten ins Ausland ist zu verhindern. Mit einem steigenden Entwicklungsanteil an zukünftigen Produkten gewinnen die Standortentscheidungen im Entwicklungsbereich weiter an Relevanz. In Kontext der Digitalisierung wurden von der deutschen Automobilindustrie zahlreiche Entwicklungseinheiten im Ausland, insbesondere in den USA und speziell im Silicon Valley gebildet, derzeit noch mit geringer Personenkapazität, aber ein Ausbau der Aktivitäten ist in Vorbereitung.
- **„Automobilstandort-Deutschland"-Strukturen etablieren:** Zwischen den deutschen OEMs darf es im Kontext der Digitalisierung kein „Silo-Denken" geben. Aufgrund der hohen Marktmacht und Finanzstärke der (potenziellen) Wettbewerber ist die deutsche Automobilindustrie zu einer „Coopetition" gezwungen. In einigen Feldern wie bei digitalen Karten zeigt sich bereits, dass zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit Allianzen

gebildet werden. Auch im Bereich der Fertigung von Batteriezellen wird ein kooperatives Vorgehen diskutiert. Bei der Digitalisierung stellt die Förderung digitaler Initiativen sowie anbieter- und branchenübergreifenden Allianzen eine wichtige Initiative dar, die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als datenbasierter Dienstleistungsstandort im Zeitalter der Digitalisierung zu stärken. Der Konzeption und Einführung von gemeinsamen Daten-Plattformen kommt hierbei eine wichtige Rolle zu, um gegenüber der nordamerikanischen Dominanz im Wettbewerb um einen einheitlichen Zugang zu Online-Diensten und Kunden zu bestehen.

- **Monopoltendenzen digitaler Akteure verhindern:** Digitale Märkte weisen in vielen Fällen die Tendenz zur Monopolbildung auf. Zahlreiche Beispiele wie Google (Software), Amazon (Webhosting), AirBnb (Hotel bzw. Real-Estate) und Netflix (Streaming) belegen, welche Dominanz einzelne Marktakteure auf Basis digitaler Plattformen innerhalb von nur wenigen Jahren aufbauen und konservieren können.
- **Europäische Industriepolitik forcieren:** Aufgrund der Wettbewerbsstärke und industriepolitischen Aktivität insbesondere der US-amerikanischen Wettbewerber ist nicht nur eine deutsche, sondern auch eine europäische Industriepolitik gefordert. Viele der Privatwirtschaft zugeschriebenen Innovationen und technologischen Entwicklungen, die in den letzten Jahrzehnten in den USA und insbesondere im Silicon Valley vorangetrieben wurden, wurden in hohem Maße von öffentlichen – insbesondere militärischen – Institutionen gefördert. In Mazzucato (2015, S. 93 ff., S. 115) wird u. a. ausgeführt, in welchem Ausmaß staatliche Einrichtungen (u. a. DARPA, CERN, Navy) bei der Entwicklung der Technologien der wesentlichen Produktinnovationen von Apple beteiligt waren. Ein denkbarer Ansatz ist die Erforschung und Entwicklung einer European Cloud mit hohen Sicherheitsstandards (Roland Berger 2015, S. 40 f.). In Bezug auf automatisiertes Fahren wurde mit der sogenannten „High Level Group GEAR 2030" bereits eine europäisch industriepolitische Initiative gestartet.
- **Antizipative Reaktionsstrategien gegen disruptive Ökosystem-Innovationen einsetzen:** Das Beispiel Uber zeigt, wie schnell „disruptive" Innovationen im Automobilmarkt Einfluss nehmen und relevante Marktanteile erreichen können. Die Relevanz derartiger Entwicklungen überschreitet Unternehmensgrenzen und betrifft den gesamten Automobilmarkt. Im Rahmen eines industriepolitischen Foresight-Prozesses sind daher „Disruptions-Szenarien" unter Risikogesichtspunkten permanent zu evaluieren und insbesondere Gefahren der Verschiebung der Akteurs-

zuordnung der Kundenschnittstellen zu analysieren. Im Besonderen sind Abhängigkeiten gegenüber digitalen Service-Anbietern und Mobilitätsanbietern zu vermeiden.

- **Selbstständigkeit gewährleisten:** Auch eigentümerstrukturell ist aus gewerkschaftlicher und industriepolitischer Perspektive in besonderem Maße auf „Selbstständigkeit" zu achten. Bereits getätigte Akquisen deutscher Zulieferer aus dem Ausland verdeutlichen die Konfliktpotenziale.
- **Benötigte Investitionen sicherstellen und planen:** Roland Berger beziffert den Investitionsbedarf für die Digitalisierung der deutschen Industrie auf 3,5 Milliarden Euro p. a., dem Siebenfachen des aktuellen Investitionsvolumens. Die Industrie kann diese Investitionen nicht vollumfänglich mit eigenen Ressourcen leisten, daher ist ein Diskurs zur „Verteilung der Investitionslasten" zu führen (Roland Berger 2015, S. 40). Diese allgemeine Aussage gilt in ihrer Konkretisierung auch für die Automobilindustrie.
- **Benötigte Infrastrukturen bereitstellen:** Mit höheren Automatisierungsgraden werden Mobilfunknetze zunehmend zu einem kritischen Faktor für automatisiertes und vernetztes Fahren. Deutschland muss unter dem Gesichtspunkt der Bedeutung dieser Zukunftsthemen den Ausbau der technischen Infrastruktur, wie bspw. dem Breitbandzugang im ländlichen Raum, beschleunigen. Nur wenn Unternehmen am Standort Deutschland befähigt werden, auf Basis einer flächendeckenden und leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur, Daten schnell und effizient austauschen zu können, sind datenbasierte Anwendung und Services in Zukunft darstellbar.
- **Gemeinsame Standards schaffen:** Standards und Schnittstellen stellen die Basis für eine Vernetzung von Fahrzeugen sowie Infrastrukturen und daraus resultierenden Geschäftsmodellen dar. Hier muss eine enge Zusammenarbeit zwischen Normungsorganisationen, staatlichen Einrichtungen sowie Unternehmen aus der Privatwirtschaft erfolgen, um auf aktuelle und zu erwartende Marktsituationen reagieren zu können.

Bildungs- und Forschungspolitik

- **Neue Lehrstühle und Forschungsinstitute einrichten:** Sowohl abstrakt zum Themenfeld Internet und Digitalisierung als auch konkret in Bezug auf die Automobilindustrie gibt es derzeit keine hinreichende Spezialisierung der Forschungseinrichtungen und Lehrstühle. Neben fahrzeugbezogenen Themen ist daher insbesondere ein stärkerer Einbezug informationstechnologischer Disziplinen (z. B. Mobilitätsdatenanalyse für die Verkehrsplanung, Automotive E-Business, künstliche Intelligenz für automobile Anwendungen) erforderlich.

