

**Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences
Studiengang Gesundheitswissenschaften**

**Bachelorarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades des
Bachelor of Science (B.Sc.)**

**Autonomes Fahren –
Eine neue Form der automobilen Fortbewegung
als gesundheitliche Präventionsmaßnahme**

Eine systematische Literaturrecherche

Tag der Abgabe: 09.September.2019

Vorgelegt von: Lucien Kästner ()

Gutachter/innen:

Frau Prof. Dr. Zita Schillmöller

Frau Prof. Dr. Christine Adis

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Abstract	7
1. Einleitung	8
2. Thematischer Hintergrund	10
2.1 Gesundheitsberichterstattung im Verkehrswesen	11
2.1.1 MID-Ergebnisbericht: Mobilität in Deutschland	11
2.1.2 Unfallreport des Statistischen Bundesamtes Deutschlands	13
2.1.3 Verkehrsbedingte Umweltbelastungen	17
2.1.3.1 Klimawandel	17
2.1.3.2 Gesundheitliche Folgen	18
2.1.3.2 Straßenlärm	19
2.1.3.3 Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit	20
2.1.4 Mobilität und Soziale Teilhabe	21
2.2 Autonomes Fahren	23
2.2.1 Klassifizierung automatisierter Fahrzeugführungssysteme	23
2.2.2 Automatisierte Fahrfunktionen	25
2.2.2.1 Stauassistent	25
2.2.2.2 Autobahnassistent	26
2.2.2.3 Nothalteassistent	26
2.2.2.4 Automatisiertes Parken / Valet-Parken	26
2.2.2.5 Vollautomatisierter Verfügbarkeitsfahrer	27
2.2.2.6 Vehicle on demand	28
2.2.3 Das autonome Automobil	28
2.3 Autonomes Fahren als Präventionsmaßnahme	30
2 Methodik	32
3.1 Methodik der systematischen Literaturrecherche	32
3.2 Zwischenergebnis Literaturrecherche	36
3.2.1 Suchergebnisse PubMed Central	36

3.2.2	Suchergebnisse ScienceDirect 11	36
3.2.3	Suchergebnisse der gesamten Literaturrecherche	36
3.3	Methodik der qualitativen Inhaltsanalyse	37
3	Ergebnisse	38
4.1	Aktuelle Gesetzeslage	38
4.2	Verkehrssicherheit	40
4.3	Reduktion von Umweltbelastungen	43
4.4	Inklusion	51
4.5	Gesellschaftliche Akzeptanz	53
4	Diskussion	55
5	Fazit	62
	Literaturverzeichnis	64
	Eidesstattliche Erklärung zur Arbeit	71
	Anhang	72

Abkürzungsverzeichnis

ACC:	engl. Adaptive Cruise Control, Abstandsregeltempomat
AMM:	Ammoniak
BAST:	Bundesanstalt für Straßenwesen
CH4:	Methan
CO:	Kohlenmonoxid
CO2:	Kohlenstoffdioxid
FAS:	Fahrassistenzsysteme
IPPC:	Intergovernmental Panel on Climate Change, Weltklimarat
KFZ:	Kraftfahrzeug
LKW:	Lastkraftfahrzeug
Mph:	engl. Miles per hour, Meilen pro Stunde (1 Meile = ca. 1,6 Kilometer)
NHTSA:	engl. National Highway Traffic Safety Administration, nationale Verkehrssicherheitsbehörde der USA
NOx:	engl. nitrogen oxides, Nitroxide
OEM:	engl. Original Equipment Manufacturer, darunter fallen alle Fahrzeughersteller, Erstausrüster und Komponentenhersteller der Automobilbranche
PKW:	Privatkraftfahrzeug
PM:	engl. particulate matter, Feinstaub
SDD:	engl. Sustainable Development Goals (UN), Nachhaltige Entwicklungsziele der Vereinten Nationen
SO2:	Schwefeldioxid
StVG:	Straßenverkehrsgesetz
StVO:	Straßenverkehrsordnung
THG:	Treibhausgase
UNECE:	engl. <i>United Nations Economic Commission for Europe</i> , Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa
VSP 2011:	Verkehrssicherheitsprogramm 2011 der Bundesregierung
WHO:	engl. World Health Organization, Weltgesundheitsbehörde

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Fehlverhalten von Fahrzeugführung bei Unfällen mit Personenschaden 2017, Angaben in % (DESATIS, 2018 S.11)	14
Abbildung 2 Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland, 1950 -2060 (Demografieportal, 2018)	16
Abbildung 3 Verkehrstote nach Altersgruppe, je 1 Millionen Einwohner (DESTATIS, 2018, S.25)	16
Abbildung 4 Folgen des Klimawandels und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (Watts et al. 2015)	19
Abbildung 5 Entwicklungsprozess des Autonomen Fahrens (Eigene Darstellung nach Ohl 2019)	25
Abbildung 6 Ersatz von Menschlichen Sytemen durch Autonome Syteme (Eigene Darstellung nach OHL, 2019)	29
Abbildung 7 Kategorisierung der Ergebnisse	32
Abbildung 8 Literatur Ergebnisse nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien	37
Abbildung 10 Einfluss der vier Use-cases von Automatisierten Fahrzeugen auf die städtebaulichen Ziele	46
Abbildung 11 Vergleich der verwendetet Parkfläche zwischen AF und HF	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Zusammenfassung der Krankheitsfolgen durch verkehrsbezogene Faktoren (Eigene Darstellung in Anlehnung an Khreis et al., 2016)	21
Tabelle 2 Vergleich der geschätzten Unfallhäufigkeiten für AV im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen (Eigene Darstellung nach Favaro et al. 2017)	42
Tabelle 3 Mögliche CO2 Einsparungen durch Änderungen des Verbraucher- und Fahrverhaltens bis 2020 und 2030 gegenüber dem Trend (eigene Darstellung nach UBA, 2010, S.70)	49

Abstract

Hintergrund: Durch die weltweit zunehmende Motorisierung gehören Verkehrsunfälle mittlerweile zu den acht häufigsten Todesursachen. In 90% der Fälle ist die Unfallursache auf menschliches Versagen zurückzuführen. Die Gesundheit wird zusätzlich durch Umweltbelastungen wie Lärm und Abgasemissionen beeinträchtigt. Andererseits verhindert eine eingeschränkte motorisierte Mobilität die soziale Teilhabe. Die Entwicklung eines Autonomen Fahrzeuges birgt das Potential die gesundheitlichen Belastungen für Menschen nachhaltig zu senken. Die vorliegende Bachelorarbeit beschäftigt sich demnach mit der Forschungsfrage, inwiefern die Einführung von Autonomen Fahren einen präventiven Nutzen auf die Gesundheit hat?

Methoden: Der aktuelle Forschungsstand wird in dieser Arbeit anhand einer systematischen Literaturrecherche in den Datenbanken PubMedCentral und ScienceDirect aufgedeckt. Zunächst wurden die relevanten Themenfelder für eine Einführung des Autonomen Fahrens identifiziert und entsprechende Unterkategorien gebildet. Anschließend wurden Ein- und Ausschlusskriterien und eine Schlagwortliste erstellt. Die Recherche erbrachte insgesamt 59 Publikationen und wurde durch 7 weitere Werke des Autors ergänzt. Nach einem dreistufigen Screening Prozess wurden die verbleibenden 17 Werke den Unterkategorien zugeordnet und einer Qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen.

Ergebnisse: Die Einführung autonomer Fahrzeuge verspricht eine Reduzierung des Energiebedarfs und der daraus resultierenden THG-Emissionen durch die adäquate Umsetzung von Eco-Driving sowie eine Reduzierung der Lärmbelastung in den Städten. Eine Verbesserung der Verkehrssicherheit steht neu entstandenen Herausforderungen für den Menschen gegenüber. Ältere Menschen profitieren durch ein gleichbleibendes Mobilitätsverhalten von den gesundheitlichen Vorteilen der sozialen Teilhabe.

Diskussion: Die umweltschonende Fahrweise steht der überproportionalen Nutzung von autonomen Fahrzeugen gegenüber die es noch nicht einzuschätzen gilt. Die Auswirkungen der gesundheitsschädlichen Umweltfaktoren konnten nur exemplarisch auf einzelne Krankheitsbilder übertragen werden. Die gesundheitlichen Vorteile der sozialen Teilhabe

werden durch das Autonome Fahren ermöglicht und über dies von den vulnerablen Bevölkerungsgruppen angenommen.

1. Einleitung

Wie aus dem WHO „Global Status Report on Road Safety“ von 2018 hervorgeht, sind Unfälle im Straßenverkehr weltweit betrachtet die acht häufigste Todesursache in allen Altersgruppen. Dies ist einerseits auf die Weiterentwicklung im Bereich Prävention und Behandlung von Infektionskrankheiten zurückzuführen, andererseits auf eine stetig zunehmende Motorisierung im internationalen Straßenverkehr. Der WHO zu Folge ist die Anzahl der Verkehrstoten konstant von 1,15 Milliarden im Jahr 2000 auf 1,35 Milliarden im Jahr 2016 gestiegen. Die Prävalenz innerhalb der Weltbevölkerung ist jedoch, auf den gleichen Zeitraum betrachtet, in etwa gleichgeblieben und liegt im Jahr 2016 bei 18,2/100.000 EinwohnerInnen. In der Altersgruppe von 5-29 Jahren sind Verkehrsunfälle mittlerweile die häufigste Todesursache (WHO 2018, S1ff).

Die Vereinten Nationen fordern in Punkt 3.6 der SDG-Ziele (Sustainable Development Goals) eine Minderung der Fallzahlen von bis zu 50% der Verkehrstoten bis 2020 (UN, 2016). Dies scheint nach Einschätzung der WHO nicht ausreichend bzw. nicht realistisch umsetzbar (WHO 2018, S1.)

Auch die Bundesregierung in Deutschland sieht einen Handlungsbedarf und hat bereits 2011 das Verkehrssicherungsprogramm (VSP) verabschiedet. Dies sieht vor, die Verkehrstoten bis 2020 um 40 Prozent zu senken. Grundlegend dafür wurden Maßnahmen in drei Aktionsfeldern beschlossen: Mensch, Infrastruktur und Fahrzeugtechnik (BMVI, 2011).

Diesen Aktionsfeldern und den damit verbundenen Forderungen der Politik versuchen Fahrzeughersteller und IT-Unternehmen in den letzten Jahren durch eine neue technologische Lösung gerecht zu werden. Berichten des Guardians zufolge verbaute das Google-Tochterunternehmens Waymo bereits 2012 ein Fahrassistenzsystem in einem modifizierten Toyota Prius, das nach eigenen Angaben des Unternehmens schon nach 6 Monate nach Erhalt der Fahrerlaubnis auf Nevadas Bundesstraßen sicherer als ein Mensch alle Fahraufgaben des Autos übernehmen kann (Arthur 2012). Statistisch gesehen werden ca. 90% der Unfälle auf menschliches Versagen zurückgeführt. (DESTATIS 2018, S.11)

Die gesundheitlichen Folgen, der zunehmenden Motorisierung sind jedoch nicht nur anhand der Todesfälle im Straßenverkehr zu messen. Anzunehmen ist, dass bis 2050 bis zu 60% der Weltbevölkerung in urbanen Gebieten leben werden (UN DESA, 2018). Das gesundheitliche Wohlbefinden der Stadtbevölkerung wird von den steigenden Abgasbelastungen gefährdet. Der unter Abgas- oder Dieselskandal bekannte Vorfall aus dem Jahr 2015 hatte weltweites mediales Aufsehen erregt. Grund dafür war eine Verschleierung der wahren Werte der Abgasbelastungen, die von Neuwagen, wie die des Autobauers VW, weltweit in den Handel gelangten und die Umwelt und die Bevölkerung nachhaltig belastet haben (Tagesspiegel 2015). Atemwegserkrankungen und Schädigungen am Herz-Kreislauf-System sind mögliche Folgen einer hohen Feinstaub und Stickstoffbelastung, die u.a. durch Autoabgase freigesetzt werden (Shima, 2017, S. 159). Auch indirekte Schäden durch Klimaveränderungen, wie das Auftreten von Hitzewellen, können durch einen Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre, durch die zunehmende Motorisierung, hervorgerufen werden (Krämer, Wörmann, & Jahn 2013).

Zudem werden psychische Stresserkrankungen durch den permanenten Verkehrslärm und die überfüllten Straßen im Berufsverkehr hervorgerufen. Dies erfordert den strukturellen Ausbau von Naherholungsgebieten und Grünflächen, die jedoch aus städtebaulicher Sicht in Konkurrenz zu neuen Wohngebieten, Parkplätzen oder anderer straßenbaulicher Infrastruktur stehen. Der zunehmende Platzmangel und die Konzentration von immer mehr PKWs und LKWs auf öffentlichen Straßen führt zu einer Überlastung der Städte (UBA, 2015).

Die Kumulation der Herausforderungen in den Städten erfordert ein (r)evolutionäres Mobilitätskonzept: Das Autonome Fahren.

Gerade in Deutschland ist das Auto nicht mehr von der Straße wegzudenken, aber kann es zukünftig auch selber denken und uns im Alltag entlasten, ohne uns unnötig zu belasten?

Zur Beantwortung der Forschungsfrage, inwiefern die Einführung des autonomen Fahrens einen gesundheitlichen präventiven Nutzen haben könnte, wurde in dieser Arbeit eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Wesentliche Forschungsgestände waren dabei neben Verbesserungen in der Verkehrssicherheit und Verringerungen der Umweltbelastungen auch mögliche Steigerungen sozialer Teilhabe beeinträchtigter Personen durch Mobili-

tätsverbesserungen. Die aktuelle Gesetzeslage und gesellschaftliche Akzeptanz autonomer Fahrzeuge werden ebenfalls in den Ergebnissen beschrieben, um die Rahmenbedingungen einer möglichen Implementierung zu erläutern, stellen jedoch nicht den Hauptfokus der Arbeit dar.

Einführend in die Thematik wird das motorisierte Mobilitätsverhalten der deutschen Bevölkerung sowie der Unfallreport des Statistischen Bundesamtes vorgestellt. Weiterführend werden die verkehrsbedingten Umweltbelastungen und der Einfluss von Mobilität auf die soziale Teilhabe dargelegt. Zur Einführung in den Themenbereich des autonomen Fahrens werden zunächst die unterschiedlichen Fahrzeugführungssysteme klassifiziert und die in der Arbeit betrachteten automatisierten Fahrfunktionen beschrieben. Anschließend erfolgt die Vorstellung von einem Prototyp eines autonomen Automobils. Den Abschluss des thematischen Hintergrundes bildet eine Einordnung des autonomen Fahrens als Präventionsmaßnahme.

Nachfolgend wird das Methodischen Vorgehen der systematischen Literaturrecherche und der qualitativen Inhaltsanalyse erläutert. Die resultierenden Ergebnisse werden anschließend in den fünf aufgestellten Unterkategorien präsentiert. Abschließend folgen die Diskussion und das Resümee der Forschungsarbeit.

2. Thematischer Hintergrund

Der Thematische Hintergrund der Arbeit dient der Eingrenzung des Forschungsfeldes und stellt, wie einleitend beschrieben den aktuellen Stand der Gesundheitsberichterstattung im Verkehrswesen und für die Forschungsarbeit wesentliche Grundlagen des autonomen Fahrens vor. Abschließend werden die Grundlagen präventiver Maßnahmen in Bezug auf die Einführung autonomen Fahrens gesetzt.

2.1 Gesundheitsberichterstattung im Verkehrswesen

Um die Relevanz und das Wirkungspotential einer „alternativen“ Public Health Initiative im Rahmen eines neuen Mobilitätskonzepts besser nachvollziehen zu können, wird im folgenden Abschnitt der „Mobilität in Deutschland“(MID)- Ergebnisbericht von 2017 dargelegt.

Anschließend werden die Prävalenzen der Unfallursachen und -Orte sowie eine detaillierte Darstellung der Vulnerabelste Bevölkerungsgruppe aus dem Unfallreport 2017 des Statistischen Bundesamtes Deutschlands beschrieben. Daraufhin werden die Auswirkungen unseres Mobilitätsverhaltens auf die Umwelt dargestellt und die möglichen psychischen und physischen Folgeerkrankungen erläutert. Abschließend richtet sich der Blickpunkt der Arbeit auf die soziale Teilhabe und Partizipation von körperlich oder geistig beeinträchtigten Menschen sowie älteren Personen und legt dar, inwiefern das Mobilitätsverhalten Einfluss auf sozialen Ausschluss und möglichen negative gesundheitliche Folgen hat.

2.1.1 MID-Ergebnisbericht: Mobilität in Deutschland

Insgesamt wurden im Zuge der MID-Studie 300.000 Menschen befragt und die Angaben zu über 1 Millionen Wegstrecken ausgewertet. Die Datensätze wurden von bis zu 60 regionalen Partnern zusammengetragen. Die Datensammlung erfolgte in zwei Erhebungsphasen. Zunächst wurden Haushaltsbefragungen durchgeführt, um anschließend Personeninterviews mit allen einzelnen Haushaltsmitgliedern realisieren zu können (BMVI 2018, S.15). Die Erkenntnisse des Berichts wurden zur geeigneten Darlegung des thematischen Hintergrunds dieser Arbeit auf die wesentlichen Ergebnisse selektiert:

Mobilitätsverhalten allgemein:

- Pro Tag werden durchschnittlich 1 Std. 20 Minuten für Wegstrecken verwendet. Menschen in Metropolregionen sind im Vergleich zur Landbevölkerung durchschnittlich 15 Minuten länger unterwegs.
- Jeden Tag werden durchschnittlich 46 Kilometer zurückgelegt.
- Im Durchschnitt werden von der deutschen Bevölkerung 3,7 Wege pro Tag bewältigt.

- Bei 34 % der Wegstrecken handelt es sich um Berufs- oder Ausbildungswege, 30 % entfallen auf Einkaufs- und private Erledigungswege und bei 28 % handelt es sich um Freizeitwege. Die restlichen 8 % bilden sich aus Begleitwegen (BMVI, 2018, S. 25ff).

PKW-Nutzungsverhalten:

- Der prozentuale Anteil aller Wege, die mit dem Auto zurückgelegt werden, beläuft sich auf 57%. 75% aller Personenkilometer werden im PKW zurückgelegt.
- In Deutschland gibt es insgesamt 43 Millionen PKW. Dies entspricht 1,1 PKW pro Haushalt.
- Nur 11 Millionen Menschen leben in Deutschland in einem Haushalt ohne Auto.
- Ca. 40 % der PKWs werden an einem durchschnittlichen Tag nicht bewegt. In etwa 45 Minuten beträgt die tägliche mittlere Betriebsdauer eines PKW. Durchschnittlich werden zwei Wege pro Tag mit einer Gesamtlänge von 30km zurückgelegt.
- Insgesamt entspricht die Jahresfahrleistung eines PKW etwa 14.700 km (BMVI, 2018, S. 69ff).

PKW-Ruhezeiten:

- Zu Stoßzeiten, wie dem morgendlichen und abendlichen Berufsverkehr von Montag bis Freitag, sind maximal 10 % aller PKW gleichzeitig im Einsatz.
- 50% der PKW werden in urbanen Gebieten im öffentlichen Straßenraum geparkt.
- Deutschlandweit sind PKW im Durchschnitt länger als 23 Std. pro Tag abgestellt (BMVI, 2018, S. 69ff).

Carsharing-Nutzung:

- Carsharing Angebote werden deutschlandweit nur von 5% der Gesamtbevölkerung genutzt. In urbanen Regionen steigt die Quote auf 14%.
- Carsharing-Kunden im urbanen Raum sind in der Mehrzahl männliche Erwachsene in der Altersklasse von 30-39 (BMVI, 2018, S. 83ff).

Gesundheitsbedingte Mobilitätseinschränkungen:

- Sieben Prozent der Bevölkerung sind durch eine gesundheitliche Beeinträchtigung in ihrer Mobilität eingeschränkt.
- Der Anteil an gesundheitsbedingten Mobilitätseinschränkungen steigt stark ab dem Erreichen des 50. Lebensjahres.

- 15% der Personen ohne PKW im Haushalt (1,6 Millionen Menschen), nennen gesundheitliche Probleme als ausschlaggebende Gründe. In der Altersgruppe der über 80-Jährigen ist der Anteil mit über 50% besonders hoch.
- Mobilitätseinschränkungen bei Senioren zeigen sich im Vergleich zu Senioren ohne Mobilitätseinschränkungen in einem deutlichen Rückgang der täglich zurückgelegten Kilometer (BMVI, 2018, S. 99ff).

2.1.2 Unfallreport des Statistischen Bundesamtes Deutschlands

Laut dem Statistischen Bundesamt Deutschland sind 2017 393.492 Menschen bei Verkehrsunfällen verunglückt. Diese Zahl setzt sich aus der Anzahl der Leichtverletzten (323.799), der Schwerverletzten (66.513) und der getöteten Personen (3180) zusammen. Dies entspricht knapp 1100 Verletzten und 9 Todesopfern pro Tag im Straßenverkehr.

Zwar ist dies der niedrigste Wert an Todesfällen seit 60 Jahren, dennoch ist die Zahl der gesamten Unfälle auf dem höchsten Stand seit 1991. Im Jahr 2017 wurden 2,6 Millionen Unfälle notiert, bei denen mindestens ein Auto abgeschleppt werden musste. Das Verhältnis von Unfällen mit Personenschaden zu Unfällen, bei denen es nur zu Sachschäden gekommen ist, liegt bei 1 zu 9 (DESTATIS, 2018, S.5ff).

Ursachen für Verkehrsunfälle mit Personenschaden

In Deutschland trägt die Polizei die Verantwortung, alle Unfälle sachgemäß zu dokumentieren. Dabei gilt es insbesondere, die Unfallursachen zu notieren, um anschließende Haftungsfragen und Schuldzuweisungen ordnungsgemäß abwickeln zu können. Jedoch sind nicht alle Unfälle immer genau einer Unfallursache zuzuordnen. Von den 302.656 Unfällen mit Personenschaden, die 2017 polizeilich registriert sind, wurden im Schnitt 1,4 Ursachen pro Unfall dokumentiert (DESTATIS, 2011, S.11).

Die Verkehrsursachen sind in knapp 90% der Fälle auf menschliches Versagen zurückzuführen. Dabei liegt die Schuld bei 88% bei den FahrzeugführerInnen und bei 3% bei FußgängerInnen.

Äußere Umstände wie Witterungsverhältnisse und Straßenbedingungen machen knapp 8% der Unfallursachen aus. Lediglich 1 % der Unfallursachen ist mit technischem Versagen zu

begründen (DESTATIS, 2018, S.11). Abbildung 1 zeigt die prozentuale Verteilung der Fehlverhalten der FahrzeugführerInnen bei Unfällen mit Personenschaden.

