

---

# Fahrerassistenzsysteme und autonomes Fahren - Potenziale und Grenzen

**Wintersemester 2019/20**

---

Enrico Spröte

Modul „Gesellschaftliche Strukturen im digitalen Wandel“

Dozenten: Prof. Dr. H.-G. Gräbe  
K. P. Kleemann

Leipzig, 29.03.2020

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	2
2	Begriffsdefinitionen.....	3
2.1	Fahrerassistenzsysteme.....	3
2.2	Stufen automatisierten Fahrens .....	4
2.3	Verantwortung und Schuld .....	5
3	Historische Entwicklung .....	7
4	Aktueller technischer Stand .....	9
4.1	Verfügbare technische Ausstattung.....	9
4.2	Stand der Forschung und Entwicklung.....	11
5	Rechtliche Situation .....	13
5.1	Gesetzeslage zu autonomen Fahrzeugen in Deutschland .....	13
5.2	Typgenehmigungsrecht.....	13
5.3	Schuldfrage .....	15
6	Einstellung in der Bevölkerung.....	18
7	Potenziale .....	21
8	Grenzen .....	23
9	Fazit .....	25
10	Literaturverzeichnis.....	27

## 1 Einleitung

Die Digitalisierung verändert unsere Gesellschaft in vielen Bereichen des Lebens. Für viele sind dabei die Veränderungen im Verkehr und speziell beim Fahren mit dem Auto nicht so präsent, wie in anderen Lebensabschnitten. Dennoch wandelt sich hier sehr viel. Unsere Autos und dadurch auch der Umgang mit ihnen verändern sich und vor allem geschieht viel bei der Entwicklung autonomer Fahrzeuge. Während in Deutschland der Eindruck entsteht, dass autonomes Fahren noch weit entfernt sei, zeichnet sich an anderen Orten der Welt ein gänzlich anderes Bild. Haben viele Deutsche nur eine unklare Vorstellung davon, wie autonomes Fahren aussehen könnte, existiert in den USA bereits der erste völlig autonome Taxidienst. Und auch wenn es derzeit kaum vorstellbar scheint, so wird die vorliegende Arbeit zu dem Ergebnis gelangen, dass das autonome Fahren sich auch in Deutschland irgendwann durchsetzen wird.

Dazu sollen zunächst viele wichtige Felder bei der Entwicklung des autonomen Fahrens beleuchtet werden. Nach einem kurzen historischen Abriss zur Digitalisierung im Auto generell folgt vor allem eine Betrachtung des technischen Standes, der rechtlichen Rahmensituation und der Akzeptanz in der Bevölkerung. Auf Grundlage dieser Felder werden Potenziale und Grenzen des automatisierten und autonomen Fahrens aufgezeigt, und aus diesen schließlich die genannte These im klaren Wortlaut synthetisiert. So soll ein umfassendes Bild in die Hintergründe des autonomen Fahrens eröffnet werden, die vielen Menschen häufig wenig präsent, und dennoch für die Entwicklung des autonomen Fahrens unabdingbar sind. Die Arbeit greift hierfür immer wieder eine internationale Perspektive auf, was dadurch, dass das autonome Fahren für Firmen weltweit interessant ist, unumgänglich ist. Dennoch soll ein besonderer Fokus stets auf der Untersuchung der Situation in Deutschland liegen.

## 2 Begriffsdefinitionen

### 2.1 Fahrerassistenzsysteme

Zunächst soll der Begriff des Fahrerassistenzsystems klar definiert werden. Der Duden (Bibliographisches Institut GmbH, 2020b) verweist bei der Bedeutung auf den Eintrag „Assistenzsystem“, welches als „elektronisches Kontrollsystem, das die Fahrsicherheit beim Autofahren erhöht“ (Bibliographisches Institut GmbH, 2020a) beschrieben wird. Diese Aussage soll zunächst grundlegend für die weitere Begriffsklärung genutzt, aber etwas abgewandelt und weiter spezifiziert werden. So ist der Begriff des „Autofahrens“ an dieser Stelle als kritisch einzustufen. Unter dem Auto (kurz für Automobil) wird häufig nur das Personenkraftfahrzeug verstanden. Es sei hier daher ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Duden die Begriffsbedeutung des Autos im Sinne eines „von einem Motor angetriebene[n] Straßenfahrzeug[s]“ (Wikipedia, 2020a) versteht. Darunter sind also auch alle Fahrzeuge, die der Güterbeförderung zuzurechnen sind, enthalten. Unter der Fahrsicherheit soll die allgemeine unfallfreie Fahrt verstanden werden. Es werden also diejenigen elektronischen Systeme im Folgenden als Fahrerassistenzsysteme bezeichnet, die auf das Fahrverhalten des Autos oder des Fahrers Einfluss nehmen, um die Fahrsicherheit zu erhöhen. Dazu zählen auch diejenigen Systeme, die durch Stabilisierung des Fahrzeuges für ein ruhigeres Fahrverhalten sorgen.

Zur Einstufung verschiedener Systeme soll die „Kategorisierung und Nomenklatur der Systeme“ (Winner et al., 2015, S. 28–29) übernommen werden. Dabei werden die Fahrerassistenzsysteme in die Kategorien A, B und C unterteilt. Systeme der Kategorie A haben eine Informations- oder Warnfunktion. Sie nehmen damit nur indirekt über den Fahrer Einfluss auf das Fahrzeug. Beispielhaft könnte hierfür eine Verkehrszeichenerkennung sein, welche dem Fahrer die aktuell erlaubte Geschwindigkeit anzeigt.

Die Assistenzsysteme der Kategorie B greifen automatisierend in die Fahrzeugführung ein. Ihnen werden einzelne Fahrhandlungen übertragen, wie beispielsweise die Spurhalteassistentz, welche durch aktive Lenkbewegungen das Fahrzeug in der Fahrspur hält. Es handelt sich dabei jedoch um „Komfortfunktionen“ (Winner et al., 2015, S. 29) welche stets übersteuerbar sind.

Abschließend gibt es die Systeme der Kategorie C. Dies sind Systeme, die im Notfall, wenn der Fahrer faktisch nicht agieren kann, aktiv in die Fahrzeugführung eingreifen

und sich nicht übersteuern lassen. Dazu zählen beispielsweise Notbremssysteme oder Nothaltesysteme.

Schwierig ist jedoch an dieser Systematisierung, dass einige Systeme nur schwer erfasst werden können. So ist das Antiblockiersystem (kurz ABS) nicht als Notfallsystem im engeren Sinne zu sehen, da es auch in nicht direkt unfallrelevanten Momenten eingreift. Es ist aber auch keine reine Komfortfunktion, da es sich nicht im herkömmlichen Sinne übersteuern lässt. Dennoch soll die Systematisierung wie gegeben beibehalten werden, da sich die Systeme je nach Situation dennoch zunächst ordnen lassen und eine Vielzahl an Systemen eine eindeutige Zuordnung erlaubt.

## 2.2 Stufen automatisierten Fahrens

Durch den Einsatz von immer mehr Fahrerassistenzsystemen in den neu produzierten Fahrzeugen sind diese zunehmend in der Lage, große Teile des Fahrgeschehens auszuführen oder zu beeinflussen. Dem entsprechend ist es angebracht, bei der Betrachtung von autonomem Fahren eine Klassifizierung zu suchen, welche die Fahrzeuge entsprechend der Verbauten Systeme dahingehend einordnet, wie viele und welche Aspekte des Fahrens das Fahrzeug eigenständig ausführen kann. Es soll dazu das Stufenmodell der SAE International (früher Society of Automotive Engineers) genutzt werden. Die SAE hat dazu die Norm SAE J3016 (SAE International, 2014) veröffentlicht, welche die Begriffe der Automatisierungsstufen genau definiert. Die Stufen sind durchnummeriert und tragen jeweils einen englischen Titel, zu welchem auch ein deutsches Äquivalent angegeben werden soll. Die erste, bzw. nach Nummerierung der Norm nullte, Stufe ist „No Automation“, also keine Automation. Damit liegt die eigentliche Fahrhandlung beim Fahrer. Unterstützende, heute alltägliche, Systeme, wie das Antiblockiersystem (ABS) oder die Fahrdynamikregelung (ESC, Electronic Stability Control) dürfen dabei dennoch vorhanden sein.

