
BACHELORARBEIT

Herr
Alexander Garcia

**Herausforderung Elektromobilität:
Analyse der Auswirkungen des An-
triebskonzeptes auf die Verkehrsinfra-
struktur am Beispiel Stuttgart und
Stockholm**

2019

BACHELORARBEIT

**Herausforderung Elektromobilität:
Analyse der Auswirkungen des An-
triebskonzeptes auf die Verkehrsinfra-
struktur am Beispiel Stuttgart und
Stockholm**

Autor:
Herr Alexander Garcia

Studiengang:
**Business Management –
Internationales Automobilbusiness**

Seminargruppe:
BM16wA3-B

Erstprüfer:
Prof. Dr. Eckehard Krah

Zweitprüfer:
Dipl.-Kfm. Göran Carl Tamm

Einreichung:
Mannheim, 28.06.2019

BACHELOR THESIS

The Challenge of Electromobility: Analysis of the effects of the Drive Concept on Transport Infrastruc- ture using Stuttgart and Stock- holm as Examples

author:

Mr. Alexander Garcia

course of studies:

**Business Management -
Automotive Business**

seminar group:

BM16wA3-B

first examiner:

Prof. Dr. Eckehard Krah

second examiner:

Dipl.-Kfm. Göran Carl Tamm

Bibliografische Angaben

Garcia, Alexander:

Herausforderung Elektromobilität: Analyse der Auswirkungen des Antriebskonzeptes auf die Verkehrsinfrastruktur am Beispiel Stuttgart und Stockholm

The Challenge of Electromobility: Analysis of the Effects of the Drive Concept on Transport Infrastructure using Stuttgart and Stockholm as Examples

73 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Science,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2019

Abstract

Changes in mobility and transport are the key issues for a climate-neutral future. Electrification, automation and connectivity are regarded as key drivers of change. Electric mobility in particular is becoming increasingly important and poses major challenges for mobility and transport. E-mobility is also a much-discussed topic in the public eye. E-mobility is forcing automobile manufacturers to rethink their approach, and the importance of this topic can be assumed on the basis of intensive research by the automotive industry. In the coming years, the transport infrastructure in connection with the electric charging infrastructure of European countries will have to adapt to the change in mobility and thus to e-mobility. It is particularly important to develop concepts for setting up a suitable charging infrastructure and to ensure an adequate power supply through the power grid. A further central goal is independence from fossil resources, which is pushed forward by electric mobility. In the broader sense, e-mobility offers the opportunity to develop new business models, such as Car-Sharing. Research assumes that the car will become less and less important in the future, so that changes in people's mobility behaviour are indispensable. Due to the particular relevance of this topic, the following research questions arise for this work: 1. To what extent will the mobility of the future be influenced by trends, especially mega trends? 2. To what extent must the transport infrastructure adapt to changing mobility in order to guarantee and advance e-mobility in the future? The following work aims to investigate the development of mobility up to infrastructural adaptations in the transport sector caused by e-mobility. Thus, the current state of research on this topic can be illuminated and possible future scenarios can be presented.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Mobilität	3
2.1 Begriffserklärung Mobilität.....	4
2.2 Entwicklung der Mobilität.....	6
2.3 Trends der Mobilitätsbranche	12
2.4 Wirtschaftliche Bedeutung von Automobilindustrie und Mobilität.....	20
2.4.1 Die Wertschöpfungskette der Automobilindustrie im Umbruch.	22
2.4.2 Vom Automobilhersteller zum Mobilitätsdienstleister.....	24
3 Elektromobilität	25
3.1 Situationsanalyse	26
3.2 Rahmenbedingungen	30
3.2.1 Ökonomische Rahmenbedingungen.....	31
3.2.2 Ökologische Rahmenbedingungen.....	32
3.2.3 Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen.....	34
3.2.4 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen	36
3.3 Alternative Antriebskonzepte.....	38
3.4 Elektromobilität als Übergangstechnologie	42
4 Verkehrsinfrastruktur	46
4.1 Volkswirtschaftliche Bedeutung von Verkehr	50
4.2 Gegenwärtige Verkehrsinfrastruktur und Potenziale.....	52
4.3 Anpassung der Verkehrsinfrastruktur an die Elektromobilität	55
4.3.1 Fahrzeuge und Infrastrukturbedarf	57
4.3.2 Netzinfrastruktur.....	60
5 Praxisbeispiel	63
5.1 Anpassung der Stadt Stuttgart an die Elektromobilität.....	65
5.2 Anpassung der Stadt Stockholm an die Elektromobilität.....	68
6 Fazit und Handlungsempfehlungen	71
Literaturverzeichnis	V
Eigenständigkeitserklärung	XVI

Abkürzungsverzeichnis

BEV	Battery Electric Vehicle
CPS	Cyber-Physical-Systems
ENBW	Energie Baden-Württemberg
EU	Europäische Union
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FHEV	Full Hybrid Electric Vehicle
GB	Gigabyte
HMI	Human Machine Interface
KI	Künstliche Intelligenz
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
ICE	Internal Combustion Engine
IuK-Technologie	Informations- und Kommunikationstechnologie
IoT	Internet of Things
IV	Individualverkehr
Lkw	Lastkraftwagen
MHEV	Mild Hybrid Electric Vehicle
MiD	Mobilitätserhebung in Deutschland
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MOP	Deutsches Mobilitätspanel
NMIV	Nicht-motorisierte Individualverkehr

OEM	Original Equipment Manufacturer
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
Pkw	Personenkraftwagen
p.a.	per anno (pro Jahr)
REEV	Range Extender Electric Vehicle
UAM	Urban Air Mobility
V2G	Vehicle-2-Grid
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wachstum der Personentransportaktivität in der EU (Giga Personenkilometer im Verhältnis zu Jahren)	7
Abbildung 2: Neue Mobilitätsdienstleistungen	11
Abbildung 3: Stufen der Automatisierung	17
Abbildung 4: Weltweiter Absatz von Elektrofahrzeugen nach Ländern 2017, 2018	28
Abbildung 5: Verkehrsarten des Personenverkehrs	47
Abbildung 6: SWOT-Analyse der Elektromobilität in Städten	64

1 Einleitung

Der Wandel der Mobilität und des Verkehrs sind die Schlüsselthemen für eine klimaneutrale Zukunft. Elektrifizierung, Automatisierung und Vernetzung gelten als wesentliche Treiber des Wandels. Insbesondere die Elektromobilität gewinnt zunehmend an Bedeutung und stellt die Mobilität und den Verkehr vor große Herausforderungen. Auch in der Öffentlichkeit ist die Elektromobilität ein viel diskutiertes Thema. Die Elektromobilität zwingt Automobilhersteller zu einem Umdenken, anhand der intensiven Forschung seitens der Automobilindustrie kann die Wichtigkeit dieses Themengebiets unterstellt werden. Die Verkehrsinfrastruktur in Zusammenhang mit der Elektroladeinfrastruktur der europäischen Länder muss sich in den kommenden Jahren an den Mobilitätswandel und somit an die Elektromobilität anpassen. Dabei ist es von besonderer Bedeutung Konzepte zum Aufbau einer geeigneten Ladeinfrastruktur zu entwickeln und analog eine adäquate Stromversorgung durch das Stromnetz zu gewährleisten. Ein weiteres zentrales Ziel ist die Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen, die durch die Elektromobilität vorangetrieben wird. Im weiteren Sinne bietet die Elektromobilität die Möglichkeit der Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen, wie etwa das Car-Sharing. Die Forschung geht davon aus, dass das Auto in Zukunft immer weniger an Bedeutung gewinnt, sodass Änderungen des Mobilitätsverhalten der Menschen unabdingbar sind.

Aus der besonderen Relevanz des Themas ergeben sich für diese Arbeit die folgende Forschungsfragen: 1. Inwiefern wird die Mobilität der Zukunft von Trends, insbesondere von Megatrends beeinflusst? 2. Inwiefern muss sich die Verkehrsinfrastruktur an die sich im Wandel befindende Mobilität anpassen, um die Elektromobilität in Zukunft zu gewährleisten und voranzutreiben? Die nachfolgende Arbeit hat die Zielsetzung, die Entwicklung der Mobilität bis hin zu infrastrukturellen Anpassungen im Verkehrssektor, hervorgerufen durch die Elektromobilität, zu untersuchen. Somit kann der aktuelle Forschungsstand zu diesem Thema beleuchtet und zukünftige mögliche Szenarien dargestellt werden.

Zunächst beschäftigt sich die Arbeit in **Kapitel 2** mit der Mobilität. In diesem Zusammenhang wird in **Punkt 2.1** der Begriff „Mobilität“ untersucht und im weiteren Verlauf in **Punkt 2.2** und **Punkt 2.3** die Entwicklung der Mobilität und die Trends der Mobilitätsbranche analysiert. **Punkt 2.4** beschäftigt sich mit der wirtschaftlichen Bedeutung des Zusammenhangs von Automobilindustrie und Mobilität. Dabei wird die Änderung der Wertschöpfungskette der Automobilindustrie und der Wandel vom klassischen Automobilhersteller hin zu einem Mobilitätsanbieter beleuchtet.

Im nachfolgenden **Kapitel 3** wird die Elektromobilität und die damit einhergehenden Herausforderungen aufgezeigt. Beginnend werden mit einer Situationsanalyse der Elektromobilität in **Punkt 3.1** Kennzahlen und Ausblicke dargestellt. Danach beschäftigt sich

die Arbeit in **Punkt 3.2** mit den Rahmenbedingungen, die die Elektromobilität beeinflussen und steuern. Dabei werden Rahmenbedingungen in ökonomischer, ökologischer, politisch-rechtlicher und gesellschaftlicher Hinsicht analysiert. Einen technischen Blick auf alternative Antriebskonzepte gibt **Punkt 3.3**. Das Ende des dritten Kapitels beschäftigt sich in **Punkt 3.4** mit der Frage, ob die Elektromobilität eine nachhaltige Lösung darstellt oder sich nur als eine Übergangslösung für andere Technologien, wie zum Beispiel die Brennstoffzellentechnologie, herausstellt.

Das darauffolgende **Kapitel 4** hat die Verkehrsinfrastruktur zum Untersuchungsgegenstand. Nachdem in **Punkt 4.1** die volkswirtschaftliche Bedeutung von Verkehr analysiert wird, folgt in **Punkt 4.2** eine Übersicht der gegenwärtigen Verkehrsinfrastrukturen und ein Ausblick auf zukünftig mögliche Potenziale. Inwiefern sich die Verkehrsinfrastruktur an die Elektromobilität anpassen muss, wird in **Punkt 4.3** behandelt. In diesem Punkt werden Fahrzeuge mit ihrem individuellen Infrastrukturbedarf aufgezeigt und der Einfluss der Netzinfrastruktur beleuchtet.

Mit den Praxisbeispielen in **Kapitel 5** wird anhand der der Stadt Stuttgart in **Punkt 5.1** und anhand der Stadt Stockholm in **Punkt 5.2** die Strategien dieser Städte zur Anpassung an die Elektromobilität und der sich wandelnden Mobilität untersucht. Dies soll darüber Aufschluss geben, ob die Städte für die Zukunft und die damit einhergehende Mobilitätswende gewappnet sind.

Mit dem **Kapitel 6** werden die, durch die Arbeit gewonnenen Erkenntnisse, zusammengefasst sowie Erfolgsfaktoren und Handlungsempfehlungen aufgezeigt. Zudem wirft dieses Kapitel einen Blick auf die Zukunft der Mobilität und auf zukünftige Verkehrsinfrastrukturen.

2 Mobilität

Ein unabhängiges und individuelles Leben ohne Mobilität ist kaum mehr vorstellbar. Der ohne Mobilität beschränkte Handlungsspielraum bezieht sich auf gesellschaftliche und berufliche Teilhabe und erschwert diese. Auch für Freizeitaktivitäten sowie die tägliche Versorgung gilt es mobil zu sein. Die Mobilität durchläuft einen stetigen Wandel, dem Wirtschaftsunternehmen, vor allem aus den Branchen Verkehr und Energieversorgung, in Form von Investition in Forschung gerecht werden müssen. Auch die Automobilindustrie als Anbieter des Individualverkehrs sowie der Bahn- und öffentliche Nahverkehr stehen auf dem Prüfstand.¹

Die Mobilität und ihre Entwicklung stehen in einer engen Verbindung mit der Wirtschafts- und Gesellschaftsentwicklung.² Dabei steht der Verkehrssektor permanent in Diskussion. Die lautesten Stimmen der Kritik richten sich gegen den Motorisierten Individualverkehr (MIV) und sehen die positive Entwicklung der Mobilität in dem Ausbau des Öffentlichen Verkehrs (ÖV).³ Die Zielsetzungen auf Bundes-, Landes-, und kommunaler Ebene werden definiert in ökologischen Maßstäben, wie Klimaschutz, die Einsparung von CO₂ und die Erhöhung der Energieeffizienz in der Mobilität, sodass in der Folge eine nachhaltige Mobilität erreicht werden soll. Diese Nachhaltigkeit definiert sich durch das Schaffen von sozial verträglichen, für den Verbraucher, Nutzer, Betreiber und die Gesellschaft ökonomisch vorteilhaften Mobilitätskonzepten. Des Weiteren soll sich nachhaltige Mobilität im ökologischen Kontext durch Ressourcenschonung und die Verbesserung der Umweltbedingungen für Mensch und Natur auszeichnen. In der Mobilitätsforschung werden ex ante Wirkungspotenziale von Maßnahmen und Konzepten evaluiert, untersucht und modelliert. Zu diesen Maßnahmen zählen infrastrukturelle Maßnahmen, wie der Bau und die Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur, betriebliche Maßnahmen, wie die Steuerung, Lenkung und das Management des Verkehrs, fahrzeugtechnische Entwicklungen und die damit einhergehenden Vorgaben, wie zum Beispiel die Antriebsart von Fahrzeugen und die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte sowie ordnungspolitische und preisliche Maßnahmen, wie die Bewirtschaftung des Parkraums und die Preisgestaltung im Öffentlichen Verkehr. Dabei werden diese Maßnahmen

¹ Vgl. Zierer, Maria/Zierer, Klaus (2010): Zur Zukunft der Mobilität. Eine multiperspektivische Analyse des Verkehrs zu Beginn des 21. Jahrhunderts. Wiesbaden, Seite 9 bis 11.

² Vgl. Lemmer, Karsten et al. (2011): Handlungsfeld Mobilität. Infrastrukturen sichern. Verkehrseffizient verbessern. Exportchancen erhöhen. Berlin, Heidelberg, Seite 9.

³ Vgl. Schwedes, Oliver (2014): Einleitung: Scheitern als Chance. In: Schwedes, Oliver (Hrsg.) (2014): Öffentliche Mobilität. Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung, 2. Auflage. Berlin, Seite 13.

modelliert und ihre Konsequenzen auf das Mobilitätsverhalten mittels Szenariotechnik eingeschätzt. Eine Maßnahme oder ein Konzept kann aber nur dann analysiert und bewertet werden, nachdem es realisiert wurde. Erst jetzt können Aussagen darüber getroffen werden, inwieweit Umfang und Wirkungspotenziale sich im Gegensatz zum Ausgangszustand real verändert haben. Aus Mobilitätsforschungen der Vergangenheit erwies sich, dass einige Mobilitätskonzepte oder Maßnahmen, die ex ante zunächst als effektiv bewertet wurden, als nicht oder nur zum Teil umsetzbar waren. Daraus ist die Wichtigkeit und der Wert von ex post Untersuchungen abzuleiten.⁴ Die Mobilität stellt ein komplexes Phänomen dar, mit Themenfragen, die nicht eindimensional beantwortet werden können. Die Entwicklung der Mobilität ist eine Problemstellung, die die gegenwärtige Generation beschäftigt und auch in Zukunft global von beachtlicher Bedeutung sein wird.⁵

Das folgende Kapitel dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Erklärung des Mobilitätsbegriffs, zeigt auf, wie sich die Mobilität entwickelt und welche Trends in der Mobilitätsbranche zu erwarten sind.

2.1 Begriffserklärung Mobilität

Der Etymologie zufolge stammt der Begriff „Mobilität“ aus dem lateinischen „mobilitas“, das übersetzt „Bewegung“ oder „Beweglichkeit“ bedeutet. Personen, Waren oder Informationen sind Objekte, die bewegt werden können. Eine allgemein gültige, einheitliche Definition von Mobilität gibt es trotz zahlreich verschiedenen und spezialisierten Definitionen nicht.⁶ Zu der Spezialisierung der Mobilität gehören geografische-, horizontale-, individuelle-, intergenerationale-, intragenerationale-, kollektive-, konnubiale-, kulturelle-, migratorische-, räumliche-, regionale-, scheinbare-, soziale-, totale-, unechte- und vertikale Mobilität.⁷ In einer Definition wird die Mobilität folgendermaßen beschrieben: „Mobilität bezieht sich auf die Möglichkeiten eines Individuums, zwischen Alternativen auswählen zu können“⁸. Die vielfältige Auslegung des Begriffs Mobilität macht die

⁴ Vgl. Schönharting, Jörg (2013): Track 3. Neue Mobilitätskonzepte in Aktion. In: Proff, Heike et al. (Hrsg.) (2013): Schritte in die künftige Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden, Seite 345.

⁵ Vgl. Zierer/Zierer (2010), Seite 10.

⁶ Vgl. Zierer/Zierer (2010), Seite 19.

⁷ Vgl. Fuchs-Heinritz, Werner et al. (Hrsg.) (1994): Lexikon zur Soziologie, Opladen, Seite 443f.

⁸ Limbourg, Maria/Flade, Antje/Schönharting, Jörg (2000): Mobilität im Kindes- und Jugendalter. Opladen, Seite 12.

Komplexität desselben deutlich. Nach diesen Ansätzen könnte Mobilität mit Flexibilität gleichzusetzen sein. Die Schwierigkeit besteht darin, den Mobilitätsbegriff ohne attributive Einschränkungen zu beschreiben.⁹

Grundsätzlich werden drei Arten der Mobilität unterschieden: (a) physische Mobilität, die sich auf die physische Bewegung von einem Ort zu einem anderen Ort im räumlich Aspekt bezieht; (b) soziale Mobilität, bei der die Bewegung zwischen sozialen Schichten verstanden werden kann; (c) geistige Mobilität, die die Bewegung von Gedanken und Vorstellungen beschreibt und aus psychologischer Betrachtungsweise im Mobilitätsverständnis zu wenig beachtet wird.¹⁰

Bedeutend bei der Betrachtung der Mobilitätsbranche und dem untrennbar dazugehörigen Verkehrssektor ist die klare Trennung und Unterscheidung von Mobilität und Verkehr. Besonders bei der Entwicklung von Lösungsansätzen bezüglich der Frage nach nachhaltiger Mobilität und der Anpassung des Straßen-, Schienen-, Luftverkehrs sowie den Wasserwegen in der Zukunft, ist das Kennen des Unterschieds unabdingbar.¹¹ Eine Definition zu Mobilität und Verkehr lautet:

„Potentielle Mobilität ist die Beweglichkeit von Personen, allgemein und als Möglichkeit. Realisierte Mobilität ist realisierte Beweglichkeit, ist die Befriedigung von Bedürfnissen durch Raumveränderung (kurz: Mobilität). Verkehr ist das Instrument, das man dann für die konkrete Umsetzung der Mobilität benötigt. Verkehr umfasst Fahrzeuge, Infrastrukturen und die Verkehrsregeln und ist auch sehr gut messbar.“¹²

Verkehr ist somit ein Teil der Mobilität, der entsteht, weil sich Personen aus vielerlei möglichen Mobilitätsvarianten, für die subjektiv geeignetste Variante entscheiden. Verkehr ist demnach auch als ein Komplementärbegriff zu verstehen, da er die Summe der individuell getroffenen Entscheidungen beschreibt und folglich die Gesamtebene des Geschehens darstellt. Verkehrsnetze und Bewegungen in diesem Geschehen können als real gewordene Mobilität bestimmt werden. Dabei soll das Verkehrsnetz durch individuelle sowie öffentliche Transportbedürfnisse formiert werden. Es ist deutlich, dass

⁹ Vgl. Zierer/Zierer (2010), Seite 19.

¹⁰ Vgl. Funke, Joachim (2018): Mobilität als Bewegung im physischen, sozialen und geistigen Raum. In: Funke, Joachim/Wink, Michael (Hrsg.) (2018): Perspektiven der Mobilität. Heidelberger Jahrbücher Online, Band 3, Artikel 2. Heidelberg, Seite 6 bis 7.

¹¹ Vgl. Randelhoff, Martin (2011): Der Unterschied zwischen Verkehr und Mobilität. <https://www.zukunft-mobilitaet.net/3892/analyse/unterschied-verkehr-mobilitaet/> (abgerufen am 11.04.2019).

¹² Becker, U.; Gerike, R.; Völlings, A. (1999): Gesellschaftliche Ziele von und für Verkehr, Heft 1 der Schriftenreihe des Instituts für Verkehr und Umwelt e.V. (DIVU). Dresden, Seite 71.

beide Begrifflichkeiten, Verkehr und Mobilität, in engem Zusammenhang stehen und immer wieder aufeinander verweisen. Deutlich wird es in der Erklärung von Tully/Baier:¹³

„Das Verkehrssystem ist notwendige Voraussetzung für Mobilität, und Mobilität ver-
gegständlicht sich als Verkehr. Die Potenzialität der Mobilität steht der Aktualität des
Verkehrs gegenüber.“¹⁴

Der Zusammenhang von Verkehr und räumlich-zeitlicher Mobilität ergibt sich aus sozio-
kulturellen und individuellen Bedürfnissen. Um neue Mobilitätskonzepte entwickeln zu
können muss stets die Komplexität der Begriffe berücksichtigt werden.¹⁵

2.2 Entwicklung der Mobilität

Die Individualität jeder Person rückt immer mehr in den Vordergrund. Aus dieser Tatsache heraus ist die Mobilität essentieller als je zuvor. Das Teilhaben im sozialen Umfeld, das Erreichen der Arbeitsstätte, der gesellschaftliche Fortschritt, das wirtschaftliche Wachstum sowie Selbstverwirklichung und individueller Erfolg setzen Mobilität voraus. Menschen wollen und müssen mobil sein um ihren Bedürfnissen nach Steigerung der Lebensqualität, Zielen oder Wünschen gerecht werden zu können.¹⁶ Denn Mobilität ist ein Grundbedürfnis des Menschen. Bei dem Versuch Mobilität in die von Abraham Maslow entwickelte Maslowsche Bedürfnispyramide zu integrieren, ist eine explizite Zuordnung schwierig.¹⁷ Die Maslowsche Bedürfnispyramide ist in fünf Stufen aufgeteilt. Die niedrigste Stufe definiert fundamentale physiologische Bedürfnisse, wie zum Beispiel Hunger, Schlaf oder Luft. Die zweite Stufe umfasst die Sicherheitsbedürfnisse, wie das Wohnen oder der Schutz vor Gefahren. Soziale Bedürfnisse sind der Stufe 3 zuzuordnen. Individual- beziehungsweise Ich-Bedürfnisse werden in der 4 Stufe definiert. Erst mit Befriedigung der Bedürfnisse dieser Stufen erlangt die letzte Stufe, das Verlangen nach Selbstverwirklichung Bedeutung.¹⁸ Fraglich ist, ob Mobilität zu einem fundamentalen physiologischen Grundbedürfnis, also zu Stufe 1, zählt. Die körperliche Mobilität ist

¹³ Vgl. Zierer/Zierer (2010), Seite 25.

¹⁴ Tully, Claus/Baier, Dirk (2006): Mobiler Alltag. Mobilität zwischen Option und Zwang – Vom Zusammenspiel biographischer Motive und sozialer Vorgaben. Wiesbaden, Seite 39f.

¹⁵ Vgl. Zierer/Zierer (2010), Seite 25.

¹⁶ Vgl. Zukunftsinstitut (o.V.) (2017): Die Evolution der Mobilität. Eine Studie des Zukunftsinstitutes im Auftrag des ADAC. https://www.zukunftsinstitut.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Auftragsstudien/ADAC_Mobilitaet2040_Zukunftsinstitut.pdf (abgerufen am 12.04.2019), Seite 6.

¹⁷ Vgl. Zierer/Zierer (2010), Seite 27.

¹⁸ Vgl. Maslow, Abraham (1977): Motivation und Persönlichkeit. Olten, Walter.

dem zuzuordnen. Mobilität, die sich als Verkehr widerspiegelt wohl eher nicht. Eine Übereinstimmung finden man in Stufe 3, denn Mobilität ist als soziales Bedürfnis einzustufen.¹⁹ Des weiteren ist Mobilität eine zentrale Anforderung in der heutigen, modernen Gesellschaft. Auswirkungen dessen sind insbesondere die Steigerung des Mobilitätsbedarfs und das zunehmende Spektrum an Mobilitätsformen, sodass der Mobilitätsbereich zu den größten Wachstumsmärkten zählt.²⁰ Die Investitionen in die Mobilität der privaten Haushalte in der Europäischen Union (EU) belaufen sich auf über eine Billion Euro. Die Aktivität des Transportsektors zeigt ein signifikantes Wachstum auf.²¹

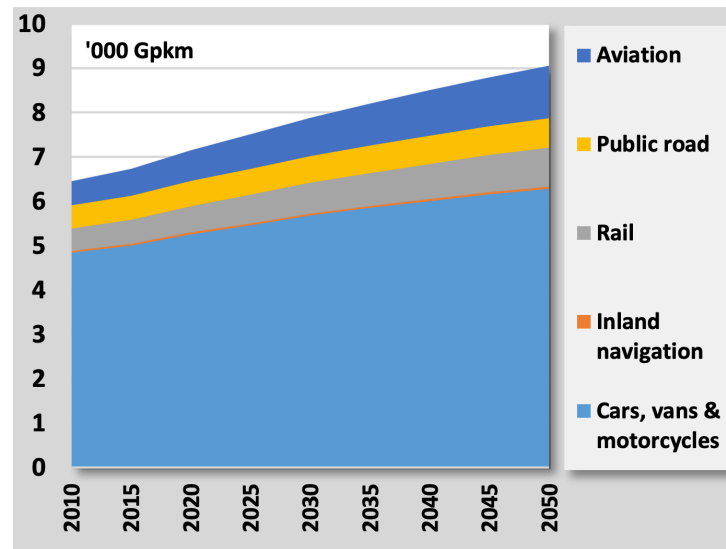


Abbildung 1: Wachstum der Personentransportaktivität in der EU (Giga Personenkilometer im Verhältnis zu Jahren).²²

Abbildung 1 zeigt einen Ausblick des Wachstums der Personentransportaktivität in den Bereichen Luftverkehr, Öffentlicher Straßenverkehr, Schienenverkehr, Binnenschifffahrt und PKW und Motorräder. Den höchsten Anstieg weist die Zeitspanne zwischen 2010 und 2030 auf. Dies ist getrieben von Entwicklungen und ökonomischen Aktivitäten und betrifft sowohl den Personen- als auch Güterverkehr. Auch nach dem Jahr 2030 wächst die Personenverkehrsaktivität, jedoch in kleineren Abständen. Zurückzuführen lässt sich

¹⁹ Vgl. Zierer/Zierer (2010), Seite 27.

²⁰ Vgl. Zukunftsinstitut (o.V.) (2017), Seite 6.

²¹ Vgl. Capros, Pantelis et al. (2016): EU Reference Scenario 2016. Energy, transport and GHG emissions. Trends to 2050. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft_publication_REF2016_v13.pdf (abgerufen am 12.04.2019), Seite 58.

²² Vgl. Capros, Pantelis et al. (2016), Seite 58.

dieses langsamere Wachstum auf nahezu stagnierende Bevölkerung nach 2040 und den Verkehrssektor betreffende Sättigungseffekte.²³

Mit der Elektrifizierung des Antriebstranges und der progressiven Entwicklung in Bezug auf die Vernetzung und Automatisierung des Automobils entstehen völlig neue Mobilitätskonzepte. Eine wichtige Bedeutung zur Erreichung neuer Mobilitätskonzepte, kommt der Digitalisierung der Wirtschaft und Gesellschaft zu. Dabei bilden Industrie 4.0 und Smart-Services Chancen und gleichzeitig Herausforderungen für den Mobilitätsbereich. Dies gilt für die Industrie aber auch für die Gesellschaft und die Politik. Vor dem Hintergrund, dass die Mobilität zur Verbesserung der Lebensqualität beiträgt steht sie vor vielfältigen Herausforderungen. Um beispielsweise der Gruppe der älter werdenden Gesellschaft und den damit verbundenen körperlichen Einschränkungen gerecht zu werden, gilt es eine nahtlose Anbindung an Mobilitätsdienstleistungen zu schaffen. Auf der anderen Seite, der jungen Generation, ändern sich die Bedürfnisse hinsichtlich der Mobilität. Ein eigenes Auto wird für junge Menschen immer weniger wichtig, der Fokus der jungen Menschen liegt bei der Effizienzsteigerung der Reisezeit. Im Vordergrund steht häufig das Streben, verschiedene Verkehrsträger komfortabel zu nutzen und die Reisezeit produktiv für andere Beschäftigungen nutzen zu können. Bezüglich der Produktivität während des Mobilseins gilt das gleiche für das autonome Fahren, bei dem der Fahrer nicht mehr aktiv im Verkehr teilhaben muss. Daraus abzuleiten ist, dass Mobilität sich in Zukunft an die Bedürfnisse der Nutzer anpassen muss. Auch die Urbanisierung, also die Ausbreitung städtischer Lebensformen, verstärkt diese Notwendigkeit. Ein sich stellendes Problem für Städte ist das wachsende Verkehrsaufkommen und damit einhergehend Lärm, Luftverschmutzung, Platzmangel und Parkplatzknappheit. Bei Betrachtung der ländlichen Regionen wird es schwierig werden, ausreichende Mobilitätsdienstleistungen zu schaffen. Der Kostenfaktor übt dabei besonderen Druck auf Kommunen aus.²⁴

Weitere Herausforderungen im Rahmen der Entwicklung der Mobilität kommen auf den Straßenverkehr zu. Dabei ergeben sich wachsende klimapolitische Herausforderungen im Bereich der Dekarbonisierung. Während des Klimagipfels in Paris im Jahr 2015 wurde die Bekämpfung des Klimawandels diskutiert und das sogenannte Übereinkommen von Paris beschlossen, dass neben der Energiewende hin zu erneuerbaren Energien für die

²³ Vgl. Capros, Pantelis et al. (2016), Seite 58.

²⁴ Vgl. Kagermann, Henning (2017): Die Mobilitätswende: Die Zukunft der Mobilität ist elektrisch, vernetzt und automatisiert. In: Hildebrandt, Alexandra/Landhäußer, Werner (Hrsg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Seite 357 bis 358.

Erzeugung des Stroms auch die Reduzierung der fossilen Brennstoffe im Straßenverkehr verlangt. Auf Grund der wachsenden Infrastruktur von erneuerbaren Energien ergibt sich die Möglichkeit, Treibhausgase zu reduzieren. In Deutschland wird circa ein Fünftel des CO₂-Austoßes vom Verkehr verursacht, davon sind 95% dem Straßenverkehr zuzuordnen. Auch im Rahmen des Güterverkehrs ist ein stetiges Wachstum zu verzeichnen und resultiert in steigendem Verkehrsaufkommen. Ein großer Treiber des Wachstums im Güterverkehr ist die zunehmende Digitalisierung im Einzelhandel, die eine Steigerung der Anzahl an Einzellieferungen im Onlineversandhandel bedingt. Verstärkt wird dieser Trend durch die Industrie 4.0 und der damit einhergehenden individuellen Produktion.²⁵ Schätzungen ergeben, dass sich im Jahre 2025 der größte Teil der erbrachten Verkehrsleistungen (knapp 57%) auf den grenzüberschreitenden Güterverkehr verlagert.²⁶ In der Zukunft liegt demnach ein wesentlicher Fokus darauf, den Güterverkehr nachhaltig zu gestalten.²⁷

Damit die Gestaltung des Verkehrs hin zu einer effizienten, ökologischen und intelligenteren Mobilität gewährleistet werden kann und man somit den Herausforderungen entgegenwirken kann, wird eine Mobilitätswende benötigt. Mit der Mobilitätswende ist ein ganzheitliches Konzept gemeint, das die Gesamtheit der Verkehrsträger sowie die bestimmenden Dimensionen Elektrifizierung, Digitalisierung und Vernetzung berücksichtigt. Die Mobilitätswende bietet vor allem Deutschland die Chance, an die Gesamtheit der Herausforderungen, wie dem Klimawandel, der Verkehrssicherheit und sozialer Teilhabe, heranzutreten und die Innovationsfähigkeit zu sichern. Angesichts dieser Tatsache muss die Befriedigung der Kundenbedürfnisse sowie die Frage nach Komfort und Kosten im Vordergrund der Geschäftsmodelle von Unternehmen der Mobilitätsbranche stehen. Beobachtungen zeigen, dass Anzeichen für einen Wandel der Mobilitätskultur wahrzunehmen sind. Dies resultiert aus den steigenden Energiepreisen und nicht zuletzt auf Grund der hohen Kosten für Fahrzeuge mit umweltfreundlicher Antriebs- und Fahrzeugtechnologie. Das Ergebnis daraus spiegelt sich in einer stärkeren Belastung des Mobilitätsbudgets in den Haushalten. Ein Großteil der Menschen kann oder will die höhere Belastung auf Dauer nicht tragen und orientiert sich an Alternativen. Folglich sinkt die Investitionsbereitschaft und neue Möglichkeiten der Verkehrsmittelwahlentscheidung

²⁵ Vgl. Kagermann (2017), Seite 358.