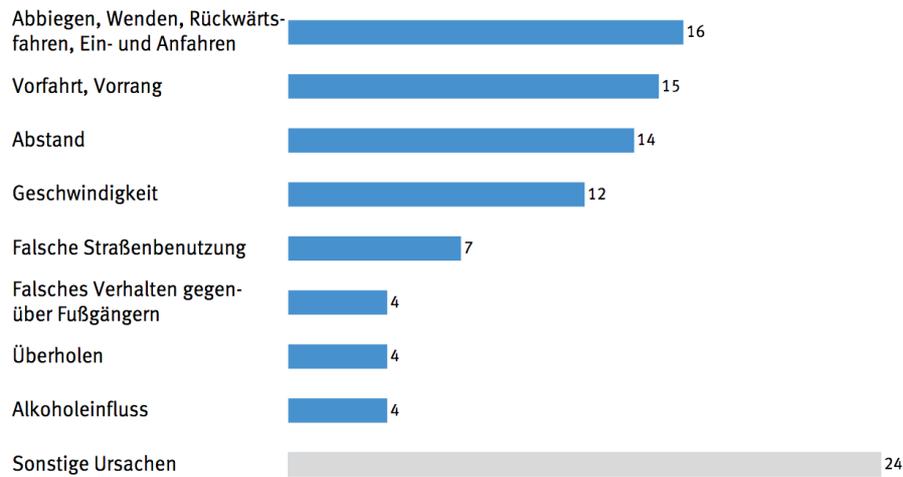


Abbildung 1 Fehlverhalten von Fahrzeugführung bei Unfällen mit Personenschaden 2017, Angaben in % (DESTATIS, 2018 S.11)

Die häufigsten Unfallursachen bilden das Fehlverhalten beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren und das Einscheren in den Straßenverkehr sowie das Anfahren (16%), die Überschreitung der Vorfahrt- und Vorrangs- Regelungen (15%) und das Nichteinhalten der vorgegebenen Sicherheitsabstandsvorgaben (14%), sowie die Fehleinschätzung der gewählten Geschwindigkeit (12%) (DESTATIS, 2018. S.11).

Die schwerwiegendsten Unfallfolgen entstehen aufgrund von zu hoher oder unangepasster Geschwindigkeit sowie wegen des Fahrens unter Alkoholeinfluss. Die Anzahl der Unfälle mit Schwerverletzten liegt dabei mit 336/1000 Unfällen mit Personenschaden weit über dem Durchschnitt (220/1000) von allen Unfällen mit Personenschaden. Im Jahr 2017 sind durch alkoholisierte FahrerInnen insgesamt 231 Verkehrsteilnehmer getötet und 4531 schwer verletzt worden. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass jede/r 14. Verkehrstote und jede/r 15. Schwerverletzte aufgrund von Alkoholmissbrauch im Straßenverkehr zu Schaden gekommen ist (DESTATIS, 2018, S.11f).

Unfallorte

Die Ballung vieler Verkehrsteilnehmer sorgt jährlich für hohe Unfallzahlen innerhalb geschlossener Ortschaften. Insgesamt wurden 68,6% der offiziell erfassten Unfälle mit Perso-

nenschaden innerorts aufgenommen. Die Mehrzahl der Leicht- (66,7%) und Schwerverletzten (52,6%) galt es ebenfalls innerhalb der Ortsgrenzen zu verzeichnen. Lediglich die Anzahl der Verkehrstoten war auf den Landstraßen mit 56,5% am höchsten. Dieser Umstand lässt sich durch zusätzliche Risikofaktoren auf der Landstraße erklären:

- Keine Abgrenzung zum Gegenverkehr
- Schlechte Überholmöglichkeiten und uneinsichtige Kreuzungen
- Wildwechsel
- Bäume neben der Fahrbahn als Sichtschutz und zusätzliche Kollisionsmöglichkeiten

Autobahnen gelten, trotz der zum Teil sehr schnell gefahrenen Geschwindigkeit als die „sichersten Straßen“ Deutschlands. Das Statistische Bundesamt bezieht sich hierbei auf die Daten der BASt aus 2016. Den Daten zufolge wurden 2016 rund 784 Milliarden Kilometer deutscher Verkehrswege durch KFZs befahren. 31,4% der Strecke wurden auf Autobahnen zurückgelegt. Jedoch ist nur jeder 14. Unfall mit Personenschaden und jede/r achte Verkehrstote auf Autobahnen zu verzeichnen.

Die Vulnerabelste Altersgruppe: Ältere Menschen (> 65)

Der Demographische Wandel ist auch in Bezug auf das Mobilitätsverhalten von älteren Menschen zu berücksichtigen. Durch die Veränderung der gesellschaftlichen Altersstruktur, insbesondere das Wachstum der Menschen im fortgeschrittenen Alter, wächst eine Bevölkerungsgruppe, die besonders von den Gefahren im Straßenverkehr bedroht wird.

Wie aus Abbildung 2 deutlich wird ist der Anteil der über 65-Jährigen in Deutschland von 12% 1960 auf 31% im Jahr 2018 gestiegen und der Anteil der 80-jährigen im gleichen Zeitraum von 2% auf 12% (Demografieportal, 2018).

Dies ist nicht dadurch bedingt, dass ältere Personen häufiger als junge Menschen in Verkehrsunfälle verwickelt sind, sondern dass die Auswirkungen von Verkehrsunfällen in der Regel schwerwiegender ausfallen (DESTATIS, 2018, S.23).

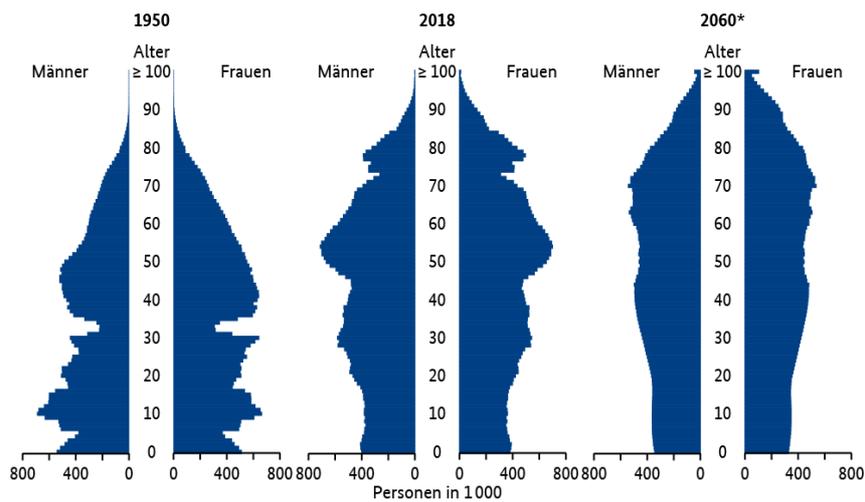


Abbildung 2 Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland, 1950 -2060 (Demografieportal, 2018)

Abbildung 3 zeigt, dass zwar die Anzahl der Verkehrstoten Senioren, wie die aller Altersgruppen, in den letzten 25 Jahren gesunken, aber die Zunahme in der Gesellschaft, von Menschen die bis ins hohe Alter Auto fahren wollen und dies auch umsetzen, erfordert eine genaue Betrachtung der Statistiken. So war ein prozentualer Rückgang der Verkehrstoten bei Kindern, Jugendlichen sowie bei jungen Erwachsenen von 85,9%, 81,3% und 81,7% zu vermerken und bei Personen über 65 nur ein Rückgang von 63,3%.

Anzumerken ist, dass ältere Menschen gerade dann unfallgefährdet sind, wenn sie nicht im PKW, sondern als andere Verkehrsteilnehmende unterwegs sind. Mehr als die Hälfte aller Verkehrstoten bei Unfällen mit FahrradfahrerInnen und Kraftfahrzeugen waren im Seniorenalter.

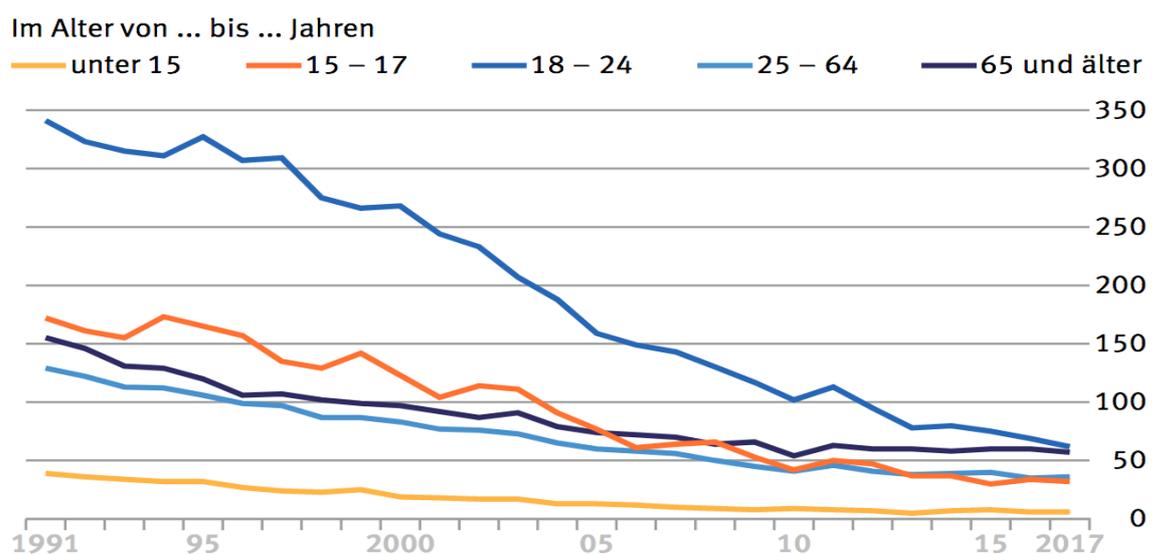


Abbildung 3 Verkehrstote nach Altersgruppe, je 1 Millionen Einwohner (DESTATIS, 2018, S.25)

2.1.3 Verkehrsbedingte Umweltbelastungen

Die gesundheitlichen Folgen von Umweltbelastungen zu messen, die direkt auf den Straßenverkehr zurückzuführen sind, ist komplexer als die direkten Folgen von Verkehrsunfällen zu dokumentieren. Gegenüber den 1,4 Ursachen pro Verkehrsunfall, können bei der Kausalitätsbeschreibung von umweltbedingten Krankheiten zahlreiche Faktoren vermerkt werden. Eine Möglichkeit die Evidenz der Zusammenhänge von umweltbedingten Belastungen mit gesundheitlichen Folgen zu bewerten, ist die Aufstellung eines zuvor definierten Kriterienkatalogs, wie Autorenschaft um Hornberg et. al sie zu Berechnung der Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren (VegAS) in Deutschland gemacht haben (Hornberg et. al. 2012).

Die drei Themenbereiche „Klimawandel“, „Luftverschmutzung“ und „Lärm“ leiten sich aus der Anzahl der Suchergebnisse der ungerichteten Literaturrecherche ab.

2.1.3.1 Klimawandel

Für den Klimawandel verantwortliche Ursachen lassen sich in zwei Hauptkategorien aufteilen: in natürliche Faktoren und anthropogene Einflüsse. Natürliche Ereignisse sind beispielsweise Klimaveränderungen, die durch Veränderungen der jährlichen Sonnenaktivität hervorgerufen werden. Die anthropogenen Faktoren sind dagegen auf menschliches Verhalten zurückzuführen (Thompson, 2010). Der Grund der globalen Erderwärmung ist ein Ansteigen des natürlichen Treibhauseffekts. Nach Einschätzung des Weltklimarates (IPCC) ist dies durch die vom Menschen herbeigeführte Freisetzung von Treibhausgasen zu erklären. Die Verbrennung von fossilen Brennstoffen sowie die Veränderungen der Landnutzung führen zu einem Anstieg der CO₂-Konzentration und stellen die größten Quellen von anthropogenen Treibhausgasen dar. So stieg der Gehalt an Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Atmosphäre bis 2005 im Vergleich zu den vorindustriellen Messungen um 35% (IPCC, 2007). Der Klimawandel manifestiert sich vor allem durch Extremwetterereignisse, wie Hitzeperioden oder Starkniederschlag (Keim 2008).

Laut UBA stammen im Jahre 2017 21,9 % der Treibhausgas-Emissionen (Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und CO₂) in Deutschland aus dem Verkehrswesen. Vergleichsweise waren es 1990

nur 15,8 %. Jedoch ist der prozentuale Anstieg auch mit einem Rückgang der Treibhausgas-Emission in der Energiewirtschaft zu erklären (UBA, 2019). Neben der Freisetzung von Treibhausgasen stellen die „klassischen Luftschadstoffe“ eine weitere Umweltbelastung dar. Auswirkungen werden durch Luftverschmutzungen und Versauerung der Böden merkbar. In der Luft sammeln sich Feinstaub (PM), Staub und Kohlenmonoxid, im Boden kommt es hauptsächlich zu einer Konzentration an Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide und Ammoniak (NH₃) (UBA, 2019).

2.1.3.2 Gesundheitliche Folgen

Weltweit sind ca. 500 Millionen Menschen stark von den Folgen des Klimawandels betroffen. Jährlich versterben ca. 300.000 der Betroffenen (GHF, 2009 S.1). Die WHO schätzt, dass die Mortalität in Europa bei einem Anstieg von nur durchschnittlich einem Grad um 1-6% ansteigen wird (Zacharias, Koppe & Mücke, 2015, S.100). Extreme Wetterereignisse wie die europäische Hitzewelle im Jahr 2003 forderten bereits 70.000 Menschenleben (Robine et al., 2008, S173). In Kombination können steigende Temperaturen und die ansteigende Luftverschmutzung zu einer zusätzlichen Verstärkung der Luftverschmutzung beitragen. Die wachsende Stadtbevölkerung erleidet mittlerweile 1,2 Millionen Todesfälle pro Jahr aufgrund der schlechten Luftverhältnisse. In den meisten Fällen handelt es sich um tödlich verlaufene Atemwegs- und Herz-Kreislaufkrankungen (WHO, 2009). Jedoch gehören auch Unterernährung, Allergien und Infektionskrankheiten zu den physischen Folgeerkrankungen durch den Klimawandel an sich (Watts et. al. 2015)

Abbildung 4 zeigt die drei Wirkungsweisen (Direkt, indirekt und Soziale Faktoren) des Klimawandels auf die psychische und physische Gesundheit mit Alter und Geschlecht als Risiko- oder Schutzfaktor. Folgende psychische Erkrankungen können mit der Veränderung unseres Klimas einhergehen: Posttraumatische Belastungsstörungen, Depression, Angst, Solastalgie und Aggression (Watts et at. 2015).

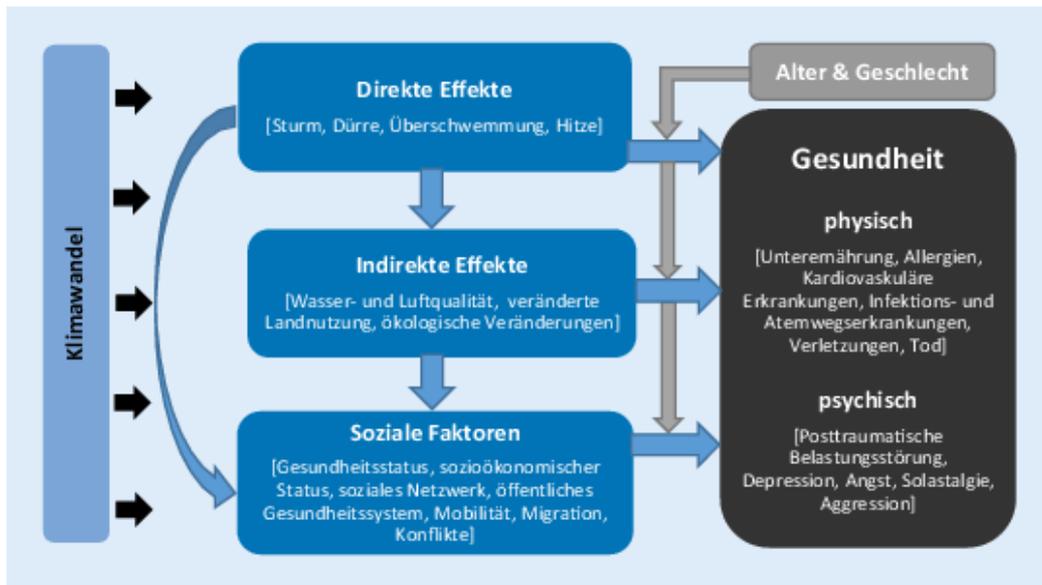


Abbildung 4 Folgen des Klimawandels und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (Watts et al. 2015)

2.1.3.2 Straßenlärm

Ein weiterer Umwelteinfluss, den wir durch unser Mobilitätsverhalten und den Gebrauch von PKW und Bussen in der Stadt ausgesetzt sind, ist Straßenverkehrslärm. Unter Straßenverkehrslärm fällt lediglich Lärm auf öffentlichen Straßen der von Fahrzeugen ausgeht, nicht jedoch lärmende Fahrzeuge auf Gewerbegebieten oder Privatgrundstücken. Ebenfalls fallen auch Lärmbelastungen wie lautes Hupen, sinnfreies Hin- und Herfahren, das Laufenlassen der Motoren oder das unsachgemäße und ordnungswidrige Beschleunigen nicht unter Straßenlärm, sondern werden als Ordnungswidrigkeiten angesehen (UBA, 2017).

Trotz dieser Einschränkungen wird Straßenverkehrslärm in Deutschland von 75% der Bevölkerung als die größte Lärmquelle beschrieben (UBA 2019b). Generell ist Lärm laut dem BMU, „jedes unerwünschte lautes Geräusch“ und „wird sehr subjektiv wahrgenommen“ (BMU, 2014. Abs. 1).

Lärm gilt als Stressfaktor und löst schon bei niedrigeren, nicht-gehörschädigenden Schallpegeln Stressreaktion im Körper hervor. Dies ist insbesondere bei Verkehrslärm der Fall (UBA, 2015). Verkehrslärm setzt sich aus dem Schienen-, Straßen-, und Luftverkehr zusammen. 89% der deutschen Bevölkerung gibt an, dass sie sich im letzten Jahr durch eine dieser Lärmquellen belästigt oder gestört gefühlt haben (UBA, 2019b). Um die Auswirkungen von durch Autos verursachten Lärm zu reduzieren, wurden in der EU-Verordnung (540/2014) am 16.

April 2014 Regulierungen für Dezibel-Maximums Grenzen festgelegt. So dürften PKWs 2014 noch bis zu 74 Dezibel Lärm verursachen, 2026 jedoch nur noch 68 Dezibel (EU, 2014). Beeinflusst wird die gemessene Dezibel Anzahl im Realverkehr aber nicht nur durch die verbauete Technik, sondern ist auch von der individuellen Fahrweise und dem Verkehrsfluss abhängig (UBA, 2017).

2.1.3.3 Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit

Durch anhaltenden Lärm werden die regenerativen Phasen der Entspannung und Erholung sowie die Kommunikationsfähigkeiten negativ beeinflusst. Somit kommt es zu einer Einschränkung des psychischen Wohlbefindens (UBA 2019b). Lärm als Stressfaktor löst einerseits Vorgänge im autonomen Nervensystem aus und führt zu Unregelmäßigkeiten beim Blutdruck und der Herzfrequenz sowie anderen Herz-Kreislaufparametern. Andererseits kommt es zu hormonellen Veränderungen. Die Ausschüttung von Stresshormonen greift in die Wirkungsweise der weitestgehend auch über das autonome Nervensystem regulierten Systeme der Kreislauf- und Stoffwechselfvorgänge ein und beeinflusst den Menschen unterbewusst auch während des Schlafs. In Folge dessen verändert sich die Schlafstruktur. Vermehrte Aufwachreaktion und anhaltende Schlafstörungen sind möglich Ausprägungen (UBA, 2015).

Chronische Lärmexposition führt zu einer veränderten Manifestierung von biologischen Risikofaktoren, wie dem Gehalt an Fett-, Zucker- und Gerinnungsfaktoren im Blut. Zudem steigt das Risiko arterieller Herz-Kreislaufkrankungen (UBA, 2015).

Zusammenfassung der gesundheitlichen Auswirkungen von Verkehr

Wie in den vorherigen Kapiteln dargestellt worden ist, sind verkehrsbezogene Faktoren die Ursachen von psychischen und physischen Krankheiten. Die Folgen der Unfälle im motorisierten Verkehr, die der Luftverschmutzung und der Lärmexposition sowie die Auswirkungen von lokalen Temperaturanstiegen durch den Klimawandel, werden in Tabelle 1 in Anlehnung an Khreis et. al. (2016) dargestellt.

Tabelle 1 Zusammenfassung der Krankheitsfolgen durch verkehrsbezogene Faktoren (Eigene Darstellung in Anlehnung an Khreis et al., 2016)

Verkehrsbezogener Faktor	Auslöser	Häufigste gesundheitliche Folgen
Motorisierte Unfälle	Kollision	<ul style="list-style-type: none"> ● Verkehrstote ● schwere Verletzungen
Luftverschmutzung	Autoabgase, Emissionen, sekundär Verschmutzung	<ul style="list-style-type: none"> ● Erhöhte Gesamt mortalität ● kardiovaskulär Mortalität und Morbidität, ● zerebrovaskuläre Mortalität und Morbidität, ● schwangerschaftsinduzierte Hypertonie -> Frühgeburten, niedriges Geburtsgewicht, Säuglingssterblichkeit, verminderte Lungenfunktion bei Kindern, ● Diabetes und Fettleibigkeit, ● Atemungsmortalität und Morbidität -> Atemwegsinfektionen, Lungenkrebs
Lärmexposition	Verkehrslärm	<ul style="list-style-type: none"> ● Erhöhte Gesamt mortalität, ● Belästigungs- und Schlafstörungen, ● Herz-Kreislauf- Mortalität und Morbidität -> Schlaganfall ● kognitive Funktion -> Produktivitätsstörungen Diabetes Typ 2, Bluthochdruck bei Kindern, geistiges Wohlbefinden
Lokale Temperaturanstiege	Wärmeinselleffekte aus städtebaulicher Infrastruktur und Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none"> ● Erhöhte Gesamt mortalität, ● kardiorespiratorisch Morbidität, ● Anstieg der Kindersterblichkeit und der Frühgeburten Hitzestress ● verminderte Lungenfunktion -> Atembeschwerden ● Verkehrsunfälle ● Erhöhte Wahrnehmung von Gesundheitsserviceleistungen -> Krankenhausaufenthalte

2.1.4 Mobilität und Soziale Teilhabe

Die Anforderungen räumlicher Mobilität und der Notwendigkeit am Verkehrswesen teilzunehmen wachsen durch die eine mobile Gesellschaft, die voranschreitende Globalisierung und den immer flexibleren Arbeitsmarkt. Der Ausschluss von sozialen Ereignissen und die fehlende Partizipation an gesellschaftlichen Strukturen ist zunehmend durch einen mangelnden Zugang an räumlicher Mobilität zu erklären. Gerade in ländliche Regionen, in denen die Bevölkerungszahl die Aufrechterhaltung eines Öffentlichen Nahverkehrs nicht rechtfertigt, werden nicht motorisierte Bevölkerungsgruppen von sozialem Ausschluss bedroht. Zu

der betroffenen Bevölkerungsgruppe zählen u.a. Alte Menschen und Personen mit körperlichen oder geistlichen Beeinträchtigungen (Hesse, Scheiner, 2010; Glay et al. 2006).