- **Qualifikationsanalysen durchführen:** Die bislang eher kursorischen Analysen in Studien zur Veränderung der Qualifikationsbedarfe müssen deutlich detaillierter werden und dabei die Komplexität und Unsicherheit mit verschiedenen Szenarien abbilden. Die Beschäftigungsbedarfe müssen qualifikationsspezifisch abgeschätzt und mit den aktuellen Qualifikationsprofilen und Absolventenzahlen abgeglichen werden.
- **Langfriststrategie entwickeln:** In Bezug auf die (Weiter-)Qualifizierung und Fortbildung der Belegschaft steht die Automobilindustrie vor einer „Jahrhundertaufgabe" im Bereich der Aus- und Fortbildung. Diesbezüglich ist insbesondere die Entwicklung einer Langfriststrategie für die betriebliche Weiterqualifizierung und Umschulung erforderlich.
- **Autonomen Stadtverkehr beforschen:** Erforschung des Potenzials und der verkehrlichen Wirkungen autonomer Mobilitätssysteme, insbesondere in Städten (möglicherweise in Sonderzonen). Während in den USA bereits zahlreiche urbane Tests stattfinden, hat Deutschland noch Nachholbedarf.
- **Forschungskooperationen eingehen:** Institutionelle Kooperationen zwischen der deutschen Automobilindustrie und Forschungseinrichtungen und Universitäten im Inland mit Bezug auf automatisiertes und vernetztes Fahren sollten gefördert werden. Zwar gibt es bereits zahlreiche Kooperationen, jedoch ist die Aktivität beim Thema Digitalisierung insbesondere in Nordamerika höher, wo Unternehmen der Automobilindustrie große Kooperationen mit dediziertem Fokus auf automatisiertes Fahren und Künstliche Intelligenz unterhalten (z. B. Toyota/University of Michigan). Die „Cyber Valley"-Initiative im Großraum Stuttgart deutet hierbei in die richtige Richtung. Im Kontext der Digitalisierung könnte insbesondere die Vermittlung von IT-Kompetenzen eine Kernaufgabe von künftigen Partnerschaften zwischen Unternehmen der Privatwirtschaft und Bildungsinstituten darstellen.
- **Neue Ausbildungsberufe und Studiengänge entwickeln:** In der betrieblichen und akademischen Ausbildung gab es in den letzten Jahren in Reaktion auf die Technologietrends in der Automobilindustrie bereits einige Innovationen wie bspw. der Studiengang „IT Automotive" der Dualen Hochschule Baden-Württemberg. Der Anpassungsdruck auf Ausbildungsberufe und Inhalte sowie die diesbezügliche Dynamik werden in den nächsten Jahren zunehmen (Bitkom 2015), sodass ein Monitoringprozess mit kontinuierlichem Soll-Ist-Abgleich mit Fokus auf die Digitalisierungsqualifikationen nötig ist.
- **Berufliche Fortbildung stärken:** Dem Bereich der beruflichen Weiterbildung kommt eine wesentliche Rolle zur Stärkung der digitalen Hand-

lungskompetenz am Standort Deutschland zu. Dabei ist die berufsbegleitende Weiterqualifizierung des bestehenden Mitarbeiterstamms ein zentraler Aspekt. Das Unternehmen Audi plant bspw. im Rahmen einer Kooperation mit der Hochschule Ingolstadt, die technische Wissensbasis seiner Antriebsentwickler im Bereich der Antriebselektrifizierung stetig auszubauen (vgl. Kallweit, 2016).

- **Vermittlung von IT-Kenntnissen sicherstellen:** Die Ausbildungspläne von technischen Lehrberufen sollten durch die Aufnahme von technischen Sprachen in den Bildungsplänen ergänzt werden. IT- und Programmierkenntnisse, bspw. zur Erfassung, Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen, werden zunehmend als Wettbewerbsvorteil gesehen. So planen einzelne Länder (z. B. Singapur) eine Einführung von Programmierkursen in der Sekundarschule, um Schülern die Fertigkeiten zur Softwareentwicklung zu vermitteln (vgl. Lee 2014).
- **Digitale Bildung und Online-Universitäten fördern:** Der Bereich der digitalen Bildung in Form von sogenannten Online-Akademien stellt mit seinem Kurs-Angebot für Interessenten die Möglichkeit dar, sich fachspezifisch und dem eigenen Rhythmus entsprechend thematisch fortzubilden und zertifizieren zu lassen. Insbesondere in den Bereichen der Informatik und Programmierung entstehen in Zusammenarbeit mit Unternehmen aus der Privatwirtschaft praxisbezogene Kurseinheiten, welche die beruflichen Fähigkeiten von Absolventen und Beschäftigten verbessern können (vgl. Franken 2017).

7.2 Zusammenfassung und Fazit

Der mit der Digitalisierung des Fahrzeugs und der Automatisierung der Fahrfunktion einhergehende Wandel stellt die gesamte Automobilindustrie vor enorme Herausforderungen und wird erhebliche Auswirkungen auf den Automobilstandort Deutschland haben. Es entstehen neue Produkte, Komponenten, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, während andere ggf. substituiert werden. Dies wird auch zu sich verändernden Anteilen der unterschiedlichen Akteure und Standorte in den globalen Wertschöpfungsnetzwerken der Automobilindustrie führen. Im Rahmen der Studie werden drei ausgewählte Wirkfelder betrachtet:

- automatisiertes Fahren,
- vernetztes Fahren sowie
- Mobility-as-a-Service (MaaS).

Auf Basis der Analyse der Marktentwicklung in den drei Wirkfeldern werden die Auswirkungen auf die Wertschöpfungsanteile sowie die Beschäftigungseffekte für den Automobilstandort Deutschland analysiert. Der Fokus der Betrachtung liegt auf dem Pkw-Sektor. Der Nutzfahrzeugsektor sowie der Versicherungsmarkt werden ergänzend in einem Exkurs behandelt.

Methodisch fußt die Studie dabei auf einer Berechnung des Umsatzvolumens für die betrachteten Wirkfelder. Die Berechnung erfolgt auf Basis der Stückzahlen- und Preisentwicklung, die anhand von Sekundärliteratur, Unternehmensdaten und öffentlichen Statistiken generiert wird. Konsekutiv darauf aufbauend erfolgt ein mehrstufiges Vorgehen zur Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für den Automobilstandort Deutschland.

Betrachtet man die Wirkfelder zunächst isoliert, zeigt sich unter den getroffenen Annahmen ein großes Marktwachstum bis zum Jahr 2030 in allen drei Wirkfeldern. Im Jahr 2030 wird für das Wirkfeld automatisiertes Fahren ein globales Marktvolumen von rund 155 Milliarden Euro erwartet. Das Marktvolumen von Hardware und Services im Bereich vernetztes Fahren beläuft sich im Jahr 2030 auf 65,5 Milliarden Euro. Betrachtet man die Verteilung der Anteile von Hardware und Services, so fällt auf, dass rund 70 Prozent des ausgewiesenen Marktvolumens auf Hardware und nur 30 Prozent auf Services zurückgehen.[4] Das Marktvolumen im Bereich MaaS beläuft sich im Jahr 2030 auf 1,8 Billionen Euro. Level-5-Systeme machen hierbei mit knapp 1,2 Billionen Euro den Großteil aus, wobei ein großer Teil davon auf die hierfür eingesetzten Fahrzeuge entfällt.

Die dargestellten Marktszenarien basieren auf aktuellen Marktstudien. Zwar spiegeln sich die hieraus errechneten (theoretischen) Werte bereits in der Realität wider, wie u. a. die steigende Marktdurchdringung mit ADAS sowie die Auftragseingänge bei Zulieferern hinsichtlich Fahrerassistenz- und Automatisierungssystemen belegen. Dennoch sind die zugrunde gelegten Zukunftsprojektionen sehr „offensiv" und voraussetzungsreich. Dies hat einen methodischen Zweck, da hierdurch die Effekte deutlicher werden. Allerdings bleiben die Grundaussagen der Studie unberührt, auch wenn es wahrscheinlich ist, dass die Marktentwicklung gemäßigter bzw. zeitlich gestreckter verlaufen wird.