„Driver Assistance“, also Fahrerassistenzsysteme, ist der Name der ersten Stufe des automatisierten Fahrens. Dabei helfen die Systeme bei einzelnen Aufgaben der Fahrzeugführung. Die zweite Stufe, „Partial Automation“ oder auch Teilautomatisierung, wird erreicht, wenn einzelne Assistenzsysteme verschiedene Aufgaben gleichzeitig ausführen, und so bereits komplexere Fahrvorgänge durch das Auto übernommen werden können. Dennoch ist bei dieser Stufe stets der Fahrer derjenige, der die Umgebung beobachtet und im Bedarfsfall eingreift.

Bei Stufe drei, die den Titel „Conditional Automation“ oder „bedingte Automatisierung“ trägt, fährt das Fahrzeug bereits unter vorher definierten Umständen eigenständig. Der

Fahrer darf sich in dieser Zeit von der Fahrzeugumgebung abwenden. Das System erfordert jedoch die Bereitschaft des Fahrers, auf Anforderung des Fahrzeugs die Kontrolle wieder zu übernehmen.

Die vierte und fünfte Stufe der SAE-Klassifizierung erfordern keine Reaktionsfähigkeit eines Fahrers. Bei der Hochautomatisierung („High Automation“) der Stufe 4 ist das Fahrzeug in der Lage, notfalls aus der automatisierten Steuerung heraus einen sicheren Betriebszustand zu erreichen. Die „Full Automation“, also die Vollautomatisierung, ist dem gegenüber in der Lage, jede Verkehrssituation, welche ein menschlicher Fahrer bewältigen kann, ebenfalls zu lösen. Folglich ist kein Fahrer mehr notwendig. (Wikipedia, 2020c)

Die letztgenannte Stufe soll im Weiteren als autonomes Fahren bezeichnet werden. Da die Stufen nicht immer klar abzugrenzen sind, hat der Allgemeine Deutsche Automobil-Club e.V (ADAC) einen Vorschlag unterbreitet, die Unterscheidung auf die drei Stufen „Unterstütztes Fahren“, „Automatisiertes Fahren“ und „Autonomes Fahren“ (ADAC e.V., 2018) zu reduzieren. Allerdings wird hierbei unter autonomem Fahren auch verstanden, dass der autonome Modus auf einzelne Streckenabschnitte begrenzt sein könne. Da damit nicht klar wäre, ob ein autonomes Fahrzeug nur selbstständig auf der Autobahn fährt, oder auch bis zur Haustür eines Passagiers navigieren kann, soll auf die SAE-Norm zur Begriffsbestimmung zurückgegriffen werden.

### 2.3 Verantwortung und Schuld

Die Begriffe Verantwortung und Schuld sollen erst deutlich später aufgegriffen, aber dennoch bereits definiert werden. Im Kontext der vorliegenden Arbeit, welche sich vor allem am deutschen Wertesystem sowie den in Deutschland gängigen Normen orientiert, spielen der Verantwortungs- ebenso wie der Schuldbegriff eine wichtige Rolle.

Unter Verantwortung soll im Folgenden die „Verpflichtung, für etwas Geschehenes einzustehen“ (DWDS, 2017) verstanden werden. Der Einzelne ist nach dieser Begriffsbildung also für die Folgen seiner Handlungen zuständig und mit diesen direkt verbunden. Es gibt also zu jeder Tat denjenigen, der sie vollzogen hat und somit die Verantwortung trägt.

Schuld wiederum geht mit dieser Verantwortung einher und ist ein wesentlicher Bestandteil des Strafgesetzbuches. So heißt es in § 29 „Jeder Beteiligte wird ... nach seiner Schuld bestraft.“ (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2020, S. 27)

Dabei wird Schuld als Konsequenz solchen Handelns verstanden, dass es denen durch das Strafgesetzbuch vorgegebenen Richtlinien des korrekten Zusammenlebens widerspricht. Schuld folgt somit nach voriger Begriffsbestimmung direkt daraus, Verantwortung zu tragen. Folglich basiert unser Strafgesetz also darauf, dass das Individuum für seine Taten Verantwortung zugewiesen bekommt und im Straffall entsprechend dieser Verantwortung als schuldig erklärt werden kann bei entsprechender Beweis- und Gesetzeslage. Auf diesen Aufbau des deutschen Strafgesetzes wird im Kapitel „Rechtliche Grundlagen“ zurückgegriffen.

### 3 Historische Entwicklung

Bevor näher auf das autonome Fahren und seine Bedeutung eingegangen wird, soll ein kurzer historischer Überblick gegeben werden, inwiefern ein „digitaler Wandel“ in der Entwicklung des Automobils bereits eine Rolle gespielt hat. Dabei lohnt es sich vor allem, einen kurzen Blick auf die Konstruktionsweise der Automobile zu werfen. Betrachtet man die ersten dampfbetriebenen Wagen, so bestand deren voller Funktionsumfang aus „analogen“ Komponenten, also Bestandteilen, die ohne jede Digitalität funktionierten. Mit zunehmender Digitalisierung änderte sich dies rapide. Der Fahrtrichtungsanzeiger (Blinker), welcher zunächst aus einem Wink-Element mit Bowdenzügen und später aus einer Bimetall-Konstruktion bestand, wurde schließlich durch eine Lampe mit entsprechend vorgeschaltetem Mikrocontroller ersetzt (Wikipedia, 2020b). Ein ähnliches Prinzip der Entwicklung lässt sich auch bei vielen anderen Komponenten entdecken. Es ist also klar, dass ein digitaler Wandel schon seit langer Zeit in der Automobilindustrie zu finden ist. Fraglich ist nun jedoch, inwiefern dieser digitale Wandel die Art der Fahrzeugnutzung verändert. Das Ersetzen eines Bimetall-Blinkers durch einen Mikrocontroller verändert lediglich die Funktionsweise. Für die Fahrzeugführung macht dies jedoch keinen Unterschied. Relevant für die nachfolgende Arbeit sollen also nur noch jene Aspekte des digitalen Wandels sein, die in Form von Fahrerassistenzsystemen direkten Einfluss auf das Fahrgeschehen nehmen. Ein Blick in die Geschichte zeigt, dass das Bestreben, fahrerlose Fahrzeuge zu bauen, bis weit ins letzte Jahrhundert zurück reicht. So gibt es Aufzeichnungen, die für 1921 und 1925 von den ersten ferngesteuerten Automobilen berichten (Lenz et al., 2015, S. 44). Natürlich ist eine Fernsteuerung dennoch nicht das, was an dieser Stelle unter autonomem Fahren verstanden werden soll.

1978 wurde der Öffentlichkeit das Antiblockiersystem (ABS) vorgestellt (Lenz et al., 2015, S. 59). Nach der Entwicklung der Mikrocontroller war dies das erste, direkt in das Fahrgeschehen eingreifende, Assistenzsystem und damit der erste tatsächliche Schritt im digitalen Wandel hin zum autonomen Fahrzeug. Ein Fahrzeug mit ABS wird dabei jedoch nach heutiger Klassifikation immer noch als Fahrzeug der Stufe 0 erfasst. Ein weiteres bekanntes Beispiel für ein durch den digitalen Wandel beeinflusstes Fahrerassistenzsystem ist die Geschwindigkeitsregelanlage (ugs. Tempomat). Bereits Mitte des 20. Jahrhunderts wurden die ersten dieser Anlagen, damals noch mit pneumatischer Funktionsregelung, in Automobilen verbaut (Wikipedia, 2019a). Heutzutage wird auch hierfür eine komplexe Mikrocontrollerelektronik genutzt, welche in

den Fahrprozess eingreift. Außerdem sind moderne Tempomaten in der Lage, beispielsweise durch eine automatische Abstandskontrolle, mehr zu leisten, als nur eine konstante Geschwindigkeit zu halten. An diesen kurzen Beispielen wird also deutlich, dass ein digitaler Wandel in der Automobilindustrie definitiv vorliegt und auch in der Entwicklung des autonomen Fahrens eine wichtige Rolle durch die Hervorbringung der verschiedenen Fahrerassistenzsysteme spielt.