Unter den Begrifflichkeiten der sozialen „Teilhabe oder Partizipation ist die aktive Beteiligung von Menschen am politischen, sozialen, ökonomischen und kulturellen Leben zu verstehen. Partizipation ist die Basis der Demokratie und Grundlage zur Entfaltung und Nutzung individueller Potenziale und Ressourcen. Partizipation im Sinne von Inklusion bedeutet die Chance auf Mitbestimmung und Mitgestaltung für alle Menschen ohne Ausnahme“ (BAGSO, 2019).

Die VerfasserInnen der UN-Behindertenrechtskonvention, legen desweiteren in Artikel 9 Abs. 1 fest, dass sich die Vertragsstaaten das Ziel setzten, allen Menschen, insbesondere denen mit körperlichen, geistigen oder psychischen Beeinträchtigungen, eine unabhängige Lebensführung und volle Teilhabe in allen Lebensbereichen zu ermöglichen. Um dies zu gewährleisten müssen Zugangsbarrieren beseitigt werden. Der gleichberechtigte Zugang „zur physischen Umwelt, zu Transportmitteln, Informationen und Kommunikation [...] sowie zu anderen Einrichtungen und Diensten, die der Öffentlichkeit in städtischen und ländlichen Gebieten offenstehen oder für sie bereit gestellt werden [...]“ (UN-BRK 2017), muss ermöglicht werden. Besonders in ländlichen Gebieten und bei Personen mit komplexen und geistigen Behinderungsformen stellen räumliche Barrieren eine besondere Herausforderung dar (BRK-Allianz, 2013).

Die Anzahl der in Deutschland lebenden Menschen mit Beeinträchtigungen ist in den Jahren 2005 bis 2013 von 10,99 Millionen auf 12,77 Millionen gestiegen. Dies entspricht einem Bevölkerungsanteil von 15,8 % im Jahr 2013. Der Anstieg ist mitunter auf die Alterung der Gesellschaft, die im Zuge des demographischen Wandels geschieht, zurückzuführen, denn körperliche und psychische Beeinträchtigungen treten vermehrt im höheren Alter auf. Jedoch ist ein Wachstum der Anzahl der Menschen mit Beeinträchtigung in allen Altersgruppen feststellbar (BMAS, 2016, S.8).

Für viele Menschen mit körperlichen oder geistlichen Behinderungen stellt der logistische und mentale Aufwand, von einer Lokalität zur nächsten zu gelangen, ein ernstzunehmendes Problem dar. Dieser Umstand wirkt sich negativ auf die Fähigkeiten aus, Kontakte zu schlie-

ßen, Termine im Krankenhaus wahrzunehmen, sich selbständig mit Lebensmitteln zu versorgen, berufstätig zu bleiben oder sich im generellen in gesellschaftliche Verbindungen zu integrieren und führt dazu, dass besonders Menschen mit geistlichen Behinderungen seltener Reisen antreten als andere (MHF 2015). Das eingeschränkte Mobilitätsverhalten kann dazu führen, dass Menschen keinen Zugang zu medizinischer Versorgung haben, sich dadurch psychisch isoliert fühlen und so ihr Selbstwertgefühl verlieren. Das Gefühl, sich in der eigenen Wohnung eingeschlossen zu fühlen, kann Stress verursachen und den Zustand der psychischen Gesundheit noch verschlechtern (Claypool et al., 2017).

2.2 Autonomes Fahren

Autonomes Fahren ist wie ein Projekt im bayerischen Bad Birnbach zeigt keine theoretische Annahme mehr. Im Zuge des Pilotprojektes wurden seit 2017 ein autonom fahrender Bus eingerichtet. Der über eine Strecke von 700 Meter ein wichtiger Teil des ÖPNV geworden ist und bis Mai 2019 kumulierte 20000 km zurückgelegt und 32.000 Personen befördert hat (DB, 2019). Inwiefern Autonome Fahrzeuge klassifiziert werden und welche Fahrfunktionen sie zukünftig in PKW übernehmen werden wird im folgenden Kapitel beschrieben.

2.2.1 Klassifizierung automatisierter Fahrzeugführungssysteme

Drei Funktionsprinzipien dienen als Grundlage zur Einteilung verschiedener Fahrfunktionen in der automatisierten Fahrzeugführung. Es existieren Funktionen, die zwar nicht aktiv in das Fahrverhalten des Fahrzeuges eingreifen, aber den Fahrer vor möglichen Gefahren und schwierigen Umgebungsbedingungen warnen. Weiter ausgedehnte Funktionsprinzipien greifen temporär in die Fahrdynamik ein, um beispielsweise Auffahrunfälle zu vermeiden oder die Folgen von Unfällen zu verringern. Die letzte Stufe der Funktionsprinzipien verbindet diese Fahrfunktionen, kontrolliert kontinuierlich die Längs – und Querdynamik des Fahrzeuges und übernimmt somit die Fahrkontrolle über einen längeren Zeitraum (Gasser et al., 2017).

Die Society of Automotive Engineers (SAE) unterteilt die kontinuierlich wirkenden Fahrfunktionen anhand von sechs verschiedenen Automatisierungsstufen. Diese definieren die An-

forderungen an die technischen Systeme und die einzunehmenden Pflichten der FahrerInnen während der Autofahrt. Die folgenden Klassifizierungsstufen (siehe Abbildung 1) orientieren sich an der weltweit anerkannten SAE-Norm (SAE, 2016):

Level 0 (**Keine Automatisierung**) zeichnet sich durch das Fehlen von Automatisierung aus. Die fahrende Person muss zu jeder Zeit die volle Kontrolle über das Fahrzeug besitzen. Kurzfristig eingreifende Funktionen, wie Auffahrwarnsysteme (FCW) oder Antiblockiersysteme (ABS), werden nicht als automatisierte Fahrfunktionen klassifiziert, da die FahrerInnen die Kontrolle zu keinem Zeitpunkt abgeben.

Automatisierungsstufe 1 (**Fahrerassistenz**) bezieht sich auf die Situation, in der die Fahrzeugtechnik die Längs- oder Quersteuerung übernimmt. Diese Automatisierungsfunktionen sind im Premiumsegment seit einiger Zeit in Form von Adaptive Cruise Control bzw. Lane Keeping Assist verfügbar. Dennoch muss die Fahrzeugführende Person kontinuierlich alle anderen verbleibenden Aufgaben ausführen und das System überwachen.

Level 2 (**Teilautomatisierung**) bezieht sich auf die Automatisierung mehrerer und integrierter Steuerfunktionen, z. B. der adaptiven Geschwindigkeitsregelung in Kombination mit der Fahrspurzentrierung. Der Fahrer ist für die Überwachung der Fahrbahn verantwortlich und es wird erwartet, dass er jederzeit zur Übernahme der Fahrzeugkontrolle zur Verfügung steht. Unter bestimmten Umständen kann er jedoch vom Fahrzeugbetrieb ausgeschlossen werden.

Ab Level 3 muss der Fahrer die Umgebung nicht mehr überwachen und kann daher unter bestimmten Voraussetzungen die Kontrolle gänzlich abgeben. Im Gegensatz zu Level 4 und 5 würde Level 3 (**Bedingte Automatisierung**) weiterhin erfordern, dass der Fahrer die manuelle Steuerung wiedererlangt, falls dies innerhalb eines bestimmten Zeitpuffers erforderlich ist, z.B.: innerhalb von 30 Sekunden nach einem Warnsignal.

Ab Level 4 (**Hochautomatisierung**) muss der Fahrer nicht mehr eingreifen, der autonome Modus ist jedoch möglicherweise nicht auf allen Straßentypen verfügbar.

Schließlich kann das Fahrzeug auf Level 5 (**Vollautomatisierung**) alle Fahrfunktionen ausführen und die Umwelt- und Straßenbedingungen über die gesamte Strecke selbständig kontrollieren. Dies ermöglicht es, Insassen zu transportieren, ohne dass diese Kenntnisse zur Füh-

ung eines Kraftfahrzeuges benötigen oder dass das Fahrzeug ohne Insassen sein Ziel erreichen kann (SAE, 2016).

2.2.2 Automatisierte Fahrfunktionen

Die Anwendungsmöglichkeiten von automatisierten Fahrfunktionen werden im Folgenden Kapitel auf Basis des derzeitigen Kenntnis- und Entwicklungsstandes in chronologischen Reihenfolgen, auch in Bezug auf die bereits vorgestellten Grade der Automatisierung, dargelegt. Die Nomenklatur der vorgestellten Systeme unterscheiden sich in der freien Wirtschaft von Hersteller zu Hersteller, aufgrund unterschiedlicher Vermarktungsstrategien. Im Folgenden werden, die in der Literatur am meisten genutzten Begrifflichkeiten verwendet. Zur Auswahl und Entwicklungsfähigkeit der genannten Systeme herrscht grundsätzlich Einigkeit in der aktuellen Fachliteratur. Die einzelnen Stufen der Automatisierung werden in Abb. 5 In der Chronologischen Reihenfolge der potentiellen Markteinführung aufgezeigt.

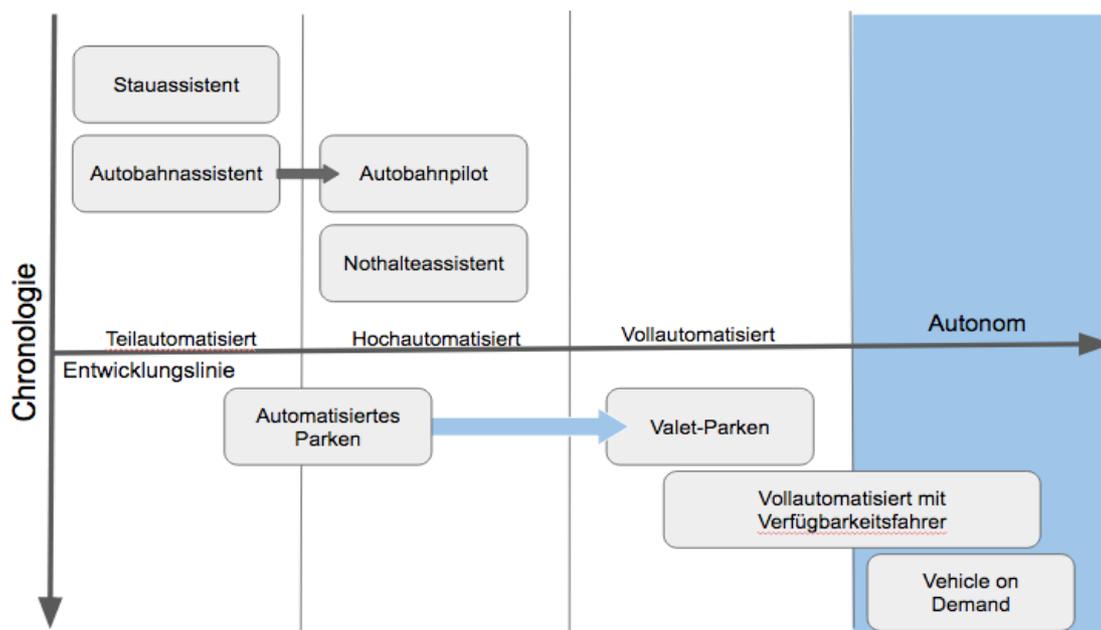


Abbildung 5 Entwicklungsprozess des Autonomen Fahrens (Eigene Darstellung nach Ohl 2019)

2.2.2.1 Stauassistent

Das Anwendungsfeld des Stauassistenten ist der sogenannte „Stop and Go“-Verkehr, der einen zählfließenden Verkehr oder Stau auf Autobahnen oder innerhalb von Ortschaften mit einbezieht. Das kostengünstige und vergleichsweise einfache System wird als Ursprung der Entwicklung des autonomen Fahrens angesehen.

Gekennzeichnet wird der Stauassistent durch die Kombination von Information aus,

- dem Adaptive Cruise Control (ACC), auch als Abstandsregeltempomat bekannt
- und dem Spurhalteassistenten oder Spurassistent (Winner/Schopper 2015, S.852).

Dennoch muss die Anwesenheit des Fahrenden, weiterhin durch mindestens eine Hand am Lenkrad, sichergestellt sein (vgl. Bartels et al., 2015, S.953).

2.2.2.2 Autobahnassistent

Der Autobahnassistent übernimmt alle Fahraufgaben vom Zeitpunkt der Autobahnauffahrt bis zur Autobahnabfahrt. Die Übergabe der Fahraufgabe wird sicher vom System an die fahrende Person koordiniert. Wenn eine sichere Übergabe nicht möglich ist, beispielsweise weil die Person sich im Schlafenden Zustand befindet oder ein geringes Situationsbewusstsein aufweist, überführt der Autobahnassistent das Fahrzeug in einen risikominimalen Zustand, in dem das Fahrzeug auf dem Seitenstreifen oder einem Parkplatz kurz nach der Ausfahrt zum Stillstand gelangt (Wachenfeld et al., S.13).

2.2.2.3 Nothalteassistent

Bei der Übergabe der Fahraufgaben, zurück an die Fahrzeugführende Person, benötigt bereits der Autobahnassistent, technische Möglichkeiten zur Evaluierung des Körper- und Geisteszustandes der Fahrzeuginsassen. Der Nothalteassistent führt das Fahrzeug in einen „sicheren Zustand“, wenn er entsprechende Unzurechnungsfähigkeit, Bewusstlosigkeit oder zunehmender Müdigkeit des Fahrenden registriert. Kombiniert mit einem „eCall-System“ kann zeitgleich medizinische Hilfe angefordert und die genaue Lokalität, sowie Vitaldaten übermittelt werden (Scherer 2014, S.353).

2.2.2.4 Automatisiertes Parken / Valet-Parken

Die ersten Schritte hin zum Automatisierten und Valet-Parken wurden bereits durch die Einführung der semi-automatischen Einparkassistenten getroffen. Die serienreifen semi-automatischen Einparkhilfen geben einen ersten Eindruck, wie, die Parkplatzsuche und das Rangieren in enge Parklücken, zukünftig immer mehr von Technologischen Hilfsmitteln begleitet sein wird.

Mit der Einführung eines Parkassistenten, der den kompletten Parkvorgang selbständig ausführt, würde erstmals ein hochautomatisiertes System auch im Stadtverkehr Anwendung finden (Ohl 2019, S.43). Allerdings befinden sich dieser Parkassistent noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase (Katzwinkel et al., 2015 S.842).

Die dritte und damit letzte Entwicklungsstufe des Parkassistenten beschreibt das Valet-Parken. Das Valet-Parken beschreibt ein Szenario, bei dem die Fahrzeuginsassen, bis zu dem Zeitpunkt auch noch Fahrer und Fahrerinnen sind wo sie Ihr Wunschziel, bspw. Ihre Wohnung oder ihre Arbeit, erreichen, jedoch anschließend einfach das Auto verlassen können und das Fahrzeug sich komplett eigenständig einen Parkplatz in der Umgebung sucht. Der Fahrroboter kann dann später wiederum vom Fahrzeughaltenden, per Abruf über eine Anwendungssoftware, aktiviert werden, woraufhin das Fahrzeug zum Wunschabholort manövriert wird. Wachenfeld et al. geben hierbei aber zu bedenken, dass diese Form von Parkassistenten den erhöhten innerstädtischen Anforderungen gerecht werden muss, wobei sie sich explizit auf die Systeme der Umfeld-Sensorik beziehen, die zur Objekterkennung und Vermeidung von Unfällen wichtig sind. Zudem muss die Kommunikationsfähigkeit der Automobile weiter ausgebaut werden, da dieses Szenario eine erste vollautomatisierte Fahrt, mit zeitweise keinen Insassen mehr, darstellt (Wachenfeld et. al, 2015, S.15).

2.2.2.5 Vollautomatisierter Verfügbarkeitsfahrer

Der hier beschriebene Use-Case eines vollautomatisierten Verfügbarkeitsfahrers kommt den meisten Vorstellungen von einem autonomen Fahrzeug wohl besonders nahe, da er der aktuellen Pkw-Nutzung noch am ehesten entspricht, aber nahezu alle Fahraufgaben an das Fahrzeug übergeben worden sind.

Die Verknüpfung von Autobahnassistent und Valet-Parken im Stadtgebiet ergibt ein vollautomatisiertes System mit Verfügbarkeitsfahrer. Erstmals wäre die Hauptlast der Fahraufgaben auf Seiten des Fahrzeuges und die Insassen können aber müssen in bestimmten Gebieten keinerlei Fahraufgaben mehr übernehmen. Auch die Aufgabe, das System zu überwachen, würde wegfallen. Eingrenzungen für die autonom befahrbaren Gebiete sind beispielsweise Orte an denen Straßenführungen geändert worden sind oder ein neues Parkhaus errichtet wurde und dem System noch keine ausreichenden Datenmengen vorliegen. Ebenso

scheint es sinnvoll, bestimmte Gebiete zeitweise oder auch dauerhaft vom autonomen Fahren auszuschließen, wenn diese zum Beispiel geprägt sind durch eine hohe Fußgängerüberquerungsfrequenz (Wachenfeld et al. 2015, S.17).

2.2.2.6 Vehicle on demand

In der letzten Entwicklungsstufe bewegt der Fahrzeugroboter sich in allen Verkehrsszenarien komplett autonom und es können Insassen oder Lademengen befördert werden oder auch Leerfahrten stattfinden. Die Passagiere können während der kompletten Fahrzeit anderen Tätigkeiten nachgehen, als sich um die Bewältigung der Fahraufgabe zu kümmern. *Diese neue Form der Automobilen Fortbewegung hat einen revolutionären Einfluss sowie auf das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung und die städtebauliche Infrastruktur.*

Verschiedene Businessmodelle sind darunter vereinbar:

- Mischform aus Taxi-Flotte und Carsharing
- Autonome Transportfahrzeuge mit 24 Laufzeiten pro Tag.
- Neue Nutzungsmodelle, die über unsere heutigen Vorstellungen hinaus gehen (Wachenfeld et al., S.22).

2.2.3 Das autonome Automobil

Mit der Beschreibung des Use-Cases eines „Vehicle on demand“ wurde ein erster Eindruck von den Einsatzmöglichkeiten und Nutzungspotenzialen eines autonomen Autos dargelegt. Die konkreten Aufgaben und Wirkungsmechanismen, die hinter dem autonomen Fahren verborgen sind, sollen im folgenden Abschnitt in Form eines potenziellen autonomen „Prototypen“ erläutert werden.

Vorerst muss festgehalten werden, dass die Markteinführung eines autonom gesteuerten Automobils erst dann realisierbar ist, wenn die computergestützten Analysen und Algorithmen, die den gesamten Funktionsumfang des Fahrzeuges beeinflussen, mit denen eines menschlichen Fahrens ebenbürtig sind. Die Anforderungen an die Maschine schließen, neben der eigentlichen Fahraufgabe, weitere Aufgabenbereiche mit ein:

- Genaue Wahrnehmung der Umgebung (z.B. die der Straßen- und Wetterbedingungen sowie anderer Straßenverkehrsteilnehmenden)

- Kommunikationsmöglichkeiten mit der Umgebung (anderen Fahrzeugen, Lichtsignalen und FußgängerInnen)
- Bestmögliche Reaktion in Notfallsituationen (Matthaei et al. 2015, S.1153).

Inwiefern die elektronischen Systeme des autonomen Autos die Fähigkeiten des Menschen übernehmen, wird in Abb. 3 veranschaulicht.

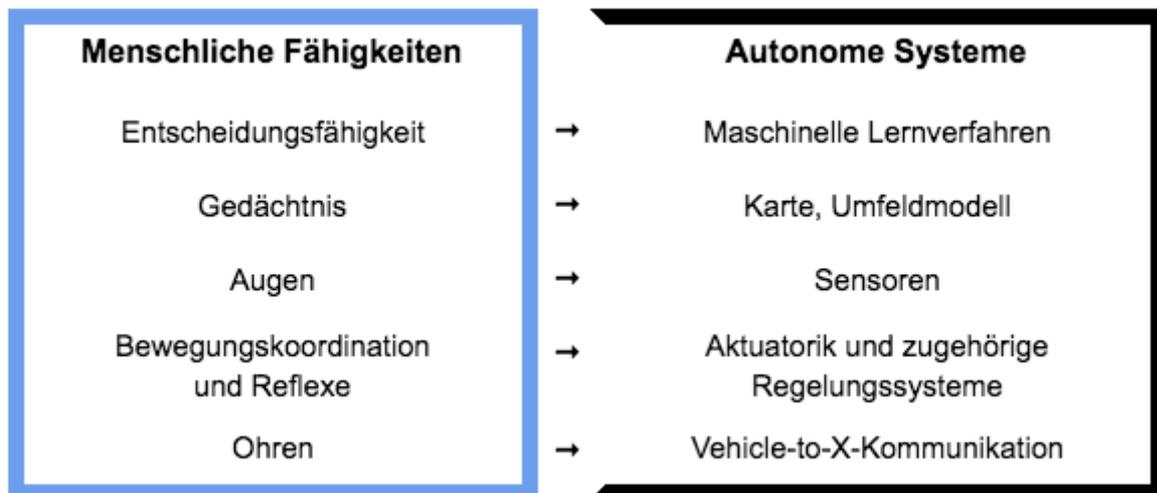


Abbildung 6 Ersatz von Menschlichen Systemen durch Autonome Systeme (Eigene Darstellung nach OHL, 2019)

Zur korrekten Verarbeitung der Informationen werden alle von den Sensoren und Systemen erfassten Daten und Messwerte an die zentrale Steuereinheit geleitet. Anschließend werden aufgrund der festgelegten Grenzwerte und Algorithmen Entscheidungen getroffen, die es ermöglichen, situationsbedingt und adäquat zu reagieren (Matthaei et al. 2015, S.1154).

Der „Fahrroboter“ muss hierbei insbesondere in der Lage sein, Entscheidungsfindungen aufgrund der Signalkonversion, die die Abbildung der Außenwelt beschreibt, und der Signalinterpretation zu treffen. (Johanning, Mildner 2015, S.64).

Das maschinelle Lernverhalten, bei dem das System sich fortlaufend und selbstständig weiterentwickelt, bildet die Basis zur Verarbeitung der Daten zu ständig wechselnder Umweltbedingung und neuer Herausforderungen des Straßenverkehrs und kann mit der menschlichen Entscheidungsfähigkeit gleichgesetzt werden (Ohl 2019, S.49f).

Stellvertretend für die menschlichen Augen werden Technologien aus dem Bereich Umfeld-Sensorik genutzt. Sie dienen einerseits zur Wahrnehmung der Umwelt und des Umfelds des Autos, sowie zur Kontrolle des eigenen Systems. Je nach Anwendungsgebiet kommen zur

statischen und dynamischen Wahrnehmung entweder Lidar-, Radar-, Infrarot oder Ultraschalltechnologien, sowie Mono- oder Stereokameratechniken zum Einsatz (vgl. Kompaß 2008, S.259).