Die Automobilindustrie am Standort Deutschland wird basierend auf dem Trendverlauf der Einflussgrößen auf die Wertschöpfung (z. B. Markt-

4 Ein etwaiger Markt für „Datenhandel" ist hierbei aufgrund der derzeitigen Unsicherheit hinsichtlich Volumina und Geschäftsmodelle nicht berücksichtigt.

und Standortanteile) zu jeweils unterschiedlichen Anteilen an den Marktvolumina der Wirkfelder partizipieren. Da MaaS eine Rückwirkung auf den Fahrzeugabsatz hat und somit die Marktpotenziale des automatisierten und vernetzten Fahrens beeinflusst, ist eine isolierte Betrachtung der Wirkfelder zur Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte nicht sinnvoll. Zudem betrachtet keine der bislang in der Literatur vorliegenden Studien die Nebenwirkungen und Substitutionseffekte der Digitalisierung des Fahrzeugs. Daher wurden die verschiedenen Wirkfelder integriert betrachtet. Hierzu wurden drei Szenarien gebildet:

- In Szenario 1 wird davon ausgegangen, dass die neuen MaaS-Angebote vollständig zusätzlichen Automobilverkehr und -absatz generieren und die Zusatzausgaben für Automatisierung keine anderen Komponenten substituieren.
- In Szenario 2 wird von einer durch automatisiertes Fahren induzierten Substitution in Höhe von 50 Prozent und einer partiellen Substitution konventioneller Pkw-Verkehrsleistung durch MaaS ausgegangen, sodass der Gesamtabsatz von konventionellen Pkw und MaaS-Pkw dem heute erwarteten Referenzpfad entspricht.
- In Szenario 3 wird davon ausgegangen, dass die mit MaaS erbrachte Verkehrsleistung den bisherigen Pkw-Verkehr zu 100 Prozent substituiert und die Zusatzausgaben für Automatisierung andere Komponenten zu 100 Prozent kompensieren.

Zur Bestimmung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte wurden die drei Szenarien für alle Wirkfelder zugrunde gelegt. Das Wirkfeld Mobility-as-a-Service generiert im Jahr 2030 einen Beschäftigungseffekt in Höhe von 53.311 Beschäftigten. Der Ausgangswert für das Jahr 2015 liegt dabei im niedrigen vierstelligen Bereich. Im Wirkfeld vernetztes Fahren wird je nach Szenario der folgende Beschäftigungsbedarf bis zum Jahr 2030 induziert:

- Szenario 1: 16.534 Beschäftigte
- Szenario 2: 13.245 Beschäftigte
- Szenario 3: 10.474 Beschäftigte

Der Basiswert der Beschäftigung im Jahr 2015 beträgt dabei 4.760 Beschäftigte. „Connectivity“ hat für die Automobilindustrie folglich nur ein geringes Beschäftigungspotenzial – dieses liegt im Wesentlichen im Bereich der Hardware. Große Teile der Wertschöpfung vernetzter Services liegen außerhalb der Automobilindustrie und sind mittelfristig auch nicht erschließbar. Die Analyse zeigt, dass der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekt des ver-

netzten Fahrens überschätzt wird und die optimistischen Aussagen aus Unternehmensmeldungen, Medienberichten und umsatzbezogenen Marktstudien hinsichtlich Wertschöpfung und Beschäftigung im Rahmen dieser Studie nicht validiert werden können.

Vom automatisierten Fahren geht hingegen ein deutlich größerer Beschäftigungseffekt aus – vorausgesetzt die deutsche Industrie kann die heutigen hohen Markt- und Standortanteile im Bereich des assistierten und automatisierten Fahrens halten. Die quantitative Betrachtung des Wirkfelds automatisiertes Fahren kommt je nach Szenario zu folgenden Ergebnissen hinsichtlich des induzierten Beschäftigungsbedarfs am Automobilstandort Deutschland:

- Szenario 1: 127.503 Beschäftigte
- Szenario 2: 105.217 Beschäftigte
- Szenario 3: 86.441 Beschäftigte

Der Ausgangswert der Beschäftigung beträgt dabei im Jahr 2015 5.548 Beschäftigte. Die drei Wirkfelder weisen bei integrierter Betrachtung folgende Beschäftigungseffekte auf:

- Im – aus Sicht der Automobilindustrie optimistischen – Szenario 1, wird durch MaaS-Angebote eine zusätzlich induzierte Verkehrsleistung generiert, die keinerlei Substitutionseffekt auf die anderen Wirkfelder aufweist. Die Erlöse durch die Fahrzeugautomatisierung realisieren sich in einer vollständig additiven Zahlungsbereitschaft. Unter ansonsten gleichbleibenden Bedingungen werden in Szenario 1 bis zum Jahr 2030 459.000 neue Stellen geschaffen. Dies liegt vorrangig daran, dass MaaS den Fahrzeugabsatz verstärkt und Teile des bisherigen öffentlichen Verkehrs verdrängt. Aufgrund der sehr optimistischen Annahmen ist Szenario 1 eher als „hypothetisches Gedankenexperiment“ zu betrachten. Das Szenario zeigt aber, dass mit den drei Wirkfeldern potenziell auch zusätzliche Markt- und Wertschöpfungspotenziale erschlossen werden und somit sogar eine hohe zusätzliche Beschäftigung generiert werden kann.
- In Szenario 2 wird von einer durch automatisiertes Fahren induzierten Substitution in Höhe von 50 Prozent und einer partiellen Substitution konventioneller Pkw-Verkehrsleistung durch MaaS ausgegangen, sodass der Gesamtabsatz von konventionellen Pkw und MaaS-Pkw dem heute erwarteten Referenzpfad entspricht. In Szenario 2 kommen bis zum Jahr 2030 142.000 Stellen hinzu. Dies ist dadurch zu erklären, dass mit Automatisierung, Vernetzung und MaaS Zusatzmärkte erschlossen werden können und MaaS dennoch saldiert nicht zu einem Abbremsen des Pkw-Absatzwachstums führt.

– Im – aus Sicht der Automobilindustrie negativen – Szenario 3 erfolgt eine Substitution des Fahrzeugabsatzes durch MaaS-Angebote. Zudem wird davon ausgegangen, dass die Zusatzausgaben für Automatisierung durch Einsparungen bei anderen Komponenten zu 100 Prozent kompensiert werden. Infolgedessen wird ab 2025 und mit zunehmender Marktdurchdringung mit automatisierten Shuttles ein negativer Beschäftigungssaldo erwartet. In Szenario 3 gehen bis zum Jahr 2030 118.000 Arbeitsplätze verloren. Szenario 3 kann auch als „disruptives" Szenario interpretiert werden. Der Effekt ist im Wesentlichen bedingt durch den geringeren Gesamtabsatz an Pkw. Für die Abnahme des Pkw-Absatzes gibt es zwei Gründe: Erstens sind die Fahrleistungen der „Shuttle-Fahrzeuge" deutlich höher (um den Faktor 4 bis 6); zweitens ist der Besetzungsgrad im Vergleich zu heutigen Privat-Pkw deutlich höher (um den Faktor 2 bis 3), da ein wesentlicher Teil dieses neuen Verkehrs nicht nur „on demand", sondern auch durch „Ridesharing" abgedeckt werden wird.