²⁶ Vgl. Acatech (Hrsg.) (2012): Menschen und Güter bewegen. Integrative Entwicklung von Mobilität und Logistik für mehr Lebensqualität und Wohlstand. Berlin, Heidelberg, Seite 12.

²⁷ Vgl. Kagermann (2017), Seite 358.

entstehen.²⁸ Bedeutend ist zudem das Thema des automatisierten Fahrens. Großes Potenzial für das Angebot an individuellen Services bietet die Zeit, die durch fahrerloses Fahren hinzugewonnen wird. Diese Zeit kann effektiv und produktiv für andere Dinge genutzt werden.²⁹ Die Trendveränderung im Mobilitätsverhalten ist insbesondere bei jungen Menschen festzustellen. Im Vordergrund stehen bei dieser technikaffinen Generation die Pragmatik in der Nutzung und weitaus weniger der Fokus ein Automobil zu besitzen. Steigenden Kosten des Automobils, Stau, Parkplatzmangel und Mobilitätsalternativen oder die Verlagerung der Statussymbole wie zum Beispiel das Smartphone, können mögliche Faktoren dafür sein. Empirische Untersuchungen des „deutschen Mobilitätspanels“ (MoP) und der „Mobilitätserhebung in Deutschland“ (MiD) haben herausgestellt, dass sich immer weniger junge Menschen einen Pkw anschaffen, geschweige denn einen Führerschein machen.³⁰ Aus dieser Einstellung heraus, in Kombination mit einem urbanen und umweltbewussten Lebensstil der jungen Menschen, wird eine klimaschonende Mobilität erreicht. Der Umweltverbund, darunter zählen Öffentliche Verkehrsmittel, Fahrrad, Zufußgehen, Bildung von Fahrgemeinschaften und Car-Sharing, gewinnt somit mehr Anteile am Modal-Split.³¹ Als Modal-Split versteht man die Aufteilung des Verkehrsaufkommen oder der Verkehrsleistung auf verschiedenartige Verkehrsträger.³² Das Mobilitätsportfolio der jungen Generation umfasst u.a. Car-Sharing, Mitfahrzentralen, Mietfahrräder oder Mobilitäts-Applikationen auf dem Smartphone, welche zugleich individuell kombinierbare Bausteine darstellen und Multiplikatoren für innovative Mobilitätsdienstleistungen generieren.³³ Vor dem Hintergrund, dass die neuen Formen der Mobilität, beziehungsweise des Unterwegsseins bei der jungen Generation am meisten Verbreitung und Anwendung findet, gilt es den Fokus auf dessen Mobilitätsverhalten zu legen und zukünftig daran anzupassen. Folglich entstehen Kohorteneffekte, denn ältere Verkehrsteilnehmer verzeichnen eine konservative Einstellung und halten an

²⁸ Vgl. Stiewe, Mechtild/Wittowsky, Dirk (2013): Mobilitätskonzepte im Wandel – Mobilitätsmanagement als Hebel zur Reduzierung von CO₂-Emissionen. In: Proff, Heike et al. (Hrsg.) (2013): Schritte in die künftige Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden, Seite 433.

²⁹ Vgl. Kagermann (2017), Seite 359.

³⁰ Vgl. Schleiffer, Nicole et al. (2017): Mobilitätsverhalten der Generation Young. In: Proff, Heike/Fojcik, Thomas Martin (Hrsg.) (2017): Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Duisburg, Seite 12.

³¹ Vgl. Stiewe/Wittowsky (2013), Seite 433.

³² Vgl. Bratzel, Stefan (2008): Mobilität und Verkehr. <http://www.bpb.de/izpb/9005/mobilitaet-und-verkehr?p=all> (abgerufen am 15.04.2019).

³³ Vgl. Stiewe/Wittowsky (2013), Seite 433.

gewohntem Handeln fest.³⁴ Bei der Vervielfältigung der Mobilitätsdienstleistungen ist es möglich, diese einzuordnen und nach vier Charakteristika zu unterscheiden: Neue Mobilitätsangebote als Erweiterung der klassischen Verkehrsmittelangebote, Qualitätsverbesserungen bestehender Mobilitätsangebote, im Besonderen durch Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten, multimodale Integration von Mobilitätsdienstleistungen sowie Akteure hinter Mobilitätsangeboten. Abbildung 2 visualisiert die Einordnung von Mobilitätsangeboten in die vier Charakteristika.³⁵

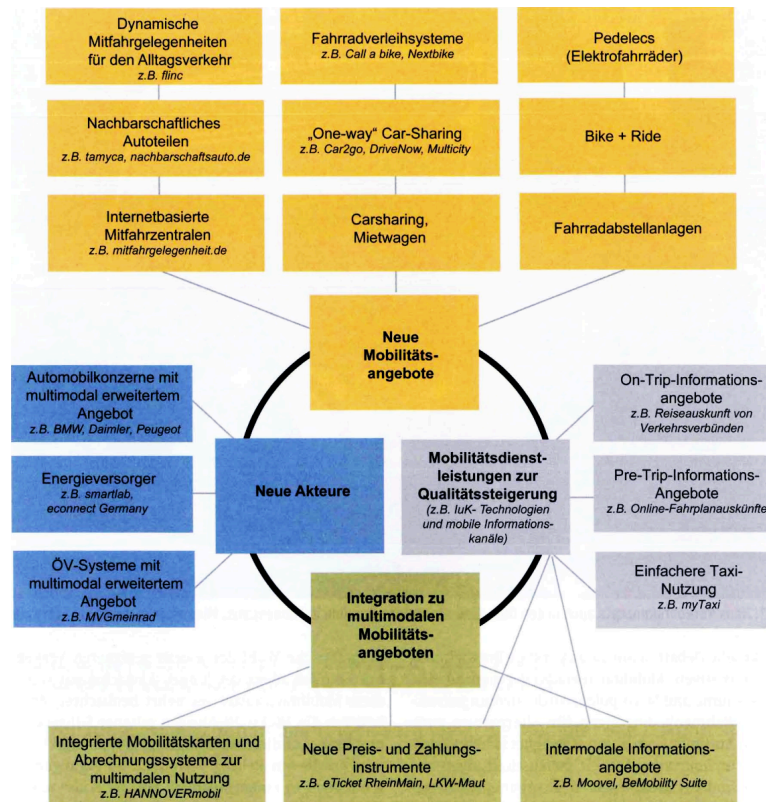


Abbildung 2: Neue Mobilitätsdienstleistungen³⁶

³⁴ Vgl. Schenk, Tilman A. (2017): Bringt die nächste Generation die Mobilitätswende? In: Wilde, Mathias et al. (Hrsg.) (2017): Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie. Ökologische und soziale Perspektiven. Wiesbaden, Seite 78.

³⁵ Vgl. Lanzendorf, Martin/Schönduwe, Robert (2013): Urbanität und Automobilität. Neue Nutzungsmuster und Bedeutungen verändern die Mobilität der Zukunft. In: Geographische Rundschau, 6. Auflage, Seite 36, 37.

³⁶ Ebd., Seite 36.

Mehrere der neuen Mobilitätsangebote nutzen Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien), dessen Wachstum auf die Verbreitung mobiler Informationskanäle zurückzuführen ist.³⁷ Gegenwärtig ist die Marktentwicklung der Mobilitätsdienstleistungen für die Zukunft noch ungewiss. Ein Wandel beziehungsweise die Mobilitätswende ist aber bereits erkennbar.³⁸ Die Erwartungen der Gesellschaft sind enorm und die Frage nach der Mobilität in der Zukunft erreicht einen immer größer werdenden Umfang. Die Kernthemen der Mobilität der Zukunft werden Elektrifizierung, Vernetzung und Automatisierung sein.³⁹

2.3 Trends der Mobilitätsbranche

In den vergangenen Jahren ist ein Hype in der Trendforschung zu verzeichnen. Ziel von Forschern, Wissenschaftlern, Unternehmen und privaten Instituten ist es zu versuchen, die gegenwärtigen Trends für die Zukunft zu analysieren. Dabei stellen Megatrends vor allem in Unternehmen, ein gewisses Frühwarnsystem dar und zeigen Chancen und Risiken auf. Die Zukunft kann damit planbar gestaltet werden. Der zukünftige Wandel ist nicht mehr primär nur dem technologiezentrierten Ansatz ausgesetzt, viel mehr soziotechnischer Natur, also eine evolutionäre Sicht auf die Gesellschaft und folglich auch auf Mobilität.⁴⁰

Ein Wandel des Mobilitätssystems durch die Entwicklung neuer Mobilitätsdienstleistungen ist unverzichtbar. Traditionelle Möglichkeiten werden erweitert und neue Optionen werden geschaffen. Begleitet wird dieser Prozess von einer Veränderung der Mobilitätsnachfrage hin zu mehr Multimodalität. Beispielsweise Mitfahrgelegenheiten oder Peer-to-Peer-Carsharing bieten Nutzern die Möglichkeit selbst Angebote zu generieren. Im Gegensatz zu festgelegten Fahrplänen, Wegstrecken und Tarifen, wie sie im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zu finden sind, entwickeln sich neue Mobilitätsdienstleistungen über IT-Plattformen, als Mobilitätsnetzwerk, folglich nur auf Grund der Interaktion zwischen verschiedenen Nutzern. Diese werden letztendlich bei

³⁷ Vgl. Ebd., Seite 38.

³⁸ Vgl. Lanzendorf, Martin/Hepsaker, Jakob (2017): Mobilität 2.0 – Eine Systematisierung und sozial-räumliche Charakterisierung neuer Mobilitätsdienstleistungen. In: Wilde, Mathias et al. (Hrsg.) (2017): Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie. Ökologische und soziale Perspektiven. Wiesbaden, Seite 143.

³⁹ Vgl. Kagermann (2017), Seite 359.

⁴⁰ Vgl. Linden, Erik/Wittmer, Andreas (2018): Zukunft Mobilität: Gigatrend Digitalisierung und Megatrends der Mobilität. St. Gallen, Seite 2.

Übereinstimmung von Angebot und Nachfrage realisiert. Des Weiteren ergibt sich durch neue Mobilitätsleistungen eine Individualität der Nutzer, losgelöst von der Rolle als passiver Konsument. Dies zeigt sich in Form von einer größeren Auswahl an Verkehrsmitteln, sodass proaktiv zwischen den am besten geeigneten Mobilitätsdienstleistungen entschieden werden kann.⁴¹ Die Zukunft der Mobilität wird geprägt von Elektrifizierung, Vernetzung, Automatisierung sowie den damit einhergehenden Megatrends Individualisierung, Urbanisierung, Globalisierung, Ökologie und Sicherheit.⁴² Man bezeichnet als Megatrend eine allgemeine Verlagerung im Denken oder bei Auffassungen, die ganze Länder, Branchen und Organisationen umfasst.⁴³

Zur Erreichung von integrierten Klima-, Energie- und Mobilitätszielen ist die Elektromobilität als Schlüsselthema essentiell. Der Klimawandel sowie endliche Ressourcen zwingen den Umstieg auf erneuerbare Energien, auch im Verkehrssektor, der die größte Abhängigkeit von Erdöl verzeichnet.⁴⁴ Eine fortschreitende Erderwärmung, zunehmender Schadstoffausstoß durch ineffiziente Produkte, Rohstoffknappheit und die progressive Sensibilisierung der Menschen in Bezug auf Umweltthemen führen zu einer Dynamisierung des Megatrends der Ökologie.⁴⁵ Mit der Elektromobilität entsteht die Möglichkeit, fossile Kraftstoffe im Mobilitätsbereich zu ersetzen. Elektromobilität ist besonders in Großstädten und Megacities (Städte ab 10 Millionen Einwohnern) von hoher Bedeutung und leistet durch Emissions- und Lärmfreiheit einen bedeutenden Beitrag zur Lebensqualität in urbanen Ballungsräumen.⁴⁶ Schon jetzt zeigt sich die Akzeptanz der Elektromobilität in Großstädten am Beispiel von Elektrorädern, den sogenannten Pedelecs.⁴⁷ Nicht zuletzt ist festzustellen, dass das Fahrrad in Deutschland eine Renaissance erlebt. Im Jahre 2014 wurden 72 Millionen Fahrräder gezählt, demnach hat die Anzahl der Räder innerhalb 10 Jahren, bis 2014, um 5 Millionen Stück zugenommen. Zurückzuführen ist dies auf das steigende Gesundheitsbewusstsein, kombiniert mit dem praktischen

⁴¹ Vgl. Lanzendorf/Hesaker (2017), Seite 143.

⁴² Vgl. Linden/Wittmer (2018), Seite 6.

⁴³ Vgl. Onpulson (o.V.) (2018): Megatrend. <https://www.onpulson.de/lexikon/megatrend/>. (abgerufen am 24.04.2019).

⁴⁴ Vgl. Knie, Andreas/Scherf, Christian/Wolter, Frank (2018): Zukunftsvisionen zur Mobilität 2025: Vernetzt, elektrisch und grün. https://www.innoz.de/sites/default/files/tagungsband_mobilitaet_und_kommunikation.pdf (abgerufen am 17.04.2019).

⁴⁵ Vgl. Linden/Wittmer (2018), Seite 9.

⁴⁶ Vgl. Kagermann (2017), Seite 359.

⁴⁷ Vgl. Knie/Scherf/Wolter (2018).

Nutzen, der Deutschen.⁴⁸ Der Ausbau von Schnellradwegen eröffnet zudem eine neue Dimension des Radfahrens.⁴⁹ Zudem kommt der Elektrifizierung des Bussystems im Personennahverkehr eine entscheidende Rolle in Bezug auf die Emissionssenkung zu. Die Umsetzung der Elektromobilität erfordert eine Anpassung der Infrastrukturen.⁵⁰

Neben der Elektrifizierung wird die Mobilität der Zukunft von der Vernetzung und dem Megatrend Digitalisierungen bestimmt werden. Die Konnektivität beziehungsweise das Vernetzt-Sein, verändert und beeinflusst die Art und Weise, wie Menschen kommunizieren, konsumieren und reisen. Die Entwicklung und der Wandel unseres digitalen Lebens ist auffallend rasant.⁵¹ Elektromobilität, Sharing, Access-Prinzip und autonomes Fahren zeichnen die zukünftige Mobilitätsgesellschaft aus und basieren auf einer umfassenden Vernetzung bis hin zur künstlichen Intelligenz (KI).⁵² Mit der fortschreitenden Digitalisierung werden immer mehr Gegenstände wie Haushaltsgeräte, Maschinen, Autos, Container, Verkehrszeichen und Infrastrukturelemente, wie beispielsweise Ampeln in Zukunft smart und vernetzt sein. Somit wird das Auto Teil eines Smart Grids. Geschätzt werden im Jahre 2020, mit steigender Tendenz, dass jährlich zehn Milliarden vernetzte Dinge online gehen. Dies gelingt mit der Gewinnung von Smart Data, die durch Datenanalyse und -verarbeitung aber auch durch Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz generiert werden können. Das Internet of Things (IoT) sowie die Industrie 4.0 sind in Zukunft nicht mehr wegzudenken und dringen in alle Lebensbereiche vor. Bezieht man den progressiven Fortschritt der Vernetzung auf die Mobilität, wird sich das Fahrzeug als Knotenpunkt im Internet (Smart Car) etablieren und ermöglicht eine intelligente Steuerung der Verkehrsflüsse (Smart Traffic). Moderne Autos kommunizieren immer mehr miteinander und mit ihrer Umwelt. Betrachtet man die Entstehung der Daten, werden in einem Auto pro Stunde Autofahrt etwa 10 Gigabyte (GB) gesammelt. Bei einer Fahrt von beispielsweise Frankfurt nach Berlin würden etwa 50 GB an Daten entstehen. Im Jahre 2016 lag die Menge an vernetzten Autos noch bei 35%, 2025 soll jedes Fahrzeug vernetzt beziehungsweise „connected“ sein.⁵³ Durch die Symbiose von Smart Cars und

⁴⁸ Vgl. STVA (o.V.) (2019): Die 7 wichtigsten Mobilitätstrends. <https://www.strassenverkehrsamt.de/magazin/die-7-wichtigsten-mobilitatstrends> (abgerufen am 17.04.2019).

⁴⁹ Vgl. Knie/Scherf/Wolter (2018).

⁵⁰ Vgl. Kunith, Alexander W. (2017): Elektrifizierung des urbanen öffentlichen Busverkehrs. Technologiebewertung für den kosteneffizienten Betrieb emissionsfreier Bussysteme. Berlin, Seite 2.

⁵¹ Vgl. Neumann, Karl-Thomas (2017): Achtung, „Umparker“! Vom Automobilhersteller zum vernetzten Mobilitätsanbieter. In: Hildebrandt, Alexandra/Landhäußer, Werner (Hrsg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Seite 374.

⁵² Vgl. Zukunftsinstitut (o.V.) (2017), Seite 30.

⁵³ Vgl. Neumann (2017), Seite 378.

Smart Traffic resultiert, dass Mobilität auch als Servicedienstleistung („mobility as a service“) angeboten werden kann. Durch diese Umstellung des Straßenverkehrs werden sowohl der Zugang zur Mobilität erleichtert als auch die Sicherheit im Verkehr erhöht.⁵⁴ So entsteht eine sich selbst steuernde Echtzeit-Verkehrsplanung mit nahtlosen Übergängen von einem Transportmittel zum anderen. Dank des IoT wird es möglich sein, Verkehrs-, Navigations- und Fahrzeugsysteme geordnet auf einander abzustimmen. Das Anwendungsgebiet bezieht sich dabei neben Mobilitätsdienstleistern und Verkehrsverbunde auch auf private Fahrzeuge, Flotten, Straßen, Parkplätze und Ladeinfrastrukturen, Telekommunikationsnetze und mobile Geräte. Verkehrssysteme und Mobilität werden sich somit stärker selbst lenken können. Zur Umsetzung solcher Systeme ist die Bildung von Kooperationen und Kollaborationen zwischen Herstellern und IT-Plattformen unabdingbar.⁵⁵ Smart Mobility Services sind Teil des Paradigmenwechsels der Mobilitätsbranche und im Zentrum steht der Nutzer mit seinen individuellen Bedürfnissen.⁵⁶ Der Individualität beziehungsweise dem Megatrend Individualisierung kommt eine bedeutende Rolle im Rahmen der Mobilitätsentwicklung zu. Die Vielfalt an veränderbaren, neuen Lebensstilen wirkt sich auf das Mobilitätsverhalten aus.⁵⁷

Wirtschaftlich betrachtet entsteht durch den Wandel ein großer Wettbewerb. Profitieren wird letztendlich derjenige, der über die Hoheit der Daten verfügt. Wer das Konglomerat Gegenstände, Geräte, und Maschinen mit den Daten der Nutzer zusammenbringt, wird eine Monopolstellung erreichen.⁵⁸ Der Aufbau von digitalen Mobilitätsplattformen ist essentiell für die Automobil- und Zulieferindustrie. Digitale Serviceplattformen messen gegenwärtig einen Marktwert von 4,3 Billionen US\$. Die Anzahl der direkten Beschäftigten erstreckt sich auf 1,3 Millionen. Das Problem beziehungsweise die Herausforderung für Unternehmen in Europa ist, dass in Nordamerika und zunehmend Asien bisher die größte Zahl an Plattformanbietern niedergelassen sind.⁵⁹ Im Hinblick auf Mobilitätsplattformen, gilt es vor allem für deutsche Unternehmen und Hersteller Anstrengungen zu unternehmen, innovative Plattformen zu schaffen. Diese Mobilitätsplattformen bilden die Grundlage für vielfältige Smart Services und vereinen eine große Anzahl an Datenquellen, wie zum Beispiel anonymisierte Nutzerprofile, Fahrzeug- und Umgebungsdaten aus

⁵⁴ Vgl. Kagermann (2017), Seite 363.

⁵⁵ Vgl. Zukunftsinstitut (o.V.) (2017), Seite 30.

⁵⁶ Vgl. Kagermann (2017), Seite 364.

⁵⁷ Vgl. Zukunftsinstitut (o.V.) (2017), Seite 9.

⁵⁸ Vgl. Kagermann (2017), Seite 364.

⁵⁹ Vgl. Evans, Peter C./Gawer, Annabelle (2016): The Rise of the Platform Enterprise. A Global Survey. New York, Seite 21.

Kartendiensten, Daten intelligenter Verkehrsinfrastrukturen und Wetterinformationen.⁶⁰ Das Themenfeld, in dem Fahrzeuge untereinander und mit der Umwelt beziehungsweise der Infrastruktur kommunizieren, stellt einen weitreichenden Systemzusammenhang dar. Vernetzung und Automatisierung resultieren nicht mehr ausschließlich aus der Bereitstellung von Einzelfunktionen für den Nutzer, sondern bieten langfristig gesehen die Möglichkeit und das Potenzial den gesamten Waren- und Personenverkehr revolutionär zu verändern.⁶¹

Geprägt von der Digitalisierung ist die Automatisierung der Fahrzeuge sowie der Verkehrsstrukturen. Damit bildet die Automatisierung eine weitere Säule der Mobilitätswende. In Infrastruktur, Maschinen, Haushaltsgeräten und Alltagsgegenständen sind viele Milliarden kleiner und kleinster Computer verbaut. 150 davon sind in jedem modernen Mittelklasse Fahrzeug integriert. Die Vernetzung zu einem IoT ist essentieller Treiber der Digitalisierung. Bislang wurden Fahrzeuge passiv fremdgesteuert. In Zukunft werden sich Fahrzeuge auf Basis von eingebetteten Systemen zu aktiven, selbstkommunizierenden Einheiten entwickeln, die immer mehr Fahraufgaben übernehmen. Durch die Entwicklung von eingebetteten Systemen, die durch Leistungssteigerung in der IT gestützt werden, resultiert ein Innovationsschub im Bereich der Fahrerassistenz in technologischer und wirtschaftlicher Hinsicht. Dabei stellen Autos heutzutage, auf Grund zahlreichen Sensoren und Aktuatoren und teilweise hunderten eingebetteten Systemen, ein Musterbeispiel von Cyber-Physical-Systems (CPS) dar. Die Automatisierung von Fahrzeugen entwickelt sich rasch. Fahrerassistenzsysteme wie das elektronische Stabilitätsprogramm, Notbrems- und Einparkassistenten, Abstandsregulierungen, Spurhaltesysteme oder adaptives Kurven- und Fernlicht entwickeln sich gegenwärtig zu einem Standard in modernen Automobilen. Bereits jetzt fahren Testfahrzeuge schon vollautomatisiert. Vollautomatisierte Fahrzeuge und damit einhergehend das gänzlich autonome Fahren im Verkehrssystem wird immer realistischer, so übernehmen technische Systeme der autonomen Fahrzeuge per Definition Entscheidungen und Aufgaben, ohne von Menschen kontrolliert zu werden.⁶² Bis 2030 werden autonome Fahrzeuge der Stufen 4

⁶⁰ Vgl. Kagermann (2017), Seite 365.

⁶¹ Goll, Frauke/Knüttgen, Isabell (2017): Digitale Revolution in der Mobilität – Automatisiert. Vernetzt. Elektrisch. In: Hildebrandt, Alexandra/Landhäußer, Werner (Hrsg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Seite 392 bis 393.

⁶² Vgl. Kagermann (2017), Seite 366.

und 5 serienmäßig auf dem Markt erwartet.⁶³ Gegenwärtig rüsten alle Automobilhersteller Ihre Fahrzeuge mit den neuesten Technologien in Bezug auf digitale vernetzte Systeme auf und bezwecken damit einen großen Schritt hin zur flächendeckenden Etablierung des IoT und der damit einhergehenden Automatisierung in der Mobilität.⁶⁴ Abbildung 3 zeigt die Stufen der Automatisierung. Sind die Stufen 4 und 5 erreicht, heißt das, die Vollautomatisierung ist gewährleistet und autonomes Fahren ist Wirklichkeit. Dieser technologische Sprung wird die Mobilität disruptiv verändern. Busse, Taxen sowie Privatfahrzeuge sorgen dafür, dass sie uns von einem Ort zum anderen bringen, ohne dass der Mensch das Lenken übernehmen muss. Die Automatisierung der Verkehrsträger wird auch Auswirkungen auf das Preisgefüge haben. Beispielsweise lässt sich der Preis für autonome Taxen pro Personenkilometer im Vergleich zu konventionelles Taxen um circa 60% reduzieren. Auch innerhalb des ÖPNV wird sich die Einsparung vor allem in der Bussparte zeigen. Dabei wird der Aufwand für Fahrpersonal eingespart.⁶⁵ Eine Herausforderung in Bezug auf die Automatisierung stellen politisch-rechtliche Rahmenbedingungen dar.

Funktion	Fahrer führt dauerhaft Längs- und Querführung aus.	Fahrer führt dauerhaft Längs- oder Querführung aus.	Fahrer <u>muss</u> das System <u>dauerhaft</u> überwachen.	Fahrer <u>muss</u> das System <u>nicht mehr dauerhaft</u> überwachen. Fahrer muss potenziell in der Lage sein, zu übernehmen.	Kein Fahrer im <u>spezifischen Anwendungsfall*</u> erforderlich.	Von „Start“ bis „Ziel“ ist kein Fahrer erforderlich.
	Kein eingreifendes Fahrzeugsystem aktiv.	System übernimmt die jeweils andere Funktion.	System übernimmt Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall*.	System übernimmt Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall*. Es erkennt Systemgrenzen und fordert den Fahrer zur Übernahme mit ausreichender Zeitreserve auf.	System kann im <u>spezifischen Anwendungsfall*</u> alle Situationen automatisch bewältigen.	Das System übernimmt die Fahreraufgabe vollumfänglich, auf allen Straßentypen, Geschwindigkeitsbereichen und Umfeldbedingungen.
	Stufe 0 Driver only	Stufe 1 Assistiert	Stufe 2 Teilautomatisiert	Stufe 3 Hochautomatisiert	Stufe 4 Vollautomatisiert	Stufe 5 Fahrerlos

Abbildung 3: Stufen der Automatisierung⁶⁶

Die Politik steht in diesem Bereich in Verantwortung, technische Innovationen nahtlos in einen gesicherten und gesellschaftlichen Rahmen zu integrieren. Die Einbindung des

⁶³ Vgl. Henzelmann, Torsten et al. (2017): Roland Berger Focus – Urbane Mobilität 2030: zwischen Anarchie und Hypereffizienz. Autonomes Fahren, Elektrifizierung und die Sharing Economy bestimmen den Stadtverkehr von morgen. München, Seite 5.

⁶⁴ Vgl. Zukunftsinstitut (o.V.) (2017), Seite 31.

⁶⁵ Vgl. Henzelmann et al. (2017), Seite 5.

⁶⁶ Kagermann (2017), Seite 367.

vollautomatisierten Fahrens in das Mobilitätssystem bedarf der Zusammenarbeit und Koordination von vielen unterschiedlichen Akteuren aus Politik, Industrie und Gesellschaft. Mit dem Ziel, dem Nutzer mehr Komfort und Sicherheit zu bieten, arbeiten Entwickler daran, durch technische Fortschritte an hochautomatisierte Lösungen zu kommen, die keine Überwachung durch den Fahrer bedarf.⁶⁷ Besonders das Bedürfnis nach Sicherheit ist hervorzuheben.

Die EU hat als Ziel gesetzt, dass im Jahr 2050 nahezu niemand mehr auf europäischen Straßen stirbt. Die Entwicklung vom teil- zum hochautomatisierten Fahren ermöglicht auch kooperative Technologiesprünge im Bereich der Sicherheitstechnik in Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur. Folglich wird die Automatisierung von Verkehrsträgern die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen, dabei gilt es aber die Mobilität als Gesamtsystem zu bedenken und nicht das Fahrzeug im Vordergrund.⁶⁸ Gegenwärtig schreibt die Gesetzeslage eine Überwachung durch den Menschen vor, sodass er im Fall von technischem Versagen eingreifen kann. Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine rückt hierbei in den Vordergrund. Durch Lösungsansätze im Bereich des Human-Machine-Interface (HMI) soll der Zugang zum technischen System für den Nutzer erleichtert sowie Sicherheit und Nutzungskomfort gewährleistet werden. Zudem sind neben der Kommunikation mit verschiedenen Verkehrsteilnehmern auch Wechselwirkungen mit dem Verkehr und der Infrastruktur der Umgebung zu erwarten. Die Digitalisierung und die Vernetzung von Maschinen und intelligenten Geräten stellen wichtige technologische Enabler für das vernetzte und automatisierte Fahren dar.⁶⁹

Eingeleitet und gefördert durch den Megatrend Digitalisierung und der zunehmenden Automatisierung der Verkehrsträger wird die Art der Fortbewegung wesentlich dynamischer und globaler.⁷⁰ Die Globalisierung beeinflusst in großem Maße den Lebensstil und vor allem die Fortbewegungsmöglichkeiten der Menschen und somit deren Mobilität.⁷¹ Die Globalisierung bezeichnet die Verflechtung internationaler Volkswirtschaften und die damit verbunden, die zunehmende Entstehung weltweiter Märkte für Waren Kapital und Dienstleistung. Die wesentlichen Treiber des Globalisierungsprozess der Märkte sind

⁶⁷ Vgl. Goll/Knüttgen (2017), Seite 393 bis 395.

⁶⁸ Vgl. Heintzel, Alexander (2017): Sicherheit durch Automatisierung. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs35148-017-0078-9.pdf> (abgerufen am 25.04.2019).

⁶⁹ Vgl. Goll/Knüttgen (2017), Seite 393 bis 395.

⁷⁰ Vgl. Linden/Wittmer (2018), Seite 14.

⁷¹ Vgl. Zukunftsinstitut (o.V.) (2018): Die Potenziale der Globalisierung. <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/die-potenziale-der-globalisierung/> (abgerufen am 25.04.2019).

Technologien im Kommunikations-, Informations- und Transportwesen.⁷² Einige Experten sprechen bereits gegenwärtig von einer multipolaren Welt, bedingt durch den Megatrend Globalisierung.⁷³ Die technische Weiterentwicklung der Beförderungsmittel ermöglicht, dass die entferntesten Strecken in immer kürzerer Zeit zurückgelegt werden können. Und dies nicht nur im Personenverkehr sondern besonders im Güter- und Warenverkehr.⁷⁴ Im Bereich des Transportwesens ist festzustellen, dass der allgemeine Warenexport schneller wächst als die Warenproduktion. Die Urbanisierung wird vielerorts die Nachfrage nach Gütern weiter steigern. Die Güter entstehen durch globale Arbeitsteilung und bedingen folglich ein hohes Transportaufkommen. Laut Prognosen soll der weltweite Straßengüterverkehr im Jahre 2050 im Vergleich zu 2010 um 488% zunehmen (von 6.388 Billionen Tonnenkilometer auf 30.945 Billionen Tonnenkilometer).⁷⁵

Schätzungen der Vereinten Nationen (UN) von 2015 zufolge, werden 2050 zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten wohnen. Die Neigung und der Trend zur Urbanisierung ist gegenwärtig ausgeprägt und wird in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. Besonders in Ländern mit einem niedrigen Entwicklungsstand ist diese Ausprägung besonders hoch. Die im Verhältnis gemessenen höchsten Wachstumsraten sind auf Afrika und China zurückzuführen.⁷⁶ Dieser Entwicklungsprozess der Ausbreitung städtischer Lebens- und Wirtschaftsformen wird als Urbanisierung bezeichnet und zählt heute zu den charakteristischen Entwicklungsmerkmalen der modernen Welt.⁷⁷ Metropolen sind, heute, wie auch in der Vergangenheit, Ballungs- und Entstehungsräume für soziale und ökonomische Trends, wie zum Beispiel der urbane Lebensstil, der von den Möglichkeiten der digitalen Technologien geprägt wird.⁷⁸ Angetrieben von der Urbanisierung, erweiterten Technologien in der Luftfahrttechnik und elektrischer Antriebsarten entsteht die Möglichkeit der Urban Air Mobility (UAM), die dem Problem der Verkehrsüberlastung entgegenwirken kann. UAM ist eine Art der mobilen Fortbewegung, die Person oder Güter via fliegenden Fahrzeugen transportiert. Angesichts der Technologien, die die UAM

⁷² Bundeszentrale für politische Bildung (2018): Globalisierung. <https://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikon-der-wirtschaft/19533/globalisierung> (abgerufen am 25.04.2019).

⁷³ Vgl. Linden/Wittmer (2018), Seite 14.