Eine intensive Kommunikation mit allen anderen verkehrsrelevanten Objekten, Personen oder Systemen ist unabdingbar. Im Wesentlichen werden drei Kommunikationssysteme voneinander unterscheiden:

1. Car-to-everything (C2X), bezeichnet die Möglichkeit, aktiv mit allen verkehrsrelevanten Systemen zu kommunizieren. Dies impliziert auch Passanten.
2. Car-to-Car (C2C), umfasst die Kommunikationsmöglichkeiten mit anderen Fahrzeugen.
3. Car-to-Infrastrucure (C2I), ermöglicht es dem Fahrzeug, Informationen mit der umgebenen Verkehrsinfrastruktur auszutauschen (Fagnant, Kockelman 2015, S. 170).

Über die Verbindung der drei Systeme können autonomen Fahrzeuge miteinander kooperieren und sich den aktuellen Gegebenheiten im Straßenverkehr bestmöglich anpassen. Die daraus resultierenden Vorteile werden im Kapitel „Potenziale des Autonomen Fahrens“ genauer erläutert.

2.3 Autonomes Fahren als Präventionsmaßnahme

Zum Verständnis und zur Einordnung des Konzeptes von „Autonomes Fahren als Präventionsmaßnahme“ müssen zunächst die Begrifflichkeiten „Prävention“ und „Präventionsmaßnahme“ genauer erläutert werden..

Prävention wird im deutschen Gesundheitswesen vom Bundesministerium für Gesundheit als „Oberbegriff für zielgerichtete Maßnahmen und Aktivitäten, um Krankheiten oder gesundheitliche Schädigungen zu vermeiden, das Risiko der Erkrankung zu verringern oder ihr Auftreten zu verzögern“ (BfG, o.J.), definiert.

Eine Präventionsmaßnahme lässt sich nach dem jeweiligen Zeitpunkt, in dem sie angewendet werden kann, in drei Kategorien einteilen. Die Unterkategorien unterscheiden sich durch die Vermeidung von Krankheiten (primäre Prävention), die Früherkennung von Krankheiten (Sekundäre Prävention) und die Minderung von Krankheitsfolgen (tertiäre Prävention) (BfG, o.J.).

Eine weitere Unterteilung der präventiven Maßnahme erfolgt aufgrund ihres Anwendungsansatzes. Entweder wird durch die Maßnahme gezielt das Gesundheitsverhalten von Individuen angesprochen, dann fällt es in die Kategorie der Verhaltensprävention, oder es wird an den strukturellen Lebensbedingungen (u.a. Arbeitsbedingungen und Wohnverhältnisse) angesetzt, so wird es als Verhältnisprävention deklariert (BfG, o.J.).

In dieser Arbeit wird der Forschungsfrage „Inwiefern die Einführung des Autonomes Fahren einen gesundheitlichen präventiven Nutzen haben kann?“ nachgegangen. Die Ausarbeitung eines ausführlichen Präventionsprogramms gilt es an dieser Stelle nicht vorzustellen, dennoch soll ein kurzer Überblick über die Ziele und die Herausforderungen einer Evaluation der Maßnahme gegeben werden.

Autonomes Fahren würde dann als eine primäre Verhältnispräventive Maßnahme aufgefasst werden. Die Maßnahme hat zum Ziel, Krankheiten und Verletzungen vor Ihrem Auftreten zu verhindern und die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens zu verringern, sowie gesundheitsfördernde Lebensbedingungen zu schaffen. Sie setzt nicht am Verhalten des Individuums an, sondern bezieht sich hauptsächlich auf die Lebensverhältnisse der Menschen. So ist die Nutzung eines Autonomen Fahrzeuges, anstatt eines konventionellen Autos, zwar eine individuelle Verhaltensweise, jedoch ist die Bereitstellung und Einführung solcher Fortbewegungsmittel ein entscheidender Eingriff in die bestehenden Strukturen und Verhältnisse.

Die Maßnahme wurde nach der Information des Robert-Koch-Instituts (2012) als komplexe Interventionsmaßnahme eingeordnet, da die Maßnahme sich aus mehreren Einzelkomponenten zusammensetzt und nicht durch die Evaluation eines Wirkungsfeldes gemessen werden kann.

Bödeker (2011) empfiehlt drei Strategien, um den Herausforderungen bei der Evaluation komplexer Interventionen gerecht zu werden:

- Schärfen der Fragestellung
- Reduktion der Kompliziertheit
- Verzicht auf Wirkungsevaluation

2 Methodik

Mit dem Beginn der thematischen Eingrenzung der hier vorliegenden Bachelorthesis, wurde anfangs alle potentielle Literatur gesichtet, die Rückschlüsse auf positive gesundheitliche Einflüsse von autonomen Kraftfahrzeugen deutlich werden ließen. Im Rahmen dieser ungerichteten Literaturrecherche wurden Werke aus dem Katalog der Hamburger Bibliotheken „Beluga“ und der Internet Suchmaschinen „google“ und „google scholar“ gesichtet.

Die Suchergebnisse verdeutlichen die Annahme des Autors, dass es durchaus geeignete Literatur zu den Themenbereichen „autonomes Fahren“ und „Präventiver Nutzen“ (zum Teil auch „Public Health“) gibt, jedoch nur wenige, die beide Themenkomplexe miteinander in Kontext stellen und somit der Beantwortung der Forschungsfrage dienlich sind.

Die inhaltliche Eingrenzung der systematischen Literaturrecherche wurde aufgrund der ungerichteten Literatursuche getroffen. Autonomes Fahren ist zwar, wie im thematischen Hintergrund dargelegt, das angestrebte Ziel der Automatisierung, jedoch haben bereits FAS der Level 3-4 einen sehr hohen Grad der Automatisierung erreicht, sodass Studien, die die gesundheitlichen Vorteile dieser Systeme mit aufgreifen mit einbezogen wurden.

3.1 Methodik der systematischen Literaturrecherche

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden zunächst die Ergebnisse der ungerichteten Literaturrecherche bearbeitet. Im Zusammenhang zwischen dem „Autonomen Fahren“ und dem „präventiven Nutzen“ zeigten sich mehrere Themenbereiche als besonders relevant. Daraufhin wurden insgesamt drei Unterkategorien gebildet. Im Zuge der Literaturrecherche wurden anschließend zwei weitere hinzugefügt (Siehe Abb. 3).



Abbildung 7 Kategorisierung der Ergebnisse

Aufgrund der Anzahl der gefundenen Literatur, wurde die Unterkategorie (UK) 1 „Verkehrssicherheit“ gebildet und spiegelt einen Bereich mit großem präventiven Anwendungspotenzial wider.

Die „Reduktion von Umweltbelastungen“ stellte die zweite UK dar und wird in der systematischen Literaturrecherche näher untersucht, da der Einsatz von Automobilen, gerade in urbanen Gebieten, einen erheblichen Einfluss auf die Gesundheit hat. Die Chancen auf eine Reduktion der Schadstoff- und Lärmbelastungen wurden diesbezüglich untersucht.

Die UK 3 „Inklusion“ bezieht insbesondere ältere Personen und Personen mit geistlichen und körperlichen Beeinträchtigungen mit ein, denen die Nutzung Autonomer Fahrzeuge einen Verbleib in Sozialen Verbindungen und der generellen gesellschaftlichen Teilhabe garantieren kann.

Im nachfolgenden Arbeitsschritt erfolgte die Erstellung eines Schlag- und Stichwortkatalogs. Die bereits verwendeten Suchbegriffe wurden den jeweiligen Unterkategorien und den beiden Hauptkategorien zugeordnet. Die Bearbeitung der Ergebnisse der ungerichteten Literaturrecherche erbrachte weitere zielführende Suchbegriffe, die dementsprechend der Schlag- und Stichwortliste hinzugefügt worden sind. Die Suche erfolgte hauptsächlich in englischer Sprache. Dennoch wurde die gesamte Schlag- und Stichwortliste in englischer sowie deutscher Sprache erstellt. Zur Übersetzung wurde das Online-Übersetzungsprogramm Linguee verwendet (Linguee o. J.). Die Liste wurde im Zuge der systematischen Recherche weiterhin ergänzt, um die Themenbereiche möglichst ganzheitlich abdecken zu können. Die vollständige Übersicht kann im Anhang „systematische Literaturrecherche“ eingesehen werden.

Sowohl zur Eingrenzung der Datenmenge als auch um die aktuellsten Forschungsergebnisse zu erhalten und um eine adäquate Beantwortung der Forschungsfrage zu gewährleisten, wurden im nächsten Arbeitsschritt Einschluss- und Ausschlusskriterien definiert.

Die Einschlusskriterien umfassen folgende Faktoren:

- Zeitraum: 2015-2019
- Region: USA und Deutschland wurde präferiert
- Sprache: Englische und deutsche Literatur

- Thematischer Hintergrund: Nur thematisch relevante Literatur wurde miteinbezogen

Weiterführende Erklärungen zu den Einschluss Faktoren:

In die Recherche wurde nur Literatur mit einbezogen, die im Zeitraum von Januar 2015 bis Juli 2019 veröffentlicht wurde. Grundlage hinter dieser Entscheidung sind Rechtsänderungen in den Jahren 2016 und 2017 auf nationaler und internationaler Ebene, die den Raum für das automatisierte Fahren maßgeblich erweitert haben (DB, Wissenschaftliche Dienste). Insbesondere das Inkrafttreten der §§ 1a und 11b im Straßenverkehrsgesetz (StVG) der Bundesrepublik Deutschland am 21.06.2017, die den Betrieb von Kraftfahrzeugen „mittels hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion“ grundsätzlich gestatten, war entscheidungsgebend. Der Zeitraum von 4 Jahren scheint desweiteren angemessen zu sein, da im Zuge der ungerichteten Literaturrecherche deutlich wurde, dass die Anzahl der Ergebnisse vor 2015 stark nachlassen. Dies lässt sich mitunter dadurch erklären, dass es sich bei dem Thema des autonomen Fahrens um eine neue Technologie handelt, die sich noch in der Forschungsphase befindet.

Die Präferenz von Literatur aus den USA und Deutschland ist begründet durch die Lokalisation der Ballungszentren von Hightech-Firmen und Autobauern. Die im Silicon Valley im amerikanischen Bundesstaat Kalifornien angesiedelten Hightech-Unternehmen wie Google, Apple oder Tesla stellen eine treibende Kraft in der Forschung und Implementierung von „Autonomen Fahrzeugen“ dar. In Deutschland kommt es zu einer Konzentration von überwiegend „klassischen“ Autoherstellern, die jedoch einen sehr großen Marktanteil an der weltweiten Produktion von Automobilen besitzen. Jedoch wurden diese Einschränkung zum Teil aufgehoben, wenn die Forschungsarbeit in englischer Sprache war und einen wesentlichen Aspekt der Forschungsfrage zum Inhalt hatte. Daraus abgeleitet wird die sprachliche Eingrenzung der Recherche auf Englisch und Deutsch.

Miteinbezogen wird nur Literatur die den Hauptkategorien HK1 und HK2 sowie den fünf Unterkategorien zuzuordnen, oder anderweitig zielführend zur Beantwortung der Forschungsfrage ist. Hierzu wurde ein dreistufiges Screeningverfahren durchgeführt:

1. Titelscreening
2. Abstractscreening

3. Volltextscreening

Die Literatur Ergebnisse mit einem aussagekräftigen Abstract zum Forschungsthema wurden anschließend bibliographiert und abschließend nochmals einer Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien unterzogen.

Folgende Ausschlusskriterien wurden für die Literatur festgelegt:

- Titel oder Abstract: Keine Relevanz zum Thema erkennbar
- Aktualität: Aktuellere Literatur zum gleichen Forschungsstand verfügbar
- Zugang: Die Kosten für die Zugangsberechtigung von Seiten der Autorenschaft oder dem herausgebenden Verlag, den finanziellen Rahmen der Forschung (1,5€ pro Journal, Ausleihe) überschritten haben.

Die Hauptrecherche wurde anschließend in den Datenbanken PubMed Central und ScienceDirect durchgeführt. Die Auswahl der Datenbanken erfolgte aufgrund der Anzahl und Qualität der Rechercheergebnisse der ungerichteten Literaturrecherche. ScienceDirect bietet insbesondere Literatur aus den Bereichen „Physical Sciences and Engineering“, „Life Sciences“, „Health Sciences“ und Social Sciences and Humanities“ und liefert damit eine geeignete Grundlagen Struktur für die Schnittstelle zwischen neuen Technologien und dem Gesundheitswesen.

Die Datenbank von PubMed Central ist ein kostenloses Volltextarchiv mit Fachliteratur aus den Bereichen Biomedizin und Life Sciences von den nationalen medizinischen Bibliotheken der Vereinigten Staaten von Amerika und stellt somit die Basis für relevante medizinische Fragestellungen. Google Scholar wurde nur als Grundlage für die ergänzende Literatur genutzt.

Um das Ausschlusskriterium „Zugang“ möglichst gering zu halten, wurden Autoren und Autorinnen von Publikationen, die normalerweise nur entgeltlich zur Verfügung stehen, persönlich oder über die Plattform „ResearchGate“ kontaktiert, um die benötigten Zugangsberechtigungen oder einen Volltextauszug zu erhalten.

3.2 Zwischenergebnis Literaturrecherche

Im folgenden Abschnitt werden die Suchergebnisse der systematischen Literaturrecherche vorgestellt. Die Literaturrecherche hat zwischen dem 10. August 2019 und dem 14. August 2019 stattgefunden.

Die Übersicht erfolgt in Unterteilung nach den zwei verwendeten Datenbanken ScienceDirect und PubMed Central.

3.2.1 Suchergebnisse PubMed Central

Die Suche in der Literaturdatenbank PubMed Central ergab nach Eingabe von 56 verschiedenen Kombinationen der Schlagwortliste folgendes:

- Suchergebnisse Insgesamt: 268
- Relevante Titel: 58
- Relevante Abstracts: 32
- Dopplungen 17
- Volltextscreening und
Ein- und Ausschlusskriterien 1 Auswertung

3.2.2 Suchergebnisse ScienceDirect 11

Die lediglich 11 abgefragten Suchkombinationen in der Datenbank von ScienceDirect sind auf die Anwendung der Boole'schen Operatoren „OR“ und „AND“ zurückzuführen. Die Suche erbrachte folgende Resultate:

- Suchergebnisse Insgesamt: 874
- Relevante Titel: 148
- Relevante Abstracts: 59
- Dopplungen: 17
- Volltextscreening und
Ein- und Ausschlusskriterien 9 Auswertung

3.2.3 Suchergebnisse der gesamten Literaturrecherche

In Addition mit den Ergebnissen der ungerichteten Literaturrecherche(n=7) wurden insgesamt 66 relevante Literaturquellen bibliografiert. Anschließend wurden Ergebnisse auf die vordefinierten Ein-und Ausschlusskriterien überprüft.

Aufgrund mangelnden Zugriffsberechtigungen mussten 14 Werke im Nachhinein wieder von den Suchergebnissen ausgeschlossen werden. Insgesamt wurden 17 Ergebnisse in die nachfolgende qualitative Inhaltsanalyse mit einbezogen. Abbildung 8 veranschaulicht den Forschungsprozess.

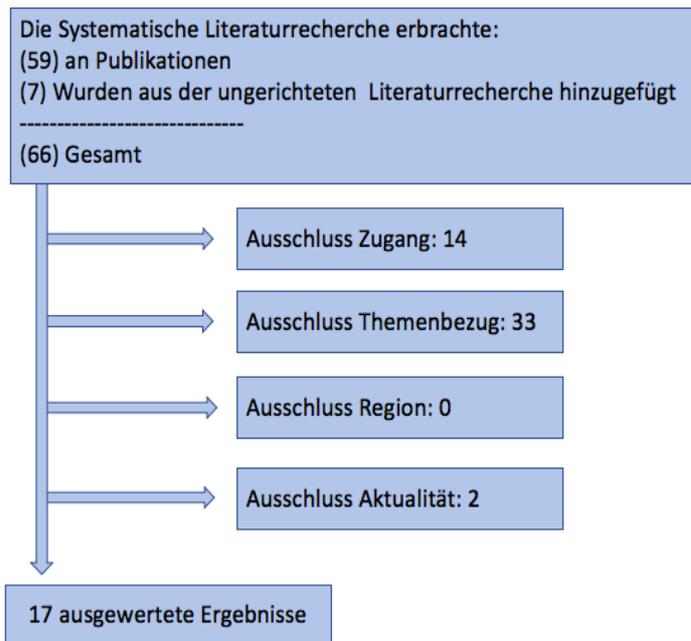


Abbildung 8 Literatur Ergebnisse nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien

3.3 Methodik der qualitativen Inhaltsanalyse

Die Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse erfolgte auf der inhaltlichen Grundlage des „Allgemeinen inhaltsanalytischen Ablaufmodells“ von P. Mayring, einem Mitbegründer der qualitativen Inhaltsanalysen. Jedoch wurde im Zuge dieser Arbeit eine vereinfachte Form der Analyse verwendet. Zur Bearbeitung des Materials wurde ein Leitfragenkatalog in Anlehnung an das Modell von Mayring (2003 S.53ff) entwickelt:

- Frage 1: In welchem Jahr ist die Publikation erschienen und um was für eine Art Publikation handelt es sich?
- Frage 2: In welchem Kontext steht der Publikationsinhalt zur Forschungsfrage?
- Frage 3: Welcher Aspekt der Forschungsfrage wird behandelt?
- Frage 4: Erbringt die Analyse der Publikation neue Erkenntnisse?

Frage 5: Welche Schlussfolgerungen können daraus abgeleitet werden?

3 Ergebnisse

Im folgenden Teil der Arbeit werden die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche vorgestellt. Die Ergebnisse werden dazu in den folgenden „5“ Unterkategorien eingeteilt. Davon waren zu Beginn der Literaturrecherche drei Unterkategorien angelegt. Zusätzlich wurden aufgrund der Häufung der Thematiken in der bearbeiteten Literatur noch zwei weitere Unterkategorien gebildet:

- UK 4 „Gesellschaftliche Akzeptanz“
- UK 5 „Aktuelle Gesetzeslage“

Zunächst werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen des Autonomen Fahrens (UK 5) erläutert. Anschließend werden die Ergebnisse zu den drei Wirkungsfeldern der UK 1- UK 3 dargelegt und abschließend eine Studie zur Gesellschaftlichen Akzeptanz vorgestellt (UK 4).

4.1 Aktuelle Gesetzeslage

Die Zukunft von autonomen Fahrzeugen auf Deutschlands Straßen ist nicht nur eine Frage der technischen Umsetzbarkeit, sondern beschäftigt auch viele Rechtsexperten und -expertinnen. Das deutsche und europäische Verkehrsrecht muss dem technologischen Fortschritt angepasst werden und erfordert in vielen Bereichen grundlegende Veränderungen.

Das „Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr“ von 1968 legt die Rechtsgrundlage für eine Standardisierung der Verkehrsregeln auf völkerrechtlicher Basis. Diese besagt, dass grundsätzlich die fahrende Person alleine für das Fahrzeug verantwortlich ist. Jedoch erweiterten die Vereinten Nationen 2014 das Wiener Übereinkommen erstmals um eine Zulassung von Fahrzeugsystemen, die Einfluss auf das Führen eines Fahrzeuges haben. Darunter fallen alle technischen Systeme zur Unterstützung des Fahrenden, wie Fahrassistenzsysteme oder automatisierte Fahrfunktionen, die aber zu jeder Zeit vom Fahrzeugführenden übersteuert oder ausgeschaltet werden können (vgl. Level 1 und 2 der Automatisierung). Wirksam ist diese Gesetzesänderung in Deutschland seit dem 23. März 2016 (Ungern-Sternberg, 2017).

Speziell für Deutschland wurde mit Wirkung ab dem 21. Juni 2017 die §§ 1a und 1b in das Straßenverkehrsgesetz (StVG) eingefügt. Der § 1a Abs. 1 der StVG beschreibt die Zulassung von „mittels hoch- oder vollautomatisierten Fahrfunktionen“, solange sie bestimmungsgemäß verwendet werden (BfJ, 2019) Zur Auflistung der vom Fahrzeug übernommen Aufgaben sowie die verbleibenden Aufgaben des Fahrzeugführenden vgl. Level 3-5 der Automatisierungsstufen. Jedoch bedingt §1a Abs. 3 Nr.1 und Nr.2 StVG, dass die hoch- oder vollautomatisierten Fahrfunktion den internationalen Geltungsbereichen und Vorschriften genügen müssen und eine Typgenehmigung gemäß Artikel 20 der Richtlinie 2007/26/EG erteilt bekommen haben. EG-Typgenehmigungen werden in Deutschland vom Kraftfahrt-Bundesamt geprüft und ggf. bewilligt. Mit den „internationalen [...] Vorschriften“ bezieht sich der § 1a Abs. 3 Nr. 1 StVG insbesondere auf die Regelungen innerhalb der EU sowie den Vorgaben der UNECE, der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (WD, 2018). Das deutsche Bundesamt für Patente weist weiter darauf hin, dass der Fahrzeugführende bei der aktuellen Gesetzeslage nach Aufforderungen des Systems oder bei subjektiver Abwägung die Fahrzeugführung jederzeit übernehmen muss bzw. kann. Dies betrifft auch Level 4 und 5 der Automatisierung. Dementsprechend ist das autonome Fahren, wobei der Fahrzeugführende zum Passagier wird, noch nicht im Gesetz verankert (DPMA, 2019).

Mit §1c der StVG wurde ein Evaluierungszeitraum der hoch – oder vollautomatisierten Fahrfunktionen bis Ende 2019 festgelegt. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur wird die Anwendungen von § 1a und § 1b auf wissenschaftlicher Grundlage prüfen und den Bundestag über die Ergebnisse der Evaluierung in Kenntnis setzen (StVG).

Wie aus der Erweiterung des Wiener Übereinkommens hervorgeht, arbeiten die Aufsichtsbehörden der EU-Kommission bereits an der Beseitigung von Hindernissen für die Entwicklung und Implementierung autonomer Autos durch Schaffung eines homogenen Rechtsrahmens. Klare Standards für OEMs und Verbraucher müssen entwickelt werden, insbesondere in den Bereichen Datenschutz, Cyber-Sicherheit und grenzüberschreitende Interoperabilität. Um dies zu gewährleisten, wurde 2014 die „US/EU Standardizations Harmonization“- Arbeitsgruppe gebildet (Bonneau et. al., 2017).

4.2 Verkehrssicherheit

In dem Artikel „Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges“ beziehen sich die Autorinnen M. Martinez-Diaz und F. Soguera auf die Sicherheitsaspekte von Autonomen Fahrzeugen und erläutern die Rahmenbedingungen, die gegeben sein müssen, um den maximalen Nutzen der Fahrzeuge in dem Maße geltend zu machen, in dem er von anderen Forschenden prognostiziert wird. Zur Erstellung des Artikels wurde in Kooperation mit verschiedenen Forschungszentren Informationen gesammelt und eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, um den aktuellen Forschungsstand abzuklären.