Die große Bandbreite der denkbaren Entwicklungen zeigt die derzeit herrschende Unsicherheit. Die Ergebnisse der Szenarien wirken auf den ersten Blick beruhigend. Sie sind allerdings differenziert zu interpretieren. Insbesondere zwei Aspekte sind zu berücksichtigen:

– Das „Negativszenario" (Szenario 3) ist als deutlich wahrscheinlicher einzustufen als das „Positivszenario" (Szenario 1). Die im Trend abnehmende Attraktivität des Produkts „Automobil" bei jüngeren Bevölkerungsschichten, die geplanten Pkw-restriktiven legislativen Veränderungen in vielen Städten (Stellplatzpolitik, Fahrverbote etc.), sowie die insgesamt höheren Nachhaltigkeitsanforderungen lassen daher erwarten, dass die MaaS-Verkehrsleistung eher zu Lasten heutiger „Besitz-Pkw"-Verkehrsleistung gehen wird. Dies wird gestützt durch eine Befragung von Führungskräften aus der Automobilindustrie. Dabei nehmen 59 Prozent der Führungskräfte an, dass die Hälfte der derzeitigen Autobesitzer bis 2025 kein Auto mehr besitzen will (KPMG 2017). Untersucht man die Charakteristika autonomer MaaS-Angebote, spricht vieles dafür, dass diese eine klassisch disruptive Innovation darstellen, welche eine substitutive Wirkung auf die heutige Wertschöpfung in der Automobilwirtschaft haben wird. Ebenso ist es unwahrscheinlich, dass die Automatisierungsfunktionen sich vollumfänglich als zusätzliche Zahlungsbereitschaft (Szenario 1) realisieren werden lassen.
– Im Negativszenario kommt ein extremer Gradient mit stark negativen Wachstumsraten des Pkw-Absatzes zum Tragen. Der Effekt wird jedoch

erst ab 2027 wirksam. Hierdurch „kollabiert" der Absatz von Neufahrzeugen innerhalb nur weniger Jahre. Da der Betrachtungszeitraum im Jahr 2030 endet, entsteht der trügerische Effekt einer mäßigen Entwicklung. Würde der Betrachtungszeitraum jedoch verlängert werden, würde zwischen 2030 und 2035 der Beschäftigungsbedarf auf einen Bruchteil des heutigen schrumpfen. Entgegen der „Delle" durch die Finanzkrise im Jahr 2008, die mittels wirtschafts- und beschäftigungspolitischer Maßnahmen innerhalb von nur zwei bis drei Jahren überwunden werden konnte, ist der hier erwartete Trend von dauerhafter Natur und somit nicht durch konjunkturelle oder sozialpolitische Maßnahmen zu überbrücken.

Neben diesen quantitativen Veränderungen von Marktvolumina und Wertschöpfung gehen mit den Entwicklungen in den betrachteten Wirkfeldern auch strukturell-qualitative Veränderungen mit Auswirkungen auf die Beschäftigten einher.

- **Zunahme der Unsicherheit:** Mit den künftigen Charakteristika des Automobilmarkts (vernetzt, automatisiert, gemeinschaftlich und datenbasiert) ändern sich nicht nur die Technologien, Produkte und Mobilitätsangebote, sondern auch die Partnerkonstellationen, die Organisationsstrukturen, die Geschäftsmodelle und das Wettbewerbsumfeld. Veränderung wird „auf Dauer gestellt". Die dahingehende Entwicklung vollzieht sich schubweise und mit hoher Geschwindigkeit. Die Unsicherheiten sind erheblich und werden für die Unternehmen und ihre Mitarbeiter in den nächsten Jahren weiter zunehmen (Gao et al. 2016, S. 10 f.). Die damit einhergehende Agilitätsanforderung ist eine erhebliche Herausforderung für die Unternehmen und ihre Beschäftigten und damit eine Gestaltungaufgabe für Betriebsräte (Boes et al. 2016, S. 26).
- **Neue Organisations- und Kooperationsstrukturen:** Deutsche Automobilhersteller und -zulieferer sind aktuell dabei den Ausbau von unabhängigen Geschäftseinheiten zu forcieren, welche sich im Kern um den Auf- und Ausbau von digitalen Diensten kümmern. Die Bedeutung von branchenübergreifenden Kooperationen spielt aufgrund der starken Bindung von finanziellen und personellen Ressourcen im Rahmen des automatisierten Fahrens, von vernetzten Fahrzeugen und digitalen Mobilitätsservices eine zunehmend wichtigere Rolle.
- **Verschärfung des Wettbewerbs:** Aufgrund der hohen Investitionsnotwendigkeiten ist in den nächsten Jahren ein deutlich verschärfter Wettbewerbsdruck zu erwarten, da nur die Marktführer die entsprechenden Investitionen aufrechterhalten können werden (Roland Berger 2014a, S. 15).

Derzeit ist zudem zeitgleich sowohl eine Integration von Wertschöpfungsprozessen der OEMs als auch eine Art „Aufwärtsdruck" in der Zulieferkette zu beobachten.

- **Abnahme der Bedeutung traditioneller Geschäftsmodelle:** Das traditionelle Geschäftsmodell der Automobilindustrie (Wertschöpfungskette mit Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Fahrzeugen, in Verbindung mit After-Sales und Finanzdienstleistungen) wird an Bedeutung abnehmen.
- **Veränderte Kompetenzanforderungen und Organisationsstrukturen:** Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass sich die erforderlichen Kompetenzen bei der Weiterbildung des aktuellen Mitarbeiterstamms und der Rekrutierung von neuen Mitarbeitern verschieben werden. Die Digitalisierung zeigt, dass neben Hardware-Kenntnissen zunehmend Software- und Programmierkenntnisse gefordert werden. Dieser geänderte Bedarf an Kompetenzen lässt sich an dem Trend verdeutlichen, wonach die physischen Produkte der Automobilindustrie zunehmend durch (digitale) Dienstleistungen ergänzt werden. Industriell spiegelt sich dieser Trend darin wider, dass zunehmend Start-ups und Tochtergesellschaften von Automobilunternehmen nicht mehr im Bereich des Kraftfahrzeugbaus, sondern im Bereich der sonstigen Softwareentwicklung klassifiziert werden.
- **Ausgründungen:** Im Zuge der Digitalisierung gründen derzeit viele große Unternehmen GmbHs bzw. Geschäftseinheiten außerhalb der Tarifbindung – mit den entsprechenden Nachteilen für Mitarbeiter, Gewerkschaften und Arbeitnehmervertreter.

Zur besseren Einordnung der quantitativen Szenarien ist nochmals darauf hinzuweisen, dass nur die drei beschriebenen Wirkfelder der Digitalisierung und nur der Pkw-Sektor betrachtet wurden. Unter Einbeziehung des Nutzfahrzeug-Sektors und langfristig eines potenziellen Verlusts von über 500.000 Stellen für Berufskraftfahrer sowie unter Berücksichtigung weiterer Effekte, insbesondere der Elektromobilität, könnten sich die berechneten Effekte deutlich verstärken bzw. ins Negative verlagern.

Die beschriebenen Effekte zeigen die erheblichen potenziellen quantitativen Auswirkungen. Daher sind sowohl die Industrie als auch die Arbeitnehmervertretungen dazu aufgefordert, schnellstmöglich strategische Antworten auf die beschriebenen Herausforderungen zu finden. Die in der Studie skizzierten Handlungsempfehlungen dienen hierbei als erste Orientierungspunkte.

Insgesamt kann die Studie zeigen, dass Automatisierung und Digitalisierung des Fahrzeugs bis zum Jahr 2030 einen ambivalenten, nicht linearen

Effekt auf die Wertschöpfung und Beschäftigung bis zum Jahr 2030 am Automobilstandort Deutschland besitzen. Je nach Szenario können die Automatisierungsfunktionen und insbesondere die MaaS-Angebote additiv oder substitutiv auf die Markt- und Wertschöpfungsvolumina wirken. Während Automatisierung und Vernetzung zunächst den Beschäftigungsbedarf erhöhen, könnte der globale Serienbetrieb autonomer MaaS-Systeme einen Tipping-Point für den Automobilmarkt darstellen. Bei einer großen Bandbreite denkbarer Beschäftigungswirkungen spricht die langfristige Tendenz für den Verlust einer sechsstelligen Zahl von Arbeitsplätzen bis zum Jahr 2030.