## 4 Aktueller technischer Stand

### 4.1 Verfügbare technische Ausstattung

Die heutige Entwicklung ist weit fortgeschritten auf dem Weg zum autonomen Fahren. Die Betrachtung, wie weit genau der Stand der Technik dabei ist, wird allerdings durch verschiedene Faktoren erschwert. So arbeiten die verschiedenen Anbieter von Automobilen ebenso wie verschiedene andere Firmen häufig allein oder nur in kleineren Kooperationen an autonomen Autos. Damit muss zunächst definiert werden, was unter dem „heutigen Stand der Technik“ zu verstehen ist. Gemeint sein soll dabei die als am fortschrittlichsten betrachtete, aktuell existierende technische Umsetzung eines autonomen Autos. Gibt es also ein Unternehmen, welches in seiner Entwicklung deutlich weiter ist, als die anderen Unternehmen, so soll dennoch dessen Ergebnis als der aktuelle Entwicklungsstand angenommen werden.

Darüber hinaus sollte dennoch, um ein umfassendes Bild über aktuelle Entwicklungen zu bekommen, betrachtet werden, wie weit unterschiedliche Hersteller sind. Eine spannende Dimension könnte zudem die Diskrepanz zwischen tatsächlichem Entwicklungsstand und für den internationalen Markt zugänglicher Technik sein.

Zunächst soll betrachtet werden, welche Fahrerassistenzsysteme mittlerweile weit auf dem gesamten Markt verbreitet sind, und welche Stufe autonomen Fahrens damit erreicht wird. Dazu sollen die Daten des DAT Report 2018 (Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 2018) genutzt werden. Dort wird prozentual für verschiedene Ausstattungselemente von Fahrzeugen zusammengetragen, wie viele PKW-Halter dieses Element an ihren PKWs besitzen, und in wie vielen Neuwagen, die 2017 verkauft wurden, das entsprechende Element verbaut war. Die für das autonome Fahren relevanten und interessanten Daten sollen hier noch einmal genannt werden.

So fällt im Bereich Sicherheit zunächst der Notbremsassistent auf. Dieser war in ca. einem Drittel aller Neuwagen verbaut, während er nur in 8% der Bestandswagen verbaut war. Auch der Spurhalteassistent (24%) und der Totwinkel-/Spurwechselassistent (13%) sind mit steigenden Prozentzahlen vertreten. Die Verkehrszeichen-erkennung ist mit 16% ebenfalls bereits Teil von mindestens jedem siebten Neuwagen (Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 2018, S. 11).

Im Bereich Komfort fällt darüber hinaus der Tempomat deutlich ins Auge. Mit einer Verbreitung von 59% unter den PKW-Haltern ist er bereits in über der Hälfte aller PKW vorhanden, dennoch ist diese Quote mit 71% bei den Neuwagen von 2017 noch einmal

höher. Außerdem setzt sich hier zunehmend der Abstandsregeltempomat mit 18% Verbreitung durch. Damit ist jeder vierte Neuwagen, der einen Tempomat besitzt, mit dem abstandsregelnden Modell versehen (Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 2018, S. 11).

Auch die Start-Stopp-Automatik ist mit 59% unter den Neuwagen weit verbreitet. Hingegen wurden 2017 nur ca. 21% der Neuwagen mit Automatikgetriebe ausgeliefert, während der Anteil bei den Haltern bei 29% liegt. Hier ist also ein Rückgang zu erkennen, der zunächst nur schwer zu erklären ist (Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 2018, S. 11).

Besonders interessant ist auch die Verbreitung der Einparkhilfe (Abstandssensoren), welche bei den Neuwagen bei 68% liegt. 24% der Neuwagen verfügen sogar über einen Einparkassistenten (Lenkhilfe) (Deutsche Automobil Treuhand GmbH, 2018, S. 11).

Ergänzt man diese Daten noch um den Wert der Neuwagen, die 2016 bereits mit einem Stauassistenten ausgestattet waren, „der Gas gibt, bremst und lenkt“ (Redaktion Fuhrpark, 2018), welcher bei 9% der Neuwagen lag, erhält man ein sehr interessantes Bild. Mit einem solchen Stauassistenten befindet sich ein Fahrzeug nach Definition bereits auf Stufe 3 des automatisierten Fahrens. Es kann unter bestimmten Umständen eigenständig fahren.

Aber auch mit einem Abstandsregeltempomaten sind bereits 18% der 2017 neu zugelassenen Wagen auf Stufe 2 dieser Skala einzuordnen. Beinahe jeder fünfte in Deutschland 2017 zugelassene Wagen erreicht also diese Stufe allein über den Tempomaten.

Mit den 71% der Neuwagen mit Tempomat erreichen fast drei aus vier Neuzulassungen 2017 schon mindestens Stufe 1. Damit kann die erste Stufe als eine Stufe angesehen werden, die bei den Neuzulassungen inzwischen zur Normalität zählen kann.

Außerdem muss beachtet werden, dass die Daten aus 2017 bereits drei Jahre alt sind und davon auszugehen ist, wenn man die vorige Entwicklung betrachtet, dass diese Zahlen in den vergangenen Jahren weiter gestiegen sind und auch steigen werden. Ein Fahren auf Stufe 2, also mit Teilautomatisierung, verbreitet sich folglich auch immer weiter in der Bevölkerung.

Neben diesen Merkmalen, die bereits für einen größeren Bevölkerungsanteil zur Verfügung stehen, gibt es jedoch auch einige hochpreisige Automobile, die bereits

deutlich mehr können. So ermöglicht es der Tesla-Autopilot theoretisch bereits, von zuhause bis zu einem vorgegebenen Ziel völlig autonom zu fahren. Diverse gefilmte Testfahrten im Internet zeigen, dass diese Technik grundlegend funktioniert. Sollte das Auto dabei auf eine unvorhergesehene und nicht zu bewältigende Situation stoßen, ist es in der Lage, abzubremesen und sicher zu parken. Damit wäre also mindestens automatisiertes Fahren der Stufe 4 notwendig. Auf Grund rechtlicher Einschränkungen, die später noch ausführlicher ausgeführt werden sollen, verlangt der Autopilot aktuell jedoch ständige Aufmerksamkeit des Fahrers. (Tesla Germany GmbH, 2020) So reicht es zwar, das Lenkrad „festzuhalten“ und die Fahraufgaben dem Fahrzeug zu überlassen, nach Definition ist dies jedoch wieder nur Fahren auf Stufe 2.

## 4.2 Stand der Forschung und Entwicklung

Dem, was in der Bevölkerung an Fahrzeugen vorhanden ist, steht jedoch der Entwicklungsstand derjenigen Unternehmen gegenüber, die am autonomen Fahren forschen. So gibt es viele Unternehmen, die auf bestimmten freigegebenen Strecken weltweit bereits herausragende Ergebnisse erzielen. Besonders federführend hierbei ist das Unternehmen Waymo. Die Firma, die aus dem „Google self-driving car project“ hervorgegangen ist (Waymo LLC, 2020), hat über mehrere Jahre verschiedene Taxiunternehmen in unterschiedlichen US-Staaten aufgebaut. Dabei waren alle Taxiunternehmen mit den von Waymo entwickelten selbstfahrenden Autos ausgestattet. Zunächst war jedoch bei jeder Fahrt stets ein „Sicherheitsfahrer“ mit an Bord, der das Auto jederzeit hätte übernehmen können. Seit Ende 2019 ist Waymo in Phoenix (Arizona) sogar soweit, dass keine Sicherheitsfahrer mehr die Fahrt begleiten (Chu, 2019). Möglich ist das innerhalb der Stadt auf Grund einer gesonderten Genehmigung. Damit ist in den USA das weltweit erste autonome Taxiunternehmen gegründet. Dabei zeigt Waymo im Besonderen die Alltagstauglichkeit seiner Fahrzeuge. Dem häufig geäußerten Vorwurf, autonome Fahrzeuge würden stets nur unter guten Wetterbedingungen getestet, kann Waymo nun seine Taxiflotte entgegenstellen, die bei allen Wetterbedingungen fährt. Dabei zeigt das Unternehmen eine neue Möglichkeit auf. Durch die Ausstattung mit Radar haben die Waymo-Fahrzeuge eine deutlich bessere Orientierung bei schlechten Sichtverhältnissen, als herkömmliche Fahrzeuge mit menschlichen Fahrern, welche auf ihre Augen und damit auf gute Sicht zur Orientierung angewiesen sind (Hersman, 2019). Unfallberichte sind seit dem Einsatz der fahrerlosen Fahrzeuge in Phoenix keine zu finden, die fahrerlose Taxis einschließen.

