



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Mobilitätsinnovation „automatisiertes Fahren“ in
Deutschland - eine Innovationssystemanalyse der
Mobilitätsbranche im Autoindustrieland Deutschland“

verfasst von / submitted by

ALEXANDER ARNOTH

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2020/ Vienna, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 190 313 456

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Geschichte, Sozialkunde, Politische
Bildung UF Geographie und Wirtschaftskunde

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Michaela Trippel

Danksagung

Im Zuge meines Studiums wuchs mein Interesse an den Herausforderungen und Lösungsansätzen, globaler und aktueller Themen immer mehr an. Auch mein privates Interesse drehte sich während meiner Studienzeit immer intensiver um Bereiche wie Klimawandel, gesellschaftlicher und technologischer Wandel oder Geopolitik und den damit einhergehenden Problemen der Menschheit. Sich mit diesen Problemen zu befassen und unterschiedliche Lösungsansätze für diese zu studieren ist eine Aufgabe, der ich als angehender Lehrer nicht nur alleine nachkommen werde, sondern die Wichtigkeit der Lösung dieser Probleme gemeinsam mit Schülern und Schülerinnen behandeln werde. Erst das Wissen um die Tragweite dieser globalen Herausforderungen lässt eine Auseinandersetzung mit diesen zu.

Dementsprechend wusste ich, dass meine Diplomarbeit ein Thema behandeln sollte, welches von gesellschaftlicher und globaler Tragweite sein sollte. Da ich im Sommersemester 2019 eines der spannendsten Seminare meiner Studienlaufbahn bei Frau Univ.-Prof. Mag. Dr. Michaela Trippl zum Thema Innovationen für gesellschaftliche Herausforderungen besucht hatte und ich von den Inhalten begeistert war, entschied ich mich dazu, meine Diplomarbeit mit ihr als Begleitprofessorin zu verfassen. Die Wahl des Themas fiel mir, da eine genaue, thematische Eingrenzung, welche für den wissenschaftlichen Rahmen einer Diplomarbeit notwendig ist, zunächst deutlich schwerer als gedacht. Ich wollte mich anfangs mit der Digitalisierung generell beschäftigen und ihre Auswirkungen auf miteinander zu vergleichende Branchen analysieren, was sich allerdings als deutlich zu umfangreich für eine Diplomarbeit herausstellte. Demnach entschied ich mich dazu, mich auf eine einzige Branche und eine einzige Technologie der Digitalisierung zu konzentrieren. Ein entscheidendes Kriterium war für mich die Tragweite der Veränderungen durch die Technologie der Digitalisierung. Dank Frau Univ.-Prof. Mag. Dr. Michaela Trippl konnte ich mein Themengebiet weiter eingrenzen und hoffentlich einen Beitrag zur Erforschung des Innovationssystems des autonomen Fahrens in Deutschland liefern.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei einigen Menschen bedanken, ohne die ich weder mein Studium ergriffen hätte, noch so weit gekommen wäre oder es im Begriff wäre abzuschließen. Die erste Person der ich von tiefstem Herzen danken möchte,

ist meine Verlobte Katherina. Sie hat mir vor 8 Jahren den Mut gegeben, meine Matura nachzuholen und anschließend ein Studium zu ergreifen. Sie hat mich auf meinem gesamten Bildungsweg auf so viele Arten unterstützt, dass ich ohne sie jetzt nicht meinen Abschluss machen könnte. Die organisatorische, technische, seelische und zwischenmenschliche Unterstützung die sie mir gegeben hat, gab mir die nötige Rückendeckung, um auch durch die schwierigsten Phasen meines Studiums mit klarem Blick und Willen nach vorne zu schauen. Ihre selbstlose Art, Geduld und Hilfsbereitschaft war der wichtigste Stützpfiler meines Studiums.

Danke Kathi!

Ich möchte meiner Mutter danken, die mit Interesse meinen Studienverlauf verfolgt hat und mich auch in schwierigen Situationen immer gestützt hat und für mich da war. Es ist eine schöne Art der Bestätigung, wenn Personen, deren Meinung einem wichtig ist, sich immer wieder nach Neuigkeiten aus dem Studium erkundigen und sich über kleine Erfolge mit einem freuen können und bei Rückschlägen für einen da sind.

Danke Mama!

Ohne die finanzielle Unterstützung meines Vaters wäre die Studienzeit mit Sicherheit nicht so „entspannt“ abgelaufen und vor allem nicht in der gleichen Zeit möglich gewesen. Dadurch konnte ich mich voll auf mein Studium konzentrieren und in der für mich schnellstmöglichen Zeit abschließen.

Danke Paps!

Meine beiden liebsten Studienkollegen, mit denen mich eine innige Freundschaft verbindet, Philip und Alexandra gebührt ebenfalls ein großes Dankeschön. Mit ihnen hatte ich sehr viele und vor allem schöne Momente während meines Studiums und beide bauten mich mit ihrem Humor aber auch mit ihrem Wissen, ihrer Unterstützung und der Tatsache auf, dass sie immer für mich da waren. Wir hatten eine sehr lustige und tolle, gemeinsame Studienzeit und ich möchte mich für die unzähligen spannenden, gemeinsamen Arbeiten, Präsentationen und Unterrichtseinheiten bedanken, die ich mit euch schreiben, vortragen und halten durfte.

Danke Philip und danke Alexandra!

Zu guter Letzt möchte ich allen anderen Wegbegleitern und Wegbegleiterinnen ein Dankeschön aussprechen, die mich während meines Studiums unterstützt haben,

mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind und sich mit mir über Themen aus
meinen Veranstaltungen unterhalten und diskutiert haben.
So habe ich nie mein Interesse daran verloren!
Danke!

Hiermit versichere ich,

- dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.



Alexander Arnoth

Wien, am 17.03.2020

Abstract deutsch

Die vorliegende Diplomarbeit gibt einen Einblick in das Innovationssystem automatisiertes/autonomes Fahren in Deutschland und untersucht am Beispiel der BMW Group die Kooperationsformen mit AkteurInnen des Innovationssystems. Es wird in der Arbeit grundlegendes Wissen um die Mobilitätsnutzung in Deutschland vermittelt, die Anforderungen an die Mobilitätsinnovation der automatisierten Fahrzeuge gegeben und diskutiert, welche Faktoren diese technologische Entwicklung zu einer Innovation machen. Zu diesem Zweck wurden über 20 Studien, Papers, Reports und Stellungnahmen ausgewertet, um die Anforderungen an diese Mobilitätsinnovation abzustecken. Um sich dem Thema zu nähern wurde der Innovationssystem-Ansatz verwendet, welcher die im Zuge einer Innovationseinführung tätigen AkteurInnen benennt und beschreibt. Er dient außerdem einer Abgrenzung zwischen regionalen, nationalen oder internationalen Innovationssystemen in dem die Rollen unterschiedlicher AkteurInnen beleuchtet werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, sowohl die Innovation des automatisierten Fahrens vorzustellen und ihre Folgen auf die Mobilität und das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung zu analysieren, als auch auf einer praktischeren Ebene das Kooperationsverhalten innerhalb des Innovationssystems anhand des Fallbeispiels der BMW Group herauszuarbeiten. Weiters kommt der Politik eine besondere Rolle zu, denn die Reglementierung und Gesetzgebung, sowie die gezielte Förderung und Kooperation mit den heimischen OEM's ist für eine erfolgreiche Entwicklung elementar. Es hat sich gezeigt, dass das Innovationssystem „automatisiertes Fahren“ nicht eindeutig in Kategorien eingeteilt werden kann und dass alle geographischen Ebenen eine wichtige Rolle bei der Kooperation mit anderen AkteurInnen aus jeweils unterschiedlichen Gründen spielen.

Für die Verfassung dieser Diplomarbeit wurde zum Teil die Literaturarbeit als methodische Vorgangsweise gewählt, um mittels der Auswertung von Studien, der Sekundärliteratur und Papers einen Überblick über die Innovation zu erhalten und zum anderen Teil eine weitreichende und tiefgehende Recherche zu den aktuellsten Entwicklungen der letzten Jahre durchgeführt.

Abstract English

The following diploma thesis gives an insight into the automated/autonomous driving in Germany and uses the BMW Group as an example on how companies cooperate with other actors in this innovation system. In the thesis, basic knowledge about the use of mobility in Germany is conveyed, the requirements for the mobility innovation of automated vehicles are given and the factors that make this technological development an innovation are discussed. For this purpose, more than 20 studies, papers, reports and statements were evaluated in order to outline the requirements for this mobility innovation.

In order to approach the topic, the innovation system approach was used, which names and describes the actors involved in the introduction of an innovation. It also serves to delimit regional, national or international innovation systems by highlighting the roles of different actors.

The main goal of this thesis is to present the innovation of automated driving and to analyze its consequences on the mobility and the mobility behaviour of the population, as well as to work out the cooperation behaviour within the innovation system on a more practical level using the case study of the BMW Group. Additionally, politics play a special role, because regulations and legislation, as well as targeted support and cooperation with local OEM's are fundamental to successful development. It has been shown that the automated driving innovation system cannot be clearly divided into categories and that all geographical levels play an important role in cooperation with other actors for different reasons.

In order to write this diploma thesis, on one hand literature work was chosen as a methodical procedure, in order to obtain an overview of the innovation by evaluating studies, secondary literature and papers, and on the other hand extensive and in-depth research on the latest development in recent years was carried out.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Methodik.....	1
2	Faktoren für die Implementierung der Mobilitätsinnovation „autonomes Fahren“	4
2.1	Was ist Mobilität?.....	4
2.2	Mobilität in Deutschland – eine Bestandsaufnahme über Nutzung und Trends	8
2.2.1	<i>Carsharing</i>	13
3	Innovation und Innovationsindikatoren.....	16
3.1	Was ist eine Innovation?	16
3.1.1	Radikale Innovationen & Inkrementelle Innovationen	17
3.1.2	<i>Disruptive Innovations & Sustaining Innovations</i>	18
3.1.3	<i>Market Pull Innovations & Technology Push Innovations</i>	18
3.1.4	Integrierte & Systemintegrierte Innovationen.....	18
3.2	Innovationsindikatoren	20
3.2.1	Wirtschaft.....	21
3.2.2	Wissenschaft.....	21
3.2.3	Bildung.....	22
3.2.4	Staat.....	22
3.2.5	Gesellschaft	22
4	Innovationsysteme und Kooperationsformen von Unternehmen.....	25
4.1	Was sind Innovationssysteme?	25
4.1.1	Der regionale Innovationssystem-Ansatz.....	26
4.1.2	Der nationale Innovationssystem-Ansatz.....	27
4.1.3	Das internationale Innovationssystem.....	29
4.2	Kooperationsformen von Unternehmen bei Innovationen	31
4.2.1	„ <i>Collective Research</i> “	31
4.2.2	„ <i>Co-operative Research</i> “	31
4.2.3	„ <i>Collaborative Research</i> “.....	32
5	Forderungen an die Mobilitätsinnovationen der Zukunft.....	33
5.1	Blickwinkel <i>Greenpeace</i>	33
5.2	Einstellung der Bevölkerung zu autonomen Fahrzeugen.....	35
5.3	Sicherheit.....	39
5.3.1	Aktuelle Unfallzahlen und -Ursachen	39
5.3.2	Sind autonome Fahrzeuge sicherer?.....	40

5.4	Steigerung der Mobilität in Städten	44
5.5	Rechtliche Rahmenbedingungen autonomer Fahrzeuge	48
6	Zwischenfazit	56
7	Innovationsystem-Analyse autonomes Fahren Deutschland	64
7.1	Innovationsförderung durch politische AkteurInnen	64
7.1.1	Förder- und Kooperationsstrategien der Bundesregierung	66
7.2	Förder- und Kooperationsprogramme der Bundesregierung bei der Entwicklung und Testung automatisierter Fahrzeuge	68
7.2.1	Projekt PEGASUS	72
7.2.2	Projekt IMAGinE	79
7.2.3	Projekt „SETLevel4to5“	81
7.2.4	Projekt VVMethoden	82
7.3	Analyse der Projektkooperationspartner in den Projekten PEGASUS, IMAGinE, SetLevel4to5 und VVMethoden	83
7.3.1	Kategorien nach Unternehmensgröße und Ressorts:	84
7.3.2	Kategorien nach Zuliefererkette:	84
8	Fallbeispiel <i>BMW Group</i>	91
8.1	Einleitung und Ziele	91
8.2	Kooperationsverhalten und –Strategie der <i>BMW Group</i>	93
9	Beantwortung der Forschungsfrage	105
10	Literaturverzeichnis	112
10.1	Onlinequellen	116
10.2	Abbildungen	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bedarfspyramide nach Maslow	7
Abbildung 2: Entwicklung des Modal Split Verkehrsaufkommen 1982-2017	10
Abbildung 3: Entwicklung des Modal Split Verkehrsleistung 1982-2017	11
Abbildung 4: Car-Sharing Nutzungsgründe.....	15
Abbildung 5: Nationaler Innovationsansatz	29
Abbildung 6: Vergleich der Innovationsansätze.....	30
Abbildung 7: Befragung zur Nutzung von automatisierten Fahrzeugen 2017	35
Abbildung 8: Befragung zur Nutzung von automatisierten Fahrzeugen 2019	36
Abbildung 9: Unfallursachen 2015-2018.....	40
Abbildung 10: Leistungsvergleich zwischen Mensch und Maschine beim Autofahren.....	43
Abbildung 11: Vergleich der Wahrnehmungstechnologien mit dem Mensch.....	44
Abbildung 12: Zurückgelegte Fahrzeugkilometer in der Stadt pro 5 Minuten	46
Abbildung 13: Stufenmodell der Bundesregierung für automatisierte Fahrzeuge.....	50
Abbildung 14: Stufenmodell der SAE für automatisierte Fahrzeuge	51
Abbildung 15: Statement des VDA zu PEGASUS Entwicklungen.....	77
Abbildung 16: VDA Leitinitiative	78
Abbildung 17: Folgeprojekte von PEGASUS	81
Abbildung 18: Akteursverteilung innerhalb der untersuchten Projekte	89
Abbildung 19: Verteilung der Akteure nach Zuliefererkette	89

Abkürzungsverzeichnis

AIF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
DSRC	dedicated short range communications
FuE	Forschung und Entwicklung
HTS	High-Tech-Strategie
IIS	internationales Innovationssystem
IV	Individualverkehr
KMU	Klein und Mittelunternehmen
KPI	Key Performance Indikatoren
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	motorisierter Individualverkehr
NIS	nationales Innovationssystem
NTSB	National Transport Board
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
ÖPFV	öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
RIS	regionales Innovationssystem
SAE	Society of Automotive Engineers
VDA	Verband der Automobilindustrie

1 Einleitung und Methodik

Die technologischen Errungenschaften der Digitalisierung werden von vielen ExpertInnen mit der vierten großen industriellen Revolution betitelt. Vor allem Automatisierungsprozesse in allen Bereichen der Wirtschaft und Gesellschaft, sowie der oftmals prognostizierte Ersatz menschlicher Arbeitskraft durch Roboter und automatisierte Systeme stehen dabei im Zentrum der Diskussionen. Auch die menschliche Mobilität hat sich teils drastisch verändert, denn innovative Technologien und neuartige Produktionsweisen ermöglichen immer mehr Menschen, ihre Mobilität zu erhöhen. Automatisiertes Fahren soll für die aktuellen und kommenden Herausforderungen der Mobilität bezüglich der Sicherheit, der Nachhaltigkeit, des Umweltschutzes, der Frage des ineffizienten Individualverkehrs, des Platzmangels in Städten sowie dem Ressourcenmangel eine mögliche Lösung darstellen. Gleichzeitig sind besonders in Deutschland die meisten Automobilkonzerne wie auch Volkswagen oder BMW dafür bekannt, große Trends wie die Elektromobilität bisher verschlafen zu haben.

Es stellt sich die Frage, wie diese traditionellen Konzerne auf die neueste Mobilitätsinnovation, dem selbstfahrenden Fahrzeug, reagieren. Diese Arbeit soll einen Beitrag zur Erkenntnis liefern, wie große, konkurrierende Unternehmen einer etablierten Branche mit innovativen und für sie zunächst bedrohlichen Technologien umgehen. Die Forschung nach der Art der Kooperationen zwischen genannten Großkonzernen und ihren Mitbewerbern, sowie Branchenneulingen, der Politik, der Wissenschaft und der Gesellschaft stellen die zentralen Untersuchungsfelder dieser Arbeit dar.

Dementsprechend befasst sich diese Diplomarbeit mit der Analyse von Studien, welche sich aus unterschiedlichen Blickwinkeln mit den Auswirkungen automatisierte Fahrzeugsysteme befassen und versuchen, diesen Impact auf die Automobilbranche und unser Mobilitätsverhalten abzuschätzen. Es ist wichtig, sich neuen, radikalen Innovationen zunächst aus einer theoretischen Ebene zu nähern, um die Bedeutung und die Aufgabenstellung, die dieser Innovation auferlegt wird, zu erfassen.

Ob und wie automatisiertes Fahren in der Praxis in die Struktur und Prozesse von Automobilkonzernen wie der BMW Group implementiert werden, mit welchen AkteurInnen wie und auf welchen räumlichen Ebenen zusammengearbeitet wird, soll im zweiten Teil dieser Arbeit untersucht werden. Ebenfalls sollen

Kooperationsprojekte, Forschungsprogramme und politische Strategien zum Umgang mit automatisierten Fahrzeugsystemen, sowie konkrete Umsetzungsmaßnahmen und Geschäftsideen zur Einführung dieser Mobilitätsinnovation analysiert werden. Auch eine Untersuchung der rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Schaffung passender Infrastruktur zur Zulassung und Vermarktung automatisierten Fahrens in Deutschland, sowie die Herangehensweise des untersuchten Konzerns stellen einen wichtigen Teil dieser Arbeit dar. Es ist daher wichtig, einen Blick auf die Rolle der Politik, als einen der wichtigsten AkteurInnen und potenziellen KooperationspartnerInnen bei der Entwicklung und Etablierung automatisierter Fahrzeugsysteme zu werfen und zu beleuchten, wie diese mit Innovationen dieser Größenordnung im Zusammenspiel mit Großkonzernen umzugehen gedenkt.

Als methodische Vorgangsweise wurde die Literaturarbeit mit dem Ziel gewählt, Studien und Forschungsergebnisse über die Effekte und Implementierung vom autonomen Fahren als Innovation im geographischen und politischen Raum gegenüberzustellen und die aktuellen Einstellungen sowie Planungen der BMW Group im Umgang mit autonomem Fahren und seinen dazugehörigen AkteurInnen herauszuarbeiten.

Den theoretisch-konzeptionellen Rahmen stellt dabei der Innovationssystem-Ansatz dar, welcher dazu dient, Interaktionsmuster zwischen verschiedenen AkteurInnen zu beleuchten. Dabei sind der Umgang von etablierten Konzernen mit branchentransformierenden Innovationen und die im Zuge dessen entstehenden oder wachsenden Unternehmen sowie die Rolle der Politik bei der Steuerung, Subventionierung und Reglementierung von Innovationsprozessen von besonderem Interesse.

Innovationen entstehen heute oftmals durch ein zivilgesellschaftlich getriebenes Verlangen nach Veränderung, welches von *Start-up*-Unternehmen wie auch bestehenden Unternehmen aufgegriffen wird. Autonomes Fahren kann als sozio-technisches System klassifiziert werden, da sowohl die technische Umsetzung und Implementierung sowie die soziale und gesellschaftliche Umgangsweise mit diesem System erst definiert werden muss. Das kann und wird dazu führen, dass bislang eher isolierte Branchen und Innovationssysteme mit unterschiedlichen Handlungslogiken und Funktionsweisen miteinander in Kontakt treten und kooperieren müssen, wie beispielsweise beim autonomen Fahren die Forschung an

künstlicher Intelligenz zur Steuerung des Fahrzeuges, mit der Forschung an effizienteren Elektrofahrzeugen bestehender Automobilhersteller und etwa die Energiebranche zur Bereitstellung flächendeckender, neuartiger Energiequellen wie Solarstrom oder ähnliches.

Die Kapitel zwei bis fünf sollen dazu dienen, die Gründe zu erfassen, was autonomes Fahren zu einer Mobilitätsinnovation macht. Außerdem werden der theoretisch-konzeptionelle Rahmen vorgestellt und Begriffsdefinitionen gegeben. Aktuelle Mobilitätstrends und die Nutzung von Mobilität sind relevant, um den Innovationsgedanken der Branche besser erfassen zu können. Die Aspekte der Sicherheit, Umweltverträglichkeit und die Effizienz von Fahrzeugen werden bei aktuellen Fahrzeugen bemängelt und stellen dementsprechend zentrale Anforderungen an Brancheninnovationen wie dem autonomen Fahren. Ebenfalls relevant ist eine Klärung der aktuellen, politischen und rechtlichen Definition von autonomem Fahren und wie dieses in aktuelle Gesetze implementiert ist. Da momentan im rechtlichen Bereich viel geforscht und debattiert wird, kann der politische Rahmen angeschnitten, aber vermutlich nicht abschließend definiert werden.

In den Kapiteln sieben und acht geht es um die Frage, wie die Implementierung von selbstfahrenden Fahrzeugen sowohl von der Seite der Politik, als auch von der Seite eines Automobilherstellers, mit der BMW Group als Fallbeispiel, erfolgt. Es soll beleuchtet werden, welche Ziele und welche Schwerpunkte beim Innovationssystem „autonomes Fahren“ gesetzt werden, und wie sich die Methoden zur Erreichung dieser Ziele gestalten. Ein wichtiges Kapitel stellt dabei die Analyse der geographischen Verteilung aller relevanten AkteurInnen und die Vernetzung mit den jeweiligen PartnerInnen mit dem Mutterkonzern dar. Wie erfolgt die Zusammenarbeit und in welchen Räumen wird innerhalb dieser neuen Branche agiert? Findet die Zusammenarbeit mit Unternehmen innerhalb und außerhalb der Automobilbranche statt und wie kooperieren etablierte Automobilkonzerne in Deutschland oder außerhalb von Deutschland miteinander? Die Politik, als weiterer Akteur, spielt generell eine große Rolle bei der Reglementierung neuer Technologien, insbesondere bei derart weitreichenden Auswirkungen wie dem autonomen Fahren. Am Ende der Kapitel soll eine klare Aussage getroffen werden können, mit welchen Akteuren die Politik und mit welchen AkteurInnen die BMW Group auf welchen

Ebenen zusammenarbeiten, wo sie Technologie und *Know-How* bezieht und wie eine Zusammenarbeit mit kooperierenden Politikfeldern erfolgt.

2 Faktoren für die Implementierung der Mobilitätsinnovation „autonomes Fahren“

Die Faktoren, welche für die Mobilitätsinnovation „autonomes Fahren“ eine wichtige Rolle spielen, werden nachfolgend angesprochen. Angefangen bei der Begriffsdefinition Mobilität, einer Analyse der aktuellen Mobilitätsnutzung in Deutschland, über die Frage, wie die Nutzungstrends der Mobilität in Deutschland aussehen, soll ein Überblick über den Stand der Dinge gegeben werden.

2.1 Was ist Mobilität?

Wie wird die Fortbewegungsfähigkeit des Menschen im 21. Jahrhundert beschrieben? Fortbewegung kann in vielen Zusammenhängen als Schlüsselwort verwendet werden, wie etwa die soziale Mobilität oder die Mobilität im Zusammenhang mit Migration über oder innerhalb von Ländergrenzen. Zunächst muss der Begriff Mobilität definiert, im Sinne dieser Diplomarbeit eingegrenzt und zum Begriff Verkehr abgegrenzt werden. Mobilität wird demnach als Prozess der Befriedigung von räumlicher Bewegung von Personen und Gütern verstanden. Die Unterscheidung zwischen dem Begriff der Mobilität und des Verkehrs ist grundlegend wichtig zum Verständnis der Wirkung Autonomes Fahrens, denn während Mobilität auf der einen Seite die potentielle Möglichkeit adressiert sich fortbewegen zu können, ist Verkehr das Mittel, um den Mobilitäts-, also Bewegungswunsch, zu realisieren. Becker, Gerike und Völlings drücken ihre Definition des Mobilitäts- und des Verkehrsbegriffes folgendermaßen aus: „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.“¹

Das bedeutet, dass die Befriedigung von Bedürfnissen als oberstes Ziel der Mobilität formuliert ist und man diese Bedürfnisse mittels eines Verkehrs (-mittels) befriedigt.

¹ BECKER et al. 1999: S.: 71

Mobilität beschreibt auch wie „beweglich“ eine Person ist, oder anders formuliert, wie einfach es für die Person ist, sich ungehindert im Raum bewegen zu können. Mehr Mobilität heißt mehr Möglichkeiten zur freien Bewegung zur Verfügung zu haben und dadurch weniger eingeschränkt zu sein.² Verkehr hingegen stellt den Aufwand dar, um den Mobilitätswunsch umzusetzen.³ Wie viel Verkehr muss aufgewendet werden, um den Bedarf oder das Bedürfnis zu decken? Um etwas vorzugreifen, die Mobilität steigt mit einer Flotte an selbstfahrenden Fahrzeugen in einer Stadt, die per *App* gerufen werden können, allerdings sinkt der Verkehr, da weniger Fahrzeuge benötigt werden, um die Bedürfnisse der einzelnen Personen zu befriedigen. Das setzt voraus, dass sich die selbstfahrenden Fahrzeuge rund um die Uhr frei in der Stadt bewegen und je nach Nachfrage vermehrt an Orten der entstehenden Nachfrage zur Verfügung stehen.⁴ Daraus ergibt sich, dass nachfragende Personen das Angebot der selbstfahrenden Fahrzeuge nutzen und sich bei weniger Verkehrsaufgebot (nur ein Verkehrsmittel notwendig) die Mobilität erhöht (freie Fahrtzielwahl). Anhand der nachfolgenden, angepassten Darstellung der Bedarfspyramide von Maslow wird die Entscheidung, ob und wie Verkehr notwendig ist, um das Bedürfnis zu befriedigen, beantwortet. So stellt sich zu Beginn die Frage, ob ein Mangel vorliegt. Dieser Mangel kann unterschiedliche Dimensionen haben, wie etwa Hunger oder der Weg zu Ausbildung oder zum Arbeitsplatz. Diese Primärbedürfnisse wollen nun befriedigt werden, woraufhin nach einer Lösung gesucht wird. Dazu werden Informationen über den eigenen Standort ausgewertet und gefragt, ob die Lösung vor Ort möglich ist. Wenn ja, wird das Primärbedürfnis vor Ort ohne notwendige Ortsveränderung befriedigt und wenn nicht, ist eine Ortsveränderung notwendig.⁵

Es folgt wieder eine Recherche über die Lage des Ziels, der für den Ortswechsel notwendige Aufwand in finanzieller und zeitlicher Hinsicht, sowie weitere Informationen. Nun muss geklärt werden, ob die Ortsveränderung selbst erbracht werden kann, oder ob man auf ein Verkehrsmittel angewiesen ist. Physische Mobilität spielt hierbei eine große Rolle und wird im Zuge dieser Arbeit auch detaillierter angesprochen. Sollte nun ein Verkehrsbedürfnis vorliegen, da der Ortswechsel nicht selbständig erbracht und dieser stattdessen sinnvoll durch Dritte gewährleistet werden kann, entsteht ein Verkehrsbedarf. Sinnvoll meint, eine

² Vgl.: ZIERER und ZIERER 2010 S.: 19-21

³ Vgl.: ZIERER und ZIERER 2010 S.: 25-26

⁴ Vgl.: ITF - Urban Mobility System Upgrade 2015 S.: 7 ff.

⁵ Vgl.: RANDELHOFF 2011 o.S.

rentable Kosten-Nutzen-Rechnung aufzustellen und abzuwägen, ob sich die Nutzung eines dritten Verkehrsanbieters rentiert.

Mit dem konkreten Verkehrsbedarf und der potentiellen Verkehrsnachfrage wird überprüft, ob das vorhandene Verkehrsangebot diesen Zweck erfüllt. Die notwendigen Informationen zur Überprüfung des Verkehrsangebotes werden von Verkehrsdienstleistern die etwa Taxiunternehmen, den öffentlichen Verkehrsmitteln, Elektroscooterleih-Unternehmen, Fahrradverleihunternehmen oder ähnlichen, Dienstleistungsunternehmen gestellt. Sofern nun aus dem Verkehrsbedarf dank ausreichenden Angebots eine marktwirksame Verkehrsnachfrage entsteht, folgt die Ortsveränderung und die Befriedigung des Primärbedürfnisses.

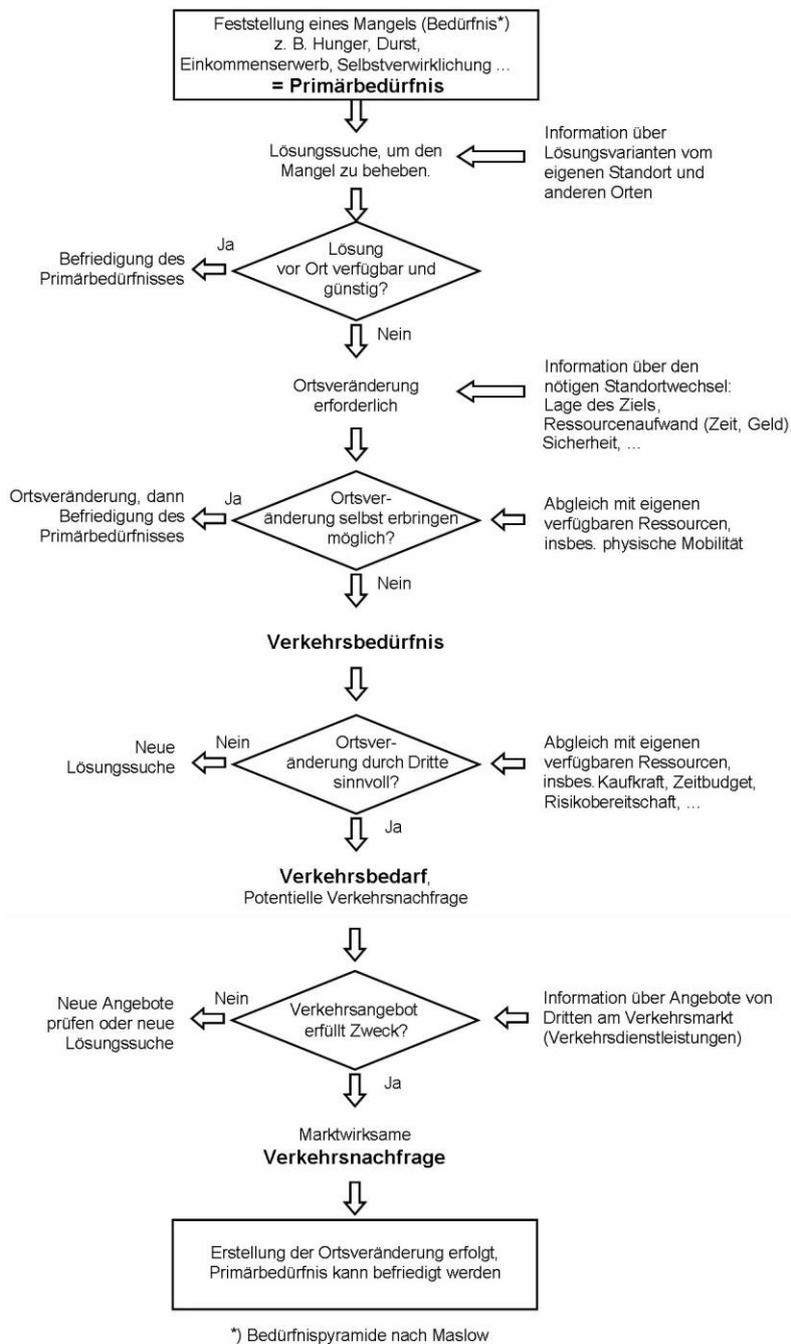


Abbildung 1: Bedarfspyramide nach Maslow (Quelle: Ammoser und Hoppe 2006, S.: 46)

Im Zuge dieser Diplomarbeit werden die Bereiche des Privatverkehrs betrachtet und die Implementierung sowie die Auswirkungen von autonom fahrenden Fahrzeugen auf die Mobilität dieses Bereichs untersucht. Um die Bedeutung dieser technologischen Umstellung und die Wirkung auf den Privatverkehr besser verstehen zu können, muss man sich die aktuelle Situation und Nutzung genauer ansehen, um Felder mit Handlungsbedarf erkennen zu können. Um das Forschungsfeld näher einzugrenzen, wird Deutschland, als Land mit hohem Verkehrsaufgebot sowie starker Automobilindustrie gewählt. Die Anforderungen an die Mobilität und den

Verkehr der Zukunft sind vielfältig und werden detaillierter in den nachfolgenden Kapitel beleuchtet.

2.2 Mobilität in Deutschland – eine Bestandsaufnahme über Nutzung und Trends

Der Ergebnisbericht „Mobilität in Deutschland – MiD“ des deutschen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur von 2018 liefert zur Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen und der damit verbundenen Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel ausgezeichnete Informationen und Daten. Im Durchschnitt verlassen 85% der Personen in Deutschland ihre Wohnung bzw. ihr Haus, um irgendein Bedürfnis zu stillen, welches zu Hause nicht befriedigt werden kann. Diese Personen legen im Durchschnitt 3,1 Wege zurück, wobei dieser Durchschnitt unter der Woche also von Montag bis Freitag höher liegt, als am Wochenende. Im Schnitt werden pro Tag etwa 80 Minuten für 39 Kilometer Weg benötigt, was bereits aufzeigt, dass für die Bewältigung solcher Distanzen in derart kurzer Zeit ein Verkehrsmittel in den meisten Fällen benötigt wird. Damit beträgt die Verkehrsleistung rund 3,2 Milliarden Kilometer. Die drei Hauptpfeiler, welche zum Verlassen des Hauses führen sind zu 34% der Weg zum Job, zu 30% für Einkaufszwecke privater Natur und zu 28% zur Erreichung von Freizeitaktivitäten.⁶

Interessant gestaltet sich die Nutzung der vorhandenen Mobilitätsoptionen, was für die Aussagekraft dieser Arbeit von hoher Bedeutung sein wird. Aktuell sind in Deutschland laut dem MiD – Berichts des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur 43 Millionen PKWs zugelassen und es stehen ungefähr 77 Millionen Fahrräder in den deutschen Haushalten zur Verfügung, teils durch Mietservices und Großteils durch Privatbesitz.⁷ Weiters untersuchte das Ministerium im Zuge des Berichtes, wie der Modal Split, also die Aufteilung der zurückgelegten Wege auf die Verkehrsmittel, ausfällt. Als Weg wird eine zurückgelegte Strecke vom Verlassen des Aufenthaltsortes bis zum Erreichen des Zielortes definiert, wobei pro Weg mehrere Verkehrsmittel genutzt werden können.⁸ Sowohl im MiD- Bericht, als auch innerhalb dieser Arbeit wird der Begriff „motorisierter Individualverkehr“ mit MIV, „öffentlicher Personennahverkehr“ mit ÖPNV und „öffentlicher Personenfernverkehr“ mit ÖPFV abgekürzt. Unter motorisiertem Individualverkehr wird laut der

⁶ Vgl.: MiD Ergebnisbericht 2018 S.: 3

⁷ Vgl.: MiD Ergebnisbericht 2018 S.: 4-5

⁸ Vgl.: MiD Kurzreport 2018, S.: 6

Forschungsseite „Forschungsinformationssystem für Mobilität und Verkehr“ folgendes verstanden: Als motorisierter Individualverkehr (MIV) wird die Nutzung von Pkw und Krafträdern im Personenverkehr bezeichnet. Der MIV, als eine Art des Individualverkehrs (IV), eignet sich besonders für größere Distanzen und alle Arten von Quelle-Ziel-Beziehungen, da dieser zeitlich als auch räumlich eine hohe Verfügbarkeit aufweist. Verkehrsmittel des MIV werden von einer einzelnen Person oder einem beschränkten Personenkreis eingesetzt. Der bzw. die NutzerIn ist bezüglich der Bestimmung von Fahrweg, Ziel und Zeit frei (örtliche, zeitliche Ungebundenheit des MIV).⁹ Diese Definition deckt sich mit jener des MIV – Berichts. Der ÖPNV beinhaltet alle öffentlichen Verkehrsmittel im Rahmen der Grundversorgung auf Straße, Schiene, Wasser und Luftseilbahn, während der ÖPFV die zurückgelegten Wege mit der Bahn beinhaltet.

Im MiD – Bericht wird darauf hingewiesen, dass die Linke Säule des Diagrammes nicht völlig vergleichbar ist, denn diese Zahlen wurden nur in Westdeutschland erhoben und sind dementsprechend nicht repräsentativ und können nur bedingt mit den Werten des wiedervereinigten Deutschlands verglichen werden. Dementsprechend wird in diesem Kapitel nur Bezug auf die Statistiken und Zahlen von 2002, 2008 und 2017 genommen. Das Verkehrsaufkommen, welches für diese Darstellung als Wert herangezogen wurde, misst die Anzahl der transportierten Personen. Der Modalsplit des Verkehrsaufkommens von 1982 bis 2017 weist eine prozentuelle Zunahme an MIV-FahrerInnen auf und eine gleichzeitige Absenkung der zurückgelegten Wege zu Fuß. Gleichzeitig ist der Anteil der Personen, die Wege zu Fuß zurücklegen, um 6 Prozentpunkte deutlich gesunken. Der zusammengefasste, Öffentliche Verkehrsmittelsektor stagniert bei 10%, ähnlich der Nutzung der Fahrräder, welche bei 11% stagniert. Gesunken ist der MIV-BeifahrerInnenanteil, welcher sich im Vergleich zu 2002 um 3 Prozentpunkte reduziert hat. Der klare Gewinner dieses Zeitreihenvergleichs ist demnach der motorisierte Individualverkehr, welcher nach einem Stillstand zwischen 2002 und 2008 von 44% bis zum Jahr 2017 auf 47% ansteigen konnte.

⁹ Vgl.: FORSCHUNGsinFORMATIONSSYSTEM 2003 o.S.

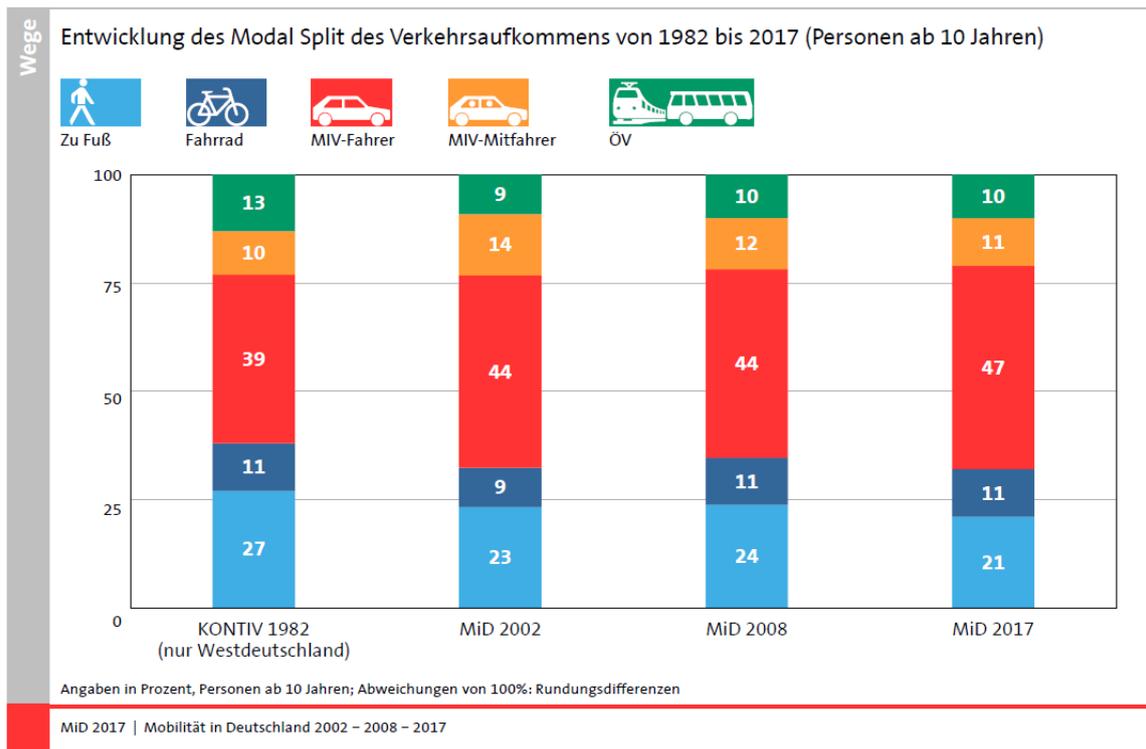


Abbildung 2: Entwicklung des Modal Split Verkehrsaufkommen 1982-2017 (Quelle: Nobis, C., Kuhnimhof, T., Follmer, R., Bäumer, M. 2019 S.: 50)

Bei der Verkehrsleistung, dem Produkt aus zurückgelegten Kilometern und transportierter Personenmenge, fällt der Vorsprung des MIV mit 58% noch weiter aus. Hier erreichen die Verkehrsleistungen sowohl zu Fuß, als auch mit dem Fahrrad jeweils 3% und bilden damit das gemeinsame Schlusslicht, welches sie in allen drei gemessenen Jahren beibehalten haben. Der öffentliche Fernverkehr konnte zwar einen starken Zuwachs von 5% auf 9% zwischen 2002 und 2017 verzeichnen, hat allerdings trotzdem eine vergleichsweise geringe Verkehrsleistung mit 9%. Mit 10% konnte der öffentliche Personennahverkehr auch keine Zugewinne verzeichnen, allerdings stabil seine Position halten. Stark abgenommen hat der Anteil der MIV-BeifahrerInnen, welche zwischen 2002 und 2017 5 Prozentpunkte verloren haben und damit bei nur 17% liegen.