LITERATUR

Apt, Wenke/Bovenschulte, Marc/Hartmann, Ernst A./Wischmann, Steffen (2016): Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt". Forschungsbericht 463 im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. Berlin: Institut für Innovation und Technik.

Arthur D. Little (2012): Automotive-Trends 2012 Germany, www.adlittle.de/de/insights/press/press-release/automotive-trends-2012 (Abruf am 12.09.2018).

ATA (2015): Automated driving and platooning issues and opportunities. White paper. ATA Technology and Maintenance Council – Future Truck Program, http://orfe.princeton.edu/^alaink/SmartDrivingCars/ITFVHA15/ITFVHA15_USA_FutureTruck_ADP_TF_WhitePaper_Draft_Final_TF_Approved_Sept_2015.pdf (Abruf am 21.12.2017).

Berylls Strategy Advisors (2015): Autonomes Fahren – „The next big thing!?" Zulieferstudie.

Berylls Strategy Advisors (2016): Car connectivity compass 2016. Auszug aus der Studie. München, November 2016, www.connected-mobility.at/fileadmin/user_upload/Cluster/AC/20161110_Charts_Studie_Car_Connectivity_Compass_2016.pdf (Abruf am 04.09.18).

BI Intelligence (2016): The connected car report: Forecasts, competing technologies, and leading manufacturers, www.businessinsider.com.au/connected-car-forecasts-top-manufacturers-leading-car-makers-2016-4 (Abruf am 12.09.2018).

Bitkom (2015): Digitalisierung verändert Ausbildungsberufe. Presseinformation vom 03.11.2015, www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitalisierung-veraendert-Ausbildungsberufe.html (Abruf am 30.11.2017).

Bitkom (2016): Der Arbeitsmarkt für IT-Fachkräfte. 14.11.2016, www.bitkom.org/Presse/Pressegrafik/2016/November/Bitkom-Charts-IT-Fachkraefte-14-11-2016-final.pdf (Abruf am 4.12.2017).

BMW (2016): BMW presents the Vehicular CrowdCell at the Mobile World Congress 2016 in Barcelona. Mobile femtocells help to optimize future mobile radio networks. Pressemitteilung vom Februar 2016, www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0256442EN/bmw-presents-the-vehicular-crowdcell-at-the-mobile-world-congress-2016-in-barcelona-mobile-femtocells-help-to-optimize-future-mobile-radio-networks?language=en (Abruf am 13.12.2017).

Boes, Andrea/Bultemeier, Anja/Kämpf, Tobias/Lühr, Thomas (2016a): Auf dem Weg in die digitale Arbeitswelt. Zwischen digitalem Fließband und neuer Humanisierung von Arbeit. Vortrag im Rahmen der AG Digitalisierung IG Metall, Frankfurt, 29. September 2016.

Boes, Andrea/Kämpf, Tobias/Langes, Barbara/Lühr, Thomas (2016b): „Lean" und „agil" im Büro – Neue Formen der Organisation von Kopfarbeit in der digitalen Transformation. Forschungsförderung Working Paper Nr. 23. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung, www.boeckler.de/pdf/p_fofoe_WP_023_2016.pdf (Abruf am 12.09.2018).

Boes, Andrea/Kämpf, Tobias/Langes, Barbara/Marrs, Kira (2014): Wie die Digitalisierung die Wirtschaft verändert. Die IT-Branche als Vorreiter für die Arbeitswelt der Zukunft. Präsentation für die IWP-IT-Abschlussveranstaltung, Bonn, www.iwp-it.de/upload/2015-01-29_IWP-IT_Fachtagung_Boes%20et%20al.pdf (Abruf am 30.11.2017).

Bonin Holger/Gregory, Terry/Zierhan, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Endbericht Kurzexpertise Nr.57. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.

Boston Consulting Group (2014): Accelerating innovation: New challenges for automakers. BCG report, Januar 2014, www.bcg.com/de-de/publications/2014/innovation-accelerating-innovation-new-challenges-automakers.aspx (Abruf am 11.09.2018).

Boston Consulting Group (2015): Revolution in the driver's seat: The road to autonomous vehicles. BCG report, April 2015, http://img-stg.bcg.com/BCG-Revolution-in-the-Drivers-Seat-Apr-2015_tcm9-64351.pdf (Abruf am 11.09.2018).

Brown, Duncan (2016): Responsibility for vehicle security and driver privacy in the age of the connected car. London: International Data Corporation (IDC), Februar 2016, www.veracode.com/sites/default/files/Resources/Whitepapers/idc-veracode-connected-car-research-whitepaper.pdf (Abruf am 11.09.2018).

Bundesgesetzblatt (2017): Achtes Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes. Bundesgesetzblatt: Jahrgang 2017, Teil 1, Nr. 38. Bonn, www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s1648.pdf%27%5D__1513675683349 (Abruf am 19.12.2017).

Bundesregierung (2017): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes. Drucksache 18/11300, http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/113/1811300.pdf (Abruf am 30.11.2017).

Cacilo, Andrej/Duwe, Daniel/Herrmann, Florian (2016): Szenarien für Carsharing mit Elektrofahrzeugen 2025. In: ATZ Elektronik 2, S. 43–47.

Cacilo, Andrej/Schmidt, Sarah/Wittlinger, Philipp/Herrmann, Florian/Bauer, Wilhelm/Sawade, Oliver/Doderer, Hannes/Hartwig, Matthias/Scholz, Volker (2015): Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen. Dienstleistungsprojekt 15/14, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Stuttgart: Fraunhofer IAO.

Casley, Sean/Jardim, Adam/Quartulli, Alex (2013): A study of public acceptance of autonomous cars. Interactive qualifying project. Worcester Polytechnic Institute, https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-043013-155601/unrestricted/A_Study_of_Public_Acceptance_of_Autonomous_Cars.pdf (Abruf am 14.12. 2017).

City-Go-Round (2017): All transit agencies, www.citygoround.org/agencies/ (Abruf am 13.12.2017).

CNBC (2016): Buffett on driverless cars. CNBC live, 02.05.2016, www.cnbc.com/video/2016/05/02/buffett-on-driverless-cars.html (Abruf am 6.12.2017).

Condliffe, Jamie (2016): 2021 may be the year of the fully autonomous car. Beitrag auf MIT Technology Review vom 17. August 2016, www.technologyreview.com/s/602196/2021-may-be-the-year-of-the-fully-autonomous-car/ (Abruf am 13.12.2017).

Coppola, Riccardo/Morisio, Maurizio (2016): Connected car: technologies, issues, future trends. In: ACM Computing Surveys 49 (3), S. 1–36.

Daimler (2016): Pilotprojekt von Bosch und Daimler zu Community-based Parking: Ihr Mercedes-Benz wird zur Parkplatz-Suchmaschine, http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Pilotprojekt-von-Bosch-und-Daimler-zu-Community-based-Parkin.xhtml?oid=13521746 (30.11.2017).

Daimler (2017): Automated and autonomous driving – Legal framework, www.daimler.com/innovation/case/autonomous/legal-framework.html (Abruf am 19.12.2017).

Dekra (2012): DEKRA Arbeitsmarkt-Report 2013. Berufskraftfahrer: Mehr Berufspraxis bei engerem Aktionsradius gewünscht. Presseinformation vom 25. Juni 2013, Stuttgart, www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/BDC079BFEB0320FB41257C0D003DE106/$file/Dekra-Arbeitsmarkt-Report%202013%20(Kurzfassung).pdf (Abruf am 12.09.2018).