⁷⁴ Globalisierung Fakten (o.V.) (2018): Globalisierung und Verkehr. <https://www.globalisierung-fakten.de/globalisierung-informationen/globalisierung-und-verkehr/> (abgerufen am 25.04.2019).

⁷⁵ Vgl. Zeitbild Wissen (o.V.) (2016): Globalisierung – Urbanisierung – Transport. Wirtschaft und Nachhaltigkeit im Zeitalter der Digitalisierung. Berlin, Seite 9.

⁷⁶ Vgl. Linden/Wittmer (2018), Seite 8.

⁷⁷ Vgl. Kopfmüller, Jürgen (2016): Urbanisierung. In: Ott, Konrad/Dierks, Jan/Voget-Kleschin, Lieske (Hrsg.) (2016): Handbuch Umwelttechnik. Stuttgart, Seite 312.

⁷⁸ Vgl. Zeitbild Wissen (o.V.) (2016), Seite 10.

möglichen machen, entsteht ein Raum für eine neue Industrie. Prognosen zu Folge könnten im Jahr 2050 weltweit 100.000 Personenbeförderungsdrohnen in Betrieb genommen werden. Im Laufe der Zeit können so, auf Basis von den Entwicklungen im Bereich der elektrischen Antriebstechnologie, autonomer Flugtechnik und der Etablierung von 5G Kommunikationsnetzwerken, Spawn on-demand Lufttaxi Services, Linienflughafenshuttles und Intercity Flüge möglich gemacht werden. UAM könnte somit eine neue Dimension im Transportbereich eröffnen, die komfortablen und zeiteinsparenden Transport gewährleistet.⁷⁹

In der Folge werden die Städte der Zukunft Smart Cities, die vielfältiger, vernetzter, lebenswerter und vor allem ökologisch attraktiver sind als wir sie bisher kennen. Auf Grund dieser Tatsachen ergibt sich ein großes Innovationspotenzial für Smart Cities. Auswirkungen hat dies auf Mobilitätskunden in den Städten, besonders die junge Generation erfährt eine Veränderung ihres Verhaltens. Smart Cities sind aufgefordert, eine möglichst breite Bedürfnispalette zu konstruieren; dazu zählt die Steigerung des Wohlbefindens und der Lebensqualität, Komfort, Convenience und Sicherheit. Gerade der Bereich Mobilität durch neue Technologien macht den Unterschied zwischen urbanen und ländlichen Räumen. Dafür gilt es, effiziente und nachhaltige, anpassungsfähige Infrastrukturen aufzubauen, um ein Stadtleben zu gewährleisten, das möglichst viele Bedürfnisse stillt.⁸⁰ Heute schon ist klar, dass sich die Mobilität verändert und auch in Zukunft verändern wird. Dabei wird die Mobilität begleitet und beeinflusst von den Megatrends. Zunehmende Urbanisierung, wachsende Umweltverschmutzung und strenge Regelungen von politischer Seite führt zum Umdenken in der Automobilindustrie.⁸¹ Vernetzung, Automatisierung und vor allem die Elektromobilität sind Hauptbestandteile der Mobilität von morgen.⁸²

2.4 Wirtschaftliche Bedeutung von Automobilindustrie und Mobilität

In globaler Hinsicht gerät die Automobilwirtschaft in Deutschland und Europa, die eine bedeutende volkswirtschaftliche, beschäftigungs-, und innovationspolitische Stellung

⁷⁹ Vgl. Baur, Stephan et al. (2018): Roland Berger Focus. Urban air mobility. The rise of a new mode of transportation. München, Seite 2.

⁸⁰ Vgl. Linden/Wittmer (2018), Seite 8.

⁸¹ Vgl. Goll/Knüttgen (2017), Seite 391.

⁸² Vgl. Kagermann (2017), Seite 359.

aufweist, zunehmend unter Druck. Grund dafür ist der Wandel von etablierten Leitbildern der Automobilität des 20. Jahrhunderts hin zu neuen Konzepten in der Branche. Verändert wird die Mobilität durch die starken und global wirksamen Megatrends und bisher unbekanntes Konkurrenz, wie etwa die aufstrebende IT-Branche. So entsteht eine neue Automobilität, in der Elektrifizierung, Automatisierung, Vernetzung und Sharing Mobility im Vordergrund stehen.⁸³ Die Automobilindustrie ist ein industrieller Schlüssel-sektor. Bei Betrachtung des europäischen Bruttoinlandsprodukts sind etwa 7% auf die Automobilindustrie zurückzuführen. Dabei gehört die EU mit circa 21% aller weltweit produzierten PKW, zu den weltweit größten Herstellern in diesem Sektor.⁸⁴ In Deutschland ist die Automobilindustrie, gemessen am Umsatz, der wichtigste Industriezweig. 2017 wurde durch die Unternehmen der Branche ein Umsatz von etwa 423 Milliarden Euro erwirtschaftet. Dabei tragen die OEM circa drei Viertel zum Gesamtumsatz der Automobilindustrie bei. Des Weiteren sind 820.000 Arbeitsplätze der Automobilindustrie in Deutschland zuzuschreiben. Somit hat die Automobilindustrie eine große Bedeutung in Bezug auf Wohlstand und Beschäftigung in Deutschland. Der Erfolg der deutschen Automobilindustrie ist nicht zuletzt auf ihre Innovationsführerschaft zurückzuführen. Die deutsche Automobilindustrie hat die weltweiten Aufwendungen für den Bereich Forschung und Entwicklung im Jahr 2016 auf 40,2 Milliarden Euro erhöht.⁸⁵ Die deutsche Automobilindustrie ist stark abhängig vom Ausland.⁸⁶ Dabei ist der wichtigste Markt für deutsche Automobilhersteller China. Bei Betrachtung der Exportzahlen im Vergleich von 2017 und 2018 ist der asiatische Kontinent der einzige Markt, in dem der Automobilexport zugenommen hat. (2017: 707.122 Pkw, 2018: 761.657 Pkw). In Europa, als Gegenbeispiel anzumerken, sind die Autoexporte um 13,3% gesunken (2017: 2.834.915 Pkw, 2018: 2.457.307 Pkw).⁸⁷ Im Jahr 2018 wurden 16,6 Millionen PKW in der EU hergestellt⁸⁸ und über 12 Millionen Europäer waren in diesem Sektor arbeitstätig. Im erweiterten

⁸³ Vgl. Bormann, René et al. (2018): Die Zukunft der Deutschen Automobilindustrie. Transformation by Disaster oder by Design? Bonn, Seite 3.

⁸⁴ Vgl. Lange, Bernd (2018): Transformation der Automobilindustrie in einer globalen und vernetzten Handlungswelt. Hannover, Seite 4.

⁸⁵ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019a): Automobilindustrie. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html> (abgerufen am 08.05.2019).

⁸⁶ Vgl. Lange (2018), Seite 4.

⁸⁷ Vgl. Verband der Automobilindustrie (o.V.) (2019a): Export. <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/export.html> (abgerufen am 09.05.2019).

⁸⁸ Vgl. Verband der Automobilindustrie (o.V.) (2019b): Automobilproduktion. Zahlen zur Automobilproduktion im In- und Ausland. <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html> (abgerufen am 08.05.2019).

Sinne kommt der Automobilindustrie ein wichtiger Multiplikatoreneffekt zu. Sie ist bedeutend für vorgelagerte Branchen, wie etwa die Stahl und Chemie Branche, aber auch für nachgelagerte Branchen wie zum Beispiel der LuK oder mobilitätsfördernder Dienste.⁸⁹ Die Zukunft der Mobilität und des Verkehrs ist aber nicht nur auf technischer Basis zu betrachten, denn aus volkswirtschaftlicher Sicht kommt dem Wohlstand und den Arbeitsplätzen eine große Bedeutung zu. Die Verknüpfung von Mobilität und Wohlstand ist essentiell; beispielsweise wird die Suche nach dem passenden Wohnort stark von den Mobilitätswünschen beeinflusst.⁹⁰ Die Verknüpfung von Mobilität und Wohlstand zeigt sich zudem dadurch, dass Staaten mit einem hohen Wohlstands- und Produktionsniveau überdurchschnittliche Mobilitätsraten aufweisen. Der Straßenverkehr sowie der Gütertransport erfährt dabei eine bedeutende Rolle. Zusätzlich stellt sich heraus, dass in den Ländern mit einem überdurchschnittlichen Wohlstandsniveau auch gleichzeitig die Zahl der Beschäftigten vergleichsweise hoch ist.⁹¹ Festzustellen ist, dass der Automobilwirtschaft in Europa und Deutschland eine große volkswirtschaftliche sowie innovations- und beschäftigungspolitische Bedeutung zukommt.⁹²

2.4.1 Die Wertschöpfungskette der Automobilindustrie im Umbruch

Die Wertschöpfungskette in der Automobilindustrie ist sehr gut integriert.⁹³ Die Wertschöpfung beschreibt den Maßstab für den ökonomisch relevanten Beitrag eines Industriezweigs zur gesamtwirtschaftlichen Leistung. Dabei ist die Wertschöpfungskette das Netto-Ergebnis aus dem Bruttoproduktionswert (Summe der produzierten Waren und Leistungen) abzüglich der Vorleistungen aus anderen Unternehmen im In- und Ausland.⁹⁴ In Europa herrscht ein dichtes Netzwerk zwischen Original Equipment Manufacturer (OEM), Zulieferern, Maschinenbau und wissenschaftlichen Instituten. Automobilhersteller betreiben in Europa in 26 Ländern etwa 300 Fahrzeugmontage- und Produktionsanlagen. Zu den direkten, unabhängigen Zulieferern gehören circa 3.000

⁸⁹ Vgl. Lange (2018), Seite 4.

⁹⁰ Vgl. Van Suntum, Ulrich (2019): Die volkswirtschaftliche Bedeutung von Automobilindustrie und Mobilität. In: Maus, Wolfgang (Hrsg.) (2019): Zukünftige Kraftstoffe. Energiewende des Transports als ein weltweites Klimaziel. Berlin, Seite 100.

⁹¹ Vgl. Ebd., Seite 101.

⁹² Vgl. Bormann, et al. (2018), Seite 9 bis 10.

⁹³ Vgl. Lange (2018), Seite 4.

⁹⁴ Vgl. Legler, Harald et al. (2009): Die Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft im europäischen Kontext. Hannover, Mannheim, Seite 10.

Unternehmen in der EU. Diese Industrie ist, mit steigender Tendenz, der größte Investor in Forschung und Entwicklung in Europa und sichert damit die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Europas.⁹⁵ Auf Grund schneller Technologiesprünge und neuen Wettbewerbern ist die Veränderung der Wertschöpfungskette nicht mehr umgänglich.⁹⁶ Die Herstellung beziehungsweise der Produktionsprozess von modernen Fahrzeugen ist gegenwärtig sehr komplex und kann aus bis zu 30.000 Teilen bestehen. Demnach ist es für ein Land nahezu unmöglich, dass die Wertschöpfungskette ganzheitlich innerhalb nationaler Grenzen erfolgt. Die Automobilindustrie arbeitet heutzutage global statt national. Diese globale Arbeit entlang der Wertschöpfungskette verändert die traditionellen Produktionsprozesse und hebt besonders die Wichtigkeit der Importe hervor. Bis zu 40% der Industrieprodukte in Europa stammen heutzutage aus Vorerzeugnissen anderer Länder. Die Hauptfaktoren der Wertschöpfungskette, wie zum Beispiel Forschung und Entwicklung, Design und Marketing, sind größtenteils weiterhin in Europa angesiedelt.⁹⁷ Mit der rasanten Entwicklung von Technologien kann es für OEM möglich werden, die Umsätze um 70% zu steigern, wenn diese es schaffen, die Hoheit über Daten- und Mobilitätsdienstleistungen zu erlangen und sich als dessen Manager zu positionieren. Ein fiktiver Automobilhersteller könnte somit im Jahr 2025 bis zu 21 Milliarden Euro Umsatz erwirtschaften. Dabei muss ein Automobilhersteller es schaffen, ein hochattraktives Unternehmen für IT-Talente zu werden, um die nötigen Programmierer und Mobility Manager einstellen zu können. Der Wettbewerb der Hersteller gegenüber den schnell expandierenden IT-Giganten wird immer größer, sodass Kooperationen mit Tech-Startups unabdingbar sein werden. Hochrechnungen zufolge werden im Jahr 2025 alternative Antriebe bis zu 36% des Fahrzeugabsatzes ausmachen. Diese Änderung im Wertschöpfungsprozess hat Auswirkungen auf den Arbeitsaufwand und der damit einhergehenden Zahl der Beschäftigten. Da Elektromotoren einen geringeren Arbeitsaufwand fordern als konventionelle Motoren, wird einem OEM ein Abbau der Produktionsbelegschaft um circa 20% drohen. Empfohlen wird, im Rahmen von alternativen Antrieben, eine OEM interne Batteriefertigung aufzubauen, um so eine stabile, wirtschaftliche Wertschöpfung zu gewährleisten. Derzeit sind Entwicklungen im Bereich der Automobilindustrie noch spekulativ aber die Entscheidungen der Gegenwart werden große Auswirkungen auf die Mitarbeiter- und Lieferantenstruktur entlang der Wertschöpfungskette der OEM haben.⁹⁸

⁹⁵ Vgl. Lange (2018), Seite 4.

⁹⁶ Vgl. Helbig, Nikolaus (2017): Die Wertschöpfungskette im Umbruch. In: Automobilwoche (2017), März Ausgabe.

⁹⁷ Vgl. Lange (2018), Seite 5.

⁹⁸ Vgl. Helbig (2017).

2.4.2 Vom Automobilhersteller zum Mobilitätsdienstleister

Die ersten Automobile der Geschichte vor über 100 Jahren sorgten für den Durchbruch der individuellen Mobilität und wurden zu einer Erfolgsgeschichte. Die Ära des Automobils ist noch lange nicht zu Ende, die heutige Fahrzeugnachfrage dürfte in Zukunft auch trotz zyklischer Schwankungen weiter steigen. Gegenwärtig befindet sich die Automobilindustrie in dem Größten bisher dagewesenen Umbruch. So wird sich diese Industrie auf Grund von rasanten Technologieentwicklungen und der Anpassung an Megatrends in den kommenden Jahren stärker verändern, als in den letzten 5 Dekaden.⁹⁹ Darüber hinaus sind heutzutage leistungsfähige Lithium-Ionen-Batterien für Elektroantriebe, Karbonkarosserien und die permanente Konnektivität der Autos marktfähig. Die neuen Technologien und Megatrends werden die Rolle des Automobils in der Gesellschaft beeinflussen und das Nachfrageverhalten ändern. Für Automobilhersteller ergeben sich sowohl Herausforderungen als auch neue Chancen und Potenziale. Der Strukturwandel eröffnet neue Geschäftsfelder, vor allem in der urbanen Mobilitätslandschaft.¹⁰⁰ Treiber für den Umbruch in der Automobilindustrie sind im Wesentlichen die Entwicklung alternativer Antriebe, die zunehmende Vernetzung von Fahrzeugen, neue Mobilitätsdienstleistungskonzepte und das automatisierte Fahren. Die Vernetzung und Digitalisierung im Automobilssektor sorgt dafür, dass Unternehmen Connected Car Plattformen etablieren und aufbauen um passende Dienstleistungen anzubieten. Diese Tatsache zeigt die Wichtigkeit von Software und IT. Zudem zeigt sich, neben den primär technisch geprägten Trends, eine Änderung im Verhalten und der Bedürfnisse der Konsumenten, die neue Geschäftsmodelle bedingt. Der Besitz eines eigenen Automobils verliert immer mehr an Bedeutung, sodass Unternehmen der Automobilindustrie Mobilitätsdienstleistungen, wie zum Beispiel Carsharing-Angebote, etablieren. Die Summe der Trends und Veränderungen im Bereich der Automobilindustrie legt eine grundlegende Transformation nahe. Folglich entstehen neue Marktteilnehmer, neue Technologieentwicklungen und die klassische Geschäftsmodelle werden, mit Berücksichtigung der Industrie 4.0, revolutioniert.¹⁰¹

⁹⁹ Vgl. Neumann (2017), Seite 373.

¹⁰⁰ Vgl. Sticker, Klaus/Matthies, Gregor/Tsang, Raymond (2011): Vom Automobilbauer zum Mobilitätsdienstleister. Wie Hersteller ihr Geschäftsfeld für integrierte Mobilität richtig aufstellen. Wolnzach, Druckhaus Kastner, Seite 4.

¹⁰¹ Vgl. Burr, Wolfgang/Valentowitsch, Johann/Bosler, Micha (2017): Neuartige Formen der Kooperation mit dem Start-up Sektor. In: Proff, Heike/Fojcik, Thomas Martin (Hrsg.) (2017): Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Duisburg, Springer Gabler, Seite 90.

3 Elektromobilität

Elektromobilität stellt einen umfangreichen Begriff dar und beinhaltet die Nutzung von verschiedenen Verkehrsmittel zur Erreichung individueller Mobilitätsbedürfnisse.¹⁰² Die Elektromobilität, als Antriebskonzept, wurde schon vor über 100 Jahren thematisiert. Die Fahrzeuge sind um 1900, also mehrere Jahre nach der Erfindung des Automobils, mit unterschiedlichen Antriebskonzepten angetrieben worden. Der größte Fokus lag damals auf dem Dampfantrieb, dem Elektroantrieb und dem Benzinmotor.¹⁰³ Fahrzeuge mit Elektroantrieb konnten zu Beginn des 20. Jahrhunderts in den Vereinigten Staaten von Amerika bis zu 40% der Marktanteile einnehmen. Damals, wie auch heute stellten Parameter, wie die Reichweite, Höchstgeschwindigkeit oder die Störanfälligkeit der Batterie erhebliche Probleme dar.¹⁰⁴ Bei Betrachtung dieser Aspekte und der Entwicklung der Mobilität setzte sich der Verbrennungsmotor zum dominanten Antriebskonzept durch. Der Grund dafür war eine überlegene Energiedichte und eine scheinbar unendliche Verfügbarkeit des Rohstoffes Öl. Auch heute ist der konventionelle Antrieb auf Basis des Verbrennungsmotors im Gegensatz zum Elektroantrieb technisch und ökonomisch überlegen.¹⁰⁵ Auf die Automobilindustrie kommen große Herausforderungen zu. Steigende Rohstoffpreise auf Grund der Endlichkeit der Ölressourcen und ein progressiver Innovationsdrang in ökonomischer Hinsicht sowie gesellschaftliche und politisch-rechtliche Bedürfnisse verlangen nach verbrauchsärmeren Fahrzeugen. Abzuleiten ist die Notwendigkeit der Entwicklung in der Automobilindustrie aus den direkten und indirekten staatlichen Instrumenten zur Reduzierung von Emissionen, wie zum Beispiel geregelte CO₂ Ziele für Fahrzeuge, Subventionen im Bereich der Forschung und Entwicklung und das Schaffen von Kaufanreizen für emissionsarme Fahrzeuge.¹⁰⁶ Im Laufe des Wandels in der komplexen Automobilindustrie legt die Industrie bei den gegenwärtig vielen Entwicklungen einen besonderen Fokus auf die Elektromobilität, die im Rahmen des Klimawandels die bestehende Verbrennungsmotortechnologie ablösen und ersetzen soll.¹⁰⁷

¹⁰² Vgl. Füßel, Andreas (2017): Technische Potenzialanalyse der Elektromobilität. Stand der Technik, Forschungsausblick und Projektion auf das Jahr 2025. Wiesbaden, Springer Vieweg. Seite 7.

¹⁰³ Vgl. Spath, Dieter/Pischetsrieder, Bernd (2010): Elektromobilität – Eine Technologie mit Historie und Zukunft. In: Hüttl, Reinhard/Pischetsrieder, Bernd/Spath, Dieter (Hrsg.) (2010): Elektromobilität. Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. Seite 11.

¹⁰⁴ Vgl. Strathmann, Timo (2019): Elektromobilität als disruptive Innovation. Herausforderungen und Implikationen für etablierte Automobilhersteller. Wiesbaden, Springer Gabler. Seite 21.

¹⁰⁵ Vgl. Spath/Pischetsrieder (2010), Seite 11.

¹⁰⁶ Vgl. Fazel, Ludwig (2014): Akzeptanz von Elektromobilität. Entwicklung und Validierung eines Modells unter Berücksichtigung der Nutzungsform des Carsharing. Wiesbaden, Springer Gabler. Seite 1.

¹⁰⁷ Vgl. Strathmann (2019), Seite 2.

Eine signifikante Änderung im Bereich der Antriebsstränge ist in der Zukunft notwendig und garantiert, allen voran auf Grund der Verschärfung von Emissionsvorschriften. Weltweit werden gegenwärtig große Summen in den Auf- und Ausbau von erneuerbaren Energien investiert, die unumgänglich einen Beitrag zur Mobilität der Zukunft liefern werden. Bei Betrachtung der Zuschüsse der Länder im Bereich der erneuerbaren Energien im Jahre 2010, genehmigte China Zuschüsse in Höhe von etwa 54,4 Milliarden US-Dollar. Darauf folgen Investitionen von Deutschland (41,1 Milliarden US-Dollar) und den USA (34,0 Milliarden US-Dollar). Ziel ist es, möglichst früh, geeignete Rahmenbedingungen für die in Zukunft erwartete Technologie der Elektromobilität zu schaffen.¹⁰⁸ Automobilhersteller dürfen in Zukunft nicht mehr auf Optimierungen der Technologien von Verbrennungsmotoren ausharren, sondern müssen sich alleine auf Grund politisch-ökologischer Rahmenbedingungen neu ausrichten. Dabei hat die Elektromobilität im Rahmen der alternativen Antriebstechnologien die besten Chancen sich auf dem Markt durchzusetzen und für einen disruptiven Wandel zu sorgen. Die Elektromobilität erfüllt neue Anforderungen und Leistungskriterien, die der konventionelle Verbrennungsmotor nicht erfüllen kann. Die Frage danach, ob die Elektromobilität den ganzen Markt erobern und durchdringen kann und sich damit gegen den Verbrennungsmotor und andere alternative Antriebskonzepte durchsetzen wird, bleibt noch offen und kann erst in einigen Jahren beantwortet werden. Jedoch birgt die Elektromobilität großes Potenzial, die Mobilitätsbranche signifikant zu verändern.¹⁰⁹

Das Folgende Kapitel analysiert die gegenwärtige Situation und Herausforderungen der Elektromobilität, gibt einen Überblick über ökonomische, ökologische, rechtlich-politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen und untersucht die Akzeptanz der Zielgruppen. Im weiteren Verlauf werden alternative Antriebskonzepte, insbesondere die elektrischen Antriebskonzepte, aufgezeigt und auf technologischer Basis erklärt. Abschließend wird untersucht, ob die Elektromobilität eine Zukunftstechnologie darstellt oder in einer temporären Übergangstechnologie mündet.

3.1 Situationsanalyse

Alternative Antriebstechnologien sind für die Wirtschaft und Politik ein nicht mehr wegzudenkender Fokus, wenn es darum geht, Umweltauflagen und der Ressourcenknappheit gerecht zu werden und der zunehmenden Bedrohung des Weltklimas durch den Anstieg von Schadstoffen, insbesondere CO₂-Emissionen, entgegenzuwirken. Allem

¹⁰⁸ Vgl. Fazel (2014), Seite 18 bis 19.

¹⁰⁹ Vgl. Strathmann (2019), Seite 27 bis 30.

voran die Elektromobilität. Die Mobilitätsbranche und die Art der Fortbewegung wird sich verändern und die Elektromobilität wird kommen und in den Vordergrund rücken. Der begrenzt verfügbare Rohstoff Erdöl kann und sollte effizienter eingesetzt werden, als zum Antrieb von Fahrzeugen. Die Entwicklungen im Rahmen der Elektromobilität werden von den OEM vorangetrieben. Im Jahre 2015 konnte ein weltweiter Bestand elektrischer Fahrzeuge von 740.000 verzeichnet werden. Dabei ist dieser Bestand in den Jahren 2012, 2013 und 2014 jeweils um etwa 100% gestiegen.¹¹⁰ Zu Beginn des Jahres 2019 ist der weltweite Elektrofahrzeugbestand auf 5,6 Millionen gestiegen, das entspricht einer Zunahme von 64% im Vergleich zum Vorjahr (3,4 Millionen). Die Treiber des Elektrofahrzeugmarktes sind China und die USA. In China liegt die Gesamtheit an Elektrofahrzeugen bei 2,6 Millionen. Darauf folgen die USA mit einem Elektrofahrzeugbestand von 1,1 Millionen. In Deutschland zum Vergleich können 142.000 Elektrofahrzeuge verzeichnet werden.¹¹¹ Neben dem gestiegenen Bestand an Elektrofahrzeugen ist analog die Zahl der neuzugelassenen Elektrofahrzeugen gestiegen. Im Jahr 2018 sind insgesamt mehr als zwei Millionen Elektrofahrzeuge weltweit verkauft worden. Damit einhergehend stieg der Marktanteil der Elektrofahrzeuge auf 2,4% aller weltweiten Neuzulassungen. Im Jahre 2019 wird ein weiterer Anstieg des Marktanteils von Elektrofahrzeugen erwartet. Auch im Bereich der Neuzulassungen haben China und die USA eine Vorreiterstellung. In China wurden 2018 etwa eine Millionen Elektrofahrzeuge und 202.000 Nutzfahrzeuge mit Elektroantrieb verkauft, das sind 62% mehr als im Vorjahr 2017. Der chinesische Marktanteil der Elektrofahrzeuge stieg somit von 2,7 auf 4,5% an. In den USA konnte ein Anstieg der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen von 86% verzeichnet werden (361.000 Stück). Damit entstand ein Marktanteil der Elektrofahrzeuge von 2,1%. Bei Betrachtung von Europa ist Norwegen, wo nahezu jedes zweite neu zugelassene Fahrzeug einen Elektroantrieb hat, führend bei den Neuzulassungen von Elektrofahrzeuge (2018: 73.000 Elektrofahrzeuge). Mit 68.000 Elektrofahrzeugen stieg der Absatz in Deutschland um 24% und erreicht damit einen Marktanteil von 2%. In Schweden zum Vergleich konnte 2018 ein Marktanteil von 8,1% verzeichnet werden.¹¹²

¹¹⁰ Vgl. Proff, Heike/Szybisty, Gregor (2018): Herausforderungen für den Automobilhandel durch die Elektromobilität. Wiesbaden, Springer Gabler. Seite 99 bis 100.

¹¹¹ Vgl. Alt, Franz (2019): Zahl der Elektroautos steigt weltweit von 3,4 auf 5,6 Millionen. <http://www.sonnenseite.com/de/mobilitaet/zahl-der-elektroautos-steigt-weltweit-von-34-auf-56-millionen.html> (abgerufen am 15.05.2019).

¹¹² Vgl. Zeit Online (o.V.) (2019): Weltweit erstmals mehr als zwei Millionen Elektrofahrzeuge verkauft. <https://www.zeit.de/mobilitaet/2019-01/elektromobilitaet-elektroautos-absatz-nachfrage-china-norwegen-wachstum> (abgerufen am 15.05.2019).

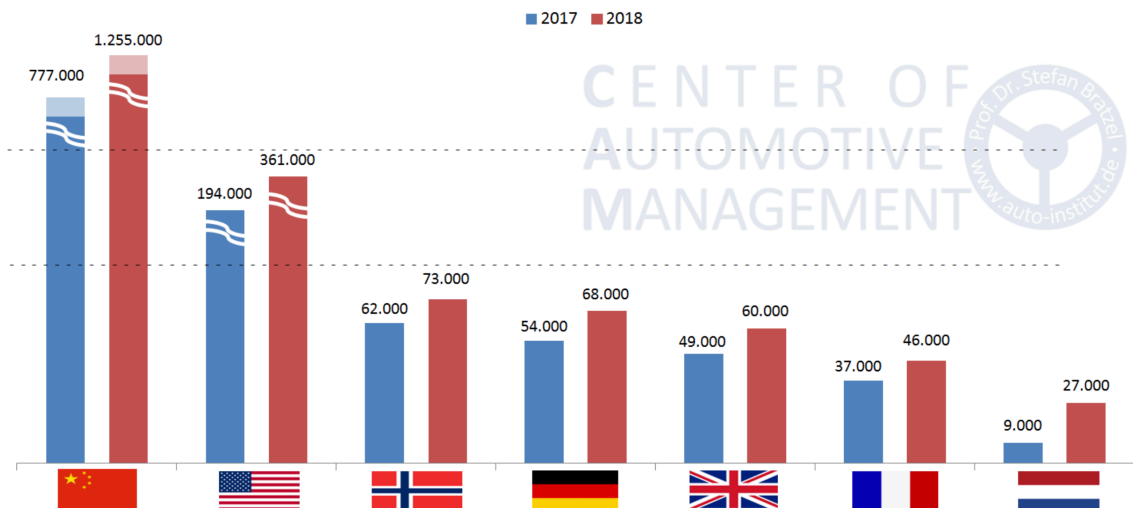


Abbildung 4: Weltweiter Absatz von Elektrofahrzeugen nach Ländern 2017, 2018¹¹³

Abbildung 4 zeigt den Vergleich der Absatzzahlen nach Ländern im Jahre 2017 und 2018. In den kommenden Jahren wird ein weiterer Anstieg der Nachfrage an Elektrofahrzeugen erwartet. Prognosen zufolge wird davon ausgegangen, dass die Zahl der weltweiten Elektroautoverkäufe in 2019 um etwa 40% auf 2,7 Millionen Exemplare wächst. China wird demzufolge auch in Zukunft der größte Treiber der Elektromobilität sein. Prognostiziert wird für 2019 ein Anstieg des Elektroautoabsatzes um 27% auf 1,6 Millionen (Marktanteil 5,9%). In den USA wird im gleichen Jahr ein Zuwachs von etwa 30% auf 480.000 Einheiten erwartet (Marktanteil 2,9%). In Deutschland soll es auf Grund von Markteinführungen neuer Modelle, wie etwa die von Tesla, Audi, Daimler oder VW, zu einem Zuwachs von 33% auf 90.000 Elektrofahrzeuge (Marktanteil 2,9%) kommen.¹¹⁴

Bei der Entwicklung von völlig neuen Elektrofahrzeugen kommen auf die Automobilhersteller Herausforderungen zu. Bei neuen Produkten und Innovationen, die noch nie auf dem Markt gewesen sind ist es für Automobilhersteller schwierig Kundeninformationen im Rahmen von Kauf- und Preisbereitschaft sowie Kaufwahrscheinlichkeiten abzuschätzen. Bedingt durch Unsicherheiten von Managemententscheidungen sind Verzögerungen die Folge. Automobilhersteller sind aufgefordert die Kundennachfrage zu erfüllen, indem sie mit einer adäquaten Preispolitik und Kommerzialisierung eine Markteinführung

¹¹³ Center of Automotive Management (o.V.) (2019): Branchenstudie Elektromobilität 2019. <https://autoinstitut.de/e-mobility-studien.htm> (abgerufen am 15.05.19).

¹¹⁴ Vgl. Internationales Verkehrswesen (o.V.) (2019): Branchenstudie Elektromobilität 2019: China bleibt Treiber. <https://www.internationales-verkehrswesen.de/branchenstudie-elektromobilitaet-2019/> (abgerufen am 15.05.2019).

gewährleisten und neue Modelle mit einer besseren Technik, günstigeren Preisen schaffen. Wichtig ist dabei, dass das Produktdesign den Bedürfnissen des Kunden gerecht wird.¹¹⁵ Der gegenwärtige Wettbewerb zwischen Fahrzeugen und Elektrofahrzeugen wird vorrangig durch den Kaufpreis geprägt. Hohe Preise in der Anschaffung von Elektrofahrzeugen werden derzeit nur von einer kleinen Gruppen von Endverbrauchern, vorwiegend im Premiumsegment, akzeptiert. Für die meisten Kunden ist der Kaufpreis eines Fahrzeugs das Hauptentscheidungskriterium. Ausnahmen bilden eine signifikant günstigere Summe der Gesamtbetriebskosten (Total Cost of Ownership/ TCO), die eine Kaufentscheidung zugunsten von Elektrofahrzeugen entscheiden könnte. Des weiteren kommen auf die Automobilproduktion Veränderungen und Herausforderungen zu, sofern nicht die ganzheitliche Wertschöpfung für Komponenten des Antriebsstranges auf Zulieferer übertragen werden soll. Die Unterschiede zwischen den Antriebssträngen von konventionellen und elektrischen Fahrzeugen ist deutlich, sodass neue Kompetenzen für die Produktion der Fahrzeugkomponenten entstehen müssen. Parameter wie Produkttechnologiekompetenz, Prozesstechnologiekompetenz und logistische Leistungsfähigkeit im Rahmen der Systemintegration in das Gesamtfahrzeug sind ausschlaggebend für hohe Herstellkosten für die Produktion von Elektrofahrzeugen, die resultierend den Kaufpreis wesentlich beeinflussen. In der Folge müssen Produkt- sowie Produktionsprozessgestaltung wesentlich bei der Minderung von Herstellkosten mitwirken.¹¹⁶ Die Elektromobilität eröffnet sowohl Chancen als auch Barrieren. Die Chancen ergeben sich durch lokale Emissionsfreiheit, Energieeffizienz, Senkung des CO₂-Ausstoßes, Verbreiterung der Ressourcenbasis und Nutzung erneuerbarer Energien und geringeren Mobilitätskosten. Auf der anderen Seite stellen die Batterieentwicklung, die Wirtschaftlichkeit, die gegenwärtige Infrastruktur, der Strommix sowie soziokulturelle Faktoren, Barrieren dar. In Zukunft gilt es Rahmenbedingungen zu schaffen, um die Elektromobilität nachhaltig und effizient vorantreiben.¹¹⁷

¹¹⁵ Vgl. Proff/Szybisty (2018), Seite 104.