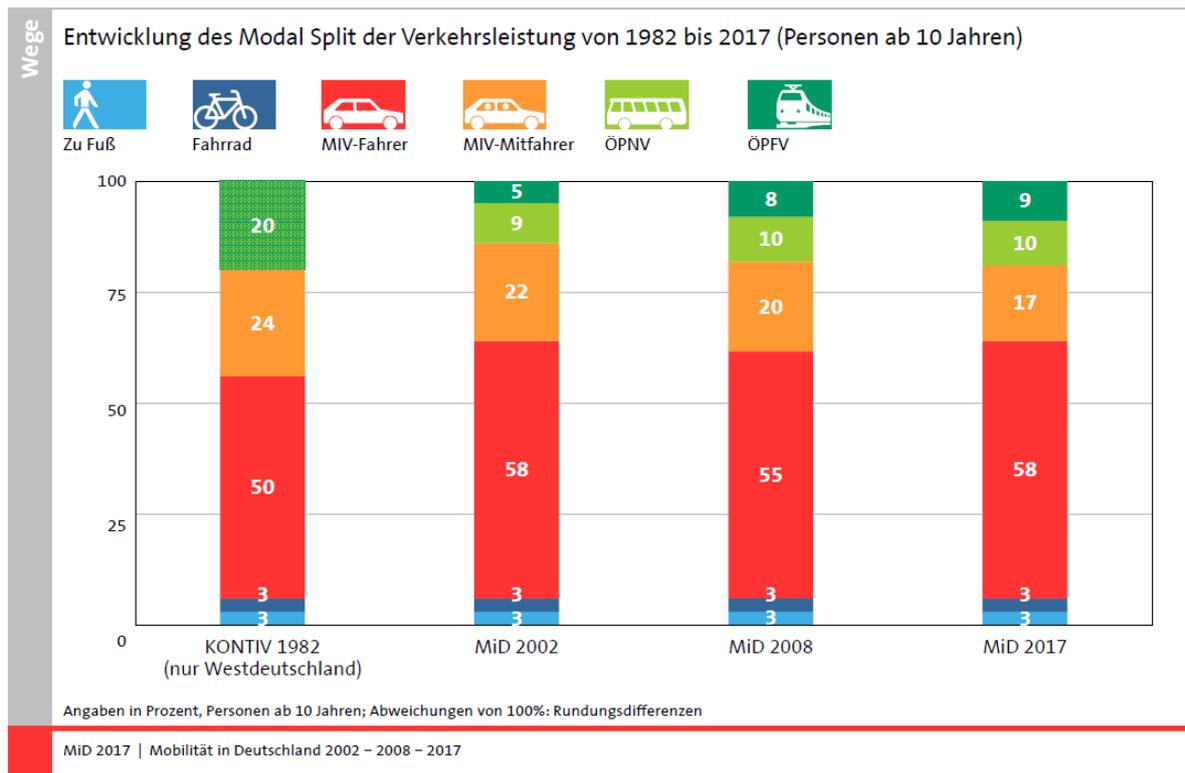


Abbildung 3: Entwicklung des Modal Split Verkehrsleistung 1982-2017 (Quelle: Nobis, C., Kuhnimhof, T., Follmer, R., Bäumer, M. 2019: S.: 50)

Im direkten Vergleich der beiden erhobenen Maßzahlen zeigt sich, dass der motorisierte Individualverkehr in beiden Fällen die höchsten Anteile hält und sich bei der Messung der Verkehrsleistung dieser Vorsprung nur noch ausgebaut hat. Wenn man aber den gesamten öffentlichen Sektor zusammenrechnen würde, käme man auf einen Wert von 19% im Jahr 2017, was diesen auf den zweiten Platz katapultieren würde. Vernachlässigbar sind die Ergebnisse für die Wege zu Fuß und mit dem Fahrrad, da diese mit ihren jeweils 3% zwischen 2002 und 2017 nicht an Relevanz gewonnen haben. Der sinkende Anteil an Personen, die mit anderen im MIV mitfahren zeigt, dass bei gleichzeitiger Steigerung des MIV-FahrerInnenanteils eine Verschiebung hin zu individueller Mobilität erfolgt. Ebenso kann diese These durch den Anstieg an der Verkehrsleistung der öffentlichen Verkehrsmittel erklärt werden, welche ebenfalls eine größere Freiheit bei der individuellen Mobilität ermöglicht.

Während in den Metropolen Deutschlands die Zahl der Autos mit rund 400 pro 1000 Einwohner stagniert, steigt sie im ländlichen Raum deutlich an. Hier zeichnet sich eine Verschiebung der Kernräume der Autonutzung ab, welche schon seit mehreren

Jahren abzusehen war. So stieg die Anzahl der Autos im Privatbesitz in ländlichen Regionen, insbesondere in kleinen, dörflichen Räumen um über 100 auf 607 im Jahr 2017 an. Verglichen damit sind die Zugewinne in städtischen Regionen kaum vorhanden oder im Falle der Metropolen sogar minimal rückläufig. Es zeigt sich also ganz deutlich, dass die Bedeutung der Autos als Privatbesitz in Städten und Metropolen stagniert, während in den ländlichen Regionen die Bedeutung nur umso mehr anwächst.¹⁰

Dieser Zuwachs ist mit dem Trend zum Zweit-PKW in mittleren und älteren Haushalten zu erklären und zeigt damit zusätzlich zum geographischen, räumlichen Differenzaspekt einen Generationenaspekt auf, der noch deutlicher ausfällt. So besaßen 2002 noch 59% der Haushalte unter 35 Jahren einen PKW, während 2017 nur mehr 46% ein privates Fahrzeug ihr Eigen nennen können. Bei Familienhaushalten hingegen wuchs der Anteil der Besitzer von zwei Fahrzeugen von 34% auf 43% deutlich an, während der Besitz eines einzigen PKWs gleichzeitig um 9% abnahm. In den Haushalten mit Personen ab 65 Jahren ist der Zugewinn die Privatfahrzeuge sehr deutlich ausgefallen. 2002 verfügten über weniger als die Hälfte der Personen überhaupt über ein Privatfahrzeug, während 2017 65% über eines verfügen. Damit ist der höchste Zuwachs an Fahrzeugen mit 22% bei dieser Altersgruppe zu verzeichnen.¹¹ Der MiD-Zeitreihenbericht spricht im Zusammenhang mit den Unterschieden der Altersgruppen vom sogenannten Kohorteneffekt, welcher sich im Zusammenspiel mit den Lebensphaseneffekten deutlich in den Untersuchungen abbildet. Der Kohorteneffekt zeigt auf, wie Personen des gleichen Geburtsjahrganges beziehungsweise Geburtsjahrzehnts, ähnlichere Einstellungen zu Entscheidungen wie der Nutzung von Verkehrsmitteln zur Befriedigung ihrer Mobilitätsbedürfnisse haben, wie Personen jüngerer oder älterer Kohorten. Diesen Effekt kann man gut bei den geraden beschriebenen Messungen erkennen. Der zweite relevante Effekt ist jener der Lebensphasen, in welchen die Entscheidungen über das eigene Mobilitätsverhalten sich teils drastisch von vorherigen Lebensphasen unterscheiden.¹²

Auch die Wegezwecke haben sich innerhalb der letzten Jahre stark zu Gunsten der berufsbedingten Mobilität verschoben, während die private Mobilität im Vergleich

¹⁰ Vgl.: MiD-Ergebnisbericht 2018, S.: 69-71

¹¹ Vgl.: MiD-Zeitreihenbericht 2018, S.: 35-38

¹² Vgl.: MiD-Zeitreihenbericht 2018, S.: 75-77

eher gesunken ist. Die gemessenen Verkehrswege fallen in allen Bereichen des Privatwegezweckes 2017 niedriger aus, als 2002 mit Ausnahme der Erledigungen. Die Begleitung, die Freizeit sowie die Einkäufe haben als Wegegrund mit einem Minus von bis zu 27 Millionen Wegen pro Tag stark abgenommen. Zeitgleich stieg die Anzahl der dienstlichen Wege um 79 Millionen an und auch die Wege zur Arbeit sowie zur Ausbildung erhöhten sich um 1 beziehungsweise 8 Millionen. Leicht anders sieht die Entwicklung der Verkehrsleistung aus, denn obwohl auch mit dieser Maßeinheit zur Mobilitätsnutzung der eindeutige Sieger die dienstlichen Wege sind, konnten alle anderen ebenfalls einen Zugewinn verbuchen mit Ausnahme der Einkäufe als Wegezweck. Der zweithöchste Zuwachs, nach dem Plus von 80 Millionen Personenkilometern pro Tag bei den dienstlichen Zwecken, sind die Erledigungen mit einem Plus von 47 Millionen Personenkilometern pro Tag.¹³ Das bedeutet, dass sowohl die Wegeanzahl als auch die Verkehrsleistung deutlich zu einer Berufsverkehrsleistung hin entwickelt und Wege dienstlicher Natur stark zugenommen haben.

2.2.1 Carsharing

Das Thema *Carsharing*, als eine neue Umsetzung bekannter Mobilität ist zu neu, um sie im Zeitreihenbericht analysieren zu können. Da diese Art der Nutzung und ihre Vermarktung für die MobilitätsanbieterInnen der Zukunft allerdings von hohem Interesse sein können, sollte das innovative System erwähnt werden. Im MiD-Kurzbericht ist die Rede von einer Nischenmobilität, welche allerdings stark an Interesse gewinnt. Zu differenzieren ist, dass der Anteil an Mitgliedschaften bei *Carsharing-Diensten* vergleichsweise hoch ausfällt, aber man die tatsächliche Nutzung berücksichtigen muss. 2017 sind bereits 4% der Haushalte bei mindestens einem AnbieterIn registriert was bedeutet, dass mindestens eine Person des Haushaltes Kunde bzw. Kundin bei besagten AnbieterInnen ist. Dieser deutschlandweite Durchschnitt liegt deutlich unter dem Wert innerhalb von Großstädten, in welchen 10% der Haushalte mindestens ein Mitglied haben, welches bei einem Anbieter Kunde bzw. Kundin ist, und zusätzlich 4% bei denen ein Mitglied bei mehreren AnbieterInnen angemeldet ist. Das ist vermutlich auf die Verfügbarkeit und den damit entstehenden Konkurrenzkampf der AnbieterInnen im städtischen Raum zurückzuführen. Die Nutzung der Dienstleistung fällt aktuell noch relativ gering

¹³ Vgl.: NOBIS et al. 2019 S.: 59-63

aus. So geben etwa ein Viertel der angemeldeten Personen an, den Dienst nie oder so gut wie nie zu nutzen, während nur 6% das Angebot mindestens wöchentlich und 27% monatlich nutzen. Auch besitzen zwar 51% der KundInnen von *Carsharing*-Diensten kein Auto, aber 38% verfügen über ein Auto in Privatbesitz.¹⁴ Die Wegegründe bei der Nutzung von *Carsharing*-Angeboten passen nicht komplett mit den Messungen über die Wegezwecke überein. Mit 18% ist die Erledigung eines Einkaufs zwar an erster Stelle, allerdings fällt die Nutzung bei dienstlichen Wegen mit 5% sehr gering aus. *Carsharing*-dienste können damit zwar das wachsende Bedürfnis und die steigende Verkehrsleistung zur Befriedigung der Einkaufsbedürfnisse leisten, sind aber offenbar nicht attraktiv genug, um auch bei dienstlichen Wegen genutzt zu werden. Auch andere, private Aktivitäten wie der Weg für Erledigungen, oder der Begleitung sowie der Freizeitbefriedigung landen bei jeweils ca. 10%. Ausbildungswege hingegen werden gar nicht mit *Carsharing*-Diensten zurückgelegt. Die Weglänge schwankt auch zwischen eher längeren Fahrten von über 15km mit einem Anteil von 28% und einer Nutzung bei geringer Distanz wie maximal zwei Kilometer, wobei die geringe Entfernung von unter 2km mit einem Anteil von 15% auf dem zweiten Platz landen.¹⁵ Das bedeutet, dass die meisten Wege von NutzerInnen von *Carsharing*-Diensten innerhalb von Städten auf entweder kurzen Wegen oder relativ weiten Wegen mit mehr als 2km zurückgelegt werden. Aus der Studie geht hervor, dass die Nutzung als Ersatz für den Besitz eines eigenen Fahrzeuges oder die Fortbewegung mit öffentlichen Verkehrsmitteln teilweise zutrifft und die Zielgruppe den Dienst am öftesten für den Einkauf und Erledigungen in Anspruch nimmt. In Deutschland stieg die Nutzung von *Carsharing*-Diensten zwischen 2016 und 2017 von 1,26 Millionen Fahrberechtigten auf 1,73 Millionen an.¹⁶ Hier ist natürlich zu berücksichtigen, dass wie aus der MiD-Studie hervorgegangen ist, die Nutzungsberechtigten keinesfalls mit den NutzerInnen gleichzusetzen ist. Den größten Anteil bei *Carsharing*-Diensten haben mittlerweile sogenannte stationsungebundene Dienste, welche ihre Fahrzeuge in der Stadt verteilen und diese dann von NutzerIn zu NutzerIn übergeben werden, ohne in eine zentrale Sammelstelle gebracht werden zu müssen. Die Gründe für den Verzicht auf einen Pkw fallen vielfältig aus, wie man auf der unten folgenden Tabelle ablesen kann.

¹⁴ Vgl.: MiD-Kurzreport, 2018 S.: 16-17

¹⁵ Vgl.: MiD-Ergebnisbericht, 2018 S.: 83-89

¹⁶ Vgl.: BUSCH et al. 2019 S.: 27-29

	kein privates Auto nötig	Kosten	Carsharing ist ausreichend	knapper Parkraum	Umweltschutz
stationsgebundenes Carsharing	77%	58%	67%	35%	48%
stationsungebundenens Carsharing	62%	52%	42%	21%	20%

Abbildung 4: Car-Sharing Nutzungsgründe (Quelle: Busch, C., Demary, V., Engels, B., Haucap, J., Kehder, C., Loebert, I., Rusche, C. 2019: S.:28)

Sowohl bei den stationsgebundenen, als auch bei den stationsungebundenen *Carsharing*-Diensten fällt der Grund „kein privates Auto nötig“ am höchsten aus. Weniger wichtig ist NutzerInnen des beider *Carsharing*-Angebote der knappe Parkraum, da sie ihr Fahrzeug schließlich an einem beliebigen Ort abstellen beziehungsweise es in einem Zentrallager abliefern müssen. Die geringen Kosten der *Sharing*dienste oder die hohen Kosten des Privatbesitzes eines eigenen Autos sind ebenfalls einer der Hauptgründe für die Nutzung von *Carsharing*. Global betrachtet steigt die Akzeptanz neuer Technologien und innovative Geschäftsmodelle wie *Carsharing*, *Taxisharing* oder *Ridesharing* gewinnen an Bedeutung wie im vorangegangenen Kapitel erläutert wurde. Laut einer von der Ford AG finanzierten, europaweiten Umfrage mit 10.000 Befragten rund um das Thema *Shared Economy*, würde beinahe die Hälfte der Befragten Deutschen ihr Auto verleihen und 76% eine Fahrgemeinschaft beziehungsweise 72% einen *Carsharing*-AnbieterIn nutzen wollen. 16-34-Jährige haben laut der Studie ein hohes Interesse am Teilen allgemein und legen weniger Wert auf Besitz als die Generationen vor ihnen.¹⁷

¹⁷ Vgl.: BUSCH et al. 2019 S.: 28-30

3 Innovation und Innovationsindikatoren

3.1 Was ist eine Innovation?

Der Begriff der Innovation muss im Zuge dieser Arbeit definiert werden, da dieser das zentrale Element bei der Etablierung von autonomen Fahrzeugsystemen darstellt. Er ist gleichzeitig ein Indiz für eine Erfassung der Tragweite von neuen Erfindungen und Entwicklungen in der Wirtschaft aber auch in anderen Bereichen wichtig. Joseph Schumpeter definierte und prägte den Begriff der Innovation bis heute. Für ihn galt eine Erfindung oder Idee als Innovation, wenn sie folgenden Grundsatz erfüllt: „*the doing of new things or the doing of things that are already done, in a new way*“.¹⁸ Darunter ist zu verstehen, dass entweder aus oder mit bestehenden Dingen Neues gemacht oder direkt Neues gemacht wird. Es geht ihm zentral um die Kombination von bestehenden Dingen oder Kräften mit neuen Ideen oder mit anderen bestehenden Dingen oder Kräften, welche zu Neuem führen. Er betont weiters die Spontaneität, mit welcher eine Innovation der Wirtschaft entspringt und in Erscheinung tritt.¹⁹ Zur besseren Erkenntnis formulierte Schumpeter fünf Fälle, welche den Begriff der Innovation weiter greifbarer machen und in leicht abgeänderter Form bis heute Gebrauch finden.

1. Herstellung eines neuen Produktes oder einer neuen Produktqualität (Produktinnovation)
2. Einführung einer neuen, noch unbekanntem Produktionsmethode (Verfahrens- und Technologieinnovationen)
3. Erschließung eines neuen Absatzmarktes, auf dem ein Industriezweig noch nicht etabliert war. (Serviceinnovation)
4. Erschließung einer neuen Bezugsquelle von Rohstoffen oder Halbfabrikaten
5. Durchführung einer Neuorganisation, etwa bei der Schaffung einer Monopolstellung²⁰

Anhand dieser Definition lässt sich sicher erkennen, dass autonomes Fahren, wie die folgenden Ausführungen detaillierter zeigen werden, gleich mehrere Fälle innehat und bestätigt. Sowohl der erste der Fälle, also die Herstellung eines neuen Produktes oder einer neuen Produktionsqualität, als auch der dritte Fall, der

¹⁸ SCHUMPETER 1975 S.: 14

¹⁹ Vgl.: SCHUMPETER 1980 S.: 132

²⁰ Vgl.: BORBELY 2008 S.: 401-402

Erschließung neuer Absatzmärkte, welche noch nicht von einem Industriezweig erschlossen wurden, treffen zu. Ersterer spiegelt die völlig neuartige und wegweisende Produktqualität wieder, welches Produkten der gleichen Branche deutlich überlegen sein wird. Aufgrund der umfangreichen Auswirkungen von autonomen Fahrzeugen kann man auch von einem gänzlich neuen Produkt sprechen, welches auf noch nie dagewesene Art und Weise die Mobilität der Menschen verändern wird. Dazu passend kann die Erschließung neuer Absatzmärkte betrachtet werden, da alle Menschen, ungeachtet von Ausbildung oder Wissen ein autonom agierendes Fahrzeug als Passagiere werden nutzen können. Damit könnte die Automobilbranche die für sie bisher nicht erschließbare Zielgruppe der führerscheinlosen Personen adressieren und bedienen. Allerdings ist hier gegenzuhalten, dass die Rechtslage, wie später ausgeführt, recht schwierig ist und ein völlig autonom fahrendes Fahrzeug unter aktueller Rechtslage in Deutschland kommerziell noch nicht nutzbar ist.

Eine Klassifizierung der Innovation des autonomen Fahrzeuges gestaltet sich anhand der Tragweite der Veränderungen, die diese Innovation mit sich bringt, als schwierig und kann wohl aufgrund der noch nicht kommerziell nutzbaren, automatisierten Fahrzeuge noch nicht getroffen werden. Es werden sechs aktuell unterschiedliche Einteilungen und Definitionen von Innovationen diskutiert:

3.1.1 Radikale Innovationen & Inkrementelle Innovationen

Radikale Innovationen zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Allgemeinen komplett neue Leistungen an den Markt bringen. Diese Leistungen können Produkte, Dienstleistungen oder auch Prozesse sein sofern diese gemein haben, dass sie neuartig sind und potenziell neue Märkte erschaffen können. Der Unterschied zu Inkrementellen Innovationen besteht darin, dass Letztere Optimierungen und/oder Weiterentwicklungen bestehender Leistungen darstellen. Die grundlegenden Motivationen für inkrementelle Innovationen liegen also eher darin, den Nutzen der AnbieterInnen bzw. HerstellerInnen zu erhöhen, indem etwa bestehende Produktionsverfahren oder -ketten verbessert werden und dadurch Kostenreduktionen entstehen können.

Unternehmensintern sollte festgelegt werden, wie Radikale oder inkrementelle Innovationen genau definiert werden. Beispielsweise wären radikale Innovationen solche, bei denen höhere Investitionskosten mit einem hohen *Return of Investment*

sowie einer generellen Patentierbarkeit der Innovation verbunden sind. Inkrementelle Innovationen wirken aufgrund ihrer eher minimalen Anpassungen an Marktsituationen zeitlich begrenzt, während radikale Innovationen den Sinn haben, langfristige Erfolge für das Unternehmen zu generieren, da wie angesprochen neue Märkte mittels neuen Produkten eröffnet werden sollen.²¹

3.1.2 Disruptive Innovations & Sustaining Innovations

Disruptive Innovations sind mit radikalen Innovationen vergleichbar. Sie wollen alte Märkte ablösen und durch die Kreierung von neuen Märkten langsam in den Massenmarkt einsteigen und etablierte Leistungen verdrängen. Dabei liegt die Betonung auf langsam, da disruptive Innovationen meistens in *Low-End* Segmenten, also klein und überschaubare Nischen beginnen, um nach und nach den Massenmarkt zu attackieren. *Sustaining Innovations* hingegen haben ähnlich den inkrementellen Innovationen eine erhaltende und verbessernde Funktion. Sie sollen entlang der KundInnenvorstellungen und Marktwünschen bestehende Produkte oder Leistungen besser an diese Forderungen anpassen.²²

3.1.3 Market Pull Innovations & Technology Push Innovations

Market Pull Innovations funktionieren in ihrer Grundidee gleich den *Sustaining Innovations*. Diese Innovationen werden von einem nach ihnen verlangenden Markt erst angestoßen und dementsprechend durch diesen auch bestimmt. Gegensätzlich dazu verhalten sich *Technology Push Innovations*, welche wie der Name schon sagt, durch ihre Technologie in den Markt drängen und ihre Nutzungsmöglichkeiten erst definieren müssen. Hier wird eine neuartige Technologie also erst entwickelt, um sie dann am Markt den Anwendern zu präsentieren, welche der Innovation erst dann eine Anwendungsmöglichkeit bieten.²³

3.1.4 Integrierte & Systemintegrierte Innovationen

Während die bisher genannten Innovationsklassen eher selten auf Kooperationen mit anderen AkteurInnen setzen, sondern eine unternehmensinterne, unabhängige Entwicklung bevorzugen, setzen integrierte und systemintegrierte Innovationen auf eine Zusammenarbeit mit unterschiedlichen AkteurInnen im Unternehmensumfeld.

²¹ Vgl.: MEYER 2012, S.: 8-17

²² Vgl.: CHRISTENSEN et al. 2015, S.: 4-6

²³ Vgl.: ZAPFL 2018 o.S.

Integrierte Innovationen bieten auf einzelne Probleme und Herausforderungen zugeschnittene Lösungen, welche zusammen mit ZuliefererInnen, KundInnen, Forschungseinrichtungen oder sogar KonkurrentInnen entwickelt werden. Systemintegrierte Innovationen leisten das Gleiche, allerdings sind die Kooperationen dauerhafter Natur und mittels konstanter Kommunikation auch intensiver. Integrierte und systemintegrierte Innovationen geben hierbei nur den Grad und die Dauer der Kooperationen an, mit welchen Innovationen entwickelt und weiterentwickelt werden. Das Ausgangsniveau von Unternehmen bei der Partizipation von Kooperationen oder bei der eigenständigen Entwicklung von Innovationen ist ebenso relevant wie die bisherigen Klassifikationen. Damit einhergehend ist zu untersuchen, welche Ziele die Unternehmen mit ihren Innovationen verfolgen wollen. So können die Kooperationen weiter unterteilt werden in „*Catch-up*“, „*Keep-up*“ und „*Get-ahead*“ Innovationen. Sie lassen sich ungefähr mit den Kategorien „Aufholen“, „Mithalten“ und „Führung übernehmen“ übersetzen. Erstere der Kategorien spiegelt eine schlechte Ausgangslage des Unternehmens dar, welches durch Kooperationen mit Lieferanten oder Forschungseinrichtungen versucht, an die notwendigen Technologien des Mitbewerbs zu gelangen, um zumindest ansatzweise am Markt mithalten zu können. Eine Kooperation mit den führenden Unternehmen der Branche ist äußerst selten, da diese in den meisten Fällen keinen Mehrwert in der Zusammenarbeit sehen. Der Fokus liegt hierbei deutlich auf Akquirieren von Technologie sowie der Weiterbildung der MitarbeiterInnen und einer Anpassung der Arbeitsorganisation sowie dem gesamten Unternehmensprozess.

„*Keep-up*“ Innovationen stellen den Durchschnitt der Innovationsausgangslagen der Unternehmen dar und spiegeln die Kooperationen mit KundInnen, ZuliefererInnen sowie teilweise auch dem Mitbewerb wieder. Unternehmen in dieser Situation versuchen aufgrund ihrer aktuellen Lage die führenden Unternehmen nachzuahmen und bringen Innovationen in kleinräumigeren Marktsegmenten hervor. Im Mittelpunkt des Unternehmens stehen die Personalentwicklung, die Optimierung des Betriebs sowie Qualitätsmanagement.

„*Get-ahead*“ Innovationen werden von Technologieführenden Unternehmen eines Marktes oder einer Branche etabliert und haben einen großen *Impact* auf den entsprechenden Markt. Diese Unternehmen haben einen sehr hohen Innovationsaufwand, welcher durchaus mit Mitbewerbern geteilt wird, allerdings liegt

der Fokus eindeutig auf der Kooperation mit anderen AnbieterInnen, welche sich in einer vergleichbaren Position befinden. Sinn dieser Kooperationen ist meistens ein technologischer Austausch oder eine Fusion der beiden Technologien der kooperierenden Unternehmen.

Entscheidend sind in vielen Fällen nicht nur die potenzielle, technologische Möglichkeit sich etwa als „*Get-ahead*“ Innovator zu positionieren, denn diese Entscheidung wird oftmals eher aus Kostenerwägungen heraus getroffen, da mit „*Get-ahead*“ Innovationen meist hohe Kosten verbunden sind.²⁴

3.2 Innovationsindikatoren

Eine Messung der Innovationsleistung von insgesamt 35 Staaten wurde im Auftrag der deutschen Telekom Stiftung von namenhaften Institutionen wie dem Bundesverband der Deutschen Industrie, dem Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), dem Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und dem *Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology* (MERIT) durchgeführt und untersuchte anhand mehrerer Faktoren, wie Innovationen in unterschiedlichen Ländern gehandhabt werden. Da Innovationen so gut wie immer für einen wirtschaftlichen Aufschwung und den damit verbundenen Vorteilen wie etwa der Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen oder Stärkung der Gesamtwirtschaftsleistung eines Landes etwa durch Erschließung neuer Märkte. Im Zuge der Untersuchung durch die Telekom Stiftung wurde unter anderem analysiert, wie die Politik mittels günstigen oder ungünstigen Rahmenbedingungen die Innovationsleistung eines Landes steigern oder schmälern kann und wie durch gezielte, politische Unterstützung Innovationen ermöglicht werden. Die Studie umfasste 35 europäische Länder, welche alle anhand der Daten des jeweiligen Vorjahres gegenüber gestellt wurden.²⁵

Die kontinuierliche Weiterentwicklung des Indikatormodells macht es so aussagekräftig wie keine andere Messung oder Untersuchung des Bereichs der Innovationsleistung von Staaten und für eine besonders akkurate Aussage, werden fünf Kernbereiche definiert und mittels eines Indexwertes nominell dargestellt. So schreiben die AutoreInnen des Innovationsindikators, dass der Innovationsindikator „... die fünf Subsysteme Wirtschaft, Wissenschaft, Bildung, Staat und Gesellschaft

²⁴ Vgl.: VON BANDEMER und BELZER, 1998 S.: 161-165

²⁵ Vgl.: DEUTSCHE TELEKOM (Innovationsindikator 2014), 2014 S.: 10

bewertet. Die Wirtschaft ist davon das wichtigste. Daher wird es auch mit der größten Anzahl an Indikatoren im Innovationsindikator erfasst. Innovationen sind marktfähige Produkte, Prozesse und Dienstleistungen, die in der Wirtschaft entwickelt und kommerzialisiert werden. Erst hier entstehen Innovationen. Eine erfolgreiche Wirtschaft benötigt jedoch gute Rahmenbedingungen (Staat), qualifiziertes Personal, ein gutes System der Wissensweitergabe (Bildung) sowie ein starkes Wissenschaftssystem, in dem grundlegendes und anwendungsnahe Wissen entsteht. Letztlich ist auch ein gesellschaftliches Umfeld nötig, das Innovationen begünstigt und diese nachfragt.“²⁶

3.2.1 Wirtschaft

Unter dem Indexwert der Wirtschaft werden etwa die Nachfrage von Unternehmen nach technologischen Produkten, der Anteil der Beschäftigten in wissensintensiven Dienstleistungen gemessen an allen Beschäftigten, die Intensität des heimischen Wettbewerbs, die Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen, der Anteil der von Unternehmen getragene Beitrag bei FuE (Forschung und Entwicklung) -Ausgaben der Hochschulen, oder die internen FuE-Ausgaben innerhalb von Unternehmen als Anteil am BIP gemessen. Diese umfangreiche Untersuchung der wirtschaftlichen Effekte auf die Innovationsleistung innerhalb eines Landes geben aufgrund der hohen Bedeutung des Indexwertes Wirtschaft bereits ein gutes, aber nicht ausreichendes Bild der Innovationsleistung ab.

3.2.2 Wissenschaft

Da viele technologische Innovationen in wissenschaftlichem Umfeld entwickelt werden und entstehen, sind die bildungsbedingten Rahmenbedingungen auch von besonderem Interesse. Untersucht wurde unter anderem, wie viele vollzeitlich angestellte Forschende pro 1000 vollzeitbeschäftigte Personen in einem Staat beschäftigt werden, wie viele Patente aus öffentlichen Forschungen in Relation zur Bevölkerung angemeldet werden, wie hoch die Qualität wissenschaftlicher Einrichtungen ist, oder wie hoch der Anteil der FuE-Ausgaben in staatlichen Forschungseinrichtungen und Hochschulen gemessen am BIP ausfällt.

²⁶ BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (Innovationsindikator 2018) 2018, S.: 24

3.2.3 Bildung

Während die Wissenschaft bereits an den Innovationen arbeitet und ein möglichst begünstigendes, forschendes Umfeld zur Verfügung stellt, steht der Indexwert der Bildung für die Qualität der nachfolgenden Generationen. So wurde ein Augenmerk auf die Bildung der Personen in den Ländern gelegt, indem man den Anteil der HochschulabsolventInnen in Relation zu den hochqualifizierten Beschäftigten im Alter von 55+ gemessen hat, den Anteil der Personen mit tertiärer Ausbildung errechnete, oder die allgemeine Qualität des Erziehungssystems gemessen hat. Auch die PISA-Ergebnisse spielten bei der Berechnung dieses Indexwertes eine Rolle, besonders die Teilbereiche der Wissenschaft, Lesekompetenz und der Mathematik. Außerdem untersuchte man die Anzahl der ausländischen Studenten gemessen an allen Studierenden eines Landes, um die Attraktivität des Hochschulbildungssystems zu erfassen.

3.2.4 Staat

Dass der Staat beziehungsweise die Politik eine tragende Rolle bei der Innovationsleistung spielt, ist unumstritten. Um diese Rolle in messbare Werte umzumünzen, wurden viele Teilbereiche aus den bisher genannten Indexwerten genommen, um eine Aussage über den Anteil des Staates an der Innovationsleistung messen zu können. Man untersuchte demnach etwa die jährlichen Bildungsausgaben pro Studierenden, die staatliche Nachfrage nach technologisch fortschrittlichen Produkten, den Anteil der durch den Staat finanzierten FuE-Ausgaben der Unternehmen gemessen am BIP, sowie den Anteil der durch den Staat finanzierten FuE-Ausgaben in staatlichen Forschungseinrichtungen oder Hochschulen, gemessen am BIP.

3.2.5 Gesellschaft

Abseits dieser eher „hart“ messbaren Faktoren, trägt auch die Gesellschaft eines Landes einen gewissen Beitrag zur Innovationsleistung bei, denn diese kann Innovationen grundsätzlich offener/positiv oder eher kritisch/negativ gegenüber eingestellt sein. Deshalb wurde untersucht, wie Nachrichten über FuE aufgenommen

werden, wie hoch die Arbeitsmarktbeteiligung der Frauen ausfällt, oder wie hoch die Lebenserwartung allgemein ausfällt.²⁷

Deutschland erreichte 2018 beim Innovationsindikator mit 55 Punkten den vierten Platz, liegt allerdings deutlich hinter dem erstmaligen Spitzenreiter Singapur, welcher 73 Punkte erreichen konnte, zurück.²⁸ Wenn man die einzelnen Indexwerte genauer betrachtet, fällt auf, dass Deutschland in keinem der Bereiche eine besonders gute Figur macht. So liegt die Bundesrepublik bei der Wirtschaft auf Platz 9, der Wissenschaft und der Bildung jeweils auf Platz 10, bei der Bewertung des Staates auf Platz 8 und bei der Gesellschaft sogar nur auf dem 12. Platz.²⁹ Man kann damit die Aussage der nachfolgenden Umfrage zu autonomen Fahrzeugen untermauern, welche im Kern aussagt, dass die deutschen AutofahrerInnen eher konservative Einstellungen zum autonomen Fahren aufweisen. Dem Thema des Staates wird sich ebenfalls ein weiteres Kapitel genauer widmen, um die Innovationsförderung durch die Politik in Deutschland in der Automobilbranche zu beleuchten. Nichtsdestotrotz sollten die von den AutorInnen des Innovationsindikators empfohlenen Handlungen und Verbesserungsvorschläge im Umgang mit Innovationen angesprochen werden. Um den Höchstwert von 2010 beim Indexwert Wirtschaft mit 59 Punkten wieder erreichen zu können, soll die Innovationskraft der KMU's (Klein und Mittelunternehmen) gestärkt werden, welche unter dem Fachkräftemangel, geringe Finanzierungsmittel und einer generell niedrigen Anzahl an wachstumsorientierten *Start-ups* leiden. Als Lösung dieses Problems schlagen die AutorInnen des Innovationsindikators ganz klar eine finanzielle Stärkung und Unterstützung von KMU's mittels einer FuE-Förderung vor, um dem Mittelstand einen dynamischen Aufschwung im FuE-Bereich zu ermöglichen. Außerdem muss die Innovationsförderung die Entwicklung von gänzlich neuen Märkten und Segmenten unterstützen, was für die Automobilbranche bezüglich des autonomen Fahrens zutreffend ist wie nachfolgende Kapitel zeigen werden. Ebenso zutreffend sind die Forderungen der AutorInnen bezüglich einer Lockerung der gesetzlich geregelten Normen und Standards, welche innovationsfreundlicher, also offener, gestaltet werden sollten, um neuen Entwicklungen eine Markteinführung zu erleichtern. Besonders Demonstrationen und Modellprojekte sollen einfacher an den Markt herangeführt werden können, was die Problematik bei autonomen Fahrzeugen

²⁷Vgl.: BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (Innovationsindikator 2018) 2018, S.: 16

²⁸ Vgl.: BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (Innovationsindikator 2018) 2018, S.: 4

²⁹ Vgl.: BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (Innovationsindikator 2018) 2018, S.: 7

ziemlich genau adressiert. Die Bundesregierung hat zwar ein Ziel von 3,5% des BIP's für FuE bis 2025 formuliert, allerdings kommt es darauf an, dieses Ziel rasch zu erreichen.³⁰ Abseits der finanziellen Unterstützung und dem Fokus auf wirtschaftliche Maßnahmen, soll die Förderung von Spitzenforschung erfolgen. Dabei betonen die AutorInnen, dass globale Sichtbarkeit und groß angelegte Projekte von höherer Relevanz sein sollten als das bisher der Fall war. Außerdem wird der Transfer von Wissen und Technologie zwischen der Wirtschaft und der Wissenschaft als wichtiges Element hervorgehoben, da etwa *High-Tech Startups* aus dem wissenschaftlichen Bereich als neue Anstöße für die Wirtschaft gesehen werden.³¹

Diese hier präsentierten Maßnahmen stellen nur einen Teil der vielfältigen Vorschläge der Autoren für die Politik in ihrem Umgang mit Innovationen dar und sollen exemplarisch für einige Schwerpunkte herhalten. Ob diese Maßnahmen auch umgesetzt werden, wird eine Analyse des Innovationsakteurs „Politik“ hervorbringen.

³⁰ Vgl.: BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (Innovationsindikator 2018) 2018, S.: 11

³¹ Vgl.: BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (Innovationsindikator 2018) 2018, S.: 10

4 Innovationsysteme und Kooperationsformen von Unternehmen

4.1 Was sind Innovationssysteme?

Innovationen können massive Auswirkungen auf die Wirtschaftskraft eines Landes haben, die Politik kann ebenso einen dazu die Entwicklung bzw. die Etablierung von neuen Innovationen fördern und diese im Idealfall zum Wohle aller steuern, wie im vorherigen Kapitel genauer erläutert wurde. Das sogenannte Innovationssystem besteht aus einer Vielzahl an potenziellen AkteurInnen, die alle ihren Teil zum Erfolg oder Misserfolg einer Innovation beitragen. Innovationssysteme können auch als Netzwerke betrachtet werden, in welchen der technologische und gesellschaftliche Wandel erforscht und vorangetrieben wird. Es sind die rasch wachsenden Globalisierungsfaktoren und die damit einhergehende Beschleunigung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklungen, die die Bedeutung von Innovationssystemen für die Gesamtwirtschaft von Staaten immer bedeutsamer machen. Dementsprechend ist eine Analyse mit dem Aufbau und der Wirkung von Innovationssystemen in unserer globalisierten und schnelllebigen Welt von großem Vorteil, da durch eine tiefgreifende Analyse Schritte durch die partizipierenden AkteurInnen gesetzt werden können, um das Innovationssystem effizienter zu machen und die AkteurInnen in der Entwicklung von innovativen Ideen zu fördern.³² Generell zeichnen sich Innovationssysteme dadurch aus, dass starke Spezialisierungen sowie eine genaue Zuteilung der Aufgabengebiete der AkteurInnen zu erkennen ist. Die Untersuchung der Verbindungen zwischen den AkteurInnen, also privaten Unternehmen, Forschungs- und Bildungseinrichtungen, ZuliefererInnen oder TechnologiespezialistInnen und der öffentlichen Hand sind das zentrale Element bei der Innovationssystemanalyse und können grob in regionale, nationale und internationale Systeme eingeteilt werden. Diese drei Perspektiven werden nachfolgend kurz vorgestellt, um eine abschließende Aussage zu treffen, um welche der Innovationssysteme es sich in Punkto automatisiertes Fahren in Deutschland handelt. Zunächst muss allerdings festgelegt werden, welche AkteurInnen in Innovationssystem allgemein von Relevanz sind. Je nach

³² Vgl.: BLÄTTEL-MINK und EBNER, 2009 S.: 11

Systemspezialisierung sind manche der AkteurInnen intensiver und andere geringer an der Innovationsleistung beteiligt.³³

1. Private Unternehmen
2. Öffentlich finanzierte Universitäten und Forschungseinrichtungen
3. Bildungseinrichtungen, sowie das Bildungssystem an sich
4. Die Arbeitskräfte, sowohl quantitativ als auch qualitativ
5. Die rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen
6. Die Politik und im weiteren Sinne die Gesellschaft
7. Die Finanzierung durch Banken oder die öffentliche Hand mittels Förderungen

Gemeinsam erfüllen diese AkteurInnen mehrere Aufgaben und Rollen von denen die wichtigsten kurz vorgestellt werden:

1. Forschungs- und Entwicklungsarbeit
2. Bildungsarbeit
3. Entwicklung und Definition von einheitlichen Branchenstandards
4. Neugründungen oder Weiterentwicklungen bestehender Unternehmen aufgrund der Entstehung neuer Branchen durch Innovation
5. Kooperationen zwischen AkteurInnen des Innovationssystems
6. Beratungs- und Vermittlungstätigkeiten zur Unterstützung von Innovationen
7. Finanzierung von Ideen oder Innovationen³⁴

4.1.1 Der regionale Innovationssystem-Ansatz

In ihren Kernaussagen sind sich der regionale und der nationale Innovationsansatz relativ ähnlich. Beide gehen davon aus, dass die gemeinsame Geschichte, Kultur oder staatliche Institutionen für Innovationsleistungen am relevantesten sind. Der regionale Innovationssystem-Ansatz (RIS) fokussiert sich allerdings im Gegensatz zum nationalen Innovationssystem-Ansatz (NIS) auf die Bedeutung kleinräumiger Einheiten, anstatt auf die Wirkung des gesamten Staates zu schließen.³⁵ Bei RIS haben regionale Forschungseinrichtungen einen sehr hohen Einfluss auf die Innovationsleistung ihrer Region. Auch Universitäten mit dem Fokus auf die Ausbildung von Fachpersonal gehören zu den großen AkteurInnen eines regionalen Innovationssystems. Der Fokus von Unternehmen liegt bei der Kooperation mit

³³ Vgl.: EDQUIST, 2004 S.: 187-189

³⁴ Vgl.: LUNDVALL, 1992 S.: 2

³⁵ Vgl.: ASHEIM und GERTLER, 2004 S.: 292-296

lokalen, wissenschaftlichen Einrichtungen und anderen Unternehmen der Region. Nahegelegene Zulieferer sind ebenso in der Innovationskette integriert wie regionale DienstleisterInnen. Räumliche Nähe spielt eine große Rolle bei der Entwicklung und dem Ablauf von Innovationsprozessen, da durch die geographische Nähe einfacher kooperiert werden kann und die Unternehmen ihr Risikopotenzial untereinander beziehungsweise in der Region aufteilen. Diese Netzwerkorganisation profitiert auch durch die Nähe zu den KundInnen, sowie anderen konkurrierenden Unternehmen, aber auch Universitäten und Forschungseinrichtungen.³⁶ Doch regionale, geographische Nähe zwischen Unternehmen und anderen AkteurInnen ist nur dann notwendig, wenn die Informationsübertragung und der generelle Kontakt zwischen den AkteurInnen „*face-to-face*“ sein muss. Das bedeutet, dass es einfacher sein muss, die Kooperationen so zu gestalten, dass häufige Treffen notwendig sind, denn ohne diese Notwendigkeiten macht sich geographische Nähe weniger bezahlt. In der Fachliteratur ist die Rede von „*tacit knowledge*“, was übersetzt „personengebundenes Wissen“ bedeutet. Dieses, personengebundene Wissen, ist von einzelnen Personen schwer auf ganze Branchen auf nationaler oder sogar globaler Ebene zu übertragen, weswegen ein persönliches Treffen und Kooperationen einfacher und praktikabler sind. Weiters spielen auch besonders bei KMU's die Transport- und Reisekosten eine Rolle. Es ist selbstverständlich weniger wirtschaftlich beispielsweise jede Woche mehrmals von Berlin nach München fahren zu müssen, als von Berlin-Ost nach Berlin-West. Auch können immer bessere Vernetzungen zwischen AkteurInnen die Regionalität ab einer bestimmten Stufe auch obsolet werden lassen. Allerdings geht es in erster Linie bei regionalen Innovationssystemen um eine geographische Netzwerkeinheit, in welchen AkteurInnen ein für sie optimales Kooperationsumfeld vorfinden oder kreieren, um miteinander zu Lernen und voneinander zu profitieren.³⁷

4.1.2 Der nationale Innovationssystem-Ansatz

Die Kooperationen zwischen Unternehmen innerhalb eines Landes und die Zusammenarbeit mit anderen nationalen Ressourcen aus Wissenschaft und Bildung sowie einem starken, politischen PartnerInnen, der auf nationaler Ebene agiert, koordiniert und fördert. Der nationale Innovationsansatz beruht auf der Annahme, dass Innovationen auf nationaler Ebene produziert werden. Der Staat ist in diesem

³⁶ Vgl.: DOSI et al., 1988 S.: 221-228

³⁷ Vgl.: BACKHAUS, 1998 S.: 264

Konzept eine einzige sozioökonomische Einheit, welche den wirtschaftlichen Veränderungen gehorcht. Weiters ist der nationale Ansatz von der Annahme geprägt, dass technische Innovationen nicht alleine entstehen, sondern Teil einer sozialen und auch organisatorischen Entwicklung sein kann. Das bedeutet, dass nicht nur private Firmen an Innovationsleistungen beteiligt sind, sondern Institutionen, politischer, wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Natur sind.³⁸

Bengt-Ake Lundvall schreibt etwa dazu: „... a system of innovation is constituted by elements and relationships which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful, knowledge (and that) a national system encompasses elements and relationships, either located or rooted inside the borders of a national state“.³⁹

Laut Lundvall sind alle an der Wirtschaft beteiligten AkteurInnen innerhalb einer Nation von Relevanz. Von der Produktion, dem Verteilungs- oder Vertriebssystem, über das Bildungs- und Forschungssystem hin zu politischen und wirtschaftlichen Institutionen beteiligen sich alle an der Innovationsleistung eines Landes.⁴⁰ Diese Annahme wird etwa durch die Darstellung von Becker und Vitols verdeutlicht. Die TeilnehmerInnen interagieren alle mit Unternehmen, welche sich wiederum in einer Wettbewerbssituation mit anderen Unternehmen befinden. Es werden auf der Darstellung zwar externe Kapazitäten angeführt, allerdings wird nicht ausreichend auf die Kooperation zwischen Unternehmen eingegangen.