Auch Teslas Autopilot hat auf diverse Teststrecken bereits große Distanzen autonom zurückgelegt. Insgesamt sind weltweit mittlerweile sogar wahrscheinlich über 2 Milliarden Kilometer durch Nutzer mit dem Tesla-Autopiloten zurückgelegt worden (1.9 Milliarden Kilometer 2018, (Wong, 2018)). Auch weisen die aktuelle Tesla-Modelle die Funktion „Summon“, einen intelligenten Park-Algorithmus, auf. Dieser soll in der Lage sein, das Auto selbstständig in einer Garage oder Parklücke zu parken, und auf Anforderung des Nutzers per Smartphone auch wieder aus der Parklücke zu diesem zurück zu finden (Tesla Germany GmbH, 2016). Nachdem es mit der Funktion zunächst Probleme gab, ist sie allerdings aktuell nur für privates Gelände freigegeben. Dennoch sind damit die beiden Unternehmen Waymo und Tesla nach aktuellem Stand führend auf dem Gebiet des autonomen Fahrens. Aber auch Daimler (mit Mercedes Benz) und Bosch haben in Kooperation im Dezember letzten Jahres in den USA einen ersten Mitfahrerservice zum Test autonomer Fahrtechnologien eröffnet. Wie zu Beginn bei Waymo werden hier aber vorerst alle Fahrten weiterhin durch einen Sicherheitsfahrer begleitet (Daimler AG, 2019).

Es gibt viele weitere Projekte von unterschiedlichen Unternehmen. Einen neuen Ansatz verfolgen dabei unter anderem die Unternehmen Tencent und BMW in China. Die Firmen wollen ein Computerzentrum bauen, welches eine InternetOfThings-ähnliche Nutzung von Autos ermöglichen soll. Die Autos sollen also zusätzlich zu den üblichen Sensoren eine digitale Anbindung an ihre gesamte Umwelt erhalten, um so noch besser und sicherer navigieren zu können (Reuters, 2019).

Ein ähnliches Potenzial bietet auch Toyotas Projekt, in Japan eine Modell-Metropole zu errichten. Auch in dieser ist der Einsatz autonomer Fahrzeuge sowie die Unterbringung modernster technischer Standards geplant (Toyota Deutschland GmbH, 2020).

## 5 Rechtliche Situation

Alle beschriebenen Fortschritte in der Entwicklung autonomer Fahrzeuge werden in Deutschland ebenso wie in vielen anderen Staaten weltweit noch durch rechtliche Probleme ausgebremst. So gibt es zwar inzwischen mehrere Teststrecken in ganz Deutschland, auf denen die Erprobung und Entwicklung autonomer Fahrzeuge vorangetrieben wird (Norddeutscher Rundfunk, 2020), aber der Einsatz durch Privatpersonen wird in vielerlei Hinsicht beschränkt. Zum einen stellt die Zulassung autonomer Fahrzeuge ein rechtliches Problem dar, zum anderen ist die „Schuldfrage“ zu klären. Beide Probleme sollen im Folgenden genauer beleuchtet werden.

### 5.1 Gesetzeslage zu autonomen Fahrzeugen in Deutschland

Zunächst soll eine internationale Regelung, das Wiener „Übereinkommen über den Straßenverkehr“ (Wikipedia, 2019b) betrachtet werden. Es handelt sich dabei um eine Konvention, welche getroffen wurde, um den Straßenverkehr weltweit durch einheitliche Regeln sicher zu gestalten. Die Umsetzung des Übereinkommens obliegt dabei den einzelnen Staaten durch die nationale Gesetzgebung. Dieses Dokument schrieb vor, dass es stets einen Fahrzeugführer geben müsse, welcher die volle Gewalt über alle Aufgaben des Fahrens habe (Nötzel, 2015, S. 113).

Damit sind auch die von uns als selbstverständlich anzunehmenden Assistenzsysteme in einer rechtlichen Grauzone gelagert gewesen. Das Übereinkommen wurde jedoch nachgebessert. In Deutschland ist die aktualisierte Fassung seit dem 23. März 2016 gültig (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 2016). Darin werden unter anderem Fahrerassistenzsysteme erlaubt, sofern sie „vom Führer übersteuert oder abgeschaltet werden können.“ (Bundesanzeiger Verlag, 2016) Damit ist ein grundlegender Schritt realisiert, um eine weitere Entwicklung zu ermöglichen. Vollautonomes Fahren der Stufe 5 kann nach dieser Gesetzgebung jedoch niemals realisiert werden, da das fahrerlose Fahren damit klar ausgeschlossen wird.

### 5.2 Typgenehmigungsrecht

Interessant ist darüber hinaus die Betrachtung des Zulassungsrechtes für Fahrzeuge in Deutschland. Das Straßenverkehrsgesetz verordnet dazu in § 1a Abs. 1 „Der Betrieb eines Kraftfahrzeugs mittels hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion ist zulässig, wenn die Funktion bestimmungsgemäß verwendet wird.“ (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2019, S. 2) Darüber hinaus ist es zulässig, sich während der Fahrt im hoch- oder vollautomatisierten Modus vom Verkehrsgeschehen

abzuwenden (§ 1b Abs. 1), solange die Fahrzeugsteuerung in entsprechenden Situationen unverzüglich wieder durch den Fahrer übernommen werden kann (§ 1b Abs. 2) (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2019, S. 2). Dabei wird in § 1a Abs. 4 festgelegt, dass Fahrzeugführer auch derjenige sei, „der eine hoch- oder vollautomatisierte Fahrfunktion im Sinne des Absatzes 2 aktiviert und zur Fahrzeugsteuerung verwendet...“. Somit ist in jedem Fall ein Fahrzeugführer auszumachen, was für die Betrachtung der „Schuldfrage“ interessant sein wird.

Die Typgenehmigung in Deutschland richtet sich laut der Fahrzeug-Zulassungsverordnung § 2 Absatz 4 nach der „Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates“ (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2011, S. 4). In dieser Richtlinie wiederum wird zur Erteilung einer Genehmigung festgelegt, dass entweder nach Artikel 9 die Rechtsakte des Anhangs IV einzuhalten sind (Europäische Union, 2007, S. 16) oder wenn dies nicht der Fall ist, eine vorläufige Genehmigung durch den jeweiligen Staat nach besonderer Prüfung und im Einzelfall erteilt werden kann (Europäische Union, 2007, S. 24). Interessant für das autonome Fahren sind nun also die Rechtsakte des Anhangs IV, denn für die Serienproduktion und die Anerkennung im internationalen Raum ist eine reguläre Typgenehmigung notwendig. In Anhang IV Teil II wird für Lenkanlagen abschließend auf die ECE-Regelung 79 verwiesen (Europäische Union, 2007, S. 132). In dieser Regelung, in der diese Betrachtung ihr Ende finden wird, heißt es nun aber in Absatz 1, dass diese Regelung nicht zur Zulassung für „autonome Lenkungen nach Absatz 2.3.3“ (Europäische Union, 2008, S. 27) genutzt werden kann. Unter einer autonomen Lenkung versteht der genannte Absatz dabei ein Steuersystem, das der Lenkung dient und bei welchem „der Fahrzeugführer ... nicht unbedingt die Hauptverantwortung für das Führen des Fahrzeugs“ (Europäische Union, 2008, S. 28) hat.

Der zurückliegende, zugegebenermaßen etwas verwirrende und sehr theoretische, Weg durch die verschiedenen Rechtswerke zur Typgenehmigung in Deutschland produziert damit ein wichtiges Ergebnis. Hat man die abschließende ECE-Regelung jedoch gefunden, wird klar, nach internationalem Genehmigungsrecht kann, nach der Umsetzung, wie sie im deutschen Recht getroffen ist, aktuell keine Typgenehmigung für eine autonome Lenkung erteilt werden, die für eine Serienproduktion autonomer Fahrzeuge ausreichen würde. Es ist nach geltendem Recht lediglich möglich, einzelne Ausnahmegenehmigungen zu erstellen. Damit ist die Typgenehmigung weit hinter dem Stand der Technik zurück. Dies ist der Grund, weshalb beispielsweise der

Autopilot von Tesla den Fahrer dazu auffordert, die Hand am Lenkrad zu halten. Die Hauptverantwortung für die Führung des Fahrzeugs muss, damit das Fahrzeug genehmigt werden kann, beim Fahrer liegen. Damit ist also auch in dem zuvor betrachteten Straßenverkehrsgesetz bereits ein Grundstein für die Nutzung einer Technologie gelegt, welche so nicht genehmigungsfähig ist.