Martinez-Diaz und Soguera unterscheiden eindeutig zwischen zwei gegenläufigen Trends der Verkehrssicherheit: den steigenden technologischen und Sicherheit gewährenden Ausstattungen der Automobile in Industrieländern und der steigenden Verkehrsbelastung und fehlenden Kontrollen im Bereich der Fahrzeugtechnik und der Verkehrsverwaltung in Entwicklungs- und Schwellenländern.

Die Autorinnen gehen nicht davon aus, dass alle vom Menschen verschuldeten Unfälle (ca. 90%) durch eine Autonomisierung verhindert werden können, verweisen jedoch auf Koopman und Wagner (2017), die davon ausgehen, dass die Unfälle auf ein Minimum reduziert werden können.

Für eine Realisierung der Unfallprävention durch AF müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Die Penetrationsrate von Hochautomatisierten Fahrzeugen muss hoch sein.
2. Kooperative Verkehrsmanagement Strategien (V2X, V2I) müssen angemessen funktionieren.

Die Autorinnen geben zu bedenken, dass durch die Nutzung autonomer Fahrzeuge das motorisierte Reiseverhalten ansteigen wird und die Reisenden Sicherheits Aspekte, wie das Anlegen des Sicherheitsgurtes außer Acht lassen.

Hacker und Terroristen könnten darüber hinaus die Sicherheitssysteme der AFs und der gesamten V2X überwinden und die Kontrolle der Fahrzeuge übernehmen und folglich gesundheitlichen Schäden anrichten. Dennoch sehen die Autorinnen die Gefahr als kalkulierbares Risiko ein und beziehen die Meinung von Sahheen (2018) mit ein, welche die Auffassung vertritt, dass auch wenn die sehr sicheren Systeme kurzzeitig die Kontrolle verlieren sollten,

in der Lage sind, die Kontrolle in kurzer Zeit wiederzuerlangen und somit Schaden zu verhindern.

Andreas Reschka weist in seiner Arbeit „Sicherheitskonzept für autonome Fahrzeuge“ in „Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte“ darauf hin, dass das autonome Auto stets seine eigene Leistungsfähigkeit in Hinblick auf die Funktionalität der eigenen Regelungssysteme und Softwareanwendungen kontrollieren muss, um die verkehrliche Sicherheit gewährleisten zu können. Eine Rückführung in den „sicheren Zustand“ muss bei Ausfallerscheinungen immer noch umsetzbar sein (Reschka 2015, S.494).

Die Autoren Favaro et al. haben in Ihrem 2017 veröffentlichten Forschungsartikel „Examining accident reports involving autonomous vehicles in California“ die Unfallursachen aller Unfälle zwischen 2014 und 2017 im Kalifornischen Bundesstaat mit AF-Beteiligung untersucht. Alle in dem Artikel verwendeten Daten sind auf den Websites des kalifornischen Kraftfahrzeug Ministeriums, der National Highway Safety Administration und der Federal Highway Administration öffentlich verfügbar.

Die Datenbanken enthalten detaillierte Informationen zur Unfallursache und den Unfallfolgen. Für die Auswertung der Ergebnisse wurden die folgenden Parameter der Unfälle miteinander in Beziehung gesetzt:

- Datum und Uhrzeit
- Hersteller (Automarke)
- Unternehmen (Verantwortlich für AF- System)
- Fahrmodus zum Zeitpunkt des Unfalls (AF-Modus oder Manuell)
- Status des Autos und relative Richtung (In Bewegung oder gestoppt)
- Schaden am Autonomen Fahrzeug
- Verletzte
- Unfallursachen (Favaro et al. 2017, S. 9)

Insgesamt wurden im Untersuchungszeitraum nur 26 Unfälle mit AF Beteiligung ausgemacht, welche eine ausführlichere Untersuchung zugelassen hat.

Die Auswertung der Unfallursachen ergab, dass bei 22 der 26 gemeldeten Unfällen die AF nicht schuldig gewesen sind und die FAS einwandfrei funktioniert haben. Lediglich in 15,8% der Fälle war die Unfallursache auf das Fahrzeug mit AF Funktionen zurückzuführen. Zudem geht aus der Analyse der Unfallbeschreibung hervor, dass zwei der vier Unfälle im manuellen Modus stattgefunden haben, also nach Deaktivierung der autonomen Fahrfunktionen durch den Fahrer. Anzumerken ist, dass die Unfälle, bei denen die nachgewiesene Schuld beim AF liegt, beide Male keine Verletzten zu vermerken hatten (ebd. S.9). Dies ist mitunter auch damit zu begründen, dass die Unfälle in 60 % der Fälle mit relativen Geschwindigkeiten von 10 mph stattgefunden haben und somit die Insassen einem sehr geringen Aufprall ausgesetzt gewesen sind (ebd. S. 18).

Bei der Betrachtung der Unfallorte fällt auf, dass 89% der AF-Unfälle sich an Kreuzungen ereignen. Wiederum davon sind 48% in Straßen eines Vorortes, 32% innerhalb der Stadt und 20% der Unfälle in Bereichen mit Zugangsbeschränkungen, wie Autobahnen und Schnellstraßen aufgenommen worden. (ebd. S. 9)

Wie in Abbildung 9 verdeutlicht wird, liegt die berechnete Unfallhäufigkeit von AFs im Vergleich zu herkömmlichen Autos mit Blickpunkt auf die zurückgelegten Meilen pro Unfall bei den AFs deutlich über der der herkömmlichen Autos. Bei Autos mit AF lag die durchschnittliche Fahrleistung vor einem Crash bei 42.017 Meilen. Bei herkömmlichen Fahrzeugen werden durchschnittlich über 10mal so viele Meilen zurückgelegt bis es zu einem Unfall kommt (500.000 Meilen).

Tabelle 2 Vergleich der geschätzten Unfallhäufigkeiten für AV im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen (Eigene Darstellung nach Favaro et al. 2017)

Fahrzeugart	Gesamtzahl Unfälle	Gesamtzahl gefahrener Meilen	Unfallhäufigkeit	Meilen pro Unfall
Autonome Fahrzeuge	26	1,088,453	2.38e-5	42,017
Herkömmliche Fahrzeuge	6,296,000	3.148 Trillionen	2.0e-6	500,000

Wie die vorherige Studie gezeigt hat, ist die Übernahme der Kontrolle des Fahrzeuges bei hochautomatisierten Fahrzeugen heutzutage noch gegenwärtig und trägt ein gewisses Risiko in sich (2 von 4 Unfällen nach Übernahme der Kontrolle (Favaro et al 2017, S.9). Gerade in

der schrittweisen Einführung der höheren Automatisierungsgrade wird dies zu einer Aufgabe, die die Bevölkerung zunächst noch erlernen muss.

Inwiefern FahrerInnen in der Lage sind, in kritischen Situationen die Kontrolle zu übernehmen und wie ihr Lernverhalten der neuen Herausforderung gegenüber ist, wurde 2019 von A. Lotz, N. Russwinkel und E. Wohlfath in „Response times and gaze behavior of truck drivers in time critical conditional automated driving take-overs“ analysiert. Die Studie konzentriert sich zwar auf die Übernahme Reaktionszeiten von LKW-FahrerInnen, jedoch wird in einer Hypothese auch Bezug zu normalen PKW-NutzerInnen genommen. Generell ist anzunehmen, dass hochautomatisierte Fahrfunktionen zuerst bei LKW auf Autobahnen Einzug finden (Daimler, 2019).

Bei der Untersuchung ihrer ersten Hypothese, die das Lernverhalten von Personen, die erstmalig ihr Verhalten auf hochautomatisierte Fahrfunktionen anpassen mussten, zum Gegenstand hatten, stellten die Forschenden einen signifikanten Anstieg der Reaktionszeit beim dritten Versuch der Anwendung fest (Lotz, Russwinkel & Wohlfarth 2019, S. 6, S.16).

Bei der Betrachtung der Reaktionszeiten von zwei verschiedenen NDRT (non driving related tasks), dem Schauen eines Videos und dem Spielen eines Spiels, welche unterschiedliche Level an kognitiver Leistung erforderten (Spiel > Video), wurden keine signifikanten Unterschiede ausgemacht (ebd. S. 6, S.17).

In der dritten Hypothese wurden die erhobenen Daten der Reaktionszeiten von LKW-FahrerInnen (0,34 Sek.) mit denen von PKW-FahrerInnen (0,8-1,2 Sek.) aus der Literatur (Damböck, 2012), verglichen. Dies zeigt, dass professionelle FahrerInnen mehr als doppelt so schnell reagieren wie Privatpersonen.

4.3 Reduktion von Umweltbelastungen

Das Senken der Umweltbelastungen durch den Straßenverkehr mit Hilfe autonomer Fahrzeuge ist in der Literatur maßgeblich vertreten. Die Regulierung der für den Menschen gesundheitsschädlichen Schadstoffe sowie die Wechselwirkungen von Emissionen auf das Weltklima und den gesundheitlichen Einfluss auf den Menschen werden weitreichend diskutiert. Es wurden 7 Literaturquellen ausgewertet und im Folgenden vorgestellt.

In ihrem Review "Automated Vehicles, On-Demand Mobility, and Environmental Impact", das 2015 im „Current Sustainable/Renewable Energy Report“ veröffentlicht wurde, beschreiben die Autoren J. Greenwald und S. Saheen die Auswirkungen von hochgradig automatisierten Fahrfunktionen auf die Umwelt. Der Energieverbrauch von AFs lässt sich durch einen effizienten Verkehrsfluss, Fahrten im Konvoi, sicherheitsbedingte Leicht Gewichtung der Autos und die automatisierten Fahrgemeinschaften um bis zu 80% senken.

Eine Reduktion der Treibhausgase mit hohem Wirkungsgrad scheint jedoch nur realisierbar, wenn die AFs zukünftig auf andere Energiequellen als den Verbrennungsmotor zurückgreifen würden. Allerdings sind bei der Kombination von AFs und Elektromobilität Reduzierungen bis 90% möglich, solange der Strom aus erneuerbaren Energien bezogen wird. Durch die Veränderung der Mobilität von AFs gegenüber herkömmlichen Autos können die Fahrzeuge entsprechende Ruhezeiten effizienter für die Lade- oder Auffüllvorgänge von batteriebetriebenen oder Wasserstoff-Fahrzeugen nutzen. Dies würde zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen, da diese bei der Energiefreisetzung keine Stickoxide oder Feinstaubpartikel freisetzen. So würde die Symbiose aus Elektro- oder Wasserstoffantrieben mit AFs präventiv gegen Atemwegserkrankungen wirken.

Weiterführend beziehen sie die Potentiale der flächendeckenden und systemübergreifenden Energieeinsparungen von AF-Flotten mit ein, die den Mobilitätsbedarf der Gesellschaft effizient lösen würden.

Darüber hinaus weisen die Autoren auf einen Rückgang junger fahrender Menschen hin und bezweifeln, dass die Erschließung neuer Nutzergruppen, wie ältere Menschen und Beeinträchtigte Personen, die Netto-Energiebilanz im Straßenverkehr zusätzlich belasten würden. Als negative Folgen werden höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten durch besseren Verkehrsfluss beschrieben, die den Energieverbrauch erhöhen könnten (Greenwald & Shaheen 2015).

In ihrer Forschungsarbeit „An analysis of possible energy impacts of autonomous vehicles. Road vehicle automation“ gehen die Autoren A. Brown, J. Gonder und B. Repac davon aus, dass die Anzahl der insgesamt gefahrenen Kilometer von autonomen Fahrzeugen (VKT=

Vehicle Kilometer Travelled) zunehmen. Sie nehmen an, dass es zu einem Anstieg der VKT kommt, wenn Personen, die zuvor keine Möglichkeit besessen haben zu fahren, zukünftig das Auto nutzen, es generell mehr Fahrten gibt, auch unbesetzte Fahrten, sowie ein negativer Trend bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel eintritt und längere Pendelwege zu erwarten sind. Die Prognosen von Brown et al. (2014) gehen davon aus, dass sich die VKT unter diesen Voraussetzungen verdoppeln und der Gesamtenergieverbrauch am Ende dreimal so hoch ist. Dennoch sehen sie die Faktoren des Platooning, umweltfreundlicher Fahrweisen, Leichtere Fahrzeuge und effizienteres Streckenmanagement als potentielle Quellen für weniger Kraftstoffverbrauch. Höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten werden ebenfalls als negativer Faktor betrachtet.

In der Studie „Autonomous driving, the built environment and policy implications“, die von Fraedrich et al. (2019) im Transportation Research Journal veröffentlicht wurde, sind im Rahmen eines Mixed-Method-Forschungsansatzes quantitative Befragungen und qualitative Tiefeninterviews mit Mitgliedern der Fachkommission für Verkehr vom Deutschen Städtebau durchgeführt worden. Die Studie hat sich mit den Konsequenzen einer Einführung autonomer Fahrzeuge in Unterteilung von vier Use-Cases in deutschen Städten befasst. Die Fachkommission Verkehr setzt sich aus 48 Mitgliedern der Stadtverkehrs- und Stadtplanungsbehörden zusammen und ist in Ihrem Arbeitsfeld für die strategischen Aufgaben der Verkehrsplanung zuständig. Sie bearbeiten Strategien, die sich mit aktuellen und zukünftigen Trends befassen, einschließlich der Automatisierung der Verkehrssysteme. Insgesamt erhielten die Forschenden Antworten von 24 Mitgliedern der Fachkommission.

Die vier Use cases “Autonomous Park Pilot” (APP), “Shared Autonomous Vehicle” (SAV), “Private Autonomous Vehicle” (PAV) und “Autonomous Delivery Vehicle” (ADV) wurden in Bezug zu den wichtigsten Zielen der Fachkommissionen im Bereich städtische Verkehrsplanung gesetzt. Dies sind die wichtigsten Ziele, gelistet nach ihrer Priorisierung:

- Stärkung des nichtmotorisierten Verkehrs (Nicht relevant für diese Arbeit)
- *Stärkung und Ergänzung des öffentlichen Verkehrs* (Nicht relevant für diese Arbeit)
- Reduzierung des Energieverbrauchs sowie der CO₂- und Luftschadstoffemissionen
- *Stärkung der Inter- und Multimodalität* (Nicht relevant für diese Arbeit)
- Verbesserung der Verkehrssicherheit

- Reduzierung der Lärmbelastung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Mehrheit der Befragten eher negative Konsequenzen durch die Einführung von AFs in Bezug auf das Erreichen ihrer priorisierten Ziele erwartet. Zwar unterscheiden sich die Ergebnisse je nach Anwendungsfall, jedoch sehen die Experten gerade die Bewegung weg vom motorisierten Verkehr gefährdet und somit auch eine Reduzierung des Energieverbrauchs und der Schadstoffbelastung als unwahrscheinlich. Positives Feedback kam insbesondere im Bereich der gemeinsam geteilten Fahrzeuge (SAV). Übertragen auf die in Kapitel 2.1 beschriebenen Use cases würde der SAV dem „Vehicle on Demand“ der letzten Stufe der Automatisierung entsprechen. Diese Form der Automatisierung hat laut der Experten einen positiven Effekt auf den Verkehrsfluss und die Erhöhung der Verkehrssicherheit. Die Einschätzung der Experten zu den Auswirkungen der Automatisierung auf die Reduzierung der Lärmbelastung waren geteilt. Allerdings setzen sich die Meinungsbilder von mindestens 70 % in allen vier Anwendungsbeispielen aus sehr positiv, positiv und neutral zusammen (vgl. Abb. 10).

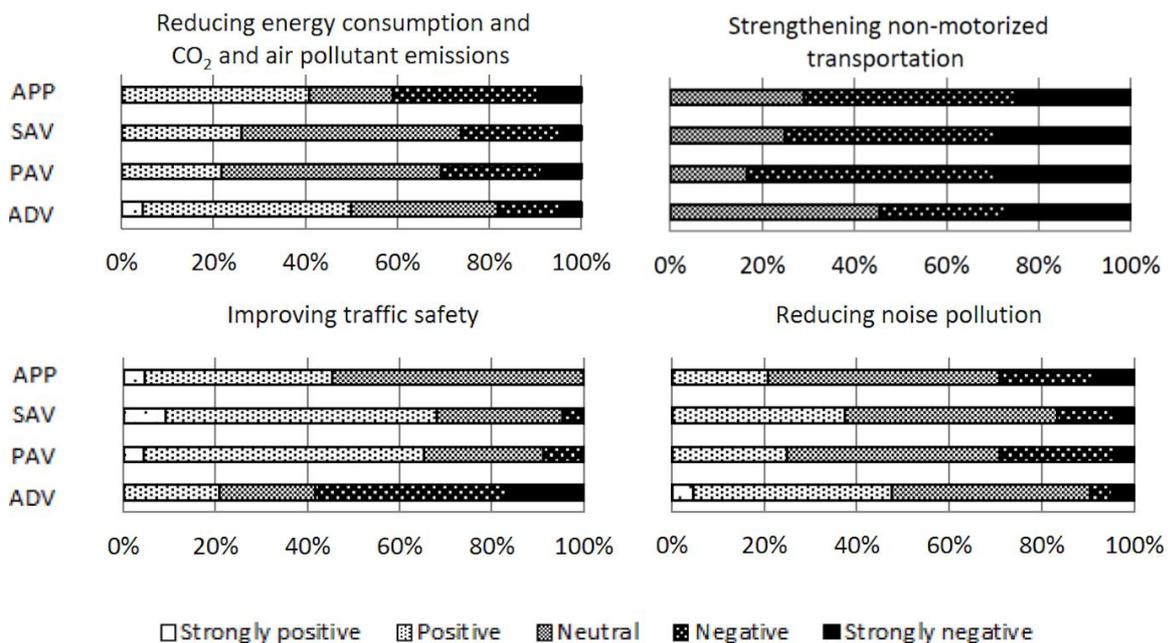


Abbildung 9 Einfluss der vier Use-cases von Automatisierten Fahrzeugen auf die städtebaulichen Ziele

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt aus Sicht der Stadtplaner eine eher zurückhaltende Meinung zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Schadstoffbelastung sowie eine uneinheitliche Meinung zur Vermeidung von Verkehrslärm durch die Einführung von AFs.

Stern et.al haben in ihrer Studie „Dissipation of stop-and-go waves via control of autonomous vehicles: Field experiments“, die 2018 im Journal „Transportation Research Part C: Emerging Technologies“ veröffentlicht wurde die Effektstärke von autonomen Fahrzeugen auf den Verkehrsfluss untersucht. Zur Realisierung des Forschungsvorhabens wurde ein experimentelles Studiendesign zur Datenerhebung genutzt, in dem in 3 verschiedenen Szenarien 20 - 21 konventionelle Autos mit einem modifizierten autonomen Auto Verkehrssituation auf einer 260 Meter langen, ringförmigen Versuchsstrecke nachgestellt wurden. Die Szenarien unterscheiden sich zwischen unterschiedlichen Bremszeitpunkten und Fahrverhalten durch das Zugfahrzeug (das eine AF). Ziel war es, die Effektstärke von autonomen Fahrzeugen bei sehr geringer Marktdurchdringung von unter 5% AF auf öffentlichen Straßen zu messen. Neben dem Verkehrsfluss wurden weitere Parameter bei den einzelnen KF gemessen: Geschwindigkeitsstandardabweichung, übermäßiges Bremsen und Kraftstoffverbrauch. Die Ergebnisse zeigen, dass ein AF einen deutlichen Einfluss auf die genannten Parameter hat.

- Geschwindigkeitsstandardabweichung: Die Geschwindigkeitsstandardabweichung wird in allen Versuchen um mindestens die Hälfte verringert und liegt zwischen 49,5% für Experiment B, 54,7% für Experiment C und einem Maximalwert von 80,8% für Experiment A.
- Übermäßiges Bremsen: Die Anzahl übermäßiger Bremsereignisse wird ebenfalls erheblich reduziert von ursprünglich 9,66 auf 8,58 übermäßige Bremsereignisse pro Fahrzeug je km mit der schlechtesten Leistung in Szenario C, auf 2,47 Ereignisse pro Fahrzeug je km in Szenario B und nahezu vollständiger Beseitigung (0,12 Ereignisse / Fahrzeug / km) in der leistungsstärksten Steuerung in Szenario A.
- Kraftstoffverbrauch: Der Kraftstoffverbrauch wird in allen Experimenten ab dem Zeitpunkt verringert, an dem „Verkehrsfluss-Wellen“ vorhanden sind und vom

Menschen kontrolliert werden müssen und mit dem Zeitpunkt verglichen, an dem das autonome Auto aktiv ist. Die Verbesserungen schließen eine Verringerung von 42,5%, 22,1% und 28,1% in den Experimenten A, B bzw. C ein.

- Verkehrsfluss (Durchsatz): Die Änderungen des Durchsatzes für jedes Experiment betragen +14,1% für Experiment A und +9,8% für Experiment B und eine Verschlechterung von -2,5% in Experiment C.

Durch einen verbesserten Verkehrsfluss und eine Verringerung der Anzahl der übermäßigen Bremsereignissen lassen die Ergebnisse Rückschlüsse darauf ziehen, dass auch die Lärmbelastung innerhalb der Städte gesenkt werden kann und sich wenige AFs bei den herkömmlichen Autos mit eingliedern. In dem Fallbeispiel wurde von einer Penetrationsrate von unter 5% ausgegangen.

Der Rückgang im Kraftstoffverbrauch führt zu weniger ausgestoßenen Luftschadstoffen (SO_x und PM) und CO₂ Emissionen und schützt den Menschen so vor Atemwegserkrankungen und den indirekten Folgen des Klimawandels. (Khreis et. al. 2011)

Das Umweltbundesamt hat bereits 2010 einen Maßnahmenkatalog zur Minderung der CO₂-Belastungen durch den Straßenverkehr veröffentlicht. In „CO₂-Emissionminderung im Verkehr in Deutschland“ werden Forderungen an die Politik, Hersteller und Verbraucher formuliert, denen zum Erreichen der Klimaziele dringend nachgegangen werden sollte. Das Bundesumweltamt erläutert die erheblichen Potentiale zur CO₂-Minderung und schließt dabei insbesondere das Nutzungsverhalten der FahrerInnen mit ein. So sind Kraftstoffreduzierungen durch eine Fahrverhaltensänderung von bis zu 25% zur Ausgangssituation möglich.

Tabelle 1 stellt die bis 2020 und 2030 prognostizierten CO₂-Einsparungen durch kraftstoffsparendes Fahren (PKWs und Nutzfahrzeugen (NfZ)), sowie die Auswirkungen einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 120 auf Bundesautobahnen (BAB) und das bilden von Fahrgemeinschaften dar. Die Potentiale reichen 2020 von 1,7 Tonnen CO₂-Einsparungen bei kraftstoffsparendem Fahren bei NfZ bis zu 4,7 Tonnen bei einer Verhaltensänderung der PKWs. Bis 2030 gehen die Einsparungen beim PKW auf 3,7 Tonnen zurück und bleiben konstant niedrig mit 1,7 T bei den NFZ.