¹¹⁶ Vgl. Kampker, Achim et al. (2018): Elektromobilität – Zukunftstechnologie oder Nischenprodukt? In: Kampker, Achim/Vallée, Dirk/Schnettler, Armin (Hrsg.) (2018): Elektromobilität. Grundlagen einer Zukunftstechnologie. 2. Auflage, Berlin, Springer Vieweg. Seite 67 bis 68.

¹¹⁷ Vgl. Schill, Wolf-Peter (2010): Elektromobilität in Deutschland: Chancen, Barrieren und Auswirkungen auf das Elektrizitätssystem. Vierteljahresheft zur Wirtschaftsforschung. Ausgabe 79, Berlin, Duncker & Humblot. Seite 139 bis 159.

3.2 Rahmenbedingungen

Die Automobilindustrie erlebt seit den letzten Jahren einen beträchtlichen Wandel. Treiber des Wandels zeigen sich auf unterschiedlichsten Ebenen, wie Ökonomie, Ökologie, Politik oder auch Gesellschaft. Begrenzte Ressourcen, steigende Rohstoffpreise und die Veränderung der Wettbewerbslandschaft zählen zu ökonomischen Treibern. Allen voran ist es die Veränderung der politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, die ein Umdenken in der Industrie sowie bei den in Zusammenhang stehenden Akteuren bedingt.¹¹⁸ Des weiteren wirken die globale demografische Entwicklung, die neue Märkte entstehen lässt, das steigende Umweltbewusstsein der Gesellschaft und der geringer werdende Stellenwert des Automobils auf die Automobilindustrie und ihre Akteure ein.¹¹⁹ Die Schwierigkeit für die Automobilindustrie besteht darin, unter gegenwärtigen Rahmenbedingungen, mit Elektrofahrzeugen gegen technisch ausgereifte und im Kaufpreis günstigere Automobile mit Verbrennungsmotor zu bestehen. Um Umwelt-, klima-, und energiepolitische Ziele zu erreichen ist eine Minderung von Emissionen und Verbrauch im Verkehrssektor unabdingbar. Um diese Ziele zu erreichen, reicht es nicht aus, konventionelle Fahrzeugen weiter zu optimieren. Vielmehr geht es darum, das Elektrofahrzeug konkurrenzfähig zu machen und damit die Elektromobilität voranzutreiben. Die Wirtschaft, die Forschung und die Politik nehmen dabei eine bedeutende Rolle ein und unternehmen wesentliche Anstrengungen.¹²⁰ Der Markthochlauf sowie die Marktentwicklung sind durch verschiedene Maßnahmen bedingt, die die Politik und die Industrie initiieren. Dazu gehören unter anderem rechtliche Maßnahmen, die Förderung zum Aufbau öffentlich zugänglicher Ladeinfrastrukturen oder auch monetäre Maßnahmen, in Form von steuerlichen Anreizen oder dem Umweltbonus.¹²¹

Das nachfolgende Kapitel erläutert, welche Faktoren auf die Elektromobilität einwirken und welche Rahmenbedingungen zu schaffen sind.

¹¹⁸ Vgl. Canzler, Weert/Knie, Andreas (2009): Grüne Wege aus der Autokrise. Vom Autobauer zum Mobilitätsdienstleister. Berlin, Heinrich Böll Stiftung, Schriftenreihe zur Ökologie, Band 4. Seite 7.

¹¹⁹ Vgl. Fazel (2014), Seite 9.

¹²⁰ Vgl. Bertram, Mathias/Bongard, Stefan (2014): Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr. Grundlagen, Einflussfaktoren und Wirtschaftlichkeitsvergleich. Wiesbaden, Springer Vieweg. Seite 38.

¹²¹ Vgl. Nationale Plattform für Elektromobilität (o.V.) (2018a): Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase. Berlin, Druckerei Vogl GmbH & Co KG. Seite 22.

3.2.1 Ökonomische Rahmenbedingungen

Bei ökonomischer Betrachtung der Elektromobilität stellt die Verknappung des Rohöls einen bedeutenden marktbezogenen Treiber dar. Weltweit gilt es auf Grund der Erschöpfung von Ölquellen, immer mehr neue Quellen zu suchen und damit einhergehend neue Förderungstechniken zur Ölgewinnung zu entwickeln. Die Nachfrage nach Öl steigt stetig und zeichnet sich durch die Preissteigerung für Rohöl aus. Nicht nur das konventionelle Automobil ist abhängig von der Ressource Öl, vielmehr basieren Medikamente, Kunststoffe, Computer und auch Kleidung auf Erdöl.¹²² Es wird davon ausgegangen, dass die Ressourcen für den konventionellen Antrieb des Automobils bald nicht mehr ausreichen. Bedingt ist dies vor allem durch die rasante Entwicklung im Automobilsektor in Ländern wie China oder Indien. Etwa 50% der weltweit, gesamten Ölreserven befinden sich im Nahen Osten, also in Staaten wie Saudi-Arabien, Iran, den Vereinigten Arabischen Emiraten, Irak oder Kuwait. Ein großer Teil der Regionen im Nahen Osten ist in geopolitischer Hinsicht als instabil zu bewerten. Dadurch entsteht ein Unsicherheitsfaktor in der Automobilindustrie, der durch den Fokus und die Ausrichtung auf die Elektromobilität, beseitigt werden kann. In Zukunft ist, unter Berücksichtigung der aufgezeigten Entwicklung, mit einem zunehmenden Preisanstieg für Öl zu rechnen.¹²³ Diese Prognose stellt die erdölabhängige Automobilindustrie vor große Herausforderungen und ist bedeutender Faktor im Rahmen des Wandels vom Verbrennungsmotor zur Elektromobilität. Verbrennungsmotoren werden auf Grund der Ölpreissteigerung langfristig unattraktiv werden und schaffen folglich einen Anreiz zur Beschaffung von Fahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien. Aus marktbezogener, ökonomischen Sicht ist der Wandel zur Elektromobilität sinnvoll.¹²⁴ Dennoch ist die Entwicklung der Marktsituation für Elektrofahrzeuge im Vergleich zu anderen Produkten als unsicher zu bewerten.¹²⁵ Wichtig für die Marktentwicklung der Elektromobilität ist die kontinuierliche Förderung der Forschung und Entwicklung der Automobilkonzerne entlang der gesamten Wertschöpfungskette sowie der Ausbau einer öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur.¹²⁶ Aus energiewirtschaftlicher Perspektive wird die Elektromobilität zusammen mit dem Ausbau der Infrastrukturen einen steigenden Strombedarf ermöglichen, der

¹²² Vgl. Seeberger, Markus (2016): Der Wandel in der Automobilindustrie hin zur Elektromobilität: Veränderung und neue Wertschöpfungspotenziale für Automobilhersteller. Dissertation, Universität St. Gallen. Seite 22 bis 23.

¹²³ Vgl. EIA (o.V.) (2017): Annual Energy Outlook 2017 with projections to 2050. [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2017).pdf) (abgerufen am 20.05.2019).

¹²⁴ Vgl. Strathmann (2019), Seite 24 bis 25.

¹²⁵ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 21 bis 22.

¹²⁶ Vgl. Nationale Plattform für Elektromobilität (o.V.) (2018a), Seite 23.

Energieunternehmen in den kommenden Jahren ein Umsatzpotenzial von mehreren Milliarden Euro bringen könnte. Der Strombedarf stellt, aus Sicht der Energiewirtschaft, für die bis 2030 prognostizierte Gesamtmenge an Elektrofahrzeugen, keine Schwierigkeiten dar. Vielmehr besteht die Schwierigkeit für Energiekonzerne in der Gewährleistung der Stromversorgung aus erneuerbaren Energien. Denn nur wenn der Umstieg auf die Stromversorgung aus erneuerbaren Energien gewährleistet wird, kann die Emissionsbilanz progressiv verbessert werden. Des Weiteren nimmt der besagte Ausbau der Ladeinfrastruktur eine bedeutende Rolle ein. Die Ladeinfrastruktur ist essentiell einflussgebend auf die Verbreitung von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb. Konzepte diesbezüglich werden gegenwärtig diskutiert. Deutlich wird, dass öffentliche Lade- und Wechselstationen entstehen müssen, damit ein breites Verbraucherspektrum entsteht und nicht nur einzelne Benutzergruppen angesprochen werden.¹²⁷ Ein zusätzlicher Kostendruck für Industrie und Politik entsteht durch das hohe Volumen an Erstinvestitionen zur Gewährleistung der Forschung und Entwicklung von Elektrofahrzeugen und den damit verbundenen, innovativen Produktionsanlagen. Insbesondere die Batterietechnologie erfordert große Investitionen. Auf Grund der Mehrkosten für die, in den Elektrofahrzeugen verbauten Batterien, liegt der Anschaffungspreis für Elektrofahrzeuge, trotz der letztjährigen Entwicklungen, noch über dem Preis von vergleichbaren konventionellen Fahrzeugen. Resultierend ist festzustellen, dass die Kostenreduktion der Produktion von Elektrofahrzeugen und Batterien als maßgeblicher Faktor zum Durchbruch dieser Technologie zu identifizieren ist. Letztlich wird der Preis der Elektrofahrzeuge darüber entscheiden, ob sich die Technologie flächendeckend durchsetzen und etablieren wird.¹²⁸

3.2.2 Ökologische Rahmenbedingungen

Oftmals wird darauf hingewiesen, dass ein Elektrofahrzeug unter derzeitigen Bedingungen kaum weniger CO₂-Emissionen verursacht, als ein vergleichbares konventionelles Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.¹²⁹ Emissionen werden auch durch die Elektromobilität verursacht. Zwar verursachen reine Elektrofahrzeuge selbst keine Emissionen aber die Kohle- und Gaskraftwerke, die den Großteil des Stroms erzeugen, sorgen für einen immensen Ausstoß an Emissionen. Zusätzlich wird in den Fabriken der Elektroautomobilproduktion, auf Grund aufwändigerer Konstruktionsmaßnahmen, etwa doppelt so viel

¹²⁷ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 29.

¹²⁸ Vgl. ebd., Seite 16.

¹²⁹ Vgl. Schwedes, Oliver (2013): Das Elektroauto im politischen Kräftefeld. In: Keichel, Marcus/Schwedes, Oliver (Hrsg.) (2013): Das Elektroauto. Mobilität im Umbruch. Wiesbaden, Springer Vieweg. Seite 58.

Kohlendioxid verursacht als bei einem konventionellen Vergleichsprodukt freigesetzt wird. Bei Volkswagen in Wolfsburg sind es ungefähr neun statt vier Tonnen Kohlendioxid pro Fahrzeug und Jahr. Dabei verursachen vor allem die Batterien einen großen Unterschied. Auch die Tatsache, dass viele Batterien aus China importiert werden, wo viel Elektrizität aus ineffizienten Kohlekraftwerken gewonnen wird, schadet der Ökobilanz der Elektrofahrzeuge.¹³⁰ Greifbar ist aber die Perspektive, Elektrofahrzeuge ausschließlich mit erneuerbaren Energien zu betreiben.¹³¹ Zudem ist ein Rohstoffeinkauf, mit Berücksichtigung der sozialen und ökologischen Folgen der Rohstoffgewinnung, ein bedeutender Faktor für die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen.¹³² Unter Maßgabe dieser Faktoren sind Elektrofahrzeuge heute schon energieeffizienter als konventionelle Fahrzeuge und weisen einen Klimavorteil entlang des Strommix auf. Dieser Klimavorteil wird mit progressivem Fortschreiten der Energiewende weiter steigen und die Klimabilanz verbessern. Anforderung dafür ist der kontinuierliche Ausbau von erneuerbaren Energiequellen. Die Elektromobilität zu 100% an erneuerbare Energien zu koppeln, wird viel Zeit in Anspruch nehmen. Aber eine Minderung der Treibhausgase in naher Zukunft durch die Elektromobilität kann nur durch einen baldigen Markthochlauf gewährleistet werden. Bei Betrachtung der Stromnachfrage, wird sich in Zukunft, auf Grund der Elektrifizierung des Verkehrs, eine hohe zusätzliche Stromnachfrage entwickeln, die durch erneuerbare Energien, gedeckt werden muss. Bei einem großen Anteil an Elektrofahrzeugen würde sich eine Nachfrage von bis zu 100 Terawattstunden ergeben, was etwa 20% des gegenwärtigen Verbrauchs von Strom in Deutschland ausmacht. Auf der anderen Seite führt ein steigender Bedarf an Strom zu einer überproportionalen Reduzierung von fossilen Kraftstoffen. Folglich wird die Elektromobilität langfristig enorme Auswirkungen auf die Stromerzeugung haben, die durch den Ausbau von erneuerbaren Energien gewährleistet werden muss.¹³³ Hinzu kommt, dass vor allem ein Fokus auf die Recyclingverfahren der Batterien gesetzt werden muss. Ein modernes und effektives Recycling ermöglicht einen deutlich besseren ökologischen Fußabdruck beziehungsweise CO₂-Bilanz.¹³⁴ Elektromobilität ist die Lösung für Luftschadstoffbelastungen in

¹³⁰ Vgl. Schrader, Christopher (2017): Ein kritischer Blick. <https://www.spektrum.de/news/wie-ist-die-umweltbilanz-von-elektroautos/1514423> (abgerufen am 21.05.2019).

¹³¹ Vgl. Schwedes, Oliver (2013), Seite 58.

¹³² Vgl. Nationale Plattform für Elektromobilität (o.V.) (2018a), Seite 70.

¹³³ Vgl. Öko-Institut e.V. (o.V.) (2018): Faktencheck Elektromobilität: Fragen und Antworten.

<https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/mobilitaet-und-verkehr/elektromobilitaet/> (abgerufen am 21.05.2019).

¹³⁴ Vgl. Nationale Plattform für Elektromobilität (o.V.) (2018a), Seite 40.

innerstädtischen Gebieten und fungiert als zentraler Baustein für den Klimaschutz im Verkehr.¹³⁵

3.2.3 Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen

Im Zusammenhang mit dem Klimaschutz sind die Treiber der gegenwärtigen Entwicklungen entlang der Elektromobilität politisch-ökologische Maßnahmen.¹³⁶ Der Beitrag des Straßenverkehrs zur weltweiten Treibhausgasemission beträgt nur etwa 10%. Trotz dieses Wertes entwickeln führende Industrienationen direkte und indirekte Instrumente, um die, durch die Automobilnutzung entstehenden Emissionen, zu minimieren und folglich die Abhängigkeit vom Erdöl zu reduzieren.¹³⁷ Neben Treibhausgasen steht die Reduzierung von CO₂ im Vordergrund. CO₂ ist hauptverantwortlich für die globale Erwärmung. Mit relativ konstant bleibendem Wert von 22% bis 24% des weltweiten CO₂-Ausstoßes, ist der Verkehr im Zeitraum von 2010 bis 2015 verantwortlich gewesen. Seither, beeinflussen politische Maßnahmen sowie die Gesetzgebung die Automobilindustrie.¹³⁸ Die Ziele der Politik im Rahmen der Elektromobilität ist es, die Potenziale des elektrischen Antriebsstranges zum Vorteil für ein nachhaltiges, umweltfreundliches Gesamtverkehrssystem zu nutzen und dabei die Abhängigkeit von fossilen Treibstoffen im Mobilitätssektor zu reduzieren. Demnach sollen Elektrofahrzeuge sukzessiv konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor ersetzen. Auf Anbieterseite stehen regulatorische Zielvorgaben, die bei Nichteinhaltung in Sanktionen münden sowie die Förderung von Forschung und Entwicklung in Wissenschaft und Wirtschaft. Auf Nachfrageseite wird die Elektromobilität hauptsächlich durch Steuersenkungen und Kaufanreize ange-regt.¹³⁹ In Deutschland zeigen sich diese Anreize beispielsweise durch den sogenannten Umweltbonus (4.000 Euro für reine Elektrofahrzeuge), Investitionen in eine einheitliche Ladeinfrastruktur sowie Schnellladesysteme, Steuerbefreiung für das Aufladen von Elektrofahrzeugen, Kraftfahrzeugsteuerbefreiung und der Verabschiedung eines Elektromobilitätsgesetz, das Vorteile bei der Elektrofahrzeugnutzung gesetzlich vorgibt. Kommunen können dadurch Elektrofahrzeuge, insbesondere beim Parken oder bei der

¹³⁵ Vgl. Öko-Institut e.V. (o.V.) (2018): Faktencheck Elektromobilität: Fragen und Antworten. <https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/mobilitaet-und-verkehr/elektromobilitaet/> (abgerufen am 21.05.2019).

¹³⁶ Vgl. Strathmann (2019), Seite 21.

¹³⁷ Vgl. Fazel (2014), Seite 10 bis 11.

¹³⁸ Vgl. Strathmann (2019), Seite 22.

¹³⁹ Vgl. Fazel (2014), Seite 10 bis 11.

Nutzung von Busspuren bevorzugen.¹⁴⁰ Zur Etablierung von nachhaltigen Städten, setzt die Politik auf Citymauten beziehungsweise Umweltzonen, um so den Verkehr zu reduzieren.¹⁴¹ In Deutschland hat sich die Regierung bis 2020 ambitionierte Ziele gesetzt sowie Förderprogramme und Subventionen etabliert. Bereits 2009 entstand der sogenannte „Nationale Entwicklungsplan für Elektromobilität“, der aus drei Phasen besteht und die Elektromobilität bis 2020 begleitet. Die Phasen unterteilen sich in Marktvorbereitungsphase (2009 bis 2011), Markthochlaufphase (2011 bis 2016) und Volumenmarktphase (2016 bis 2020). Hauptbestandteil der Marktvorbereitungsphase war die Unterstützung der Forschung und Entwicklung, mitunter der Akkumulatoren, Feldtesterprobungen und Kleinserienfertigungen. In der Markthochlaufphase wurden diese weiter umgesetzt. Des Weiteren war der Ausbau von Ladeinfrastrukturen Ziel dieser Phase. In der Volumenmarktphase sollen Anschlussthemen, wie die Forschung und Entwicklung von Energiespeichermethoden vorangebracht werden.¹⁴² Heutzutage erhalten Automobilhersteller herstellereinspezifische Vorgaben bezüglich der Grenzwerte.¹⁴³ In den kommenden Jahren werden die Regulatoren und Vorgaben der EU und anderer Länder noch strikter. Bei einer Überschreitung von vorgegebenen Grenzwerten müssen sich OEMs mit Strafzahlungen verantworten, welche zu Gewinneinbußen führen könnten. Sicher ist, dass in Zukunft Null-Emissionsfahrzeuge für große Automobilhersteller nicht mehr wegzudenken sind um in speziellen Märkten wettbewerbs- und marktfähig zu bleiben. Die Länder, die eine bedeutsame Automobilindustrie vorweisen, haben für die bevorstehenden Jahre CO₂-Grenzwerte verkündet, mit dem gemeinsamen Ziel zur langfristigen Reduzierung von CO₂-Emissionen.¹⁴⁴ Zur Einhaltung von politischen Grenzwerten, wird die Weiterentwicklung von Verbrennungsmotoren nicht mehr ausreichen. Die Einsparung eines Grammes CO₂ verursacht Kosten in Höhe von rund 100 Millionen Euro. Daraus ergibt sich, dass die Entwicklung und Verbesserung von Verbrennungsmotoren zwar technisch möglich ist aber wirtschaftlich gesehen keinen Sinn macht.¹⁴⁵ Damit werden radikale Veränderungen der Automobilindustrie notwendig. Die Teilelektrifizierung des

¹⁴⁰ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (o.V.) (2019b): Rahmenbedingungen und Anreize für Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html> (abgerufen am 21.05.2019).

¹⁴¹ Vgl. Fazel (2014), Seite 10 bis 11.

¹⁴² Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 26.

¹⁴³ Vgl. Puls, Thomas (2013): CO₂-Regulierung für Pkw. Fragen und Antworten zu den europäischen Grenzwerten für Fahrzeughersteller. Köln, Institut der deutschen Wirtschaft. Seite 8 bis 9.

¹⁴⁴ Vgl. Strathmann (2019), Seite 23.

¹⁴⁵ Vgl. Seeberger (2016), Seite 22.

Antriebsstranges oder der vollständige Übergang zur Elektromobilität müssen forciert werden.¹⁴⁶

3.2.4 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Bis 2050 wird die Weltbevölkerung auf etwa neun Milliarden Menschen ansteigen. Das besagt eine Studie, in Auftrag gegeben von den Vereinten Nationen. Dabei ist zu erkennen, dass der hauptsächliche Wachstum auf aufstrebende Entwicklungsländer zurückzuführen ist, die sich in einem politischen sowie gesellschaftlichen Umbruch befinden. Die höchsten Wachstumsraten weisen Afrika (Ø 1,7% Populationswachstum p.a.), der Nahe Osten (Ø 1,5% p.a.), und Zentralasien (Ø 1,4% p.a.) auf. Die Studie geht davon aus, dass im Jahre 2025 schon 84% der Weltbevölkerung in Entwicklungsländern leben werden. Diese Entwicklung hat folglich auch Auswirkungen auf den Fahrzeugbestand, der sich von den aktuell rund 500 Millionen Fahrzeugen bis 2030 ungefähr verdreifachen wird. Des Weiteren bedingt die Verschiebung der Anteile der Weltbevölkerung eine Anpassung der Absatzmärkte für Automobile, weg von den Triademärkten. Eine weitere Anpassung erfolgt entlang der Wettbewerbssituation und der Wettbewerbslandschaft, die durch den demografischen Wandel entsteht. Progressiv steigen die Zahlen an finanzstarken Wettbewerbern mit großer Innovationsbereitschaft. Und das vorwiegend bei Unternehmen in asiatischen Regionen, die versuchen, sich mit kostengünstigen Innovationen zu positionieren.¹⁴⁷ Auf der anderen Seite ist der Trend zu erkennen, dass dem Besitz eines Automobils ein zunehmend sinkender Stellenwert zukommt, während die Attraktivität von Mobilitätsdienstleistungen deutlich ansteigt, und diese vor allem bei der jüngeren Generation, die vermehrt den Trend zu Sharing Economy aufweisen.¹⁴⁸ Denn die steigenden Zahlen der Bevölkerung bedingt einen erhöhten Bedarf an individueller Mobilität.¹⁴⁹ Entlang der Urbanisierung wird die Fahrzeugnutzung in Großstädten immer schwieriger. In der Gesellschaft findet gegenwärtig ein Umdenken statt, inwiefern die Mobilität gestaltet werden soll. Hauptgründe dafür sind hohe Anschaffungskosten für Automobile, Wertverluste, Unterhalts- und Betriebskosten, das zunehmend schwierigere Finden eines Parkplatzes in Großstädten sowie das gesteigerte Umweltbewusstsein.¹⁵⁰ Die Kaufbereitschaft für Elektrofahrzeuge ist zudem ein bedeutender Punkt im Rahmen

¹⁴⁶ Vgl. Strathmann (2019), Seite 24.

¹⁴⁷ Vgl. Fazel (2014), Seite 13 bis 14.

¹⁴⁸ Vgl. Strathmann (2019), Seite 25.

¹⁴⁹ Vgl. Fazel (2014), Seite 15.

¹⁵⁰ Vgl. Strathmann (2019), Seite 25.

der Kundenakzeptanz für elektrische Fahrzeuge. Teilweise besteht eine Mehrpreisbereitschaft. Bei Betrachtung der Gruppe der zahlungsbereiten Kunden sind etwa 67% bereit, zwischen 1000 Euro und 3000 Euro mehr für eine elektrisch angetriebenes Fahrzeug zu bezahlen. Jedoch sind 75% der befragten einer Studie von P3 zu diesem Thema nicht bereit, Mehrkosten für ein Elektrofahrzeug auf sich zu nehmen.¹⁵¹ Neben monetären Gründen, sorgen Hindernisse wie beispielsweise geringe Reichweite und infrastrukturelle Probleme für eine mangelnde Elektrofahrzeugakzeptanz.¹⁵² Viele Menschen in der Gesellschaft wünschen sich eine Mindestreichweite von 500 km. Entgegengesetzt dieser Annahme überschreitet ein großer Teil der täglichen Pkw Nutzung in 93,2 % der Fälle nicht die Grenze von 100 km. Resultierend ist festzustellen, dass schon heute ein Elektrofahrzeug mit einmaligem Laden einen großen Anteil des Verkehrs abdecken könnte. Deutlich wird, dass die Erwartungshaltung der Verbrauch in Bezug auf Elektrofahrzeuge hauptsächlich vom Preis und der Reichweitenvergrößerung abhängt.¹⁵³ Daneben wird eine Kaufentscheidung für ein Elektrofahrzeug von der Persönlichkeit und dem Lebensstil des Verbrauchers beeinflusst. Hierbei sollte das Fahrzeug genau auf den Lebensstil des Nutzers, zu seinen Eigenschaften und Gewohnheiten passen. Nicht zuletzt ist es für Verbraucher von großer Bedeutung, dass die Elektrofahrzeuge eine adäquate Ökobilanz vorweisen und dementsprechend umweltfreundlich und energiesparend sind.¹⁵⁴ Ähnliches gilt für diejenigen Personen, die schon ein Elektrofahrzeug besitzen. Diese bemängeln die bisher fehlende öffentliche Ladeinfrastruktur, hohe Kosten und eine geringe Auswahl an verfügbaren elektrischen Fahrzeugmodellen. Parameter wie Fahrgefühl, Komfort, Sicherheit und Zuverlässigkeit zeichnen sich als positiv für Nutzer von Elektrofahrzeugen ab. Vor allem im Bereich der privaten Nutzung von Elektrofahrzeugen, wird die fehlende Verfügbarkeit an elektrischen Kombis oder Vans bemängelt. Bei bestimmten Käufergruppen, die innovations- und umweltaffin sind, werden die bestehenden Nachteile kompensiert indem sie ihr Bedürfnis stillen, ein Teil des Wandels der Mobilität zu sein. Während der Bestand an Elektrofahrzeugen in

¹⁵¹ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 25.

¹⁵² Vgl. Burkhardt, T. et al. (2015): Technologieakzeptanz und Rahmenbedingungen der Elektromobilität. In: Proff, Heike (Hrsg.) (2015): Entscheidungen beim Übergang in die Elektromobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden, Springer Gabler. Seite 156.

¹⁵³ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 26.

¹⁵⁴ Vgl. Dallinger, David et al. (2011): Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität. https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2011/elektromobilitaet_broschuere.pdf (abgerufen am 22.05.2019).

Deutschland noch immer unter 100.000 liegt, kommt den Pedelecs, also den Elektrobikes, ein beachtlicher Erfolg zu. Etwa 15% der verkauften Fahrräder sind Pedelecs.¹⁵⁵

3.3 Alternative Antriebskonzepte

Alternative Antriebskonzepte sind geprägt von Entwicklungsanforderungen. Entwicklungsszenarien scheinen zum Teil kontrovers, wie das Beispiel der Etablierung von Hybridantrieben auf Basis von Benzinmotoren in den USA oder Japan nur auf Grund der Marktakzeptanz zeigt. Diese können keine Vorteile gegenüber modernen Dieselmotoren vorweisen, erst recht nicht auf der Autobahn im europäischen Fahrzyklus. Derzeit fehlt es nicht an Konzepten, denn die Brennstoffzelle mit Wasserstoff, und die Batterie erleben eine Renaissance.¹⁵⁶ Als eine Alternative zu motorischen Entwicklungen, ist die Nutzungen von regenerativen Kraftstoffen aufzuzeigen. Den sogenannten „e-Fuels“. Diese könnten als Baustein für zukünftige Aggregate, eine positive Auswirkung auf die Komplexität sowie die Kosten eines Aggregates haben. Auf technischer Basis sorgen optimierte Kraftstoffeigenschaften dafür, die Klopfneigung eines Ottomotors zu reduzieren und ermöglichen den Motor mit einem höheren Wirkungsgrad zu betreiben, sodass Emissionen reduziert werden können.¹⁵⁷ Allgemein zählen zu den Hauptentwicklungsanforderungen entlang der Mobilität die Verfügbarkeit der benötigten Energieträger, ökologische Rahmenbedingungen in Bezug auf die Energieumsetzung, die technische Umsetzbarkeit – beschrieben durch die Komplexität der Technik, Abmessungen, Masse, Kosten, Sicherheit sowie der erforderliche Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen, die aktive und passive Sicherheit und letztlich verkehrstechnische Anforderungen und das Recycling von Altfahrzeugen.¹⁵⁸ Neben Verbrennungsmotoren und alternativen Kraftstoffen setzt sich vor allem die Elektrifizierung des Antriebsstranges durch. Die Folge beziehungsweise das Ziel ist, die Effizienzsteigerung im Verkehr sowie die reduzierte Abhängigkeit von der Ressource Erdöl.¹⁵⁹ Eine einheitliche Definition, welche Fahrzeuge im individuellen Straßenverkehr als Elektroauto anzusehen sind, gibt es nicht. Zu

¹⁵⁵ Vgl. Öko-Institut e.V. (o.V.) (2018).

¹⁵⁶ Vgl. Stan, Cornel (2015): Alternative Antriebe für Automobile. Hybridsysteme, Brennstoffzellen, alternative Energieträger. 4., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg. Seite 15 bis 16.

¹⁵⁷ Vgl. Hentschel, Lars et al. (2019): e-Fuels – ein zentraler Baustein für den Motor der Zukunft? In: Maus, Wolfgang (Hrsg.) (2019): Zukünftige Kraftstoffe. Energiewende des Transports als ein weltweites Klimaziel. Berlin, Springer Vieweg. Seite 751.

¹⁵⁸ Vgl. Stan (2015), Seite 16.

¹⁵⁹ Vgl. Bongard/Bertram (2014), Seite 30.

Elektrofahrzeugen im Allgemeinen zählen Hybrid-Fahrzeuge (HEV), Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHEV), Elektrofahrzeuge mit Range-Extender (REEV) und Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV). Bei Betrachtung der Ansichtswise der Bundesregierung in Deutschland beinhaltet die Elektromobilität alle Fahrzeuge, die von einem Elektromotor angetrieben werden und dabei die verwendete Energie aus dem Stromnetz beziehen. Demnach müssen sie extern aufladbar sein. Abgesehen von batterieelektrischen Antriebskonzepten rückt die Brennstoffzellentechnologie in den Vordergrund. Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle (FCEV) können sowohl einen erheblichen Beitrag zur Erreichung von Klimaschutzziele im Mobilitätssektor beitragen.¹⁶⁰ Im Rahmen der Brennstoffzellentechnologie kann chemische Energie mit zweierlei Möglichkeiten nutzbar gemacht werden. Zum einen als Kraftstoff für Verbrennungskraftmaschinen, wobei die chemische Energie in Wärmeenergie umgesetzt wird und diese Wärme wiederum in mechanische Energie umgewandelt wird. Die zweite Möglichkeit entsteht durch die Protonenabgabe des Kraftstoffs, die elektrische Energie erzeugt.¹⁶¹

Hybridfahrzeuge (HEV)

Hybridfahrzeuge werden nochmal unterteilt in Mild-Hybrid-Fahrzeuge (MHEV) und Voll-Hybrid-Fahrzeuge (FHEV). Verbrennungsmotoren, die mit Hilfe eines Elektromotors Energie beim Bremsen zurückgewinnen, werden als Mild-Hybrid Fahrzeuge bezeichnet. Das Verfahren zur Energierückgewinnung nennt man Rekuperation. Die dadurch gewonnene Energie wird in einem Hybridakku gespeichert und kann folglich als Unterstützung des Verbrennungsmotors bei der Beschleunigung wieder freigesetzt werden.¹⁶² Die Elektromaschinen bei Mild-Hybrid-Fahrzeugen weisen eine Leistung zwischen 10 kW und 15 kW auf. Im Stadtverkehr mit Zyklen, bei denen wenig gebremst wird, kann ein Großteil der Bremsenergie zurückgewonnen werden.¹⁶³ Im Vergleich zu einem Mild-Hybrid zeichnet sich der Voll-Hybrid mit einem leistungsstärkeren Elektromotor und einem Akkumulator mit größerer Kapazität aus. Dies ermöglicht kurze Strecken vollelektrisch zurückzulegen. Der Ladevorgang von einem Voll-Hybrid ist Stromnetz unabhängig. Die für den Ladevorgang des Akkus benötigte Energie wird mittels Rekuperation der

¹⁶⁰ Vgl. Füßel (2017), Seite 8.