³⁸ Vgl.: BLÄTTEL-MINK und EBNER, 2009 S.: 11

³⁹ LUNDVALL, 1992 S.: 2

⁴⁰ Vgl.: LUNDVALL, 1992 S.: 12

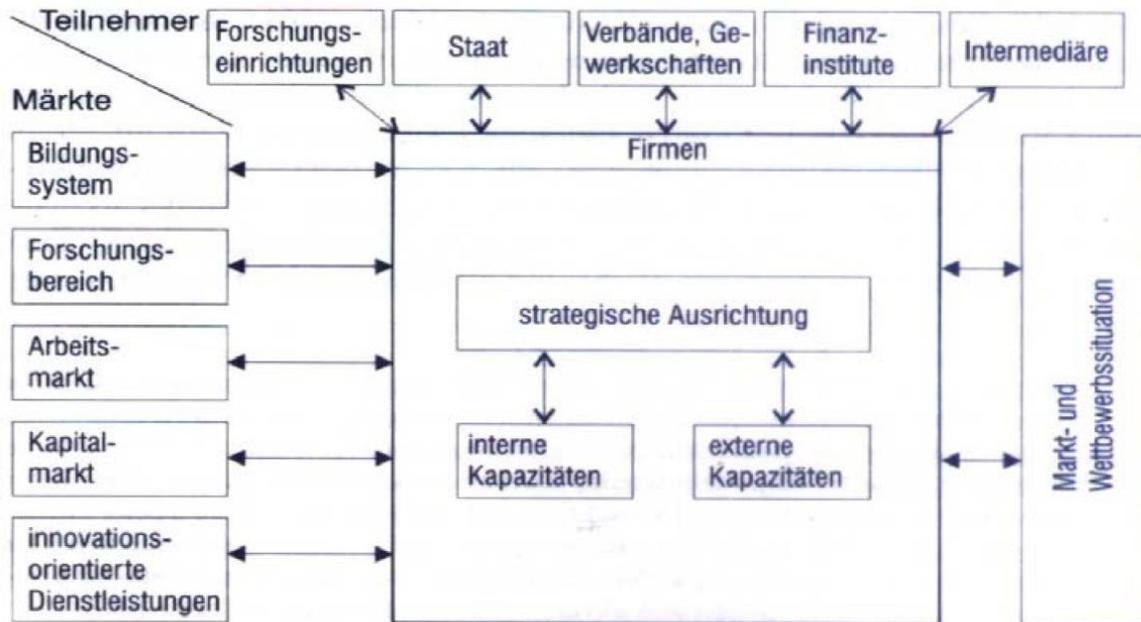


Abbildung 5: Nationaler Innovationsansatz (Quelle: Becker, C., Vitols, S. 1997: S.: 255)

Private Unternehmen bringen schlussendlich innerhalb der durch den Staat, Gesellschaft und anderer AkteurInnen definierten Rahmenbedingungen Innovationen auf den Markt und somit an den Endkunden. Innerhalb nationaler Innovationssysteme sind besonders große und in ihrer Branche einflussreiche Industrieunternehmen, welche versuchen, die für sie oftmals auch gefährlich werdenden Innovationen in ihre bestehenden Güter oder Dienstleistungen zu integrieren.⁴¹

4.1.3 Das internationale Innovationssystem

Ogleich die Vorteile von regionalen Innovationssystemen auf geographisch kleinen Maßstäben ersichtlich sind und diese in vielen Situationen sinnvoll erscheinen, oder Innovationssysteme auf nationalen Ebenen auf die Ressourcen und die Kooperation mit allen AkteurInnen eines Staates die aufgrund der gemeinsamen Geschichte und der Rahmenbedingungen aufeinander abgestimmt sein mögen, besteht dennoch bei manchen Innovationen die Notwendigkeit einer internationalen Zusammenarbeit. Notwendigkeit ist in dem Sinne gemeint, dass die technologischen Differenzen zwischen Unternehmen der gleichen Branche bezüglich ihrer Innovationsleistung sich deutlich unterscheiden können. Um einem erheblichen Zeitrückstand, finanziellen Forschungsaufwand und Wettbewerbsnachteil zu entgehen, können

⁴¹ Vgl.: FRITSCH, 2000 S.: 105

Unternehmen sich dazu entscheiden, auf internationaler Ebene miteinander zu kooperieren. Da die Vorteile von nationalen und regionalen Innovationssystemen Großteils wegfallen, stehen statt den kulturellen oder räumlichen eher technologische oder organisatorische Aspekte im Vordergrund.⁴² Da der Schwerpunkt von regionalen und nationalen Innovationssystemen besonders auf den wissenschaftlichen oder politischen Institutionen, also den Rahmenbedingungen liegt, in denen Innovationen gedeihen können, so liegt der Fokus beim internationalen Innovationssystem (IIS) auf überstaatliche, multinationale Institutionen oder Organisationen wie etwa der Europäischen Union, deren Organisationen. Diese multinationalen Institutionen weisen im Großen und Ganzen eine ähnliche Aufgabe wie der Nationalstaat auf, denn sie legen Rahmenbedingungen zusammen mit Unternehmen oder anderen AkteurInnen fest, erstellen Kooperationsprojekte, die nationalstaatliche Grenzen überschreiten und treiben so Forschungen auf internationaler Ebene voran.⁴³

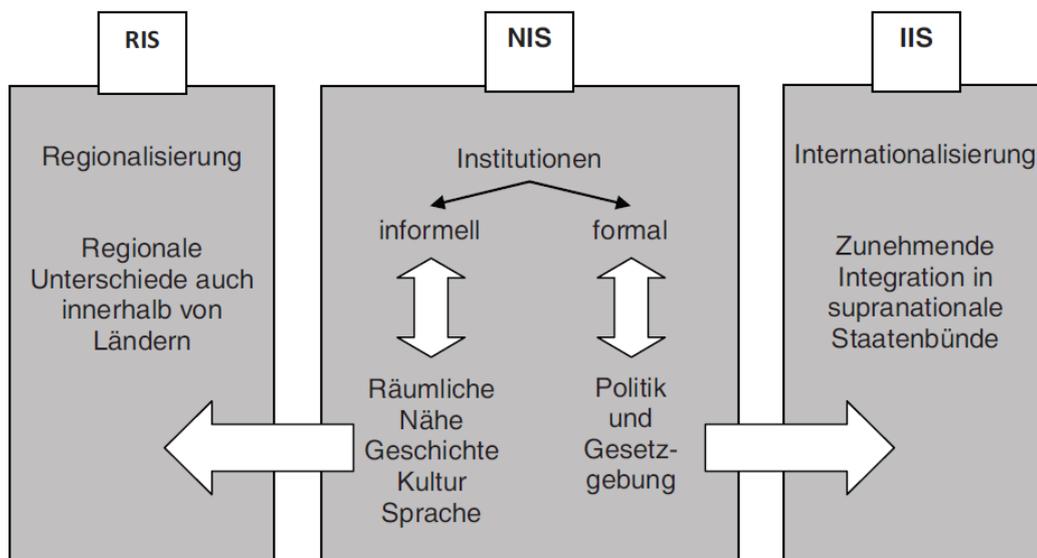


Abbildung 6: Vergleich der Innovationsansätze (Quelle: Schön, B. 2006: S.:30)

⁴² Vgl.: COWAN et al., 2005 S.: 157-161

⁴³ Vgl.: CARLSSON, 2007 S.: 858-862

4.2 Kooperationsformen von Unternehmen bei Innovationen

Essenziell für diese Arbeit ist eine Analyse der Kooperationsformen, welche von der BMW Group mit unterschiedlichen AkteurInnen des Innovationsmanagements gewählt werden. Da diese Kooperationen von technologischer Zusammenarbeit, über finanzielle Unterstützung bis hin zu gemeinsamer Produktion reichen können, ist es notwendig die unterschiedlichen Kooperationsformen zu definieren, nach denen klassifiziert werden kann. Ziel der Kooperationen sind oft komplementäre Ressourcennutzen, welche den beteiligten Unternehmen Vorteile versprechen.

4.2.1 „Collective Research“

Darunter ist gemeinsame Forschung oder eine intensive Zusammenarbeit mit einer Forschungseinrichtung gemeint, welche in Deutschland zum Beispiel innerhalb der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AIF) zusammengeführt werden. Die Mitglieder dieser Vereinigung sind nach Branchen geordnete Unternehmen, welche sich mittels Verbänden untereinander über Innovationsforschungen verständigen können. Dabei stehen natürlich besonders Innovationsforschungen im Zentrum der Diskussionen, welche die größten Auswirkungen auf die jeweilige Branche haben könnten. Da das Teilen der Forschungsergebnisse und Innovationstechnologien beim „Collective Research“ an oberster Stelle stehen, ist die Kooperation der Unternehmen untereinander zentral, um die Gesamtposition ganzer Wirtschaftssektoren zu steigern.

4.2.2 „Co-operative Research“

Kooperative Forschung ist ähnlich dem „collective research“ auf die Zusammenarbeit von Unternehmen bezüglich der Forschung und Innovationsentwicklung ausgelegt, allerdings in einem kleineren Maßstab. Dieser Maßstab ist nicht branchenweit angelegt und wird nicht von ganzen Wirtschaftsverbänden oder Wirtschaftsklustern genutzt, sondern findet zwischen einzelnen Unternehmen einer Branche oder Produktionsketten statt, welche gemeinsam an einer Innovation innerhalb ihrer Reichweite arbeiten, aber meist zu wenig eigene Forschungskapazitäten aufbringen können, um ausreichend Ergebnisse zu produzieren. Die Koordination und Auftragsvergabe von solchen Kooperationsforschungen erfolgen sowohl national, etwa durch Programme des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung),

als auch auf europäischer Ebene durch Rahmenpläne für Forschung und Entwicklung der EU. Zusammenfassend ist ein wichtiges Merkmal der „*co-operative research*“ die extern in Auftrag gegebene Forschung und Entwicklung etwa durch den Bund oder durch die EU mittels Kooperationen von mehreren unabhängigen Unternehmen innerhalb eines wirtschaftlichen Sektors oder einer Produktionskette.

4.2.3 „*Collaborative Research*“

Die letzte Form der Kooperationen zwischen Unternehmen bezüglich der Entwicklung von Innovationen beschreibt die Zusammenlegung von Forschungs- und Entwicklungsressourcen zweier Unternehmen. Diese Zusammenlegung kann unterschiedlich tiefgehen und wird meistens von Forschungskooperationsprogrammen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie von Programmen der Europäischen Union angestoßen. Die positiven Effekte liegen hierbei stark auf dem gegenseitigen Lernen und dem Ausbessern der eigenen Schwächen durch die Stärken der MitbewerberInnen.⁴⁴

Da die Grenzen auch hier oft verschwimmen und oftmals eine eindeutige Ein- oder Zuteilung zu einem einzigen der Kooperationsformen schwierig fällt, ist es nicht leicht Unternehmen in ihrem Handeln zu klassifizieren. Es bietet jedoch eine gute Analysestrategie, um Handlungsmuster von Unternehmen im Umgang mit Innovationen innerhalb ihrer Branche zu untersuchen.

⁴⁴ Vgl.: VON BANDEMER, o.J. S.: 3-4

5 Forderungen an die Mobilitätsinnovationen der Zukunft

5.1 Blickwinkel *Greenpeace*

Die von *Greenpeace* verfasste Studie zur „Verkehrswende für Deutschland, Der Weg zu CO₂-freier Mobilität bis 2035“ formuliert eine Reihe von aus ihrer Sicht notwendigen Maßnahmen zur Erreichung mehrerer kleiner Ziele und schließlich dem Hauptziel, die deutsche Mobilität zu dekarbonisieren. Ähnlich dem Fazit der MiD-Studie leitet *Greenpeace* mit den Worten „Verkehrssektor in der Sackgasse“⁴⁵ ein und fordert in einem Zukunftsszenario einen Zustand, der wie folgt aussieht.

Im Jahr 2035 ...

1. ... sind die Raumstrukturen stärker verdichtet und die Wege kürzer. Flächenverbrauch wurde gestoppt.
2. ... liegt die Motorisierung im bundesweiten Durchschnitt bei 200 Pkw pro 1000 Einwohnerinnen und Einwohner. Bezogen auf die Städte entspricht das einem Motorisierungsgrad von im Durchschnitt 154 zugelassenen Pkw.
3. ... haben sich der *Modal Split* des öffentlichen Verkehrs und des Fahrrads auf jeweils 19% der Wege verdoppelt, während der Anteil des MIV bei 33% liegt.
4. ... ist *Sharing Mobility* in Städten und verstärkerten Räumen allgegenwärtig und wird auch im ländlichen Raum zunehmend genutzt.
5. ... hat sich die Flotte privater Pkw auf 43% reduziert und besteht zu 98% aus Elektrofahrzeugen.
6. ... werden 46% des Güterverkehrs auf Schiene und Wasserstraße abgewickelt; 80% des Güterfernverkehrs auf der Straße ist über Oberleitungen elektrifiziert. Für die restlichen Wege kommen Lkw zu Einsatz, die klimaverträgliche, synthetische Kraftstoffe nutzen.
7. ... ist die Lebensqualität der Städte höher. Stau, Lärm und Unfälle sind deutlich reduziert.
8. ... wurden Inlandsflüge durch schnelle Bahnverbindungen ersetzt.⁴⁶

Um die Ziele der Studie nach ihrer Relevanz für diese Arbeit und für autonomes Fahren allgemein kurz und grob einzuordnen, bedarf es einer kleinen Analyse dieser

⁴⁵ RUDOLPH et al. (Verkehrswende für Deutschland), 2017 S.: 3

⁴⁶ Vgl.: RUDOLPH et al. (Verkehrswende für Deutschland), 2017 S.: 14

Aussagen. Auf die erste Forderung von *Greenpeace* wird autonomes Fahren womöglich einen passiven Einfluss haben, aktiv vermutlich nicht. Die Punkte Zwei und Vier hingegen treffen vermutlich die Vorstellungen der Autoindustrie in ihrem Umgang und Vermarktung von autonomen Fahrzeugen, denn es deutet vieles auf eine Umstellung der ehemaligen Industrie zu Dienstleistern hin, was im Zuge des Kapitels des Fallbeispiels der *BMW Group* näher beleuchtet wird. Falls diese Entwicklung eintreten sollte, könnte sich auch der dritte Punkt als relevant herausstellen, da, richtig gesteuert, der motorisierte Individualverkehr bei einem *Carsharing*-System der autonomen Fahrzeuge sinken müsste. Möglicherweise ließe sich sogar eine Art öffentliches Verkehrsmittel mit entsprechender, politischer Unterstützung aus der Innovation des autonomen Fahrens gestalten. Punkt Nummer Fünf könnte im Falle eines *Carsharing*-Systems ebenfalls in die Tat umgesetzt werden, da der Privatbesitz eines Fahrzeuges nicht mehr notwendig ist und die Strecken per autonomen Taxi zurückgelegt werden können. Gleichsam wäre durch die gesunkene Fahrzeuganzahl in den Städten eine deutlich höhere Lebensqualität zu erwarten, denn das autonome Auto der Zukunft fährt mit hoher Wahrscheinlichkeit elektrisch. Auf die Punkte 6 und 8 haben autonome Automobile keinen Einfluss, weswegen die Forderungen Zwei, Drei, Vier, Fünf und Sieben für diese Arbeit und für autonomes Fahren als relevant eingestuft werden können.

Die Studie von *Greenpeace* verfolgt dabei das oberste Ziel, die Erderwärmung bei 1,5 Grad Celsius zu begrenzen, weswegen sich die meisten Themen um die Einsparung von CO₂ drehen. Allerdings ist wie bereits erwähnt davon auszugehen, dass die automatisierten Fahrzeuge der nahen Zukunft alle elektrisch betrieben werden und somit zur Einhaltung des 1,5 Grad-Zieles des Pariser Klimaschutzabkommens beizutragen. *Greenpeace* spricht in diesem Zusammenhang von einer „Im Verkehrsbereich notwendigen, umfassenden Mobilitätswende, durch die der Verkehrsaufwand soweit wie möglich reduziert wird und eine Verlagerung auf klimafreundliche Verkehrsmittel erfolgt. Die Transformation des Mobilitätssektors kann dabei so gestaltet werden, dass sie nicht nur den Zugang zu Mobilität sichert, sondern auch positive Beiträge zu anderen Politikzielen sichert wie die Verbesserung der Luftqualität in den Städten, die Reduzierung des Flächenverbrauchs, die Stauvermeidung und die Verkehrssicherheit.“⁴⁷

⁴⁷ RUDOLPH et al. (Verkehrswende für Deutschland), 2017 S.: 11

Damit spricht auch *Greenpeace*, ähnlich der MiD-Studie, von vergleichbaren Zielen und einer Änderung des Mobilitätssektors hin zu einer saubereren, einfacheren und sichereren Mobilität. Die Hoffnung für die notwendige Mobilitätswende liegt auf den jüngeren Generationen, welche deutlich weniger Wert auf einen Pkw im Privatbesitz legen und bei ihrer Mobilitätswahl flexibler sind.⁴⁸

5.2 Einstellung der Bevölkerung zu autonomen Fahrzeugen

Ergänzend zu den bisher gewonnenen Daten stellt sich die Frage, wie die Bevölkerung Deutschlands zu autonomen Fahrzeugen steht und wie sie autonome Mobilität wahrnimmt. Das globale Prüfungs- und Beratungsunternehmen *Ernst & Young* hat um diese Fragen zu beantworten seit 2013 drei repräsentative Umfragen mit je mindestens 1000 TeilnehmerInnen in Auftrag gegeben. Die Befragungen selbst wurde von den Marktforschungsinstituten Valid Research in Bielefeld mittels Telefoninterviews sowie Civey in Berlin mittels Online-Befragung durchgeführt.^{49,50} Die Studie von 2019 konzentriert sich im Gegensatz zu jenen von 2017 und 2013 nicht mehr ausschließlich auf autonomes Fahren, sondern analysiert auch die Einstellung der Deutschen gegenüber Elektromobilität. Ein direkter Vergleich ist auch deshalb schwierig, weil sowohl die Antwortmöglichkeiten, als auch die Fragestellungen zwischen den Studien leicht abweichen.

In Zukunft wird es vermutlich autonome Fahrzeuge geben, die ohne menschlichen Eingriff im Verkehr unterwegs sind. Können Sie sich vorstellen, zukünftig in einem solchen Auto unterwegs zu sein?



Abbildung 7: Befragung zur Nutzung von automatisierten Fahrzeugen 2017 (Quelle: *Ernst & Young GmbH* 2017, S.: 4)

26% der Befragten würden dieser Umfrage nach ohne Bedenken ein autonom fahrendes Auto in Zukunft nutzen, bei welchem nicht mehr in den Verkehr

⁴⁸ Vgl.: MiD-Zeitreihenbericht, 2018 S.: 67-69

⁴⁹ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017 S.: 2

⁵⁰ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2019 S.: 2

eingegriffen werden kann, während 30% dies komplett ablehnen würden. Unentschlossen sind die restlichen 44% der Befragten, wobei Männer mit 53% dem autonomen Fahren eher positiver gestimmt sind, während es bei den weiblichen Umfrageteilnehmerinnen sich das nur 35% vorstellen können.⁵¹ Wenn man die Ergebnisse zwischen 2013, 2017 und 2019 vergleicht fällt auf, dass überraschenderweise die Ablehnung gegenüber der Nutzung selbstfahrender Autos, bei denen die PassgierInnen nicht mehr eingreifen können, extrem gestiegen ist. So lehnten 2019 49% der Befragten die Nutzung ab, während es 2017 noch 30% und 2013 31% waren. Auch die Anzahl der Befragten, welche auf jeden Fall autonome Fahrzeuge nutzen wollten, halbierte sich von 26% 2017 auf 12% im Jahr 2019.⁵² Dementsprechend nahmen sowohl die männlichen, als auch die weiblichen Befürworter autonomer Fahrzeuge ohne menschliche Eingriffsmöglichkeiten stark ab.

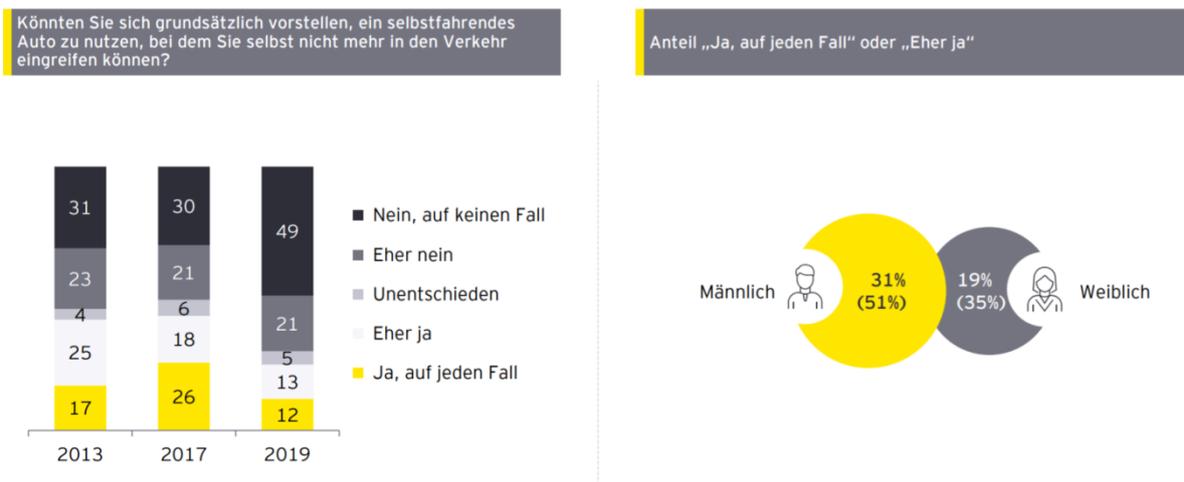


Abbildung 8: Befragung zur Nutzung von automatisierten Fahrzeugen 2019 (Quelle: Ernst & Young GmbH 2019, S.: 14)

Es hat sich auch gezeigt, dass die Bereitschaft, autonome Fahrzeuge zu nutzen nach Alter abnimmt. Je jünger die potenziellen VerbraucherInnen sind, umso höher ist die Bereitschaft ein autonomes Fahrzeug zu nutzen. Besonders hoch fällt diese Bereitschaft mit den Antworten „Ja, auf jeden Fall“ und „Eher ja“ in den Altersklassen 18-29 Jahre mit 50% sowie 30-39 Jahre mit 41% aus, während die RentnerInnen in der Altersklasse 65 Jahre oder älter mit 12% das Schlusslicht bilden.⁵³ Interessant ist, dass die Bereitschaft zur Nutzung autonomer Fahrzeuge steigt, sobald es die Möglichkeit gibt, in Gefahrensituationen manuell die Steuerung zu übernehmen.

⁵¹ Vgl.: ERNST & YOUNG, 2017 S.: 4

⁵² Vgl.: ERNST & YOUNG, 2019, S.: 14

⁵³ Vgl.: ERNST & YOUNG, 2019, S.: 15

Unter diesen Umständen ließ sich die Menge der Personen, welche unter keinen Umständen ein autonomes Fahrzeug nutzen würden im Jahr 2019 von 49% auf 30% reduzieren und die Menge an Personen, welche mit „Ja, auf jeden Fall“ und „Eher ja“ antworteten erhöhte sich von 25% auf 39%.

Im Jahr 2017 wurde auch unter anderem untersucht, wie die Bereitschaft zur Nutzung autonomer Autos gemessen an der jährlichen Fahrleistung ausfällt. Je mehr Kilometer die Befragten zurücklegten, umso höher fiel die Akzeptanz der selbstfahrenden Autos aus. Ab 20.000 jährlichen Kilometern etwa gaben 34% der UmfrageteilnehmerInnen an, mit einem autonomen Fahrzeug unterwegs sein zu wollen.⁵⁴ Als äußerst spannend könnte man die Angaben zu den Problemen autonomer Fahrzeuge, welche von den Befragten genannt wurden, betrachten. 2017 landete auf dem ersten Platz mit 67% Zustimmung die mangelnde Sicherheit, welche eigentlich einer der Hauptgründe für diese Mobilitätsinnovation ist. 2019 allerdings reduzierte sich diese Angabe allerdings auf 28%, während mit 30% die ungeklärten, rechtlichen Haftungsfragen auf Platz eins landeten.⁵⁵

Die *Ernst & Young* Studie untersuchte zudem die wahrgenommenen Vorteile von autonomen Fahrzeugen unter den Befragten und fand heraus, dass besserer Verkehrsfluss mit 51%, mehr Komfort mit 48%, Verbrauchs- und Emissionsreduzierung mit 45% sowie die Sicherheit mit 40% Zustimmung die Liste der Vorteile anführen. Doch nicht nur die Angaben mit hoher Zustimmung liefern hier wertvolle Ergebnisse, sondern auch jene Angaben mit sehr geringer Zustimmung. Als für die Befragten kaum wahrnehmbar gestalteten sich die Unterstützung der Mobilität im Alter oder bei körperbehinderten Menschen, die Tatsache, dass kein Führerschein mehr notwendig sein würde, sowie der Ersatz öffentlicher Verkehrsmittel.⁵⁶ Daraus lässt sich auch erkennen, dass in manchen Bereichen die Kommunikation über die Einsatzmöglichkeiten autonomen Fahrens besser und umfangreicher gestaltet werden sollte. Wie die deutsche Automobilindustrie diese Kommunikation und ihre Businesspläne bezüglich der Einführung autonomer Fahrzeuge gestaltet, wird zu einem späteren Zeitpunkt dieser Arbeit untersucht werden. Die 2019 untersuchte Frage, ob der Besitz eines Fahrzeuges von Wichtigkeit für die 2500 Befragten sei, wurde mit einer überwiegenden Mehrheit von 72% bejaht, während nur 22% den

⁵⁴ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 5

⁵⁵ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2019, S.: 17

⁵⁶ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 9

Besitz eines eigenen Fahrzeuges für eher unwichtig erachten.⁵⁷ Obwohl der Besitz eines Fahrzeuges von derart hoher Relevanz für die Deutschen ist, geben sie bei der Frage, was Autofahren für sie bedeutet mit einer überwiegenden Mehrheit von 85% an, dass es den Zweck einer flexiblen Fortbewegung von A nach B für sie darstellt, während etwa der Spaß am Fahren sowie an der Geschwindigkeit nur 15% als Zweck der Fortbewegung erachten. Diese Tatsache ist ziemlich interessant, da sie aufzeigt, dass die breite Masse die freie Mobilität eines Fahrzeuges deutlich über andere Faktoren stellt.⁵⁸ Diese Tatsache, zusammen mit der eigentlich großen Skepsis autonomer Fahrzeuge gegenüber legt den Verdacht nahe, dass am Image und an der Kommunikation der Vielseitigkeit und Einsetzbarkeit autonomer Fahrzeuge gearbeitet werden muss. Ungeachtet der Wichtigkeit eines sich im Privatbesitz befindlichen Autos sowie der angesprochenen Skepsis selbstfahrender Fahrzeuge gegenüber, sieht einer von drei Befragten den Erfolg und die Durchsetzung autonomer Fahrzeuge als unausweichlich an und nur 11% gehen davon aus, dass sich diese nicht durchsetzen werden. Dabei sehen Männer bezüglich selbstfahrender Autos mit 72% deutlich positiver in die Zukunft als Frauen mit 58%.⁵⁹ Dabei erwartet die Mehrheit der Befragten eine Massenmarkt-taugliche Einführung autonomer Fahrzeuge bis zum Jahr 2030.⁶⁰ Auch das Vertrauen der 1000 Befragten der Studie von 2017 liegt eindeutig bei den deutschen Autoherstellern, was 57% an gaben und nur 24% ihr Vertrauen bezüglich der Entwicklung sicherer und zuverlässiger autonomer Fahrzeuge Technologiefirmen wie Tesla schenken. Auch andere Hersteller aus der ganzen Welt schneiden bei dieser Einschätzung der Befragten mit 15% eher schlecht ab.⁶¹ Die Anforderungen, die von den Befragten an die Mobilität des Autos in Zukunft gestellt werden, spiegeln die Forderungen etwa der Green Peace Studie wieder. Auf dem ersten Platz, mit 77% Zustimmung finden sich der niedrige Energieverbrauch sowie der Umweltschutz allgemein, gefolgt von Fahrassistenten zur Verbesserung der Sicherheit der Passagiere mit 45% sowie ein intelligentes Navigationssystem zur Umfahrung von Staus und zur effizienteren Parkplatzfindung. Da autonome Fahrzeuge all diese Anforderungen erfüllen werden können und gleichzeitig auf den Privatbesitz des Fahrzeuges gepocht wird, stellt die

⁵⁷ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2019, S.: 19

⁵⁸ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 15-16

⁵⁹ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 11

⁶⁰ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 12

⁶¹ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 13

Automobilfirmen vor schwierige Entscheidungen, wie sie ihre autonomen Fahrzeuge positionieren wollen.

5.3 Sicherheit

5.3.1 Aktuelle Unfallzahlen und -Ursachen

Auch bezüglich der Sicherheit fallen die Prognosen bezüglich der Effizienz von autonomen Fahrzeugen sehr gut aus wie nachgehend näher erläutert wird. Der Sicherheitsaspekt ist unter Berücksichtigung der Zahlen und Daten des statistischen Bundesamtes Deutschlands einer der wichtigsten Pro-Argumente für die Entwicklung und Förderung autonomer Fahrzeuge. Insgesamt wurden im Jahr 2018 2.636.468 Unfälle erfasst, bei denen 396.018 Personen verletzt und 3.275 Personen getötet wurden.⁶² Von den knapp 400.000 Unfällen mit Personenschäden sind 368.559 auf ein Fehlverhalten des Fahrers oder der Fahrerin zurückzuführen. Die Unfallursachen sind auf der Tabelle unterhalb abzulesen und geben einen Einblick auf umzusetzende Maßnahmen bei der Herstellung und Programmierung autonomer Fahrzeuge und was sie in der Lage sein müssen, besser zu machen als menschliche Lenker oder Lenkerinnen. So ist die Hauptursache bei Personenschäden mit menschlichem Fehlverhalten ein Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärts- sowie Ein- und Anfahren zu verzeichnen. Sehr hoch fallen die Unfallzahlen bei Nichtbeachtung von Vorfahrten aus und eine nicht angepasste Geschwindigkeit führt ebenfalls zu hohen Unfallzahlen.⁶³ Nach menschlichem Versagen sind schlechte oder schwierige Straßenverhältnisse mit 30.205 Unfällen mit Personenschäden zweithöchste Unfallgrund. Darunter sind Witterungseinflüsse, Hindernisse oder Tiere auf der Fahrbahn zu verstehen.⁶⁴

⁶² Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/_inhalt.html) 2019 o.S.

⁶³ Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/fehlverhalten-fahrzeugfuehrer.html;jsessionid=DB972A847A53D01610F3C1BAB9B59844.internet721>) 2019 o.S.

⁶⁴ Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden2.html;jsessionid=DB972A847A53D01610F3C1BAB9B59844.internet721>) 2019 o.S.

Ursachen	2015	2016	2017	2018
Insgesamt	366 448	369 242	360 736	368 559
darunter				
Alkoholeinfluss	12 660	12 875	12 873	13 447
Falsche Straßenbenutzung	24 763	25 187	24 203	25 526
Nicht angepasste Geschwindigkeit	47 024	47 023	45 058	42 146
Ungenügender Abstand	50 667	51 221	50 267	51 086
Fehler beim Überholen	13 445	13 504	13 163	13 853
Nichtbeachten der Vorfahrt	53 361	53 510	52 332	52 709
Fehler beim Abbiegen, Wenden,	57 975	58 034	56 642	59 083
Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren				
Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern	16 629	16 477	15 877	16 032

Abbildung 9: Unfallursachen 2015-2018 (Quelle: destatis.de, 2019)

Ein weiterer Faktor der zu Unfällen mit Personenschäden führt ist Fehlverhalten der Fußgänger, welche für knapp 13.000 Unfälle verantwortlich sind. Hauptfehler sind falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn wie etwa das Überqueren der Straßen ohne auf den Fahrzeugverkehr zu achten, sowie plötzliches Hervortreten hinter Hindernissen.⁶⁵ Den geringsten Anteil der Unfälle mit Personenschäden sind durch technische Mängel bedingt und fallen mit nur 3.687 Unfällen sehr gering aus.⁶⁶ Somit lässt sich festhalten, dass im motorisierten Individualverkehr die Hauptunfallursache Versagen oder Fehlverhalten des Fahrzeuglenkers beziehungsweise der Fahrzeuglenkerin darstellt. Diese Tatsache bedingt eine Innovation im Mobilitätssektor, insbesondere im Individualverkehr, da hier deutlich mehr Faktoren zum reibungs- und unfalllosen Fortbewegen mitspielen, als etwa im Schienenverkehr.

5.3.2 Sind autonome Fahrzeuge sicherer?

Wie autonomes Fahren einen Einfluss auf diese Tatsachen haben kann, hat die OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) 2018 über das *International Transport Forum*, ITF, mit dem Report „*Safer Roads with Automated Vehicles*“ untersucht, in welchem genau jene Frage gestellt wurde. Sie beschreiben

⁶⁵ Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden3.html>) 2019 o.S.

⁶⁶ Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden1.html>) 2019 o.S.

eine erstrebenswerte Zukunft der Mobilität mit den Begriffen der Sicherheit und Verkehrseffizienz sowie der Schaffung neuer Märkte.⁶⁷ Die Schwierigkeiten vor denen eine Einführung automatisierter Fahrzeuge bezüglich der Sicherheit steht, lassen sich nur schwer abschätzen. Mehrere Faktoren sind so variabel, dass kaum allgemeingültige Aussagen getroffen werden können. Die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen in Deutschland werden im kommenden Kapitel besprochen, sodass hier eine Verbindung zwischen den Anforderungen und der Umsetzbarkeit hergestellt werden kann. Automatisiertes Fahren muss als Ziel haben, menschliches Versagen als Hauptgrund der Unfälle mit Personenschäden zu eliminieren, ansonsten wäre eine Innovation in diesem Bereich nicht von Nöten. Das *International Transport Forum* erläutert in ihrem Report anhand mehrerer Aspekte wie sich ein automatisiertes Fahrzeug von menschlichem Fahrverhalten unterscheidet. Die Ergebnisse fallen nicht so eindeutig aus, wie man das vielleicht erwarten würde, allerdings sind die Aussagen zu den Hard- beziehungsweise Softwarefähigkeiten von heutiger, aktueller Technik abgeleitet und werden naturgemäß in Zukunft immer besser werden. So werden in der Tabelle unterhalb die Aspekte von *Speed, Power output, Consistency, Information processing, Memory, Reasoning, Sensing* und *Perception* miteinander verglichen. Während die Aspekte *Speed, Power output, consistency* und *information processing* eindeutig zu Gunsten der Hard- und Software ausfallen, da diese einfach schneller reagieren, mehr Kraft aufwenden, nicht müde wird und mehrere Informationen gleichzeitig verarbeiten kann. Differenzierter gestalten sich die anderen Aspekte im Vergleich von Mensch und Maschine. Beim Erinnerungsvermögen, also *Memory*, kann der Mensch sich besser Strategien und Prinzipien merken und diese im Bedarfsfall kreativ adaptieren, während ein maschinelles System besser bei präziser Abfrage von formalen Informationen ist und diese auch aus beschränktem Zugang beschaffen könnte. Außerdem sind Maschinen dazu in der Lage Informationen vergessen zu können, um kognitive beziehungsweise rechnerische Leistungskapazitäten freizugeben und besser distribuieren zu können. Bei der reinen Merkfähigkeit hat der Mensch beim Langzeitgedächtnis einen Kapazitätsvorteil, während ein Hard- und Softwaresystem beim Kurzzeitgedächtnis mehr Ressourcen zur Verfügung hat. Beim Aspekt *Reasoning*, welcher in etwa mit logischem Denken zu übersetzen ist, kann sich der Mensch durchsetzen, denn er ist in Lage, induktiv (Selbstlernend und selbst

⁶⁷ Vgl.: ITF (Safer Roads with Automated Vehicles), 2018 S.: 5

entwickelnd) zu handeln und Mehrdeutigkeiten zu verstehen. Auch sind Menschen leicht zu unterrichten, sie können logische Schlussfolgerungen ziehen, welche allerdings meistens langsam ablaufen, dafür sind sie aber in der Lage Fehler gut ausbessern zu können. Maschinelle Systeme hingegen handeln deduktiv (handeln entlang bestehender Theorien und Vorgaben) und sind nicht ausreichend in der Lage Mehrdeutigkeiten zu verstehen. Allerdings sind sie in der Lage, schnelle und genaue Resultate zu errechnen, bei denen die Fehlerbehebung wieder ein großes Problem darstellt. Beim Aspekt *Sensing*, was in diesem Zusammenhang mit den Sinneswahrnehmungen zu übersetzen ist, führt der Mensch bei seiner Fähigkeit mit seinen unterschiedlichen Sinnen hohe Dynamikumfänge wahrnehmen zu können, besonders was mehrdeutige und komplexe Muster anbelangt. Eine Hardware kann zwar genauer und besser quantitative Daten erheben und messen, hat aber eine schwache Mustererkennung was sie mit ihrer Berechnungsgeschwindigkeit wieder ausgleichen könnte. Der letzte Aspekt, *Perception*, ist mit allgemeiner Wahrnehmung zu übersetzen. Ein maschinelles System wäre dem Menschen beim Umgang mit Eindrücken mit hoher Variabilität unterlegen und beide sind anfällig gegenüber Signalverschmutzungen oder Durcheinander beim Messvorgang. Dieser Untersuchung nach hat ein Hard- beziehungsweise Softwaresystem überwiegend Vorteile gegenüber einem Menschen, allerdings kann dieser besser auf unvorhersehbare und schwer zu messende und interpretationsbedürftige Daten reagieren. Es zeigt auch, dass bezüglich der Sicherheit nur in bestimmten Feldern ein großer Fortschritt erwartet wird und dass sich technisch noch vieles verbessern muss, bis von den aktuellen Messungen, die im Zuge dieser Tabellendarstellung gemacht wurden, weitere Verbesserungen zu erwarten sind.⁶⁸

⁶⁸ Vgl.: ITF (Safer Roads with Automated Vehicles), 2018 S.: 15-16

Aspect	Human	Hardware/Software system
Speed	Relatively slow.	Fast.
Power output	Relatively weak, variable control.	High power, smooth and accurate control.
Consistency	Variable, fatigue plays a role, especially for highly repetitive and routine tasks.	Highly consistent and repeatable, especially for tasks requiring constant vigilance.
Information processing	Generally single channel.	Multichannel, simultaneous operations.
Memory	Best for recalling/understanding principles and strategies, with flexibility and creativity when needed, high long-term memory capacity.	Best for precise, formal information recall, and for information requiring restricted access, high short-term memory capacity, ability to erase information after use.
Reasoning	Inductive and handles ambiguity well, relatively easy to teach, slow but accurate results, with good error correction ability.	Deductive and does not handle ambiguity well, potentially difficult or slow to program, fast and accurate results, with poor error correction ability.
Sensing	Large, dynamic ranges for each sense, multifunction, able to apply judgement, especially to complex or ambiguous patterns.	Superior at measuring or quantifying signals, poor pattern recognition (especially for complex and/or ambiguous patterns), able to detect stimuli beyond human sensing abilities (e.g., infrared).
Perception	Better at handling high variability or alternative interpretations, ³ vulnerable to effects of signal noise or clutter.	Worse at handling high variability or alternative interpretations, ³ also vulnerable to effects of signal noise or clutter.

Abbildung 10: Leistungsvergleich zwischen Mensch und Maschine beim Autofahren (Quelle: ITF, CPB - Safer Roads with automated Vehicles?, 2018 S.:16)

Die sensorische Performance unterschiedlicher Wahrnehmungssysteme wurde im Zuge dieses Reports ebenfalls untersucht und unterschiedliche Messsysteme gegenübergestellt. Für diesen Vergleich kamen die aktuell verwendeten Technologien von automatischen Fahrzeugen zum Einsatz wie der Radar, der Lidar, ein optisches Kamerasystem sowie das DSRC (*dedicated short-range communications*, was für vernetzte und verbundene Fahrzeuge steht), welche mit der Leistungsfähigkeit der menschlichen Augen und ihrer Wahrnehmung verglichen wurde. Menschliche Augen sind durchaus in der Lage, technische Systeme in bestimmten Situationen zu übertrumpfen, wie etwa bei der Objektklassifikation oder der Streckenverfolgung. Die Schwächen der menschlichen Wahrnehmung sind ganz klar in dunklen Lichtsituationen zu verorten, da das Auge nicht genug sehen kann, während Abstandsmessgeräte auf eine optische Wahrnehmung nicht angewiesen sind. Auch fehlt es dem Menschen an der Möglichkeit direkt mit anderen Verkehrsteilnehmern oder Infrastruktur zu kommunizieren. Die bisher oft einzeln verbauten Systeme wie Radar, Lidar, Kamerasysteme oder das DSRC haben jeweils eindeutige Stärken und Schwächen, wobei letztere kaum bis gar nicht in absehbarer Zeit auszumerzen sind. So ist ein Radarmessgerät mit seinen Radarwellen in der Lage, Objekte ausgezeichnet zu erfassen, kann diese allerdings nur schwer klassifizieren. Das Lidarmessgerät, welches mit Laserstrahlen einen ähnlichen Scan der Umgebung durchführt wie der Radar, kann Streckenverläufe nicht gut erkennen, was die Stärke der optischen Kameraerfassung ist. Diese wiederum hat eine

miserable Performance bei schlechten Wetterbedingungen, also Situationen in welchen das DSRC glänzt. Es geht klar aus dem Report hervor, dass die technischen Messsysteme für sich genommen keine absolute Verbesserung gegenüber der menschlichen Wahrnehmung darstellen, sondern nur in Zusammenarbeit miteinander dem Menschen tatsächlich überlegen sind.⁶⁹ Natürlich sind das Momentaufnahmen aktueller Technologie, allerdings ist zu erwarten, dass sich diese nicht in dem Maße einzeln verbessern würden, ohne aufeinander angewiesen zu sein.

Performance aspect	Human	Automated Vehicle			Connected vehicle	Connected, automated vehicle
	Eyes	Radar	Lidar	Camera	DSRC	Radar, Lidar, Camera and DSCRC
Object detection	Good	Good	Good	Fair	n/a	Good
Object classification	Good	Poor	Fair	Good	n/a	Good
Distance estimation	Fair	Good	Good	Fair	Good	Good
Edge detection	Good	Poor	Good	Good	n/a	Good
Lane tracking	Good	Poor	Poor	Good	n/a	Good
Visibility range	Good	Good	Fair	Fair	Good	Good
Poor weather performance	Fair	Good	Fair	Poor	Good	Good
Dark or low illumination performance	Poor	Good	Good	Fair	n/a	Good
Ability to communicate with other traffic or infrastructure	Poor	n/a	n/a	n/a	Good	Good

Abbildung 11: Vergleich der Wahrnehmungstechnologien mit dem Mensch (Quelle: ITF, CPB - Safer Roads with automated Vehicles?, 2018 S.:22)

Allerdings soll das DSRC-System in Zukunft eine noch bedeutendere Rolle bei der Entwicklung von autonomen Fahrzeugen spielen. Dementsprechend wird sich zeigen, auf welche Messinstrumente die BMW Group setzt, wie sie diese Technologien integrieren und von wo sie diese beziehen.