Tabelle 3 Mögliche CO2 Einsparungen durch Änderungen des Verbraucher- und Fahrverhaltens bis 2020 und 2030 gegenüber dem Trend (eigene Darstellung nach UBA, 2010, S.70)

Maßnahme:	Reduzierungspotential bis 2020	Reduzierungspotential bis 2030
Verbraucher- und Fahrverhalten		
kraftstoffsparendes Fahren im Straßenverkehr (Pkw)	4,7 Mio. t CO2	3,7 Mio. t CO2
kraftstoffsparendes Fahren im Straßenverkehr (NfZ)	1,7 Mio. t CO2	1,7 Mio. t CO2
Tempolimit 120 km/h für Pkw auf BAB	3,2 Mio. t CO2	2,9 Mio. t CO2
Fahrgemeinschaften	2,5 Mio. t CO2	3,2 Mio. t CO2

„Zur Erschließung des Potentials sind fest eingefahrene Verhaltensweisen aufzubrechen“ (UBA, 2010, S.69) und erfordert Schulungen, Umbauten und ein Umweltbewusstsein bei allen motorisierten Straßenverkehr Teilnehmenden (ebd. S. 61).

Erwähnenswert ist der Maßnahmenkatalog des Umweltbundesamtes deshalb, weil autonomes Fahren genau diese Forderung in kurzer Zeit umsetzen könnte. Es wären keine Schulungen, wie beispielsweise ein Training zur optimierten Nutzung der manuellen Gangschaltung oder Signal Umbauten, die einen über optische oder akustische Signale über den richtigen Schaltzeitpunkt informieren, nötig. Das Einhalten der Geschwindigkeitsbegrenzungen wäre für den Fahrroboter ebenfalls zu realisieren. Ein weiterer Aspekt wäre die Bildung von Fahrgemeinschaften, die durch Intelligente Algorithmen, effiziente Routen und für eine maximale Auslastung des Fahrzeuges sorgen können.

Den Gedanken einer umweltfreundlichen Fahrweise (eco-driving) durch Afs greifen die Autoren H. Igliński und M. Babiak in „Analysis of the potential of autonomous vehicles in reducing the emissions of greenhouse gases in road transport“, ebenfalls auf. In ihrem auf der TRANSCOM 2017 (Internationale wissenschaftliche Konferenz zu nachhaltigem, modernen und sicheren Verkehr) vorgestellten Review werden die potentiellen Einsparungen der Treibhausgasemissionen durch die Einführung von autonomen Kraftfahrzeugen beschrieben.

Eco-Driving kann nachweislich bis zu 20% des Kraftstoffverbrauchs einsparen (Barth & Boriboonsomsin, 2009), jedoch geben die Autoren an, dass trotz des bestehenden Bewusstseins um das Potential gesundheitliche und umweltfreundlichere Fahrweise nur wenige FahrerInnen diese Verhaltensweise bereits adaptiert haben. Der Kraftstoffverbrauch und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen könnten dementsprechend durch den Einsatz eines vorprogrammierten Eco-Driving-Fahrmodus um 20% reduziert werden (Igliński & Babiak 2016, S.355).

Weiterführend wird zu Reduzierungen des Auto Gesamtgewichtes der Verbleib gewisser Sicherheitsmaßnahmen im Auto diskutiert. Durch das gestiegene Sicherheitspotential (Vermeidung von 90% der Unfälle) der AF wird die Notwendigkeit von Knautschzonen und Airbags (20-30kg) in Frage gestellt (ebd. S.356).

In Städten werden große Flächen von Parkplätzen (15-33%, Ritz, 2019) eingenommen, welche wichtige urbane Grünflächen verdrängen, die zur Regenerierung der Menschen (Naherholungsgebiete) und zum Abbau bzw. zur Einlagerung von THG-Emissionen nötig sind. Den Autoren zufolge könnten sich diese Parkplätze in dezentraleren Lagen befinden, da zukünftige AF ihre Insassen an ihrem Zielort absetzen würden und anschließend eigenständig einen freien Parkplatz ansteuern würden. Zwar würden die Fahrzeuge in der Zwischenzeit leer fahren und mehr VKT produzieren, jedoch entfällt das ineffiziente und zeitaufwendige suchen eines Parkplatzes (ebd. S.356).

M. Chester, A. Horvath und S. Madanat publizierten 2010 ihre Studie „Parking infrastructure: energy, emissions, and automobile life-cycle environmental accounting“, in der sie die Potentiale der städtischen Flächennutzung durch eine erhöhte Straßennutzung und eine verringerte Anzahl an Parkplätzen prüfen. In fünf verschiedenen Städten Szenarien (mit 105 Millionen – 2 Milliarden Parkplätzen) wurden die Zusammenhänge des aufgewendeten Energiebedarfs und der freigesetzten Emissionen für die Erstellung und Wartung der Parkplatz Infrastruktur und ihrer Umweltverträglichkeit analysiert. Chester und al. zufolge sorgt das Parken der Autos in den Städten für einen Anstieg von 1,3 bis 25 Gramm Kohlenstoff Molekülverbindungen pro Personenkilometer sowie für einen Anteil von 24% bis 89%, je nach Szenario, von den gesamten Schwefeldioxid und 10 µm der Feinstaubbelastungen.

Durch die Reduzierung der Parkplatzanzahl könnte ein erheblicher Teil der Emissionen eingespart werden

4.4. Inklusion

Der Präventive Gedanke von Inklusion ist die Vermeidung von sozialem Ausschluss, der sich wiederum negativ auf die psychosoziale Gesundheit auswirken kann. Die Literaturrecherche hat folgende fünf relevante Ergebnisse zur Inklusion von körperlich oder geistig Beeinträchtigten und älteren Menschen erbracht und werden im Folgenden vorgestellt.

Die Daten der irischen Längsschnittstudie für ältere Menschen (TILDA) wurde 2019 von den Autoren O. Donoghue, C. McGarrigle und R. Kenny auf die Auswirkungen von Transportmöglichkeiten und individueller Mobilität (Fahrstatus) auf die soziale Teilhabe und das psychosoziale Wohlbefinden bei Personen über 50 Jahren analysiert. Ihre Ergebnisse wurden im Journal „Transportation Research F“ unter „Who’s in the driver’s seat? Impact on social participation and psychosocial wellbeing in adults aged 50 and over“ veröffentlicht. TILDA ist eine prospektive Studie, die repräsentativ die Bevölkerung Irlands (>50) darstellt und die gesundheitlichen, sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen von N=8172 Personen miteinbezieht.

Die nachfolgende Regressionsanalyse hat ergeben, dass das selbstständige Autofahren, das gefahren werden durch PartnerInnen oder EhepartnerIn und das nutzen öffentlicher Verkehrsmittel mit besseren Indikatoren für die psychosoziale Gesundheit und stärkere soziale Beteiligung verbunden werden, als es der Fall ist, wenn die Fahrt mit einer Mitfahrgelegenheiten bei Freunden, Familie oder Taxis zurückgelegt worden ist. Das eigenständige Autofahren hatte bei allen Anpassungen der Kovarianten einen signifikanten positiven Einfluss auf eine bessere psychische Gesundheit und stärkere soziale Beteiligung (ebd. S. 524).

Die Moderationsanalyse der Daten hat gezeigt, dass Erwachsene, die ihr Fahrniveau in den letzten fünf Jahren gesenkt haben, stärker unter depressiven Symptomen, Einsamkeit und einer geringeren Lebensqualität gelitten haben, als diejenigen, die unabhängig von ihrer Soziodemographie und ihrem körperlichen Wohlbefinden ihr Fahrniveau gehalten haben. Weiterführend nahm diese Gruppe auch seltener an sozialen Freizeitaktivitäten oder ehrenamtlichen Tätigkeiten teil und verfügte über ein geringeres soziales Netzwerk. Die Effektstärke der Einsamkeit wurde in einer geschlechtsspezifischen Unterteilung bei Männern, die kein

Auto mehr fahren, als stärker identifiziert. Die Auswirkung auf das gesundheitliche Wohlbefinden der Personen, die ihr Fahrniveau gesenkt haben, wurden in weiteren Unter Analysen in Bezug auf ihre Geselligkeit, die Ausführung der täglichen Besorgungen und gesundheitsbezogene Aktivitäten untersucht. In allen Bereichen konnte ein negativer Einfluss mit dem Absenken der Fahrleistung in Verbindung gebracht werden (ebd. S.526f).

Die Autorenschaft um O. Donoghue hat mit ihrem Artikel gezeigt, wie bedeutend es ist, den Einfluss aktueller Transportwege und des Fahrstatus der irischen Bevölkerung (>50 Jahre) auf die soziale Teilhabe und das psychosoziale Wohlbefinden zu überprüfen. Außerdem wird die Wichtigkeit aufgezeigt, diese Beziehung im Kontext einer alternden Gesellschaft und der Entwicklung autonomer Autos zu untersuchen. So können die gesundheitlichen Vorteile, die aus der Unabhängigkeit resultieren (Prävention vor Sozialem Ausschluss), Personen aller Altersgruppen wieder zugänglich gemacht werden.

In einer 2019 veröffentlichten Studie „Study of older male drivers’ driving stress compared with that of young male drivers“ von Y. Zhao, T. Yamamoto und R. Kanamori bewerteten ältere Menschen (60-66 Jahre) ihre persönliche Belastung während dem Fahren als deutlich geringer als junge Fahrer (20-24 Jahre). Dennoch haben die Forschenden herausgefunden, dass die subjektive Wahrnehmung auf langen Geraden Streckenabschnitten nicht den physiologischen Daten entsprechen. Generell wurde festgestellt, dass die älteren teilnehmenden Versuchspersonen dazu neigen, das Gefahrenpotential und ihr Stresslevel an Kreuzungen zu unterschätzen, wobei junge Personen auf die beschriebene Verkehrssituation überempfindlich und mit einem erhöhten Stresslevel reagieren.

Die Autoren empfehlen für eine Erhöhung der Sicherheit und die weitere bedenkenlose Teilhabe älterer Menschen im motorisierten Straßenverkehr einen Ausbau der Fahrerassistenzsysteme. Insbesondere den Einbau von:

- Geschwindigkeitskontrolle Systemen,
- Abbiege Assistenzsystemen,
- Umgebungserkennung Systemen

In der Studie "Willingness of people with mental health disabilities to travel in driverless vehicles" die 2019 von den Autoren R. Bennet, R. Vijaygopal und R. Kottasz im Journal of Transport and Health erschienen ist, wurde die Akzeptanz von Personen mit geistigen Beeinträchtigungen gegenüber der Nutzung von autonomen Fahrzeugen geprüft.

In einem ungerichteten Interview wurden die Teilnehmenden (N=177) gebeten Aussagen zu dem zu machen, was Ihnen zum Thema Autonomen Fahren einfällt. Anschließend wurden die Aussagen mit einer strukturierten Themen-Modellierung kategorisiert

Die Ergebnisse zu den drei häufigsten Themen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Thema 1: Das Thema "Freiheit" wurde von 46% der Befragten genannt.

Repräsentative Aussage: *"Ich kann es kaum erwarten - ich werde reisen wie alle anderen auch. Keine Sorge wohin oder wann ich gehen kann. Ich bin begeistert frei zu sein und alleine reisen zu können ohne jemanden zu fragen."*

Thema 2: Äußerungen zur "Angst" wurden von 34% der Befragten getroffen.

Repräsentative Aussage: *"Da werde ich ja ganz steif vor Schreck. Andere Autos werden die ganze Zeit auf sie (AF) stoßen, weil sie von niemandem kontrolliert werden und in diesem Moment nicht sicher sind. Ich würde mich krank fühlen, wenn ich in einem reisen müsste."*

Thema 3: 20% der Befragten waren "Neugierig".

Repräsentative Aussage: *"Geniale Idee, aber bisher unerprobt. Ich würde gerne viel mehr darüber erfahren, was sie für jemanden wie mich tun können. Ich muss wissen, ob sie sicher und erschwinglich sind."*

4.5 Gesellschaftliche Akzeptanz

Die Akzeptanz der Gesellschaft von neuen technologischen Entwicklungen spielt eine entscheidende Rolle bei der Umsetzbarkeit der hier präsentierten Präventionsmaßnahme. Die fehlende gesellschaftliche Akzeptanz nimmt der Politik den Antrieb für neue gesetzliche Rahmenbedingungen und limitiert auch die Freigabe von Forschungsgeldern für die kontinuierliche Weiterentwicklung von autonomen Fahrzeugen.

Die Autoren P. Liu, Y. Du und Z. Xu präsentieren in ihrer Forschungsarbeit „Machines versus humans: People’s biased responses to traffic accidents involving self-driving vehicles“, die 2019 im Journal „Accident Analysis and Prevention“ erschienen ist, ihre Ergebnisse zur Einstellung der Gesellschaft gegenüber Unfällen mit der Beteiligung von AFs im Vergleich zu denen mit konventionellen Fahrzeugen (KF)

Zur Datenerhebung wurden 5 verschiedene vignettenbasierte Experimente in zwei Randomisierte Studien (insgesamt N = 1267) durchgeführt, in denen den Versuchspersonen Fallbeispiele dargestellt wurden, die anbahnende Unfallsituation beschrieben.

Die Autoren stellten erstmals wissenschaftlich fest, dass die Teilnehmenden Verkehrsunfälle mit der Beteiligung von AFs deutlich schwerwiegender einschätzen als solche mit KF - Beteiligung. Dabei waren die Einstufungen unabhängig von der Tatsache, ob es bei dem Unfall zu Verletzen oder Todesfällen gekommen ist oder die Unfallursache auf ein KF oder AF zurückzuführen war. Grund dafür ist laut der Autoren ihr grundlegendes Vertrauen in die Affektheuristik, die es Menschen normalerweise ermöglicht, schnelle Entscheidungen zu treffen und aufkommende Problemstellungen schnell und effizient zu lösen. Die getroffenen Entscheidungen basieren dabei auf aktuellen Emotionen wie Aufregung, Sorge oder Freude (Finuncane et. al 2000).

Die Autorenschaft stellt des Weiteren fest, dass die überproportionale Einschätzung der Unfallschwere ein psychologisches Hindernis zur Implementierung von AF in den Straßenverkehr darstellt. Mit dem Verweis auf die Arbeit von Kalra und Groves (2017), die eine schnelle Einführung und eine Senkung der Zugangshürden autonomer Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr fordern, da dies aus utilitaristischer Sicht mehr Leben retten könnte, sobald die Maschinen besser als die durchschnittlichen Fahrenden sind, warnen Liu et al. vor solch einer Handlung. Die Ergebnisse zeigen, dass ein solches politisches Handeln den gegenteiligen Effekt haben könnte. Mehr Unfälle mit AF-Beteiligung würden dem Sicherheits Bestreben der Menschen widerstreben und somit die Nutzung und flächendeckende Nutzung von AF langfristig gefährden.

Aus Sicht der Forschenden ist die bessere Alternative, die psychologisch motivierte Abneigung gegen AFs zu reduzieren, indem die „verzerrte“ Wahrnehmung gemindert wird. Um die

negativen Emotionen zu mindern, die positiven Emotionen zu stärken und die Risikobereitschaft zu erhöhen müssen die Vorteile von AFs in den gesellschaftlichen Fokus rücken.

4 Diskussion

Diskussion des Methodischen Vorgehens

Im Zuge der systematischen Literaturrecherche wurde der präventive gesundheitlicher Nutzen autonomer Fahrzeuge untersucht, sobald sie für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden sind. Im Zuge der Recherche wurden 18 Fachartikel, Studien und bestehende Reviews ausgewertet die Aufschlüsse zur Beantwortung der Forschungsfrage geben. Die thematische Eingrenzung der Forschungsergebnisse auf die Bereiche der Verringerung der Umweltbelastungen, die Steigerung der Verkehrssicherheit und der sozialen Teilhabe sind durch die Anzahl der Ergebnisse der ungerichteten Literaturrecherche entstanden. Hierbei ist zu beachten das bestehende Wissen, Interessenschwerpunkte und die Zugangsmöglichkeiten der Literatur durch den Autor der Arbeit die Suchergebnisse beeinflussen. Um die Objektivität, die Reliabilität und der Validität einer wissenschaftlichen Arbeit gerecht zu werden wurde anschließend eine ausführliche Beschreibung der Forschungsmethodik der systematischen Literaturrecherche und der qualitativen Inhaltsanalyse gegeben.

Die Einschränkung der Sprache auf Englisch und Deutsch, stellt zwar eine gewisse Limitation der Arbeit dar, und wurde durch die großen Forschungszentren und hohen Anzahl der ansässigen Fahrzeugbauern in Amerika und Deutschland gerechtfertigt, jedoch wurden somit Untersuchungen aus Russland und China fast gänzlich ausgeschlossen. Für weitere Forschungsvorhaben wird eine Studiendesign empfohlen, dass russische und chinesische Literatur miteinschließt, da in beiden Ländern großer Aufwand betrieben wird die Zukunft des Autonomen Fahrens weiterzuentwickeln (Handelsblatt, 2019a, 2019b).

Zugangsbarrieren zu kostenpflichtiger Literatur wurden erfolgreich in 9 von 16 Fällen durch eine direkte Kontaktaufnahme zu der Autorenschaft überwunden und hat zu einer genaueren Erläuterung des aktuellen Forschungsstandes beigetragen. Dennoch wurden Anfragen zum Teil erst sehr verspätet beantwortet, sodass Literatur (n=2) nicht mehr in der Auswertung berücksichtigt werden konnte.

Die Begrenzung der zwei Datenbanken PubMed Central und ScienceDirect schränken die Ergebnisse weiter ein, jedoch gelang es mit den vorhandenen Ergebnissen den Forschungsgegenstand weitreichend zu erläutern und aus verschiedenen Perspektiven zu beleuchten.

Fehlendes Fachwissen zu den komplexen medizinischen Zusammenhängen, insbesondere die Komorbidität der Umweltbelastungen können zu Fehlinterpretationen des Autors geführt haben. Dennoch wurde aus gesundheitswissenschaftlicher Sicht die Grundlagen erläutert und bieten somit die Basis für aufbauende und vertiefende Forschung.

Diskussion der Inhaltlichen Ergebnisse:

Durch die Auswertung der Literatur zeigte sich die hohe Komplexität des Themas. Die Aufteilung in 5 Unterkategorien und insbesondere der drei Wirkungsfelder des präventiven Ansatzes hat deutlich gemacht, dass im Rahmen der Arbeit nur ein Überblick über die einzelnen Bereiche gegeben werden kann, um das präventive Potential aufzuzeigen, jedoch konkrete Einschätzung der Wirkungspotentiale in den Bereichen nicht zu realisieren war.

Das Autonome Fahrzeug hat das Potential umweltschonende Fahrweisen, verkehrssicherheits bedingte Aspekte und den Mobilitätsradius von allen Menschen zu revolutionieren. In der Literatur sind sich die Forschenden überwiegend einig, dass es zu maßgeblichen Veränderungen in unserem Mobilitätsverhalten kommen wird (Brown et al. 2014, Greenwald & Shaheen 2015 , Chester), wenn die gesetzlichen Rahmenbedingungen den zukünftigen Einsatz von Autonomen Fahrzeugen gestatten.

Der Ansatz der Energiereduzierung und der daraus resultierenden Einsparung von gesundheitsschädlicher Emission wird unter den Forschenden unterschiedlich betrachtet. So werden einerseits Energieeinsparungen von 80% durch umweltfreundliches Fahren und das bilden von Fahrgemeinschaften prognostiziert (Greenwald & Shaheen 2015). Andererseits wird durch den starken Anstieg der VKT, die zurückgehende Nutzung des ÖPNV und längere Pendlerwege eine Verdreifachung des aktuellen Energiebedarfs angekündigt (Brown et. al. 2014). Die Auswirkungen von hohen Emissionen und das Freisetzen von Luftschadstoffe (Feinstaub, Staub, Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide, Ammoniak (NH₃)), wirken direkt auf die Atemwege und das Herz-Kreislauf-system (UBA 2015, Kreis et. al 2016). Durch das ver-

mehrte, wenn auch effizientere Fahren (Erhöhung der VKT) würden weiterhin die nicht durch Verbrennung von Kraftstoff entstehenden Luftverschmutzungen, wie Feinstaub und Staub, die durch das Fahren aufgewirbelt werden, die Gesundheit belasten. Besonders die zunehmende Anzahl an Stadtbewohnern wäre davon betroffen. Die Auswirkungen der Feinstaubbelastungen auf die Gesundheit werden allerdings nicht so hoch eingeschätzt wie die Folgen der Abgasbelastungen (UBA 2019a). Zudem wird ein so drastischer Anstieg der VKT durch den Anteil der jungen Fahrenden, die kein Autos mehr benutzen wollen, zunehmend relativiert (Greenwald & Shaheen). Dieser Aussage steht allerdings die demografische Entwicklung westlicher Industrieländer entgegen, die einen größer werdenden Anteil an älteren Personen sieht und nicht eine Zunahme des relativen Anteils der jungen Bevölkerung (Demografieportal 2018).

Eine Bewertung des präventiven Effektes lässt sich hinsichtlich dieser sehr unterschiedlichen Aussagen kaum treffen. Eine Verminderung des jetzigen Energieverbrauchs von bis zu 80% gegenüber einer Verdreifachung lässt einerseits auf eine sofortige Einführung autonomer Fahrzeuge hoffen, andererseits dürfte die Einführung unter Einbeziehung der Umwelt- und Gesundheitsbezogener Aspekte nicht in Betracht gezogen werden.

Die Ergebnisse zur Erforschung der Kraftstoffeinsparungen von Stern et al. dienen an dieser Stelle leider nicht zur besseren Einschätzung der unterschiedlichen Forschungslagen, da es sich bei Ihrem Experiment um einen sehr isolierten Forschungsansatz handelt.

Allerdings wird ein Ausblick auf die Potentiale der Kraftstoffreduzierung auch bei einer relativ geringen Marktdurchdringung (<5%) autonomer Fahrzeuge ermöglicht. Die Kalkulationen variieren zwischen Einsparungspotentiale von 42,5% und 22,1% und würden in etwa dem prognostizierten Marktanteil an AF von < 9% bis 2035 entsprechen (Stern et. al 2018, IHS Automotive 2014).

Greenwald und Shaheen legen aber auch die Attraktivität der Nutzung von alternativen und umwelt- und gesundheitsfördernden Energieträgern, wie die der Elektromobilität dar. Elektromotoren würden die Kraftstoffbedingten Emissionen auf null senken. Die Erforschung des Zusammenspiels von Autonomer Fahrzeuge und alternativer Energieträger wird in Zukunft von steigender Bedeutung sein und sollte mehr in den Fokus der Forschung rücken.