Deloitte (2015a): Datenland Deutschland – Connected Car: Generation Y und die nächste Generation des Automobils. Analytics Institut, www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/manufacturing/150909_DEL-15-5015_Broschüre_DasConnectedCar_rz_WEB-safe.pdf (Abruf am 13.12.2017).

Deloitte (2015b): Transport in the digital age – Disruptive trends for smart mobility. Deloitte report, März 2015, www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/bps/deloitte-uk-transport-digital-age.pdf (Abruf am 05.09.2018).

Deutscher Bundestag (2017): Kurzinformation – Änderung des Wiener Übereinkommens vom 8. November 1968 über den Straßenverkehr. Wissenschaftliche Dienste, www.bundestag.de/blob/478076/17128cdc1e877496a454de411b27a8af/wd-2-131-16-pdf-data.pdf (Abruf am 19.12.2017).

Ernst & Young (2015): Digitalisierung: Wer investiert und profitiert – wer verliert? Ergebnisse einer Umfrage unter 1.025 Unternehmen in zwölf Ländern. März 2015, www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY_Studie_-_Digitalisierung_2015/$FILE/EY-Studie-Digitalisierung-2015.pdf (Abruf am 30.11.2017).

Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren (2017): Automatisiertes und vernetztes Fahren. Bericht Juni 2017, www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?__blob=publicationFile (Abruf am 05.09.2018)

everis (2015): everis Connected Car Report. A brief insight on the connected car market, showing possibilities and challenges for third-party service providers by means of an application case study, http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/e17r5k-datap1/everis_documents_downloads/everis+connected+car+report.pdf (Abruf am 30.11.2017).

Finnish Transport Agency (2015): MaaS services and business opportunities. Helsinki 2015, https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2015-56_maas_services_web.pdf (Abruf am 13.12.2017).

Franken, Oliver B. T. (2017): Geschäftsmodelle für digitale Bildungsangebote am Beispiel von xMOOCs. Anregungen für die wissenschaftliche Weiterbildung?! In: Medien Pädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung 28, S. 133–139.

Frey, Carl Benedikt/Osborne, Michael (2013): The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? Oxford University, www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf (Abruf am 12.09.2018).

Frost & Sullivan (2014): Strategic analysis of the European and North American market for automated driving. London, https://store.frost.com/strategic-analysis-of-the-european-and-north-american-market-for-automated-driving.html (Abruf am 12.09.2018).

Frost & Sullivan (2015): Cloud and the car – Use cases, business models, and impact analysis. London, https://store.frost.com/cloud-and-the-car-use-cases-business-models-and-impact-analysis.html (Abruf am 12.09.2018).

Frost & Sullivan (2016): Strategic outlook of global autonomous driving market. London, https://store.frost.com/global-autonomous-driving-market-outlook-2016.html (Abruf am 12.09.2018).

Gao, Paul/Kaas, Hans-Werner/Mohr, Detlev/Wee, Dominik (2016): Disruptive trends that will transform the auto industry. Advanced Industries, Januar 2016, www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry (Abruf am 30.11.2017).

Goldman Sachs (2015): Monetizing the rise of autonomous vehicles. Goldman Sachs Global Investment Research report, September 2015, http://pg.jrj.com.cn/acc/Res/CN_RES/INVEST/2015/9/17/f70472c6-f4ad-4942-8eab-3c01f3c717a7.pdf (Abruf am 12.09.2018).

GSMA Intelligence (2014): Understanding 5G: Perspectives on the future technological advancements in mobile, www.gsmaintelligence.com/research/?file=141208-5g.pdf&download (Abruf am 13.12.2017).

IHS Automotive (2015): Investments in autonomous driving are accelerating, https://news.ihsmarkit.com/press-release/automotive/investments-autonomous-driving-are-accelerating-says-ihs-automotive (Abruf am 12.09.2018).

InnoZ (2016): Mobilitätsmonitor Nr. 2. Berlin: Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel. InnoZ GmbH, www.innoz.de/sites/default/files/innoz-mobilitaetsmonitor_nr-2_april-2016.pdf (Abruf am 12.09.2018)

ITF (2015): Urban mobility system upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic. International Transport Forum. Corporate Partnership Board, www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_self-drivingcars.pdf (Abruf am 13.09.2018).

ITF (2017): Transition to shared mobility – how large cities can deliver inclusive transport services. International Transport Forum. Corporate Partnership Board, www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/transition-shared-mobility.pdf (Abruf am 19.12.2017).

John Day (2017): State laws and regulations and local initiatives, www.johndaylegal.com/state-laws-and-regulations.html (Abruf am 19.12.2017).

Kallweit, Jennifer (2016): Audi qualifiziert Entwickler für Elektromobilität. AUTOMOBIL PRODUKTION Online, www.automobil-produktion.de/hersteller/wirtschaft/audi-qualifiziert-entwickler-fuer-elektromobilitaet-336.html (30.11.2017).

KBA (Kraftfahrtbundesamt) (2017): Statistik, URL: www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Fahrzeugalter/b_alter_kfz_z.html (10.12.2017).

Klanner, Felix/Ruhhammer, Christian (2015): Backendsysteme zur Erweiterung der Wahrnehmungsreichweite von Fahrerassistenzsystemen. In: Winner, Hermann/Hakuli, Stephan/Lotz, Felix/Singer, Christina (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort, Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 541–552.

KPMG (2015): Gibt es eine Zukunft für die Kfz-Versicherung? November 2015. KPMG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, www.mitteldeutschland.com/sites/default/files/uploads/2016/01/28/kpmginsurancethinkingahead-gibteseinezukunftfuerdiekfz-versich.pdf (Abruf am 12.09.2018).

KPMG (2017): KPMG Studie: Elektromobilität, Big Data und selbstfahrende Fahrzeuge stellen Automobilbranche auf den Kopf. Presseaussendung vom 3. Januar 2017, Wien, https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/at/pdf/presse/170103_PA%20Automotive.pdf?logActivity=true (Abruf am 12.09.2018).

Kühnel, Carsten (2012): Verkehrsdatenerfassung mittels Floating Car Observer auf zweistreifigen Landstraßen. Schriftenreihe Verkehr, Heft 23. Universität Kassel (Institut für Verkehrswesen): Kassel University Press GmbH.

Lee, Terence (2014): Singapore plans to introduce programming lessons in public schools to boost the economy. Beitrag auf Tech in Asia vom 14.01.2014, www.techinasia.com/singapore-introduce-programming-lessons-schools-boost-economy (Abruf am 30.11.2017).

Litman, Todd (2016): Autonomous vehicle implementation predictions – Implications for transport planning. Victoria Transport Policy Institute. http://evchargingpros.com/wp-content/uploads/2017/04/Victoria-Transport-Autonomous-Vehicle-Predictions-2016.pdf (Abruf am 12.09.2018).

Mazzucato, Mariana (2015): The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths. London: Anthem Press.

MBtech Consulting GmbH (2015): Trendanalyse: Connected Car 2015, www.mbtech-group.com/fileadmin/media/pdf/consulting/downloads/Trendanalyse_Vernetztes_Fahrzeug_2015_EN.pdf (Abruf am 30.11.2017).

McKinsey (2012): Mobility of the future – Opportunities for automotive OEMs. Advanced Industries, Februar 2012, www.mckinsey.com/^/media/mckinsey/dotcom/client_service/automotive%20and%20assembly/pdfs/mobility_of_the_future_brochure.ashx (Abruf am 12.09.2018).