5.4 Steigerung der Mobilität in Städten

Autonomes Fahren soll als Mobilitätsinnovation nicht nur einen Mehrwert an Sicherheit sowie effizientere Mobilitätsoptionen anbieten, sondern die Mobilität der Bevölkerung steigern, sowohl in den Städten, als auch in ländlichen Räumen. Im Zuge dieser Arbeit wird der Fokus auf die Entwicklungen in den Städten gelegt, da diese einfacher zu transformieren sind, als der ländliche Raum in welchem die notwendige Infrastruktur schwerer flächendeckend zur Verfügung zu stellen ist, als in Städten.⁷⁰ Das International Transport Forum hat auch zu dieser Thematik den

⁶⁹ Vgl.: ITF (Safer Roads with Automated Vehicles), 2018 S.: 20-23

⁷⁰ Vgl.: ITF (Urban Mobility System Upgrade), 2015 S.: 7

Report „*Urban Mobility System Upgrade - How shared self-driving cars could change city traffic*“ veröffentlicht, in welchem sie den Einfluss von autonomen Fahrzeugen auf die Mobilität in Städten anhand unterschiedlicher Modelle untersuchen. Als Basisdaten wurden die Transportdaten und Mobilitätsnutzung der Bevölkerung von Lissabon, Portugal herangezogen. Es gibt mehrere mögliche Varianten, in welchen autonomes Fahren die Mobilität, welche wir in den Städten mit dem MIV und den öffentlichen Verkehrsmitteln kennen, transformieren wird. Im Zuge dieses Reports stellte sich heraus, dass bei gleichbleibender Mobilität der städtischen Bevölkerung, bis zu 9 von 10 Autos nicht mehr benötigt werden würden. Das würde eine massive Reduktion des Verkehrsaufkommens, des Verkehrslärms und der Umweltbelastung sowie Luftverschmutzung bedeuten. Für den Ersatz des herkömmlichen, motorisierten Individualverkehrs kämen *AutoVots* (selbstfahrende Fahrzeuge, welche einzelne Personen ähnlich einem Taxi abholen und absetzen - *car-sharing*) sowie *TaxiBots* (selbstfahrende Fahrzeuge, welche mehrere Personen gleichzeitig befördern, diese abholen und absetzen – *ride-sharing*) in Frage, welche je nach verfügbaren Geschäftsmodellen der AnbieterInnen auch parallel arbeiten könnten.⁷¹ So errechnete das ITF-Team, dass selbst in den Peak-Times des städtischen Verkehrs nur etwa ein Drittel der Fahrzeuge unterwegs sein müssten, die heute teilweise einzelne Personen pro Fahrzeug transportieren. Außerdem könnte ein rotierendes Fahrzeugnetz an selbstfahrenden Autos Personen über einen längeren Zeitraum mobil machen, anstatt nach dem einmaligen Transport zum Zielort, wie etwa der Arbeitsplatz, ungenutzt abgestellt zu werden. In diesen Berechnungen ist fast immer die Annahme getroffen worden, dass Städte der nahen Zukunft über ein sogenanntes „*high-capacity public transport system*“ (U-Bahnen oder anderer Schienenverkehr) verfügen. Trotz der Reduktion an Fahrzeugen, gemessen an ihrer totalen Anzahl, würde voraussichtlich die Verkehrsleistung der autonomen Fahrzeuge steigen. Die Gründe dafür wären laut dem ITF, dass nicht nur der MIV durch autonome Lösungen ersetzt werden würde, sondern auch die bisherigen Busse des öffentlichen Verkehrs. Außerdem würde aufgrund der vermutlich einfacheren Nutzbarkeit und hohen Verfügbarkeit die Nachfrage ansteigen.⁷² Als weiteren, positiven Effekt fand der Report heraus, dass wie bereits in der MiD-Studie sowie der Studie von *Greenpeace*, die Auswirkungen auf die Parkplatzsituation in den Städten immens wäre. So würden laut ITF etwa potenziell alle Parkplätze an

⁷¹ Vgl.: ITF (Media Release), 2015 ITF S.: 1

⁷² Vgl.: ITF (Urban Mobility System Upgrade), 2015 S.: 19-20

Straßen wegfallen können, ohne Einfluss auf die Effizienz einer automatisierten Fahrzeugflotte zu beeinträchtigen. Zusätzlich könnten bis zu 80% der Parkplatzflächen, welche nicht direkt an Straßen angrenzen, eingespart werden.⁷³ Wie bereits angedeutet, würde eine Etablierung einer autonomen Fahrzeugflotte, seien es *AutoVots* oder *TaxiBots*, zu einer Steigerung der Verkehrsleistung führen. Das bedeutet, dass Autohersteller mit bestimmten Geschäftsmodellen die Transformation der Industrie unbeschadeter bewältigen könnten.⁷⁴ Wie aus der Darstellung zu abzulesen ist, würde eine *AutoVot*-Flotte in den Stoßzeiten teilweise auf eine Erhöhung der Verkehrsleistung von beinahe 100% kommen, sofern es kein *high-capacity public transport system* gibt. Wird dieses allerdings zur Verfügung gestellt und mit einem *TaxiBot*-Angebot ergänzt, könnte die Verkehrsleistung auf einem ähnlichen Niveau stagnieren und nur in den Stoßzeiten um etwa 20% zeitweise ansteigen. Dieser Anstieg der Verkehrsleistung ist nicht nur wie bereits angesprochen auf den Ersatz kleinerer öffentlicher Verkehrsmittel wie dem Bus oder die steigende Nachfrage dank hoher Verfügbarkeit zurückzuführen, sondern liegt auch an den zurückzulegenden Distanzen der autonomen Fahrzeuge, zwischen den neuen Passagieren und dem letzten Zielort.

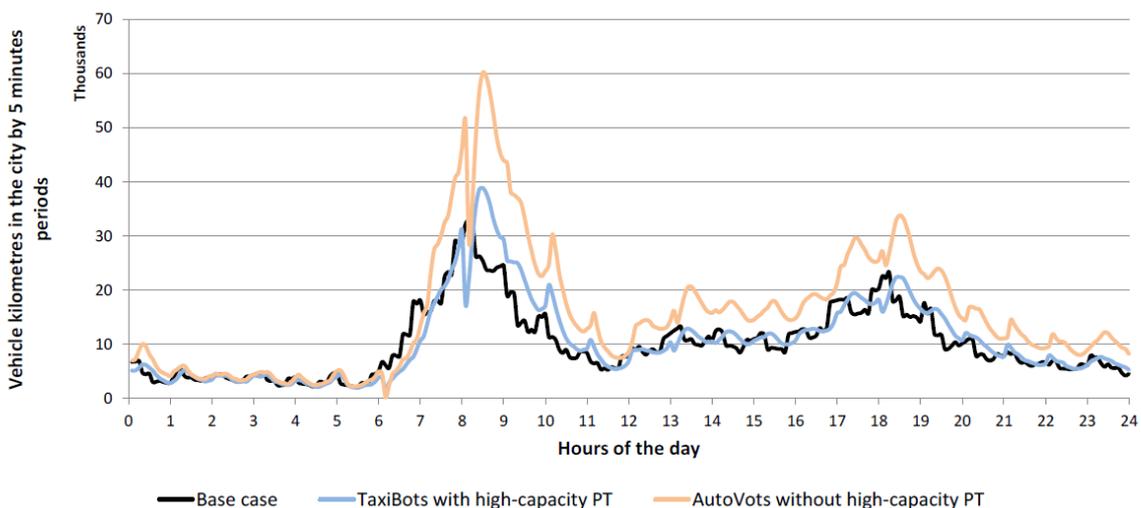


Abbildung 12: Zurückgelegte Fahrzeugkilometer in der Stadt pro 5 Minuten (Quelle: ITF, CPB – Urban Mobility System Upgrade, 2015 S.:21)

Zusätzlich zu den hier gezeigten Zahlen und Ergebnissen von der Studienversuchsstadt Lissabon, gibt es weitere Studien über andere Großstädte, in welchen eine Umsetzung und Integrierung einer autonomen Fahrzeugflotte

⁷³ Vgl.: ITF (Urban Mobility System Upgrade), 2015 S.: 25-26

⁷⁴ Vgl.: ITF (Urban Mobility System Upgrade), 2015 S.: 21

durchgespielt wurde. 2014 untersuchte K. Spieser zusammen mit KollegInnen die Auswirkungen einer kompletten Verbannung des motorisierten Individualverkehrs wie wir ihn kennen und einer gleichzeitigen Umstellung auf eine autonome Fahrzeugflotte in Singapur. Obgleich die Aussagekraft dieser Untersuchung jener des ITF sehr ähnelt, unterscheiden sie sich in den Details. So könnte laut der Berechnung von Spieser und seinen KollegInnen ca. zwei Drittel der Fahrzeuge eingespart werden, welche aktuell benötigt werden, um die notwendigen Transporte durchzuführen und eine hohe Mobilität der Bevölkerung ermöglichen.⁷⁵ Sie kommen ebenfalls zum Schluss, dass autonomes Fahren als Innovation des Mobilitätssektors ganz immense Vorteile gegenüber unserem gewohnten Individualverkehr ermöglichen wird. Sie nennen etwa die Verkehrssicherheit, die Einfachheit der Nutzung und die breite Verfügbarkeit, zumindest in urbanen Räumen, die geringere Verkehrsbelastung durch effizientere Fahrzeuge und deren effizientere Nutzung sowie die Platzgewinne, die durch die obsolet gewordenen Parkplätze entstehen würde. Es sei angemerkt, dass Spieser und seine KollegInnen in ihren Berechnungen und Nachforschungen nur von selbstfahrenden Fahrzeugen ausgegangen sind, welche im *Car-sharing* Prinzip in der Regel von einzelnen Personen gebucht werden würden und keine Personengruppen im *Ride-sharing* Prinzip maximal effizient befördern würden. Dementsprechend ließen sich die Berechnungen noch weiter zu Gunsten einer automatisierten Flotte verschieben, sofern diese Veränderungen auch gesellschaftlich und politisch gewünscht wären.⁷⁶

Einen sehr vergleichbaren Zugang wählten Zachariah und seine KollegInnen, um eine theoretische Implementierung einer automatisierten Taxiflotte in New Jersey zu simulieren und zu analysieren. Diese Flotte hätte die Aufgabe, Transporte als Mobilität personalisiert, automatisiert, schnell abrufbar und direkt anzubieten. Dabei ist es auch das Ziel, *Ride-sharing* zu betreiben, sprich weitere Personen im Fahrzeug zu transportieren, die in die Nähe des Startpunktes transportiert werden wollen. Besonders effizient und sinnvoll ist das *Ride-sharing* in den Stoßzeiten, da viele Personen in eine ähnliche Richtung transportiert werden wollen wie andere und hier ein großes Einsparungspotenzial des Verkehrsaufgebotes, gemessen an der Anzahl an Fahrzeugen, vorhanden wäre.⁷⁷ Die Nachfrage nach Mobilität in New Jersey in Verbindung mit den Reisegründen ermöglichte es den Forschern zu berechnen, mit

⁷⁵ Vgl.: SPIESER et al., 2014 S.: 4-10

⁷⁶ Vgl.: SPIESER et al., 2014 S.: 14-15

⁷⁷ Vgl.: ZACHARIAH et al., 2013 S.: 9-10

welchen Mitteln eine automatisierte Flotte ausgestattet werden müsste, um die notwendigen Transportoptionen zufriedenstellend anzubieten.⁷⁸ Sie kommen allerdings, konträr zu den bisher vorgestellten Studien, zum Schluss, dass die Verkehrsleistung unter Nutzung eines autonomen Taxiservices abnehmen statt zunehmen würde, da sie von einem stärker genutzten und geförderten *Ride-sharing* System ausgehen, was die Anzahl an tatsächlich auf der Straße fahrenden Autos stark reduzieren würde. Sie postulieren weiter, dass an besonders nachfragestarken Punkten in New Jersey das Potenzial für *Ride-shares* sehr hoch sei, wie etwa an Bahnhöfen oder Flughäfen, da die Menschenmenge, welche von diesen Punkten aus weiter reisen wollen effizient mittels einer autonomen Flotte zu ihren jeweiligen Zielorten gebracht werden könnten. Sie gehen davon aus, dass autonome FahrzeuganbieterInnen an diesen Orten starten werden, da hier ein Maximum an Mobilitätspotenzial vorhanden ist und gleichzeitig als ideale Vorzeigemobilität fungieren kann, da durch das *Ride-sharing* System eine Vielzahl an Fahrzeugen eingespart werden kann.⁷⁹ Sie schließen ihre Studie mit den Worten ab: *„Autonomous vehicles and an aTaxi system are attractive since the only primary implementation cost is technology. Unlike other modes of transportation that require an infrastructure investment, autonomous vehicles use existing guideways. Although technological, legal, and financial barriers do exist, the convenience, safety, mobility, and utility that autonomous vehicles confer make the adoption of such a transformative technology inevitable. With the advent of autonomous taxis, vehicles will shift from the “ultimate driving machine” to the “ultimate riding machine.”*⁸⁰, welche, zusammen mit den Ergebnissen der anderen Studien als eine Art Guideline für die Analyse der Pläne und Implementierungsvorstellungen autonomer Fahrzeuge der BMW Group dienen werden.

5.5 Rechtliche Rahmenbedingungen autonomer Fahrzeuge

Um analysieren zu können auf welchen Ebenen autonome Fahrzeuge in Unternehmen wie der BMW Group integriert werden, muss zunächst untersucht werden, wie die rechtlichen Rahmenbedingungen für selbstfahrende Autos in Deutschland aussehen, wie diese klassifiziert und gehandhabt werden. Zusätzlich ist die Politik mit ihren vielfältigen Eingriffsmöglichkeiten in die Wirtschaft maßgeblich an

⁷⁸ Vgl.: ZACHARIAH et al., 2013 S.: 2-4

⁷⁹ Vgl.: ZACHARIAH et al., 2013 S.: 13

⁸⁰ ZACHARIAH et al., 2013 S.: 14

dem Erfolg, oder eben Misserfolg neuartiger Technologieinnovationen wie dem selbstfahrenden Auto, beteiligt. Dementsprechend dient dieses Kapitel dazu, die Einstellung der Politik gegenüber dieser Mobilitätsinnovation zu erfassen und ihre Pläne dafür zu analysieren. Dabei muss aus rechtlicher Sicht geklärt werden, was unter autonomem Fahren verstanden wird. Der Deutsche Bundestag hat hierfür eine Ausarbeitung mit dem Thema „Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße – rechtlicher Rahmen“ im Mai 2018 veröffentlicht und alle relevanten Gesetzestextabschnitte in einem Report gebündelt. So werden Fahrzeuge nach ihrer technologischen Fahrassistenz nach in fünf Stufen im Sinne der Klassifizierung der SAE (*Society of Automotive Engineers*) kategorisiert. Diese gemeinnützige Organisation versucht einen gemeinsamen, internationalen Standard im Mobilitätssektor zu entwerfen und tut dies bereits seit 1905 mit Gründungsmitgliedern wie etwa Henry Ford. Aktuell sind etwa 120.000 Mitglieder weltweit zu verzeichnen.⁸¹ Allerdings hat sich der Deutsche Bundestag wie bereits gesagt nur an der Klassifizierung der SAE orientiert und die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) beauftragt, diese zu prüfen und gegeben falls anzupassen. Das BASt hat sich dazu entschieden, im Vergleich zu dem 6-Stufenmodell der SAE auf ein 5-Stufenmodell zu wechseln.⁸² Im Endeffekt wurde auf die dritte der Stufen verzichtet, welche für als konditional Automatisiert übersetzt werden kann. Diese steht für eine Fahrzeugklasse, in welcher das System davon ausgeht, vom Fahrer übernommen werden zu können und dies auch tut. Der Unterschied zur Hochautomatisierung besteht also darin, dass in der konditionellen Automatisierung der Fahrer das System vollständig überwachen und damit rechnen muss, jederzeit eingreifen zu müssen. Somit ist ein hochautomatisiertes System dazu berechtigt, im Notfall selbst Entscheidungen treffen zu können, während diese Aufgabe im konditionellen Automatisierungssystem den FahrerInnen überlassen wird. Ein vollautomatisiertes Fahrzeug muss nie überwacht werden und kann in jeder Situation selbst entscheiden, wie es handelt, muss aber dennoch eine Möglichkeit zur Kontrollübernahme über Fahrzeug durch die FahrerIn zu bieten.⁸³ Die gesamte Verantwortung wird also nicht dem Fahrzeug übertragen, was aus den FahrerInnen noch keine PassagerInnen macht. Erst die in dem Stufenmodell ausgeklammerte Stufe des autonomen Fahrens, in welcher eine Partizipation an der Kontrolle des

⁸¹ Vgl.: SAE (<https://www.sae.org>) o.J. o.S.

⁸² Vgl.: BASt (Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung), 2012 S.:1

⁸³ Vgl.: SAE (Automated Driving), 2016 S.: 1-2

Fahrzeuges abseits der durch die FahrerIn gestellten Fahraufgabe nicht mehr möglich ist, macht aus den FahrzeuglenkerInnen PassagierInnen.⁸⁴ Zusammengefasst lassen sich die drei obersten Stufen des Automatisierungsstufenmodells wie folgt voneinander trennen. Bei allen Automatisierungsstufen, also der Hoch- der Vollautomatisierung und der Stufe autonomen Fahrens, muss der Fahrer oder die Fahrerin das System nicht überwachen, allerdings müssen diese in der Lage sein im Falle der Hochautomatisierung immer einschreiten zu können und zu müssen, im Falle der Vollautomatisierung situationsbedingt einschreiten zu können aber nicht zu müssen und bei autonomen Fahren nicht mehr einschreiten zu können und zu müssen.⁸⁵

Nomenklatur	Fahraufgaben des Fahrers nach Automatisierungsgrad	Automatisierungsgrad
Vollautomatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig in einem definierten Anwendungsfall <ul style="list-style-type: none"> • Der Fahrer muss das System dabei nicht überwachen • Vor dem Verlassen des Anwendungsfalles fordert das System den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahraufgabe auf • Erfolg dies nicht, wird in den risikominimalen Systemzustand zurückgeführt • Systemgrenzen werden alle vom System erkannt, das System ist in allen Situationen in der Lage, in den risikominimalen Systemzustand zurückzuführen 	
Hochautomatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Situationen <ul style="list-style-type: none"> • Der Fahrer muss das System dabei nicht überwachen • Bei Bedarf wird der Fahrer zur Übernahme der Fahraufgabe mit ausreichender Zeitreserve aufgefordert • Systemgrenzen werden alle vom System erkannt. Das System ist nicht in der Lage, aus jeder Ausgangssituation den risikominimalen Zustand herbeizuführen 	
Teilautomatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung (für einen gewissen Zeitraum oder/und in spezifischen Situationen) <ul style="list-style-type: none"> • Der Fahrer muss das System dauerhaft überwachen • Der Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit sein 	
Assistiert	Fahrer führt dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung aus. Die jeweils andere Fahraufgabe wird in gewissen Grenzen vom System ausgeführt <ul style="list-style-type: none"> • Der Fahrer muss das System dauerhaft überwachen • Der Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit sein 	
Driver only	Fahrer führt dauerhaft (während der gesamten Fahrt) die Längsführung (Beschleunigen/Verzögern) und die Querführung (lenken) aus	

Abbildung 13: Stufenmodell der Bundesregierung für automatisierte Fahrzeuge (Quelle: Gasser T., u.a.: 2012 S.:1)

Aus rechtlicher Sicht stellt die Mobilitätsinnovation der selbstfahrenden Autos die Formulierung von neuen Gesetzen zur Reglementierung eben dieser vor großen Herausforderungen. Momentan ist sowohl das assistierte, als auch das teilautomatisierte Fahren im deutschen Straßenverkehrsrecht verankert und damit

⁸⁴ Vgl.: DEUTSCHER BUNDESTAG (Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße), 2018 S.: 8

⁸⁵ Vgl.: BAST (Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung), 2012 S.:1

problemlos in der Praxis anwendbar.⁸⁶ Durch das international wirkende und anerkannte Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1968 ist in beiden Fällen das Beherrschen des Fahrzeuges durch einen Menschen gegeben, welches im deutschen Bundesgesetzblatt von 1977 übernommen wurde.⁸⁷

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Abbildung 14: Stufenmodell der SAE für automatisierte Fahrzeuge (Quelle: SAE – Automated Driving – Levels of driving automation, 2016 S.:2)

Anders sieht dies bei hoch- sowie vollautomatisierten Fahrzeugen aus, welche vor der Herausforderung stehen, umfassend in die deutsche Rechtsprechung integriert zu werden. Die besonderen Hürden liegen bei der Abgabe der Verantwortung der FahrerIn oder der PassagierIn, da diese bei hochautomatisierten Fahrzeugen die Kontrolle über das Fahrzeug zumindest überwiegend abgeben, während bei vollautomatisierten Fahrzeugen eine manuelle Kontrolle nicht mehr notwendig ist und damit die Fahraufgabe komplett abgegeben wird und diese Tatsache noch vor wenigen Jahren als problematisch eingestuft wurde.⁸⁸ Durch Gesetzesänderungen sowohl im Wiener Übereinkommen, als auch schlussendlich in der deutschen Gesetzgebung, sind momentan autonome Fahrzeuge insofern zugelassen, als dass FahrerInnen sich zwar vom Verkehrsgeschehen abwenden und die Steuerung dem autonomen Fahrzeug überlassen können, gleichzeitig aber „wahrnehmungsbereit“

⁸⁶ Vgl.: DEUTSCHER BUNDESTAG (Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße), 2018 S.: 5

⁸⁷ Vgl.: BGBl. 1977, S.: 809, 811

⁸⁸ Vgl.: BACH, 2016 S.: 3, 8

sein müssen, um in komplexen Situationen die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen können, sofern dies vom Fahrzeugsystem gefordert wird.⁸⁹ Es muss technisch auch möglich sein, die Kontrolle über das Fahrzeug zu jeder Zeit übernehmen zu können und nicht nur, wenn das interne System die FahrerIn dazu auffordert.⁹⁰ Genauso verhält es sich auch in Situationen, in welchen vom Fahrer oder der Fahrerin klar erkennbar ist, dass das automatisierte System nicht mehr bestimmungsgemäß funktioniert.⁹¹ Automatisierte Fahrzeugsysteme müssen darüber hinaus in der Lage sein, die an den oder die LenkerIn gerichteten Verkehrsvorschriften innerhalb der Fahraufgabe bezüglich Längs- und Querführung des Fahrzeuges zu gewährleisten.⁹² In der UN-ECE-Regelung 79 werden aus Sicht der EU „Autonome Lenkanlagen“ und ihre rechtlichen Rahmen festgelegt welche aussagen, dass beim Einsatz von selbstfahrenden „Fahrassistenz-Anlagen“, in welchen eine Übersteuerbarkeit der FahrerInnen möglich ist, eine Höchstgeschwindigkeit von 12km/h nicht überschritten werden darf⁹³, obgleich eine Erhöhung in absehbarer Zeit auf bis zu 130 km/h, zumindest auf Autobahnen ermöglicht werden soll.⁹⁴ Das bereits angesprochene und durch das Stufenmodell ausgeklammerte, autonome Fahren, ist den hier vorgestellten Gesetzen nach nicht abgedeckt, da die Vorgabe, dass ein Fahrer oder eine Fahrerin jederzeit in der Lage sein muss, die Steuerung zu übernehmen nicht erfüllt ist.⁹⁵

Aus dieser Tatsache geht hervor, dass autonomes Fahren in Deutschland unter momentaner Gesetzeslage nicht legal ist und dementsprechend nur unterschiedlich stark automatisierte Fahrzeuge laut Gesetz zugelassen werden dürfen. Obgleich auf die Verflochtenheit der deutschen Politik mit Unternehmen der Automobilbranche, welche auf der Ebene des autonomen Fahrens forschen in folgenden Kapiteln konzentrierter eingegangen wird sei angemerkt, dass die deutsche Bundesregierung mit mehreren Maßnahmen zu einer raschen Marktreife dieser Mobilitätsinnovation beiträgt.⁹⁶

⁸⁹ Vgl.: § 1b Abs. 1 Halbsatz 2, Abs. 2 Nr. 1 StVG.

⁹⁰ Vgl.: § 1a Abs. 3 i.V.m. Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 StVG.

⁹¹ Vgl.: § 1b Abs. 2 Nr. 2 StVG.

⁹² Vgl.: § 1a Abs. 3 i.V.m. Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 und 3 StVG.

⁹³ Vgl. Absatz 0, 2.3.4, 5.1.6.1 Satz 1 UN/ECE-Regelung Nr. 79; Ungern-Sternberg (2017) S. 299.

⁹⁴ Vgl.: UNGERN-STERNBERG, 2017 S.: 300-302

⁹⁵ Vgl.: § 1a Abs. 2 Nr. 4 und 5 StVG

⁹⁶ Vgl.: BMBF (Aktionsplan Forschung für autonomes Fahren), 2019 S.: 3

Die Hürden für eine Marktreife liegen jedoch nicht nur bei technischen oder rechtlichen Hürden, sondern werden auch im Hinblick auf ethische Herausforderungen gesehen. Aus diesem Grund hat die Bundesregierung eine Ethikkommission mit einer der Aufgabe betraut, eine Art Handlungsrahmen beziehungsweise Handlungsleitfaden für automatisierte Fahrzeugsysteme zu entwerfen anhand derer ethisch vertretbare Entscheidungen von einer autonom agierenden Maschine getroffen werden können soll. Dieser vom Juni 2017 stammende Zwischenbericht des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur erläutert die Forschungsfortschritte und Forschungsherausforderungen, vor denen die Gesetzgebung sowie die softwareseitige Entwicklung künstlicher Intelligenz in autonomen Fahrzeugsystemen stehen.⁹⁷ Diese interdisziplinär ausgerichtete Expertenkommission befasste sich ein dreiviertel Jahr mit der Formulierung von „notwendigen, ethischen Leitlinien für das automatisierte und vernetzte Fahren“ unter der Leitung des ehemaligen Bundesverfassungsrichters und Universitätsprofessors der Universität Bonn Dr. Dr. Udo Di Fabio für öffentliches Recht. Unter seiner Leitung wurden fünf Arbeitsgruppen organisiert, welche sich in die Themenfelder „Unvermeidbare Schadenssituationen“, „Datenverfügbarkeit, Datensicherheit und Datenökonomie“, „Interaktionsbedingungen für Mensch und Maschine“, „Ethischen Kontextbetrachtung über den Straßenverkehr hinaus“, sowie „Verantwortungsbereich für Software und Infrastruktur“ gliederten.⁹⁸ Da weder eine ethische noch philosophische Auseinandersetzung über die Formulierungen und Auswirkungen der Forschungsergebnisse innerhalb dieser Arbeit erfolgen kann, werden an dieser Stelle die Ergebnisse vorgestellt, welche die Anforderungen an die Mobilitätsinnovation autonomer Fahrzeuge aus ethischer Sicht präzisieren.

Im Fokus der Kommission liegen naturgemäß jene Fahrsysteme, in welchen weitreichende Automatisierung die Fahrzeugkontrolle vom Fahrer oder Fahrerin übernimmt. Aus diesem Grund betreffen die Ergebnisse des Berichts ausschließlich Fahrzeuge mit einer Automatisierungsstufe von 4 und 5, also vollautomatisierten Fahrzeugen und autonomen Fahrzeugen. Dazu wird erwähnt, dass unter der Annahme gearbeitet wurde, dass viele der angenommenen Techniken noch nicht marktreif und erst in der Erprobungsphase befindlich sind. Das folgende Zitat steht exemplarisch für die Vorteile von automatisierten Fahrzeugen und zeigt auch aus

⁹⁷ Vgl.: BMVI (Bericht der Ethikkommission), 2017 S.: 6

⁹⁸ BMVI (Bericht der Ethikkommission), 2017 S.: 7

einer sozialwissenschaftlichen Sicht, wie selbstfahrende Fahrzeuge einen positiven Beitrag zur Gleichbehandlung unserer Gesellschaft und zur Verbesserung der Chancengleichheit auf umfangreiche Mobilität leisten können:⁹⁹

„Das autonome Fahren sowohl für fahrerorientierte wie fahrerlose Systeme bietet eine

Vielfalt an neuen Möglichkeiten für NutzerInnen. Es wird eine erhebliche Reduzierung der Unfallwahrscheinlichkeit erwartet. Für die NutzerInnen verspricht es mehr Komfort, physische Entlastung sowie einen erheblichen Zeitgewinn. Auch unter dem Aspekt der Zugangsgerechtigkeit kann das autonome Fahren zu einer Steigerung des allgemeinen Wohlergehens führen, wenn fahrerlose Autos auch Personen ohne die Fähigkeit zum Führen eines Kraftfahrzeuges die aktive Teilnahme am Straßenverkehr erlauben und die Grenzen zwischen öffentlicher und privater Personenbeförderung auf der einen Seite und Individualverkehr auf der anderen Seite fließend werden. So können unter gegenwärtigen Bedingungen mobilitätseingeschränkte Personen durch neue Mobilitätspfade besser teilhaben und sich in das gesellschaftliche Leben integrieren.“¹⁰⁰

Andererseits wird betont, dass Gefahren im Straßenverkehr und besonders der Umgang mit diesen in automatisierten Systemen noch nicht zufriedenstellend begegnet werden können. Haftungsfragen sowie die beispielhaft erwähnten Dilemmasituationen, in welchen sich ein Fahrzeug etwa im absoluten schlimmsten Falle zwischen dem Tod von Personen entscheiden müsste, stehen hier im Mittelpunkt der Diskussion. Als Beispiel führen die KommissionsteilnehmerInnen etwa die fiktive Situation an, in welcher ein Fahrzeug mit FahrerIn an einer Klippenstraße entlangfährt, als nach einer nicht einsehbaren Kurve plötzlich eine Gruppe von Kindern auf der Straße spielen und diese blockieren. Ein automatisiertes System müsste in solch einer Situation die Entscheidung treffen müssen, ob der Tod der Kinder in Kauf genommen wird, um die FahrerIn zu retten, oder ob das Fahrzeug absichtlich die Klippe hinunterstürzt und die Kinder rettet. Aus solchen Dilemmas ergeben sich weitreichende, rechtliche und auch politische Konsequenzen, denn ohne ethische Handlungsmuster oder Leitlinien müsste der Softwareprogrammierer des Fahrzeugherstellers diese Entscheidungen treffen oder der Staat gibt diese vor. In jedem der beiden Fälle wird über das Leben von Menschen nicht mehr selbst

⁹⁹ Vgl.: BMVI (Bericht der Ethikkommission), 2017 S.: 14

¹⁰⁰ BMVI (Bericht der Ethikkommission), 2017 S.: 15

bestimmt, sondern fremdbestimmt. Das hat zur Folge, dass das humanistische Verständnis unserer Werte mit dem Einzelindividuum als Zentrum verloren geht.¹⁰¹

Aus diesen komplexen Situationen ergeben sich 20 Leitlinien, welche bereits zum Teil Erwähnung fanden. Es darf etwa zu keiner Selektion von Menschen und keiner „Verrechnung“ von Opfern führen, allerdings muss das Prinzip der Schadensminimierung immer an oberster Stelle stehen. Dieser kurze Exkurs soll auf die Herausforderungen bei der Etablierung autonomer Fahrzeuge hindeuten und unterstreicht auch die Tragweite dieser Innovation.

¹⁰¹ Vgl.: BMVI (Bericht der Ethikkommission), 2017 S.: 15-16

6 Zwischenfazit

Nach der Auswertung von über 20 Studien, Papers, Reports und Stellungnahmen zum Thema automatisiertes Fahren aus unterschiedlichen Blickwinkeln, kann ein abschließendes, im Rahmen dieser Arbeit, sinnvolles Fazit zur Frage, wie ein möglicher Einsatz und eine mögliche Implementierung autonomer Fahrzeugsysteme in der Theorie, formuliert werden. Unserer Mobilität ist immer durch das Bedürfnis angetrieben, eine oder mehrere Primärbedürfnisse zu befriedigen. Aus diesem Grund filtern wir aus einer Mischung aus unterschiedlichen Filterfaktoren wie etwa der Sicherheit, Effizienz, den Kosten und der Dauer die passendste Mobilitätslösung heraus.¹⁰²

Auch die Nutzung und Wahl von unterschiedlichen Mobilitätsmöglichkeiten ist in diesem Zusammenhang wichtig um herauszufinden, wohin die Trends verschoben werden und sich entwickeln. Nach der Auswertung der Studien „Mobilität in Deutschland“ lässt sich sagen, dass seit 2002 im Modalsplit im Verkehrsaufkommen der Anteil der MIV-FahrerInnen kontinuierlich auf 47% angestiegen ist, obgleich parallel dazu der Anteil der MIV-MitfahrerInnen und der FußgängerInnen leicht gesunken ist.¹⁰³

Das bedeutet, dass das Auto als motorisierter Individualverkehr mehr Personenkilometer bewältigt, als jedes andere Verkehrsmittel. Diese Tatsache lässt zusammen mit der gestiegenen Verkehrsleistung der MIV-FahrerInnen erklären, welche 2017 mehr Kilometer zurücklegten als 2008¹⁰⁴, was wiederum mit der Verschiebung der Wegezwecke zusammenhängt. Diese Verschiebung lässt sich so zusammenfassen, dass die berufsbedingte Mobilität ihre Dominanz als Primärbedürfnis mit den dienstlichen Wegen gemessen beim Verkehrsaufkommen mit 79 Millionen zusätzlichen Wegen pro Tag am stärksten ausgebaut hat.¹⁰⁵

Die Studie kommt zum Schluss, dass aufgrund der steigenden Zahl der PKW in Deutschland „Fortschritte in der Effizienz, Umweltverträglichkeit des Autoverkehrs und ein anderer Umgang mit dem Auto in den großen Städten unverzichtbar und drängend sind.“¹⁰⁶ Allerdings ist die Nutzung der Alltagsmobilität durch viele Faktoren, der Rahmenbedingungen und den verfügbaren Angeboten bestimmt. So

¹⁰² Vgl.: ZIERER und ZIERER 2010, S.: 10-11

¹⁰³ Vgl.: MiD-Zeitreihenbericht, 2018 S.: 25-26

¹⁰⁴ Vgl.: MiD-Zeitreihenbericht, 2018 S.: 49-51

¹⁰⁵ Vgl.: MiD-Zeitreihenbericht, 2018 S.: 60

¹⁰⁶ MiD-Kurzreport, 2018 S.:26

sind etwa die Faktoren der Siedlungsstruktur ausschlaggebend in der Nutzung der Mobilitätoptionen wenngleich es eine geringe Anzahl oder nicht vorhandene Alternative zur Fortbewegung mit dem PKW gibt. In ländlichen Räumen ist die Nutzung des PKW als primäres Fortbewegungsmittel allgegenwärtig und deutlich höher als in städtischen Räumen. Auch spielen die Lebensphasen in welchen sich eine Person befindet eine große Rolle, denn es macht einen deutlichen Unterschied, ob man im Haushalt alleine in einer Stadt wohnt, oder die Mobilität einer mehrköpfigen Familie am Land organisieren muss.¹⁰⁷

„Neue Mobilitätsangebote wie etwa das *Car-* und das *Bikesharing* erzielen inzwischen, so zeigt schon die Betrachtung in diesem Kurzreport, vor allem in den Metropolen eine beachtliche Durchdringung. Aber noch wirken sie eher als Option und vielleicht auch bewusstseins-schärfend im Sinne einer entstehenden neuen Mobilitätskultur.“¹⁰⁸

Die Beschreibung einer neuen Mobilitätskultur ist es, welche Innovationen im Mobilitätssektor vorantreibt und zusammen mit dem notwendigen Fortschritt in Punkto Effizienz und Umweltverträglichkeit des Autoverkehrs eine neue Wende und Verständnis der Mobilität erfordert. Der starke Zuzug der Bevölkerung und urbanen Raum stellt hierbei eine zusätzliche Herausforderung dar, da nach Lösungen gesucht werden, welche die steigende Verkehrsleistung, besonders bei dienstlichen Wegen, entlasten muss. Auch der öffentliche Verkehr alleine kann laut dem Bericht zur Mobilität in Deutschland nicht die Antwort auf die Frage nach einem höheren Mobilitätsangebot bei gleichzeitig sinkendem Verkehrsaufkommen sein, weswegen eine, wie bereits erwähnt, neue Mobilitätskultur eingefordert wird.¹⁰⁹

Auch *Greenpeace* spricht von einer „Sackgasse des Verkehrssektors“¹¹⁰ und stellt mit ihren 8 idealtypischen Zukunftsvisionen der Mobilität in Deutschland hohe Anforderungen an die Mobilität der Zukunft. Sie fordern eine Reduzierung der Anzahl der PKW in Städten auf 200 pro 1000 Einwohner und Einwohnerinnen und damit einhergehend eine Reduzierung der PKW Flotte auf 43%, sowie ein *Shared Mobility* Angebot in Städten und einer daraus entstehenden, höheren Lebensqualität in Städten Deutschlands.¹¹¹ Diese Ziele könnten alle langfristig gesehen, von

¹⁰⁷ Vgl.: MiD-Ergebnisbericht, 2018 S.: 83-89

¹⁰⁸ MiD-Kurzreport, 2018 S.: 27

¹⁰⁹ Vgl.: MiD-Kurzreport, 2018 S.: 12-15

¹¹⁰ RUDOLPH et al. (Verkehrswende für Deutschland), 2017 S.: 3

¹¹¹ Vgl.: RUDOLPH et al. (Verkehrswende für Deutschland), 2017 S.: 14

automatisierten Fahrzeugen erfüllt werden, wie die weiteren Ergebnisse dieser Arbeit zeigen werden.

Doch ökologische Ziele und eine Verbesserung der Lebensqualität der Menschen, besonders in Städten sind nur ein Teil der erforderlichen Fortschritte, um von automatisiertem Fahren als bedeutende Mobilitätsinnovation zu sprechen. Die Sicherheit der beförderten Personen, aktiv oder passiv, soll dank modernster und sich gegenseitig ergänzender Technologien auf ein den Menschen übertrumpfendes Niveau angehoben werden. Der Grund zum Verbesserungsdrang der Sicherheitsaspekte von Fahrzeugen liefert das deutsche Statistische Bundesamt mit Zahlen von 2018. So erreichte die Zahl der Unfälle, bei denen Personenschaden entstand und die durch menschliches Fehlverhalten ausgelöst wurden 2018 gesamt 396.018 was ca. 93,07% ausmacht.¹¹² Um Fehler wie falsches Abbiege- oder Wendeverhalten, fehlendem Sicherheitsabstand, Nichtbeachtung der Vorfahrtregel oder einer nicht angepassten Geschwindigkeit vorzubeugen, bedarf es ausgeklügelter Messinstrumente, die autonomes Fahren sicherer gestalten sollen.¹¹³¹¹⁴¹¹⁵

Die OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) hat sich 2018 über das *International Transport Forum, ITF*, mit dem Report „*Safer Roads with Automated Vehicles*“ genau jener Frage gewidmet und die aktuellen, gängigen Messinstrumente autonomer Fahrzeuge in dieser Studie gegen den Menschen und gegeneinander antreten lassen. Diese Untersuchung hat gezeigt, dass automatisierte Fahrzeugsysteme dem Menschen in den Bereichen *Speed, Power output, consistency* und *information processing* eindeutig aufgrund ihrer deutlich besseren Leistungsfähigkeit überlegen sind, so sind sie gleichsam im Bereich *Reasoning* deutlich unterlegen, während sie bei *Sensing, Memory* und *Perception* mit jeweiligen Vor- und Nachteilen etwa gleichgestellt. Kurz gesagt müssen Maschinen besonders Software-technisch einen Schritt nach vorne machen, um in den Feldern des logischen Denkens, (*Reasoning*) der allgemeinen Wahrnehmung (*Perception*),

¹¹² Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/_inhalt.html) 2019 o.S.

¹¹³ Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/fehlerverhalten-fahrzeugfuehrer.html;jsessionid=DB972A847A53D01610F3C1BAB9B59844.internet721>) 2019 o.S.

¹¹⁴ Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden2.html;jsessionid=DB972A847A53D01610F3C1BAB9B59844.internet721>) 2019 o.S.

¹¹⁵ Vgl.: STATISTISCHES BUNDESAMT (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden3.html>) 2019 o.S.

der Sinnenswahrnehmung (*Sensing*) und der Merkfähigkeit (*Memory*) den Menschen eindeutiger übertreffen zu können und somit die Innovation des autonomen Fahrens sicherer und attraktiver zu gestalten.¹¹⁶ Genauere Ergebnisse bezüglich den Stärken und Schwächen menschlicher Wahrnehmung und automatisierten Messsystemen zur Erkennen des Umfeldes während Fahrten zeigten, dass Instrumente wie der Radar, Lidar, Kamerasysteme oder ein DSRC (*dedicated short-range communications*) der Wahrnehmung von Menschen jeweils in mehreren Performance-Aspekten unterlegen sind. Um eine tatsächliche Verbesserung der Wahrnehmung gegenüber Menschen zu erreichen, müssen alle genannten Technologien verknüpft und in Zusammenarbeit miteinander verwendet werden, was auch der Schlüssel zur Sicherheit autonomen Fahrzeuge sein dürfte.¹¹⁷

Aufgrund der steigenden Attraktivität und Bedeutung wirtschaftlicher, gesellschaftlicher, kultureller und politischer Natur von Städten, Großstädten und Metropolen in Deutschland, steigt der Zuzug in diese stark an und die vorhandenen MobilitätsanbieterInnen können die Menschen nicht mehr ausreichend bedienen, weshalb es einer echten, umfassenden Innovation bedarf.¹¹⁸ Aufgrund des genannten Zuzuges in die Städte und einem gleichzeitigem Trend zu mehr Autos pro Haushalt sowie mehr Fahrzeugen allgemein¹¹⁹ hat das ITF ebenfalls untersucht, wie man der Situation in den großen Städten Herr werden könnte und kommt im Report „*Urban Mobility System Upgrade - How shared self-driving cars could change city traffic*“ von 2015 mit Berechnungen der Transportdaten und Mobilitätsnutzung von Lissabon zu dem Ergebnis, dass unter Idealumständen und Nutzung von *AutoVots* (selbstfahrende Fahrzeuge, welche einzelne Personen ähnlich einem Taxi abholen und absetzen - *Car-sharing*) sowie *TaxiBots* (selbstfahrende Fahrzeuge, welche mehrere Personen gleichzeitig befördern, diese abholen und absetzen – *Ride-sharing*) auf 90% aller Fahrzeuge verzichtet werden könnte.¹²⁰ Das hätte dramatisch, positive Folgen für die Lebensqualität der Menschen in Städten bezüglich der Luftqualität, der Lärmentwicklung, der Nutzung bisher für Parkplätze benötigter Flächen, sowie der Mobilität allgemein, denn automatisierte *AutoVots* oder *TaxiBots* ließen sich ungeachtet einer bisher notwendigen Ausbildung zur Führung eines Fahrzeuges nutzen womit ein wichtiger Schritt zur Gleichberechtigung aller Bürger

¹¹⁶ Vgl.: ITF (Safer Roads with Automated Vehicles), 2018 S.: 15-16

¹¹⁷ Vgl.: ITF (Safer Roads with Automated Vehicles), 2018 S.: 20-23

¹¹⁸ Vgl.: MiD-Ergebnisbericht, 2018 S.: 69-71

¹¹⁹ Vgl.: MiD-Zeitreihenbericht, 2018 S.: 75-77

¹²⁰ Vgl.: ITF (Media Release), 2015 S.: 1

und Bürgerinnen gesetzt wäre.¹²¹ Dabei würde es laut der Prognose des ITF zwar zu einem Anstieg der Verkehrsleistung kommen, allerdings wäre dies durch die notwendigen Zwischenfahrten (also jene Fahrten zwischen dem Zielort des letzten Fahrgastes und dem Abhol-Ort des neuen Fahrgastes) sowie einer allgemein steigenden Nutzung dieses Verkehrsmittels zu erklären.¹²²

Vergleichbare Studien wie jene von K. Spieser und seinen KollegInnen kommen zu ähnlichen Ergebnissen, obgleich die Zahlen im Detail etwas variieren ist die Aussagekraft die gleiche.¹²³ Autonomes Fahren als Innovation des Mobilitätssektors bietet immense Vorteile gegenüber unserem gewohnten Individualverkehr und ermöglicht Verbesserungen in Punkto Verkehrssicherheit, der Einfachheit der Nutzung und die breite Verfügbarkeit, zumindest in urbanen Räumen, die geringere Verkehrsbelastung durch effizientere Fahrzeuge und deren effizientere Nutzung sowie die Platzgewinne, die durch die obsolet gewordenen Parkplätze entstehen würde.¹²⁴

Zachariah untersuchte genau wie Spieser die Auswirkungen von automatisierten Fahrzeugen auf Großstädte und schlussfolgerte mit seinen Kollegen und Kolleginnen, dass autonome Fahrdienste Mobilität personalisiert, automatisiert, schnell abrufbar und direkt anzubieten hätten, um einen möglichst großen Impact auf die Mobilitätsbranche zu haben.¹²⁵ Auch er spricht von hohem Einsparungspotential bezüglich der Anzahl an Fahrzeugen und geht von einem Markteinstiegsszenario in stark frequentierten, öffentlichen Bereichen wie Flughäfen, Bahnhöfe und dergleichen aus.¹²⁶ Das folgende Zitat stellt eine gute Zusammenfassung der wissenschaftlichen Studien, welche im Zuge dieses Einleitungskapitels herangezogen wurden dar und bestätigt autonome Fahrzeugsysteme als nächste große Mobilitätsinnovation.