Aufgrund der geringen Reichweite und der längeren Ladezyklen sind viele Menschen sehr kritisch gegenüber Elektromobilität eingestellt. Allerdings könnten autonome Fahrzeuge, ihre Ruhephase effizient zum Aufladen nutzen und den Nutzungskomfort erhöhen. Die Kombination aus Elektromobilität (Keine Emission) und Autonomem Fahren könnte somit die am häufigsten auftretenden gesundheitlichen Folgeerkrankungen, wie kardio- und zerebrovaskuläre Mortalität und Morbiditäten (z.B.: Schlaganfälle, Hypertonien, sowie Atemwegsinfektionen) präventiv vorbeugen (Greenwald & Shaheen 2015, Khreis et. al.).

Die positiven Auswirkungen der Umsetzung der Eco-Driving-Richtlinien, wie sie vom Umweltbundesamt gefordert werden und von Igliński und Babia mit bis zu 20% Einsparungen der THG-Emissionen bemessen werden, haben neben der Senkung der atmosphärischen Belastung weitere Gesundheitliche Vorteile, die durch autonomen Fahrzeugen realisiert werden können. Das Fahren im Konvoi mit einer Geringen Standardabweichung der Geschwindigkeit der und der Vermeidung unnötiger Bremsmanöver, sowie das Einhalten der Geschwindigkeitsbegrenzung verringern zusätzliche Lärmbelastigungen durch Verkehr. Da nachgewiesen wurde, dass die Dezibel Anzahl im Realverkehr maßgeblich von der individuellen Fahrweise und dem Verkehrsfluss abhängig (UBA, 2017). Wie die Studie von Stern et. al zeigt, werden die Parameter der Geschwindigkeit Standardabweichung (Senkung der Abweichung von 49,5% bis 80,8%), die Anzahl der Bremsmanöver (Senkung von 9,66 auf 8,58; 2,47; 0,12 Ereignissen) sowie der Verkehrsfluss (Steigerung von -2,5% bis zu 14,1%) durch autonome Fahrzeuge positiv beeinflusst. Wenn Autonome Fahrzeuge sich in den Straßenverkehr eingliedern und andere Fahrzeug in ihrer Fahrweise positiv beeinflussen, dann kann, bis auf in wenigen Ausnahmen (Experiment C, Verschlechterung des Verkehrsflusses) davon ausgegangen werden, dass sie die Lärmexposition verringern Verkehrslärm wird von 75% der deutschen Bevölkerung als häufigste Quelle für Lärmbelastigungen beschrieben und gilt als Stressfaktor, welcher Stressreaktionen im Körper auslöst (UBA 2019).

Der Präventive Wert von autonomem Fahren kann sich unter anderen in der Senkung der Inzidenz von Belästigungs- und Schlafstörungen, von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und einer Verbesserung der kognitiven Funktionen, sowie einer Steigerung des psychischen Wohlbefindens äußern (vgl. Tabelle 1 nach Khreis).

Neben der Senkung der Lärmbelastigung ist es an dieser Stelle wichtig die Möglichkeiten zur Reduzierung der THG-Emissionen nochmals aufzugreifen. Denn auch hier bietet das Autonome Auto weitere Einsparpotenziale, die sich neben der Reduzierung der THG-Emissionen durch geringeren Kraftstoffverbrauch darüber hinaus durch die veränderten Möglichkeiten in der Parkplatz Infrastruktur realisieren lassen. Der hohe prozentuale Anteil an Parkplätzen (15-33%) an der Gesamtfläche von Städten hat einen starken Einfluss auf die städtische Infrastruktur und Flächennutzung (Chester et al. 2010, Igliński & Babiak 2016, S.356). Bei den Hochrechnungen von Chester et. al (2010) konnten 24% bis 89% den freigesetzten Schwefeldioxyden und ein Anstieg von 1,3 bis 25 Gramm der CO₂-Belastung in den Städten allein auf das Parken von Autos zurückgeführt werden. Jedoch ist zu berücksichtigen das die Forschenden hierbei Kalkulationen mit 105 Millionen bis 2 Milliarden Parkplätzen berechnet wurden.

Die V2V-Kommunikation der Fahrzeuge bietet eine weitaus effizientere Möglichkeit Parkflächen zu nutzen (Ritz, 2018). Das prognostizierte Level von 30%- 50% von Ritz (2018) scheint eine realistische Einschätzung zu sein, wenn man die Abbildung 11 berücksichtigt, in dem die AF deutlich weniger Platz einnehmen als die konventionellen Fahrzeuge.

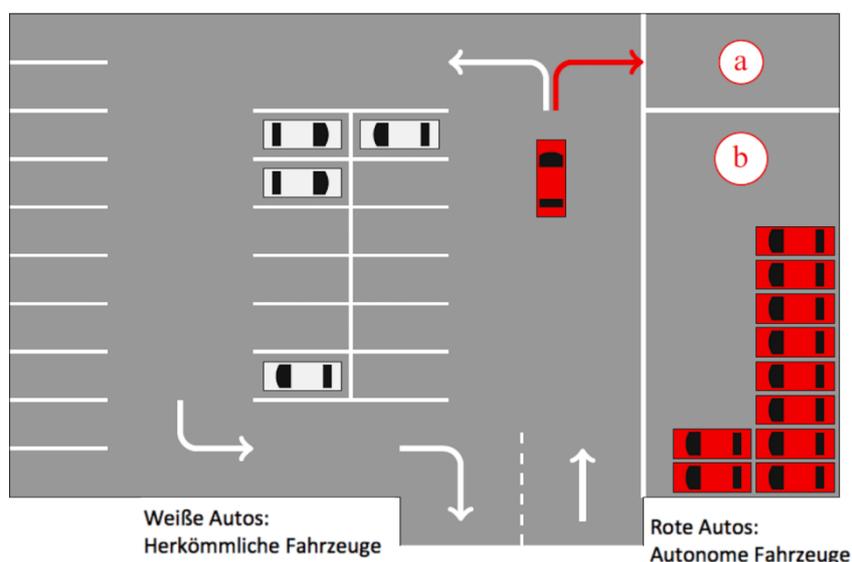


Abbildung 10 Vergleich der verwendetet Parkfläche zwischen AF und HF

Überträgt man diese Annahmen auf, die von Khreis et al. erfassten gesundheitlichen Folgen von verkehrsbezogenen Faktoren. Dann wird deutlich, dass zahlreiche gesundheitliche Fol-

gen von lokalen Temperaturanstiegen, die aus den Wärmeinseleffekten der städtebaulichen Infrastruktur und THG-Emissionen entstehen. Mit Hilfe autonomer Fahrzeuge können die hohen Parkplatzzahl verringert und die THG-Emissionen reduziert werden. Dies könnte das Auftreten folgender Krankheitsbilder vermeiden:

- kardiorespiratorisch Morbidität,
- Kindersterblichkeit und der Frühgeburten
- Hitzestress
- eingeschränkte Lungenfunktion -> Atembeschwerden

(Chester et. al 2010, Khreis et. al. 2016, Igliński & Babiak 2016)

An dieser Stelle möchte der Autor die Gelegenheit nutzen drei weitere offene Forschungsfragen, die nicht Teil dieser Untersuchung waren, jedoch mit verkehrsbedingten und gesundheitlichen Aspekten autonomer Fahrzeuge in direktem Bezug stehen, vorzustellen.

1. Inwiefern verändert sich die Reaktions- und Ankunftszeit von autonomen Krankenkraftwagen am Unfallort?
2. Verbessert sich die Qualität der Gesundheitsversorgung von Verletzten Personen, während der Fahrt ins Krankenhaus durch eine zusätzliche Fachkraft (RettungssanitäterIn), weil die Fahraufgabe entfällt?
3. Wie viele Lärmbelästigungen von Vorfahrt Sirene der Feuerwehr und Polizei können durch die V2X Kommunikation innerhalb von Städten verhindert werden?

Solche Überlegungen werden wohl erst in die Realität umgesetzt, wenn die Frage nach den Sicherheit Aspekten autonomer Fahrzeuge abschließend geklärt ist.

Jedoch unterscheidet sich das Sicherheitspotential Autonomer Fahrzeuge in Bezug auf die Auswertung von Unfalldaten in der Regel deutlich. Die genaue Ursachenforschung bedingt sogenannte In-Depth-Erhebungen, wie die des Gemeinschaftsprojekts "German In-Depth Accident Study" (GIGA) der Bundesanstalt für Verkehrswesen und Forschungsvereinigung der Automobiltechnik. Sie setzen sich zusammen aus interdisziplinären Teams aus in der Fahrzeugproduktion tätigen Personen, Unfallexperten, Verkehrspsychologen und Medizinischem Fachpersonal. Die Limitationen der Berichterstattung liegen häufig in der statisti-

schen Aussagekraft, die durch die Erhebungstiefe und geringe Fallzahlen erklärbar ist (Winkle, 2015 S.358).

Unter diese Limitation fällt auch die Forschungsarbeit von Favaro et al. die mit einer Fallzahl von N=26 im Untersuchungszeitraum. Dennoch konnten wichtige Erkenntnisse zur Unfallentstehung mit AF getroffen werden. Die reine Betrachtung der Meilen pro Unfall stehe gegen eine Implementierung von autonomen Fahrzeugen. Die um das 10 fache erhöhte Wahrscheinlichkeit auf 500.000 Meilen einen Verkehrsunfall zu haben muss jedoch relativiert mit der Unfallschwere in Vergleich gesetzt werden. So wurden nur bei zwei Unfällen Personen verletzt. Die Analyse der Schuldzuweisung hat bei 22 der 26 Unfälle den herkömmlichen Fahrzeug Führenden identifiziert. Bei einer Fortschreitenden Entwicklung der V2V-Kommunikation und einer Erhöhung der AF-Anzahl ist anzunehmen, dass die Unfallhäufigkeiten zurückgehen (Favararo et. al 2017, Winkle 366ff).

Der Studienlage zufolge stellen die neue Herausforderung für heutige Autofahrende keine Hindernisse zur Implementierung von AF dar. Die Fahrzeugübernahme wird in einer angemessenen Reaktionszeit erfolgreich absolviert. Zudem ist ein deutlicher Lerneffekt ab der dritten Anwendung feststellbar (Lotz, Russwinkel & Wohlfarth 2019).

Bei Älteren Personen und Personen mit geistigen und körperlichen Beeinträchtigungen könnte dies eine Hürde der Nutzbarkeit darstellen. Demnach ist hier nicht auf einen etwas geringeren Automatisierungsgrad (Level 3-4) zurückzugreifen, sondern es muss auf die Einführung des vollständig entwickelten autonomen Fahrzeug gewartet werden. Die Vorfreude von 48% der Befragten zu der gleichen Nutzung des Autos wie „alle anderen“ ausgedrückt wurde, lässt auf ein sehr positives zu erwartendem Selbstwertgefühl schließen, sobald die Möglichkeit Realität geworden ist. Auch für Ältere Personen, die aus unterschiedlichen Gründen das Auto nicht mehr selbstständig fahren können, bietet dies einen Weg zurück in die soziale Teilhabe oder verhindert den frühzeitigen Ausstieg. Ebenso zeigt das Projekt in Bad Birnbach keine Unterschiede in der gesellschaftlichen Akzeptanz des autonomen Buses zwischen den Altersgruppen (DB, 2019).

Aufgrund der Affektheuristik ist die gesellschaftliche Akzeptanz zwar noch auf einem relativ niedrigen Stand, jedoch ist die Politik und die Autoindustrie daran die letzten rechtlichen und technischen Hürden zu beseitigen.

5 Fazit

Technische Neuerungen werden unausweichlich weiteren Einzug in unsere täglichen Leben und unsere Gesellschaftlichen Strukturen finden. Mobil zu sein bedeutet für viele gesund und Teil der Gesellschaft zu sein. Gerade im Zuge des Demografischen Wandels, der eine Alterung der Gesellschaft zufolge hat, entstehen neue Mobilitätsanforderungen. Die Weiterentwicklung des Automobils zu einem „selbstständigen Taxiunternehmen“ wird den Alltag vieler Menschen nachhaltig verändern.

Die systematische Literaturrecherche hat gezeigt, dass die Einführung Autonomes Fahren dazu beitragen kann auf verschiedene Weise gesundheitsschädliche Umgebungsfaktoren zu verringern. Durch die Kommunikation des Autos mit seiner Umwelt (V2V, V2I) ist es in der Lage die umweltschädlichen Faktoren wie Lärm, THG-Emissionen und verschiedenen Luftschadstoffe zu reduzieren und damit womöglich positiv auf die Inzidenzrate von Atemwegs- und kardiovaskulären Erkrankungen sowie die kognitiven Fähigkeiten einzuwirken. Über dem Ausmaß der Wirkung besteht Uneinigkeit in der ausgewerteten Literatur. Dabei steht nicht die Steigerung der Effizienz der Fahrzeuge in puncto Kraftstoffverbrauch, Verkehrsfluss oder der Einhaltung der Eco-Driving-Kriterien in Frage, sondern der Anstieg der Inanspruchnahme des motorisierten Fahrzeuges und dem Anstieg der VKT. Neue Benutzergruppen könnten neben den hier thematisierten (ältere Personen, psychisch und physisch Eingeschränkten) Nutzergruppen, ebenfalls das Angebot nutzen. Dennoch würden gerade vulnerable Bevölkerungsgruppen von dem neuen Mobilitätskonzept profitieren und eine Stärkung der sozialen Teilhabe erfahren.

Inwiefern die SDG- Ziele der UN und des Verkehrssicherungsprogramms der Bundesregierung mit dem Autonomem Fahren adressiert werden kann aufgrund der noch geringen Forschungslage, um die Unfallursachen von AF nicht geklärt werden. Jedoch muss festgehalten werden, dass AF am besten in Urbanen Gebieten funktionieren, in denen sie die Möglichkeit haben mit ihrer gesamten Umwelt zu kommunizieren und auf technisch hochausgerüstete Infrastruktur zurückgreifen kann. Die Annahme, die von vielen werbetreibenden und populistischen Zeitungen verbreitet wird, dass die 90 % der vom Menschen verursachten Unfälle weltweit durch das autonome Auto verhindert werden können, konnte mit den hier ausge-

werteten Daten nicht bestätigt werden. Der technologische Fortschritt schreitet stetig voran, aber aktuell ist der Stand der Technik ist noch nicht gänzlich ausgereift.

Die Kontrolle über die Aufgaben abzugeben, die uns über Jahre hinweg begleitet haben, wird ein gesellschaftspolitische Herausforderung darstellen, die insbesondere durch Aufklärungskampagnen zu bewältigen sein wird. Ein wichtiger zu vermittelnder Aspekt wird der Umgang mit den gesammelten personenbezogenen Daten sein und der Schutz vor Cyberattacken. Eine gesellschaftliche Akzeptanz für die Einführung autonomer Fahrzeuge wird nur möglich sein, wenn Regelungen zur Speicherung und Verwertung der personenbezogenen Daten sichergestellt werden.

Autonomes Fahren erfordert klare Nutzungs- und Haftungskriterien und die Beantwortung schwieriger ethischer Debatten. Dementsprechend wird die flächendeckende Nutzung noch einige Jahre dauern, aber ein langsames Herantasten ans autonome Fahren wurde mit dem kleinen Pilotprojekt in Bad Birnbach bereits begonnen und wird sich zunehmen in der Gesellschaft verbreiten.

Literaturverzeichnis

Reschka, A. (2015) Sicherheitskonzept für autonome Fahrzeuge.

In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (S. 489–514). Berlin: Springer Vieweg

Arthur, C. (2012). Google's Self-Driving Car Gets Green Light in Nevada. *The Guardian*.

Abgerufen am 26. August 2019, von <https://www.theguardian.com/technology/2012/may/09/google-self-driving-car-nevada>

Bartels, A., Rohlf, M., Hamel, S., Saust, F., & Klauske, L.-K. (2015). Querführungsassistentz.

In H. Winner, S. Hakuli, Lotz, F., & C. Singer (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*, (ATZ / MTZ-Fachbuch. 3. Aufl.) (S. 937–957). Wiesbaden: Springer Vieweg

Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen (UN-BRK) (2017). Die UN-Behindertenrechtskonvention. Übereinkommen der Vereinten Nationen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen (Convention of the United Nations on the rights of persons with disabilities). Amtliche, gemeinsame Übersetzung von Deutschland, Österreich, Schweiz und Lichtenstein. Berlin

Beiker, S.-A. (2015). Einführungsszenarien für höhergradig automatisierte Straßenfahrzeuge.

In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (S. 198–217). Berlin: Springer Vieweg

Bonneau, V., Probst, L., Pedersen, B. & Lonkeu, O-K. (2017). Autonomous Cars: A Big Opportunity for European Industry. Digital transformation monitor. Abgerufen am 17. August 2019, von <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/content/autonomous-cars---future-automotive-industry>

Bundesministerium für Gesundheit (BfG) (2015). *Prävention*. Abgerufen am 26. August 2019, von <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/p/praevention.html>

BRK-Allianz (2013). *Für Selbstbestimmung, gleiche Rechte, Barrierefreiheit, Inklusion! Erster Bericht der Zivilgesellschaft zur Umsetzung der UN-Behindertenrechtskonventionen in Deutschland, Berlin*. Abgerufen am 27. August 2019, von http://www.brk-allianz.de/attachments/article/93/beschlossene_fassung_final_endg-logo.pdf

Brown, A., Gonder, J., & Repac, B. (2014). An analysis of possible energy impacts of autonomous vehicles. In G. Meyer & S. Beiker (Hrsg.), *Road vehicle automation*. Cham: Springer.

Browne, B.- A. (2017). SELF-DRIVING CARS: ON THE ROAD TO A NEW REGULATORY ERA. *Journal of Law, Technology & the Internet*, 8, S. 8.

Bundesamt für Justiz (BfJ) (2019). § 1 StVG - Einzelnorm. Straßenverkehrsgesetz (StVG) Abgerufen am 18. August 2019, von https://www.gesetze-im-internet.de/stvg/_1.html

Bundesarbeitsgemeinschaft der Senioren-Organisationen (BAGSO) (2019). *Soziale Teilhabe*, Abgerufen am 25. August 2019, von <https://www.im-alter-inform.de/gesundheitsfoerderung/handlungsfelder/soziale-teilhabe/>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2015). *Was ist Lärm?*, Abgerufen am 27. August 2019, von <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/laermschutz/laermschutz-im-ueberblick/was-ist-laerm/>

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2011). *Sicherheit im Straßenverkehr*. Abgerufen am 27. August 2019, von <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Strasse/Sicherheit-Strassenverkehr/sicherheit-strassenverkehr.html>

Bödeker W (2011) Evidenzbasierung ohne Kontrollgruppen. Wie können effektive Maßnahmen der betrieblichen Prävention erkannt werden? *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie* 61: 78–83

Claypool, H., Bin-Nun, A. & Gerlach, J., (2017). *Self-driving Cars: The Impact on People with Disabilities*, Boston: Ruderman.

Demografieportal (2018). *Zahlen und Fakten: Immer mehr ältere Menschen in Deutschland*.

Abgerufen am 26. August 2019, von https://www.demografieportal.de/SharedDocs/Informieren/DE/ZahlenFakten/Bevoelkerung_Altersstruktur.html

Daimler. (2019). *Daimler Trucks investiert eine halbe Milliarde Euro in hochautomatisierte Lkw*. Daimler. Abgerufen am 07. September 2019, von <https://www.daimler.com/investoren/berichte-news/finanznachrichten/daimler-trucks.html>

Deutsche Bahn (DB) (2019). *Wie kommt der autonome Kleinbus in Bad Birnbach an? Forschungsnetzwerk stellt Ergebnisse vor*.

Abgerufen am 20. August 2019, von <https://www.deutschebahn.com/pr-muenchen-de/aktuell/presseinformationen/Wie-kommt-der-autonome-Kleinbus-in-Bad-Birnbach-an-Forschungsnetzwerk-stellt-Ergebnisse-vor-4210652>

Deutsches Patent- und Markenamt (DPMA) (2019). *Autonomes Fahren - Recht, Ethik, Teil 2*.

Abgerufen am 17. August 2019, von <https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/hintergrund/autonomesfahren-technikteil1/autonomesfahren-rechtethikteil2/index.html>

Europäisches Parlament und europäischer Rat (2014). *VERORDNUNG (EU) Nr. 540/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES*. Abgerufen am 27. August 2019, von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R0540&from=DE>

Finucane, M.L., Alhakami, A., Slovic, P. & Johnson, S.M. (2000). The Affect Heuristic in Judgment of Risks and Benefits. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13 (1), S. 1–17.

Gasser, T., Frey, A. & Seeck, A. (2017). *Comprehensive Definitions for Automated Driving and ADAS*, 25th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Detroit

Gray, D., Shaw, J. & Farrington, J. (2006). Community transport, social capital and social exclusion in rural areas. *Area*, 38 (1), S. 89–98.

Greenblatt, J. & Shaheen, S. (2015). *Automated Vehicles, On-Demand Mobility, and Environmental Impact*. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 2(3), S. 74–81.

Global Humanitarian Forum (2009). Human impact report: climate change – the anatomy of a silent crisis. Global Humanitarian Forum, Abgerufen am 24. August 2019, von www.eird.org/publicaciones/humanimpactreport.pdf

Hesse, M. & Scheiner, J. (2010). *Mobilität, Erreichbarkeit und gesellschaftliche Teilhabe: Die Rolle von strukturellen Rahmenbedingungen und subjektiven Präferenzen*. Berlin: DIW.

Hornberg, C., Claßen, T., Steckling, N., Samson R., McCall, T., Tobollik M., Meikel, O., Terschüren, C., Schillmöller, Z., Popp, J., Paetzelt G., Schüman M. (2013) Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland: Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren, VegAS. Umweltbundesamt

Johanning, V. & Mildner, R. (2015). *Car IT kompakt: Das Auto der Zukunft – Vernetzt und autonom fahren* (1. Aufl.). Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Kalra, N., Groves, D.G., (2017). The Enemy of Good: Estimating the Cost of Waiting for Nearly Perfect Automated Vehicles. RAND Corporation, Santa Monica

Krämer, A., Wörmann, T. & Jahn, H. (2013). Klimawandel und Gesundheit: Grundlagen und Herausforderungen für den Public Health-Sektor. In H. J. Jahn, A. Krämer & T. Wörmann (Hrsg.), *Klimawandel und Gesundheit: Internationale, nationale und regionale Herausforderungen und Antworten*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Khreis, H., Warso, K., Verlinghieri, E., Guzman, A., Pellecuer, I., Ferreira, A., Jonas, I., Heinen, E., Rojas-Rueda, D., Mueller, N., Schepers, P., Lucas, K. & Nieuwenhuijzen, M. (2016). The health impacts of traffic-related exposures in urban areas: Understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions. *Journal of Transport & Health*, 3(3), S. 249–67.

Koopman, P. & Wagner, M. (2017). Autonomous Vehicle Safety: An Interdisciplinary Challenge. *IEEE Transactions of ITS*, 9.1, S. 90-97.

Lotz, A., Russwinkel, N., & Wohlfarth, E. (2019). Response times and gaze behavior of truck drivers in time critical conditional automated driving take-overs. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, S. 532–551.