Aus rechtlicher Sicht bleibt also zunächst festzuhalten, dass prinzipiell die Nutzung von Fahrzeugen der Stufe 3 und 4 laut Straßenverkehrsgesetz möglich wäre. Stufe 5, das vollautonome Fahren, ist hier nach derzeitigem Stand nicht vorgesehen oder möglich. Nach geltender Typgenehmigungsgrundlage ist jedoch nicht einmal ein Fahrzeug der Stufe 3 zulassungsfähig. Somit ist also ein Fahren auf einer Stufe der Automatisierung, die über Stufe 2 hinausreicht, ungeachtet jeder technischen Entwicklung allein rechtlich nicht möglich.

Zeitgleich zeigt sich in dem verwirrenden Netz aus Verordnungen und Richtlinien, dass in den letzten Abschnitten versucht wurde, etwas zu entwirren, wie viele Stellen es gibt, die die Nutzung automatisierten Fahrens in Deutschland regulieren und kontrollieren. Das allein sorgt dafür, dass jede Anpassung auf diesem Bereich durch den bürokratischen Aufwand sehr lang dauert. Darüber hinaus ist Deutschland nicht allein in der Lage, Veränderungen durchzusetzen, da beispielsweise die Typgenehmigung auf europaweite Richtlinien zurückgreift. Diese anzupassen ist noch einmal aufwändiger, weshalb hier ein klarer Verzug der rechtlichen Rahmenbedingungen im Vergleich zu den technisch bereits verfügbaren Möglichkeiten zu sehen ist.

### 5.3 Schuldfrage

Neben der Frage, inwiefern die Nutzung autonomer oder automatisierter Fahrzeuge erlaubt ist, gibt es einen weiteren rechtlichen Schwerpunkt, der für die Zukunft des automatisierten Fahrens eine große Rolle spielen wird. Dieser Schwerpunkt ist die „Schuldfrage“, die Frage danach, wer im Falle eines – hier Unfalls – die Schuld hat.

Es soll also bei der folgenden Betrachtung, entsprechend der Thematik des automatisierten Fahrens, nur um Unfälle im Straßenverkehr gehen. Nachdem die Begriffe der Verantwortung und der Schuld bereits in der Begriffsbestimmung in ihrer Bedeutung für den nachfolgenden Abschnitt geklärt wurden, sollen sie nun korrekt auf die Thematik angewendet werden.

Hierzu stellt sich im Folgenden die Frage, wer bei einem Verkehrsunfall, der durch ein automatisiertes Fahrzeug ausgelöst wurde, die Schuld trägt. Dabei sollen vor allem die Fälle als interessant betrachtet werden, in denen ein Fahrerassistenzsystem ohne

Mitwirken des Fahrers und in dessen Nichtbeachtung, also ab Stufe 3, den Unfall auslöst.

Wie bereits dargestellt basiert das deutsche Strafrecht darauf, dass es im Normalfall ein Individuum gibt, das eine Tat vollzieht, und dann als Schuldiger zur Rechenschaft gezogen wird. Das Straßenverkehrsgesetz sieht dazu zunächst in § 7 Absatz 1 vor:

*Wird ... ein Mensch getötet, der Körper oder die Gesundheit eines Menschen verletzt oder eine Sache beschädigt, so ist der Halter verpflichtet, dem Verletzten den daraus entstandenen Schaden zu ersetzen.*

(Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2019, S. 25)

Somit ist zunächst stets der Fahrzeughalter laut Gesetz als Schuldiger zu identifizieren. Darüber hinaus gibt es, entsprechend dem Konzept der Verantwortung, eine in § 18 festgelegte „Ersatzpflicht des Fahrzeugführers“ (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2019, S. 28). Diese legt fest, dass der Fahrzeugführer für die Aufbringung der genannten Entschädigung zuständig ist. Dies gilt jedoch nicht, wenn „der Schaden nicht durch ein Verschulden des Führers verursacht ist.“ (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2019, S. 28)

Nach dieser Gesetzeslage ist es schwierig, pauschal festzulegen, wer am Ende vor dem Gesetz als Schuldiger im Fall eines Unfalls identifiziert wird. Klar ist jedoch nach dieser Gesetzeslage, dass nach aktueller Rechtslage nur der Fahrzeugführer oder -halter zur Rechenschaft gezogen werden können. Darin liegt jedoch ein gewisser Widerspruch zur allgemeinen Rechtslage in Deutschland, die vorher betrachtet wurde. Es würde einem Fahrer eines Fahrzeuges nach Stufe 3 beispielsweise freistehen, sich vom Straßenverkehr auf der Autobahn abzuwenden. Sollte nun durch einen technischen Defekt ein Auffahrunfall im Stau verursacht werden, so würde § 18 wohl nicht zur Anwendung kommen, denn der Schaden wurde nicht durch ein Verschulden des Führers verursacht, dennoch müsste der Fahrzeughalter haften. Oder, je nach gerichtlicher Auslegung, wird der Fahrzeugführer als derjenige, der das Assistenzsystem aktiviert hat, als Schuldiger identifiziert. In jedem Falle steht aber fest, dass der Fahrzeugentwickler in keiner Weise zur Rechenschaft gezogen werden kann, obwohl er derjenige ist, der im Normalfall nach allgemeinem Verständnis für sein entwickeltes System einstehen müsste. Zweifellos kann man auf der anderen Seite nach geltender Rechtslage sagen, dass der Fahrer als derjenige, der die Gefährdung anderer durch Nutzung des entsprechenden Systems in Kauf nimmt, auch haftbar sein sollte. Dennoch muss debattiert werden, ob es der Entwicklung und Verbreitung des autonomen

Fahrens zuträglich sein kann oder wird, wenn allein der Fahrzeughalter oder Nutzer im Falle eines Unfalls in der Verantwortung steht.

## 6 Einstellung in der Bevölkerung

Es soll als abschließende Grundlage, um fundiert über Potenziale und Grenzen automatisierten und autonomen Fahrens diskutieren zu können, ein Überblick über Stimmungsbilder und Einstellungen verschiedener Bevölkerungsgruppen in Hinblick auf das autonome Fahren gegeben werden. So wertet beispielsweise die Bertelsmann Stiftung aus, dass mehr als zwei Drittel der deutschen Bevölkerung ab 14 Jahren dem komplett autonomen Fahren mit Misstrauen gegenübersteht (Bertelsmann Stiftung, 2017, S. 3). Dabei zeichnet sich der Trend ab, dass je älter die Befragten waren, desto häufiger angegeben wurde, dem Sachverhalt misstrauisch gegenüberzustehen. So liegt der Anteil der misstrauischen Personen von 14-29 Jahre lediglich bei 54%, während er bei der Altersgruppe ab 60 Jahren bei 80% liegt. Genau entgegengesetzt verhält es sich mit der Antwort, man würde dem autonomen Fahren mit Begeisterung entgegensehen. Über alle Altersklassen betrachtet findet sich diese Angabe bei lediglich 27% der Befragten. Allerdings erreicht die Altersgruppe von 14 bis 29 Jahren hier immerhin einen Wert von 39%. (Bertelsmann Stiftung, 2017, S. 4)

Als die drei wichtigsten Gründe für das Misstrauen werden aus der Umfrage die „Angst vor Unfällen, fehlerhafte Technik“, der „Verlust der eigenen Kontrolle über das Auto“ und die „Fremdkontrolle des Fahrzeugs durch Hackerangriffe“ (Bertelsmann Stiftung, 2017, S. 4) genannt.

Dennoch können sich mit 34% etwas mehr als ein Drittel der Befragten vorstellen, später selbst autonome Autos zu nutzen. Auf der anderen Seite geben aber auch hier 61% an, dass sie sich aktuell nicht vorstellen können, in Zukunft auf solch ein Fahrzeug zurück zu greifen (Bertelsmann Stiftung, 2017, S. 5).