„Autonomous vehicles and an aTaxi system are attractive since the only primary implementation cost is technology. Unlike other modes of transportation that require an infrastructure investment, autonomous vehicles use existing guideways. Although technological, legal, and financial barriers do exist, the convenience, safety, mobility, and utility that autonomous vehicles confer make the adoption of such a

¹²¹ Vgl.: ITF (Urban Mobility System Upgrade), 2015 S.: 25-26

¹²² Vgl.: ITF (Urban Mobility System Upgrade), 2015 S.: 21 und 30

¹²³ Vgl.: SPIESER et al., 2014 S.: 4-10

¹²⁴ Vgl.: SPIESER et al., 2014 S.: 14-15

¹²⁵ Vgl.: ZACHARIAH et al., 2013 S.: 9-10

¹²⁶ Vgl.: ZACHARIAH et al., 2013 S.: 2-4

*transformative technology inevitable. With the advent of autonomous taxis, vehicles will shift from the “ultimate driving machine” to the “ultimate riding machine.”*¹²⁷

Das letzte Unterkapitel vor dem praktischen Teil der Arbeit stellte eine Bestandsaufnahme der rechtlichen Rahmenbedingungen in Deutschland zum Thema autonomen Fahrens dar. So orientierten sich der Deutsche Bundestag und das Bundesamt für Straßenwesen am Stufenmodell der SAE von 2014, führten allerdings ein paar Anpassungen durch, woraus ein 5-Stufen Modell entstand, welches autonome Fahrzeuge allerdings nicht beinhaltet, sondern sich auf die unterschiedlichen Automatisierungsstufen konzentrierte, bei denen ein Eingreifen in das Fahrgeschehen jederzeit möglich ist.¹²⁸¹²⁹ Die Trennung von hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen lässt sich daran festmachen, dass obgleich in beiden Fällen eine Überwachung des Fahrzeuges nicht notwendig ist, bei Hochautomatisierten Fahrzeugen die FahrerInnen zur Übernahme der Fahraufgabe aufgefordert werden können und diese dann auch übernehmen müssen, während bei Vollautomatisierten Fahrzeugen das System des Autos sich selbst in allen Situationen in einen risikominimalen Zustand zurückführen kann.¹³⁰ Die Integration automatisierte Fahrzeuge in das deutsche Gesetzbuch ist an bestimmte Faktoren gebunden, welche komplett autonome Fahrzeuge aktuell nur in extrem eingeschränkten Situationen nutzbar machen.¹³¹ Rechtlich gesehen muss es technisch möglich sein, die Kontrolle über das Fahrzeug jederzeit übernehmen zu können und nicht nur, wenn das interne System die FahrerIn dazu auffordert, was eine Einführung autonomer Fahrzeuge im kommerziellen Sinne derzeit verunmöglicht.¹³² Allerdings sollen diese Hürden in absehbarer Zeit fallen und den Weg der autonomen Fahrzeugentwicklung frei machen.¹³³

Abseits der rechtlichen Hürden sind auch ethische Grenzen dieser neuen Technologie zu setzen und genauestens abzustecken. In Deutschland wird mittels einer interdisziplinären Ethikkommission, bestehend aus den fünf Arbeitsgruppen, „Unvermeidbare Schadenssituationen“, „Datenverfügbarkeit, Datensicherheit und Datenökonomie“, „Interaktionsbedingungen für Mensch und Maschine“, „Ethischen

¹²⁷ ZACHARIAH et al., 2013 S.: 14

¹²⁸ Vgl.: BAST (Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung), 2012, S.:1

¹²⁹ Vgl.: SAE (Automated Driving), 2016 S.: 1-2

¹³⁰ Vgl.: BAST (Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung), 2012 S.:1

¹³¹ Vgl. Absatz 0, 2.3.4, 5.1.6.1 Satz 1 UN/ECE-Regelung Nr. 79; Ungern-Sternberg (2017) S. 299.

¹³² Vgl.: § 1a Abs. 3 i.V.m. Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 StVG.

¹³³ Vgl.: UNGERN-STERMBERG, 2017 S.: 300-302

Kontextbetrachtung über den Straßenverkehr hinaus“, sowie „Verantwortungsbereich für Software und Infrastruktur“ versucht herauszufinden, wie und wo man die ethischen Grenzen dieser innovativen Technologie absteckt.¹³⁴ Sie beschäftigt sich insbesondere mit Fragen zu Dilemmasituationen, in welchen zwischen mehreren Übeln entschieden werden muss und wirft die Frage auf, wer in diesen Situationen haftbar gemacht werden kann.¹³⁵

Nach diesem theoretischen Annäherungsversuch an die Implementierung und den theoretischen Einsatz sowie Vorteile autonomen Fahrens, ist es vor der Analyse der Herangehensweise der BMW Group wichtig, die Einstellung der Bevölkerung gegenüber autonomen und automatisierten Fahrzeugen festzuhalten, weswegen zwei Studien, „Autonomes Fahren in Deutschland 2017“ und „Elektromobilität und autonomes Fahren in Deutschland 2019“ ausgewertet und miteinander verglichen wurden. In beiden Fällen war der Auftraggeber das globale Prüfungs- und Beratungsunternehmen *Ernst & Young*, welche die Studien bei unterschiedlichen Marktforschungsinstituten in Auftrag gaben.¹³⁶¹³⁷ Die Ergebnisse zeigen, dass der Zuspruch für selbstfahrende Autos zwischen 2017 und 2019 dramatisch abgenommen hat wobei besonders die älteren Generationen ab 65 Jahren die Fahrtätigkeit keinem automatischen System übergeben wollen.¹³⁸ Die Akzeptanz korreliert nicht nur mit dem Alter, sondern auch mit den Kilometer Wegstrecke, welche die Befragten in ihren bisherigen Fahrzeugen zurücklegten. Je mehr diese fuhren, umso attraktiver scheint die Nutzung eines selbstfahrenden Fahrzeuges bei den VerbraucherInnen zu werden.¹³⁹

Ein Auto als Privatbesitz ist den Deutschen allerdings immer noch sehr wichtig, wobei die überwiegende Mehrheit ein Fahrzeug als Mittel zum Zweck der Fortbewegung sieht und andere Faktoren, wie den Fahrspaß weit hinten anreicht. Daraus lässt sich schließen, dass am Faktor „Besitz“ seitens der deutschen Autoindustrie gearbeitet werden müsste, da die Gründe für den Besitz als pragmatisch anzusehen sind.¹⁴⁰¹⁴¹ Die Befragten sehen diese auch in der führenden

¹³⁴ Vgl.: BMVI (Bericht der Ethikkommission), 2017 S.: 14

¹³⁵ Vgl.: BMVI (Bericht der Ethikkommission), 2017 S.: 15-16

¹³⁶ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 2

¹³⁷ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2019, S.: 2

¹³⁸ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2019, S.: 15

¹³⁹ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 9

¹⁴⁰ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2019, S.: 19

¹⁴¹ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 15-16

Rolle, um selbstfahrende Fahrzeuge Massenmarkt-tauglich zu machen und rechnen in der Mehrheit mit einer Markteinführung im Jahr 2030.¹⁴²

Auch die Anforderungen sowie die wahrgenommenen Vorteile autonomer Fahrzeuge korrelieren überwiegend mit den aus bisherigen Studien herausgearbeiteten Zielen für die Mobilitätsinnovation des autonomen Fahrens. Besserer Verkehrsfluss, höherer Komfort, geringerer Verbrauch sowie erhöhte Sicherheit sind die Faktoren, die für die potenzielle Kundschaft am höchsten wiegen und sollten dementsprechend von der Autoindustrie umgesetzt und kommuniziert werden.¹⁴³

Aus dieser Zusammenfassung lassen sich die Leitlinien und zu beachtenden Faktoren, welche für eine erfolgreiche Implementierung und Vermarktung von autonomen Fahrzeugen notwendig sind, herauslesen. Der nachfolgende Teil dieser Diplomarbeit befasst sich sowohl mit der Rolle der Politik mit dieser Mobilitätsinnovation, als auch mit dem Unternehmen *BMW Group*, analysiert die Vorgangsweise, Zusammenarbeit, Unternehmensstruktur und das praktische Mitwirken unterschiedlicher Akteure und Akteurinnen auf geographischer Ebene bei der Entwicklung und Etablierung autonomer Fahrzeuge am deutschen Markt.

¹⁴² Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 12

¹⁴³ Vgl.: ERNST & YOUNG. 2017, S.: 9

7 Innovationssystem-Analyse autonomes Fahren Deutschland

7.1 Innovationsförderung durch politische AkteurInnen

Das die deutsche Bundesregierung ein großes Interesse an der heimischen Automobilbranche hegt und diese Branche national wie auch international schützen möchte ist kein Geheimnis. Denn mit knapp 800.000 MitarbeiterInnen und einem Drittel des Außenhandelsüberschusses Deutschlands, hat die Traditionsbranche eine hohe, wirtschaftliche Bedeutung für die Bundesregierung.¹⁴⁴

Da auch die Bundesregierung bei der Innovationsförderung durch die Politik Handlungsbedarf sieht, verfolgt sie eine Innovationspolitik der technologieoffenen Förderung. Diese sieht vor, dass die Innovationskraft in Deutschland durch marktorientierte Förderprogramme gestärkt wird, die besonders an den Mittelstand adressiert sein sollen. Auch die Stärkung der Schnittstellen zwischen Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie eine bessere Verknüpfung von heimischen Unternehmen mit internationalen Partnern stehen im Vordergrund, wobei der gesellschaftliche Aspekt bei der Entwicklung von Innovationen ebenfalls mehr eingebunden werden soll. Das bereits angesprochene, durch die Bundesregierung versprochene Ziel 3,5% des BIP's für FuE auszugeben, wird 2018 auch betont. Dafür wurde die sogenannte *High-Tech-Strategie* (HTS) formuliert, um zukunftsweisende Technologien und Geschäftsmodelle zu bestärken und zu stützen und die Allianzen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik zu festigen.¹⁴⁵

Bezüglich der Mobilität hat die Bundesregierung ein eigenes Kapitel mit dem Titel „intelligente Mobilität“ verfasst, um ihre Pläne für die innovativen, technologischen Fortschritte der Branche zu erläutern. Die Pläne umfassen eine Vision einer Mobilität, welche soziale Teilhabe garantiert, die Nachhaltigkeit sowie die Umweltverträglichkeit der Mobilität verbessert und für alle zugänglich sein soll. Alternative Antriebe, sowie eine gezielte Förderung von automatisierten und vernetzten Fahrzeugsystemen stellen hierbei wichtige Weichen zur Erreichung dieser Vision. Die Transformation von einzelnen Mobilitätsaspekten hin zu einem intelligenten und effizienten Gesamtsystem steht dabei im Zentrum der Überlegungen der Bundesregierung. Ein

¹⁴⁴ Vgl.: BARTHEL et al., 2010 S.: 18

¹⁴⁵ Vgl.: BMBWF (Bundesbericht Forschung und Innovation), 2018 S.: 8-9

konkretes Ziel ist die Erforschung von autonomer Mobilität, um einen rechtssichereren Raum für die Nutzung dieser Fahrzeuge zu schaffen. Die Politik nimmt ihre Aufgabe wahr, für die passenden, rechtlichen Rahmenbedingungen zu sorgen, die es autonomen Fahrzeugen ermöglichen werden sowohl in widrigen Situationen, als auch in Hochgeschwindigkeitsbereichen wie etwa auf Autobahnen, fahren zu können. Dabei ist der Bundesregierung bewusst, dass es zu Anpassungen seitens des Rechtssystems kommen muss, weswegen bereits an Testklauseln gearbeitet wird. Das Ziel, bis Ende der Legislaturperiode (Herbst 2021) eine voll ausjudizierte Version für ein Gesetz zur Nutzung von automatisierten Fahrzeugen der Stufe 5 (siehe Kapitel: Rechtliche Rahmenbedingungen für autonome Fahrzeuge) fertig zu stellen, wurde ebenfalls formuliert.¹⁴⁶

Dass die deutsche Automobilbranche eine Sonderstellung innerhalb des Innovationssektors der gesamten Wirtschaft einnimmt, zeigen bereits die Ausgaben der internen FuE-Abteilungen, welche mit 21.466 Millionen Euro die mit Abstand höchsten finanziellen Zuschüsse aller Branchen bekommen. Diese Summe macht etwa ein Drittel aller internen FuE-Ausgaben aller Branchen in Deutschland aus, in welcher auch personell die meisten Menschen (ca. 68.500 ForscherInnen) arbeiten.¹⁴⁷

Parallel zur Förderung der Automobilbranche in ihrer Entwicklung autonomer Fahrzeugsysteme hat sich die Bundesregierung auch Förderungen für die Branche der Elektronik und Elektroniksysteme in ihren Entwicklungen zu autonomen Fahrzeugsystemen überlegt. Die Entwicklung dieser elektronischen Systeme soll also nach Möglichkeit in Deutschland erfolgen und Förderung von Zusammenarbeit zwischen den Branchen kann aus den Formulierungen herausgelesen werden. Auch die Robotik, die Batterieforschung für die Elektromobilität, die Zusammenarbeit zwischen EnergielieferantInnen und der Automobilindustrie zur Sicherstellung einer ausreichenden elektromobilitätsfreundlichen Infrastruktur sollen mit Förderungen gestärkt werden.

Dem Thema der Mobilität widmete die Bundesregierung in ihrem Bericht von 2018 ein eigenes Kapitel in welchem sie auf ihre Ansprüche an die Mobilität der Zukunft eingehen, sowie die Pläne für automatisierte Fahrzeugsysteme offenlegen. Die

¹⁴⁶ Vgl.: BMBWF (Bundesbericht Forschung und Innovation), 2018 S.: 23-24

¹⁴⁷ Vgl.: BMBWF (Bundesbericht Forschung und Innovation), 2018 S.: 78-79

Mobilität in Deutschland soll demnach sicher, effizient und umweltverträglich gestaltet werden und auf Herausforderungen wie der sich verändernden Mobilitätsanforderungen wie etwa die steigende Urbanisierung und die Individualitätsansprüche reagieren können. Zur Erreichung dieser Ziele stellt die Bundesregierung mehrere Expertengruppenprogramme vor, welche im praktischen Teil in ihrer Zusammenarbeit mit den AutomobilherstellerInnen vorgestellt werden. Im Unterkapitel zum Thema automatisiertes Fahren berichtet die Bundesregierung von mehreren Forschungsprogrammen, die sowohl in einer theoretischen Ebene die Entwicklung unterstützen, als auch in einer praktischen Ebene bei der Testung von automatisierten Systemen helfen soll. Die weitere Förderung von Forschung und Entwicklung wird hervorgehoben und soll etwa mittels des Forschungsprogrammes „Automatisierung und Vernetzung im Straßenverkehr“ die Schnittstellen zwischen FahrerIn und Fahrzeug untersuchen, sowie eine Verkehrsplanung und – Management, die Vernetzung und die gesellschaftlichen Aspekte von automatisierten Fahrzeugsystemen analysieren. Bis zum Jahr 2020 werden laut dem Bundesbericht 24 unterschiedliche Vorhaben bei der Forschung und Entwicklung automatisierter Fahrzeugsysteme mit rund 54 Millionen Euro gefördert. Die Erprobung auf möglichst praxisnahen Testfeldern stellt hierbei eine hohe Relevanz dar, da nur mit möglichst realistischen Situationen ein funktionierender Dauerbetrieb im Alltagsverkehr simuliert werden kann. Eine dieser Teststrecken ist mit 280 Kilometern in Niedersachsen zu finden und steht künftigen, innovativen Mobilitätslösungen zur Verfügung. Eine andere Strecke soll die Untersuchung vom Verhalten innovativer Fahrzeugsysteme in der innerstädtischen Mobilität dienen und wird in Braunschweig eingerichtet. Zu diesem Zweck wurde eine Fachgesprächsgruppe bestehend aus AkteurInnen aus der Automobil- und der IKT-Branche sowie Vertretern aus der Politik und der Wissenschaft gegründet, welche in der „Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren“ zusammen an der Gestaltung einer neuen Branche arbeitet.¹⁴⁸

7.1.1 Förder- und Kooperationsstrategien der Bundesregierung

Die „Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren“ der Bundesregierung von 2015 soll einen Leitfaden bieten, um Deutschland als internationalen Leitmarkt bei automatisierten Fahrzeugsystemen zu etablieren. Dabei erkennt die Bundesregierung das Potenzial von autonomen Fahrzeugsystemen und spricht die in

¹⁴⁸ Vgl.: BMBWF (Bundesbericht Forschung und Innovation), 2018 S.: 178-179

dieser Arbeit bereits vorgestellten Vorteile bezüglich der Effizienzsteigerung des Verkehrs, der erhöhten Verkehrssicherheit, der reduzierten Emissionen durch effizientere zur Verfügung Stellung von Mobilitätslösungen, sowie einer wirtschaftlichen Stärkung des Standortes Deutschlands durch eine intelligente Erforschung und Nutzung von mobilitätsbasierenden Innovationen wie eben dem automatisierten Fahrzeug.¹⁴⁹ Die Ziele der Strategie sind demnach zunächst eine Etablierung einem gesetzlich geregelten „Autobahn-Stau-Systems“, welches hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen mit Staufolgen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h erlaubt. Im zweiten Schritt soll automatisiertes Fahren mit bis zu 130 km/h auf den Autobahnen generell erlaubt werden, genauso wie in Verkehrsumgebungen mit niedrigen Geschwindigkeiten wie etwa in Parkhäusern.¹⁵⁰ Um nun diese Schritte realisieren zu können, investiert die Bundesregierung in eine flächendeckende und funktionierende Infrastruktur, um die Vernetzung der automatisierten Fahrzeugsysteme gewährleisten zu können. Dafür soll sowohl das 5G-Netz ausgebaut, als auch bestehende Internetanbindungen verbessert werden. Weiters wird die Vernetzung zwischen Fahrzeugen, sowie die Vernetzung von Fahrzeugen und Verkehrszeichen in Zukunft eine große Rolle spielen, um die automatisierten Systeme neuer Fahrzeuge zu unterstützen. Die technischen Vorteile einer Zusammenarbeit zwischen Messsystemen, dem Menschen und der Vernetzung zwischen Fahrzeugen und Verkehrszeichen wurden im Kapitel zur Sicherheit automatisierter Fahrzeuge bereits vorgestellt. Die Vernetzung zwischen Fahrzeugen soll mittels permanenter Onlinefunktion automatisch geregelt werden, während Fahrzeuge auch in der Lage sein sollen, verkehrsrelevante Informationen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene zu teilen. Die Übertragungen erfolgen über den Digitalradio-Standard „DAB+“ und sollen so in Echtzeit über Verkehrsprobleme informieren. Die Vernetzung mit Verkehrszeichen ist ein weiterer, logischer Schritt bei der Steigerung der Effizienz im Mobilitätssektor. Es soll damit ermöglicht werden, dass der Verkehrsfluss bedarfsgerechter und effizienter gesteuert und angepasst werden kann, um Staus oder Engstellen noch besser vermeiden zu können. Ein flächendeckender Einsatz ist für die Bundesregierung eins der Ziele. Zusätzlich zu den technischen Messsystemen, der Vernetzung zwischen Fahrzeugen und Verkehrszeichen und der Echtzeitinformation über die Verkehrslage im Umfeld oder auf der Fahrroute sollen

¹⁴⁹ Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren), 2015 S.: 8-10

¹⁵⁰ Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren), 2015 S.: 12

auch präzisere Karten mit besseren Messungen den Erfolg automatisierter Fahrzeuge vorantreiben.¹⁵¹ Bei steigender Vernetzung und Online-Funktionen, ist natürlich die entsprechende Datensicherheit und IT-Sicherheit der kommenden Fahrzeuggenerationen von steigender Relevanz. Die Standardisierung von Verschlüsselungstechnologien zwischen HerstellerInnen, ZuliefererInnen und DienstleisterInnen muss vorangetrieben werden, um Fahrzeuge vor Datendiebstahl und *Hacking*-Angriffen schützen zu können. Die Bundesregierung koordiniert hierfür die Formulierung von Grundsätzen der IT-Sicherheit, die durch die Hersteller und Dienstleister garantiert werden müssen. Selbstverständlich müssen auch beim Datenschutz die rechtlichen Bestimmungen eingehalten werden und NutzerInnen über die Verwendung der von ihnen bezogenen Daten informiert werden.¹⁵²

Rechtlich sieht das Strategiepapier der Bundesregierung eine Anpassung des Wiener Übereinkommens, welches internationale Richtlinien für den Einsatz von Fahrzeugen regelt, vor. Ohne eine derartige Anpassung kann automatisiertes Fahren zu keiner Standardisierung kommen, die für eine aufstrebende Branche notwendig ist. Besonders ist hierbei die Geschwindigkeitsbegrenzung für automatisierte Fahrzeuge von nur 10 km/h auf reguläre 130 km/h Reisegeschwindigkeit aufzubessern. Auch auf nationaler Ebene arbeitet die Bundesregierung an einer Verbesserung der Rechtslage für automatisierte Fahrzeugsysteme, sowie an einer Anpassung der Fahrausbildung, welche künftig das Lenken von automatisierten Systemen im Verkehrsbereich beinhalten soll.¹⁵³

7.2 Förder- und Kooperationsprogramme der Bundesregierung bei der Entwicklung und Testung automatisierter Fahrzeuge

Abseits dieser konkreten Pläne und Vorhaben zur Verbesserung der Lage von automatisierten Fahrzeugen, fördert der Bund durch gezielte Maßnahmen dessen Entwicklung, Erprobung und Markteinführung. Die Entwicklung automatisierter Fahrzeugsystemtechnologien wird durch den Bund durch mehrere Ressorts gefördert. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) konzentriert sich auf die Förderung von Elektronik, Sensorik, künstliche Intelligenz, IT-Sicherheit, Technologien der Mensch-Technik-Interaktion, Nachhaltigkeitseffekte, sowie

¹⁵¹ Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren), 2015 S.: 20-22

¹⁵² Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren), 2015 S.: 22-25

¹⁵³ Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren), 2015 S.: 16-18

gesellschaftliche und kommunale Herausforderungen. Die Erforschung von intelligenter Mobilität wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit insgesamt 100 Millionen Euro gefördert.¹⁵⁴

26 Millionen Euro fließen davon in das Projekt UNICARagil, welches seit 2018 läuft und in welchem die Forschungsressourcen und –ergebnisse von 16 Universitäten und Unternehmen an insgesamt 10 unterschiedlichen Standorten vereint werden. Die Universitäten Technische Universität Braunschweig, die Universität Ulm, die Universität Passau, die Universität Stuttgart, die Technische Universität München, die RWTH Aachen University sowie die Technische Universität Darmstadt forschen gemeinsam zu Technologien rund um das automatisierte Fahren. Die Unternehmen Maxion Wheels Germany Holding GmbH, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, VIRES Simulationstechnologie GmbH, FlyXdrive GmbH, iMAR Navigation GmbH, atlatec GmbH, IPG Automotive GmbH und Valeo Schalter und Sensoren GmbH sind ebenso mit ihren FuE-Abteilungen an der Forschungstätigkeit beteiligt.¹⁵⁵ Die Projektleitung obliegt dem Dienstleistungsunternehmen VDI / VDE / IT, welches sich auf die Beratung, Koordination und das Management von Projekten rund um Innovation und Technik spezialisiert hat. Die bieten ihr gesammeltes Wissen von über 500 Experten und Expertinnen aus den unterschiedlichsten Branchen an und konzentrieren sich dabei auf die Vernetzung von AkteurInnen der Wirtschaft und Wissenschaft und auf die Durchführung von Förderprogrammen.¹⁵⁶¹⁵⁷ Das Ziel des Projektes UNICARagil ist es, eine disruptive, modulare Architektur für automatisierte Fahrzeugkonzepte aus Hard- und Softwarekomponenten zu entwickeln. Der Schwerpunkt des Projektes liegt dabei auf die Entwicklung von Sensortechnik, sowie einer vernetzten Cloudtechnik und update-barer Software.¹⁵⁸ Dieses Projekt steht in klarer Konkurrenz zu den Bestrebungen der AutomobilherstellerInnen, da ein eigenes Fahrzeug entwickelt wird, welches möglichst universell verwendbar sein soll. Da es sich allerdings momentan noch in der Forschungsphase befindet und eine geplante Erprobung erst ab dem Jahr 2021 anlaufen wird ist davon auszugehen, dass eine Fertigstellung eines einsetzbaren Fahrzeuges dem Zeitplan der

¹⁵⁴ Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Aktionsplan Forschung für autonomes Fahren), 2019 S.: 8

¹⁵⁵ Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Aktionsplan Forschung für autonomes Fahren), 2019 S.: 10

¹⁵⁶ Vgl.: VDI/VDE/IT (<https://vdivde-it.de/de/profil>) o.J., o.S.

¹⁵⁷ Vgl.: VDI/VDE/IT (<https://vdivde-it.de/de/thema/automatisiertes-fahren>) o.J., o.S.

¹⁵⁸ Vgl.: UNICARAGIL (<https://www.unicaragil.de/de/>) o.J., o.S.

AutomobilherstellerInnen deutlich hinterher hinkt, da BMW bereits ein Fahrzeug der Stufe 3 für 2021 angekündigt hat.¹⁵⁹

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat ein eigenes Projekt auf die Beine gestellt, welches den direkteren Kontakt mit Autobauern und Zulieferern sucht, um diese mit Forschungsinstitutionen zu verbinden. Dieses Förderprogramm mit dem Namen „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ fokussiert sich auf zwei Kernthemen der Erforschung automatisierter Fahrzeuge, die Digitalisierung und Antriebs- beziehungsweise Fahrzeugkonzepte.¹⁶⁰ Sigmar Gabriel, Bundesminister für Wirtschaft und Energie leitete die Entwicklung des neuen Programmes selbst und formulierte die Aufgabenstellung des Programmes wie folgt: „Die Fahrzeugindustrie mit ihrer breiten Wertschöpfung ist eine Schlüsselbranche für den Industriestandort Deutschland. Um ihre Wettbewerbsfähigkeit in einem sich rasch verändernden Umfeld zu erhalten oder sogar zu stärken, fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie verkehrstechnologische Forschungsprojekte für die Mobilität von morgen. Gerade die deutsche Industrie hat die Fähigkeit, Neues schnell in die Praxis umzusetzen, um so noch effizienter zu arbeiten. ... Im Rahmen von Verbundprojekten – die Stärken von Großunternehmen sollen sich mit der Innovationskraft von kleineren und mittleren Unternehmen sowie Forschungseinrichtungen verbinden – will das Fachprogramm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ richtungsweisende Erkenntnisse und Innovationen für den mobilen Alltag von morgen gewinnen.“¹⁶¹

Diese Ziele sollen bis zum Jahr 2025 im Zuge der übergeordneten *High-Tech*-Strategie der Bundesregierung erfolgen, welche sich auf die Konzentration von Forschung und Innovation auf nationaler Ebene fokussiert. Da der Großteil der Fördermittel im Zuge dieses Programmes vorrangig für KMU's aufgewendet werden und eine Kooperation zwischen Industrie und Forschung sowie den genannten, innovationsstarken KMU's angestrebt wird, dient das Programm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ nur bedingt für eine Analyse im Zuge dieser Arbeit. Großunternehmen sollen demnach die Fördermittel, die sie erhalten als Anreiz für die Auseinandersetzung mit vorwettbewerblichen Bereichen sehen und die Kooperation

¹⁵⁹ Vgl.: BMW GROUP (<https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0284904DE/der-bmw-vision-inext-die-zukunft-im-visier?language=de>) 2018 o.S.

¹⁶⁰ Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Aktionsplan Forschung für autonomes Fahren), 2019 S.: 10

¹⁶¹ BMWI (Fachprogramm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“), 2015 S.: 3

mit KMU's suchen, um diese vor allem finanziell zu unterstützen.¹⁶² Im Detailbericht des BMWi zur Förderung von Forschungsprojekten auf dem Gebiet „Hoch- und vollautomatisiertes Fahren für anspruchsvolle Fahrsituationen“, ebenfalls aus dem Jahr 2015, wird detaillierter auf die Förderungen und Ziele dieser eingegangen. Das Hauptziel soll es sein, Technologien zu fördern, welche eine automatisierte Fortbewegung von Fahrzeugen auf Autobahnen mit Geschwindigkeiten von bis zu 130 km/h betreffen. Die geförderten Forschungsfelder sollen zur Verbesserung der Technik in den Feldern der Sensorik (Verbesserung der Umgebungswahrnehmung der Fahrzeuge mittels Radar, LiDAR, Ultraschall und Kamera), der Datenverarbeitung (Verbesserung der Datenverarbeitung sowie einer Verbesserung der Objektwahrnehmung) und Lokalisierung (Weiterentwicklung von selbstlernenden, interaktiven Karten) sowie beim FahrerInnenverhalten und der Vernetzung dienen.¹⁶³ Die ZuwendungsempfängerInnen sind wie bereits angesprochen primär KMU's, aber auch wissenschaftliche Einrichtungen wie Universitäten oder Forschungseinrichtungen. Als Voraussetzung wird eine Themenstellung der jeweiligen FuE-Abteilungen festgelegt, die sich mit den Zielen des Programmes vereinbaren lässt. Die Förderungen werden auch erst ausgezahlt, wenn die Forschungsvorhaben technologisch als innovativ zu bezeichnen sind und aufgrund von ihrer Neuartigkeit mit einem technischen oder wirtschaftlichen Risiko verbunden sind, sodass eine Förderung dieses Risiko mindern kann. Eine weitere Voraussetzung ist, dass die geplanten Forschungsvorhaben noch nicht begonnen wurden und dementsprechend sich erst in einer Planungsphase befinden.¹⁶⁴

Falls die Förderung greift, deckt sie bis zu 50% der entstandenen Kosten für FuE-Abteilungen von Unternehmen, während die Bemessungsgrundlage bei wissenschaftlichen Bildungseinrichtungen unterschiedlich ausfällt.¹⁶⁵ Um einen Blick auf die Wirkung und Kooperationsformen zu werfen, die durch die vorgestellten, politischen Maßnahmen gestärkt werden sollen, werden nachfolgend die größten Projekte analysiert, an denen die BMW Group aktiv beteiligt ist. Aufgrund der Menge an Projekten, die nah oder entfernt mit automatisiertem Fahren zu tun haben, musste eine Auswahl getroffen werden, um möglichst repräsentativ Aussagen über die Kooperationsformen im Zuge der Projekte treffen zu können.

¹⁶² Vgl.: BMWi (Fachprogramm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“), 2015 S.: 14

¹⁶³ Vgl.: BMWi (Bekanntmachung zur Förderung von Forschungsprojekten), 2015 S.: 4-5

¹⁶⁴ Vgl.: BMWi (Bekanntmachung zur Förderung von Forschungsprojekten), 2015 S.: 6

¹⁶⁵ Vgl.: BMWi (Bekanntmachung zur Förderung von Forschungsprojekten), 2015 S.: 8-9

7.2.1 Projekt PEGASUS

Die nächste Förderstufe behandelt nach der Erforschung von automatisierter Fahrzeugtechnik die Erprobung von Prototypen und angehenden Serienfahrzeugen. Zu diesem Zweck wurden die beiden Programme PEGASUS und IMAGinE gegründet, wobei sich ersteres Programm implizit mit der Erprobung von automatisierten Fahrzeugen, welche mit bis zu 130 km/h auf Autobahnen fahren können sollen befasst. Hierfür müssen einheitliche Tests, Testauswertungsmethoden und –werkzeuge entwickelt werden, um branchenumfassende Standards bezüglich des Sicherheitsaspektes zu entwickeln. PEGASUS wird mit 16,3 Millionen Euro gefördert.¹⁶⁶ Das Anfang 2019 beendete PEGASUS-Projekt (Abkürzung für: Projekt zur Etablierung von generell akzeptierten Gütekriterien, Werkzeugen und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen) befasst sich mit der Entwicklung von Standards zur Absicherung hochautomatisierter Fahrzeuge. Das Augenmerk liegt dabei auf die Einführung von praxistauglicher Tests, welches auch von der Automobilindustrie in Deutschland unterstützt wird. Die Mitglieder erstrecken sich von der Audi AG über die BMW Group, der Daimler AG, Opel Automobile GmbH bis hin zur Volkswagen AG. Die BMW Group engagiert sich im PEGASUS Projekt mit ihrer Expertise der Vernetzung zwischen FahrerIn, Fahrzeug und Umwelt, während die Volkswagen AG ihre Erkenntnisse bei der Forschung nach effizienten, automatisierten Fahrfunktionen, insbesondere für den Verkehr auf Autobahnen einbringt, wobei auf die Aufgaben der im Zuge dieser Arbeit im Fokus stehenden BMW Group etwas später näher eingegangen wird. Die Volkswagen AG unter der Leitung von Professor Form übernahm die Gesamtprojektleitung. Die weiteren, nicht aus der Industrie kommenden Partner im PEGASUS Projekt sind etwa die ADC – *Automotive Distance Control Systems* GmbH, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), die Robert Bosch GmbH, die technische Universität Darmstadt, sowie der TÜV SÜD Auto Service GmbH, um einige der namenhaften Partner zu nennen.¹⁶⁷ Das Projekt selbst ist in vier Teilprojekte unterteilt worden, wobei die Volkswagen AG die Projektleitung des Teilprojektes 1 übernommen hat. Das erste Projekt mit dem Titel „Szenarienanalyse und Qualitätsmaße“ befasst sich mit der Frage, wie die Leistungsfähigkeit von Mensch und Maschine zu klassifizieren ist und

¹⁶⁶ Vgl.: BUNDESREGIERUNG (Aktionsplan Forschung für autonomes Fahren), 2019 S.: 10

¹⁶⁷ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/about-PEGASUS>) o.J., o.S.

ob die maschinelle Leistung ausreichend über der menschlichen einzuordnen ist, was zur Erreichung dieses Ziels noch zu tun ist und welche Folgen diese Entwicklungen haben werden. Außerdem wird die gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz von hochautomatisierten Fahrzeugen eine Voraussetzung für deren Erfolg sein. Im Zuge dieses Projekts sollen die Fragen geklärt werden, welche Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung und Festlegung von Auslegungskriterien für hochautomatisierte Fahrfunktionen aussehen sollen, wie man diese Methoden und Werkzeuge demonstrativ präsentieren kann und wie die funktionellen Anforderungen in Beispielen auszusehen haben. Als repräsentatives Beispiel hat man sich für das Anwendungsfeld des Autobahnchauffeurs entschieden, da dieser Anwendungsschritt vermutlich einer der ersten sein wird. Anschließend untersuchte man potenzielle, kritische Verkehrssituationen und versuchte diese Szenarien in Testläufen in Simulationen am Prüfgelände nachzustellen, um die Unterschiede zwischen menschlichem und maschinelltem Leistungsvermögen messen zu können und in der Lage zu sein, die Unterschiede klarer zu definieren. Zur Steigerung der allgemein gesellschaftlichen Akzeptanz müssen die maschinellen Ergebnisse den menschlichen mindestens ebenbürtig sein, allerdings wird eine höhere Leistung angestrebt.¹⁶⁸ Die Aufgabe der Volkswagen AG innerhalb dieses Projektes stellt die Repräsentanz der Ergebnisse und der Forschungen vor Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft dar. Da die Volkswagen AG eine ausgereifte und ausgezeichnete Unfallforschung betreibt, wird es ihre Aufgabe sein, die Daten der Unfälle, die Unfallrekonstruktion sowie eine Unfallsimulation und die Ermittlung der kritischen Situationen bezüglich des potenziellen Schadens und Auftretenswahrscheinlichkeit zu berechnen und zu klassifizieren. Je genauer die Ursachen für kritische Situationen, sei es aus menschlichem Versagen heraus, oder noch fehlerhafter, automatisierter Handlungen, beschrieben werden kann, umso genauer kann mittels angepasster Soft- oder Hardware darauf reagiert werden. Zu diesem Zweck wird die Volkswagen AG eine Wirkungsfeld- und Sensitivitätsanalyse entwickeln, die zur Identifikation von Risiken, welche durch Handlungen automatisierter Fahrzeugsysteme entstehen, dienen.¹⁶⁹ Die BMW Group wird bei der Formulierung und der Klassifikation von potenziell kritischen Situationen der Volkswagen AG beistehen und gemeinsam eine Datenbank entwickeln, in welcher

¹⁶⁸ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-1>) o.J., o.S.

¹⁶⁹ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/volkswagen-ag>) o.J., o.S.

möglichst alle Szenarien mit konkreten Handlungsmustern aufgelistet werden, um die automatisierten Systeme immer weiter anzupassen und zu verbessern.¹⁷⁰

Im zweiten Teilprojekt steht die Umsetzung der Erkenntnisse aus dem Teilprojekt 1 in technischer Hinsicht. Eine standardisierte Entwicklung und Testung automatisierter Fahrzeuge muss hinsichtlich der Zusammenwirkung zwischen Mensch und Maschine erfolgen, um die daraus gewonnenen Erkenntnisse und Konzepte in die bestehenden Unternehmensstrukturen von Automobilherstellern möglichst reibungsfrei eingliedern zu können. Lerneffekte, Anpassungsstrategien und die Verwendbarkeit für mögliche Serienproduktionen müssen implementiert und durchdacht werden.¹⁷¹

Das dritte Teilprojekt verarbeitet die bisher gewonnenen Informationen der beiden vorangegangenen Projekte und formuliert daraus Werkzeuge und Methoden, um die Testung von automatisierten Fahrzeugen von den Laboren über Testgelände bis hin zum Realverkehr zu leiten. Die bisher angesprochene Datenbank wird nun im dritten Projekt um weitere Daten zu Testspezifikationen und weiteren Inputs erweitert, sodass aus der Fülle an gesammelten Daten eine Art Allgemeintestung für den Umgang von automatisierten Fahrzeugen in kritischen Verkehrssituationen simuliert und getestet werden kann. Es ist das Ziel des Teilprojektes, ein Prüfungssystem für die Funktionsweise von hochautomatisierten Fahrzeugen zu entwerfen, welches möglichst eine Allgemeingültigkeit aufweist und von allen Automobilherstellern als Mindestmaß an Sicherheit verstanden wird.¹⁷² Die *BMW Group* koordiniert in diesem Projekt die Implementierung von technisch kritischen Situationen in den Datenbanken-katalog für kritische Verkehrssituationen und stellt eine virtuelle Simulations- und Testungssoftware für die kritischen Verkehrssituationen vor. Die Volkswagen AG arbeitet innerhalb des dritten Teilprojektes an der Verfeinerung der Testfälle, um die Anzahl der Testmenge zu reduzieren und somit alltagstauglicher zu gestalten. Für die Bewertung der Tests auf dem Prüfgelände, innerhalb von Simulationen und im Realverkehr entwickelt Volkswagen sogenannte Key Performance Indikatoren (KPI), welche zur Bewertung der Tests und Simulationen verwendet werden soll. Damit fokussiert sich Volkswagen auf die Bewertungskriterien und die Vergleichbarkeit zwischen Simulationsergebnissen und Tests in der Realität, in welchen besonderes Augenmerk auf die Funktionsweise und Wirksamkeit der

¹⁷⁰ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/bmw-group>) o.J., o.S.

¹⁷¹ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-2>) o.J., o.S.

¹⁷² Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-3>) o.J., o.S.

Sensorik und Umgebungswahrnehmungsinstrumenten genommen wird. Hierfür stellt Volkswagen ein Fahrzeug mit hochautomatisierter Technologie bereit, welches für die Feldtests im Rahmen der Fahrfunktion „Autobahnchauffeur“ eingesetzt wird und mit den angesprochenen, technischen Mess- und Wahrnehmungsinstrumenten ausgestattet ist.

Ein weiterer Eckpfeiler des gesamten PEGASUS Projektes stellt die Entwicklung einer möglichst genauen und möglichst aussagekräftigen Simulationssoftware dar, welche als *Software-in-the-loop*-Simulation bezeichnet wird. Diese ist in der Lage ununterbrochene Simulationen von Verkehrssituationen durchzuführen, um eine kritische Masse an Testungen möglichst einfach und schnell erreichen zu können, damit statistisch relevante Aussagen getroffen werden können.¹⁷³

Im letzten Projekt steht nun die Auswertung und die Reflektion der durch die Tests gewonnenen und durch die Datenbanken verfügbar gemachten und durch die KPI's vergleich- und auswertbar gewordenen Daten an. Eine Überprüfung etwa, ob ein *Software-in-the-loop*-Simulationstest aussagekräftig genug ist, um möglicherweise auf eine reale Testung zu verzichten, wird innerhalb dieses letzten Teilprojektes bewertet. Besonders die *BMW Group* hat im letzten Teilprojekt eine wichtige Rolle bei der Bewertung der Wirksamkeit und Integrationsfähigkeit der Testung der hochautomatisierten Fahrzeuge gespielt. Um möglichst effizient und zeitsparend mit der Testung dieser Mobilitätsinnovation umzugehen, ist eine möglichst hohe Anzahl an Testungen per Simulation als wünschenswertes Ziel formuliert worden. Es stellt sich auch die Frage, inwiefern die Standards, welche für die Testung und Auswertung von hochautomatisierten Fahrzeugen im Rahmen des PEGASUS Projektes verfasst wurden, auch für vollautomatisierte oder sogar autonome Fahrzeuge an- und verwendbar sind. Alle im Zuge des PEGASUS Projektes gewonnenen Erkenntnisse, Prozesse, Methoden und Werkzeuge sollen allen partizipierenden Automobilherstellern zugänglich gemacht werden, um vergleichbare und einheitliche Ergebnisse zu erhalten, was schließlich das Ziel des Projektes der Bundesregierung beziehungsweise des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie war.¹⁷⁴

¹⁷³ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-3>) o.J., o.S.