¹⁶¹ Vgl. Hilgers, Michael (2016): Alternative Antriebe und Ergänzungen zum konventionellen Antrieb. Wiesbaden, Springer Vieweg. Seite 14.

¹⁶² Vgl. Bongard/Bertram (2014), Seite 30.

¹⁶³ Vgl. Lienkamp, Markus (2012): Elektromobilität. Hype oder Revolution? Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg. Seite 27.

Bremsenergie sowie vom Verbrennungsmotor erzeugt.¹⁶⁴ Voraussetzung für Voll-Hybrid-Fahrzeuge ist das standardmäßige Automatikgetriebe.¹⁶⁵

Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHEV)

Plug-In-Hybride sind eine Weiterentwicklung der Hybridfahrzeuge, bei denen die Batterie zusätzlich durch eine externe Stromquelle, also durch eine Ladestation oder Stecker und nicht nur durch den Verbrennungsmotor oder Rekuperation aufgeladen werden kann. In der Folge können längere Strecken komplett elektrisch zurückgelegt werden.¹⁶⁶ Plug-In-Hybridfahrzeuge sind mit leistungsstärkeren Motoren, mit häufig über 50 kW, und mit kapazitätsstärkeren Akkumulatoren ausgestattet. Der Verbrennungsmotor ist zumeist kleiner dimensioniert und kommt nur dann zum Einsatz, wenn die Kraft beziehungsweise die Leistung des Elektromotors in bestimmten Fahrsituationen nicht mehr ausreicht.¹⁶⁷

Elektrofahrzeuge mit Range Extender (REEV)

In Elektrofahrzeugen werden zusätzlich Range Extender verbaut, um die maximale Reichweite zu vergrößern. Um dies zu gewährleisten wird im Regelfall ein kleiner Verbrennungsmotor genutzt, der im Bedarfsfall aktiviert wird und über einen Generator Strom zum Nachladen des Akkus erzeugt.¹⁶⁸ Der Verbrennungsmotor agiert lediglich zur Stromerzeugung und nicht zum direkten Antrieb, wie es bei Voll- oder Plug-In-Hybrid der Fall ist.¹⁶⁹ Bei Betrieb des Range Extender Motors mit optimalem Energieverbrauch, resultiert ein annehmbar guter Wirkungsgrad für die Energieerzeugung. Zusätzlich ist der Benzinverbrauch gering. Aber auch diese Technik birgt Nachteile. Ein Zweitsystem mit Verbrennungsmotor ist notwendig und erfordert Zusatzbauteile, die das Gesamtgewicht des Fahrzeugs erhöhen. Das erhöhte Gewicht hat wiederum Auswirkungen auf Bau- raum, Leistung und Verbrauch.¹⁷⁰

¹⁶⁴ Vgl. Bongard/Bertram (2014), Seite 30 bis 31.

¹⁶⁵ Vgl. Lienkamp (2012), Seite 28.

¹⁶⁶ Vgl. Green Gear (o.V.) (2017). Hybridautos: Was ist eigentlich ein Hybridantrieb?

<https://www.greengear.de/hybridantrieb-unterschied-serieller-paralleler-plugin-hybrid-vorteile-nachteile/> (abgerufen am 23.05.2019).

¹⁶⁷ Vgl. Bongard/Bertram (2014), Seite 32.

¹⁶⁸ Vgl. Karle, Anton (2018): Elektromobilität. Grundlagen und Praxis. München, Carl Hanser Verlag. Seite 72.

¹⁶⁹ Vgl. Bongard/Bertram (2014), Seite 33.

¹⁷⁰ Vgl. Karle (2018), Seite 72.

Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV)

Während alle zuvor genannten Antriebssysteme mit hybriden Technologien angetrieben werden, wird ein batterieelektrisches Fahrzeug ausschließlich mit Elektromotoren angetrieben. Die notwendige Energie zur Fortbewegung des Fahrzeugs wird voll und ganz aus externen Stromquellen bezogen, also aus dem Stromnetz. Bei Gewährleistung des Stroms aus erneuerbaren Energien entsteht ein großes Potenzial zu CO₂-Reduzierung im Straßenverkehr.¹⁷¹ Der Antriebsstrang eines batterieelektrischen Fahrzeugs setzt sich im Wesentlichen aus der elektrischen Maschine, der Traktionsbatterie sowie der Steuerungs- und Leistungselektronik zusammen. Aus technischer Betrachtungsweise ergeben sich wesentliche Unterschiede zwischen Elektro- und Verbrennungsmotoren. Im Rahmen der Nennleistung und im Teillastbetrieb entsteht ein hoher Wirkungsgrad, bedingt durch den Elektromotor. Bei Elektromotoren ist zudem das maximale Drehmoment schon bei niedrigen Drehzahlen verfügbar und weist entlang des gesamten Drehzahlbereichs eine Konstante auf. Verbrennungsbedingte Emissionen werden beim Betrieb von Elektrofahrzeugen nicht erzeugt. Letztlich kann auf komplexe Schaltgetriebe verzichtet werden.¹⁷²

Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle (FCEV)

Bei einem Elektrofahrzeug mit Brennstoffzelle wird gänzlich auf einen Verbrennungsmotor verzichtet.¹⁷³ Bei Betrachtung der Funktionsweise von Brennstoffzellenfahrzeugen, wird der nahezu unbegrenzt verfügbare Wasserstoff in speziellen Tanks unter dem Fahrzeuginnenraum gespeichert. Um den Antrieb zu gewährleisten wird der Wasserstoff in die Brennstoffzelle geleitet. Dort reagiert der Wasserstoff mit Sauerstoff, der zumeist durch Lufteinlässe in den Verdichter gelangt. Auf Grund der chemischen Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff entsteht elektrische Energie, die den Elektromotor antreibt.¹⁷⁴ Dabei bietet Wasserstoff, unter dem Gebrauch einer Brennstoffzelle, eine hoch-effiziente und emissionsfreie Energiebereitstellung.¹⁷⁵ Aus dieser Funktionsweise heraus, ist die Brennstoffzelle streng genommen keine autonome Antriebstechnologie,

¹⁷¹ Vgl. Bongard/Bertram (2014), Seite 34 bis 35.

¹⁷² Vgl. Tober, Werner (2016): Praxisbericht Elektromobilität und Verbrennungsmotor. Analyse elektrifizierter Pkw-Antriebskonzepte. In: Lenz, Hans-Peter (Hrsg.) (2016): Praxisbericht Elektromobilität und Verbrennungsmotor. Analyse elektrifizierter Pkw-Antriebskonzepte. Wiesbaden, Springer Vieweg. Seite 7.

¹⁷³ Vgl. Bongard/Bertram (2014), Seite 36.

¹⁷⁴ Vgl. Toyota (o.V.) (2019): Brennstoffzellenauto: Das Auto der Zukunft! <https://www.toyota.de/automobile/brennstoffzellenautos.json> (abgerufen am 24.05.2019).

¹⁷⁵ Vgl. Füßel (2017), Seite 8.

da die entstehende Traktion über den Elektromotor erfolgt. Zusätzlich, neben den Wasserstofftank, dient ein Akkumulator als Energiespeicher, der neben der gewonnenen Energie durch Rekuperation, von der Brennstoffzelle aufgeladen wird. Wasserstoff hat sehr hohe Wirkungsgrade. Jedoch entsteht ein Nachteil gegenüber dem Sekundärenergieträger Strom im Bereich des energetischen Wirkungsgrades. Der Tank-zu-Rad Wirkungsgrad bei einem System mit Brennstoffzelle auf Basis eines Elektroantriebs beträgt etwa 40% im Vergleich zu einem konventionellen Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Im Rahmen der Gesamtkette (Wheel-to-Wheel) ist der Wirkungsgrad im Vergleich zu einem batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeug um einen Faktor von zwei bis drei geringer. Dies ist bedingt durch den zwischengeschalteten Umwandlungsprozess vom Strom zum Wasserstoff und wieder zurück.¹⁷⁶

3.4 Elektromobilität als Übergangstechnologie

Die Antriebstechnik in Automobilen wird sich in Zukunft stark verändern. Die Frage, die sich in dieser Hinsicht ergibt ist, ob sich die Elektrifizierung des Antriebsstrangs durchsetzen kann oder die Elektromobilität als Nischenprodukt beziehungsweise Übergangstechnologie für andere Antriebskonzepte, wie etwa der Antrieb mit Brennstoffzellentechnologie fungiert? Durch die Studie „Kfz-Gewerbe 2025plus“, bei der Kfz-Betriebe bezüglich der Zukunft der Mobilität befragt wurden, stellte sich heraus, dass 55% der Teilnehmer den Elektromotor als Übergangstechnologie ansehen. Im Vergleich zur Studie im Vorjahr sind dies 6% mehr. Das lässt darauf schließen, dass immer weniger Kfz-Betriebe von einer Zukunft mit Elektromobilität ausgehen.¹⁷⁷ Nahezu alle Automobilhersteller haben gegenwärtig ihr Produktportfolio um Serienmodelle im Rahmen der Elektromobilität erweitert. Dabei liegen die Ursachen dafür in der Umweltgesetzgebung, öffentlichen Subventionen, sinkenden Preisen, vor allem im Bereich der Batterie, sowie einer verbesserten Versorgungsinfrastruktur. Batterien werden zugleich leistungsfähiger und sorgen damit für eine größere Reichweite. Hinzu kommt, dass mit dem progressiv steigenden Umweltbewusstsein in der Gesellschaft die Zahlungsbereitschaft für ein Elektrofahrzeug steigt. Ein Indikator für die Durchsetzungsfähigkeit von Technologien im Rahmen der Elektromobilität im Markt, ist der global festzustellende Erfolg von Pedelecs, also Elektrofahrrädern. In Deutschland wurden 2016 über 600.000 Pedelecs

¹⁷⁶ Vgl. Bongard/Bertram (2014), Seite 36 bis 37.

¹⁷⁷ Vgl. Henßler, Sebastian (2018): Kfz-Betriebe sehen Elektromotor als eine Übergangstechnologie für andere Antriebsarten. <https://www.elektroauto-news.net/2018/kfz-betriebe-elektromotor-uebergangstechnologie-andere-antriebsarten> (abgerufen am 27.05.2019).

verkauft. Für den Verbraucher entsteht bei Elektrofahrrädern ein stimmiges Verhältnis zwischen dem Nutzen und dem Aufwand sowie dem Ertrag. Bei Berücksichtigung des Elektrofahrzeugs in diesen Zusammenhang, ist das Verhältnis bisher noch nicht evident.¹⁷⁸

Der Stand der Technik zwischen ICE (Internal Combustion Engine) – Technologie, also Verbrennungsmotor, im Vergleich zu BEV-Fahrzeugen zeigt deutliche Unterschiede. Im Rahmen der Reichweite pro Tankfüllung befinden sich Elektrofahrzeuge noch weit unter dem Niveau von konventionellen Vergleichsfahrzeugen. In der Automobilbranche gilt die mangelnde Reichweite von Elektrofahrzeugen als Kernelement auf dem Weg zu Elektrifizierung der Antriebsstranges. Im Winter kann ein Kapazitätsverlust der Lithium-Ionen Batterie, bedingt durch den steigenden Innenwiderstand des Akkus bei sinkenden Temperaturen, von bis zu 50% entstehen, der sich folglich negativ auf die Reichweite des Elektrofahrzeugs auswirkt.¹⁷⁹ Die Betankungsdauer von konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor stellt bis heute für den Verbraucher kein nennenswertes Problem dar. Ein leerer Fahrzeug-Benzintank mit 50 Liter Volumen, wird mit heutigen Zapfanlagen in unter zwei Minuten vollgetankt, des weiteren ist das Tankstellennetz global gut ausgebaut. Der vollständige Ladevorgang für einen eGolf von Volkswagen hingegen, beträgt nach Angaben von VW 780 Minuten bei AC-Ladung per Schuko Stecker. Die Ladung per Wallbox ist, mit 480 Minuten, schneller. Die schnellste Lademöglichkeit stellen die DC-Schnellladestationen dar, bei welchen der Akku innerhalb von 30 Minuten auf 80% des State of Charge (SoC) geladen werden kann. SoC bezeichnet den Ladezustand in Hinblick auf die verfügbare Kapazität.¹⁸⁰ Auch die Maximalgeschwindigkeit von Elektrofahrzeugen wird stark von der Reichweite beeinflusst. Gegenwärtig sieht man Elektrofahrzeuge als Stadtfahrzeuge an. Hohe Geschwindigkeiten setzen eine höhere Reichweite voraus. Mit Verbrauchsminderung oder Steigerung der Akku Kapazitäten kann dies aus technischem Blickwinkel kompensiert werden.¹⁸¹ ICE-Fahrzeuge können derzeit eine höhere Lebensdauer im Vergleich zur BEV-Technologie vorweisen. Statistisch beträgt die Lebensdauer von einem ICE-Fahrzeugs 18 Jahre bis zum Zeitpunkt der Verschrottung. Nach Angaben von Volkswagen beträgt die Lebensdauer für einen eGolf beziehungsweise für den Energiespeicher etwa 3.000 reversible Ladezyklen, welche bei täglicher Ladung einer Zeit von acht Jahren entsprechen.¹⁸² Der Vorteil von

¹⁷⁸ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 13 bis 14.

¹⁷⁹ Vgl. Füßel (2017), Seite 19 bis 20.

¹⁸⁰ Vgl. ebd., Seite 21.

¹⁸¹ Vgl. ebd., Seite 22.

¹⁸² Vgl. ebd., Seite 25.

Elektroantrieben liegt darin, dass im Regelfall kein Schaltgetriebe benötigt wird. Zudem kann das maximale Drehmoment sehr früh erreicht werden. Ein weiterer Vorteil für Elektromotoren gegenüber ICE-Motoren besteht in der Komplexität der Produktion. Während komplexe Verbrennungsmotoren aus etwa 2.500 Teilen zusammengesetzt werden, besteht ein Elektromotor aus lediglich rund 250 Teilen. Elektromotoren führen daher zu einer weniger personalintensiven und einfacheren Fertigung für Automobilhersteller. Im Rahmen der Wartung entsteht zudem eine Vereinfachung. Motoröl, Harnstoff, Getriebeöl, Differentialöl oder ein Zahnriemenwechsel sind nicht mehr von Nöten. Auch der Verschleiß der Bremsen wird auf Grund der Rekuperation gemindert.¹⁸³ Eine ernstzunehmende Alternative zur Elektrifizierung des Antriebsstranges bietet der Elektromotor mit Wasserstofftank und Brennstoffzelle. Dabei wird diese Technologie als Energiequelle im allgemeinen und für Traktionszwecke im Speziellen, wesentlich von Energieträgern der künftigen Wirtschaft bestimmt. Die Etablierung einer Wasserstoffökonomie bietet der Brennstoffzelle die Möglichkeit zur nachhaltigen und effizienten Nutzung der verfügbaren Energien.¹⁸⁴ Vor allem auf langen Strecken bieten Fahrzeuge mit Brennstoffzellentechnologie sowie saubere Diesel einen Vorteil gegenüber Elektrofahrzeugen. Zwar kann die vom Markt nachgefragte höhere Reichweite von Elektrofahrzeugen von Automobilherstellern in Zukunft angeboten werden, führt aber zu einem höheren Gesamtgewicht der Fahrzeuge, das wiederum ökologisch betrachtet eine hohe CO₂-Belastung auf Grund der Herstellung größerer Batterien bedingt und höhere Kosten verursacht. Brennstoffzellenantriebe weisen eine komplexe Antriebstechnik auf und sind komplexer aufgebaut als batterieelektrische Fahrzeuge. Dadurch sind die mit der Herstellung verbundenen Kosten vergleichsweise höher. Aber auch in Sachen Infrastruktur haben Elektrofahrzeuge einen Vorteil gegenüber Fahrzeugen mit Brennstoffzellentechnologie. Wasserstofftankstellen sind gegenwärtig rar, während die Elektroladeinfrastruktur progressiv flächendeckender wird. Letztendlich besteht die Möglichkeit, dass sich in Zukunft nicht nur ein Antriebskonzept durchsetzt, sondern unterschiedliche Fahrzeugkonzepte für verschiedenen Einsatzzwecke nebeneinander fungieren. Die Mobilität wird sich entwickeln und die Elektromobilität wird einer der größten Treiber sein. Bis zum Jahr 2025 wird es zu keinen erheblichen Änderungen der verwendeten Antriebe kommen. Mit Blick in das Jahr 2040 werden 80% der neu zugelassenen Fahrzeuge, solche mit

¹⁸³ Vgl. Held, Michael (2019): Elektromotor vs. Verbrennungsmotor. <https://e-auto-journal.de/elektromotor-vs-verbrennungsmotor/> (abgerufen am 27.05.2019).

¹⁸⁴ Vgl. Neckel, Adolf/Fabjan, Christoph/Selden, Kurt (2013): Chancen für das Elektrofahrzeug? Teil I: Batterien für elektrische Straßenfahrzeuge. Teil II: Elektrizität für den Straßenverkehr? New York, Springer Science + Business Media. Seite 131.

elektrifizierten Antrieb sein.¹⁸⁵ Ob und wann sich das Elektroauto aus der Stellung als Nischenlösung oder Übergangstechnologie befreit, kann nicht bestimmt werden. Die gegenwärtigen Chancen stehen so gut wie nie zuvor.¹⁸⁶

¹⁸⁵ Vgl. Friedrich, Horst (2018): „Der Antrieb mit Brennstoffzelle kommt – aber erst später“. <https://www.zeit.de/mobilitaet/2018-09/elektromobilitaet-alternative-antriebe-brennstoffzelle-langstrecke-kurzstrecke-eignung> (abgerufen am 27.05.2019).

¹⁸⁶ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 14.

4 Verkehrsinfrastruktur

Transport und Verkehr sind global unabdingbar, besonders in Industrieländern. Eine Wirtschaft ohne Personen- oder Warenmobilität ist heute nicht mehr vorstellbar.¹⁸⁷ Die Verkehrsinfrastruktur gewährleistet die benötigte Basis um Personen und Güter physisch im Raum zu bewegen. Daraus resultiert der Begriff Verkehr, der als Ortsveränderung von Personen und Gütern zu verstehen ist. Personenverkehr entwickelt sich aus den Mobilitätsbedürfnissen und -wünschen der Gesellschaft. Güterverkehr auf der anderen Seite, ergibt sich aus räumlicher Arbeitseinteilung. Um beide Verkehrsarten zu gewährleisten, werden diese durch Verkehrsträger, Verkehrsmittel und Verkehrsstationen organisiert. Dabei sind diese Komponenten eng miteinander Verknüpft.¹⁸⁸ Verkehr stellt die realisierte Mobilität dar, Verkehrsträger und Verkehrsmittel sind Instrumente zur Ausführung von Bedürfnissen entlang der Mobilität. In der Verkehrswissenschaft ist es bedeutend, zeitlich-räumliche Bewegungen erfassen, analysieren und messen zu können. In diesem Bezugsrahmen werden Personen- sowie Güterverkehr in Wegen (Verkehrsaufkommen) und in Personen- oder Tonnenkilometern (Verkehrsleistung) gemessen. Der Personenverkehr umfasst die Mobilität, ob beruflich oder individuell motiviert, jedes einzelnen und kann in die Verkehrsarten Individualverkehr (IV) und öffentlicher Personenverkehr (ÖPV) unterteilt werden.¹⁸⁹ In Deutschland ist die individuelle Mobilität mit etwa 70% des gesamten Personenverkehrs am dominantesten.¹⁹⁰ Abbildung 5 visualisiert die Verkehrsarten des Personenverkehrs.

¹⁸⁷ Vgl. Komarnicki, Przemyslaw/Haubrock, Jens/Styczynski, Zbigniew (2018): Elektromobilität und Sektorenkopplung. Infrastruktur- und Systemkomponenten. Berlin, Springer Vieweg. Seite 3.

¹⁸⁸ Vgl. Stock, Wilfried/Bernecker, Tobias (2014): Verkehrsökonomie. Eine volkswirtschaftlich-empirische Einführung in die Verkehrswissenschaft. Wiesbaden, Springer Gabler, 2. Auflage. Seite 1.

¹⁸⁹ Vgl. Bertram/Bongard (2014), Seite 6.

¹⁹⁰ Vgl. Komarnicki/Haubrock/Styczynski (2018), Seite 3.

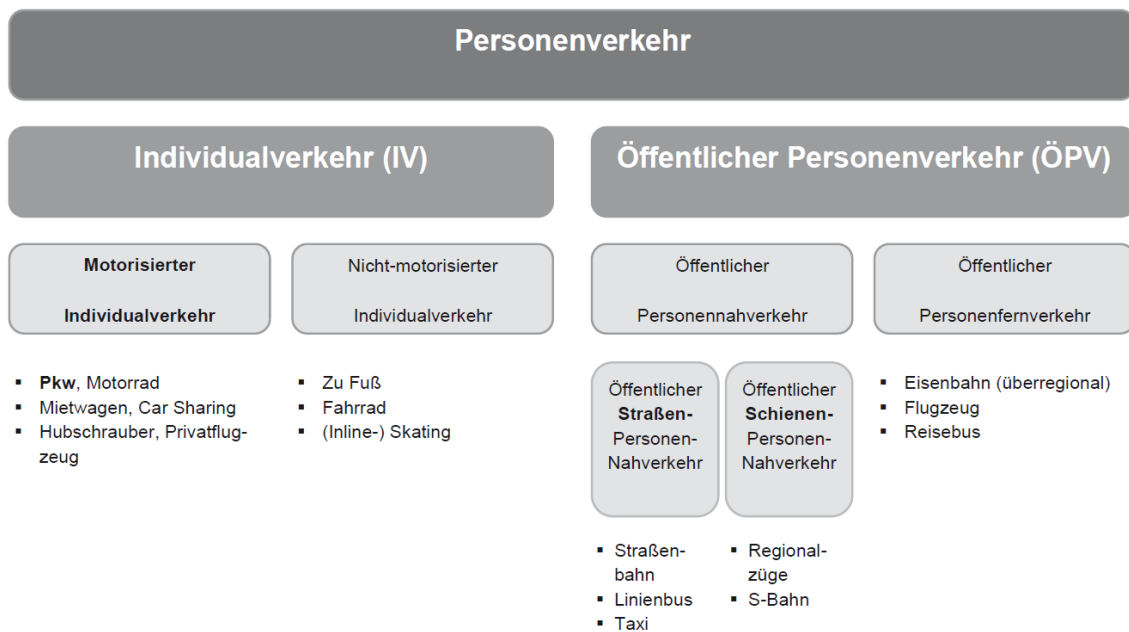


Abbildung 5: Verkehrsarten des Personenverkehrs¹⁹¹

Dem Individualverkehr zugeordnet beziehungsweise unterstellt sind der Motorisierte Individualverkehr und der Nicht-motorisierte Individualverkehr (NMIV). Dem öffentlichen Personenverkehr sind sämtliche öffentliche Personennah- und Personenfernverkehre zugeteilt (ÖPNV und ÖPFV). Aus diesem Verhältnis heraus entsteht der Modal-Split der in Kapitel 2.2 schon erklärt wurde.¹⁹² Entlang des Individualverkehrs können Verkehrsteilnehmer über die Art, Zeit und Strecke der Fortbewegung entscheiden. Im öffentlichen Personenverkehr sind Verkehrsteilnehmer an feste Zeitpläne, festgelegte Verkehrsmittel und Punkt-zu-Punkt-Verkehre gebunden.¹⁹³ Global steht für den Autoverkehr eine Straßennetz von insgesamt 29.357.026 km Länge zu Verfügung. Diese Streckennetz breitet sich nahezu ohne Ausnahme über alle Länder der Erde aus.¹⁹⁴

Der Güterverkehr kann, wie auch der Personenverkehr, in Straßen-, Schienen-, Luft- und Wasserverkehr unterteilt werden, wenn Verkehrsträger nach dem verwendeten Verkehrsweg eingeteilt werden. Der Lastkraftwagen (Lkw) zählt zum Güterverkehr auf der Straße. Dieser lässt sich wiederum in Eigen- und Fremdverkehr unterscheiden. Wenn

¹⁹¹ Bertram/Bongard (2014), Seite 7.

¹⁹² Vgl. Bertram/Bongard (2014), Seite 7.

¹⁹³ Vgl. Oexler, Petra et al. (Hrsg.) (2001): RegensburgMobil – Handbuch Verkehr und Umwelt Regensburg. Regensburg, BMW AG. Seite 2.

¹⁹⁴ Vgl. Komarnicki/Haubrock/Styczynski (2018), Seite 3.

ein Unternehmen den Transportvorgang seiner Güter selbst vornimmt, wird dies als Eigen- oder Werkverkehr bezeichnet. Beim Fremdverkehr oder auch als Gewerblicher Verkehr bezeichnet, erhält ein fremdes Unternehmen den Transportauftrag.¹⁹⁵ In Deutschland kommt dem Lkw-Verkehr mit 484,2 Milliarden Tonnenkilometern (2017) die größte Verkehrsleistung im Güterverkehr zu. Dies entspricht etwa 74% der gesamten inländischen Verkehrsleistungen, also auf der Straße, auf der Schiene und auf Wasserstraßen. Im europäischen Vergleich stellt Deutschland etwa den Durchschnitt dar. Auch in Zukunft soll die Verkehrsleistung des Straßengüterverkehrs in Deutschland wachsen. Das Bundesverkehrsministerium prognostiziert, dass der Straßengüterverkehr bis 2030 auf etwa 607 Milliarden Tonnenkilometer anwachsen wird. Der Lkw fällt auch beim Transport von kleineren Sendungsgrößen ökonomisch und ökologisch positiv auf. Die Eisenbahn im Güterverkehr hingegen gelangt erst ab einer Nutzlast von 300 Tonnen ihre Wirtschaftlichkeitsschwelle. Daraus resultiert eine Aufgabenteilung innerhalb der Verkehrsträger. Während der Lkw den idealen Transport für geringes Volumen auf kurzen Strecken darstellt, entsteht die Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbahnen und Binnenschiffe beim Transport mit großen Volumen und auf große Distanzen. Der Transport fabrikneuer Automobile stellt ein gutes Beispiel dar. Die Eisenbahn wird von der Automobilindustrie für etwa 50% der gesamten Transporte genutzt.¹⁹⁶ Im Gegensatz zum Güterverkehr auf der Straße, auf Schienen, und entlang der Binnenschifffahrt ist der Anteil der Transporte mit dem Flugzeug am binnenländischen Gütertransport verhältnismäßig gering. 2011 erreichte der Luftfrachtverkehr in Deutschland ein Gesamtvolumen von 4,5 Milliarden Tonnen, das etwa einem Anteil von 0,1% des Gesamtgüteraufkommens darstellte. Nicht zu vergessen im Rahmen des Güterverkehrs sind Rohrleitungen und Pipelines, die sowohl Verkehrsträger als auch Verkehrsweg darstellen und Flüssigkeiten wie Wasser oder Erdöl transportieren.¹⁹⁷ Verkehrsträger stehen in dieser Hinsicht nicht in einer Konkurrenz zueinander, vielmehr ergänzen sich diese gegenseitig.¹⁹⁸ Folglich entsteht der sogenannte Kombinierte Verkehr. Kombiniertes Verkehr meint dabei Transportketten, die mindestens zwei Verkehrsträger aufweisen, um ein Gut von einem Ort zu einem anderen zu befördern (Multimodalität).¹⁹⁹

¹⁹⁵ Vgl. Stock/Bernecker (2014), Seite 32.

¹⁹⁶ Vgl. Verband der Automobilindustrie (o.V.) (2019c): Verkehr. <https://www.vda.de/de/themen/wirtschaftspolitik-und-infrastruktur/verkehr/gueterverkehr.html> (abgerufen am 28.05.2019).

¹⁹⁷ Vgl. Stock/Bernecker (2014), Seite 33.

¹⁹⁸ Vgl. Verband der Automobilindustrie (o.V.) (2019c).

¹⁹⁹ Vgl. Stock/Bernecker (2014), Seite 33.

Damit Verkehr funktionieren kann, ist eine Verkehrsinfrastruktur notwendig. Dabei bilden dem Verkehr dienende unbewegliche Anlagen, wie Verkehrswege, Verkehrsanlagen und Verkehrsstationen, die Verkehrsinfrastruktur.²⁰⁰ Im weiteren Sinne versteht man unter der Verkehrsinfrastruktur die für den Transport von Personen, Gütern und Nachrichten erforderlichen materiellen, personellen und institutionellen Voraussetzungen.²⁰¹ Verkehrswege und Verkehrsmittel stehen stets in einem bedingten Zusammenhang und können nur als Vereinigung Mobilitätsbedürfnisse stillen und Personen, Güter und Nachrichten befördern. Verkehrswege sind künstlich geschaffen beziehungsweise unterhaltene Strecken, auf denen sich Verkehrsmittel fortbewegen. Zu Verkehrswegen zählen Fahrbahnen für Eisen-, Straßen- und U-Bahnen, die auf künstlich angelegten Trassen entstehen, Flussläufe, Seen und Kanäle beziehungsweise Binnenwasserstraßen, befestigte Straßen für den Festlandverkehr und Rohrleitungen, die flüssige Massengüter befördern. Hinzufügend gehören Verkehrsanlagen und Verkehrsstationen zur Verkehrsinfrastruktur.²⁰² Verkehrsanlagen haben die Aufgabe, den Verkehr zu steuern. Zu ihnen gehören Ampelanlagen, Verkehrsschilder oder auch Schleusen. An Verkehrsstationen oder auch Verkehrsknoten genannt entsteht, endet, bündelt sich und bricht der Verkehr.²⁰³ Verkehrsstationen „ermöglichen den Zugang zu den Verkehrsmitteln im Personen- und Güterverkehr und schaffen die baulichen und informationsspezifischen Voraussetzungen für intra- und intermodale Umsteige- und Umschlagvorgänge“. ²⁰⁴ Zu den Verkehrsstationen gehören Haltestellen, Bahnhöfe, Flughäfen und Häfen.²⁰⁵

Das nachfolgende Kapitel dieser Arbeit beschäftigt sich zunächst, nachdem im Vorgang die wichtigsten Begrifflichkeiten erläutert wurden, mit der ökonomischen Betrachtung der Verkehrsinfrastruktur. Im nächsten Schritt wird die gegenwärtige Verkehrsinfrastruktur untersucht und zukünftige Entwicklungspotenziale herausgearbeitet. Der letzte Punkt dieses Kapitels geht auf die Frage ein, inwieweit sich die Verkehrsinfrastruktur an die Elektromobilität anpassen muss, die einen wesentlichen Treiber der Mobilität in Zukunft darstellt.

²⁰⁰ Vgl. ebd., Seite 44.

²⁰¹ Vgl. Spektrum (o.V.) (2001): Verkehrsinfrastruktur. <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/verkehrsinfrastruktur/8607> (abgerufen am 28.05.2019).

²⁰² Vgl. Stock/Bernecker (2014), Seite 45.

²⁰³ Vgl. Komarnicki/Haubrock/Styczynski (2018), Seite 160.

²⁰⁴ Aberle, Gerd (2009): Transportwirtschaft: Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen. München, Oldenbourg Verlag, 5. Auflage. Seite 34.

²⁰⁵ Vgl. Stock/Bernecker (2014), Seite 45.

4.1 Volkswirtschaftliche Bedeutung von Verkehr

Die Verkehrsökonomie bildet einen Wirtschaftszweig, der eine große Bedeutung für die Volkswirtschaften darstellt. Dieser Wirtschaftszweig weist einen relevanten Anteil am Bruttoinlandsprodukt vor und ermöglicht eine hohe Beschäftigtenzahl. Des weiteren organisiert er notwendige Dienstleistungen für Unternehmen, Verbraucher und staatlichen Akteuren.²⁰⁶ Das Bruttoinlandsprodukt zeigt seit den letzten Dekaden einen kontinuierlichen Aufwärtstrend. Analog dazu drückt die Steigerung des Bruttoinlandsprodukts auch die anwachsende Nachfrage nach Waren aus. Daraus resultierend entsteht ein hoher Bedarf an Transportmitteln und -kapazitäten. Der wirtschaftliche Aufschwung des Onlinehandels ist in dieser Hinsicht der ein treibender Faktor bei der Entwicklung des Transportwesens.²⁰⁷ Im europäischen Vergleich werden in Deutschland die meisten Güter transportiert. Die Sparten Schiff, Bahn und Lkw erbrachten im Jahre 2015 eine Transportleistung von 661 Milliarden Tonnenkilometern, zudem sind etwa 2,82 Millionen Menschen in Deutschland in der Logistik berufstätig.²⁰⁸ Voraussetzung für eine funktionierende, arbeitsteilige und stetig wachsenden Volkswirtschaft ist die Mobilität von Personen und Gütern. Im Rahmen des Güterverkehrs in einer arbeitsteiligen Wirtschaft entsteht, durch die Verbindung der Gesamtproduktion bis hin zum Endverbrauch, die Versorgungssicherheit und die Verfügbarkeit von Gütern.²⁰⁹ Des weiteren gewährleisten Mobilität und Verkehr die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben sowie am Arbeitsmarkt.²¹⁰ In Folge dessen erfährt die Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr ein stetiges Wachstum. Insbesondere die Verfügbarkeit von Verkehrswegen, als Teil der Verkehrsinfrastruktur, verzeichnen seit jeher eine große Bedeutung für die Entwicklungen der Volkswirtschaft.²¹¹

In ökonomischer Betrachtung lässt sich die Verkehrsinfrastruktur mit vor allem den Verkehrswegen charakteristisch beschreiben. Verkehrsinfrastruktureinrichtungen sind mit hohen Kosten verbunden und können von Einzelunternehmen kaum finanziert werden. Auf der anderen Seite ist die Verkehrsinfrastruktur besonders langlebig. Wenn

²⁰⁶ Vgl. Simon, Fabian (o.J.): Verkehrswirtschaft. <https://www.rechnungswesen-verstehen.de/lexikon/verkehrswirtschaft.php> (abgerufen am 29.05.2019).