Matthei, R., Reschka, A., Rieken, J., Dierkes, F., Ulbrich, S., Winkle, T. & Maurer, M. (2015) Autonomes Fahren. In H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz & C. Singer (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort, ATZ / MTZ-Fachbuch* (3.Aufl.). Wiesbaden: Springer.

Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Mental Health Foundation (MHF) (2015). *Fundamental Facts about Mental Health*, London: Mental Health Foundation, Abgerufen am 26. August 2019, von <http://www.mentalhealth.org.uk>

Nasir, M.- K, Rafidah, N., Kalam M. & Masum, B. M. (2014). Reduction of Fuel Consumption and Exhaust Pollutant Using Intelligent Transport Systems. *The Scientific World Journal 2014*. Abgerufen am 14. August 2019, von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4086228/>

Ohl, P.-L. (2019). *Zukunft des autonomen Fahrens. Eine systematische Bewertung der Rahmenbedingungen und Herausforderungen einer Markteinführung*. Norderstedt: Bob

Ritz, J. (2018) *Mobilitätswende: autonome Autos erobern unsere Straßen*. Wiesbaden Springer Verlag

Scherer, J. (2014). eCall: Ein Lehrstück für Politik, Regulierung und Datenschutz. In C.H. Beck (Hrsg.), *MultiMedia und Recht* (S.353). München: MMR.

Shaheen, S., Totte, H. & Stocker, A. (2018). Future of Mobility. *The White Paper: Report of UC Berkeley, UCConnect*

Shima, M. (2017). Health Effects of Air Pollution: A Historical Review and Present Status. *Nippon Eiseigaku Zasshi (Japanese Journal of Hygiene)*, 72(3), S. 159–65.

Statistisches Bundesamt (DESATIS) (2018). *Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2017*. Abgerufen am 16. August 2019, von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2018/Verkehrsunfaelle-2017/pressebroschuere-unfallentwicklung.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Society of Automotive Engineers (SAE) (2016). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*, On-Road Automated Vehicle Standards Committee

Tagesspiegel (2015): *Eine Chronologie der Abgasaffäre*, Abgerufen am 21. August 2019, von <https://www.tagesspiegel.de/mobil/vw-diesel-skandal-eine-chronologie-der-abgasaffaere/12407702.html>

Triplett, T., Santos, R., Rosenbloom & Tefft, B. S. (2016). *American Driving Survey: 2014 –2015*. AAA Foundation for Traffic Safety. Abgerufen am 20. August 2019, von <http://publicaffairsresources.aaa.biz/wp-content/uploads/2016/09/AmericanDrivingSurvey2015.pdf>

United Nations (UN) (2018). Health. *United Nations Sustainable Development*. Abgerufen am 21. August 2019, von <https://www.un.org/sustainabledevelopment/health/>

UN DESA (2018). *Anteil der Bevölkerung in Städten weltweit von 1985 bis 2015 und Prognose bis 2050* [Graph]. In Statista. Zugriff am 21. August 2019, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37084/umfrage/anteil-der-bevoelkerung-in-staedten-weltweit-seit-1985/>

Umweltbundesamt (UBA) (2015). *Stressreaktionen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen*. Abgerufen am 20. August 2019, von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/laermwirkung/stressreaktionen-herz-kreislauf-erkrankungen>

Umweltbundesamt (UBA) (2017). *Straßenverkehrslärm*. Abgerufen am 27. August 2019, von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#textpart-1>

Umweltbundesamt (UBA) (2019a). *Energiebedingte Emissionen*.

Abgerufen am 26. August 2019, von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen>

Umweltbundesamt (UBA) (2019b). *Lärmbelästigung*.

Abgerufen am 27. August 2019, von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/laermwirkung/laermbelaestigung>

Ungern-Sternberg, A. (2017). Völker- und europarechtliche Implikationen autonomen Fahrens, In B.-H. Oppermann, J. Stender-Vorwachs (Hrsg.), *Autonomes Fahren, Rechtsfolgen, Rechtsprobleme, technische Grundlagen* (S. 294 ff.). C.H. BECK

Watts, N., Adgar W.N. & Agnolucci (2015) Health and climate change: policy responses to protect public health. *Lancet* 386:1861–1914 Abgerufen am 20. August 2019, von <https://www.co.thurston.wa.us/HEALTH/thrives/pdfs/healthclimatechangeepolicy.pdf>

Wachenfeld, W., Winner, H., Gerdes, C., Lenz, B, Maurer, M., Beiker, S.-A., Fraedrich, E. & Winkle, T. (2015). Use-Cases des autonomen Fahrens. In M. Maurer, J. C. Gerdes, J, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (S. 10–37). Berlin: Springer Vieweg.

World Health Organization (2018). *Global status report on road safety 2018, Summary*.

Abgerufen am 21. August 2019, von <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf?ua=1>

Wissenschaftliche Dienste des Bundestages (WD) (2018). *WD 7 -3000 -111/18 Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße – rechtlicher Rahmen*. Abgerufen am 17. August 2019, von <https://www.bundestag.de/resource/blob/562790/c12af1873384bcd1f8604334f97ee4b9/wd-7-111-18-pdf-data.pdf>

Zacharias, S., Koppe, C. & Mücke, H.-G. (2015). Climatechange effects on heat waves and future heatwave-associated IHD mortality in Germany. *Climate*, 3, S. 100–117.

Eidesstattliche Erklärung zur Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Ausarbeitung selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der ausgewiesenen Hilfsmittel angefertigt habe. Sämtliche Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder dem Sinn nach anderen gedruckten oder im Internet verfügbaren Werken entnommen sind, habe ich durch genaue Quellenangaben kenntlich gemacht.

Ort, Datum: Hamburg, 9. September 2019

Lucien Kästner _____

Anhang

Methodik Literaturrecherche

Autonomes Fahren

-

Präventiver Nutzen

Forschungsfrage:

Inwiefern würde die Einführung des Autonomen Fahrens einen präventiven Nutzen auf die Gesundheit haben?

Suchbegriffe:

Hauptkategorien: Autonomes Fahren und Präventiver Nutzen

UK1: Verkehrssicherheit	--- road safety
UK2: Reduktion von Umweltbelastungen	--- Enviromental health protection
UK3: Inklusion	--- Inclusion

UK4: Aktuelle Gesetzeslage	--- current legislation
UK5: Gesellschaftliche Akzeptanz	--- Social accaptance

Ein- und Ausschlusskriterien:

→ nichts älter als 2015, da neues Gesetz ab 21.6.2017 in Deutschland für hochautomatisiertes fahren

- Sehr neue Technologie
- State of the Art

→ Sprachen: Englisch und Deutsch

→ Region: hauptsächlich Quellen aus Deutschland (viele Autobauer) und der USA (Silicon Valley, Tesla, Google) sowie China (autoritäres Regime ermöglicht flächendeckende Neuerungen schneller zu implementieren)

Verwendete Datenbanken

Für die Literaturrecherche wurden folgende Datenbanken verwendet:

PubMed Central -> aufgrund des medizinischen Hintergrundes; Sprachen: Englisch

ScienceDirect -> Schnittstelle zwischen Technologie und Gesundheitswesen (Health Sciences); Sprachen: Englisch

Google Scholar -> für ergänzende Sichtung; Sprachen: Deutsch und Englisch

Anmerkungen:

Die Schlagwortliste wurde aufgrund der Ergebnisse der – ungerichtete Literaturrecherche – erstellt. Die Übersetzung der Begriffe erfolgte sowohl durch bestehendes Wissen sowie durch Einbeziehung des Online Programmes Linguee. <https://www.linguee.de/deutsch-englisch>

Deutsch	Englisch
HK1 Prävention	
Gesundheitswesen	Public Health
Gesundheitsversorgung	health care
Vermeidung	Avoidance
Prävention	Prevention
HK2 Autonomes Fahren	
Autonomes Fahren	Autonomous driving
Voll Automatisiertes Fahren	Automatic driving
Selbstfahrende Autos	Self-driving vehicles, car
UK1 Verkehrssicherheit	
Unfallrate	crash rate
Unfallreduktion	Crash reduction
Unfallprävention	Crash prevention
UK2 Reduktion von Umweltbelastungen	
Umwelt und Gesundheitsschutz	Enviromental health protection
C02 Belastung	C02 emission
Lärmreduktion	Noise reduction
Stadtgrün	Urban greenspace
UK3 Inklusion Älterer und beeinträchtigter Personen	
Inklusion	Inclusion
Förderung gesunden Alterns	Healthy aging promotion

Sozial	social
--------	--------

Suchergebnisse vom 10. August 10, 2019

Verwendete Datenbank: PMC

UK1: Unfallprävention

1 "Autonomous driving" And "crash rate"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (1)	1	1	0

Autonomous Vehicles: Disengagements, Accidents and Reaction Times

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5173339/>

AN: 1

→ Aussortiert Aktualität

Wurde zitiert in:

Human Factors in the Cybersecurity of Autonomous Vehicles: Trends in Current Research

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6509749/>

→ kein Themenbezug

Examining accident reports involving autonomous vehicles in California

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5607180/>

→ Ausgewertet

0 "Autonomous driving" And "crash prevention"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Autonomous driving" And "crash reduction"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Automatic driving" And "crash prevention"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Automatic driving" And "crash reduction"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Automatic driving" And "crash rate"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (2)			

0 "self-driving vehicle*" And "crash rate"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

2 "self-driving vehicle*" And "crash prevention"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "self-driving vehicle*" And "crash reduction"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

UK2: Umwelt und Gesundheitsschutz

0 "Enviromental health protection"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

Suche in Kombination mit anderen Schlagwörtern abgebrochen, aufgrund fehlender Suchergebnisse.

0 "Noise reduction"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

Suche in Kombination mit anderen Schlagwörtern abgebrochen, aufgrund fehlender Suchergebnisse.

0 "Autonomous driving" And "CO2 emission"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Autonomous driving" AND "Urban greenspace"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Automatic driving" AND "CO2 emission"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Automatic driving" AND "Urban greenspace"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "self-driving vehicle*" AND "CO2 emission"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "self-driving vehicle*" And "Urban greenspace"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

UK3 Inklusion

0 „Healthy aging promotion“

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (5)			

Suche in Kombination mit anderen Schlagwörtern abgebrochen, aufgrund der übersichtlichen Suchergebnisse.

1 „Autonomous driving“ AND „inclusion“

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (27)	5	2	

The Potential Implications of Autonomous Vehicles in and around the Workplace

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6164975/>

AN: 23

→ Kein Themenbezug

Public Health, Ethics, and Autonomous Vehicles

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5343691/>

AN: 26

→ kein Themenbezug

2 "Automatic driving" AND "inclusion"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (12)	4	2	

Driving Mishaps Among Individuals With Type 1 Diabetes

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2782972/>

AN:1

→ Aussortiert Aktualität

Motor vehicle accident mortality by elderly drivers in the super-aging era

A nationwide hospital-based registry in Japan

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6160118/>

AN: 6

→ Kein Themenbezug

Suchergebnisse vom 11.8.2019

Hauptkategorien MIX-UP

1 "Autonomous driving" AND "public health"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (15)	6	3	2

Classification of Fatigued and Drunk Driving Based on Decision Tree Methods: A Simulator Study

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6604013/>

AN: 5

→ Kein Themenbezug

2 "Autonomous driving" AND "health care"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (19)	7	3	

Smarter Traffic Prediction Using Big Data, In-Memory Computing, Deep Learning and GPUs

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6539338/>

An: 10

→ Kein Themenbezug

Communicating Intent of Automated Vehicles to Pedestrians

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6090516/>

AN: 11

→ kein Themenbezug

A cross-sectional study of travel patterns of older adults in the USA during 2015: implications for mobility and traffic safety

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5629646/>

AN: 13

→ Kein Themenbezug

Suchergebnisse vom 12.8.2019

0 "Autonomous driving" AND "avoidance"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (98)	9	5	5

3 "Autonomous driving" AND "prevention"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (34)	9	7	5

Autonomous Vehicles Require Socio-Political Acceptance—An Empirical and Philosophical Perspective on the Problem of Moral Decision Making

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5835928/>

AN: 9

→ kein Themenbezug

Associating Vehicles Automation With Drivers Functional State Assessment Systems: A Challenge for Road Safety in the Future

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6503868/>

AN: 13

→ Kein Themenbezug

0 "Automatic driving" AND "public health"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (10)	4	1	1

0 "Automatic driving" AND "health care"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (5)	3	1	1

4 "Automatic driving" AND "avoidance"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (20)	4	3	2

Reduction of Fuel Consumption and Exhaust Pollutant Using Intelligent Transport Systems

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4086228/>

AN: 6

→ Kein Themenbezug /

5 "Automatic driving" AND "prevention"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (19)	5	3	2

Mobile Healthcare for Automatic Driving Sleep-Onset Detection Using Wavelet-Based EEG and Respiration Signals

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4239919/>

AN: 1

→ kein Themenbezug

0 "Self-driving vehicle*" And "noncommunicable disease"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Self-driving vehicle*" And "physical inactivity"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Self-driving vehicle*" And "Interior design"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

0 "Self-driving vehicle*" And "mental stress"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (1)	1	1	1

0 "Self-driving vehicle*" And "stress prevention"

	Titel	Abstract	Dopplung
PMC (0)			

PMC Ergänzung

"mental stress" And "commuting" And "congestion"

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (2)	2	2	

The acute physiological stress response to driving: A systematic review

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5642886/>

AN: 1

- Kein Bezug,

Urban and transport planning, environmental exposures and health-new concepts, methods and tools to improve health in cities

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4895603/>

AN: 2

- Kein Bezug

"autonomous driving" And "health benefits"

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (9)	5	5	5

"self-driving vehicle" And "health benefits"

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (8)	4	3	3

Zwischenergebnisse Literaturrecherche PubMed Central:

Suchergebnisse Insgesamt: 268

Relevante Titel: 58

Relevante Abstracts: 32

Dopplungen: 17

Bibliographierte Ergebnisse: 17

Anwendung der Ein-Ausschlusskriterien + Volltextscreening

Ausschluss Themenbezug: 14

Ausschluss Aktualität: 2

Zur Auswertung verwendet: 1

Hauptkategorien MIX-UP

1 "Autonomous driving" AND "Public health"

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (26)	8	3	1

Autonomous vehicles: Developing a public health research agenda to frame the future of transportation policy<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140517300014>

AN: 2

→ Kein Bezug

When human beings are like drunk robots: Driverless vehicles, ethics, and the future of transport<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X17301262>

An: 6

→ Kein Zugang

0 "Autonomous driving" AND "health care"

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (34)	6	2	2

2 "Autonomous driving" AND ("avoidance" OR "health care" Or "prevention")

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (114)	14	6	3

Global risk assessment in an autonomous driving context: Impact on both the car and the driver<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896319300096>

AN: 2

→ Kein Themenbezug

Connected and autonomous vehicles: A cyber-risk classification framework<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096585641830555X>

AN: 30

→ Kein Themenbezug

Risk of automated driving: Implications on safety acceptability and productivity<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457519302015>

AN: 53

→ Kein Zugang

3 ("Automatic driving" OR "self-driving vehicle" OR "Autonomous driving") AND ("avoidance" OR "health care" Or "prevention")

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (173)	38	10	5

Machines versus humans: People's biased responses to traffic accidents involving self-driving vehicles

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457518310492>

AN: 4

➔ Ausgewertet

Recent advances in connected and automated vehicles

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756418302289>

AN: 17

➔ Kein Bezug

13 – Sturdy inference and the amelioration potential for driverless cars: The reduction of motor vehicle fatalities due to technology

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128126202000134>

AN: 74

➔ Kein Zugriff

Distraction or cognitive overload? Using modulations of the autonomic nervous system to discriminate the possible negative effects of advanced assistance system

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457517301276>

IN Accident Analysis & Prevention

AN: 92

➔ Kein zugriff

UK 1 Unfallprävention

0 ("Automatic Driving" OR "self-driving vehicle" OR "Autonomous driving") AND ("crash rate" OR "crash reduction" Or "crash prevention")

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (8)	5	2	2

UK 2 Umwelt und Gesundheitsschutz

("Automatic driving" OR self-driving vehicle" OR "Autonomous driving") AND ("Enviromental health protection" OR "C02 emission" OR "noise reduction" OR "urban greenspace")

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (89)	12	2	

Will people accept shared autonomous electric vehicles? A survey before and after receipt of the costs and benefits

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0313592618303795>

AN: 4

• Kein Bezug

Dynamic traffic assignment: A review of the methodological advances for environmentally sustainable road transportation applications

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261517308056>

AN: 12

- Kein Bezug

UK 3 Inklusion

("Automatic driving" OR self-driving vehicle" OR "Autonomous driving") AND ("Inclusion" OR "Healthy aging promotion" OR "physically challenged" OR "mentally challenged" OR "social")

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (5907)	58	35	10

→ Nur die ersten 300 Suchergebnisse wurden berücksichtigt

Self-driving vehicles: Are people willing to trade risks for environmental benefits?

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856418314848>

AN: 2

Noch kein Zugang / Kein Zugang erhalten

Autonomous Vehicles in the Sustainable Cities, the Beginning of a Green Adventure

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670719315239>

AN: 8

In [Sustainable Cities and Society](#)

Noch kein Zugang / Kein Zugang erhalten

2 – Where will self-driving vehicles take us? Scenarios for the development of automated vehicles with Sweden as a case study

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128176962000020>

AN: 25

In: [Autonomous Vehicles and Future Mobility](#)

Noch kein Zugang / Kein Zugang erhalten

Attitudes towards autonomous vehicles among people with physical disabilities

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856418308917>

AN: 30

Noch kein Zugang

Self-driving carsickness

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687015300818>

AN: 36

- Kein bezug

GPS tracking system for autonomous vehicles

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016818301091>

AN: 37

- Kein Bezug

Autonomous driving, the built environment and policy implications

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856417301696>

AN: 38

➔ Ausgewertet

Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518302606>

AN: 42

➔ Ausgewertet

Introducing autonomous buses and taxis: Quantifying the potential benefits in Japanese transportation systems

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856418312795>

AN: 45

➔ Kein Bezug

Social aspect of anthropogenic adaptation to autonomous vehicles

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518304861>

AN: 46

➔ Kein bezug

Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities?

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0739885917300021>

AN: 47

➔ Noch kein Zugang / Zugang erhalten/ kein Bezug

Perceived benefits and concerns of autonomous vehicles: An exploratory study of millennials' sentiments of an emerging market

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0739885918301380>

An: 65

➔ Noch kein Zugang/ Zugang erworben -> Kein Bezug

From car sickness to autonomous car sickness: A review

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847818308581>

AN: 72

➔ Noch kein Zugang / Kein Zugang erhalten

Dissipation of stop-and-go waves via control of autonomous vehicles: Field experiments

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X18301517>

AN: 75

➔ Noch kein Zugang / Zugang erhalten / Ausgewertet

Fuel economy testing of autonomous vehicles

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X16000024>

AN: 90
Kein Zugang

Who's in the driver's seat? Impact on social participation and psychosocial wellbeing in adults aged 50 and over

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847819301305>

AN: 112

➔ Noch kein Zugang / Zugang erhalten / Ausgewertet

Analysis of the Potential of Autonomous Vehicles in Reducing the Emissions of Greenhouse Gases in Road Transport

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817326073>

AN: 127

➔ Ausgewertet

Energy saving potentials of connected and automated vehicles

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X18305199>

AN: 134

In: [Transportation Research Part C: Emerging Technologies](#)

Noch kein Zugang / kein Zugang erhalten

Can autonomous vehicle reduce greenhouse gas emissions? A country-level evaluation

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519303830>

AN: 162

Kein Zugang / Kein Zugang erhalten

Stress-related psychosocial factors at work, fatigue, and risky driving behavior in bus rapid transport (BRT) drivers

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457517301604>

AN: 165

Noch kein Zugang / Zugang erhalten / Kein Bezug

Deep decarbonization from electrified autonomous taxi fleets: Life cycle assessment and case study in Austin, TX

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920918309179>

AN: 198

Noch kein Zugang / Kein Zugang erhalten

Willingness of people with mental health disabilities to travel in driverless vehicles

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140518304080>

AN: 204

➔ Ausgewertet

Quantifying autonomous vehicles national fuel consumption impacts: A data-rich approach

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856417300800>

AN: 280

➔ Kein Zugang

UK 4 Reduktion nicht übertragbarer Krankheiten

0 (“Automatic driving” OR self-driving vehicle” OR “Autonomous driving”) AND (noncommunicable disease)

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (36)	4		

1 (“Automatic driving” OR self-driving vehicle” OR “Autonomous driving”) AND (“physical inactivity”)

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (38)	7	5	1

Automobile dependence and physical inactivity: Insights from the California Household Travel Survey

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140516303085>

AN: 1

➔ Kein Bezug

The health impacts of traffic-related exposures in urban areas: Understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140516301992>

AN: 3

➔ Kein Bezug, nur ein Hinweis auf autonomes Fahren (Hintergrund)

Trucks and Bikes: Sharing the Roads

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814015092>

AN: 5

➔ Kein Bezug

Car free cities: Pathway to healthy urban living

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412016302161>

AN: 7

➔ Kein Bezug /

2 (“Automatic driving” OR self-driving vehicle” OR “Autonomous driving”) AND (“interior design”)

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (28)	2	2	1

Response times and gaze behavior of truck drivers in time critical conditional automated driving take-overs

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847818302559>

AN: 3

➔ Ausgewertet (Fahrsicherheit)

3 (“Automatic driving” OR self-driving vehicle” OR “Autonomous driving”) AND (“Mental stress” OR “stress prevention”)

	Titel	Abstract	Dopplung
SD (28)	3	2	1

Study of older male drivers’ driving stress compared with that of young male drivers

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756418301934>

AN: 2

➔ Ausgewertet

Suchergebnisse Insgesamt: 6481 ➔ 874 wurden im Titelscreening berücksichtigt (siehe UK3)

Relevante Titel: 148

Relevante Abstracts: 59

Dopplungen: 17

Bibliographierte Ergebnisse: 42

Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien + Volltextscreening

Ausschluss Themenbezug: 19

Ausschluss Zugang: 14

Zur Auswertung verwendet: 9

Ergänzungen durch ungerichtete Literaturrecherche

Umweltbundesamt “CO2-Emmissionminderung im Verkehr in Deutschland“

➔ Ausgewertet

Deutscher Bundestag 2018, **Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße – rechtlicher Rahmen**

➔ Ausgewertet

Straßenverkehrsordnung

➔ Ausgewertet

Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Auf dem Weg zur automatisierten Mobilität: eine EU-Strategie für die Mobilität der Zukunft

➔ Ausgewertet

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A52018DC0283>

➔ Ausgewertet

Parking infrastructure: energy, emissions, and automobile life-cycle environmental accounting

➔ Ausgewertet

An analysis of possible energy impacts of autonomous vehicles. Road vehicle automation

➔ Ausgewertet

Automated Vehicles, On-Demand Mobility, and Environmental Impact

➔ Ausgewertet

Zusammenfassung

Hinzugefügte Titel: 7