¹⁷⁴ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-4>) o.J., o.S.

Eine einheitliche Testung und Interpretation der Ergebnisse sorgt langfristig für gleiche Standards in der neu entstehenden Branche und damit für vergleichbare Sicherheitsniveaus zwischen den AutomobilherstellerInnen, welche durch die Bundesregierung wiederum rechtlich konkretisiert werden können. Die umfassende Kooperation zwischen Forschungseinrichtungen, industrienahen Unternehmen, AutomobilherstellerInnen und der Bundesregierung als Geld- und AuftraggeberIn ist besonders im Hinblick der starken Konkurrenzstellung der Automobilbauer untereinander, positiv zu bewerten.

Reiner Friedrich (*Product Owner* für Automatisiertes Fahren bei der BMW Group) beschrieb die Arbeit im PEGASUS Projekt wie folgt: “Durch die Mitarbeit am industrieübergreifenden Förderprojekt PEGASUS konnten wir gemeinsam einen Schritt in Richtung durchgängiger und herstellerübergreifender Absicherungswerkzeuge für hochautomatisierter Fahrzeuge gehen. Das hilft uns auf dem Weg zur Schaffung von Standards und damit zu unserem nächsten großen Ziel. Im Jahr 2021 werden wir im BMW iNEXT das hochautomatisierte Fahren auf Autobahnen in Serie bringen.”¹⁷⁵

Auch Prof. Thomas Form (Leiter Fahrzeugtechnologie und Mobilitätserlebnis bei der Volkswagen AG und ebenfalls Projektkoordinator) schlussfolgerte mit den Worten: “Mit der Entwicklung von Anforderungen, Prozessen, Metriken und Werkzeugen, die in einer durchgängigen Gesamtmethode zur Freigabe der Fahrfunktion ineinandergreifen, liefert PEGASUS einen wichtigen Beitrag für die spätere Zulassung automatisierter Fahrzeuge.”¹⁷⁶

In der Abschlusspräsentation der Ergebnisse des PEGASUS Projektes, wurden die Vorgangsweise, die Testungsvarianten sowie die Datenbanken vorgestellt. Die Automobilhersteller gaben einen Überblick über den Erfolg des Projektes, indem sie auf die Arbeitsweise innerhalb und die Herausforderungen des Projektes eingegangen sind. Die weiteren Herausforderungen, wie unterhalb auf der Grafik zu erkennen, liegen laut den AutomobilherstellerInnen bei den neuen MitbewerberInnen im Sektor der Digitalisierungsprozesse, sowie digitaler Produkte, als auch bei der allgemeinen Geschwindigkeit der Innovationen im Informations- und

¹⁷⁵ FRIEDRICH In: <https://www.bimmertoday.de/2019/05/16/autonomes-fahren-pegasus-projekt-endet-nach-42-monaten/> 2019 o.S.

¹⁷⁶ FORM In: <https://www.bimmertoday.de/2019/05/16/autonomes-fahren-pegasus-projekt-endet-nach-42-monaten/> 2019 o.S.

Kommunikationssektor, welche wenig Raum für Fehlentwicklungen lassen. Die allgemein fortschreitende Digitalisierung setzt immer stärkere Hard- und immer leistungsfähigere Softwarelösungen voraus und stellt hohe Anforderungen an die Prozesse. Die damit verbundenen hohen Investments in Forschung und Innovationen beinhalten natürlicherweise ein hohes Risiko. Des Weiteren wurden die Maßnahmen, welche im Zuge des PEGASUS Projektes innerhalb der Automobilbranche entstanden sind, hervorgehoben. Die Zusammenarbeit in der vorkompetitiven Forschung und Innovationsleistung, das Aufbauen von gemeinsamen Kapazitäten, insbesondere in der Entwicklung künstlicher Intelligenz, sowie die Kohärenz in Innovationsprojekten und -programmen wie dem PEGASUS Projekt, als auch die Konvergenz, also das Zusammenspiel von den Teilnehmern in punkto technologischer Entwicklung auch Programm- und projektübergreifend wurde gelobt.¹⁷⁷



Abbildung 15: Statement des VDA zu PEGASUS Entwicklungen (Quelle: Galbas R.: 2018 S.: 6)

Da diese Präsentation von der VDA (Verband der Automobilindustrie) gehalten wurde, sollte erwähnt werden, dass die Automobilhersteller, welche im PEGASUS Projekt partizipiert haben ebenso in der VDA aktiv sind. Im Zuge der Arbeit wird auf die Zusammenarbeit der VDA bezüglich automatisierter Fahrzeugsysteme ebenfalls detaillierter eingegangen.

¹⁷⁷ Vgl.: PEGASUS Symposium, S.: 6

Außerdem präsentierten die Teilnehmer des Projektes die Anwendungsmöglichkeiten für hochautomatisierte Fahrzeuge wie man der Darstellung aus der Präsentation unterhalb entnehmen kann. Die Erleichterungen bei der Mobilität auf Autobahnen, sowie einfaches und automatisches Parken sind ebenso genannt worden, wie vermutlich auf zu Zukunft projizierte autonome Fahrten in städtischen Bereichen und der allgemeinen Sicherheit auch außerhalb von Städten. An dieser Folie ist besonders die Methodologie hervorzuheben, welche im Zuge des PEGASUS Projektes schließlich erarbeitet wurde. Die einheitlichen Entwicklungsmethoden und Entwicklungsprozesse, die im Zuge der Formulierung der Testverfahren in den Teilprojekten erarbeitet wurden, sowie die effizienten Prozeduren für Testverfahren und eine abschließende Bewertung dieser, werden explizit erwähnt. Ebenfalls finden die neu gewonnen und entwickelten Prozeduren für die Verarbeitung der Informationen Erwähnung.¹⁷⁸

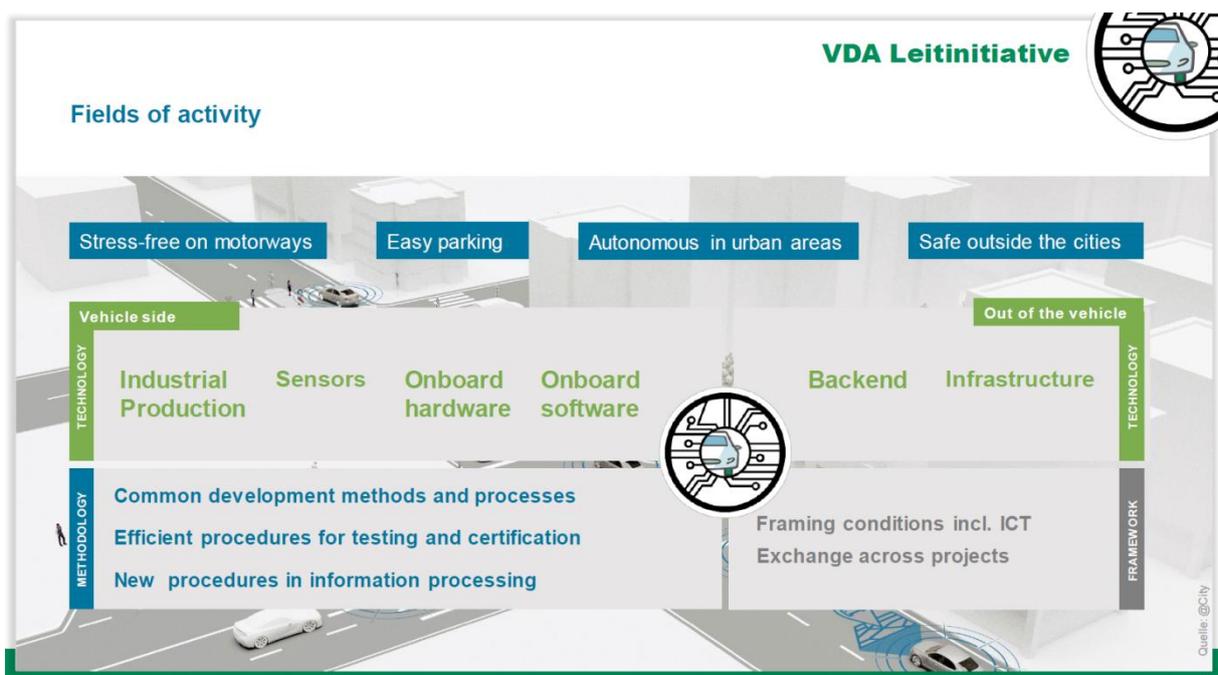


Abbildung 16: VDA Leitinitiative (Quelle: Galbas R.: 2018 S.:7)

Das PEGASUS Projekt kann aufgrund des breiten, positiven Feedbacks sowohl von der Industrie, als auch von dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und der hohen Datenmenge an gewonnenen Informationen zur Testung und Bewertung automatisierter Fahrzeugsysteme als Erfolg gewertet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in Nachfolgerprojekte wie „SetLevel4to5“, V&V *Methods* und weitere einfließen und die Marktreife und –einführung automatisierter Fahrzeuge

¹⁷⁸ Vgl.: PEGASUS Symposium, S.: 8

erheblich beschleunigen. Da diese Nachfolgerprojekte alle noch nicht abgeschlossen wurden, ist die Informationslage relativ dünn. So können zwar Aussagen über die ProjektpartnerInnen, sowie die Projektziele und –Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele formuliert, allerdings noch keinerlei Ergebnisse präsentiert werden.

7.2.2 Projekt IMAGinE

Das Projekt IMAGinE steht für „Intelligente Manöver Automatisierung – kooperative Gefahrenvermeidung in Echtzeit“ und verbindet ähnlich dem PEGASUS Projekt Partner aus der Industrie wie die *BMW Group*, die Daimler AG und die Volkswagen AG mit vielen weiteren AkteurlInnen wie etwa der technischen Universität München, dem Hessen Mobil – Straßen – und Verkehrsamt, spezialisierten KMU's wie der nordsys – Norddeutsche Systemtechnik, oder der IPG Automotive, den Automobilzulieferern wie Contiental Teves AG & Co. ohG und der Robert Bosch GmbH und weiteren, branchenahen Unternehmen und wird mit 17,9 Millionen Euro gefördert. Das Ziel des IMAGinE Projektes ist es, eine einheitliche Vernetzungstechnologie zur Informationsübertragung zwischen Fahrzeugen und zwischen Fahrzeugen und ihrer Umwelt zu entwerfen und hat eine Laufzeit von September 2016 bis August 2020. Projektträger ist in diesem Fall der TÜV Rheinland, welcher die Projektpartner koordiniert.¹⁷⁹ Das sogenannte „Kooperative Fahren“ soll für weitere Sicherheit im Straßenverkehr sorgen, da Autos sowohl miteinander, als auch mit der sie umgebenden Infrastruktur kommunizieren werden können und dementsprechend auf etwaige Fahrmanöver des jeweils anderen Verkehrsteilnehmers angemessen und effizient reagieren können. Besonders in Gefahrensituationen, in welchen potenziell mehrere Verkehrsteilnehmer Schaden davontragen könnten, ist eine vernetzte, gemeinsame Reaktion der beteiligten Fahrzeuge sowie der Umwelt von Vorteil. Die Teilnehmer des IMAGinE Projektes haben hierzu fünf Kerninnovationen formuliert, welche im Zuge dieses Projektes entwickelt und verfeinert werden sollen.

1. Kooperative Manöverabstimmung

Eine mit allen Verkehrsteilnehmern abgestimmte Manöverplanung und – Durchführung birgt hohe Sicherheit und kaum Risikopotenziale. Dementsprechend werden kooperative Manöver mittels Kommunikation

¹⁷⁹ Vgl.: TÜV RHEINLAND (<http://www.tuvpt.de/index.php?id=foerderung0001000000120>) o.J., o.S.

zwischen Fahrzeugen und ihrer Umwelt im Zuge dieses Projektes erforscht und erprobt.

2. Gemeinsames Umfeldmodell

Die revolutionäre Idee, mittels Verknüpfung mehrerer Sensorsysteme eine gemeinsame dreidimensionale Modelldarstellung der Umwelt zu entwerfen und diese zwischen den teilnehmenden Fahrzeugen zu teilen, um noch bessere und effizientere Fahrmanöver zu ermöglichen wird im IMAGinE Projekt erforscht.

3. Kommunikationsmechanismen

Die für die Kommunikation notwendigen Abstimmungen zwischen den Fahrzeugen und ihrer Umwelt und der sie umgebenden Infrastruktur soll mittels der Entwicklung von Protokollen und neuer Nachrichtenformate vorangetrieben werden.

4. Mensch-Maschine-Interaktion

Da in Hoch- und auch in Vollautomatisierten Fahrzeugen immer noch eine Steuerungsmöglichkeit der menschlichen FahrerInnen vorhanden sein muss, ist eine verbesserte und effiziente Interaktionsmöglichkeit zwischen Mensch und Maschine zu erforschen. Kooperatives Verhalten zwischen den FahrerInnen muss gefördert und die Kommunikation zwischen den FahrerInnen und dem Fahrzeug müssen verbessert werden.

5. Simulationsumgebung

Zur Testung der Interaktionsmöglichkeiten, die im Zuge des IMAGinE Projektes entworfen werden, entwickeln die ProjektteilnehmerInnen eine Testsimulation in welcher eine Umwelt sowie die Kommunikation der Fahrzeuge und der Umwelt simuliert werden soll. Diese simulierten Tests sind absolut essenziell, da man die Wirksamkeit und Funktion unterschiedliche Systeme innerhalb einer Simulation mit vergleichsweise geringen Mitteln und geringem Zeitaufwand überprüfen kann.¹⁸⁰

Da das Projekt IMAGinE momentan noch bis August 2020 auf Hochtouren läuft, sind noch keine abschließenden Ergebnisse vorhanden. Allerdings ist, ähnlich dem PEGASUS Projekt bereits positiv hervorzuheben, wie hier eine ressortübergreifende Kooperation zwischen führenden Großunternehmen der Automobilbranche, den Automobilzulieferern, unterschiedlichen Klein- und Mittelunternehmen, sowie der

¹⁸⁰ Vgl.: IMAGINE (<https://imagine-online.de/home/>) o.J., o.S.

Wissenschaft und der Politik stattfindet. Die Ziele von IMAGinE zur Vernetzung und Kommunikation zwischen Fahrzeugen und ihrer Umwelt sowie der sie umgebenden Infrastruktur werden einen großen Beitrag zur Sicherheit und Effizienz automatisierter Fahrzeugsysteme liefern.

7.2.3 Projekt „SETLevel4to5“

Das unter der Führung der BMW Group im März 2019 gestartete Nachfolgerprojekt von PEGASUS soll bis Februar 2022 Erkenntnisse darüber liefern, wie Simulationen aufgebaut sein könnten, die den urbanen Straßenverkehr für Testzwecke von automatisierten Fahrzeugen der Stufe 4 und 5 simulieren. Mit der Testung von Fahrverhalten in schwierigen, urbanen Verhältnissen soll der nächste Schritt Richtung Marktreife gegangen werden und wird mit knapp 16,5 Millionen Euro vom Bund gefördert. Zur Erreichung dieses Ziels werden Erkenntnisse von PEGASUS und von IMAGinE herangezogen, um von den automatisierten Fahrfunktionen auf Autobahnen bis hin zu der Vernetzungstechnologie des IMAGinE Projektes das Wissen zu bündeln und in neuen, herausfordernden Verkehrssituationen anzuwenden. Dabei stehen Realerprobungen und –tests allerdings hinter einer Simulationsvorgangsweise, welche wie bereits mehrfach angesprochen deutlich effizienter und kostengünstiger ist.¹⁸¹

The Evolution of PEGASUS

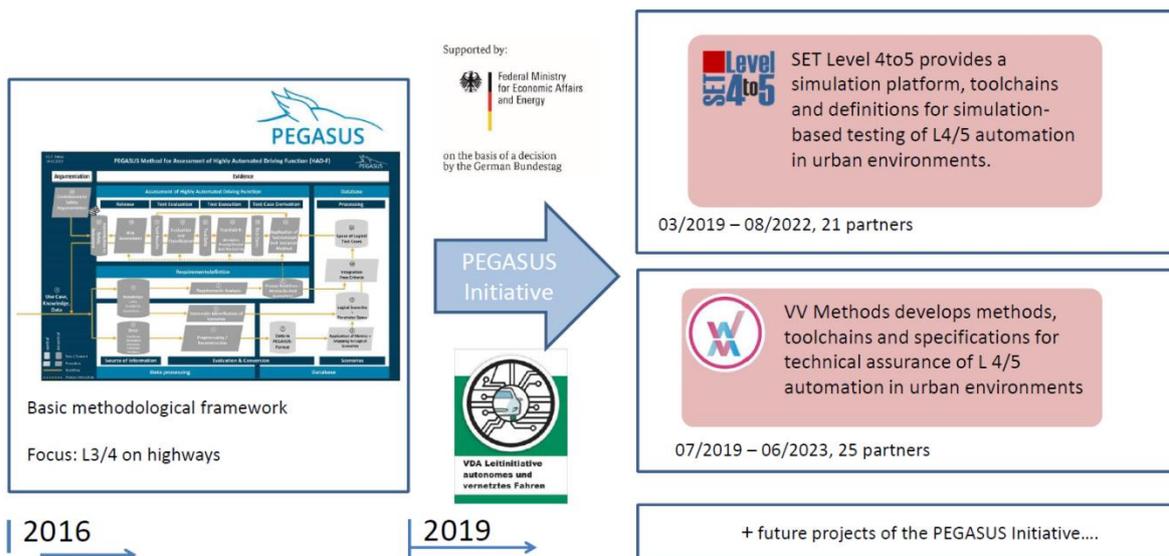


Abbildung 17: Folgeprojekte von PEGASUS (Quelle: prostep.org: 2017 S.:2)

¹⁸¹ Vgl.: TÜV RHEINLAND (<http://www.tuvpt.de/index.php?id=setlevel4to5>) o.J., o.S.

Die ProjektteilnehmerInnen bestehen auch bei diesem Projekt aus den führenden Automobilbauern, nämlich aus der AUDI AG, der BMW Group, der Ford-Werke GmbH, der Opel Automobile GmbH und der Volkswagen AG. Es sind außerdem wieder viele KMU's wie etwa ADC *Automotive Distance Control Systems* GmbH, ETAS GmbH, IPG Automotive GmbH oder der PROSTEP AG vertreten. Des weiteren partizipieren Vertreter aus der Wissenschaft wie etwa die Technische Universität Darmstadt, die technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, die rheinisch-westfälische, technische Hochschule Aachen, das FZI Forschungszentrum Informatik, sowie die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V..

7.2.4 Projekt VVMethoden

Als zweites Nachfolgeprojekt von PEGASUS soll das Projekt VVMethoden (Validierung und Verifikation für hochautomatisiertes Fahren) die getesteten Fahrsituationen von relativ kontrollierbarem Fahren auf Autobahnen (wie im PEGASUS Projekt getestet wurde) auf noch komplexere Situationen im urbanen Verkehr erweitern. Hierfür ist ein Zeitrahmen von Juli 2019 bis Juni 2023 angesetzt worden und das Projekt erhielt eine Förderung in Höhe von über 26 Millionen Euro. Die beiden Federführenden Unternehmen sind die BMW Group, sowie die Robert Bosch GmbH und es fällt auf, dass mit je zwei Instituten aus der Wissenschaft und dem Bildungsbereich in diesem Projekt die meisten Universitäten oder Forschungseinrichtungen verglichen mit der Anzahl in den anderen, vorgestellten Projekten beteiligt sind. VVMethoden setzt die erfolgreiche Forschung des PEGASUS Projektes auf dem Gebiet der Simulationstestung fort, da die hohe Bedeutung von zuverlässiger und langfristig verwendbaren Simulationssoftwares erkannt wurde. Mit einem Anteil von bis zu 15% an der Wertschöpfungskette nimmt das Testverfahren mit Simulation und Auswertung der Ergebnisse eine sehr hohe Stellung ein.¹⁸² Die Testergebnisse der Simulationen, sowie die dafür hergeleiteten Identifikationen von Gefährdungsszenarien im urbanen Bereich sollen als Datengrundlage zur Erstellung von Gesetzestexten dienen.¹⁸³ Das Projektziel wurde dementsprechend folgendermaßen formuliert: „Die Entwicklung eines methodischen Ansatzes für den Sicherheitsnachweise hochautomatisierter und autonomer Fahrzeuge (SAE-Level 4/5) zur Homologation (steht für ein überstaatliches

¹⁸²Vgl.: TÜV RHEINLAND (<http://www.tuvpt.de/index.php?id=vvmethoden>) o.J., o.S.

¹⁸³ Vgl.: GALBAS, 2018 S.: 3

Zulassungssystem von Kraftfahrzeugen¹⁸⁴) im urbanen Umfeld.“¹⁸⁵ Methodisch gesehen steht eine prozessuale Generierung von Sicherheits- und Verlässlichkeitskriterien im Vordergrund. Das soll den Effekt haben, dass OEM und ZuliefererInnen die gleichen Sicherheitsstandards akzeptieren, anwenden und verbauen können, um die Zusammenarbeit einfacher und effizienter zu gestalten.¹⁸⁶ Da das Projekt VVMethoden erst vor 8 Monaten gestartet hat, gibt es noch keine Informationen über die Entwicklungen beziehungsweise den Forschungsergebnisse des Projektes.

7.3 Analyse der Projektkooperationspartner in den Projekten PEGASUS, IMAGinE, SetLevel4to5 und VVMethoden

Um herausfinden zu können, auf welchen Ebenen zusammengearbeitet wird, werden alle an den Kooperationsprojekten PEGASUS, IMAGinE, SetLevel4to5 und VVMethoden teilnehmenden AkteurInnen im Zuge der Innovationssystem-Analyse aufgelistet und nach unterschiedlichen Kategorien analysiert. Sowohl die Unternehmensgröße, als auch ihre Stellung in der Zuliefererkette geben aufschlussreiche Informationen über die Zusammenstellung des Innovationssystems. Die Kategorien Kleinunternehmen, Mittlere Unternehmen und Großunternehmen wurden gewählt, da die Bundesregierung in ihrer übergeordneten High-Tech-Strategie die Stärkung von KMU's sowie die Notwendigkeit ihrer Förderung als eines der Kernziele formuliert. Die weiteren Kategorien, öffentliche Hand / Politik, Wissenschaft und Bildung orientieren sich an den Indexwerten der Innovationsindikatormessung des Fraunhofer Institutes für System und Innovationsforschung.¹⁸⁷ Die Einteilung und Analyse der Unternehmen anhand ihrer Rolle in der Zuliefererkette gibt Einsichten zur Aufteilung der Zusammensetzung aller Partner in den staatlich geförderten Forschungsprojekten. Ausschlaggebend für die Entscheidung, diese Einteilung zu wählen waren die Präsentationen der Projektpartner selbst. So wurde diese Einteilung der beteiligten Partner in OEM, Tier, Technologie, Wissenschaft und öffentliche Hand getroffen.¹⁸⁸ Es erschien sinnvoll,

¹⁸⁴ Vgl.: <https://de.wikipedia.org/wiki/ECE-Homologation>

¹⁸⁵ GALBAS, 2018 S.: 2

¹⁸⁶ Vgl.: GALBAS, 2018 S.: 11

¹⁸⁷ Vgl.: BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (Innovationsindikator 2018) 2018, S.: 24-30

¹⁸⁸ Vgl.: GALBAS, 2018 S.: 9

zwischen wissenschaftlichen Instituten und Bildungsinstituten zu differenzieren, weswegen dies auch im Zuge dieser Analyse angewandt wurde.

7.3.1 Kategorien nach Unternehmensgröße und Ressorts:

1. **Kleinunternehmen (K):**

Das sind im Zuge dieser Analyse Unternehmen mit weniger als 50 MitarbeiterInnen.

2. **Mittlere Unternehmen (M):**

Das sind im Zuge dieser Analyse Unternehmen mit einer MitarbeiterInnenzahl zwischen 50 und 499.

3. **Großunternehmen (G):**

Das sind im Zuge dieser Analyse Unternehmen mit einer MitarbeiterInnenzahl von 500 und mehr.

4. **Öffentliche Hand / Politik (P):**

Das sind im Zuge dieser Analyse Einrichtungen und Institutionen, welche an dem Projekt in finanzieller oder sonstiger Weise beteiligt sind und welche zum Staatsapparat zu zählen sind.

5. **Wissenschaft (W):**

Das sind Forschungsinstitute, Forschungsgesellschaften oder ähnliche Einrichtungen, welche ihre Forschungsleistungen als Dienstleistung anbieten.

6. **Bildung (B):**

Damit sind Bildungseinrichtungen wie Universitäten oder Hochschulen gemeint, welche in dem Projekt mit einbezogen werden, um bei der Forschung zu unterstützen.

7.3.2 Kategorien nach Zuliefererkette:

1. **Original Equipment Manufacturer (OEM):**

Original Equipment Manufacturer oder auch Erstausrüster sind im Falle der Automobilbranche die Automobilhersteller selbst. OEM's erhalten von Zulieferunternehmen Teile, die dann von den OEM's eingebaut und unter seinem Namen verkauft werden.¹⁸⁹

2. **Direkte ZulieferInnen (Tier):**

¹⁸⁹ Vgl.: AT-RS (<https://www.at-rs.de/beitrag/items/was-ist-eigentlich-ein-oem.html>) o.J., o.S.

Die direkten ZulieferInnen, oder auch Tiers genannt, lassen sich in weitere, abgestufte Varianten einteilen, allerdings werden Tiers im Zuge der nachfolgenden Analyse mit Technologieunternehmen, die auch als ZulieferInnen fungieren nicht gleichgesetzt. Das liegt daran, dass Tierunternehmen meistens fertige Produkte an den OEM verkaufen, während Tech-Unternehmen ihr Forschungskapital in innovative und neuartige aufwenden und damit oftmals Neuland in der Branche betreten.

3. System- oder ModultechnologiezulieferInnen (Tec):

Diese spezialisierten Unternehmen stellen ihre Forschung und Entwicklungsressourcen oder –Ergebnisse einem OEM zur Verfügung und entwickeln oder forschen an neuartiger Technologie. Sie sind im Falle der Automobilindustrie im Bereich des autonomen Fahrens beispielsweise die Entwickler von neuartigen Distanzmesssystemen (ADC) oder entwickeln Softwareprogramme zur Simulierung von autonomen Fahrzeugen (QTronic).

	K	M	G	P	W	Bi	OEM	Tier	Tec
ADC Automotive Distance Control Systems GmbH ¹⁹⁰¹⁹¹¹⁹² Ihr Sitz ist in Lindau, am Bodensee in Deutschland			X						X
AUDI AG ¹⁹³¹⁹⁴ Ihr Sitz in Ingolstadt, Deutschland besteht seit 1949.			X				X		
AVL GmbH ¹⁹⁵ München			X						X
BMW Group ¹⁹⁶¹⁹⁷ Der Sitz der BMW Group ist in München, Deutschland.			X				X		
Bundesministerium für Wirtschaft / Energie				X					

¹⁹⁰ Vgl.: CONTINENTAL (<https://www.continental.com/de/unternehmen/konzernstruktur/konzernstruktur-55308>) o.J., o.S.

¹⁹¹ Vgl.: CONTINENTAL (<https://www.continental-automotive.com/de-DE/Passenger-Cars/Autonomous-Mobility>) o.J., o.S.

¹⁹² Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/automotive-distance-control-systems-gmbh>) o.J., o.S.

¹⁹³ Vgl.: AUDI (<https://www.audi.com/de/company.html>) o.J., o.S.

¹⁹⁴ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/audi-ag>) o.J., o.S.

¹⁹⁵ Vgl.: AVL (https://www.avl.com/the-new-avl?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=GL%20CORP_Digital%20Brand%20Campaign%20hase%201_SearchEngineAdvertisement%2001/2020&utm_term=search_ad_6&utm_content=new_avl) o.J., o.S.

¹⁹⁶ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/bmw-group>) o.J., o.S.

¹⁹⁷ Vgl.: BMW GROUP (<https://www.bmwgroup.com/de/unternehmen.html>) o.J., o.S.

Berlin										
Bundesanstalt für Straßenwesen ¹⁹⁸ Bergisch Gladbach				X						
Continental Teves AG & Co. OHG ¹⁹⁹ Der Sitz der zuständigen Division befindet sich in Frankfurt, Deutschland.			X					X		
	K	M	G	P	W	Bi	OEM	Tier	Tec	
Daimler AG ²⁰⁰²⁰¹ Sitz befindet sich in Stuttgart, Deutschland			X				X			
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) ²⁰²²⁰³ Braunschweig und Berlin					X					
Dspace GmbH ²⁰⁴ Paderborn			X							X
ETAS GmbH ²⁰⁵ Stuttgart			X							X
fka Forschungsgesellschaft Kraffahrwesen mit beschränkter Haftung Aachen ²⁰⁶²⁰⁷ Aachen					X					
Ford-Werke GmbH ²⁰⁸ Köln			X				X			
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. ²⁰⁹ München					X					
FZI Forschungszentrum Informatik ²¹⁰ Karlsruhe					X					
Hessen Mobil – Straßen – und Verkehrsamt ²¹¹ Wiesbaden				X						

¹⁹⁸ Vgl.: BAST

(https://www.bast.de/BAST_2017/DE/BAST/Fakten/Fakten_node.html;jsessionid=AE7D15206343F8AC91F97AF9BEF4D80F.live21302) o.J., o.S.

¹⁹⁹ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/continental-teves-ag-co-ohg>) o.J., o.S.

²⁰⁰ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/daimler-ag>) o.J., o.S.

²⁰¹ Vgl.: DAIMLER (<https://www.daimler.com/karriere/ueber-uns/>) o.J., o.S.

²⁰² Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/german-aerospace-center-dlr>) o.J., o.S.

²⁰³ Vgl.: DLR (<https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte>) o.J., o.S.

²⁰⁴ Vgl.: DSPACE (https://www.dspace.com/de/gmb/home/company/company_profile.cfm) o.J., o.S.

²⁰⁵ Vgl.: ETAS (<https://www.etas.com/de/unternehmen/about-etas.php>) o.J., o.S.

²⁰⁶ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/research-company-for-motor-vehicles-mbh-aachen-fka>) o.J., o.S.

²⁰⁸ Vgl.: FORD (<https://www.ford.de/ueber-ford>) o.J., o.S.

²⁰⁹ Vgl.: FRAUNHOFER (<https://www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/profil-struktur/zahlen-und-fakten.html>) o.J., o.S.

²¹⁰ Vgl.: FZI (<https://www.fzi.de/forschung/>) o.J., o.S.

²¹¹ Vgl.: HESSEN MOBIL- STRAßEN- UND VERKEHRSMANAGEMENT (<https://mobil.hessen.de/%C3%BCber-uns/daten-fakten>) o.J., o.S.

iMAR Gesellschaft für inertielle Meß-, Automatisierungs- und Regelsysteme GmbH ²¹²²¹³ St. Ingbert, Deutschland		X								X
IPG Automotive GmbH ²¹⁴²¹⁵ Karlsruhe Deutschland		X							X	
	K	M	G	P	W	Bi	OEM	Tier	Tec	
MAN Truck & Bus GmbH ²¹⁶ München			X				X			
Nordsys GmbH ²¹⁷ Braunschweig	X									X
OFFIS e.V. ²¹⁸ Oldenburg					X					
Opel Automotive GmbH ²¹⁹²²⁰ Rüsselsheim am Main			X				X			
PROStep AG ²²¹ Darmstadt		X								X
QTronic GmbH ²²² Berlin	X									X
Rheinisch-westfälische technische Hochschule ²²³ Aachen Aachen						X				
Robert Bosch GmbH ²²⁴²²⁵ Gerlingen, Deutschland			X					X		
Technische Universität Carolo- Wilhelmina zu Braunschweig Braunschweig						X				
Technische Universität Darmstadt ²²⁶ Darmstadt						X				
Technische Universität München ²²⁷ München						X				
TraceTronic GmbH ²²⁸²²⁹		X								X

²¹² Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/imar-company-for-inertial-measurement-automation-and-control-systems-llc>) o.J., o.S.

²¹³ Vgl.: IMAR (<https://www.imar-navigation.de/de/unternehmen>) o.J., o.S.

²¹⁴ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/ipg-automotive-gmbh>) o.J., o.S.

²¹⁵ Vgl.: IPG (<https://ipg-automotive.com/de/unternehmen/>) o.J., o.S.

²¹⁶ Vgl.: MAN (<https://www.mantruckandbus.com/de/unternehmen/man-auf-einen-blick.html>) o.J., o.S.

²¹⁷ Vgl.: NORDSYS (<https://www.nordsys.de/about-us.html>) o.J., o.S.

²¹⁸ Vgl.: OFFIS (<https://www.offis.de/offis/ueber-uns.html>) o.J., o.S.

²¹⁹ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/opel-automobile-gmbh>) o.J., o.S.

²²⁰ Vgl.: OPEL (<https://www.opel.de/ueber-opel/fakten-zahlen.html>) o.J., o.S.

²²¹ Vgl.: PROSTEP (<https://www.prostep.com/karriere.html>) o.J., o.S.

²²² Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/qtronic-gmbh>) o.J., o.S.

²²³ Vgl.: RWTH (<https://www.rwth-aachen.de/>) o.J., o.S.

²²⁴ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/robert-bosch-gmbh>) o.J., o.S.

²²⁵ Vgl.: BOSCH (<https://www.bosch.de/unser-unternehmen/bosch-in-deutschland/>) o.J., o.S.

²²⁶ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/technical-university-of-darmstadt-fzd>) o.J., o.S.

²²⁷ Vgl.: FTM (<https://www.ftm.mw.tum.de/forschungsfelder/automatisiertes-fahren/imagine/>) o.J., o.S.

²²⁸ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/tracetrionic-gmbh>) o.J., o.S.

Dresden									
TÜV Süd Auto Service GmbH ²³⁰²³¹ München				X					
Valeo GmbH ²³² Paris / Wemding			X					X	
VIRES Simulationstechnologie GmbH ²³³²³⁴ Bad Aibling, Deutschland	X								X
	K	M	G	P	W	Bi	OEM	Tier	Tec
VISTEON GmbH ²³⁵ Van Buren Township, Michigan / Karlsruhe			X					X	
Volkswagen AG ²³⁶²³⁷ Wolfsburg			X				X		
WIVW GmbH ²³⁸²³⁹ Veitshöchheim	X								X
ZF Friedrichshafen AG ²⁴⁰ Friedrichshafen			X					X	
	K	M	G	P	W	Bi	OEM	Tier	Tec
	4	4	16	4	5	4	7	6	11

²²⁹ Vgl.: TRACETRONIC (<https://www.tracetronic.de/jobs/unsere-teams/>) o.J., o.S.

²³⁰ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/tuev-sued-auto-service-gmbh>) o.J., o.S.

²³¹ Vgl.: TÜV RHEINLAND (<https://www.tuvsud.com/de-de/branchen/mobilitaet-und-automotive>) o.J., o.S.

²³² Vgl.: VALEO (<https://valeo.de/de/ueber-uns/>) o.J., o.S.

²³³ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/vires-simulationstechnologie-gmbh>) o.J., o.S.

²³⁴ Vgl.: XING (<https://www.xing.com/companies/viessimulationstechnologiegmbh>) o.J., o.S.

²³⁵ Vgl.: VISTEON (<https://www.visteon.com/newsroom/visteon-new-technology-center-karlsruhe-germany/>) o.J., o.S.

²³⁶ Vgl.: PEGASUS (<https://www.pegasusprojekt.de/de/volkswagen-ag>) o.J., o.S.

²³⁷ Vgl.: VW AG (<https://www.volkswagenag.com/de/group/portrait-and-production-plants.html>) o.J., o.S.

²³⁸ Vgl.: WIVW (<https://wivw.de/de/unternehmen/wir-ueber-uns>) o.J., o.S.

²³⁹ Vgl.: WIVW (<https://wivw.de/de/unternehmen/team>) o.J., o.S.

²⁴⁰ Vgl.: WIVW (<https://www.zf.com/mobile/de/company/company.html>) o.J., o.S.

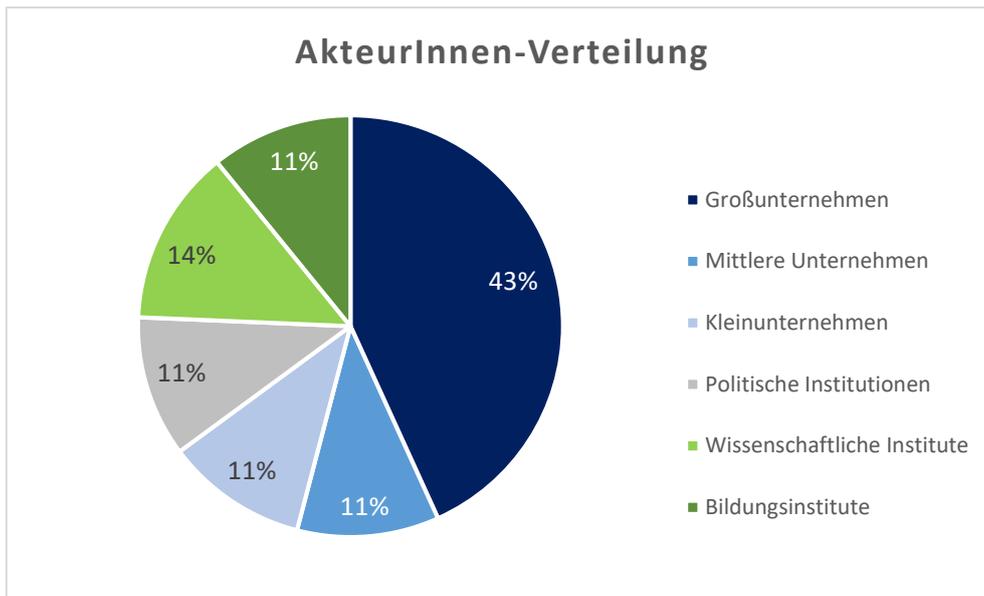


Abbildung 18: AkteurInnen-Verteilung innerhalb der untersuchten Projekte (Quelle: Eigene Darstellung)

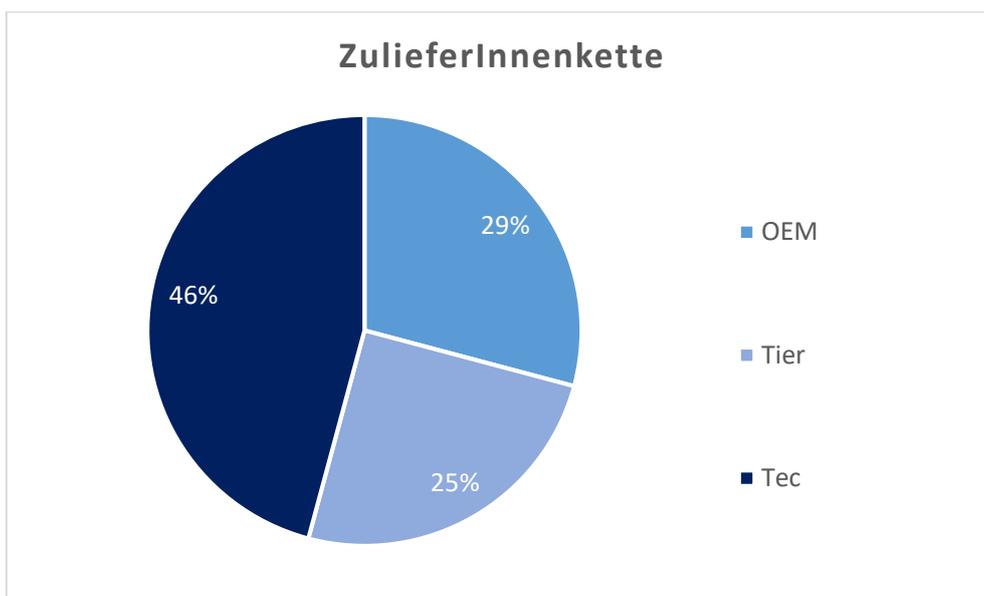


Abbildung 19: Verteilung der AkteurInnen nach Zulieferkette (Quelle: Eigene Darstellung)

Zusammengefasst kann man erkennen, dass mit 16 Unternehmen (43%) die überwiegende Anzahl der KooperationspartnerInnen im PEGASUS-Projekt aus Großunternehmen bestehen. Es finden sich nur vier Bildungseinrichtungen (11%) auf der Liste und fünf wissenschaftliche Einrichtungen (14%), während die KMU's mit jeweils 4 Unternehmen (je 11%) recht gut vertreten sind besonders, wenn man die Anzahl der Branchenriesen in Form der Automobilbauer (OEM's) als fixe Teilnehmer des Projektes sieht. Mit Audi, BMW, Daimler, Ford, MAN, Opel und Volkswagen sind

7 der 24 beteiligten Unternehmen OEM's. Aber auch kleinere Unternehmen, wie etwa die VIRES Simulationstechnologie GmbH oder andere aus der Liste arbeiten ausschließlich im Automobilssektor. Auch ist interessant, dass mit der QTronic GmbH ein branchenfremdes, Simulationsunternehmen an dem Projekt teilnimmt. QTronic erstellt und baut Simulationen für virtuelle Tests, allerdings branchenübergreifend, was sich mit der Übernahme durch SYNOPSIS geändert hat, denn mittlerweile hat sich das Unternehmen rein auf die Erstellung von Simulationssoftware im Automobilssektor spezialisiert.²⁴¹ Auch die iMAR Gesellschaft für inertielle Mess-, Automatisierungs- und Regelsysteme GmbH wurde erst im Zuge des PEGASUS Projektes mit automatisierten Fahrzeugen in Kontakt gebracht. Der Fokus des Unternehmens stellt die Entwicklung von Navigations-, Stabilisations- und Kontrolltechnik dar, welche vorrangig im Flug- und Schiffsverkehr eingesetzt werden. Ihre Expertise im Vernetzen von mehreren VerkehrsteilnehmerInnen auf Satellitenbasis, sowie anderer Technologien wurde für das PEGASUS Projekt genutzt.²⁴²

Es ist anhand der Unternehmensstandorte klar erkennbar, dass der Fokus der deutschen Innovationsförderungs politik klar auf die Stärkung und Vernetzung von nationalen KMU's und großen, überwiegend nationalen OEM's liegt. Es gibt zwar auch Unternehmen aus anderen Ländern, allerdings sind 34 der 37 Kooperationspartner in Deutschland beheimatet, was aufgrund der hohen Fördergelder seitens der Bundesregierung auch verständlich ist. Im Vergleich mit den Kooperationsstrategien der BMW Group im Zuge des Fallbeispiels dieser Arbeit wird sich zeigen, ob die Kooperation auch abseits der Förderprogramme gesucht wird und damit die Strategie der Bundesregierung zur Stärkung der KMU's in Deutschland Früchte trägt, oder ob die BMW Group im Zuge des Fallbeispiels andere Wege geht.

²⁴¹ Vgl.: SYNOPSIS (<https://www.synopsys.com/verification/virtual-prototyping/virtual-ecu.html>) o.J., o.S.

²⁴² Vgl.: IMAR (<https://www.imar-navigation.de/de/unternehmen>) o.J., o.S.