²⁰⁷ Vgl. Zeitbild Wissen (o.V.) (2016), Seite 11.

²⁰⁸ Vgl. ebd., Seite 18.

²⁰⁹ Vgl. Link, Heike (2011): Verkehr und Wirtschaft. Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Verkehrs. In: Schwedes, Oliver (Hrsg.) (2011): Verkehrspolitik. Eine interdisziplinäre Einführung. Wiesbaden, VS Verlag, Seite 91.

²¹⁰ Vgl. Zierer/Zierer (2010), Seite 10.

²¹¹ Vgl. Link (2011), Seite 91.

Verkehrswege adäquat instandgehalten werden, können diese eine Nutzung von mehreren 100 Jahren gewährleisten. Entlang der Nutzung von der Verkehrsinfrastruktur entstehen nahezu keine Opportunitätskosten, das heißt, dass Kapital in die Verkehrsinfrastruktur investiert wird und folglich für andere Zwecke als verloren gilt. Es bestehen dabei nur sehr wenige Ausnahmen, wie beispielsweise die Umwidmung einer Hafenanlage zu Wohngebäuden. Die Fertigung von Verkehrswegen verursacht hohe Kostendegressionseffekte. So sind die entstehenden Kosten für eine Straße mit vier Fahrspuren pro Spur deutlich geringer als die Kosten pro Spur, die bei der Fertigung einer Straße mit zwei Spuren entstehen. Auch die Erweiterung einer vorhandenen Verkehrsinfrastruktur ist zumeist günstiger als ein kompletter Neubau von Verkehrswegen. Es verursacht deutlich weniger Kosten, eine zweispurige Straße auf vier Spuren zu erweitern, als eine komplett neue Straße mit vier Spuren zu bauen. Im Bereich der fixen und variablen Kosten ist entlang der Verkehrsinfrastruktur festzustellen, dass die Fixkosten im Vergleich zu den variablen Kosten sehr hoch ausfallen. Anders beschrieben, sind die volkswirtschaftlichen Marginalkosten (Grenzkosten) für die Nutzung der Verkehrsinfrastruktur relativ gering.²¹²

Zwischen der Verkehrsinfrastruktur und dem Wirtschaftswachstum besteht ein kausaler Zusammenhang. Die Verbesserung der Verkehrsinfrastrukturen, in Form von Neubauten und dem Ausbau bestehender Infrastruktur, lässt ökonomische Effekte entstehen. Durch Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur entstehen verbesserte und vereinfachte Transportbedingungen, die Zeit- und Kostenersparnisse sowie eine höhere Zuverlässigkeit bedingen. Folglich sind verschiedene Märkte besser zu erreichen. Die bessere Erreichbarkeit der Märkte sorgt für positive Auswirkungen auf das Angebot von Arbeitskräften und die Zunahme von Ex- und Importen der betrachteten Volkswirtschaft sowie Agglomerationsvorteilen und die Förderung von Innovationsschüben, hervorgehoben durch Technologieübermittlung und der Intensivierung von Informationsflüssen.²¹³ In der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) in Bezug auf den Transportsektor, stellen das Brutto-Anlagevermögen sowie das Netto-Anlagevermögen wichtige Kenngrößen dar. Der Quotient aus Netto- zu Brutto-Anlagevermögen ergibt den sogenannten Modernisierungsgrad des Anlagevermögens. Dieser Modernisierungsgrad gilt als besonderer Informationswert bei der Frage nach angemessenen oder zu geringen Anlageinvestitionen.²¹⁴ Das Anlagevermögen umfasst Verkehrswege, wie Eisenbahnen, S-Bahnen, Straßenbahnen, Straßen, Brücken, Wasserstraßen und Rohrfernleitungen sowie

²¹² Vgl. Stock/Bernecker (2014), Seite 47.

²¹³ Vgl. Link (2011), Seite 94.

²¹⁴ Vgl. Aberle (2009), Seite 38 bis 40.

Umschlagplätze wie Binnenhäfen, Seehäfen und Flughäfen. Im Jahre 2016 betrug das Brutto-Anlagevermögen der Verkehrsinfrastruktur insgesamt 916,6 Milliarden Euro. Das Netto-Anlagevermögen summiert sich auf 590,1 Milliarden Euro. Der sich ergebende Modernitätsgrad beziffert sich auf 64%-Punkte. Im Jahre 2000 zum Vergleich betrug der Modernitätsgrad 68%-Punkte (Brutto-Anlagevermögen: 840,8 Milliarden Euro, Netto-Anlagevermögen: 567,6 Milliarden Euro). Der Vergleich der Größen zwischen 2016 und 2000 zeigt, dass sich der Modernitätsgrad im Rahmen der Verkehrsinfrastruktur um 4%-Punkte verringert hat.²¹⁵ Der Modernitätsgrad ist ein Maß dafür, wie viel Prozent des Vermögens noch nicht abgeschrieben sind und gibt somit Auskunft über den Alterungsprozess des Anlagevermögens.²¹⁶ Letztlich bleibt festzustellen, dass eine arbeitsteilige Volkswirtschaft ohne die Mobilität von Personen und Gütern nicht mehr denkbar ist. Die Bedeutung des Verkehrssektors als eigener Wirtschaftszweig zeigt sich insbesondere durch Kennziffern der VGR und den Beschäftigungszahlen²¹⁷

4.2 Gegenwärtige Verkehrsinfrastruktur und Potenziale

Eine funktionierende und nahtlose Verkehrsinfrastruktur ist die Voraussetzung für Mobilität, Logistik, Produktion und Exporte. Um eine höhere Leistungsfähigkeit der Verkehrsnetze zu erreichen, gilt es das intermodale Gesamtverkehrssystem zu verbessern, bei dem sich die Verkehrsträger Straße, Schiene, Schifffahrt und Luftverkehr komplettieren. Der vermehrte Einsatz von verkehrsbezogener Kommunikationstechnologie sowie Informationsvermittlung gilt als Grundlage für die Entwicklung zu modernen Verkehrsinfrastrukturen. Der wirtschaftliche Erfolg eines Landes und die Sicherstellung einer hohen Lebensqualität setzt in Zukunft eine moderne Mobilität voraus. Damit moderne Mobilität gewährleistet werden kann, müssen Verkehrsträger über hoch funktionale Schnittstellen und digitalen Steuerungsmöglichkeiten intelligent miteinander vernetzt werden.²¹⁸

²¹⁵ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (o.V.) (2018a): Verkehr in Zahlen. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/verkehr-in-zahlen-2017-2018-excel.zip?__blob=publicationFile (abgerufen am 29.05.2019).

²¹⁶ Vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder (o.V.) (2018): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder. <https://www.statistik-bw.de/VGRdL/MethDef/definitionen.jsp> (abgerufen am 29.05.2019).

²¹⁷ Vgl. Link (2011), Seite 112.

²¹⁸ Vgl. Brossardt, Bertram (2018): Moderne Verkehrsinfrastruktur. München, Vereinigung der bayrischen Wirtschaft e.V. Seite 1.

Deutschland verfügt gegenwärtig über ein Straßennetz von insgesamt rund 830.000 km, dabei sind 229.903 km dem überörtlichen Verkehr zuzuordnen. Der Schienenverkehr umfasst eine Streckenlänge von etwa 33.500 km, davon ist ein Großteil (rund 20.200 km) elektrifiziert. Im Rahmen der Verkehrsstationen im Schienenverkehr, sind 5.660 Personenbahnhöfe und 2.367 Gleisanschlüsse zu zählen. Entlang des Wasserstraßennetzes verfügt Deutschland über rund 23.000 km an Seewasserstraßen und rund 7.300 km an Binnenwasserstraßen. Das Luftverkehrsnetz setzt sich aus 24 Hauptverkehrsflughäfen zusammen. Hauptverkehrsflughäfen sind Flughäfen mehr als 150.000 Passagiereinheiten (1 Passagier, beziehungsweise 100 kg Fracht, beziehungsweise Post).²¹⁹ Durch die Elektromobilität ist der Ausbau von Elektroverkehrsstationen, und einer damit verbundenen Ladeinfrastruktur essentiell.²²⁰ Ohne den progressiven Ausbau von Ladesäulen, stagniert die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen. In Deutschland wächst die Anzahl der Ladestationen. Es konnten Ende Mai 2019 knapp 17.400 Ladepunkte für Elektrofahrzeuge gezählt werden.²²¹ Zum Vergleich gab es im Juli 2018 rund 13.500 Ladestationen. Damit das Klimaziel 2030 der Bundesregierung im Verkehrssektor erfüllt werden kann, müssten in Deutschland etwa sieben bis zehn Millionen Elektrofahrzeuge in den Verkehr eingegliedert werden (2018 betrug der Elektrofahrzeugabsatz in Deutschland 68.000 Einheiten). Damit einhergehend muss der Ausbau der Ladeinfrastruktur mit hohem Tempo forciert werden.²²² Die Nationale Plattform Elektromobilität, die als Beratungsgremium der deutschen Bundesregierung in Bezug auf die Elektromobilität fungiert, konnte für das Jahr 2020 einen Bedarf von etwa 70.000 öffentlichen Ladepunkten und rund 7.100 Schnellladesäulen ermitteln. Zur Umsetzung der geplanten Maßnahmen entlang des Ausbaus der Ladeinfrastruktur stellt die deutsche Bundesregierung von 2017 bis 2020 300 Millionen Euro zur Verfügung.²²³ Im erweiterten Kontext wurde 2016

²¹⁹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (o.V.) (2019): Infrastruktur.

<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/infrastruktur-statistik.html> (abgerufen am 03.06.2019).

²²⁰ Vgl. Riedel, Veronique/Schwedes, Oliver (2017): Die Nutzerinnen und Nutzer im Blick der Verkehrsplanung – nachfrageorientierte Planung am Beispiel der Ladeinfrastruktur. In: Wilde, Mathias et al. (Hrsg.) (2017): Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie. Ökologische und soziale Perspektiven. Wiesbaden, Springer. Seite 1.

²²¹ Vgl. Handelsblatt (o.V.) (2019): Zahl der Ladepunkte für E-Autos wächst in Deutschland.

<https://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/elektromobilitaet-zahl-der-ladepunkte-fuer-e-autos-waechst-in-deutschland/24193184.html?ticket=ST-575552-6xc6XzJLGBU4tDDw1BG0-ap2> (abgerufen am 04.06.2019).

²²² Vgl. Bönninghausen, Daniel (2019): BDEW zählt 17.400 öffentliche Ladepunkte in Deutschland.

<https://www.electrive.net/2019/04/08/rund-17-400-oeffentliche-ladepunkte-in-deutschland/> (abgerufen am 04.06.2019).

²²³ Vgl. Nationale Plattform für Elektromobilität (o.V.) (2018b): Themen. Ladeinfrastruktur. <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/ladeinfrastruktur/> (abgerufen am 04.06.2019).

der Bundesverkehrswegplan 2030 des Bundesverkehrsministeriums in das Leben gerufen. Dieser erklärt die mögliche Anpassung und Weiterentwicklung des Schienen-, Straßen- und Wasserverkehrs. Zur Verfügung steht ein Volumen von 269,6 Milliarden Euro, das für den Erhalt, die Instandsetzung sowie für die Aus- und Neubauvorhaben investiert wird. Dieses Volumen wird zu 49,3% auf den Straßenverkehr, zu 41,6% auf den Schienenverkehr und zu 9,1% auf den Wasserverkehr aufgeteilt.²²⁴ In China steigt die Anzahl der verkauften Elektrofahrzeuge schnell und stetig. Resultierend ist auch eine rasante Entwicklung der Elektroladeinfrastruktur festzustellen. Ende 2018 erreichte China die Anzahl von 300.000 öffentlichen Elektroladestationen, das etwa 50% des weltweiten Elektrolademarkts ausmacht. Die schnelle Entwicklung der Ladeinfrastruktur in China wird durch den Anstieg auf 330.000 öffentliche Ladestationen im Januar 2019 verdeutlicht. In den USA, als weiterer Vergleich, wurden zum Ende 2018 67.500 öffentliche Ladestationen nachgewiesen. Zählt man die privaten Ladestationen in China hinzu, entsteht eine Summe von insgesamt 808.000 Elektroladestationen.²²⁵ Für das Jahr 2030 werden weltweit bis zu 40 Millionen Elektroladestationen prognostiziert. Dabei werden in den USA 12 Millionen private Ladestationen und 1,2 Millionen öffentliche Ladestationen erwartet. In Europa sind ähnliche Trends zu erkennen, die zu 9 Millionen privaten und 1,6 Millionen öffentlichen Ladestationen im Jahr 2030 führen könnten.²²⁶

In Großstädten und den zukünftigen Smart Cities steht die Stadt- und Verkehrsplanung auf Grund der weltweit erkennbaren Urbanisierung vor großen Herausforderung. Das Verkehrssystem muss insofern angepasst werden, dass ein nahtloser Transport von Menschen und Gütern in Zukunft gewährleistet werden kann. Die Digitalisierung und vor allem die Vernetzung der modernen Fahrzeuge untereinander sowie mit anderen Verkehrsteilnehmern und intelligenten Infrastrukturelementen wird als Teil der nachhaltigen Verkehrsinfrastruktur angesehen. Akteure, wie die Politik, die Automobilindustrie und Städte, sind in der Pflicht diese technologischen Voraussetzung umzusetzen. Dazu gehört insbesondere der Auf- und Ausbau einer vernetzungsfähigen Verkehrsinfrastruktur. Dynamische Verkehrszeichen, kommunizierende Baustellen und vernetzte, anpassungsfähige Ampelanlagen sind Beispiele für die Verkehrsinfrastruktur der Zukunft.

²²⁴ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (o.V.) (2018b): Infrastruktur als Grundlage für Wachstum, Arbeit und Wohlstand. <https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Dossier/Infrastruktur/infrastruktur.html> (abgerufen am 04.06.2019).

²²⁵ Vgl. Pyper, Julia (2019): The Dynamics of China's Rapidly Expanding EV Charging Market. <https://www.greentechmedia.com/squared/electric-avenue/china-rapidly-expanding-ev-charging-market> (abgerufen am 04.06.2019).

²²⁶ Vgl. Deign, Jason (2018): Up to 40 Million EV Charging Points Forecast Worldwide by 2030. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/electric-vehicle-charging-points-40-million-gtm#gs.g5py1a> (abgerufen am 04.06.2019).

Neueste und moderne Fahrzeugmodelle sind Hard- und Software für eine derartige Mobilität vorbereitet und können zukünftig mit Vehicle-to-Car untereinander und über Vehicle-to-Infrastructure mit der Infrastruktur kommunizieren. Dabei kann über die Vehicle-to-X-Kommunikation eine Informationsübermittlung, etwa Ampelphasen oder Baustellen, in Sekundenbruchteilen gesammelt, verarbeitet und kommuniziert werden. Im internationalen Vergleich fehlt es Deutschland gegenwärtig noch an zukunftsfähigen Verkehrsinfrastrukturlösungen daher befinden sich keine deutschen Städte unter den Top 10 der Smart Cities. Städte wie Kopenhagen mit einem intelligenten Fahrradverkehrssystem, Toronto mit zukunftsfähigen Parkleitsystem, Wien mit einem intermodalem Verkehrssystem oder Tokio mit einem Bus Rapid-Transit System, sind weltweit führend entlang der Smart Cities. Der Stadtstaat Singapur, dessen Bevölkerung sich von 1990 bis 2013 von 3 auf 5,4 Millionen nahezu verdoppelt hat, bündelt neuste Innovationen der Verkehrssysteme im Stadtgebiet. Zu diesen Innovationen gehören die Verkehrssituationserfassung über Kameras, automatisierte Verkehrsdatenübermittlung an Pkw und Lkw oder elektronische Parkleitsysteme. Vereinzelt sind diese schon in europäischen Städten wie Stockholm, Oslo oder Mailand wiederzufinden.²²⁷ Voraussetzung und zentraler Baustein für den zukunftsfähigen, intelligenten und vernetzten Verkehr ist der Ausbau der digitalen Infrastruktur. Also einem flächendeckend stabil verfügbaren Breitband- und Mobilfunknetz, das die Vehicle-to-X-Kommunikation gewährleistet. Damit einhergehend die fünfte Generation des Internetempfangs (5G) und Übertragungsraten weit über 50 Mbit/s.²²⁸ Durch den Aufbau eines intelligenten Verkehrssystems werden Effizienzschübe im Bereich Energieverbrauch, Sicherheit und Komfort sowie positive Umweltauswirkungen und gesteigerte Lebensqualität erreicht.²²⁹

4.3 Anpassung der Verkehrsinfrastruktur an die Elektromobilität

Der Wandel der Mobilität führt zu großen Herausforderungen für die Stadt- und Verkehrsplanung und nimmt unmittelbar Einfluss auf die Verkehrsinfrastruktur. Es gilt die Lebensqualität der Menschen bei steigendem Verkehrsaufkommen, insbesondere im urbanen Raum, zu erhalten und die externe Energieabhängigkeit im Verkehrssektor zu

²²⁷ Vgl. Zeitbild Wissen (o.V.) (2016), Seite 16 bis 17.

²²⁸ Vgl. Agora Verkehrswende (o.V.) (2017): Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende. <https://www.agora-verkehrswende.de/12-thesen/verkehrsinfrastruktur-wird-neu-gedacht-geplant-und-finanziert/> (abgerufen am 04.06.2019).

²²⁹ Vgl. Zeitbild Wissen (o.V.) (2016), Seite 17.

minimieren. Die Elektromobilität zählt als ideale Lösung zur Reduzierung von Luft- und Lärmemissionen und trägt erheblich dazu bei, Klimaschutzziele zu erreichen. Die Elektromobilität, die neben Elektrofahrzeugen E-Bikes, Elektro-Transporter und Pedelecs umfasst, nimmt schon heute Einfluss auf unsere Mobilität und wird, neben alternativen Kraftstoffen, ein wichtiger Treiber der Mobilität der Zukunft sein.²³⁰ Für einen nahtlosen Übergang in die Elektromobilität ist es von besonderer Bedeutung die Infrastrukturen performant und skalierbar aufzubauen sowie dafür zu sorgen, dass sich diese rasant an wechselnde Anforderungen anpassen.²³¹ Innerhalb des Verkehrssystems ist die Elektromobilität schwierig einzuordnen. Weder gilt sie als eigenes Verkehrsnetz noch zählt sie als eigene Verkehrsform. Des Weiteren stellt die Elektromobilität keinen eigenen Verkehrsträger dar. Somit könnte man unterstellen, dass die Elektromobilität eine spezifische Ausprägungsform der Verkehrsmittel ist. Folglich ist die Elektromobilität als Baustein eines Verkehrsträgers anzusehen. Der größte Anwendungsbereich der Elektromobilität ist gegenwärtig den Verkehrsträgern Schiene und Straße zuzuordnen. Entlang der Binnenwasserstraßen oder der Seefahrt findet die Elektromobilität bis auf eine geringe Anzahl an Schiffen, keine Bedeutung. Bei Betrachtung des Flugverkehrs werden nur Kleinstdrohnen elektrisch betrieben, daneben sind bisher keine Elektroserienfluggeräte bekannt.²³² Unabdingbar für die Nutzung und die Marktrealisierung der Elektromobilität im Verkehr ist das Vorhandensein einer Ladeinfrastruktur. Fahrzeuge werden gegenwärtig von Nutzern alle 600 bis 1000km nachgetankt. Aufgrund des ausgeprägten Tankstellennetz stellt die Energieversorgung keine Probleme dar. Entlang der Versorgung der Fahrzeuge mit elektrifizierten Antriebsstrang, ist es notwendig eine flächendeckende und bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur aufzubauen.²³³ Vorteile beim Ausbau von Ladeinfrastrukturen bringen stadtintegrierte Ladesäulen. Diese Ladesäulen, etwa integriert in Straßenlaternen oder Parkscheinautomaten bieten neben dem Laden weitere Funktionen und steigern damit die Effizienz. Zudem ist die Barrierefreiheit im Bereich des Zugangs zu Ladestationen ein Anliegen, das beim Aufbau einer Ladeinfrastruktur

²³⁰ Vgl. Ernst, Thomas/Scheuerle, Stefan/Seidensticker, Sven (2013): Strategien von Städten zur Elektromobilität. In: Proff, Heike et al. (Hrsg.) (2013): Schritte in die künftige Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden, Springer Gabler. Seite 352.

²³¹ Vgl. Birkner, Felicitas (2017): Der Mensch im Zentrum der IT. In: Hildebrandt, Alexandra/Landhäußer, Werner (Hrsg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Springer Gabler. Seite 900.

²³² Vgl. Komarnicki/Haubrock/Styczynski (2018), Seite 162.

²³³ Vgl. Vallée, Dirk et al. (2018): Infrastruktur. In: Kampker, Achim/Vallée, Dirk/Schnettler, Armin (Hrsg.) (2018): Elektromobilität. Grundlagen einer Zukunftstechnologie. 2. Auflage, Berlin, Springer Vieweg. Seite 92.

berücksichtigt werden muss.²³⁴ Die Verfügbarkeit von öffentlichen Ladestationen bilden eine psychologische Stütze bei dem Nutzer im Rahmen der Akzeptanz der Elektromobilität. Damit die Nutzerakzeptanz sowie die Alltagstauglichkeit der Ladeinfrastruktur gewährleistet werden kann, gilt es diese mittels induktiver Ladung und innovativen Schnellladesäulen im öffentlichen sowie im Individualverkehr zu erweitern. Nur so kann eine nahtlose Versorgungsinfrastruktur, ähnlich wie im gegenwärtigen fossilen Verkehr, entstehen.²³⁵

4.3.1 Fahrzeuge und Infrastrukturbedarf

Als enorm stadtverträgliche Verkehrsmittel zählen vor allem Fahrräder und emissionsarm, betriebene Zweiräder wie Pedelecs oder Elektroroller. Ein weiterer Mehrwert entsteht dadurch, dass sie platzsparend und fast überall abstellbar sind.²³⁶ Pedelecs gelten als besonders attraktiv, 15% der neu verkauften Fahrräder sind Pedelecs.²³⁷ Durch die elektrische Unterstützung des Antriebs der Fahrräder muss kaum mehr Muskelkraft angewendet werden. Die infrastrukturellen Voraussetzungen können mit dem Aufbau von Radwegen und Abstellmöglichkeiten stetig verbessert werden. Umgerechnet in Kilometer reicht eine gegenwärtige Akkuladung etwa für 80km und ist damit auch bei täglichem Laden mit langer Ladedauer ausreichend. Der Akku bei Pedelecs ist in den meisten Fällen abnehmbar. Die Tatsache, dass dieser Akku zu Hause in der eigenen Wohnung und am Arbeitsplatz an einer herkömmlichen Steckdose geladen werden kann, ist beim Infrastrukturbedarf zu berücksichtigen. Ein sinnvoller Ansatz ist es, an Bahnhöfen oder stark frequentierten Bushaltestellen, die einen Zugang zum öffentlichen Personenverkehr bieten, Anlagen mit einer Ladeinfrastruktur aufzubauen. Eine weitere Möglichkeit bieten Konzepte des Akkutauses, also dem Tausch eines entladenen gegen einen geladenen Akku. Dieses Konzept käme insbesondere Freizeitaktivitäten zu Gute, da die Reichweite vergrößert wird. Im Gegensatz zu Pedelecs verfügen Elektroroller über keinen abnehmbaren Akku, dementsprechend ist eine Ladeinfrastruktur, ähnlich wie für den Pkw zu schaffen. Im Rahmen der Elektrofahrräder und Elektroroller sind auch keine Auswirkungen auf die Netzinfrastuktur zu erwarten, da der Gleichzeitigkeitsfaktor gering ist.²³⁸

²³⁴ Vgl. Ernst/Scheuerle/Seidensticker (2013), Seite 356.

²³⁵ Vgl. Vallée et al. (2018), Seite 93.

²³⁶ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 34.

²³⁷ Vgl. Öko-Institut e.V. (o.V.) (2018).

²³⁸ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 34 bis 35.

Der Bus- und Bahnverkehr wurde im Jahr 2017 so oft benutzt, wie noch nie zuvor. Gezählt wurden mehr als 11,5 Milliarden Fahrten im Nah- und Fernverkehr, was einem Anstieg von 1,1% zum Vorjahr entspricht. 31,5 Millionen Fahrgäste wurden durchschnittlich pro Tag im Linienverkehr befördert.²³⁹ Der ÖPV umfasst etwa 10% der täglichen Wege des städtischen Verkehrs. Entlang der Elektromobilität können Bahnen, Trolley- und Hybridbusse durch neue Systeme noch attraktiver werden. Ein bereits etabliertes Geschäftsmodell der Elektromobilität ist der europaweite Eisenbahn-Hochgeschwindigkeitsverkehr im Bereich des Fernverkehrs. Ein weiteres Nutzungs- und Innovationspotenzial der Elektromobilität entsteht durch die Weiterentwicklung von Trolley- und Hybridbussen. Trassen, die einen schnellen und pünktlichen Verkehr gewährleisten zählen als Grundlage für die Infrastruktur. Eine Schwierigkeit und Innovationsbedarf für Städte stellt die Energieversorgung dar. Herkömmliche Oberleitungen sind nicht optimal in Stadtbilder einzubinden. Der rein elektrische Betrieb von Bussen, die eine Tagfahrleistung von 200 bis 400 Kilometer überwinden und noch weiteren Energiebedarf für die Klimatisierung benötigen, ist kaum möglich. Das mögliche Laden an den Haltestopps kann auch nur mit einer sehr hohen Ladeleistung erfolgen, die die gegenwärtige Technik nicht hergibt. In der Folge müssen alternative Ladekonzepte etabliert werden. Das induktive Laden an Haltestellen oder nur punktuelle Oberleitungsanlagen können als Teil zur Lösung beitragen. Damit der MIV und der ÖPNV miteinander verknüpft werden können liegt der Ausbau einer Ladeinfrastruktur für Pkw und Fahrräder an Schlüsselpunkten beziehungsweise Schnittstellen nahe.²⁴⁰

Im Hinblick auf Personenkraftfahrzeuge stellen die geringe Reichweite und die noch nicht ausreichend, flächendeckende Ladeinfrastruktur Probleme in Bezug auf die Akzeptanz der Elektrofahrzeuge dar.²⁴¹ Damit die Nutzerakzeptanz und die damit einhergehende Fernreisefähigkeit steigen kann muss eine flächendeckende Ladeinfrastruktur aufgebaut werden. Eine hohe Dichte an Lademöglichkeiten beeinflusst die Strom- und Verteilungsnetze, die in Städten besser ausgebaut sind als in ländlichen Regionen. Der Grund dafür ist die Lastdichte, also der Energiebedarf bezogen auf die Fläche. Damit geht eine stärkere Belastung der Ladeinfrastruktur sowie ein Ausbaubedarf der Verteilungsnetze einher.²⁴² Es wird erwartet, dass in der Markteinführungsphase der

²³⁹ Vgl. Manager Magazin (o.V.) (2018): So viele Menschen wie noch nie mit Bus und Bahn unterwegs. <https://www.manager-magazin.de/politik/deutschland/oeffentlicher-personennahverkehr-auf-rekordhoch-a-1201205.html> (abgerufen am 06.06.2019).

²⁴⁰ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 35 bis 36.

²⁴¹ Vgl. Burkhardt, T. et al. (2015), Seite 156.

²⁴² Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 36 bis 38.

Elektromobilität, im höheren Maße Zweitwagen, die keine hohe Fahrleistungen aufweisen, durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden.²⁴³ Tritt ein solches Szenario ein, würde eine stark verschiedene Verteilung der Elektrofahrzeuge zwischen Stadt und Land resultieren. Dadurch entsteht die Schwierigkeit, den Bedarf der Ladestationen sowie die Belastung der Versorgungsinfrastruktur abzuschätzen. Vorwiegend wird erwartet, dass Elektrofahrzeuge an privaten Ladestationen, bei der Arbeitsstätte sowie an Park and Ride Stellen und Parkhäusern geladen werden. Folglich ist es sinnvoll die zukünftige Ladeinfrastruktur daran anzupassen. An diesen Orten ist eine ausreichende Standzeit für den Ladevorgang vorhanden. Ladesäulen im öffentlichen Raum, wie zum Beispiel Ladesäulen an Laternen oder Parkscheinautomaten, dienen der Förderung der elektrifizierten Mobilität zur Erreichung von Zielen außerhalb der alltäglichen Fahrtwege. Für Elektrofahrzeugnutzer, denen weder eine private Lademöglichkeit noch eine Lademöglichkeit an der Arbeitsstätte zur Verfügung steht, dienen öffentliche Ladepunkte als essentiell.²⁴⁴ Mit den öffentlichen Ladestationen setzen Städte ein Zeichen für die Akzeptanz der Elektromobilität und erreichen einen Distanzverlust der Bevölkerung zu der neuen Technologie und damit eine Akzeptanzsteigerung.²⁴⁵ Auch die Lademöglichkeiten, die weniger stark frequentiert sind bilden eine psychologische Sicherheit im Kopf der aktiven und potentiellen Nutzergruppen. Im Fokus der frühzeitigen Elektromobilität stehen Flottenbetreiber, die auf Grund eines begrenzten und absehbaren Nutzungsmuster eine optimale Rahmenbedingung zur individuellen Nutzung von Elektrofahrzeugen schaffen. Aus diesem Szenario können im hohen Maße nachgefragte Standorte für Lademöglichkeiten entstehen.²⁴⁶ Ein Elektrofahrzeug könnte auch kabellos in Form von induktivem Laden mit Energie versorgt werden. Dadurch entstehen jedoch Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit. Des weiteren ist die begrenzte Leistungsübertragung durch den Induktionsspulenabstand als Nachteil zu bewerten. Als Folge kann diese Technologie gegenwärtig nur in einer Nische angewendet werden. Eine weitere Möglichkeit bietet der komplette Austausch eines entladenen mit einem geladenen Akku. Der Akku wird entkoppelt und durch einen neuen ersetzt. Systeme, die diesen Vorgang durchführen können sind gegenwärtig noch nicht serienreif.²⁴⁷ Die durch mehrheitliche Ladevorgänge zur gleichen Zeit entstehenden Anschlussleistungen und Energiebedarf haben direkten Einfluss auf das elektrische Netz. Folglich muss analog zu

²⁴³ Vgl. März, Martin (2009): „Familien kaufen Elektroautos als Zweitwagen“. <https://www.welt.de/wissenschaft/article4051802/Familien-kaufen-Elektroautos-als-Zweitwagen.html> (abgerufen am 06.06.2019).

²⁴⁴ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 39 bis 40.

²⁴⁵ Vgl. Ernst/Scheuerle/Seidensticker (2013), Seite 356.

²⁴⁶ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 40.