McKinsey (2014): Connected car, automotive value chain unbound. Advanced Industries, September 2014, www.sas.com/images/landingpage/docs/3_McKinsey_John_Newman_Connected_Car_Report.pdf (Abruf am 12.09.2018).

McKinsey (2015a): Urban mobility as a tipping point, www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/urban-mobility-at-a-tipping-point (Abruf am 13.12.2017).

McKinsey (2015b): Wettlauf um den vernetzten Kunden – Überblick zu den Chancen aus Fahrzeugvernetzung und Automatisierung. Advanced Industries, September 2015, www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/mckinsey-connected-customer_deutsch.pdf (Abruf am 12.09.2018).

McKinsey (2016a): Automotive revolution – perspective towards 2030. Advanced Industries, Januar 2016, www.mckinsey.com/^/media/mckinsey/industries/high%20tech/our%20insights/disruptive%20trends%20that%20will%20transform%20the%20auto%20industry/auto%202030%20report%20jan%202016.ashx (Abruf am 12.09.2018).

McKinsey (2016b): Car data: paving the way to value-creating mobility - Perspectives on a new automotive business model. Advanced Industries, März 2016, www.the-digital-insurer.com/wp-content/uploads/2016/05/704-mckinsey_car_data_march_2016.pdf (Abruf am 12.09.2018).

McKinsey (2016c): Gearing up for growth Future perspectives on the global truck market. Advanced Industries, Mai 2016, www.mckinsey.com/^/media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/Gearing%20up%20for%20growth/Gearing%20up%20for%20growth%20Future%20perspectives%20on%20the%20global%20truck%20market%20Aug%202016.ashx (Abruf am 12.09.2018).

McKinsey Quarterly (2014): Bill Ford charts a course for the future. Interview, Oktober 2014, www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/bill-ford-charts-a-course-for-the-future (Abruf am 30.11.2014).

Mercedes-Benz (2013): Details zu Live Traffic Information von Mercedes-Benz. Mercedes-Benz Passion Blog, http://blog.mercedes-benz-passion.com/2013/07/details-zu-live-traffic-information-von-mercedes-benz/ (Abruf am 30.11.2017).

Muoio, Danielle (2017): Google just made a big move to bring down the cost of self-driving cars, www.businessinsider.de/googles-waymo-reduces-lidar-cost-90-in-effort-to-scale-self-driving-cars-2017-1?r=US&IR=T (Abruf am 30.11.2017).

Navigant Research (2016): Autonomous automotive cybersecurity – The need to protect automated and connected vehicles. Research report, https://karambasecurity.com/static/pdf/Autonomous-Automotive-Cybersecurity-Report.pdf (Abruf am 12.09.2018).

Navya (2018): Navya Arma Press Kit, https://navya.tech/wp-content/uploads/documents/Brochure_Shuttle_EN.pdf (Abruf am 13.09.2018).

NTT Data (2015): Connected car report. A brief insight on the connected car market, showing possibilities and challenges for third-party service providers by means of an application case study, https://emea.nttdata.com/fileadmin/web_data/country/de/documents/Manufacturing/Studien/2015_Connected_Car_Report_NTT_DATA_ENG.pdf (Abruf am 30.11.2017).

OpenSignal (2017): Coverage maps: Deutschland, https://opensignal.com/networks (Abruf am 14.12.2017).

Pflügler, Christoph/Köhn, Thomas/Schreieck, Maximilian/Wiesche, Manuel/Krcmar, Helmut (2016): Predicting the availability of parking spaces with publicly available data. In: Mayr, Heinrich C./Pinzger, Martin (Hrsg.): INFORMATIK 2016. Lecture Notes in Informatics (LNI). Bonn: Gesellschaft für Informatik, S. 361–374.

Proff, Heike (2013): Herausforderungen für das Automotive Engineering & Management – Technische und betriebswirtschaftliche Ansätze. Wiesbaden: Springer.

PwC (2015): The insurance industry in 2015, www.pwc.com/us/en/insurance/publications/assets/pwc-top-issues-the-insurance-industry-2015.pdf (Abruf am 12.09.2018).

Roland Berger (2014a): Autonomous driving. Disruptive innovation that promises to change the automotive industry as we know it – it's time for every player to think:act! In: THINK ACT November 2014.

Roland Berger (2014b): Shared Mobility – How new businesses are rewriting the rules of the private transportation game. In: THINK ACT Juli 2014.

Roland Berger (2015): Die digitale Transformation der Industrie. Studie im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e.V. (BDI), https://bdi.eu/media/user_upload/Digitale_Transformation.pdf (Abruf am 12.09.2018)

Roland Berger (2016a): A CEO agenda for the (r) evolution of the automotive ecosystem – New archetypes will emerge in the future to divide the market up among themselves – How to gain access to tomorrow's profit pools. In: THINK ACT März 2016.

Roland Berger (2016b): Automated trucks – The next big disruptor in the automotive industry. Power Point Short-Version. April 2016, www.rolandberger.com/de/Publications/pub_automated_trucks_the_next_big_disrupter_in_the_automotive_industry.html (Abruf am 12.09.2017).

Roland Berger (2017): Car-Sharing in China – How to operate a successful business. In: THINK ACT März 2017.

Sasaki, Yusuke (2016): Toyota accelerates its self-driving plans – But is Japan ready for autonomous cars? Lexology, January 22, 2016, www.lexology.com/library/detail.aspx?g=cc7e1a86-f1b2-4822-8f3e-f64486e94bfb (Abruf am 19.12.2017).

SBD (2015): Connected car global forecast 2015, www.sbdautomotive.com/files/sbd/pdfs/536%20connected%20car%20forecast%20ib%2015.pdf (Abruf am 30.11.2017).

Schaal, Sebastian (2017): Der reine Silicon-Valley-Tourismus ist ein Fehler. WirtschaftsWoche Online, www.wiwo.de/unternehmen/auto/porsche-digital-chef-thilo-koslowski-der-reine-silicon-valley-tourismus-ist-ein-fehler/19628314.html (Abruf am 30.11.2017).

Schoettle, Brandon/Sivak, Michael (2014): A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the U.S., the U.K., and Australia. University of Michigan: Transportation Research Institute. Report Nr. UMTRI-2014-21, July 2014.

Shin, Jungwoo/Bhat, Chandra/You, Daehyun/Garikapati, Venu/Pendyala, Ram (2015): Consumer preferences and willingness to pay for advanced vehicle technology options and fuel types. In: Transportation Research Part C: Emerging Technologies 60, S. 511–524.

Statista (2017a): Anteil der Befragten, welcher nicht bereit ist mehr als 500 US-Dollar für verschiedene Zusatzfunktionen im Auto zu bezahlen, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/789291/umfrage/mehrpreisbereitschaft-fuer-zusaetzliche-fahrzeugfunktionen-in-laendern-weltweit/ (Abruf am 14.12.2017).

Statista (2017b): Connected car, https://de.statista.com/outlook/320/100/connected-car/weltweit (Abruf am 30.11.2017).

Statista (2017c): Entwicklung des Modal Split im Personenverkehr in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2020 (Anteil der Verkehrsträger), https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168397/umfrage/modal-split-im-personenverkehr-in-deutschland/ (Abruf am 13.12.2017).

Statista (2017d): Interesse und Zahlungsbereitschaft für Connected Car Services in Deutschland und China im Jahr 2016, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/788416/umfrage/interesse-und-zahlungsbereitschaft-fuer-connected-car-services-in-deutschland/ (Abruf am 14.12.2017).

Statista (2017e): Welche Bezahlformen würden Sie für Connected-Car-Services bevorzugen? https://de.statista.com/statistik/daten/studie/468257/umfrage/bezahlformen-fuer-connected-car-services-in-deutschland/ (Abruf am 14.12.2017).