8 Fallbeispiel BMW Group

8.1 Einleitung und Ziele

Mit den Worten „Die Mobilität steht an der Schwelle zu einem neuen Zeitalter.“²⁴³ wird der Leser auf die technologischen Entwicklungen beim automatisierten Fahren der BMW Flotte empfangen. BMW erklärt auf ihrer Homepage, dass automatisierte Fahrzeuge einen vergleichbaren Lern- und Entwicklungsprozess in Punkto Verkehrsregeln und –verhalten durchlaufen müssen wie Kinder, die zum ersten Mal mit dem Straßenverkehr in Berührung kommen. Dieser Vergleich hinkt nicht, denn die Entwicklung von Sensor- und Messtechnik, Softwareprogrammen und Vernetzungstechnik zwischen den Verkehrsteilnehmern muss ebenfalls stetig angepasst, verbessert und erweitert werden. Dieses „lernende“ System wird intensiv im IMAGinE Projekt erforscht, in welchem BMW auch Projektpartner ist.²⁴⁴

BMW betont ebenfalls, dass sie Qualität vor Quantität haben wollen was die Testung und Marktreife von automatisierten Fahrzeugen der Stufe 3 oder höher angeht. Da Millionen an Testkilometer zurückgelegt werden müssten und damit eine nicht unerhebliche Gefährdung der anderen VerkehrsteilnehmerInnen durch Testfahrzeuge entstehen würde, beschreibt BMW, dass 95% aller Kilometer bei Tests durch virtuelle Simulationen zurückgelegt werden. Das entspricht auch der Erkenntnis durch die diversen Projekte wie PEGASUS oder SetLevel4to5. BMW bietet mit ihrem *Car-sharing* Unternehmen, *Car2Go* bereits einen Service an, der von WissenschaftlerInnen und AutorInnen besonders in der Verbindung mit autonomen Fahrzeugen als zukunftsweisend beschrieben wird.²⁴⁵ BMW beschreibt außerdem ihre Wandlung vom traditionellen Automobilunternehmen hin zu einem Tech-Konzern und eröffnet hierfür einen Technologiecampus in Unterschleißheim.²⁴⁶ Auf diesen Campus wird bei den Kooperationen etwas später genauer eingegangen.

Die Technik, die in den BMW's der Zukunft verwendet wird, beziehungsweise alle innovativen Technologien der automatisierten Fahrzeugsysteme von BMW zusammen, wurden BMW *Personal CoPilot* getauft. Der *Personal CoPilot* vereint bereits etablierte Fahrassistenzsysteme wie unter anderem den Spurhalteassistenten, Geschwindigkeitsassistenten, Überholassistenten, sowie neue

²⁴³ BMW (<https://www.bmw.com/de/innovation/die-entwicklung-selbstfahrender-autos.html>) o.J., o.S.

²⁴⁴ Vgl.: TÜV RHEINLAND (<http://www.tuvpt.de/index.php?id=foerderung0001000000120>) o.J., o.S.

²⁴⁵ Siehe Kapitel: Steigerung der Mobilität in Städten

²⁴⁶ Vgl.: BMW (<https://www.bmw.com/de/innovation/die-entwicklung-selbstfahrender-autos.html>) o.J. o.S.

Technologien, welche autonomes Fahren nach SAE Stufe 5 ermöglichen. Der erfolgreiche Testwagen i3 zeigt seit 2018, dass die Zukunftsvision von BMW, ein autonomes, per App durch den EndkundInnen bestelltes Fahrzeug, welches selbstständig den KundInnen abholt, zum Zielort bringt und keine Interaktion mit dem KundInnen bedarf, nicht in unerreichbarer Ferne liegt.²⁴⁷ Der BMW Experte Elmar Frickenstein geht in einem Interview auf der BMW-Seite davon aus, dass bereits 2021 ein serienreifes, autonomes Fahrzeug der Stufe 3 (Hochautomatisiertes Fahren nach SAE) dem Massenmarkt zugänglich gemacht werden kann.²⁴⁸

Dr. Dirk Wisselmann, *Senior Consultant Autonomous Driving* bei BMW, sprach bei seiner Präsentation im Zuge der *30th International AVL Convergence „Engine und Environment“* (Die AVL ist ein Unternehmen, welches sich auf Antriebssysteme, sowie Antriebssimulationsentwicklung spezialisiert hat und seinen Sitz in Graz hat.²⁴⁹) von der sogenannten *ACES (Autonomous, Connected, Electrified, Shared) – Future of Mobility*²⁵⁰. Der Präsentation lässt sich entnehmen, dass die Entwicklung eines völlig autonomen Fahrzeuges eines der Hauptziele von BMW ist. Auf die Frage hin, ob eine Robotaxiflotte in Planung sei, bestätigt dies auch Alejandro Vukotich, der neue Bereichsleiter für autonomes Fahren, welcher seit Jänner 2019 bei BMW arbeitet, in einem Interview mit dem Magazin *gruenderszene.de*: „Die wird auf jeden Fall kommen. Ab 2021 werden wir eine entsprechende Pilotflotte starten. Zunächst aber aus Sicherheits- und regulatorischen Gründen mit einer SicherheitsfahrerIn. Aber ja, die Robotaxis werden kommen.“²⁵¹

Robotaxis werden der Mobilität der Menschen Tür und Tor öffnen und sich als besonders hilfreich für Personen herausstellen, die bisher noch nicht in der Lage waren, sich mit einem Fahrzeug selbst fortzubewegen wie etwa beeinträchtigte Personen oder Personen, die aus anderen Gründen keinen Führerschein erwerben konnten. Doch autonome Fahrzeuge bergen hohe Risiken, die alle sowohl rechtlich, technisch und ethisch abgesichert werden müssen, bevor es zu einer Markteinführung kommen kann. Dementsprechend ist mit dieser noch länger nicht zu rechnen. Autonomes Fahren wird laut BMW erst auf Autobahnen beginnen, sich

²⁴⁷ Vgl.: LA ROCCO (<https://www.computerbase.de/2018-02/bmw-i3-personal-copilot/>) 2018 o.S.

²⁴⁸ Vgl.: BMW (<https://www.bmw.at/de/topics/fascination-bmw/bmw-autonomes-fahren.html?bmw=grp:BMWcom:the-development-of-self-driving-cars%20:nsc-teaser#>) o.J., o.S.

²⁴⁹ Vgl.: AVL (<https://www.avl.com/web/guest/-/general>) o.J., o.S.

²⁵⁰ Vgl.: From now to (i)next- BMW Roadmap automated Driving, S.: 50

²⁵¹ VUKOTICH In.: DAHLMANN (<https://www.gruenderszene.de/automotive-mobility/bmw-robotaxi-vukotich-autonomes-fahren?interstitial>) 2019 o.S.

langsam in bestimmte, abgesteckte Innenstadtbereiche ausdehnen und erst, wenn diese Bereiche einwandfrei beherrscht werden, wird ein allgemeingültig funktionierendes, autonomes Fahrzeug eingeführt werden können.²⁵²

Da sich das Unternehmen von einem traditionellen Automobilbauer immer mehr in ein Tech-Unternehmen umwandeln möchte (wie nachfolgend detaillierter erklärt wird), ist das oberste Ziel der *BMW Group*, gemeinsam mit ihrer Allianz eine Plattform zu entwickeln, die von anderen AutomobilherstellerInnen und – ZuliefererInnen adaptiert beziehungsweise angewendet werden kann. Solche fertig anwendbaren Plattformen werden momentan parallel von mehreren Unternehmen oder Allianzen entwickelt und dementsprechend hoch ist der Zeit- und Erfolgsdruck der Akteure und Akteurinnen.

8.2 Kooperationsverhalten und –Strategie der *BMW Group*

Es ist interessant, dass sich BMW weitgehend für den Weg der Eigenentwicklung von Technik und Software verschrieben hat. Die Zusammenarbeit mit *Start-ups* etwa hält sich in Grenzen. Vukotich begründet diese Entscheidung damit, dass eingekaufte Soft- oder Hardware meist schwierig in die bestehende Soft- und Hardware des Unternehmens zu integrieren sei. Besonders betont er die Zeitkomponente, die bei der Integration von externen Technologien oder Softwarelösungen anfallen würde. Kurzfristig sei eine Integration zwar immer vielversprechend und flott machbar, aber langfristig zu zeitaufwendig. Dementsprechend hat sich BMW 2018 dazu entschieden, einen eigenen Campus, den *Autonomous Driving Campus*, außerhalb Münchens zu eröffnen, in welchem die Schlüsseltechnologien sowie Softwarelösungen einfach selbst entwickelt werden sollen.²⁵³ Allerdings hinkt BMW bei der Testung autonomer Fahrzeuge der Konkurrenz, gemessen an den zurückgelegten, realen Kilometern hinterher. Auch die Weigerung, sich intensiv mit *Start-ups* auseinanderzusetzen und diese eventuell aufzukaufen wird kritisiert.²⁵⁴ Der Campus ist ein Entwicklungsstandort, welcher die Transformation der *BMW Group* von einem traditionellen Automobilkonzern hin zu einem Tech-Unternehmen beschleunigen soll. An diesem Standort werden alle von BMW gestellten Fachgruppen sowie KooperationspartnerInnen zusammen unter

²⁵² Vgl.: BMW (<https://www.bmw.com/de/automotive-life/autonomes-fahren.html>) o.J., o.S.

²⁵³ Vgl.: DAHLMANN (<https://www.gruenderszene.de/automotive-mobility/bmw-robotaxi-vukotich-autonomes-fahren?interstitial>) 2019 o.S.

²⁵⁴ Vgl.: DAHLMANN (<https://www.gruenderszene.de/automotive-mobility/bmw-autonomes-fahren-mobileye?interstitial>) 2019 o.S.

möglichst unkomplizierten Bedingungen an den Technologien für autonome Fahrzeuge forschen. Das fortschrittliche dabei stellt die Tatsache dar, dass alle Entwicklungsschritte bei dem Entwurf eines autonomen Fahrzeuges an einem einzigen Standort gebündelt werden. Es ist ohne Probleme möglich, die Software des Fahrzeuges abzuändern und diese Änderungen direkt an einem Testfahrzeug zu überprüfen.²⁵⁵ Dadurch, dass sich der Campus auf 23.000 Quadratmetern erstreckt, können 1800 Experten aus den unterschiedlichen technologischen, oder Entwicklerrichtungen zusammenarbeiten. Die Struktur der Zusammenarbeit wird von BMW sehr positiv angepriesen, denn es wird flächendeckend auf reine, traditionelle Teamleiter- oder Managerrollen verzichtet. Stattdessen arbeiten mehrere Teams an der Lösung einer Problematik, Technologie oder Software gleichzeitig, was für leichtere Kommunikation, kürzere Entscheidungswege, schnellere Handlungsmuster und mehr Transparenz sorgt.²⁵⁶

Die Eröffnung des Campus wurde vom anwesenden Markus Söder, dem Ministerpräsidenten der CSU wie folgt kommentiert: "Die Zukunft eines Landes bemisst sich an seiner Innovationskraft. Das Auto sichere Arbeitsplätze und individuelle Mobilität. Wir sind für Mobilität und gegen Fahrverbote. Die Zukunft der Mobilität ist ein zentrales Thema im wachsenden Freistaat."²⁵⁷ Weiters fuhr er fort: "Wir brauchen innovative Verkehrskonzepte – sicher, intelligent und umweltschonend. Autonomes Fahren ist dabei eine wesentliche Schlüsseltechnologie. Die Einrichtung des neuen *Autonomous Driving Campus* in Unterschleißheim ist ein klares Bekenntnis für den High-Tech-Standort Bayern und ein weiterer Beleg für die enge Partnerschaft zwischen BMW und dem Freistaat Bayern."²⁵⁸ Abgesehen von diesen offensichtlichen, partnerschaftlichen Bekundungen, fördert das Wirtschaftsministerium Bayerns die BMW Group auch beim Forschungsprojekt iAATG (Methodenfindung zur Absicherung autonomen Fahrens) in welchem auch die Technische Hochschule Deggendorf und die Deggendorfer Firma b-Plus (Ein mittleres Unternehmen mit 220 MitarbeiterInnen, spezialisiert auf Software- und

²⁵⁵ Vgl.: BMW GROUP (<https://www.bmwgroup.com/de/innovation/technologie-und-mobilitaet/autonomes-fahren/campus.html>) o.J., o.S.

²⁵⁶ Vgl.: BMW (<https://www.bmw.com/de/innovation/die-entwicklung-selbstfahrender-autos.html>) o.J., o.S.

²⁵⁷ SÖDER In: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/BMW-eroeffnet-Campus-fuer-autonomes-Fahren-4019998.html> 2018 o.S.

²⁵⁸ BMW GROUP (<https://www.press.bmwgroup.com/austria/article/detail/T0280027DE/neues-kompetenzzentrum-fuer-autonomes-fahren-bmw-group-eroeffnet-offiziell-den-campus-fuer-autonomes-fahren-in-unterschleissheim-bei-muenchen>) o.J., o.S.

Techniklösungen²⁵⁹) partizipieren mit 800.000€. Die Forschungen finden in der BMW-Fertigungsstätte in Dingolfing statt, in welcher die automatisierten Fahrzeuge hergestellt werden sollen.²⁶⁰ Diese regionale Forschungslösung wurde vom bayrischen Wirtschaftsminister Hubert Aiwanger mit den Worten: „Mit diesem Projekt kann sich Bayern und speziell der Standort Dingolfing als Vorreiter in der Qualitätssicherung autonomer Fahrzeuge präsentieren. Wir steuern hierzu über 800.000 Euro bei. Wir unterstützen den Transformationsprozess von Unternehmen der bayerischen Fahrzeug- und Zulieferindustrie, unter anderem durch die Förderung von Forschung und Entwicklung neuer Produkte und Technologien oder Pilotprojekte zu Mobilitätslösungen. Dadurch soll Bayern auch in der neuen Mobilitätswelt Technologieführer bleiben.“ kommentiert und sie zeigen deutlich die Bedeutung, die die *BMW Group* für die bayrische Politik hat. So hat sich auch der Staatsminister für Wissenschaft und Kunst, Bernd Sibler, sehr positiv über das regionale Forschungsprojekt geäußert: „Am Wissenschaftsstandort Bayern wird die weltweite Entwicklung des autonomen Fahrens entscheidend mitgestaltet. Mit dem Forschungsprojekt iAATG verbinden wir das Potenzial von Wissenschaft und Forschung mit dem *Know-how* von Unternehmen. Diese Symbiose verspricht höchste Qualität für sichereres Fahren durch vorausschauende Automobile, kurz: Hier gestalten wir die Mobilität von morgen.“²⁶¹

Da am *Autonomous Driving Campus* nicht nur BMW Fachkräfte, sondern auch Angestellte von Partnern arbeiten, wird das Wissen aus unterschiedlichen Unternehmen gebündelt. BMW hat zudem eine weitreichende Allianz geschmiedet, um mit Kooperation statt Konfrontation schneller ihr Ziel erreichen zu können, bereits 2021 ein Serienreifes Stufe 3 Fahrzeug auf den deutschen Markt zu bringen. Die Partner und Kooperationen von BMW bei der Entwicklung autonomer Fahrzeuge der Stufe 3-5 werden nachfolgend vorgestellt.

Einer der wichtigsten und in der Automobilbranche der autonomen Fahrzeuge eines der begehrtesten Unternehmen für Kooperationen ist die *MobilEye*. Die *MobilEye* ist eine *Intel Company*, die in Israel gegründet wurde und entwickelt Technologien wie Visionssensorik zur Erfassung der Umwelt des Fahrzeuges, Softwarelösungen wie Datenanalyseprogramme, Fahrassistenzsysteme und autonome Fahrlösungen.

²⁵⁹ Vgl.: B-PLUS (<https://www.b-plus.com/de/unternehmen/profil>) o.J., o.S.

²⁶⁰ Vgl.: FLUHR (<https://www.autonomes-fahren.de/bmw-absicherung-des-autonomen-fahrens/>) 2019 o.S.

²⁶¹ SIBLER In: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0302418DE/autonomes-fahren-%E2%80%93-sicher-und-zuverlaessig?language=de> 2019 o.S.

Kollisionswarnsoftware, Spurhalteassistenten, Abstandsüberwachung oder Totwinkelerkennung sind nur einige der Lösungen, die die *MobilEye* anbietet und damit das Fahren sicherer macht. *MobilEye* hat Standorte auf der ganzen Welt verteilt und arbeitet mit über 25 AutomobilherstellerInnen weltweit zusammen, wobei 13 davon die Zusammenarbeit von Level 1 und Level 2 Technik auf Level 3 und mehr erweitert haben.²⁶² Mit seinen weltweit über 1700 Angestellten ist die *MobilEye* ein internationales Großunternehmen, welches an den drei Säulen des autonomen Fahrens, der Sensortechnik, der Kartenerstellung und den Fahrsystemen arbeitet. Die Partnerschaft bei der gemeinsamen Entwicklung autonomer Fahrzeuge zwischen der *BMW Group* und der *MobilEye* ist einzigartig und exklusiv.²⁶³ Zwar gibt es Kooperationen zwischen der *MobilEye* und anderen Unternehmen bezüglich autonomer Fahrzeuge und deren Technik, allerdings nicht auf einem vergleichbaren, transparenten und vor allem kooperativen Niveau, wie auf dem *Autonomous Driving Campus*.

Der zweite, große Tech-Partner der *BMW Group* ist der Mutterkonzern der *MobilEye*, Intel selbst. Auch IngenieureInnen und TechnikerInnen von Intel arbeiten gemeinsam mit den Angestellten von BMW in ihrem Campus direkt und ohne Distanz zusammen. Während die *MobilEye* die Hardware zur Umweltwahrnehmung, sowie die Erstellung von Karten zur besseren Navigation und Informationslage der gewählten, autonom zu fahrenden Strecken übernimmt, fallen Unmengen an Daten an, die sowohl bereitgestellt, berechnet und weiterverarbeitet werden müssen. Genau hier setzen die Angestellten von Intel an und versuchen die enormen Datenmengen, die beim Betrieb eines autonomen Fahrzeuges entstehen, in den Griff zu bekommen, denn die Daten nach 24-stündigen Testfahrten mit autonomen Fahrzeugen erreichen bis zu 40 Terabyte, was in etwa der Menge von 800 Blu-Ray-Discs entspräche.²⁶⁴ Intel liefert als internationales IT-Großunternehmen viel *Know-How* über Datenverarbeitung und Datenanalyse sowie der IT-Hardware, die in autonomen Fahrzeugen zum Einsatz kommt. Die Zusammenarbeit zwischen Intel und *MobilEye* im Bereich des autonomen Fahrens abseits der BMW Kooperation ist ebenfalls ein Faktor, der positiv in die Entwicklungsleistung der Unternehmen mit einfließt. Die

²⁶² Vgl.: MOBILEYE (<https://www.mobileye.com/de/fleets/about/>) o.J., o.S.

²⁶³ Vgl.: MOBILEYE (<https://www.mobileye.com/about/>) o.J., o.S.

²⁶⁴ Vgl.: BMW GROUP (<https://www.bmwgroup.com/de/innovation/technologie-und-mobilitaet/autonomes-fahren.html>) o.J., o.S.

Zusammenarbeit zwischen der *BMW Group* und *MobilEye* besteht bereits seit 2016.²⁶⁵

Auch die Ingenieure und Techniker eines anderen OEM arbeiten in der Allianz am hauseigenen Campus mit den Angestellten von BMW zusammen, nämlich jene von Fiat Chrysler *Automobiles* (FCA). Gemeinsam arbeiten sie an der Verbesserung und Entwicklung autonomer Fahrzeuge und setzen dabei auf den Austausch der Erfahrungen der beiden großen OEM's. Sergio Marchionne, seines Zeichens *Chief Executive Officer* von FCA beschreibt die Intention zur Zusammenarbeit wie folgt: "*In order to advance autonomous driving technology, it is vital to form partnerships among automakers, technology providers and suppliers. Joining this cooperation will enable FCA to directly benefit from the synergies and economies of scale that are possible when companies come together with a common vision and objective.*"²⁶⁶

Fiat Chrysler *Automobile* stellt damit klar, dass es überlebenswichtig ist, Kooperationen zwischen Automobilherstellern zu formen, um die gemeinsamen Ressourcen gebündelt für eine noch raschere Erforschung autonomer Fahrzeugtechnik zu gewährleisten. Die Synergieeffekte zwischen den HerstellerInnen und die Nutzung der Effekte der *economies of scale* sind bei der gleichen Vision und einem gleichen Ziel, nämlich der Serienreife von autonomen Fahrzeugen näher zu rücken, positiv zu bewerten. Die Erfahrungen von FCA in Nordamerika, zusammen mit ihrer weltweiten Absatzverteilung und einer hohen Entwicklungskapazität, sowie etwa doppelt so viel verkauften Fahrzeugen bergen viel Wissen und notwendige Ressourcen, um einen entsprechenden Gegenwert für die *BMW Group* darzustellen, weswegen FCA auch im *Autonomous Driving Campus* mit vielen Ingenieuren und IT-Spezialisten vertreten sind.²⁶⁷

Doch die überraschendste und weitreichendste, neue Partnerschaft für BMW's Allianz stellt die Kooperation auf breiter Ebene mit dem ehemaligen, nationalen Erzfeind, Daimler dar (Zur Daimler Gruppe gehört hauptsächlich Mercedes Benz mit seinen Tochterfirmen)²⁶⁸. Die Zusammenarbeit der beiden deutschen OEM's wird in den zwei Technologiezentren von Mercedes Benz sowie dem *Autonomous Driving*

²⁶⁵ Vgl.: INTEL (<https://www.intel.de/content/www/de/de/automotive/autonomous-vehicles.html>) o.J., o.S.

²⁶⁶ MARCHIONNE In: <https://www.press.bmwgroup.com/austria/article/detail/T0273712DE/flat-chrysler-automobiles-to-join-bmw-group-intel-and-mobileye-in-developing-autonomous-driving-platform> 2017 o.S.

²⁶⁷ Vgl.: o.V. <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/autonomes-fahren-verstaerkung-fuer-bmw-allianz-1.3629971> 2017 o.S.

²⁶⁸ Vgl.: DAIMLER (<https://www.daimler.com/konzern/>) o.J., o.S.

Campus von BMW stattfinden, indem MitarbeiterInnen der beiden Firmen den Standort wechseln. Klaus Fröhlich kommentiert die Bekanntgabe der unüblichen Kooperation wie folgt: „Wir setzen unsere Strategie konsequent fort und bringen dazu die Kompetenzen von zwei Technologieführern zusammen.“ Diese Kooperation innerhalb der Allianz von BMW erstreckt sich über eine langfristige Zusammenarbeit zur Entwicklung von Stufe 4 Fahrzeugen.²⁶⁹ Die Bekanntgabe dieser Kooperation erfolgte nur eine Woche nach der Zusammenlegung der beiden *Car-Sharing* Dienste *Car2Go* von Daimler und *DriveNow* von der BMW Group zu dem Gemeinschaftsunternehmen *ShareNow*. Die beiden Unternehmen hatten die Vision, in Amerika Mobilität anstatt Fahrzeugen anzubieten und sich auf die Mobilitätsdienste zu fokussieren. Allerdings ist der Zusammenschluss sowohl von den US-Behörden behindert worden, sodass eine verzögerte Markteinführung die Folge war. Außerdem stellte sich die Konkurrenz als zu hart und die Infrastruktur als zu gering heraus, weswegen die Reißleine gezogen werden musste.²⁷⁰ Die beiden Unternehmen mussten also bereits eine gemeinsame Niederlage wegstecken. Allerdings war die Niederlage mehr oder weniger auf Amerika begrenzt, weswegen die *Car-Sharing*-Offensive in Europa weitergeführt wird. Hierfür planen die beiden Automobilkonzerne im Zuge ihrer Kooperation eine gemeinsame, autonome Fahrzeugflotte in Europa zu etablieren, die in der Lage sein sollen, sich selbstständig aufzuladen beziehungsweise sich selbstständig zu Ladestationen zu begeben und noch vieles mehr.²⁷¹ Die Fahrdienste der beiden Konzerne werden zusammengelegt und in fünf miteinander verbundenen Joint-Ventures angeboten:

1. ReachNow

Die App, welche multimedial läuft, soll KundInnen ermöglichen, auf die meisten Mobilitätsangebote einer Region zuzugreifen, Tickets für den Nahverkehr zu kaufen oder sich ein Auto per *Car-Sharing* zu organisieren.

2. ChargeNow

Dieser Service, welcher von der BMW-Tochter *Digital Charge Solutions GmbH* angeboten wird, stellt den KundInnen ein Netz an Ladestationen zur Verfügung und das in 25 Ländern.

²⁶⁹ Vgl.: o.V. <https://www.dw.com/de/daimler-und-bmw-k%C3%BCndigen-kooperation-f%C3%BCr-selbstfahrende-autos-an/a-47721356> 2019 o.S.

²⁷⁰ Vgl.: o.V. <https://www.dw.com/de/carsharing-daimler-und-bmw-geben-in-amerika-auf/a-51731183> 2019 o.S.

²⁷¹ Vgl.: HOLZER (<https://www.firmenauto.de/kooperation-bei-mobilitaetsdiensten-bmw-und-daimler-planen-autonome-e-auto-flotte-10706134.html>) 2019 o.S.

3. ParkNow

Die KundInnen können mit dieser Applikation Parkhäuser oder –Garagen finden und Bargeld- und kontaktlos zahlen.

4. FreeNow

Dieser Service verbindet KundInnen mit Mietwagen-FahrerInnen, oder TaxifahrerInnen.

5. ShareNow

Das sogenannte „FreeFloating Carsharing“ (Fahrzeuge stehen in der Stadt bereit und müssen nur gebucht werden, um sofort losfahren zu können. Das Fahrzeug wird vom KundInnen innerhalb einer Nutzungszone wieder abgestellt.) mit mehr als 20.000 Fahrzeugen in über 30 Städten weltweit bietet KundInnen die Freiheit, selbst zu fahren.²⁷²

Der Zusammenschluss der einzelnen Mobilitätsdienste von Daimler und der BMW Group zum neuen, gemeinsamen Unternehmen Jurbey²⁷³ stellt bereits im jetzigen Stadium einen Erfolg für beide Unternehmen dar.

Allerdings gehen die Pläne der beiden OEM's noch weiter. BMW – Vorstandschef Harald Krüger sagte in einem Interview mit dem Magazin electrive.net Anfang 2019: „Unsere Vision ist klar: Die fünf Services verschmelzen immer mehr zu einem Mobilitätsangebot mit voll-elektrischen und selbstfahrenden Flotten, die sich selbstständig aufladen und parken sowie mit anderen Verkehrsmitteln vernetzen lassen“.²⁷⁴ Damit wären die Weichen für eine großflächige Einführung von autonomen Fahrzeugen gestellt. Es könnte sein, dass die Zusammenarbeit der beiden Unternehmen auf kurz oder lang zu eine Verschmelzung der beiden OEM's führen kann, wie das Magazin autonomes-fahren.de im Januar 2019 berichtet. Die Zusammenlegung von Produktion, die Offenlegung der jeweiligen Patente in bestimmten Bereichen und schlussendlich einer potenziellen Vereinheitlichung von Fahrzeugen deuten laut einer vertraulichen Quelle auf Umbrüche in der deutschen Automobilbranche hin.²⁷⁵ Im März erhärteten sich dann die Gerüchte, als die beiden OEM's auf dem Genfer Autosalon von einer gemeinsamen Entwicklung der

²⁷² Vgl.: WERWITZKE In: <https://www.electrive.net/2019/02/22/bmw-daimler-besiegeln-fusion-ihrer-mobilitaetsdienste/> 2019 o.S.

²⁷³ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/jurbey-plaene-vorgestellt/> 2019 o.S.

²⁷⁴ KRÜGER In: <https://www.electrive.net/2019/02/22/bmw-daimler-besiegeln-fusion-ihrer-mobilitaetsdienste/> 2019

²⁷⁵ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-mercedes-benz-gehen-zusammen/> 2019 o.S.

Standards für autonome Fahrzeuge überzeugt sei und dies auch in Angriff nehmen wolle. Die dadurch gewonnenen Ergebnisse sollen der Politik als Basis für die Formulierung entsprechender Gesetze dienen.²⁷⁶ Klaus Fröhlich, BMW-Entwicklungsvorstand, erklärte bei einem Interview im Februar 2019 gegenüber den Journalisten der Tagesschau der ARD, dass „Es um Autos geht, die in einigen Jahren computergesteuert ganz ohne FahrerIn fahren können. Sie gelten als Zukunftstechnologie. Durch die Zusammenführung der großen Kompetenzen unserer beiden Häuser erhöhen wir die Innovationskraft und beschleunigen die Verbreitung dieser Technologie.“²⁷⁷

Die Zuliefererfirmen Continental, Delphi und Magna konnte die BMW Group ebenfalls an Bord holen. Ersterer, langjähriger Partner, Continental (Deutscher Automobilzulieferer mit Sitz in Hannover und 243.000 MitarbeiterInnen, verteilt auf 60 Länder²⁷⁸), ist für die Systemintegration der entwickelten Lösungen von anderen Partnern in der Allianz zuständig²⁷⁹ und Aptiv (ehemals: Delphi, Automobilzulieferer mit Sitz in Dublin, Irland und über 100.000 MitarbeiterInnen in 32 Ländern²⁸⁰) wird Entwicklungspartner in den Bereichen der Wahrnehmung und Sensorik und soll bei der Systemintegration helfen²⁸¹, während das deutsch-kanadische Unternehmen Magna (Automobilzulieferer mit Sitz in Aurora, Kanada und über 165.000 MitarbeiterInnen in 27 Ländern²⁸²) Sensor- und Wahrnehmungstechnik wie Radar und Lidar beisteuert.²⁸³

Neben diesen drei Zulieferer-Riesen holte sich BMW auch noch mit der KPIT, der Software Motor Company und der TTTech drei Software-Unternehmen mit an Bord, welche bei dem Ausbau und der Systemkompatibilität zwischen BMW-Technik und der Technik anderer OEM's sowie bei der Optimierung der Fahrzeugtechnik unterstützen sollen. Die KPIT, ein indisches Unternehmen mit über 10.000

²⁷⁶ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-und-mercedes-benz-gemeinsam-die-regeln-bestimmen/> 2019 o.S.

²⁷⁷ FRÖHLICH In: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/daimler-bmw-105.html> 2019 o.S.

²⁷⁸ Vgl.: CONTINENTAL (<https://www.continental.com/de/karriere/arbeiten-bei-continental/continental-auf-einen-blick>) o.J., o.S.

²⁷⁹ Vgl.: CONTINENTAL (<https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/continental-wird-systemintegrator-fuer-plattform-autonomes-fahren-von-bmw-group--intel-und-mobileye-67238>) o.J., o.S.

²⁸⁰ Vgl.: DELPHI (<https://www.delphiautoparts.com/deu/de/ueber-delphi>) o.J., o.S.

²⁸¹ Vgl.: KALLWEIT In: <https://www.automobil-produktion.de/technik-produktion/forschung-entwicklung/bmw-group-intel-und-mobileye-arbeiten-mit-delphi-120.html> 2017 o.S.

²⁸² Vgl.: <https://www.magna.com/company/company-information/facts-history>

²⁸³ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/magna-verspricht-sich-viel-von-der-automatisierung-der-fahrzeuge/> 2019 o.S.

MitarbeiterInnen weltweit, liefert Lösungen, um das *Rollout* der Software der autonomen Fahrzeuge der BMW Allianz in anderen OEM's verwenden zu können.²⁸⁴ Sie sind ebenso im *Autonomous Driving Campus* nahe München ansässig, wie die TTTech, welche ihren Sitz in Wien hat. Dieses verfügt über 1700 MitarbeiterInnen und operiert in 13 Ländern auf der global verteilt. Ihre Expertise liegt in der Verbesserung der Sicherheitsstrukturen von Netzwerken und Software allgemein, was sie auch am *Autonomous Driving Campus* beisteuern.²⁸⁵ Mit der Software Motor Company wurde Ende 2019 von BMW in ein amerikanisches *Start-up* investiert, welches seinen Sitz in Silicon Valley hat und etwa 100 MitarbeiterInnen beschäftigt.²⁸⁶ Das Unternehmen soll die Effizienz und vor allem die Hitze Probleme beim Betrieb des Elektromotors der autonomen Fahrzeuge von BMW in den Griff bekommen.

Mit dem Navigationsunternehmen Here erwarben die BMW Group, Daimler und Audi GmbH zu gleichen Teilen eines der fehlenden Puzzlestücke für ihre autonomen Fahrzeuge. Live-Navigation und möglichst genaue und vollständige Karten helfen den autonomen Fahrzeugen der Zukunft, sicher und zuverlässig Routen zu planen und zu fahren. Das revolutionäre an Here ist die Genauigkeit und Detailtreue, die das Programm ermöglicht. Es erkennt extrem genau Kurvenwinkel, Straßenschilder oder Fahrbahnmarkierungen und ermöglicht eine kontinuierliche Aktualisierung dieser Daten durch vorbeifahrende Fahrzeuge mit Here-Technologie.²⁸⁷ Das Unternehmen hat seinen Sitz in Amsterdam, Niederlande und beschäftigt über 8.000 Angestellte.²⁸⁸ Unterstützend arbeitet das spanische Unternehmen GMV (Sitz in Madrid und 2.171 MitarbeiterInnen²⁸⁹) an einem Ortungssystem für die Fahrzeuge, welches immens schnell und zuverlässig arbeiten muss, um im Zusammenspiel mit den Live-Karten von Here zu funktionieren.²⁹⁰

Die BMW Group verfolgt auch eine Strategie im Elektromobilitätsland China, welches deutlich aufgeschlossener gegenüber neuer Technik wie automatisierten Fahrzeugen auf Elektromotorbasis ist, wie etwa Europa oder Amerika. Außerdem baut China

²⁸⁴ Vgl.: KPIT (<https://www.kpit.com/about/>) o.J., o.S.

²⁸⁵ Vgl.: TTTECH (https://www.tttech.com/wp-content/uploads/TTTech-Group_Company_Fact_Sheet_german.pdf) o.J., o.S.

²⁸⁶ Vgl.: SOFTWAREMOTOR (<https://softwaremotor.com/company/>) o.J., o.S.

²⁸⁷ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/here-ist-fertig-entwickelt-einsatz-bei-bmw-mercedes-benz/> 2019 o.S.

²⁸⁸ Vgl.: HERE (<https://www.here.com/about-us>) o.J., o.S.

²⁸⁹ Vgl.: GMV (<https://www.gmv.com/en/Company/AboutGMV/CorporateData/>) o.J., o.S.

²⁹⁰ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/gmv-positionsbestimmung-fuer-bmw/> 2019 o.S.

bereits an einem flächendeckenden 5G Netz, welches für den Betrieb von BMW's autonomen Fahrzeugen aufgrund der hohen Datenmengen, die das Fahrzeug mit seiner Umgebung und mit Navigationssoftware austauschen muss, notwendig. Das Investitionsvolumen der chinesischen Regierung übertrifft jenes der USA in Silicon Valley.²⁹¹ Dementsprechend ist die Verlockung groß, dort Fuß fassen zu wollen, besonders wenn man berücksichtigt, dass BMW und MINI (Teil der BMW Group) im chinesischen Markt ein Viertel ihrer Absätze generieren. Um eine bessere Anpassung an den chinesischen Markt gewährleisten zu können und um die Technik des automatisierten Fahrens an die deutlich komplexeren Fahrsituationen in China anzupassen,²⁹² Dafür kooperiert die BMW Group mit dem Unternehmen Tencent (ein gigantisches Internetunternehmen mit über 54.000 MitarbeiterInnen und Sitz in Shenzhen, China und Standorten in Asien und Amerika²⁹³), welches über das nötige *Know-How* verfügt, wie man mit riesigen Datenmengen am besten umgeht, diese verschlüsselt, komprimiert und möglichst effizient verarbeitet. Tencent wird auch, zumindest in China, ihre Rechenzentren mit Cloud-Kapazitäten BMW im Zuge der Kooperation zur Verfügung stellen und gemeinsam mit BMW ein eigenes Rechenzentrum bauen, außerdem sollen zwei FuE-Einrichtungen folgen.²⁹⁴

Diese zwei FuE-Einrichtungen sollen eine Schlüsselrolle bei der Erreichung der ACES-Ziele²⁹⁵ zu kommen, während das Rechenzentrum wiederum soll die Basis für die sogenannten D3-Plattform (*Data-Driven Development Plattform*), welche in Unterschleißheim, im *Autonomous Driving Campus*, eingerichtet wurde und die Auswertung der autonomen Fahrzeugsysteme durchführt.²⁹⁶ Der zweite, große KooperationspartnerInnen für BMW in China ist Baidu (Ein Suchmaschinenunternehmen, welches, ähnlich wie Google in der westlichen Hemisphere, eine volle Erfolgsgeschichte hinter sich hat und Fuß in der Tech-Branche fassen will. Der Sitz der Firma ist in Peking, China und sie beschäftigt über 45.000 Menschen.²⁹⁷), welches eine offene Plattform mit Lösungen rund um das

²⁹¹ Vgl.: o. V. <https://www.dw.com/de/autonomes-fahren-bmw-findet-partner-in-china/a-49648434> 2019 o.J., o.S.

²⁹² Vgl.: BMW GROUP (<https://www.press.bmwgroup.com/austria/article/detail/T0290193DE/neuer-bmw-7er-feiert-weltpremiere-in-china>) o.J., o.S.

²⁹³ Vgl.: TENCENT (<https://www.tencent.com/en-us/about.html>) o.J., o.S.

²⁹⁴ Vgl.: o. V. <https://www.dw.com/de/autonomes-fahren-bmw-findet-partner-in-china/a-49648434> 2019

²⁹⁵ Siehe Fallbeispiel BMW, Einleitung und Ziele

²⁹⁶ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-baut-mit-tencent-an-der-d%c2%b3-plattform-in-china/> 2019 o.S.

²⁹⁷ Vgl.: <https://de.wikipedia.org/wiki/Baidu>

Thema autonomes Fahren anzubieten hat, denn Baidu hat, ähnlich wie auch Google, ein riesiges PartnerInnenetzwerk kreiert, in welchem 118 Unternehmen beteiligt sind und zu automatisierten Fahrzeuglösungen forschen. Das Teilen der Kapazitäten und eine Steigerung der Effizienz in der Forschung erhofft sich die BMW Group durch die Kooperation.²⁹⁸

Zu guter Letzt hat auch die BMW Group das hohe Potenzial von *Start-ups* erkannt und hat zur Förderung der Innovationskraft von *Start-ups* das Projekt Garage ins Leben gerufen. Im Zuge dieses Projektes können die Jungunternehmen ihre Ideen und Innovationen MitarbeiterInnen der BMW Group vorstellen und wenn diese Potenzial in der Idee sehen, verhelfen sie zur Markteinführung des Produktes. Insgesamt konnte so ein Netzwerk aus über 1500 *Start-ups* aufgebaut werden. Weiters stehen sowohl der rege Austausch mit Fachleuten sowohl von BMW, als auch von anderen Start-Ups und die Vernetzung untereinander im Vordergrund. Das Projekt wird inzwischen an fünf Standorten, Silicon Valley, Shanghai, Seoul, Tokio und Tel Aviv angeboten und ist auf mehreren Ebenen ein Erfolg. So konnte das Projekt Garage den beiden *Start-Ups*, Lunewave und QC Ware helfen, ihre Produkte zur Marktreife zu bringen und damit für BMW's automatisierte Fahrzeugtechnik einen positiven Beitrag zu leisten.²⁹⁹

Nach der erfolgreichen und überraschenden Kooperation zwischen Daimler und BMW hat sich im Oktober 2019 auch Audi als Interessent zum Beitritt in die Allianz geäußert.³⁰⁰ Audi hatte bezüglich einer Kooperation auch keine echte Wahl, da der Konzern immer noch stark unter dem Abgasskandal von 2015 leidet und Audi hohe Einsparungen in vielen Bereichen des Unternehmens plant.³⁰¹ Um trotz der Einsparungen nicht im Wettrennen um die autonomen Fahrzeuge zurückzufallen, stellte man die Anfrage auf Beitritt in die Allianz. Gemeinsam verbessert sich ebenfalls die Möglichkeit, auf die Politik bezüglich der gesetzlichen Rahmenbedingungen und Sicherheitsstandards stärker Druck machen zu können.³⁰²

²⁹⁸ Vgl.: BMW GROUP (<https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0282944DE/die-bmw-group-und-baidu-buendeln-ihre-kraefte-und-beschleunigen-entwicklung-des-autonomen-fahrens-in-china?language=de>) 2018 o.S.

²⁹⁹ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-startup-programm-garage/> 2019 o.S.

³⁰⁰ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-daimler-suchen-nach-weiteren-partnern/> 2019 o.S.

³⁰¹ Vgl.: o.V. <https://www.br.de/nachrichten/bayern/audi-und-der-abgasskandal-die-chronologie-der-manipulation,RUUhMZG> 2020 o.S.

³⁰² Vgl.: WIMMELBÜCKER In: <https://www.automobilwoche.de/article/20190606/NACHRICHTEN/190609943/gemeinsame-entwicklung-audi-will-offenbar-mit-bmw-und-mercedes-zusammenarbeiten> 2019 o.S.

Für eine gemeinsame Allianz spricht ebenfalls der gemeinsame Erwerb der Navigationskartenfirma Here, bei welcher BMW, Daimler und Audi jeweils 33,3% halten. Da Audi zur Volkswagen AG gehört, stellte diese Anfrage den Mutterkonzern vor große Probleme, denn dieser entschied sich für eine Kooperation mit Ford, welchen eine Aufspaltung der Konzerne innerhalb der VW AG nicht gefallen dürfte. Allerdings hat sich Volkswagen-Chef Herbert Diess trotz der Kooperation mit Ford, eine nationale Kooperation zwischen allen deutschen Automobilkonzernen anzustreben. Diese hätte für die Unternehmen immense Vorteile, wie etwa enorme Einsparungen durch die Lastenteilung in FuE, sowie einer Standardisierung der grundlegenden Plattform auf welcher autonome Fahrzeuge basieren sollen. Den finanziell angeschlagenen, deutschen Konzernen könnte dieser Schritt dazu verhelfen, sich effektiver gegen die großen KonkurrentInnen wie Google oder weitere Unternehmen aus dem amerikanischen und asiatischen Raum zu stellen und sich gegen diese zu behaupten.³⁰³ Diess und BMW-Entwicklungsvorstand Klaus Fröhlich wollen beide eine nationale, deutsche Lösung und Allianz. Die Bündelung der Kräfte, welche die einzelnen HerstellerInnen in ihren eigenen Partnerschaften und Kooperationen angesammelt hatten, wäre immens³⁰⁴ und absolut notwendig im Angesicht des Vorsprungs, den das Google Unternehmen Waymo bisher herausholen konnte.³⁰⁵ Eine derart große, nationale Kooperation, besonders in der Automobilindustrie in Deutschland wäre vor 3 Jahren noch undenkbar gewesen, wobei die Weichen dafür etwa beim gemeinschaftlichen Kauf der Navigationssoftwarefirma Here durch BMW, Daimler und Audi, langsam gelegt wurden.³⁰⁶

³⁰³ Vgl.: o.V. <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/bmw-volkswagen-und-daimler-planen-megabuendnis-beim-autonomen-fahren-a-1249507.html> 2019 o.S.

³⁰⁴ Vgl.: o.V. <https://www.manager-magazin.de/premium/bmw-volkswagen-daimler-megabuendnis-fuer-autonomes-fahren-geplant-a-00000000-0002-0001-0000-000161978229> 2019 o.S.