²⁴⁷ Vgl. Komarnicki/Haubrock/Styczynski (2018), Seite 149.

einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur eine stabile Netzinfrastruktur aufgebaut werden.²⁴⁸

4.3.2 Netzinfrastruktur

Eine Herausforderung der heutigen Zeit besteht darin, das Elektrofahrzeug in ein Gesamtsystem aus unterschiedlichen Infrastrukturen technisch und wirtschaftlich sinnvoll einzugliedern. Dabei dient das Elektrofahrzeug als Sektorenkoppler für Infrastrukturen im Bereich der Energiesysteme, des Verkehrs oder der IKT. Infrastrukturen im Rahmen der Elektromobilität werden als kritische Infrastrukturen bezeichnet, da sie im Falle eines Ausfalls oder einer Beeinträchtigung zu Versorgungsengpässen oder Sicherheitsstörungen führen können.²⁴⁹ Mit dem Ziel der Emissionssenkung und der Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen stehen der Elektromobilität unterschiedliche Primärenergiequellen zur Verfügung, die die Elektromobilität aber nur dann vorantreiben, wenn eine geeignete Verteil- und Ladeinfrastruktur gewährleistet wird. CO₂-Einsparungen und eine damit einhergehende, verbesserte Ökobilanz kann nur durch Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien entstehen. Daraus ist abzuleiten, dass die aus Windkraft, Photovoltaik oder Biomasse gewonnene Strommenge weiter anwachsen muss. Dabei nimmt die Strommenge Einfluss auf Übertragungs-, Verteilungsnetze und Speicherkapazitäten, die ausreichend verfügbar sein müssen. Mit der steigenden Nachfrage nach Elektromobilität und Ladekapazitäten müssen auch Niederspannungsleitungen angepasst beziehungsweise ausgebaut werden. Der Fokus liegt in der gleichzeitigen Bereitstellung von Energiemenge (kWh) und der erforderlichen Leistung (kW). Vor allem die Zurverfügungstellung der erforderlichen Leistung wird einen Ausbau der Netzinfrastruktur bedingen, die mit dem Zusammenwirken von Informations- und Kommunikationssystemen anhand intelligenter Ladestrategien Überlastungen der Netzinfrastruktur vermeiden kann.²⁵⁰ Derzeit sind die Verteilnetze in Deutschland noch nicht für die kommende Elektromobilität ausgerichtet, sodass die vorhandenen Netzinstrukturen an ihr Limit stoßen. Neben der Belastung des Stromnetzes durch die Elektromobilität, bietet diese auch die Möglichkeit als Speicher im Rahmen des Gleichgewichts von Angebot und Nachfrage im Netz mitzuwirken. Voraussetzung dafür ist die Vehicle-to-Grid (V2G)-Technologie. Damit können gespeicherte Strommengen der Elektrofahrzeuge bei Bedarf

²⁴⁸ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 40.

²⁴⁹ Vgl. Komarnicki/Haubrock/Styczynski (2018), Seite 137 bis 138.

²⁵⁰ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 30.

in das Netzsystem zurückgespeist werden.²⁵¹ Mit der Bereitstellung eines solchen sektorenübergreifenden Speichereinsatz ist es möglich innerhalb des elektrischen Energieversorgungssystems und auch innerhalb des Mobilitätssystems eine Systemeffizienz zu erreichen.²⁵² Zudem wird der erwartete Strommix, bestehend aus der rasant angestiegenen Einspeisung durch regenerative Energien, vermehrt zu Situationen führen, die ein Überangebot oder auch eine Unterdeckung von elektrischer Energie bewirken. Auch aus diesem Grund gilt es, die elektrische Netzinfrastruktur so auszubauen, dass Speichereinheiten, in das Gesamtsystem integriert werden, um so einen andauernden und adäquaten Verbrauch von elektrischer Energie zu gewährleisten.²⁵³ Gegenwärtig ist die Anschlussleistung von Elektrofahrzeugen noch nicht definiert, wird aber vermutlich zwischen 2 und 44 kW liegen. Hohe Anschlussleistungen von Elektrofahrzeugen können in ländlichen Gebieten, die eine geringe Lastdichte vorweisen, eine Instabilität des Stromnetzes verursachen.²⁵⁴ Für den Aufbau und den späteren Betrieb einer geeigneten Ladeinfrastruktur sind Aufstellorte der Ladestationen sowie Anschlussmöglichkeiten von großer Bedeutung. Daneben sind technische Eigenschaften, wie etwa die Ladetechnologie und die Ladeeigenschaften beziehungsweise Ladeleistung zu betrachten. Die grundlegende Unterscheidung der Ladetechniken liegt zwischen AC und DC Ladeverfahren. AC bezeichnet ein Ladeverfahren mit Wechselstrom, während DC das Gleichstromladeverfahren benennt. Das einphasige Laden mit Wechselstrom erreicht eine Leistungsübertragung von bis zu 3,7 kW. Dem entgegen sind beim dreiphasigen Wechselstromladen Leistungen bis zu 44 kW möglich. Der Unterschied zwischen der Technologie des Wechselstromladens und Gleichstromladens besteht darin, dass sich beim Gleichstromladen die Ladeeinheit direkt im Fahrzeug befindet, also ein AC/DC-Wandler. Für die DC-Ladetechnologie trifft dies nicht zu. Bei dem Gleichstromladeverfahren sind elektrische Leistungen, jenseits 50 kW zu erreichen. Das Fahrzeug Tesla Model S beispielsweise wird mit einer Ladeleistung von 200 kW geladen.²⁵⁵ Aus diesen Gesichtspunkten heraus ist es notwendig, dass für die Elektrifizierung des Mobilitätssektors eine Integration der Ladeinfrastruktur in das Gesamtsystem erfolgen muss. Dabei spielt das

²⁵¹ Vgl. Preiß, Stefan (2019): Elektromobilität, Ladeinfrastruktur und das Netz: Aktuelle Entwicklungen. <https://www.euwid-energie.de/elektromobilitaet-ladeinfrastruktur-und-das-netz-aktuelle-entwicklungen/> (abgerufen am 07.06.2019).

²⁵² Vgl. Komarnicki/Haubrock/Styczynski (2018), Seite 143.

²⁵³ Vgl. Kampker et al. (2018), Seite 31.

²⁵⁴ Vgl. ebd., Seite 32.

²⁵⁵ Vgl. Komarnicki/Haubrock/Styczynski (2018), Seite 148.

Lademanagement zur Vermeidung von überlasteten Netzen die größte Herausforderung, die digitalisierter Lösungsansätze bedarf.²⁵⁶

²⁵⁶ Vgl. Preiß (2019).

5 Praxisbeispiel

Das Mobilitätssystem der Städte steht vor großen Herausforderungen. Damit Ziele wie die Reduzierung des Lärms, die Senkung der Schadstoffemissionen oder die Vermeidung von Staus erreicht werden können, bedarf es einer Umgestaltung des Verkehrsbeziehungsweise Mobilitätssystems, das alle Verkehrsträger beinhaltet. Also eine Mobilitätswende. Die Elektrifizierung, die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit Verkehrsanlagen sowie die zunehmende Automatisierung werden ein völlig neues Stadtbild entstehen lassen. Mit der Teil- bis Vollautomatisierung der Fahrzeugen und den damit einhergehenden Entwicklungen der Fahrerassistenzsysteme werden dem Fahrer immer mehr Aufgaben abgenommen, sodass eine stressfreie Mobilität mit dem Pkw entsteht. Die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit Verkehrsanlagen steigert die Effizienz des Verkehrsflusses. Für Städte ist die Elektromobilität ein besonders wichtiger Bestandteil der Mobilitätswende. Zukünftig kann durch die Elektromobilität die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen erreicht werden und zudem nimmt sie positiven Einfluss auf Klima-, Energie-, und Mobilitätsstrategien.²⁵⁷ Abbildung 6 visualisiert die Attribute einer SWOT-Analyse bezüglich der Einführung der Elektromobilität in Städten. Dabei wurden Vertreter von Städten nach den Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken gefragt. In der Abbildung sind die Attribute nach der Häufigkeit der Nennung aufgelistet. Je öfter ein bestimmtes Attribut als Chance bezeichnet wurde, desto höher ist es auf der bestimmten Achse wahrzunehmen. Im Beispielsfall der Emissionsentlastung wurde dieses Attribut von verschiedenen Befragten einerseits als Chance und andererseits als Stärke wahrgenommen, was zu der zentralen Lokalisierung führt. Eine große Anzahl der Städte sieht in der Elektromobilität die Chance, den Verkehr mittels neuen Mobilitätskonzepten und intermodaler Kombination mit dem ÖPNV zu optimieren. Die Reduzierung des Lärms und der Schadstoffe in der Luft gelten hier als Treiber. Der Klimaschutz spielt in dieser Befragung nur bedingt eine Rolle, solange Elektrofahrzeuge nicht mit erneuerbaren Energien versorgt werden. Vor allem sehen Städte die Schaffung von Arbeitsplätzen und die Stärkung des Wirtschaftsstandorts als Stärke und Chance an.²⁵⁸

²⁵⁷ Vgl. Kagermann, Henning (2016): Der Plan E. <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/elektromobilitaet-in-der-zukunft-der-plan-e/14726702.html> (abgerufen am 11.06.2019).

²⁵⁸ Vgl. Rothfuss, Florian et al. (2012): Strategien von Städten zur Elektromobilität. Städte als Katalysatoren auf dem Weg zur Mobilität der Zukunft. Berlin, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Seite 17.

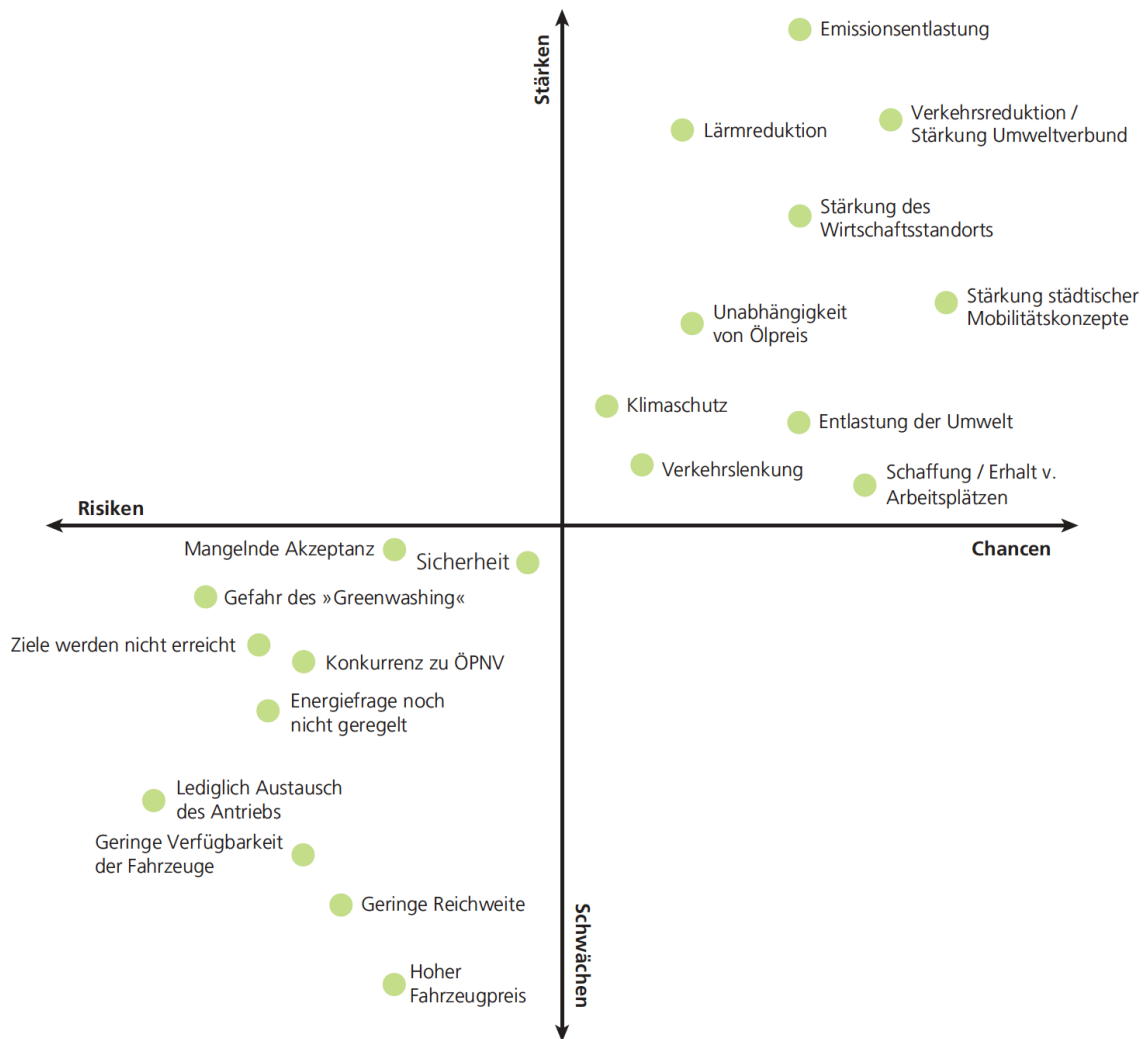


Abbildung 6: SWOT-Analyse der Elektromobilität in Städten²⁵⁹

Die deutlich zu erkennenden Schwächen der Elektromobilität in Städten liegen bei den hohen Anschaffungskosten für ein Elektrofahrzeug und in der gegenwärtig noch nicht auszureichenden Reichweite.²⁶⁰ Wichtig ist es für Städte bei dem Übergang in die Elektromobilität die Infrastrukturen performant und skalierbar aufzubauen sowie dafür zu sorgen, dass sich diese an rasant wechselnde Anforderungen anpassen. Der Ausbau einer adäquaten Ladeinfrastruktur zählt dabei zu den wichtigsten Bestandteilen der Städteinfrastruktur der Zukunft.²⁶¹

²⁵⁹ Rothfuss et al. (2012), Seite 17.

²⁶⁰ Vgl. ebd., Seite 17.

²⁶¹ Vgl. Birkner (2017), Seite 900.

5.1 Anpassung der Stadt Stuttgart an die Elektromobilität

Das Land Baden-Württemberg hat sich bis 2030 das verkehrspolitische Ziel gesetzt, ein Wegbereiter für die moderne und nachhaltige Mobilität der Zukunft zu werden. In diesem Sinne sollen die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen befriedigt und die Interessen der Wirtschaft berücksichtigt werden, sodass in Zukunft eine gesteigerte Lebensqualität entsteht. Ökologische Ziele, wie die Senkung der CO₂-Emissionen, das in seiner Wichtigkeit durch das Pariser Abkommen untergraben wird, werden dabei besonders berücksichtigt. Mit dem Erreichen der Ziele, werden etwa doppelt so viele Fahrradfahrer vorzuweisen sein, mehr Fußgänger werden unterwegs sein, weniger Pkw auf den Straßen führen zu wegfallender Parkplatzsuche und weniger Staus und auch die Autobahnen würden leerer.²⁶² Im Rahmen des Aufbaus einer Ladeinfrastruktur geht die Landeshauptstadt Stuttgart innovativ voran. Angefangen mit dem Vorprojekt zum LivingLab BW^e mobil, das zudem vom Land Baden-Württemberg gefördert und subventioniert wird und von der EnBW verwirklicht wurde, konnten 2012 insgesamt rund 180 Ladesäulen in Stuttgart im öffentlichen Raum aufgebaut werden. LivingLab BW^e mobil ist ein „Schaufensterprojekt der Elektromobilität“, das von der Bundesregierung ins Leben gerufen wurde. Mehr als 100 Partner der Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Hand beteiligen sich an diesem Projekt. Dadurch konnte auch schon frühzeitig die Nutzung und Auslastung der Ladesäulen untersucht werden.²⁶³ Bis 2016 wurden in der Region Stuttgart und der Stadt Karlsruhe insgesamt 1000 Ladepunkte errichtet und mehr als 2000 Elektrofahrzeuge in den Verkehr integriert. LivingLab BW^e mobil diente vor allem der Marktvorbereitungsphase der Elektromobilität, die durch die Nationale Plattform Elektromobilität auf Bundesebene initiiert wurde. Im Rahmen der Intermodalität konnte Stuttgart schon deutliche Akzente hin zum Wandel in die Elektromobilität setzen. Stuttgart Services spielt im Rahmen der Vernetzung eine wesentliche Rolle. Mit der Stuttgart Service Card wurde ein Zugangsmedium zur multimodalen Elektromobilität sowie zu bestehenden Mobilitätsangeboten entwickelt.²⁶⁴ Des Weiteren wurde mit e-Call a Bike und e-Flinkster ein Pedelec-

²⁶² Vgl. Ministerium für Verkehr Baden Württemberg (o.V.) (2017a): Verkehrsinfrastruktur 2030. Ein Klimaschutzszenario für Baden-Württemberg. Stuttgart, AD Rainer Haas. Seite 6.

²⁶³ Vgl. e-mobil BW GmbH- Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Land Baden-Württemberg (o.V.) (2013): Baden-Württemberg. Kompetenz in Elektromobilität. Mühlacker, Karl Elser Druck GmbH. Seite 28.

²⁶⁴ Vgl. e-mobil BW GmbH- Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Schaufenster Elektromobilität LivingLab BW^e mobil (o.V.) (2014): LivingLab BW^e mobil. Die Projekte des baden-

Verleihsystem und eine Elektroautoflotte in Stuttgart aufgebaut.²⁶⁵ Auch das Projekt NETZ-E-2-R nutzt Pedelecs für eine optimale und nahtlose Vernetzung von Elektro-2-Rad-Mobilität in der Region Stuttgart. Dabei wurden E-Bike-Stationen an den Bahnhöfen errichtet, um eine adäquate Anschlussmöglichkeit des Verkehrssystems, vor allem für Pendler, zu gewährleisten.²⁶⁶ Mit dem Projekt HyLine-S wurde in der Region Stuttgart die Praxistauglichkeit von Bussen mit Diesel-Hybrid Plug-In Technologie erprobt. Ziel ist die Integration eines neuen Antriebskonzepts in den Busverkehr.²⁶⁷ In Stuttgart betreibt car2go mit 550 (Stand: 2017) vollelektrischen Fahrzeugen die größte vollelektrische Fahrzeug-Carsharing-Flotte der Welt. Dabei sorgt ein Netz von Ladestationen dafür, dass die Mietwagen mit erneuerbaren Energien versorgt werden. In Stuttgart gibt es 180 öffentliche Ladestationen zuzüglich etwa 20 Ladestationen bei Kaufhäusern, Parkhäusern oder bei Autohändlern. Zumeist weisen die Ladestationen zwei Ladepunkte vor, sodass von etwa 400 Ladepunkten ausgegangen werden kann. Unter dem Namen „stella-sharing“ bieten die Stadtwerke Stuttgart eine Elektroroller Flotte zur Nutzung an. Die insgesamt 100 E-Roller werden mit 100% Ökostrom betrieben und können flexibel gemietet werden.²⁶⁸ In Zukunft soll die Elektroladeinfrastruktur in Stuttgart weiter ausgebaut werden, damit eine Akzeptanzsteigerung für die Elektromobilität erreicht werden kann. In den kommenden Jahren sollen neben den schon installierten Ladesäulen etwa 300 neue Ladesäulen mit 600 Ladepunkten hinzukommen. Damit die entsprechenden Stellflächen für den Ladevorgang gewährleistet werden können, sollen öffentliche Parkplätze zu Ladeplätzen für Elektrofahrzeuge und Plug-In Hybride umfunktioniert werden. In Stuttgart sollen die neuen Ladesäulen gleichmäßig auf alle 23 Stadtteile verteilt werden.²⁶⁹ Entlang der Digitalisierung strebt das Verkehrsministerium Baden-Württemberg neue Entwicklungen zu einer verbesserten Mobilität an, die zum Ziel haben ökologische, soziale und wirtschaftliche Nachhaltigkeit miteinander zu verknüpfen. Um dies zu gewährleisten erhebt das Land Baden-Württemberg Maßnahmen, wie die Weiterentwicklung der Mobilitätsarchitektur, die Etablierung einer smarten Verkehrsplanung, und der Aufbau eines digital gestützten ÖPNV, durch das o.g. E-Ticketing. Die Digitalisierung

württembergischen Schaufensters Elektromobilität stellen sich vor. Mühlacker, Karl Elser Druck GmbH. Seite 6 bis 7.

²⁶⁵ Vgl. ebd., Seite 8.

²⁶⁶ Vgl. e-mobil BW GmbH (2014), Seite 10.

²⁶⁷ Vgl. ebd., Seite 12.

²⁶⁸ Vgl. Landeshauptstadt Stuttgart (o.V.) (2019): Elektromobilität. <https://www.stuttgart.de/elektromobilitaet> (abgerufen am 11.06.2019).

²⁶⁹ Vgl. Neissendorfer, Michael (2019): Stuttgart will Zahl der Ladestationen mehr als verdoppeln. <https://www.elektroauto-news.net/2019/stuttgart-will-zahl-der-ladestationen-mehr-als-verdoppeln> (abgerufen am 11.06.2019).

soll dabei einen Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten. Weiterhin werden neue Nutzungsmöglichkeiten des automatisierten Fahrens erprobt.²⁷⁰ Auf den baden-württembergischen Autobahnen wird gegenwärtig das Pilotprojekt eWayBW erprobt. Dabei werden auf der B462 bei Rastatt drei Abschnitte mit jeweils knapp 6 km Länge mit Oberleitungen elektrifiziert, sodass elektrisch betriebene Hybrid-Oberleitungs-Lkw diesen Strom nutzen können. Ziel des Pilotprojekts soll die Wirtschaftlichkeitsprüfung sowie die dadurch entstehenden Identifikation der ökologischen Vorteile sein.²⁷¹ Klimaschutzziele sind für Deutschland schon gesetzt. Baden-Württemberg hat ein Klimaschutzszenario 2030 entwickelt, das den zukünftigen Verkehr beschreibt. Die Umsetzung dieses Klimaschutzszenarios wird zu einer geringeren Verkehrsbelastungen im baden-württembergischen Straßennetz führen. Im Vergleich zu 2010 wird der innerstädtische Verkehrsaufwand ein Minus von 24% erreichen, auf außerörtlichen Straßen minus 16%. Im Gegensatz dazu wird auf den Autobahnen ein Anstieg um 3% der Fahrleistungen erwartet. Diese Reduktion des Verkehrsaufwandes führt zu einer Senkung des Unfallrisikos und zugleich einer geringeren Staugefahr, sodass ein zuverlässiges Straßenverkehrssystem entsteht.²⁷² Bei Betrachtung des Schienenverkehrs in Baden-Württemberg wird dieser 2030 ein deutlichen Anstieg des Verkehrsaufkommen verzeichnen. Es wird ein Plus von 101% gegenüber dem Jahre 2010 erwartet. Für die Realisierung bedarf es großer infrastruktureller Entwicklungen. Der Bundesverkehrswegplan 2030, der in Kapitel 4.2 behandelt wurde, gibt Einsicht in die Investitionen des Bundes in die Verkehrswege. Damit die Ziele 2030 erreicht werden können soll das Platzangebot der Züge erhöht werden, Verstärkerzüge eingesetzt und Taktverdichtungen umgesetzt werden. Bis dahin werden keine Engpässe im Infrastrukturnetz erwartet. Die Bereicherung an Angeboten im Schienenpersonennahverkehr wird hauptsächlich in der Landeshauptstadt Stuttgart stattfinden. Grundsätzlich wird der Verkehr in Baden-Württemberg weiter ansteigen und das insbesondere im Güterverkehr. Es wird aber angenommen, dass die CO₂-Emissionen eine deutliche Reduzierung verzeichnen werden. Fahrzeugtechnologische Fortschritte gelten als wesentliche Begründung. Mit dem Ausbau der Ladeinfrastruktur und der Etablierung von Services entlang der Digitalisierung, Vernetzung und

²⁷⁰ Vgl. Hermann, Winfried (2017): Intelligente Mobilität der Zukunft: Digitalisierung in der Schlüsselrolle. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/intelligente-mobilitaet-der-zukunft-digitalisierung-in-der-schluesselrolle/> (abgerufen am 11.06.2019).

²⁷¹ Vgl. Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (o.V.) (2017b): eWayBW. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/zukunftskonzepte/ewaybw/> (abgerufen am 11.06.2019).

²⁷² Vgl. Ministerium für Verkehr Baden Württemberg (o.V.) (2017a), Seite 18 bis 19.

Automatisierung geht Stuttgart vorbildlich voran, um eine intermodale Mobilität in Zukunft gewährleisten zu können.²⁷³

5.2 Anpassung der Stadt Stockholm an die Elektromobilität

Auf dem Weg des Wandels hin zur Elektromobilität gilt die Stadt Stockholm als Vorbild der nachhaltigen Städte Europas. Mit einem übergreifenden Klimaschutzkonzept, das höhere Steuern für Fahrzeuge mit konventionellen Verbrennungsmotoren und Kaufanreize für Elektrofahrzeugen schafft, setzt sich die Stadt Stockholm aktiv für die Emissionsreduzierung im Verkehrssektor ein. Als Ziel gilt bis 2030 den Verkehr emissionsfrei zu gestalten. Alternative Kraftstoffe und Elektrofahrzeuge gelten in dieser Hinsicht als wesentliche Treiber.²⁷⁴ Im erweiterten Sinne hat sich Stockholm vorgenommen mit der „Vision 2040 – Ett Stockholm för alla“, bis 2040 die „smarteste“ Stadt der Welt zu werden. Smart City Projekte werden gegenwärtig verfolgt und sollen zu einer Klimaneutralität und zu zukunftssichernden Mobilitätslösungen beitragen. Bei Betrachtung des öffentlichen Nahverkehrs, soll dieser ausschließlich aus erneuerbaren Energien versorgt werden und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren durch diese mit elektrischem Antrieb ersetzt werden. Schon im Jahr 2030 wird mit einer ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen basierten Energieversorgung geplant. Im gleichen Jahr will Stockholm kein konventionelles Fahrzeug mehr zulassen, das abhängig von fossilen Brennstoffen ist.²⁷⁵ Stockholm setzt auf Push- und Pull-Faktoren, die Synergieeffekte entstehen lassen. Kaufsubventionen für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen von bis zu 5000 Euro, Ladestationen, die zu 90% mit erneuerbaren Energien versorgt werden, ein ÖPNV, der 50% bis 70% des gesamten Modal Split einnimmt, Steuerfreiheit auf alternative Antriebsenergien und kostenloses Parken für Elektrofahrzeuge gehören zu den Pull-Faktoren, die die Stadt Stockholm initiiert. Zu den Push-Faktoren auf der anderen Seite zählen hohe Parkgebühren in der Stadt, Park & Ride Plätze außerhalb der Stadt, der Ausbaustopp von mehrspurigen Straßen in der Innenstadt und eine zeitabhängige City Maut. Zwischen 06:30 Uhr und 18:30 Uhr müssen Personen, die mit dem Auto in die Stadt fahren wollen eine Maut Zahlen, dessen Erlös dem ÖPNV zu Gute kommt.

²⁷³ Vgl. ebd., Seite 22, 36.

²⁷⁴ Vgl. Rothfuss (2012), Seite 53.

²⁷⁵ Vgl. Steinacher, Heiko (2018): Stockholm will bis 2040 die „smarteste“ Stadt der Welt sein.

<https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=stockholm-will-bis-2040-die-smarteste-stadt-der-welt-sein,did=1856888.html> (abgerufen am 12.06.2019).

Elektrofahrzeuge sind von einer solchen Maut ausgeschlossen.²⁷⁶ Stockholm bietet gute Voraussetzungen für einen effizienten Verkehr. Wichtig ist, dass neue Entwicklungen im Verkehrsbereich, Infrastrukturen und Fahrzeuge so konzipiert sind, dass sie Menschen eine gute Zugänglichkeit bieten. Das Stockholmer Schienensystem nimmt eine zentrale Rolle in Bezug auf schnellen, leistungsfähigen und umweltfreundlichen Transport ein. Immer mehr Arbeitsplätze können innerhalb von einer Stunde im Stadtgebiet erreicht werden. Dies ist ein wichtiger Indikator dafür, dass die Reisen mit S-Bahnen und Regionalzügen priorisiert werden.²⁷⁷ Bahnstrecken werden in Stockholm mit Strom betrieben, der aus Wind- und Wasserkraft gewonnen wird. Busse in der Innenstadt werden mit erneuerbaren Kraftstoffen angetrieben.²⁷⁸ Auch das Radfahren vom und zum Zentrum der Stadt Stockholm hat in den letzten Jahren stark zugenommen, mittlerweile durchqueren etwa 63.000 Fahrräder die Innenstadt. Dies konnte durch den Ausbau des Fahrradwegnetzes, einem Gesundheitsbewusstsein und das Bevölkerungswachstum ermöglicht werden. In Zukunft sollen Fahrradparkplätze weiter ausgebaut werden.²⁷⁹ Des Weiteren hat sich die Stadt Stockholm vorgenommen, bis 2020 5.000 Elektrofahräder bereitzustellen, die an rund 300 Stationen ausgeliehen werden können. Mit dem „Public Transport Plan 2020“ hat Stockholm eine umfangreiche Strategie zum Ausbau der Verkehrsinfrastruktur geschaffen, die den Ausbau von Schienen- und Busliniennetzen um den nördlichen und südlichen Teil der Stadt besser zu verbinden.²⁸⁰ Auf Grund der rasant gestiegenen Anzahl an Elektrofahrzeugen in der Region Stockholm muss analog der Ausbau der Ladeinfrastruktur ausgebaut werden. 2018 wurde im dem Regionalentwicklungsplan der Stadt Stockholm (RUF5 2050) die Priorisierung des elektrisch betriebenen Verkehrs verankert.²⁸¹ Der Auf- und Ausbau der Ladeinfrastruktur bedarf einer engen Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Industrie. Der Stadtrat von Stockholm hat festgelegt, dass bis 2020 500 Ladestationen installiert werden sollen.²⁸² In der Nähe der Stadt Stockholm wird neben dem Aufbau einer geeigneten Ladeinfrastruktur, mit einer elektrifizierten Straße experimentiert. 2018 wurde dort eine Straße aufgebaut, die Autos

²⁷⁶ Vgl. Rothfuss (2012), Seite 54.

²⁷⁷ Vgl. City of Stockholm (o.V.) (2018): Stockholm City Plan. Stockholm, Ätta45. Seite 76 bis 79.

²⁷⁸ Vgl. Steinacher (2018).

²⁷⁹ Vgl. City of Stockholm (o.V.) (2018): Stockholm City Plan. Stockholm, Ätta45. Seite 76 bis 79.

²⁸⁰ Vgl. Steinacher (2018).

²⁸¹ Vgl. EV Energy (o.V.) (2019): Electric mobility progress in Stockholm region. <https://www.interregeurope.eu/evenergy/news/news-article/4797/electric-mobility-progress-in-stockholm-region/> (abgerufen am 12.06.2019).

²⁸² Vgl. Van der Pas, Jan-Willem (2017): Stockholm: Implementing a public electric vehicle charging network. <https://www.eltis.org/discover/case-studies/stockholm-implementing-public-electric-vehicle-charging-network-sweden> (abgerufen am 12.06.2019).

oder Lkw während der Fahrt laden kann. Dabei müssten Elektrofahrzeuge und Elektro-Lkw mit einem beweglichen Arm an der Unterseite ausgestattet werden, der an die Ladelinie der elektrifizierten Straße andockt. Im Falle eines Überhol- oder Abbiegevorgangs koppelt sich dieser Arm automatisch und umgehend ab. Gegenwärtig ist dies nur eine Teststrecke, jedoch ist die schwedische Regierung von der Elektromobilität überzeugt und will die Strecke in den nächsten Jahren weiter ausbauen.²⁸³ Die Grundsteine dafür, dass sich Stockholm zu einer Smart City entwickelt sind gelegt. Der infrastrukturelle Ausbau, die Förderung der Elektromobilität und das Klimabewusstsein sind entscheidende Indikatoren für die Zukunft von Stockholm.²⁸⁴ Die nachhaltigen Strategien der Stadt Stockholm lassen für die Zukunft hohe Erwartungen entstehen.²⁸⁵

²⁸³ Vgl. Schwarzer, Matthias (2018): In Schweden gibt es eine Straße, die Elektroautos automatisch auflädt. https://www.nw.de/nachrichten/wirtschaft/22305980_In-Schweden-gibt-es-eine-Strasse-die-Elektroautos-automatisch-auflaedt.html (abgerufen am 12.06.2019).

²⁸⁴ Vgl. Steinacher (2018).

²⁸⁵ Vgl. Rothfuss (2012), Seite 53.

6 Fazit und Handlungsempfehlungen

Der Wandel der Mobilität ist in vollem Gange. Mit der Elektrifizierung des Antriebsstranges und den progressiven Entwicklungen im Bereich der Vernetzung und Automatisierung von modernen Fahrzeugen, entstehen völlig neue Mobilitätskonzepte, wie Car-Sharing, Pedelcs, dynamische Mitfahrgelegenheiten oder Fahrradverleihsysteme. Im Vordergrund steht die intermodale Mobilität. Die Mobilität der Zukunft von den Megatrends Individualisierung, Urbanisierung, Globalisierung, Ökologie und Sicherheit beeinflusst. Der Megatrend Ökologie wird hervorgerufen durch die Sensibilisierung der Menschen in Bezug auf Umweltthemen. Die Elektromobilität bietet die Möglichkeit eine Unabhängigkeit von fossilen Ressourcen zu erreichen. In diesem Zusammenhang nimmt die Elektromobilität zur Erreichung von Klima- und Energiezielen eine übergeordnete Rolle ein. Voraussetzung für eine klimaneutrale Umwelt ist der gesamtheitliche Umstieg auf erneuerbare Energiequellen. Diese müssen in Zukunft weiter auf- und ausgebaut werden. Einen besonderen Einfluss auf die Mobilität der Zukunft nimmt die Digitalisierung und die Vernetzung. Dabei basieren die Elektromobilität, Car-Sharing und autonomes Fahren auf einer umfassenden Vernetzung. Mit der rasant fortschreitenden Digitalisierung wird es möglich sein, Autos untereinander und mit Infrastrukturelemente und Verkehrsanlagen zu vernetzen. Verkehrssysteme und Mobilität werden sich damit stärker selbst lenken können. Die Mobilität der Zukunft hat zur Aufgabe, sich an individuelle Bedürfnisse der Nutzer anzupassen. Im Rahmen der Mobilitätsentwicklung wirkt sich die Vielfalt an veränderbaren, neuen Lebensstilen auf das Mobilitätsverhalten aus, sodass nahtlose Verknüpfungen zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln gewährleistet werden müssen. Entlang der Globalisierung und der zunehmenden Urbanisierung müssen Verkehrsstrukturen und Beförderungsmittel insoweit angepasst werden, dass kurz sowie weit entfernte Strecken in immer kürzerer Zeit zurückgelegt werden können. Im weiteren Sinne gilt es für Städte, Verkehrsinfrastrukturen weiter auf- und auszubauen und neue Mobilitätsangebote bereitzustellen, sodass Verkehrsfarkte vermieden werden können. Es wird deutlich, dass der Wandel der Mobilität stets von den Megatrends begleitet und beeinflusst wird. Dabei stehen die Elektromobilität, die Vernetzung und die Automatisierung im Vordergrund.