Einen besonders interessanten Blick eröffnet auch die Studie „The Pulse Of Autonomous Driving“ der AUDI AG. Audi als international agierender Fahrzeughersteller hat natürlich ein eigenes Interesse an der Entwicklung autonomen Fahrens. Auf dieser Grundlage heißt es im Vorwort:

*Daher ist diese Studie mehr als eine willkommene Ergänzung unserer Kenntnisse über das Phänomen, sie ist ein notwendiger Schritt für jegliche politische und gesetzgeberische Entscheidung und für jede Forschungs- und Entwicklungsstrategie sowie Unternehmensstrategie, die proaktiv und fundiert zur Gestaltung einer besseren Welt beitragen will.*

(AUDI AG, 2019, S. 4)

Audi erhofft sich also vor allem auch eine Verbesserung der eigenen Unternehmensstrategie durch die Ergebnisse der Studie erzielen zu können. Damit sind die Studienergebnisse auch für die nachfolgende Arbeit äußerst interessant, da die Studie wichtige Einstellungen in Bezug auf die Einführung autonomer Fahrzeuge innerhalb der Bevölkerung zeigt. Dabei wurden Probanden aus neun verschiedenen Ländern verteilt über drei Kontinente befragt, was auch einen besonders interessanten internationalen Vergleich ermöglicht.

Zunächst ergibt sich aus den Ergebnissen der Studie länderübergreifend ein Bild, dass auch zur Auswertung der Bertelsmann Stiftung passt. So ist die Erwartungshaltung an das autonome Fahren bei den Befragten aller Nationen unter 24 Jahren am positivsten, je älter die Befragten werden, desto mehr schwächt sich dieses Ergebnis ab (AUDI AG, 2019, S. 12).

Das allgemeine Interesse am autonomen Fahren ist international sehr hoch. So geben insgesamt länderübergreifend nur 10% der Befragten an, noch nie etwas vom autonomen Fahren gehört zu haben. Dennoch zeigen sich deutliche regionale Unterschiede. So geben 98% aller Befragten aus China an, sich für autonomes Fahren zu interessieren, während es in Deutschland nur 77% sind (AUDI AG, 2019, S. 17).

Interessant ist auch die Tatsache, dass laut den Studienergebnisse die Befragten, „die heute schon neue Mobilitätsdienste wie Carsharing nutzen“ (AUDI AG, 2019, S. 19) mit 70% ein hohes Maß an Interesse gegenüber dem autonomen Fahren zeigen. Mit 79% ist auch ein außerordentlich hoher Anteil dieser Befragten optimistisch, wenn er an autonomes Fahren denkt (AUDI AG, 2019, S. 19).

Auch die zwei größten durch die Studie ermittelten Kritikpunkte am autonomen Fahren, der Kontrollverlust und technisch unvermeidbare Risiken (AUDI AG, 2019, S. 22), decken sich wieder mit den Ergebnissen der Bertelsmann-Stiftung.

Interessant ist auch die Auswertung der Studie hinsichtlich den Emotionen gegenüber dem autonomen Fahren getrennt nach Ländern. Dazu heißt es:

*Die Deutschen zeigen sich beim autonomen Fahren vergleichsweise zurückhaltend. Sie sind im Ländervergleich weder besonders euphorisch noch besonders kritisch. Vorteile sehen die Deutschen am ehesten beim Komfort, während ihnen der fehlende Rechtsrahmen, technisch unvermeidbare Restrisiken und ethische Fragen Bedenken bereiten. Im Gegensatz zu anderen Ländern sehen die Deutschen momentan nur wenige konkrete Maßnahmen, die ihr Vertrauen in autonomes Fahren stärken könnten.*

(AUDI AG, 2019, S. 29)

Es zeigt sich also über beide Studien hinweg, dass die Deutschen dem autonomen Fahren derzeit mit einer hohen Skepsis begegnen. Diejenigen, die die Weiterentwicklung mit großer Spannung oder Euphorie erwarten, sind eher in der Unterzahl. Außerdem zeigt sich, dass viele Deutsche an den bekannten Arten der Fortbewegung festhalten. Ein größeres Maß an Offenheit für Neuerungen zeigt sich schon heute vor allem bei jüngeren Menschen und bei jenen, die schon jetzt auf alternative Verkehrskonzepte setzen.

## 7 Potenziale

Nachdem mit dem technischen Stand, den rechtlichen Rahmenbedingungen und der Einstellung der deutschen Bevölkerung zum autonomen Fahren alle Grundlagen untersucht wurden, soll nun zur besseren Urteilsbildung auf Potenziale, und mit dem nächsten Kapitel ebenso auf Grenzen, des automatisierten und autonomen Fahrens eingegangen werden. Aus allen fünf behandelten Gebieten soll dann abschließend eine These zur weiteren Entwicklung des digitalen Wandels in der Automobilbranche aufgestellt werden.

Wie Statista zeigt, gibt es seit 2008 bis heute jedes Jahr einen Zuwachs an gemeldeten PKW, Jahr für Jahr (Statista, 2020). Demnach gibt es aktuell über 47 Millionen gemeldete PKW in Deutschland. Damit entfällt auf ca. jeden zweiten Einwohner ein eigenes Auto. Dabei nutzen zwar 58% der Deutschen ihr Auto täglich, aber reichlich 20% fahren auch maximal einmal die Woche mit dem PKW (Bertelsmann Stiftung, 2017, S. 2). Folglich steht ein großer Teil der privaten Fahrzeuge ungenutzt herum. Und auch bei jenen, die zwar jeden Tag, aber auch dann immer nur einige Minuten auf Arbeit, mit dem Auto zurücklegen, bleibt der PKW große Teile des Tages ungenutzt. Damit ergibt sich ein allgemeiner Vorteil autonomer Fahrzeuge. Sie würden es dadurch, dass sie selbstständig zu demjenigen fahren könnten, der gerade eines benötigt, ermöglichen, die Auslastung der verfügbaren PKW deutlich zu reduzieren. Natürlich wäre dafür ein neues Verkehrskonzept notwendig, man müsste einen Schritt weg vom Auto als Privateigentum machen. Aber hier würde ein enormes Potenzial bestehen. Man könnte somit Parkplatzprobleme lösen und Produktionen verringern, was wiederum der Umwelt helfen würde.

Aber auch wenn man in weniger großen Maßstäben denkt, drängen sich eine Vielzahl von Vorteilen auf. Beginnen wir zunächst beim teil- und hochautomatisierten Fahren. Hier wäre bereits gegeben, dass man Teile der Fahrzeit nutzen kann, um anderen Aktivitäten nachzugehen. So würde ein Auto, das mindestens SAE-Stufe 3 genügt, bereits beispielsweise das Lesen der Zeitung im Auto ermöglichen. Somit könnte Zeit genutzt werden, die sonst für das Fahren verwendet wird, womit dann an anderer Stelle mehr Freizeit entsteht. Ebenso wäre es möglich, kleinere Aufgaben für die Arbeit noch im Auto zu ermöglichen. Ab Stufe 4 wäre darüber hinaus denkbar, auch lebensnotwendigen Schlaf beispielsweise unter anderem auf das Auto zu verlegen.

Glaubt man im Internet verfügbaren Quellen, so verbringt jeder Deutsche 2 Jahre und 6 Monate seines Lebens im Auto. (Gruner & Jahr, 2014) Damit stellt sich ein enormes

zeitliches Potenzial dar, welches durch die Nutzung autonomer Fahrzeuge ausgeschöpft werden könnte. Gleiches zeigt sich in der Aussage, dass man bei regelmäßiger Durchfahrt durch Berlin „2018 durchschnittlich 154 Stunden im Stau oder dichten Verkehr verbracht“ (Deutsche Presse-Agentur GmbH, 2019) habe. Auch hier würde ein entsprechend hochentwickeltes Fahrerassistenzsystem dafür sorgen, die Pendlerzeit anderweitig zu nutzen und somit beinahe 6,5 volle Tage innerhalb eines Jahres, die man aktuell nur im Stau stand, zu sparen.

Natürlich gibt es auch Menschengruppen, die von autonomen Fahrzeugen möglicherweise besonders profitieren würden. Darunter zählen beispielsweise alle, die aktuell nicht Auto fahren können oder dürfen. So würden alle, die aktuell keinen Führerschein besitzen, aber auch blinde Menschen oder Menschen mit anderen Einschränkungen, die es ihnen unmöglich machen, Auto zu fahren, besonders profitieren. Auch ältere Menschen könnten, wenn sie sich irgendwann nicht mehr in der Lage fühlen, Auto zu fahren, dennoch aber auf ein Auto angewiesen sind, in besonderer Weise profitieren.