³⁰⁵ Vgl.: REST In: <https://www.manager-magazin.de/premium/waymo-die-neue-automacht-aus-dem-google-reich-a-00000000-0002-0001-0000-000159493285> 2018 o.S.

³⁰⁶ Vgl.: FLUHR In: <https://www.autonomes-fahren.de/deutsche-autoindustrie-vereint-beim-autonomen-fahren/> 2020 o.S.

9 Beantwortung der Forschungsfrage

Forschungsfrage:

Welche Innovationsstrategien sind in der deutschen Automobilbranche am Beispiel der BMW Group im Bereich automatisierte Fahrzeugsysteme zu beobachten und mit welchen AkteurlInnen wird auf unterschiedlichen, räumlichen Ebenen kooperiert, um die Herausforderungen, welche mit dieser radikalen Innovation verbunden sind, zu bewältigen?

Die Vorgangsweise beim Kooperationsverhalten und der allgemeinen Strategie der Automobilhersteller Deutschlands lassen sich relativ gut am Beispiel der BMW Group durch die genaue Analyse der beteiligten Partner zeigen. Es hat sich gezeigt, dass BMW abseits der vom Staat finanzierten Förder- und Kooperationsprogramme und abseits anderer OEM's kaum mit heimischen Unternehmen kooperiert. Auch die Kooperation mit *Start-ups* hielt sich von Beginn an stark in Grenzen, bis die BMW Group schließlich deren Potenzial erkannt hatte und begann mit dem Projekt Garage eine auf *Start-ups* ausgelegte Förderungs- und Kooperationskampagne. Auch hier ist klar erkennbar, dass die Zusammenarbeit nicht auf regionaler, nationaler, sondern internationaler Ebene gesucht wird, denn die Standorte auf welchen das Projekt Garage angeboten wird, sind Silicon Valley, Shanghai, Seoul, Tokio und Tel Aviv. Somit befindet sich nicht eine einzige deutsche oder europäische Stadt auf der Projektliste der BMW Group. Der Fokus der BMW Group liegt bezüglich der Kooperation auf etablierten und starken Großunternehmen, welche die Lücken füllen, die BMW nicht alleine füllen kann. Um mit Partner aus aller Welt gemeinsam an autonomen Fahrzeugsystemen forschen zu können, ohne dabei auf *Face2Face* Kommunikation verzichten zu müssen, baute die BMW Group außerhalb von München ihren *Autonomous Driving Campus*. Auf diesem arbeiten mittlerweile etwa 2000 IngenieurInnen, TechnikerInnen und SoftwarespezialistInnen mit den AngestelltInnen der BMW Group direkt zusammen. Die Vorteile einer solchen, direkten und gemeinsamen Kooperation sind vielfältig. Der Campus ist so konstruiert worden, dass sowohl der Workflow der beteiligten Personen so einfach, kurz und direkt wie möglich aufgebaut ist und etwa Veränderungen in Teilsystemen der autonomen Fahrzeuge direkt getestet und auf ihre Funktionsweise geprüft werden können.

Da die Zentrale der Bayerischen Motoren Werken in Bayern liegt, ist es ein natürliches Interesse der stärksten Partei Bayerns, der CSU, die *BMW Group* nicht nur im Land zu halten, sondern auch in der Region zu halten. Die Zusammenarbeit zwischen der Politik in Bayern und der *BMW Group* kann als innig beschrieben werden. Sowohl der Ministerpräsident der CSU, Markus Söder, als auch weitere Minister aus der Rängen der CSU haben sich daran beteiligt, BMW an den Standort Bayern intensiver zu binden. So wurde etwa ein regionales Kooperationsprojekt mit der technischen Hochschule Deggendorf und der ebenfalls in Deggendorf ansässigen Firma b-plus mit 800.000 Euro gefördert. Da die Kooperationen mit den beiden AkteurlInnen allerdings nicht über das geförderte Forschungsprojekt hinausgehen, stellt sich die Frage, ob die Bundesregierung mit ihren Innovationsstrategien und –Programmen zur Stärkung der KMU's in Deutschland nicht zu wenig beigetragen hat.

Zum jetzigen Zeitpunkt arbeitet die *BMW Group* mit der Daimler AG sehr eng zusammen und es könnte Audi in absehbarer Zeit folgen. Damit wären drei der ganz großen, deutschen OEM's sowie mit FCA ein weiterer, amerikanischer OEM in der Allianz der *BMW Group* vertreten. Die Kooperationsart ist hierbei unterschiedlicher Natur. Während mit FCA die Zusammenarbeit quasi ausschließlich in den jeweiligen FuE-Abteilungen stattfindet, also im *Autonomous Driving Campus* von BMW, hat sich die Zusammenarbeit mit der Daimler AG auf weite Bereiche der Unternehmen ausgedehnt. Die beiden Automobilkonzerne, welche sich in einer schwierigen, finanziellen Lage aufgrund der stagnierenden Absatzzahlen und dem damit zusammenhängenden Abgasskandal befinden, haben erkannt, dass sie, um im internationalen Kampf um die Deutungshoheit automatisierter Fahrzeuge den Kampf nicht alleine gewinnen können. Demnach entschieden sich die jeweiligen Chefs, Dieter Zetsche (Daimler AG) und Harald Krüger (*BMW Group*) auf eine intensive Kooperationsform und weitreichende Zusammenlegung der FuE-Abteilungen zum Thema autonomes Fahren, eine komplette Fusion der jeweiligen *Car-Sharing*-Dienste und sogar eine teilweise Zusammenlegung der Produktions- und Fertigungsstätten geeinigt. Dieser Zusammenschluss zweier ehemaliger Erzfeinde innerhalb der deutschen Automobilkonzerne stellt einen überraschenden, aber notwendigen Schritt dar, um international mit den großen Konkurrenten wie etwa Google mithalten zu können. Die Kooperation mit nationalen OEM's könnte allerdings noch deutlich weitergehen, denn auch die gesamte Volkswagen AG hat nach Gesprächen mit der *BMW Group* ihr Interesse an einer deutschlandweiten

Zusammenarbeit beim Thema autonomes Fahren bekundet. Die Zusammenarbeit wäre ein Meilenstein der deutschen Automobilbranche und würde bedeuten, dass die deutschen OEM's ihre jeweiligen, teils exklusiven Forschungs- und KooperationspartnerInnen in eine riesige Allianz mit einbringen könnten, um auf globaler Ebene die Führung im Bereich der autonomen Fahrzeuge anzustreben.

Da BMW es sich zum Ziel gemacht hat, eine Wandlung oder Transformation von einem traditionellen Automobilbauer zu einem Tech-Unternehmen zu vollziehen, muss die Basis dafür mit Kooperationen aus eben diesem Sektor geschaffen werden. Es ist eines der Ziele von BMW, möglichst viel entlang der Forschungs- und Herstellungskette selbst zu kreieren, weswegen man versucht, die Expertise der großen Tech-Konzerne nach Deutschland, in den *Autonomous Driving Campus* zu holen. Mit Intel und deren Tochter, *MobilEye* ist der *BMW Group* dies auch gelungen, denn Intel liefert wertvolle Technologie im Hardware und Software Segment, in welchem die MitarbeiterInnen von BMW zu wenig Erfahrung haben und *MobilEye* ist eines der begehrtesten Unternehmen im Bereich des autonomen Fahrens, da ihre Kamera-, Mess- und Sensortechnik zu den besten weltweit gehören und bereits in Millionen an Fahrzeugen verbaut wurden, allerdings zum Großteil nur für Assistenzsysteme der Stufe 1 oder 2. Das soll sich mit dem Exklusivvertrag mit BMW ändern und *MobilEye* zum wichtigsten Zulieferer der Kamera-, Mess- und Sensortechnik machen.

Da, wie bereits im Zuge der Arbeit erläutert wurde, nicht nur die Messung des Umfeldes des Fahrzeuges zu einer besseren Wahrnehmung und Navigation im Straßenverkehr, verglichen mit der menschlichen Leistung führt, benötigen autonome Fahrzeuge auch Navigationssysteme und –technik, sowie ausgereifte und möglichst vollständige und exakte Karten, um ohne Probleme navigieren zu können. Zu diesem Zweck hat BMW, zusammen mit Daimler und Audi zu je einem Drittel das Navigationsunternehmen *Here* gekauft. Das niederländische Unternehmen mit Sitz in Amsterdam wird von dem spanischen Unternehmen GMV, welches die Ortungstechnik der Fahrzeuge übernimmt, unterstützt.

Auch die drei Tech-Unternehmen KPIT, Software Motor Company und TTTech sind nicht in Deutschland beheimatet, sondern in Indien, Amerika und Österreich. Die drei Firmen steuern Technologie zur Optimierung der autonomen Fahrzeuge bei.

Von den drei großen Zulieferern, Continental, Delphi und Magna ist nur ersterer in Deutschland beheimatet, während Delphi seinen Sitz in Dublin hat, Irland und Magna ein österreichisch-kanadisches Unternehmen mit Sitz in Aurora, Kanada ist. Die Kooperation mit chinesischen Unternehmen wie Tencent oder Baidu lässt die Kooperationsstrategie der *BMW Group* deutlicher erkennen.

Von den 15 Unternehmen, mit denen die *BMW Group* am intensivsten außerhalb staatlich geförderter Programme zusammenarbeitet und welche den größten Wert für die Gruppe darstellen, sind mit Daimler und Continental nur zwei Unternehmen aus Deutschland, wobei sich Audi in der Schwebe befindet. Andere Standorte wie Amerika mit Intel, FCA und der Software Motor Company, Indien mit Delphi und KPIT, China mit Tencent und Baidu, Österreich mit TTTech und Magna sind beispielhaft für die Internationalisierung der Kooperationspartner bei autonomen Fahrzeugen. Die Expertise der einzelnen AkteureInnen und der oftmals damit verbundene technologische und damit zeitliche Vorsprung lassen sich nicht durch vergleichbare, nationale Unternehmen kompensieren. Es zeigt sich ganz deutlich, dass der Fokus auf technologisch führende ZulieferInnen oder Technologie-Konzernen liegt, die in ihren Nischen oder Spezialisierungen die Spitze der jeweiligen Branche darstellen. Diese Tatsache ist auch daran erkennbar, dass die meisten der KooperationspartnerInnen riesige, globale Großunternehmen sind, die international Standorte besitzen und über tausende MitarbeiterInnen verfügen.

Eine ganz eindeutige und allgemeine Einteilung der Kooperationsformen nach Bandemer lässt sich aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtung, Tiefe und Intensität der Kooperationsformen nicht sagen. Es findet „*Collaborative Research*“ etwa mit der Daimler Gruppe statt, da die *BMW Group* eine weitgehende Verschmelzung ihrer FuE-Abteilungen erreicht hat. Grundsätzlich muss betont werden, dass die Kooperationen zwischen den OEM's in den meisten Fällen ebenfalls eine Kooperation der jeweiligen Partner miteinschließt. „*Co-operative Research*“ ist eine weitere, elementare Form der Unternehmenskooperation beim Thema des autonomen Fahrens, da zwischen Unternehmen Forschung, Technologie und Innovationsentwicklung ausgetauscht wird und dieser Austausch im Zuge eines vom Staat geförderten Forschungsprojektes oder eines Forschungsprogrammes angestoßen wird. „*Collective Research*“ findet ebenfalls statt, allerdings beschränkt sich die branchenweite Forschungskooperation auf die Definition von Standards und

Richtlinien welche unentbehrlich für einen langfristigen Erfolg einer neuartigen Innovation einer Branche sind.

Gegensätzlich zu den international aufgestellten PartnerInnen stellt sich die Lage bezüglich der Kooperationsprogramme und –projekte auf nationaler Ebene mit unterschiedlichen, politischen Ministerien und Ressorts dar. Die Vielzahl an Strategien und Programmen mit denen die deutsche Bundesregierung die Ziele der Innovationsförderung und der Mobilitätszukunft abgesteckt hatte, zeigen den Willen zur Veränderung auf. Die Beispiele, die im Zuge der Arbeit gegeben wurden lassen erkennen, dass das Ziel des Staates, eine Stärkung der KMU's auf nationaler Ebene im Bereich der automatisierten Fahrzeugsysteme fast ausschließlich im Zuge der Förder- und Kooperationsprojekte gelungen ist. In der Privatwirtschaft, abseits der vom Staat geförderten Projekte hat sich herausgestellt, dass im Falle der *BMW Group* kaum mit heimischen KMU's oder Unternehmen allgemein kooperiert wird. Man kann natürlich dagegenhalten, dass die Projekte vorrangig nationalen Zielen wie etwa der Definition von einheitlichen Entwicklungsmethoden und –Prozesse sowie Test- und Testbewertungsverfahren im Projekt PEGASUS, der Erhöhung der Verkehrssicherheit durch kooperatives Fahren im Projekt IMAGinE, der Erforschung von Simulationstestungen von Fahrzeugen der Stufe 4 und 5 im Projekt SETLevel4to5 und schlussendlich der Validierung und Verifikation für hochautomatisiertes Fahren im Projekt VVMethoden dienen. Nichts desto trotz ist es eine Tatsache, dass heimische KMU's ihren großen, internationalen Counterparts nicht vorgezogen werden. Auf nationaler Ebene sind, besonders im Zuge der Kooperationsprojekte auch viele Bildungseinrichtungen an der Forschung und Testung automatisierter Fahrzeugsysteme beteiligt wie die Auswertung der AkteurInnen gezeigt hat.

Auch die regionale Ebene bietet sich als Innovationssystem an. Die *BMW Group* hat erkannt, dass ein am Unternehmenssitz nahe gelegenes Forschungszentrum mit den Ingenieuren und Forschern der wichtigsten Partner, die gemeinsam auf regionaler, kleinräumiger Ebene ohne räumliche Distanzprobleme an der Entwicklung automatisierter Fahrzeugsysteme forschen können, nicht von der Hand zuweisenden Vorteile bietet. Interessanterweise wurde auch die gesamte Struktur des *Autonomous Driving Campus* intern mit diesem Credo aufgebaut. Es scheint obgleich der immensen Internationalität dieser Innovation und ihrer Kooperationsformen sehr attraktiv zu sein, die Fähigkeiten und Expertisen dieser global verteilten Partner zu

bündeln, um so unkompliziert und konzentriert gemeinsam forschen zu können. Es ist klar erkennbar, dass direkter Kontakt und direkte Zusammenarbeit auf kleinräumiger Ebene erwünscht und gefordert wird. Auch die Zusammenarbeit mit der bayrischen Partei CSU und deren Ministern gestaltet sich ähnlich eng, wie an dem Förderprojekt iAATG zu erkennen ist, an dem regionale AkteurInnen beteiligt sind.

Es kann die Forschungsfrage so beantwortet werden, dass aus der Sicht eines OEM's, wie der *BMW Group*, aufgrund des immensen, internationalen Konkurrenzdrucks keine andere Möglichkeit besteht, als auf globale Großunternehmen zurückzugreifen, die im Gegensatz zu nationalen Unternehmen die notwendigen Ressourcen, Forschungsvorsprünge und technologische Vorsprünge in spezifischen Bereichen entlang der Entwicklungskette automatisierter Fahrzeugsysteme aufweisen. Diese Kooperation gestaltet sich allerdings nicht nur auf globaler Ebene, sondern findet auch regional, etwa im *Autonomous Driving Campus* der *BMW Group* statt, denn die Vorteile von geringen bis gar keinen räumlichen Distanzen zwischen miteinander kooperierenden Unternehmen sind zu groß um ignoriert zu werden. Gleichzeitig ist die deutsche Regierung sehr bemüht, mittels stark geförderten, nationalen Forschungsprojekten die Zusammenarbeit zwischen heimischen Unternehmen zu forcieren, was allerdings abseits dieser Projekte kaum gelingt. Überraschend ist jedoch, dass sich trotz des Fokus auf internationale PartnerInnen eine Allianz der deutschen OEM's abzeichnet, welche nach dem weitgehenden Zusammenschluss der einstigen Erzfeinde BMW und Daimler bei der Erforschung automatisierter Fahrzeugsysteme immer mehr als der nächste, logische Schritt erscheint. Damit kann das Innovationssystem „automatisierte Fahrzeuge“ nicht eindeutig zugeteilt werden, denn es erfüllt weitgehend alle Kriterien der regionalen, nationalen und internationalen Innovationssysteme. Es ist eine spezielle Verbindung aus internationalen Kooperationen mit Großkonzernen aus dem ZulieferInnen- und Technologiebereich, nationalen Forschungsprojekten zusammen mit nationalen Großkonzernen, KMU's und Bildungseinrichtungen sowie regionalen Standortvorteilen verbunden mit kleinräumigen Forschungseinrichtungen wie dem *Autonomous Driving Campus*, auf welchem Ingenieure aus aller Welt gemeinsam mit den Angestellten der *BMW Group* direkt zusammenarbeiten. Diese Mischung ist es auch, was das Innovationssystem der automatisierten Fahrzeuge in Deutschland auszeichnet und einzigartig macht.

10 Literaturverzeichnis

- Asheim, B.T., Gertler, M.S.: The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems. In: Fager J., u.a.: Oxford Handbook of Innovation, Oxford 2004
- Bach M.: Autonomes Fahren und gesetzliche Grundlagen, 2016 (<https://www.uni-koblenz-landau.de/de/koblenz/fb4/ist/AGZoebel/Lehre/sommer2016/SeminarASidA/A1>; letzter Zugriff am 16. Mai 2018).
- Backhaus, A., Seidel, O.: Die Bedeutung der Region für den Innovationsprozess. In: Raumforschung und Raumordnung, 4/1998
- S. von Bandemer, V. Belzer in: F. Lehner (Hrsg.), M. Baethge (Hrsg.), J. Kühl (Hrsg.), F. Stille (Hrsg.): Beschäftigung durch Innovation: Eine Literaturstudie, München und Mehring, 1998
- von Bandemer S.: Innovationen als kollektive Lernprozesse: Stärken und Schwächen des Europäischen Forschungs- und Innovationssystems
- Barthel, K., Böhler-Baedeker, S., Bormann, R., Dispan, J., Fink, P., Koska, T., Meißner, H.-R., Pronold, F.: Zukunft der deutschen Automobilindustrie – Herausforderungen und Perspektiven für den Strukturwandel im Automobilssektor, In: WISO Diskurs, Dezember 2010
- Becker, U.; Gerike, R.; Völlings, A.: Gesellschaftliche Ziele von und für Verkehr, Heft 1 der Schriftenreihe des Instituts für Verkehr und Umwelt e.V. (DIVU), S. 71; Dresden 1999
- Becker C., Vitols S.: Innovationskrise der deutschen Industrie? In: Naschold, F. u.a. (Hrsg.): Ökonomische Leistungsfähigkeit und institutionelle Innovation, Berlin 1997
- Blättel-Mink B., Ebner A. u.A.: Innovationssysteme im wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs, 2009
- Busch, C., Demary, V., Engels, B., Haucap, J., Kehder, C., Loebert, I., Rusche, C.: Sharing Economy in Deutschland, Stellenwert und Regulierungsoptionen für Beherbergungsdienstleistungen, Baden-Baden 2019
- Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe „Fahrzeugsicherheit“ Heft F 83: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung, Bergisch Gladbach 2012

- Bundesministerium für Bildung und Forschung - Referat Elektronik und autonomes Fahren, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie - Referat für Digitalisierung, Industrie 4.0, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur – Referat für Automatisiertes Fahren, Intelligente Verkehrssysteme (Hrsg): Aktionsplan Forschung für autonomes Fahren – Ein übergreifender Forschungsrahmen von BMBF, BMWi und BMVI, 2019
- Bundesministerium für Bildung und Forschung: Bundesbericht Forschung und Innovation 2018, Berlin
- Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur: Ethik-Kommission – automatisiertes und vernetztes Fahren, 2017
- Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur: Mobilität in Deutschland, Kurzreport, Bonn 2018 (Referat G 13)
- Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur: Mobilität in Deutschland, Ergebnisbericht, Bonn 2018 (Referat G 13)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Sharing Economy im Wirtschaftsraum Deutschland, Berlin 2018
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Fachprogramm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien, Berlin 2015
- Bundesregierung: Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, Berlin 2015
- Bundesregierung: Aktionsplan Forschung für autonomes Fahren – Ein übergreifender Forschungsrahmen von BMBF, BMWi und BMVI, Berlin 2019
- E. Borbely: J.A. Schumpeter und die Innovationsforschung in MEB 2008 – 6th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking, Budapest 2008
- Carlsson, B.: Innovation Systems: A Survey of the Literature from a Schumpeterian Perspective. In: The Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics, Cheltenham 2007
- C. M. Christensen, M. Raynor, R. McDonald: What is Disruptive Innovation? In Harvard Business Review (Reprint R1512B), 2015
- Cowan, R., Jonard, N., Zimmermann, J.-B.: Evolving Networks of Inventors. In: Journal of Evolutionary Economics, 2005

- Deutscher Bundestag (Wissenschaftliche Dienste), Ausarbeitung WD7 – 3000 – 111/18: Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße – rechtlicher Rahmen, 2018
- Deutsche Telekom Stiftung (Hrsg.), Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (Hrsg.): Innovationsindikator 2014, Berlin 2014
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson R., Silverberg, G. (Hrsg.): Technical Change and Economical Theory, London 1988
- Edquist, C.: Systems of Innovation – Perspectives and Challenges. In: Fagerber, J. U.a.: Oxford Handbook of Innovation, Oxford 2004
- Gasser, T., u.a.: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. In: Forschung kompakt, Bundesanstalt für Straßenwesen 11/12
- Galbas R.: Symposium „Testen – Automatisiertes und Vernetztes Fahren“, 2018
- Im Auftrag von Greenpeace, erstellt durch das Wuppertal Institut (Autoren: Rudolph F., Koska T., Schneider C.): Verkehrswende für Deutschland – Der Weg zu CO2 freier Mobilität bis 2035, Wuppertal 2017
- Im Auftrag von Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, erstellt durch das Marktforschungsinstitut Valid Research Bielefeld: Autonomes Fahren in Deutschland – Ergebnisse einer Befragung von 1.000 Verbrauchern, Bielefeld 2017
- Im Auftrag von Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, erstellt durch das Marktforschungsinstitut Civey: Elektromobilität und autonomes Fahren in Deutschland – Ergebnisse einer Befragung von 2.500 Verbrauchern, Berlin 2019
- Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (Hrsg.), Dr. R. Frietsch, Prof. Dr. T. Schubert, A. Feidenheimer, Dr. C. Rammer: Innovationsindikator 2018, Berlin
- Fritsch M.: Ansatzpunkte und Möglichkeiten zur Verbesserung regionaler Innovationsbedingungen – Ein Überblick über den Stand der Forschung. In: Hirsch-Kreinsen u.a. (Hrsg.): Standortbindungen, Berlin 2000
- International Transport Forum (Hrsg.), CPB (Hrsg.): Safer Roads with automated Vehicles?, Paris 2018

- International Transport Forum, CPB (Corporate Partnership Board): Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic, 2015
- J. A. Schumpeter in H. Freudenberger, G. Mensch: Von der Provinzstadt zur Industrieregion (Brünn-Studie), Göttingen 1975
- J. A. Schumpeter: A gazdasági fejlődés elmélete (Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung), Budapest, 1980
- J. U. Meyer: Radikale Innovation, 2012
K. Spieser, K. Ballantyne , K. Treleaven, R. Zhang, E. Frazzoli, D. Morton, M. Pavone: Toward a systemic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-demand systems: A case study in Singapore. MIT Open Access Articles (Forthcoming in Road Vehicle Automation, Springer Lecture Notes in Mobility series), 2014.
- Lundvall B.-A. (Hrsg.): National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning, London 1992
- Nobis, C., Kuhnimhof, T., Follmer, R., Bäumer, M.: Mobilität in Deutschland – Zeitreihenbericht 2002 – 2008 – 2017. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). 2019 Bonn, Berlin
- Society of Automotive Engineers International (SAE): Automated Driving – Levels of driving automation are defined in new SAE International Standard, 2016
- Ungern-Sternberg, A. von: Völker- und europarechtliche Implikationen autonomen Fahrens, in: Oppermann, H./Stender-Vorwachs, J. (Hrsg.), Autonomes Fahren, Rechtsfolgen, Rechtsprobleme, technische Grundlagen, 2017 Bern
- J. Zachariah, J. Gao, A. Kornhauser, T. Mufti: "Uncongested mobility for all: A proposal for an areawide autonomous taxi system in New Jersey", in: Proceedings of Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C. 2013
- M. H. Zierer, K. Zierer: Zur Zukunft der Mobilität – Eine multiperspektivische Analyse des Verkehrs zu Beginn des 21. Jahrhunderts, Wiesbaden 2010
- § 1b Abs. 1 Halbsatz 2, Abs. 2 Nr. 1 StVG.
- 1 § 1a Abs. 3 i.V.m. Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 StVG.

- § 1b Abs. 2 Nr. 2 StVG.
- 1 § 1a Abs. 3 i.V.m. Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 und 3 StVG.
- § 1a Abs. 2 Nr. 4 und 5 StVG

10.1 Onlinequellen

- Alle zuletzt aufgerufen am: 10.03.2020
- AT-RS: Was ist eigentlich ein OEM? In: <https://www.at-rs.de/beitrag/items/was-ist-eigentlich-ein-oem.html> o.J.
- AUDI: <https://www.audi.com/de/company.html> o.J.
- AVL: https://www.avl.com/the-new-avl?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=GL%20CORP_Digital%20Brand%20Campaign%20Phase%201_SearchEngineAdvertisement%2001/2020&utm_term=search_ad_6&utm_content=new_avl o.J.
- AVL: <https://www.avl.com/web/guest/-/general> o.J.
- BAST: https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/BASSt/Fakten/Fakten_node.html;jsessionid=AE7D15206343F8AC91F97AF9BEF4D80F.live21302 o.J.
- BAYRISCHER RUNDFUNK: Audi und der Abgasskandal: die Chronologie der Manipulation. In: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/audi-und-der-abgasskandal-die-chronologie-der-manipulation,RUUhMZG> 2020
- BIMMERTODAY, o.V. <https://www.bimmertoday.de/2019/05/16/autonomes-fahren-pegasus-projekt-endet-nach-42-monaten/> o.J.
- BMW GROUP: <https://www.bmwgroup.com/de/innovation/technologie-und-mobilitaet/autonomes-fahren/campus.html> o.J.
- BMW GROUP: <https://www.bmwgroup.com/de/innovation/technologie-und-mobilitaet/autonomes-fahren.html> o.J.
- BMW GROUP: <https://www.bmwgroup.com/de/unternehmen.html> o.J.
- BMW GROUP: <https://www.press.bmwgroup.com/austria/article/detail/T0280027DE/neues-kompetenzzentrum-fuer-autonomes-fahren-bmw-group-eroeffnet-offiziell-den-campus-fuer-autonomes-fahren-in-unterschleissheim-bei-muenchen> 2018
- BMW GROUP: <https://www.press.bmwgroup.com/austria/article/detail/T0290193DE/neuer-bmw-7er-feiert-weltpremiere-in-china> 2018
- BMW GROUP: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0282944DE/die-bmw-group-und-baidu-buendeln-ihre-kraefte-und-beschleunigen-entwicklung-des-autonomen-fahrens-in-china?language=de> 2018
- BMW GROUP: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0284904DE/der-bmw-vision-inext-die-zukunft-im-visier?language=de> 2018
- BMW GROUP: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0302418DE/autonomes-fahren-%E2%80%93-sicher-und-zuverlaessig?language=de> 2019

- BMW: Autonomes Fahren. In: <https://www.bmw.com/de/automotive-life/autonomes-fahren.html> o.J.
- BMW: Die Entwicklung selbstfahrender Autos. In: <https://www.bmw.com/de/innovation/die-entwicklung-selbstfahrender-autos.html> o.J.
- BMW: The development of self-driving cars. In: <https://www.bmw.at/de/topics/fascination-bmw/bmw-autonomes-fahren.html?bmw=grp:BMWcom:the-development-of-self-driving-cars%20:nsc-teaser#> o.J.
- BOSCH: <https://www.bosch.de/unser-unternehmen/bosch-in-deutschland/> o.J.
- B-PLUS: <https://www.b-plus.com/de/unternehmen/profil> o.J.
- CONTINENTAL: <https://www.continental.com/de/karriere/arbeiten-bei-continental/continental-auf-einen-blick> o.J.
- CONTINENTAL: <https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/continental-wird-systemintegrator-fuer-plattform-autonomes-fahren-von-bmw-group--intel-und-mobileye-67238> o.J.
- CONTINENTAL: <https://www.continental.com/de/unternehmen/konzernstruktur/konzernstruktur-55308> o.J.
- CONTINENTAL: <https://www.continental-automotive.com/de-DE/Passenger-Cars/Autonomous-Mobility> o.J.
- DAHLMANN D.: Alejandro Vukotich von BMW: „Wir starten 2021 unsere Robotaxis“. In.: <https://www.gruenderszene.de/automotive-mobility/bmw-robotaxi-vukotich-autonomes-fahren?interstitial> 2019
- DAHLMANN D.: Wie BMW den Vorsprung beim autonomen Fahren einbüßte. In: <https://www.gruenderszene.de/automotive-mobility/bmw-autonomes-fahren-mobileye?interstitial> 2019
- DAIMLER: <https://www.daimler.com/karriere/ueber-uns/> o.J.
- DAIMLER: <https://www.daimler.com/konzern/> o.J.
- DELPHI: <https://www.delphiautoparts.com/deu/de/ueber-delphi> o.J.
- DESTATIS: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/fehlverhalten-fahrzeugfuehrer.html;jsessionid=DB972A847A53D01610F3C1BAB9B59844.internet721> 2019
- DESTATIS: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/_inhalt.html 2019
- DESTATIS: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden2.html;jsessionid=DB972A847A53D01610F3C1BAB9B59844.internet721> 2019
- DESTATIS: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden3.html> 2019
- DESTATIS: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden1.html> 2019
- DLR: <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte> o.J.

- DSPACE: https://www.dspace.com/de/gmb/home/company/company_profile.cfm o.J.
- DW: <https://www.dw.com/de/autonomes-fahren-bmw-findet-partner-in-china/a-49648434> o.J.
- DW: <https://www.dw.com/de/carsharing-daimler-und-bmw-geben-in-amerika-auf/a-51731183> o.J.
- DW: <https://www.dw.com/de/daimler-und-bmw-k%C3%BCndigen-kooperation-f%C3%BCr-selbstfahrende-autos-an/a-47721356> o.J.
- ETAS: <https://www.etas.com/de/unternehmen/about-etas.php> o.J.
- FLUHR D.: BMW & Mercedes gehen zusammen? In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-mercedes-benz-gehen-zusammen/> 2019
- FLUHR D.: BMW Absicherung des autonomen Fahrens. In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-absicherung-des-autonomen-fahrens/> 2019
- FLUHR D.: BMW baut mit Tencent an der D3 Plattform. In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-baut-mit-tencent-an-der-d%C2%B3-plattform-in-china/> 2019
- FLUHR D.: BMW Startup-Programm Garage <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-startup-programm-garage/> 2019
- FLUHR D.: BMW und Mercedes – Benz: Gemeinsam die Regeln bestimmen. In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-und-mercedes-benz-gemeinsam-die-regeln-bestimmen/> 2019
- FLUHR D.: BMW-Daimler suchen nach weiteren Partnern. In: <https://www.autonomes-fahren.de/bmw-daimler-suchen-nach-weiteren-partnern/> 2019
- FLUHR D.: Deutsche Autoindustrie vereint beim autonomen Fahren. In: <https://www.autonomes-fahren.de/deutsche-autoindustrie-vereint-beim-autonomen-fahren/> 2019
- FLUHR D.: GMV Positionsbestimmung für BMW. In: <https://www.autonomes-fahren.de/gmv-positionsbestimmung-fuer-bmw/> 2019
- FLUHR D.: Here ist fertig entwickelt im Einsatz bei BMW-Mercedes Benz. In: <https://www.autonomes-fahren.de/here-ist-fertig-entwickelt-einsatz-bei-bmw-mercedes-benz/> 2019
- FLUHR D.: Jurbey Pläne vorgestellt In: <https://www.autonomes-fahren.de/jurbey-plaene-vorgestellt/> 2019
- FLUHR D.: Magna verspricht sich viel von der Automatisierung der Fahrzeuge In: <https://www.autonomes-fahren.de/magna-verspricht-sich-viel-von-der-automatisierung-der-fahrzeuge/> 2019
- FORD: <https://www.ford.de/ueber-ford> o.J.
- FORSCHUNGSINFORMATIONSSYSTEM: Motorisierter Individualverkehr. – In: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/25653/> 2003
- FRAUNHOFER INSTITUT: <https://www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/profil-struktur/zahlen-und-fakten.html> o.J.
- FTM: <https://www.ftm.mw.tum.de/forschungsfelder/automatisiertes-fahren/imagine/> o.J.
- FZI: <https://www.fzi.de/forschung/> o.J.

- GMV: <https://www.gmv.com/en/Company/AboutGMV/CorporateData/> o.J.
- HERE: <https://www.here.com/about-us> o.J.
- HOLZER H.: BMW und Daimler planen autonome E-Flotte In: <https://www.firmenauto.de/kooperation-bei-mobilitaetsdiensten-bmw-und-daimler-planen-autonome-e-auto-flotte-10706134.html> 2019
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Baidu> o.J.
- <https://de.wikipedia.org/wiki/ECE-Homologation> o.J.
- <https://mobil.hessen.de/%C3%BCber-uns/daten-fakten> o.J.
- <https://www.audi.com/de/company.html>
- <https://www.press.bmwgroup.com/austria/article/detail/T0273712DE/flat-chrysler-automobiles-to-join-bmw-group-intel-and-mobileye-in-developing-autonomous-driving-platform>
- <https://www.zf.com/mobile/de/company/company.html> o.J.
- IMAGINE: <https://imagine-online.de/home/> o.J.
- IMAR: <https://www.imar-navigation.de/de/unternehmen> o.J.
- INTEL: <https://www.intel.de/content/www/de/de/automotive/autonomous-vehicles.html> o.J.
- IPG AUTOMOTIVE: <https://ipg-automotive.com/de/unternehmen/> o.J.
- KALLWEIT J.: BMW, Intel und Mobileye arbeiten mit Delphi In: <https://www.automobil-produktion.de/technik-produktion/forschung-entwicklung/bmw-group-intel-und-mobileye-arbeiten-mit-delphi-120.html>
- KPIT: <https://www.kpit.com/about/> o.J.
- LA ROCCO: Personal Copilot: BMW i3 fährt autonom nach “SAE-LEVEL5” In: <https://www.computerbase.de/2018-02/bmw-i3-personal-copilot/> 2018
- MAGNA: <https://www.magna.com/company/company-information/facts-history> o.J.
- MAN TRUCK: <https://www.mantruckandbus.com/de/unternehmen/man-auf-einen-blick.html> o.J.
- MANAGER MAGAZIN, o.V.: Die deutsche Autoindustrie plant Megabündnis. In: <https://www.manager-magazin.de/premium/bmw-volkswagen-daimler-megabuendnis-fuer-autonomes-fahren-geplant-a-00000000-0002-0001-0000-000161978229> o.J.
- MOBILEYE: <https://www.mobileye.com/about/> o.J.
- MOBILEYE: <https://www.mobileye.com/de/fleets/about/> o.J.
- NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD: <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Pages/HWY16FH018-preliminary.aspx> 2016
- NORDSYS: <https://www.nordsys.de/about-us.html> o.J.
- O.V.: BMW eröffnet Campus für autonomes Fahren. In: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/BMW-eroeffnet-Campus-fuer-autonomes-Fahren-4019998.html> 2019
- OFFIS: <https://www.offis.de/offis/ueber-uns.html> o.J.
- OPEL: <https://www.opel.de/ueber-opel/fakten-zahlen.html> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/about-PEGASUS> o.J.

- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/audi-ag> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/automotive-distance-control-systems-gmbh> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/bmw-group> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/continental-teves-ag-co-ohg> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/daimler-ag> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/german-aerospace-center-dlr> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/imar-company-for-inertial-measurement-automation-and-control-systems-llc> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/ipg-automotive-gmbh> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/opel-automobile-gmbh> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/qtronic-gmbh> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/research-company-for-motor-vehicles-mbh-aachen-fka> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/robert-bosch-gmbh> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-1> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-2> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-3> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/subproject-4> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/technical-university-of-darmstadt-fzd> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/tracetronic-gmbh> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/tuev-sued-auto-service-gmbh> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/vires-simulationstechnologie-gmbh> o.J.
- PEGASUS: <https://www.pegasusprojekt.de/de/volkswagen-ag> o.J.
- PROSTEP: <https://www.prostep.com/karriere.html> o.J.
- RANDELHOFF M.: Der große Unterschied zwischen Verkehr und Mobilität. - In: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/3892/analyse/unterschied-verkehr-mobilitaet/> 2011
- REST J.: Angriff der Roboautos In: <https://www.manager-magazin.de/premium/waymo-die-neue-automacht-aus-dem-google-reich-a-00000000-0002-0001-0000-000159493285> 2018
- RWTH-AACHEN: <https://www.rwth-aachen.de/> o.J.
- SAE: <https://www.sae.org> o.J.
- SOFTWAREMOTOR COMPANY: <https://softwaremotor.com/company/> o.J.
- SPIEGEL ONLINE, o.V: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/bmw-volkswagen-und-daimler-planen-megabuendnis-beim-autonomen-fahren-a-1249507.html> 2019

- SÜDDEUTSCHE, o.V.: <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/autonomes-fahren-verstaerkung-fuer-bmw-allianz-1.3629971> 2017
- SYNOPSIS: <https://www.synopsys.com/verification/virtual-prototyping/virtual-ecu.html> o.J.
- SYNOPSIS: <https://www.synopsys.com/verification/virtual-prototyping/virtual-ecu.html> o.J.
- TAGESCHAU, O.V.: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/daimler-bmw-105.html> 2018
- TENCENT: <https://www.tencent.com/en-us/about.html> o.J.
- TRACETRONIC: <https://www.tracetronic.de/jobs/unsere-teams/> o.J.
- TTTECH: https://www.tttech.com/wp-content/uploads/TTTech-Group_Company_Fact_Sheet_german.pdf o.J.
- TÜV RHEINLAND: <http://www.tuvpt.de/index.php?id=foerderung0001000000120> o.J.
- TÜV RHEINLAND: <http://www.tuvpt.de/index.php?id=setlevel4to5> o.J.
- TÜV RHEINLAND: <http://www.tuvpt.de/index.php?id=vvmethoden> o.J.
- TÜV RHEINLAND: <https://www.tuvsud.com/de-de/branchen/mobilitaet-und-automotive> o.J.
- UNICARAGIL: <https://www.unicaragil.de/de/> o.J.
- VALEO: <https://valeo.de/de/ueber-uns/> o.J.
- VDI/VDE-IT: <https://vdivde-it.de/de/profil> o.J.
- VDI/VDE-IT: <https://vdivde-it.de/de/thema/automatisiertes-fahren> o.J.
- VISTEON: <https://www.visteon.com/newsroom/visteon-new-technology-center-karlsruhe-germany/> o.J.
- VOLKSWAGEN AG: <https://www.volkswagenag.com/de/group/portrait-and-production-plants.html> o.J.
- WERWITZKE C.: BMW & Daimler besiegeln Fusion ihrer Mobilitätsdienste In: <https://www.electrive.net/2019/02/22/bmw-daimler-besiegeln-fusion-ihrer-mobilitaetsdienste/> 2019
- WIMMELBÜCKER S.: Gemeinsame Entwicklung: Audi will offenbar mit BMW und Mercedes zusammenarbeiten. In: <https://www.automobilwoche.de/article/20190606/NACHRICHTEN/190609943/gemeinsame-entwicklung-audi-will-offenbar-mit-bmw-und-mercedes-zusammenarbeiten> 2019
- WIVW: <https://wivw.de/de/unternehmen/team> o.J.
- WIVW: <https://wivw.de/de/unternehmen/wir-ueber-uns> o.J.
- XING: <https://www.xing.com/companies/viessimulationstechnologiegmbh> o.J.
- ZAPFL D.: Innovationsstrategie. – In: <https://www.lead-innovation.com/blog/innovationsarten> 2018

10.2 Abbildungen

- Abbildung 1:

Bedarfspyramide nach Maslow (Verkehrsbedürfnis im Schema) – Hendrik Ammoser, Mirko Hoppe: Glossar Verkehrswesen und Verkehrswissenschaften, erschienen in der Reihe Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr, Seite 46, Dresden 2006, ISSN 1433-626x

- Abbildung 2:
Nobis, C., Kuhnimhof, T., Follmer, R., Bäumer, M.: Mobilität in Deutschland – Zeitreihenbericht 2002 – 2008 – 2017. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). 2019 Bonn, Berlin, Abbildung 27, S.: 50
- Abbildung 3:
Nobis, C., Kuhnimhof, T., Follmer, R., Bäumer, M.: Mobilität in Deutschland – Zeitreihenbericht 2002 – 2008 – 2017. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). 2019 Bonn, Berlin, Abbildung 28, S.: 50
- Abbildung 4:
Busch, C., Demary, V., Engels, B., Haucap, J., Kehder, C., Loebert, I., Rusche, C.: Sharing Economy in Deutschland, Stellenwert und Regulierungsoptionen für Beherbergungsdienstleistungen, Baden-Baden 2019, S.: 28
- Abbildung 5:
Becker, C., Vitols, S.: Innovationskrise der deutschen Industrie? In: Naschold, F., u.a. (Hrsg.): Ökonomische Leistungsfähigkeit und institutionelle Innovation, 1997 Berlin, S.: 255
- Abbildung 6:
Schön, B.: Der Innovationssystem-Ansatz – Überblick und aktuelle Herausforderungen, Diplomarbeit 2006, S.: 30
- Abbildung 7:
Im Auftrag von Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, erstellt durch das Marktforschungsinstitut Valid Research Bielefeld: Autonomes Fahren in Deutschland – Ergebnisse einer Befragung von 1.000 Verbrauchern, Bielefeld 2017, S.: 4
- Abbildung 8:

Im Auftrag von Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, erstellt durch das Marktforschungsinstitut Civey: Elektromobilität und autonomes Fahren in Deutschland – Ergebnisse einer Befragung von 2.500 Verbrauchern, Berlin 2019, S.: 14

- Abbildung 9:
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/ursachen-personenschaden2.html;jsessionid=DB972A847A53D01610F3C1BAB9B59844.internet721>
- Abbildung 10:
International Transport Forum, CPB (Corporate Partnership Board): Safer Roads with automated Vehicles?, Paris 2018, S.: 16
- Abbildung 11:
International Transport Forum, CPB (Corporate Partnership Board): Safer Roads with automated Vehicles?, Paris 2018, S.: 22
- Abbildung 12:
International Transport Forum, CPB (Corporate Partnership Board): Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic, 2015, S.: 21
- Abbildung 13:
Gasser, T., u.a.: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. In: Forschung kompakt, Bundesanstalt für Straßenwesen 11/12, S.: 1
- Abbildung 14:
Society of Automotive Engineers International (SAE): Automated Driving – Levels of driving automation are defined in new SAE International Standard, 2016, S.: 2
- Abbildung 15:
Galbas R.: Symposium „Testen – Automatisiertes und Vernetztes Fahren“, 2018, S.: 6
- Abbildung 16:
Galbas R.: Symposium „Testen – Automatisiertes und Vernetztes Fahren“, 2018, S.: 7
- Abbildung 17:

Evolution of PEGASUS :

https://www.prostep.org/fileadmin/user_upload/A10_Germany_191017.pdf, S.: 2

- Abbildung 18:
Eigene Darstellung
- Abbildung 19:
Eigene Darstellung