Die Elektromobilität bedeutet für die Automobilindustrie eine große Herausforderung, bietet aber auch enorme Chancen. In Zukunft wird die Zahl der weltweiten Elektroautos signifikant steigen. Alternative Antriebstechnologien sind für die Wirtschaft und die Politik nicht mehr wegzudenken und geprägt von Entwicklungsanforderungen. Die Elektromobilität dient der Einhaltung von Umweltauflagen, dem Entgegenwirken der Ressourcenknappheit und wirkt dem Anstieg von Schadstoffen, insbesondere CO₂-Emissionen entgegen. In der Folge gilt es Rahmenbedingungen zu schaffen, um die Elektromobilität nachhaltig und effizient voranzutreiben. Bei der Frage nach der Elektromobilität als

Übergangstechnologie bleibt festzuhalten, dass Elektrofahrzeuge gegenwärtig deutliche Vorteile gegenüber beispielsweise der Brennstoffzellentechnologie vorweisen. Ein Ausblick in das Jahr 2040 lässt vermuten, dass 80% der neu zugelassenen Fahrzeuge, solche mit elektrifizierten Antriebsstrang sind. Weiterhin bleibt die Möglichkeit bestehen, unterschiedliche Fahrzeugkonzepte für verschiedene Einsatzzwecke nebeneinander fungieren zu lassen.

Die Verkehrsinfrastruktur als Basis für die Bewegung von Personen und Gütern im physischen Raum erfährt durch die Einbindungen der Elektromobilität einen strukturellen Wandel. Eine funktionierende Infrastruktur ist die Voraussetzung für Mobilität, Logistik, Produktion und Exporte. Damit das Verkehrsnetz leistungsfähiger und effizienter werden kann, gilt es, das intermodale Gesamtverkehrssystem zu verbessern. Essentiell für die Etablierung der Elektromobilität ist der Auf- und Ausbau von Elektroverkehrsstationen und einer adäquaten Ladeinfrastruktur. Damit die Elektromobilität in Zukunft weiter wachsen kann, muss eine flächendeckende und bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur aufgebaut werden. Infrastrukturen sind dabei so aufzubauen, dass sie sich an rasant wechselnde Anforderungen der Mobilität anpassen können. Besonders stadtintegrierte Ladestationen, etwa integriert in Straßenlaternen oder Parkscheinautomaten bieten eine enorme Effizienz. Eine ausgeprägte Ladeinfrastruktur dient zudem einem potentiellen Elektrofahrzeugkäufer als psychologische Stütze in Bezug auf die Akzeptanz der Elektromobilität. Für verschiedene Fahrzeuge gibt es entlang der Elektromobilität Infrastrukturbedarf. Pedelecs, die derzeit 15% der neu verkauften Fahrräder ausmachen, gelten als enorm stadtverträglich und emissionsarm. Infrastrukturbedarf besteht dabei im Auf- und Ausbau von Radwegen und Abstellmöglichkeiten sowie bei einem nahtlosen Übergang zu anderen Verkehrsmitteln. Im Rahmen des Bus- und Bahnverkehrs können Bahnen, Trolley- und Hybridbusse durch neue System und infrastruktureller Anpassung noch attraktiver gemacht werden. Der wesentliche Fokus liegt darin, den MIV mit dem ÖPNV zu verknüpfen. Damit dies gewährleistet werden kann liegt der Ausbau eine Ladeinfrastruktur für Pkw und Pedelecs an Schnittstellen nahe. Entlang der Elektropersonenkraftwagen werden diese derzeit vorwiegend an privaten Ladestationen, an der Arbeitsstätte oder an Park and Ride Stellen und Parkhäusern geladen. In erster Hinsicht gilt es in Zukunft diese Parameter in den Fokus zu setzen und die zukünftige Ladeinfrastruktur daran anzupassen. Für die Gruppe der Elektrofahrzeugnutzer, die weder an der Arbeitsstätte noch privat zu Hause ihr Elektrofahrzeug laden können, ist der Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur essentiell. Gleichzeitig setzen Städte mit dem Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur ein Zeichen für die Akzeptanz der Elektromobilität. Möglich könnte in Zukunft auch das induktive Laden oder ein schneller Akkuwechsel werden, der die Stand- beziehungsweise Wartezeit der Elektroautonutzer verringert. Im Gesamtsystem ist zu beachten, dass analog zum Aufbau von Ladeinfrastrukturen eine stabile Netzinfrastuktur etabliert werden muss.

Der Wandel des Mobilitätssystems und die Elektromobilität stellen Städte vor große Herausforderungen. Städte sehen ihre Ziele in der Reduzierung des Lärms, der Senkung von Schadstoffemissionen und der Vermeidung von Staus. Die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit Verkehrsanlagen lassen ein völlig neues Stadtbild entstehen. Städte wie Stuttgart und Stockholm gehen bei der Anpassung an die Elektromobilität mit gutem Beispiel voran. Beide Städte haben sich für die Zukunft umfangreiche verkehrspolitische Ziele gesetzt. Mit dem stetigen Ausbau der Ladeinfrastruktur und der Etablierung von unterschiedlichen Services sind die Grundsteine für eine intermodale Mobilität in Stuttgart gesetzt. Stockholm ist auf dem Weg eine Vorreiterrolle in Bezug auf Smart Cities zu werden. Infrastrukturelle Ausbaumaßnahmen, die Förderung der Elektromobilität und das städtische Umweltbewusstsein sind wesentliche Treiber für die Gestaltung der Zukunft in Stockholm. Die Strategien der Stadt Stockholm lassen für die Zukunft hohe Erwartungen entstehen.

Letztlich lässt sich festhalten, dass die Elektromobilität wesentlich zu Entwicklung des Mobilitätssektors beiträgt und neue Chancen eröffnet. Eine alleinige Einführung von Elektrofahrzeugen im Verkehr löst infrastrukturelle Probleme kaum oder nur teilweise. Die Lösung liegt in der Verknüpfung und Vernetzung, der verschiedenen Verkehrsteilnehmer und Verkehrsmittel, durch die neue nutzerfreundliche Geschäftsmodelle entstehen. Dadurch entsteht ein Mobilitätsmix aus Zweirad-, ÖPNV- und Elektrofahrzeug-Nutzung, der eine intermodale Mobilität gewährleistet.

Literaturverzeichnis

Aberle, Gerd (2009): Transportwirtschaft: Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen. München, Oldenbourg Verlag, 5. Auflage.

Acatech (Hrsg.) (2012): Menschen und Güter bewegen. Integrative Entwicklung von Mobilität und Logistik für mehr Lebensqualität und Wohlstand. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag.

Agora Verkehrswende (o.V.) (2017): Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende. <https://www.agora-verkehrswende.de/12-thesen/verkehrsinfrastruktur-wird-neu-gedacht-geplant-und-finanziert/> (abgerufen am 04.06.2019).

Alt, Franz (2019): Zahl der Elektroautos steigt weltweit von 3,4 auf 5,6 Millionen. <http://www.sonnenseite.com/de/mobilitaet/zahl-der-elektroautos-steigt-weltweit-von-34-auf-56-millionen.html> (abgerufen am 15.05.2019).

Baur, Stephan et al. (2018): Roland Berger Focus. Urban air mobility. The rise of a new mode of transportation. München.

Becker, U.; Gerike, R.; Völlings, A. (1999): Gesellschaftliche Ziele von und für Verkehr, Heft 1 der Schriftenreihe des Instituts für Verkehr und Umwelt e.V. (DIVU). Dresden.

Bertram, Mathias/Bongard, Stefan (2014): Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr. Grundlagen, Einflussfaktoren und Wirtschaftlichkeitsvergleich. Wiesbaden, Springer Vieweg.

Birkner, Felicitas (2017): Der Mensch im Zentrum der IT. In: Hildebrandt, Alexandra/Landhäußer, Werner (Hrsg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Springer Gabler.

Bönninghausen, Daniel (2019): BDEW zählt 17.400 öffentliche Ladepunkte in Deutschland. <https://www.electrive.net/2019/04/08/rund-17-400-oeffentliche-ladepunkte-in-deutschland/> (abgerufen am 04.06.2019).

Bormann, René et al. (2018): Die Zukunft der Deutschen Automobilindustrie. Transformation by Disaster oder by Design? Bonn, Friedrich-Ebert-Stiftung.

Bratzel, Stefan (2008): Mobilität und Verkehr. <http://www.bpb.de/izpb/9005/mobilitaet-und-verkehr?p=all> (abgerufen am 15.04.2019).

Brossardt, Bertram (2018): Moderne Verkehrsinfrastruktur. München, Vereinigung der bayrischen Wirtschaft e.V.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (o.V.) (2019): Infrastruktur. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/infrastruktur-statistik.html> (abgerufen am 03.06.2019).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (o.V.) (2018a): Verkehr in Zahlen. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/verkehr-in-zahlen-2017-2018-excel.zip?__blob=publicationFile (abgerufen am 29.05.2019).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (o.V.) (2018b): Infrastruktur als Grundlage für Wachstum, Arbeit und Wohlstand. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Dossier/Infrastruktur/infrastruktur.html> (abgerufen am 04.06.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (o.V.) (2019a): Automobilindustrie. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html> (abgerufen am 08.05.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (o.V.) (2019b): Rahmenbedingungen und Anreize für Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html> (abgerufen am 21.05.2019).

Bundeszentrale für politische Bildung (2018): Globalisierung. <https://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikon-der-wirtschaft/19533/globalisierung> (abgerufen am 25.04.2019).

Burkhardt, T. et al. (2015): Technologieakzeptanz und Rahmenbedingungen der Elektromobilität. In: Proff, Heike (Hrsg.) (2015): Entscheidungen beim Übergang in die Elektromobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden, Springer Gabler.

Burr, Wolfgang/Valentowitsch, Johann/Bosler, Micha (2017): Neuartige Formen der Kooperation mit dem Start-up Sektor. In: Proff, Heike/Fojcik, Thomas Martin (Hrsg.) (2017): Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Duisburg, Springer Gabler.

Canzler, Weert/Knie, Andreas (2009): Grüne Wege aus der Autokrise. Vom Autobauer zum Mobilitätsdienstleister. Berlin, Heinrich Böll Stiftung, Schriftenreihe zur Ökologie, Band 4.

Capros, Pantelis et al. (2016): EU Reference Scenario 2016. Energy, transport and GHG emissions. Trends to 2050. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft_publication_REF2016_v13.pdf (abgerufen am 12.04.2019).

Center of Automotive Management (o.V.) (2019): Branchenstudie Elektromobilität 2019. <https://auto-institut.de/e-mobility-studien.htm> (abgerufen am 15.05.19).

City of Stockholm (o.V.) (2018): Stockholm City Plan. Stockholm, Åtta45.

Dallinger, David et al. (2011): Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität. https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2011/elektromobilitaet_broschuere.pdf (abgerufen am 22.05.2019).

Deign, Jason (2018): Up to 40 Million EV Charging Points Forecast Worldwide by 2030. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/electric-vehicle-charging-points-40-million-gtm#gs.g5py1a> (abgerufen am 04.06.2019).

e-mobil BW GmbH- Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Land Baden-Württemberg (o.V.) (2013): Baden-Württemberg. Kompetenz in Elektromobilität. Mühlacker, Karl Elser Druck GmbH.

e-mobil BW GmbH- Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Schaufenster Elektromobilität LivingLab BW^e mobil (o.V.) (2014): LivingLab BW^e mobil. Die Projekte des baden-württembergischen Schaufensters Elektromobilität stellen sich vor. Mühlacker, Karl Elser Druck GmbH.

EIA (o.V.) (2017): Annual Energy Outlook 2017 with projections to 2050. [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2017).pdf) (abgerufen am 20.05.2019).

Ernst, Thomas/Scheuerle, Stefan/Seidensticker, Sven (2013): Strategien von Städten zur Elektromobilität. In: Proff, Heike et al. (Hrsg.) (2013): Schritte in die künftige Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden, Springer Gabler.

EV Energy (o.V.) (2019): Electric mobility progress in Stockholm region. <https://www.interregeurope.eu/evenergy/news/news-article/4797/electric-mobility-progress-in-stockholm-region/> (abgerufen am 12.06.2019).

Evans, Peter C./Gawer, Annabelle (2016): The Rise of the Platform Enterprise. A Global Survey. New York.

Fazel, Ludwig (2014): Akzeptanz von Elektromobilität. Entwicklung und Validierung eines Modells unter Berücksichtigung der Nutzungsform des Carsharing. Wiesbaden, Springer Gabler.

Fuchs-Heinritz, Werner et al. (Hrsg) (1994): Lexikon zur Soziologie, Opladen, Westdeutscher Verlag.

Funke, Joachim (2018): Mobilität als Bewegung im physischen, sozialen und geistigen Raum. In: Funke, Joachim/Wink, Michael (Hrsg.) (2018): Perspektiven der Mobilität. Heidelberger Jahrbücher Online, Band 3, Artikel 2. Heidelberg.

Füßel, Andreas (2017): Technische Potenzialanalyse der Elektromobilität. Stand der Technik, Forschungsausblick und Projektion auf das Jahr 2025. Wiesbaden, Springer Vieweg.

Globalisierung Fakten (o.V.) (2018): Globalisierung und Verkehr. <https://www.globalisierung-fakten.de/globalisierung-informationen/globalisierung-und-verkehr/> (abgerufen am 25.04.2019).

Goll, Frauke/Knüttgen, Isabell (2017): Digitale Revolution in der Mobilität – Automatisiert. Vernetzt. Elektrisch. In: Hildebrandt, Alexandra/Landhäußer, Werner (Hrsg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Springer Gabler.

Green Gear (o.V.) (2017). Hybridautos: Was ist eigentlich ein Hybridantrieb? <https://www.greengear.de/hybridantrieb-unterschied-serieller-paralleler-plugin-hybrid-vorteile-nachteile/> (abgerufen am 23.05.2019).

Handelsblatt (o.V.) (2019): Zahl der Ladepunkte für E-Autos wächst in Deutschland. <https://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/elektromobilitaet-zahl-der-ladepunkte-fuer-e-autos-waechst-in-deutschland/24193184.html?ticket=ST-575552-6xc6XzJLGBU4tDDw1BG0-ap2> (abgerufen am 04.06.2019).

Heintzel, Alexander (2017): Sicherheit durch Automatisierung. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs35148-017-0078-9.pdf> (abgerufen am 25.04.2019).

Helbig, Nikolaus (2017): Die Wertschöpfungskette im Umbruch. In: Automobilwoche (2017), März Ausgabe.

Held, Michael (2019): Elektromotor vs. Verbrennungsmotor. <https://e-auto-journal.de/elektromotor-vs-verbrennungsmotor/> (abgerufen am 27.05.2019).

Henßler, Sebastian (2018): Kfz-Betriebe sehen Elektromotor als eine Übergangstechnologie für andere Antriebsarten. <https://www.elektroauto-news.net/2018/kfz-betriebe-elektromotor-uebergangstechnologie-andere-antriebsarten> (abgerufen am 27.05.2019).

Hentschel, Lars et al. (2019): e-Fuels – ein zentraler Baustein für den Motor der Zukunft? In: Maus, Wolfgang (Hrsg.) (2019): Zukünftige Kraftstoffe. Energiewende des Transports als ein weltweites Klimaziel. Berlin, Springer Vieweg.

Henzelmann, Torsten et al. (2017): Roland Berger Focus – Urbane Mobilität 2030: zwischen Anarchie und Hypereffizienz. Autonomes Fahren, Elektrifizierung und die Sharing Economy bestimmen den Stadtverkehr von morgen. München.

Hermann, Winfried (2017): Intelligente Mobilität der Zukunft: Digitalisierung in der Schlüsselrolle. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/intelligente-mobilitaet-der-zukunft-digitalisierung-in-der-schluesselrolle/> (abgerufen am 11.06.2019).

Hilgers, Michael (2016): Alternative Antriebe und Ergänzungen zum konventionellen Antrieb. Wiesbaden, Springer Vieweg.

Internationales Verkehrswesen (o.V.) (2019): Branchenstudie Elektromobilität 2019: China bleibt Treiber. <https://www.internationales-verkehrswesen.de/branchenstudie-elektromobilitaet-2019/> (abgerufen am 15.05.2019).

Kagermann, Henning (2016): Der Plan E. <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/elektromobilitaet-in-der-zukunft-der-plan-e/14726702.html> (abgerufen am 11.06.2019).

Kagermann, Henning (2017): Die Mobilitätswende: Die Zukunft der Mobilität ist elektrisch, vernetzt und automatisiert. In: Hildebrandt, Alexandra/Landhäußer, Werner (Hrsg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Springer Gabler.

Kampker, Achim et al. (2018): Elektromobilität – Zukunftstechnologie oder Nischenprodukt? In: Kampker, Achim/Vallée, Dirk/Schnettler, Armin (Hrsg.) (2018): Elektromobilität. Grundlagen einer Zukunftstechnologie. 2. Auflage, Berlin, Springer Vieweg.

Karle, Anton (2018): Elektromobilität. Grundlagen und Praxis. München, Carl Hanser Verlag.

Knie, Andreas/Scherf, Christian/Wolter, Frank (2018): Zukunftsvisionen zur Mobilität 2025: Vernetzt, elektrisch und grün. https://www.innoz.de/sites/default/files/tagungsband_mobilitaet_und_kommunikation.pdf (abgerufen am 17.04.2019).

Komarnicki, Przemyslaw/Haubrock, Jens/Styczynski, Zbigniew (2018): Elektromobilität und Sektorenkopplung. Infrastruktur- und Systemkomponenten. Berlin, Springer Vieweg.

Kopfmüller, Jürgen (2016): Urbanisierung. In: Ott, Konrad/Dierks, Jan/Voget-Kleschin, Lieske (Hrsg.) (2016): Handbuch Umwelttechnik. Stuttgart, Springer-Verlag.

Kunith, Alexander W. (2017): Elektrifizierung des urbanen öffentlichen Busverkehrs. Technologiebewertung für den kosteneffizienten Betrieb emissionsfreier Bussysteme. Berlin, Springer Vieweg.

Landeshauptstadt Stuttgart (o.V.) (2019): Elektromobilität. <https://www.stuttgart.de/elektromobilitaet> (abgerufen am 11.06.2019).

Lange, Bernd (2018): Transformation der Automobilindustrie in einer globalen und vernetzten Handelswelt. Hannover, BWH GmbH.

Lanzendorf, Martin/Hebsaker, Jakob (2017): Mobilität 2.0 – Eine Systematisierung und sozial-räumliche Charakterisierung neuer Mobilitätsdienstleistungen. In: Wilde, Mathias et al. (Hrsg.) (2017): Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie. Ökologische und soziale Perspektiven. Wiesbaden, Springer.

Lanzendorf, Martin/Schönduwe, Robert (2013): Urbanität und Automobilität. Neue Nutzungsmuster und Bedeutungen verändern die Mobilität der Zukunft. In: Geographische Rundschau, 6. Auflage, o.O.

Legler, Harald et al. (2009): Die Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft im europäischen Kontext. Hannover, Mannheim.

Lemmer, Karsten et al. (2011): Handlungsfeld Mobilität. Infrastrukturen sichern. Verkehrseffizient Verbessern. Exportchancen erhöhen. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag.

Lienkamp, Markus (2012): Elektromobilität. Hype oder Revolution? Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg.

Limbourg, Maria/Flade, Antje/Schönharting, Jörg (2000): Mobilität im Kindes- und Jugendalter. Opladen, Leske + Burich.

Linden, Erik/Wittmer, Andreas (2018): Zukunft Mobilität: Gigatrend Digitalisierung und Megatrends der Mobilität. St. Gallen.

Link, Heike (2011): Verkehr und Wirtschaft. Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Verkehrs. In: Schwedes, Oliver (Hrsg.) (2011): Verkehrspolitik. Eine interdisziplinäre Einführung. Wiesbaden, VS Verlag.

Manager Magazin (o.V.) (2018): So viele Menschen wie noch nie mit Bus und Bahn unterwegs. <https://www.manager-magazin.de/politik/deutschland/oeffentlicher-personennahverkehr-auf-rekordhoch-a-1201205.html> (abgerufen am 06.06.2019).

März, Martin. (2009): „Familien kaufen Elektroautos als Zweitwagen“. <https://www.welt.de/wissenschaft/article4051802/Familien-kaufen-Elektroautos-als-Zweitwagen.html> (abgerufen am 06.06.2019).

Ministerium für Verkehr Baden Württemberg (o.V.) (2017a): Verkehrsinfrastruktur 2030. Ein Klimaschutzszenario für Baden-Württemberg. Stuttgart, AD Rainer Haas.

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (o.V.) (2017b): eWayBW. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/zukunftskonzepte/ewaybw/> (abgerufen am 11.06.2019).

Nationale Plattform für Elektromobilität (o.V.) (2018a): Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase. Berlin, Druckerei Vogl GmbH & Co KG.

Nationale Plattform für Elektromobilität (o.V.) (2018b): Themen. Ladeinfrastruktur. <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/ladeinfrastruktur/> (abgerufen am 04.06.2019).

Neckel, Adolf/Fabjan, Christoph/Selden, Kurt (2013): Chancen für das Elektrofahrzeug? Teil I: Batterien für elektrische Straßenfahrzeuge. Teil II: Elektrizität für den Straßenverkehr? New York, Springer Science + Business Media.

Neissendorfer, Michael (2019): Stuttgart will Zahl der Ladestationen mehr als verdoppeln. <https://www.elektroauto-news.net/2019/stuttgart-will-zahl-der-ladestationen-mehr-als-verdoppeln> (abgerufen am 11.06.2019).

Neumann, Karl-Thomas (2017): Achtung, „Umparker“! Vom Automobilhersteller zum vernetzten Mobilitätsanbieter. In: Hildebrandt, Alexandra/Landhäußer, Werner (Hrsg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Springer Gabler.

Oexler, Petra et al. (Hrsg.) (2001): RegensburgMobil – Handbuch Verkehr und Umwelt Regensburg. Regensburg, BMW AG.

Öko-Institut e.V. (o.V.) (2018): Faktencheck Elektromobilität: Fragen und Antworten. <https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/mobilitaet-und-verkehr/elektromobilitaet/> (abgerufen am 21.05.2019).

Onpulson (o.V.) (2018): Megatrend. <https://www.onpulson.de/lexikon/megatrend/> (abgerufen am 24.04.2019).

Preiß, Stefan (2019): Elektromobilität, Ladeinfrastruktur und das Netz: Aktuelle Entwicklungen. <https://www.euwid-energie.de/elektromobilitaet-ladeinfrastruktur-und-das-netz-aktuelle-entwicklungen/> (abgerufen am 07.06.2019).

Proff, Heike/Szybisty, Gregor (2018): Herausforderungen für den Automobilhandel durch die Elektromobilität. Wiesbaden, Springer Gabler.

Puls, Thomas (2013): CO₂-Regulierung für Pkw. Fragen und Antworten zu den europäischen Grenzwerten für Fahrzeughersteller. Köln, Institut der deutschen Wirtschaft.

Pyper, Julia (2019): The Dynamics of China's Rapidly Expanding EV Charging Market. <https://www.greentechmedia.com/squared/electric-avenue/china-rapidly-expanding-ev-charging-market> (abgerufen am 04.06.2019).

Randelhoff, Martin (2011): Der Unterschied zwischen Verkehr und Mobilität. <https://www.zukunft-mobilitaet.net/3892/analyse/unterschied-verkehr-mobilitaet/> (abgerufen am 11.04.2019).

Riedel, Veronique/Schwedes, Oliver (2017): Die Nutzerinnen und Nutzer im Blick der Verkehrsplanung – Nachfrageorientierte Planung am Beispiel der Ladeinfrastruktur. In: Wilde, Mathias et al. (Hrsg.) (2017): Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie. Ökologische und soziale Perspektiven. Wiesbaden, Springer.

Rothfuss, Florian et al. (2012): Strategien von Städten zur Elektromobilität. Städte als Katalysatoren auf dem Weg zur Mobilität der Zukunft. Berlin, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation.

Schenk, Tilman A. (2017): Bringt die nächste Generation die Mobilitätswende? In: Wilde, Mathias et al. (Hrsg.) (2017): Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie. Ökologische und soziale Perspektiven. Wiesbaden, Springer.

Schill, Wolf-Peter (2010): Elektromobilität in Deutschland: Chancen, Barrieren und Auswirkungen auf das Elektrizitätssystem. Vierteljahresheft zur Wirtschaftsforschung. Ausgabe 79, Berlin, Duncker & Humblot.

Schleiffer, Nicole et al. (2017): Mobilitätsverhalten der Generation Young. In: Proff, Heike/Fojcik, Thomas Martin (Hrsg.) (2017): Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Duisburg, Springer Gabler.

Schönharting, J. (2013): Track 3. Neue Mobilitätskonzepte in Aktion. In: Proff, Heike et al. (Hrsg.) (2013): Schritte in die künftige Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden, Springer Gabler.

Schrader, Christopher (2017): Ein kritischer Blick. <https://www.spektrum.de/news/wie-ist-die-umweltbilanz-von-elektroautos/1514423> (abgerufen am 21.05.2019).

Schwarzer, Matthias (2018): In Schweden gibt es eine Straße, die Elektroautos automatisch auflädt. https://www.nw.de/nachrichten/wirtschaft/22305980_In-Schweden-gibt-es-eine-Strasse-die-Elektroautos-automatisch-auflaedt.html (abgerufen am 12.06.2019).

Schwedes, Oliver (2013): Das Elektroauto im politischen Kräftefeld. In: Keichel, Marcus/Schwedes, Oliver (Hrsg.) (2013): Das Elektroauto. Mobilität im Umbruch. Wiesbaden, Springer Vieweg.

Schwedes, Oliver (2014): Einleitung: Scheitern als Chance. In: Schwedes, Oliver (Hrsg.) (2014): Öffentliche Mobilität. Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung, 2. Auflage. Berlin, Springer Verlag.

Seeberger, Markus (2016): Der Wandel in der Automobilindustrie hin zur Elektromobilität: Veränderung und neue Wertschöpfungspotenziale für Automobilhersteller. Dissertation, Universität St. Gallen.

Simon, Fabian (o.J.): Verkehrswirtschaft. <https://www.rechnungswesen-verstehen.de/lexikon/verkehrswirtschaft.php> (abgerufen am 29.05.2019).

Spath, Dieter/Pischetsrieder, Bernd (2010): Elektromobilität – Eine Technologie mit Historie und Zukunft. In: Hüttl, Reinhard/Pischetsrieder, Bernd/Spath, Dieter (Hrsg.) (2010): Elektromobilität. Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag.

Spektrum (o.V.) (2001): Verkehrsinfrastruktur. <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/verkehrsinfrastruktur/8607> (abgerufen am 28.05.2019).

Stan, Cornel (2015): Alternative Antriebe für Automobile. Hybridsysteme, Brennstoffzellen, alternative Energieträger. 4., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (o.V.) (2018): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder. <https://www.statistik-bw.de/VGRdL/MethDef/definitionen.jsp> (abgerufen am 29.05.2019).

Steinacher, Heiko (2018): Stockholm will bis 2040 die „smarteste“ Stadt der Welt sein. <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=stockholm-will-bis-2040-die-smarteste-stadt-der-welt-sein,did=1856888.html> (abgerufen am 12.06.2019).

Sticker, Klaus/Matthies, Gregor/Tsang, Raymond (2011): Vom Automobilbauer zum Mobilitätsdienstleister. Wie Hersteller ihr Geschäftsfeld für integrierte Mobilität richtig aufstellen. Wolnzach, Druckhaus Kastner.

Stiewe, Mechtild/Wittowsky, Dirk (2013): Mobilitätskonzepte im Wandel – Mobilitätsmanagement als Hebel zur Reduzierung von CO₂-Emissionen. In: Proff, Heike et al. (Hrsg.) (2013): Schritte in die künftige Mobilität. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden, Springer Gabler.

Stock, Wilfried/Bernecker, Tobias (2014): Verkehrsökonomie. Eine volkswirtschaftlich-empirische Einführung in die Verkehrswissenschaft. Wiesbaden, Springer Gabler, 2. Auflage.

Strathmann, Timo (2019): Elektromobilität als disruptive Innovation. Herausforderungen und Implikationen für etablierte Automobilhersteller. Wiesbaden, Springer Gabler.

STVA (o.V.) (2019): Die 7 wichtigsten Mobilitätstrends. <https://www.strassenverkehrsamt.de/magazin/die-7-wichtigsten-mobilitatstrends> (abgerufen am 17.04.2019).

Tober, Werner (2016): Praxisbericht Elektromobilität und Verbrennungsmotor. Analyse elektrifizierter Pkw-Antriebskonzepte. In: Lenz, Hans-Peter (Hrsg.) (2016): Praxisbericht Elektromobilität und Verbrennungsmotor. Analyse elektrifizierter Pkw-Antriebskonzepte. Wiesbaden, Springer Vieweg.

Toyota (o.V.) (2019): Brennstoffzellenauto: Das Auto der Zukunft! <https://www.toyota.de/automobile/brennstoffzellenautos.json> (abgerufen am 24.05.2019).

Tully, Claus/Baier, Dirk (2006): Mobiler Alltag. Mobilität zwischen Option und Zwang – Vom Zusammenspiel biographischer Motive und sozialer Vorgaben. Wiesbaden, VS Verlag.

Vallée, Dirk et al. (2018): Infrastruktur. In: Kampker, Achim/Vallée, Dirk/Schnettler, Armin (Hrsg.) (2018): Elektromobilität. Grundlagen einer Zukunftstechnologie. 2. Auflage, Berlin, Springer Vieweg.

Van der Pas, Jan-Willem (2017): Stockholm: Implementing a public electric vehicle charging network. <https://www.eltis.org/discover/case-studies/stockholm-implementing-public-electric-vehicle-charging-network-sweden> (abgerufen am 12.06.2019).

Van Suntum, Ulrich (2019): Die volkswirtschaftliche Bedeutung von Automobilindustrie und Mobilität. In: Maus, Wolfgang (Hrsg.) (2019): Zukünftige Kraftstoffe. Energiewende des Transports als ein weltweites Klimaziel. Berlin, Springer Vieweg.

Verband der Automobilindustrie (o.V.) (2019a): Automobilproduktion. Zahlen zur Automobilproduktion im In- und Ausland. <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html> (abgerufen am 08.05.2019).

Verband der Automobilindustrie (o.V.) (2019b): Export. <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/export.html> (abgerufen am 09.05.2019).

Verband der Automobilindustrie (o.V.) (2019c): Verkehr. <https://www.vda.de/de/themen/wirtschaftspolitik-und-infrastruktur/verkehr/gueterverkehr.html> (abgerufen am 28.05.2019).

Zeit Online (o.V.) (2019): Weltweit erstmals mehr als zwei Millionen Elektrofahrzeuge verkauft. <https://www.zeit.de/mobilitaet/2019-01/elektromobilitaet-elektroautos-absatz-nachfrage-china-norwegen-wachstum> (abgerufen am 15.05.2019).

Zeitbild Wissen (o.V.) (2016): Globalisierung – Urbanisierung – Transport. Wirtschaft und Nachhaltigkeit im Zeitalter der Digitalisierung. Berlin, Zeitbild Verlag.

Zierer, Maria/Zierer, Klaus (2010): Zur Zukunft der Mobilität. Eine multiperspektivische Analyse des Verkehrs zu Beginn des 21. Jahrhunderts. Wiesbaden, Springer Fachmedien.

Zukunftsinstitut (o.V.) (2017): Die Evolution der Mobilität. Eine Studie des Zukunftsinstitutes im Auftrag des ADAC. https://www.zukunftsinstitut.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Auftragsstudien/ADAC_Mobilitaet2040_Zukunftsinstitut.pdf (abgerufen am 12.04.2019).

Zukunftsinstitut (o.V.) (2018): Die Potenziale der Globalisierung. <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/die-potenziale-der-globalisierung/> (abgerufen am 25.04.2019).

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Vorname Nachname