Geht man davon aus, dass weltweit heutzutage circa 95% aller Unfälle durch Menschen verursacht werden (National Highway Traffic Safety Administration and U.S. Department of Transportation, 2019), so bleibt außerdem anzunehmen, dass sich durch ein hinreichend gutes, und somit sicheres, autonomes Fahrsystem ein großer Teil aller Verkehrsunfälle verhindern lässt. Natürlich wäre dafür eine ausreichend große Durchdringung des allgemeinen Verkehrs mit autonomen Fahrzeugen nötig.

Neben dem bereits angesprochenen Carsharing wäre auch eine einfachere Umsetzung von Lieferdiensten jedweder Art denkbar. Ebenso kann der, in dieser Arbeit weitgehend vernachlässigte, Güterverkehr in hohem Maße von autonomen Fahrzeugen profitieren. So könnten Konzepte wie das Platooning, Kolonnen sehr dicht hintereinanderfahrender LKW (Verband der Automobilindustrie, 2020), mit autonomen Fahrzeugen noch besser umgesetzt werden. Denn aktuell ist noch immer für jeden LKW ein Fahrer notwendig, da die LKW beispielsweise bis zur Autobahn und von ihr weg kommen müssen. In einem Platooning-Zug können zwar alle Fahrer außer dem vorne Fahrenden theoretisch einer anderen Beschäftigung nachgehen, aber fahrerlos können die LKWs nicht fahren. Autonome Fahrzeuge bieten also sehr breit gestreute Vorteile und Potenziale.

## 8 Grenzen

Zeitgleich zu dem breiten Spektrum an Vorteilen müssen jedoch realistisch die Grenzen autonomen Fahrens eingeschätzt werden. Diese stehen in engem Zusammenhang mit den bereits erarbeiteten Kapiteln der Akzeptanz in der Bevölkerung und dem rechtlichen Rahmen.

Zunächst sei dabei noch einmal auf den rechtlichen Rahmen eingegangen. Allein um Autos der Stufen drei und vier zuzulassen, müsste zunächst das EU-Recht geändert werden. Und auch in diesem Fall wäre maximal das hochautomatisierte Fahren möglich. Darüber hinaus kommt das Problem der Forderung hinzu, dass autonome Autos gewissen ethischen Regeln zu folgen hätten. Da diese Diskussion allein genug Stoff für viele Kapitel bietet und keinesfalls in wenigen Absätzen behandelt werden kann, wurde sie hier ausgespart – hier sei an den geneigten Leser appelliert, sich weiter zu informieren. Es ist daher zunächst davon auszugehen, dass ein rechtlicher Rahmen für autonomes Fahren einige weitere Jahre der Entwicklung brauchen wird, wenn man bedenkt, dass zwischen der Anpassung des deutschen Rechtes für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge und der noch nicht erfolgten Anpassung der Typzulassung mittlerweile auch bereits mehrere Jahre liegen.

Auf der anderen Seite wurde die hohe Skepsis der Deutschen gegenüber dem autonomen Fahren bereits ausführlich dargelegt. So kann sich ein Großteil der Deutschen derzeit eben nicht vorstellen, autonome Fahrzeuge zu nutzen. Selbst wenn also ein entsprechender rechtlicher Rahmen existieren würde, ist davon auszugehen, dass sich auch hochautomatisierte Autos nur langsam durchsetzen würden.

Hinzu kommt, dass jedes Jahr nur ein geringer Teil der Autofahrer das Auto wechselt. Geht man von einer durchschnittlichen Haltedauer von 9,5 Jahren (Statista, 2019) (hier das durchschnittliche Alter aller in Deutschland zugelassenen PKW) aus, so würde es etwa 10 Jahre dauern, bis jeder Deutsche sich ein neues Auto zugelegt und somit theoretisch die Chance auf die neue Technik bekommen hat. Hinzu kommt, dass natürlich nur ein gewisser Teil der Anschaffungen tatsächlich Neuwagen sind. Eine Durchdringung mit hochautomatisierten oder autonomen PKW würde also voraussichtlich auch nach deren Freigabe und Produktion noch einige Jahre dauern.

Damit sind allein durch Recht und Akzeptanz bereits viele Hürden aufgezeigt, die auf dem Weg zum autonomen Fahren noch zu meistern sind. Sieht man jedoch das hohe Interesse gerade in den jüngeren Bevölkerungsschichten, so scheint es nicht nur im

Bereich des Möglichen, sondern durchaus wahrscheinlich, dass diese Hürden mit fortschreitender Zeit zu überwinden sind.

Autonome Fahrzeuge weisen darüber hinaus aber natürlich weitere Grenzen auf. So muss auch ihr gesellschaftlicher Einfluss diskutiert werden. Mit der Einführung autonomer Fahrzeuge würden gerade Tätigkeitsfelder wie die des Berufskraftfahrers wegfallen oder stark verändert würden. Geht man von circa einer halben Million Beschäftigter in dieser Branche aus (Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2019), so ist dies ein gesellschaftlicher Anteil, der nicht vernachlässigt werden kann oder darf. Auch hier ist also ein gesellschaftlicher Anpassungsprozess aufgezeigt, der in geeigneter und noch zu ermittelnder Weise begleitet werden müsste.

Fraglich ist schließlich auch, wo die Grenzen der Technik liegen. Schaut man sich die allgemeine digitale Entwicklung an, so könnte man annehmen, dass die Grenzen hier kaum existieren. Allein in den letzten hundert Jahren wurde mehrfach die Vorstellungskraft der Menschen durch die Einführung bahnbrechender Technologien wie dem Telefon und später dem Smartphone stark gefordert. Jedes Mal ging auch eine Weiterentwicklung der Gesellschaft mit der neuen Technologie einher. Dennoch ist beispielsweise durch den Vorsatz, ein Fahrzeug müsse in der Lage sein, unseren ethischen Richtlinien zu folgen, eine Aufgabe gestellt, die in dieser Art und Weise noch nie technisch gelöst wurde. Auch die derzeit in den USA fahrenden Fahrzeuge von Waymo arbeiten nach dem Prinzip der Schadensminimierung, aber nicht nach ethischen Grundsätzen. Es kann also durchaus angenommen werden, dass hier bis zur Entwicklung einer geeigneten Technologie vorerst eine Grenze zu sehen ist.

## 9 Fazit

In den vergangenen Kapiteln wurden viele Themenbereiche beleuchtet, die für die weitere Entwicklung des automatisierten und autonomen Fahrens von Bedeutung sind. Abschließend soll nun zurückgekommen werden zur Frage nach der „Gesellschaft im digitalen Wandel“. Klar ist nach allen angestellten Betrachtungen, dass der Verkehr mit dem Automobil, welcher einen wesentlichen Bestandteil des gesamten Verkehrskonzeptes unserer Gesellschaft darstellt, sich in einem digitalen Wandel befindet. Das Automobil und die darin verbauten Komponenten wie die Fahrerassistenzsysteme entwickeln sich unter dem Aspekt der Digitalisierung immer weiter und verändern damit auch das Autofahren als Prozess. Immer mehr Fahraufgaben kann das Auto dabei selbstständig bewältigen. Dennoch ist es bis zum tatsächlich autonomen Fahren in Europa und speziell Deutschland noch ein weiter Weg. Projekte wie das von Waymo in Phoenix betriebene Taxiunternehmen zeigen, dass das autonome Fahren möglich ist. Dennoch ist unklar, ob der aktuell weit verbreitete Ansatz mit optischen Sensoren zu arbeiten nicht möglicherweise abgelöst wird durch eine Lösung, die eher auf einem Internet of Things-Ansatz basiert, das Fahrzeug also mit seiner Umgebung vernetzt. Auf diesem Gebiet wird man die weitere Arbeit von Tencent und BMW in China sicher mit Spannung verfolgen können, wo in diverse neu entstehenden Megacities neue Konzepte sehr viel besser zu erproben und integrieren sind, als in bestehenden Städten wie bei uns in Deutschland.