Statista (2018a): Anzahl der Carsharing-Fahrzeuge in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2017, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/324695/umfrage/carsharing-fahrzeuge-in-deutschland/ (Abruf am 13.09.2018).

Statista (2018b): Anzahl registrierter Carsharing-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2008 bis 2018, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/324692/umfrage/carsharing-nutzer-in-deutschland/ (Abruf am 13.09.2018).

Statista (2018c): Share of Apple's revenue by product category from the first quarter 2012 to the third quarter 2018, www.statista.com/statistics/382260/segments-share-revenue-of-apple/ (Abruf am 13.09.2018).

Statistisches Bundesamt (2013): Studierende an Hochschulen. Wintersemester 2012/2013. Fachserie 11 Reihe 4.1.Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00012162/2110410137004.pdf (Abruf am 13.09.2018).

Statistisches Bundesamt (2016): Studierende an Hochschulen. Wintersemester 2015/2016. Fachserie 11 Reihe 4.1.Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/Hochschulen/StudierendeHochschulenEndg2110410167004.pdf?__blob=publicationFile (Abruf am 13.09.2018).

Stegmüller, Sebastian (2017): Wenn Roboter Taxi fahren – hat der ÖPNV eine Zukunft? Beitrag auf Fraunhofer IAO Blog vom 16. November 2017, https://blog.iao.fraunhofer.de/wenn-roboter-taxi-fahren-hat-der-oepnv-eine-zukunft/ (Abruf am 14.12.2017).

Strategy&/PwC (2014): Connected Car Studie 2014. Langversion. August 2014, www.pwc.at/de/images/Automobilindustrie/automotive-3.pdf (Abruf am 30.11.2017).

Strategy&/PwC (2016): Connected Car Report 2016. Opportunities, risk, and turmoil on the road to autonomous vehicles, www.pwccn.com/en/services/consulting/publications/connected-car-report-2016-opportunities-risk-and-turmoil-on-the-road-to-autonomous-vehicles.html (Abruf am 30.11.2017).

Swiss Re/Here (2016): The future of motor insurance, www.the-digital-insurer.com/wp-content/uploads/2016/05/737-HERE_Swiss-Re_white-paper_final.pdf (Abruf am 12.09.2018).

Thatcham Research (2017): Regulating automated driving – The UK insurer view. Juli 2017, www.abi.org.uk/globalassets/files/publications/public/motor/2017/07/regulating-automated-driving/ (Abruf am 13.09.2018).

Tratz-Ryan, Bettina/Ridder, Frank/Scheibenreif, Don (2016): Industry vision: Digitalizing engagements evolve the automotive industry toward mobility. Gartner, www.gartner.com/doc/3325717/industry-vision-digitalizing-engagements-evolve (Abruf am 12.09.2018).

VDA (2015): Vernetztes und automatisiertes Fahren sowie Elektromobilität sind die Innovationstreiber der Automobilindustrie. Pressemeldung vom 19. März 2015, Filderstadt, www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/20150319-Vernetztes-und-automatisiertes-Fahren-sowie-Elektromobilit-t-sind-die-Innovationstreiber-der-Automobilindustrie.html (Abruf am 30.11.2017).

VDA (2016): Datenschutzprinzipien für vernetzte Fahrzeuge – Gemeinsame Erklärung der Konferenz der unabhängigen Datenschutzbehörden des Bundes und der Länder und des Verbandes der Automobilindustrie (VDA), www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/vernetzung/gemeinsame-erklaerung-vda-und-datenschutzbehoerden-2016.html (Abruf am 19.12.2017).

VDA (o. J.): Automatisiertes Fahren, www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren.html (Abruf am 13.12.2017).

Vodafone (2015): Vodafone präsentiert 5G-Netz und gibt Startschuss für Voice over LTE. Pressemitteilung, www.geschaeftskunden-vodafone.de/cms/zeigeBereich/49/zeigeText/278/vodafone-praesentiert-5gnetz-und-gibt-startschuss-fuer-voice-over-lte.html (Abruf am 12.09. 2018).

Wassmus, Andreas (2013): Serviceorientierung als Erfolgsfaktor und Komplexitätstreiber beim Angebot hybrider Produkte. Wiesbaden: Springer.

Weber, Enzo (2017): Digitalisierung als Herausforderung für eine Weiterbildungspolitik. In: Wirtschaftsdienst 97 (5), S. 372–374.

Weiner, Nico/Vidackovic, Kresimir/Schallmo, Daniel R. A. (2012): Der visuelle Entwurf von Geschäftsmodellen als Ansatz der Geschäftsmodellinnovation. In: Spath, Dieter/Weiner, Nico/Renner, Thomas/Weisbecker, Anette (Hrsg.): Neue Geschäftsmodelle für die Cloud entwickeln: Methoden, Modelle und Erfahrungen für „Software-as-a-Service" im Unternehmen, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 185–200.

West, M. Darrell (2016): Moving forward: Self-driving vehicles in China, Europe, Japan, Korea, and the United States. Center for Technology Innovations at Brookings. September 2016, www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/09/driverless-cars-2.pdf (Abruf am 19.12.2017).

Wilke, Jürgen (2015): Arbeit 4.0 – Stand der Dinge aus Sicht des Fraunhofer IAO: Mensch-Maschine-Technik. Vortrag auf der 17. Jahrestagung des Bayerischen IT-Logistikclusters. Ravensburg, November 2015.

Willi, Erich (2012): Wirtschaftlichkeit von Parkplätzen in der Innenstadt anhand des Beispiels Zürich mit Folgerungen für andere Städte. In: Bracher, Tilman et al. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung – Strategien, Konzepte, Maßnahmen für eine integrierte und nachhaltige Mobilität. Berlin: Wichmann Verlag.

Williams, Antje (2017): 5G – More than just a new radio. Deutsche Telekom Präsentation im Juni 2017, www.eucnc.eu/files/2017/Presentations/Keynote_Williams_slides.pdf (Abruf am 13.12.2017).

Winner, Hermann/Hakuli, Stephan/Lotz, Felix/Singer, Christina (2015): Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. Wiesbaden: Springer.

Wolter, Marc I./Mönnig, Anke/Hummel, Markus/Weber, Enzo/Zika, Gerd/Helmrich, Robert/Maier, Tobias/Neuber-Pohl, Caroline (2016): Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB Forschungsbericht von August 2015. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit.

Zhang, Michael (2014): This chart shows how the camera market has changed over the past decades. Peta Pixel, https://petapixel.com/2014/12/15/chart-shows-badly-digital-camera-sales-getting-hammered-smartphones/ (Abruf am 19.12.2017).

5G PPP (2015): 5G Automotive Vision. 5G-PPP White paper on automotive vertical sector. Oktober 2015, https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf (Abruf am 13.12.2017).

In der vorliegenden Studie werden Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung für die Automobilindustrie am Standort Deutschland in qualitativer und quantitativer Hinsicht untersucht. Betrachtet werden die drei Wirkfelder automatisierte Fahrzeuge, vernetztes Fahren und Mobility-as-a-Service (MaaS).
Automatisierung und Digitalisierung haben bis zum Jahr 2030 einen ambivalenten, nicht linearen Effekt auf Wertschöpfung und Beschäftigung am Automobilstandort Deutschland besitzen: Während Automatisierung und Vernetzung zunächst den Beschäftigungsbedarf erhöhen, könnte der globale Serienbetrieb autonomer MaaS-Systeme eine Wende zum Negativen für den Automobilmarkt darstellen.

WWW.BOECKLER.DE

ISBN 978-3-86593-319-5