Gerade basierend auf den Abschnitten zu Potenzialen und Grenzen des autonomen Fahrens möchte ich zu der abschließenden These kommen:

*Das autonome Fahren wird sich in Deutschland und weltweit durchsetzen. Dieser Prozess wird allerdings noch einige Jahre bis Jahrzehnte in Anspruch nehmen.*

Dieser Prozess wird dabei sicher mit einem größeren gesellschaftlichen Wandel einhergehen. Es wird sich das Carsharing stärker durchsetzen und ganze Berufsfelder werden sich dabei verändern. Zeitgleich verspricht uns das autonome Fahren jedoch mehr Freizeit, flüssigeren Verkehr, umweltvorteile allein durch weniger Produktion und eine Lösung für das in vielen Städten vorhandene Parkplatzproblem. Außerdem kann man sich durch neue Möglichkeiten der Verkehrskonzeptgestaltung eine deutlich bessere Nachhaltigkeit versprechen. So können Fahrzeuge zeitlich besser ausgelastet werden und der Verkehr könnte durch einheitliche Geschwindigkeiten und stärkere Vernetzung der Fahrzeuge flüssiger gestaltet werden.

Sobald ein Umdenken in der Gesellschaft einsetzt, was sich allein durch diverse Meinungsbilder zu verschiedensten Themen wie Umwelt, Nachhaltigkeit aber auch autonomen Fahren abzeichnet, und der rechtliche Rahmen gegeben ist, werden die autonomen Fahrzeuge stückweise Einzug auf unseren Straßen halten.

## 10 Literaturverzeichnis

- ADAC e.V. (2018). *Autonomes Fahren: Die 5 Stufen zum selbstfahrenden Auto* | ADAC. Zuletzt geprüft am 23. März 2020, verfügbar unter <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/grundlagen/autonomes-fahren-5-stufen/>
- AUDI AG (Hg.). (2019). *The Pulse Of Autonomous Driving: Eine internationale Nutzertypologie und eine emotionale Landkarte zum autonomen Fahren*. Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter <https://www.audi-mediacenter.com/de/publikationen/weitere/the-pulse-of-autonomous-driving-langversion-842>
- Bertelsmann Stiftung. (2017). *Factsheet Automatisiertes Fahren - Aktuelle Einstellungen in Deutschland - 2017*. Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Factsheet\\_LK\\_Automatisiertes-Fahren\\_Aktuelle-Einstellungen-in-Deutschland\\_2017.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Factsheet_LK_Automatisiertes-Fahren_Aktuelle-Einstellungen-in-Deutschland_2017.pdf)
- Bibliographisches Institut GmbH. (2020a). *Duden | Assistenzsystem | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft*. Zuletzt geprüft am 23. März 2020, verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Assistenzsystem>
- Bibliographisches Institut GmbH. (2020b). *Duden | Fahrerassistenzsystem | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft*. Zuletzt geprüft am 23. März 2020, verfügbar unter <https://www.duden.de/rechtschreibung/Fahrerassistenzsystem>
- Bundesanzeiger Verlag. (2016). *Bundesgesetzblatt*. Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl216s1306.pdf%27%5D#\\_\\_bgbl\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl216s1306.pdf%27%5D\\_\\_1585233610411](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl216s1306.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl216s1306.pdf%27%5D__1585233610411)
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. (2011). *Verordnung über die Zulassung von Fahrzeugen zum Straßenverkehr (Fahrzeug-Zulassungsverordnung - FZV)*. Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter [https://www.gesetze-im-internet.de/fzv\\_2011/FZV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/fzv_2011/FZV.pdf)
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. (2019). *Straßenverkehrsgesetz (StVG)*. Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/stvg/StVG.pdf>

- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2020). Strafgesetzbuch (StGB). <https://www.gesetze-im-internet.de/stgb/StGB.pdf>
- Chu, D. (2019). *Waypoint - The official Waymo blog: Waymo One: A year of firsts*. Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter <https://blog.waymo.com/2019/12/waymo-one-year-of-firsts.html>
- Daimler AG. (2019). *Daimler und Bosch: Start des San José Pilotprojektes für automatisierten Mitfahrerservice | Daimler*. Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter <https://www.daimler.com/innovation/case/autonomous/pilotstadt-san-jose.html>
- Deutsche Automobil Treuhand GmbH. (2018). *DAT Report 2018*. Zuletzt geprüft am 24. März 2020, verfügbar unter [dat.de/report](http://dat.de/report)
- Deutsche Presse-Agentur GmbH. (2019). *Stau: Autofahrer verlieren sehr viel Zeit, zeigt eine Studie*. Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter <https://www.wiwo.de/politik/deutschland/154-stunden-pro-jahr-autofahrer-verlieren-sehr-viel-zeit-im-stau/23975904.html>
- DWDS. (2017). *DWDS – Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache: Verantwortung*. Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter <https://www.dwds.de/wb/Verantwortung>
- Europäische Union. (2007). *Richtlinie 2007/46/EG des europäischen parlaments und des Rates: zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge*. Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2007L0046:20110224:DE:PDF>
- Europäische Union. (2008). *Rechtsakte von Organen, die durch internationale Übereinkünfte geschaffen wurden: Regelung Nr. 79 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) - Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich der Lenkanlage*. Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:42008X0527\(01\)&from=DE](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:42008X0527(01)&from=DE)
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (24. April 2019). *Das Führerhaus ist nur schwer zu besetzen. Frankfurter Allgemeine Zeitung*. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/in-deutschland- fehlen-50-000-berufskraftfahrer-16152614.html>

- Gruner & Jahr. (2014). *Womit verbringen wir unser Leben? / Mehr als 24 Jahre schläft der Deutsche, zwölf Jahre sitzt er vor dem.* Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter <https://www.presseportal.de/pm/24835/2631810>
- Hersman, D. (2019). *Waypoint - The official Waymo blog: Safety at Waymo | Waymo and the Weather.* Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter <https://blog.waymo.com/2019/08/waymo-and-weather.html>
- Lenz, B., Winner, H., Gerdes, J. C. & Maurer, M. (2015). *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte.* Springer. <http://www.doabooks.org/doab?func=fulltext&rid=18942>
- National Highway Traffic Safety Administration and U.S. Department of Transportation. (2019). *Crash Stats: Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey.* Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>
- Norddeutscher Rundfunk. (2020). *Fragen und Antworten zum autonomen Fahren.* Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter [https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/braunschweig\\_harz\\_goettingen/Fragen-und-Antworten-zum-autonomen-Fahren,autonomesfahren160.html](https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/braunschweig_harz_goettingen/Fragen-und-Antworten-zum-autonomen-Fahren,autonomesfahren160.html)
- Nötzel, B. (2015). *Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen - Industriepolitische Schlussfolgerungen.* Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/H/hochautomatisiertes-fahren-auf-autobahnen.pdf%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile%26v%3D1](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/H/hochautomatisiertes-fahren-auf-autobahnen.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D1)
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. (2016). *Rechtssicherheit für automatisiertes Fahren.* Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/rechtssicherheit-fuer-automatisiertes-fahren-349048>
- Redaktion Fuhrpark. (2018). *Verbreitung von Assistenzsystemen wächst rasant.* Zuletzt geprüft am 24. März 2020, verfügbar unter <https://www.fuhrpark.de/verbreitung-von-assistenzsystemen-waechst-rasant>
- Reuters. (2019). *BMW, Tencent to open computing center in China for self-driving cars.* Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter <https://www.reuters.com/article/us-china-autos-bmw-tencent/bmw-tencent-to-open-computing-center-in-china-for-self-driving-cars-idUSKCN1UE060>

- SAE International. (2014). *J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems - SAE International*. Zuletzt geprüft am 23. März 2020, verfügbar unter [https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_201401/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_201401/)
- Statista. (2019). *Fahrzeugalter von Pkw in Deutschland bis 2019*. Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154506/umfrage/durchschnittliches-alter-von-pkw-in-deutschland/>
- Statista. (2020). *Anzahl der Autos in Deutschland bis 2020*. Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12131/umfrage/pkw-bestand-in-deutschland/>
- Tesla Germany GmbH. (2016). *Summon Your Tesla from Your Phone*. Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter [https://www.tesla.com/de\\_DE/blog/summon-your-tesla-your-phone](https://www.tesla.com/de_DE/blog/summon-your-tesla-your-phone)
- Tesla Germany GmbH. (2020). *Autopilot*. Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter [https://www.tesla.com/de\\_DE/autopilot](https://www.tesla.com/de_DE/autopilot)
- Toyota Deutschland GmbH. (2020). *Toyota baut eine Stadt der Zukunft | Toyota DE*. Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter [https://www.toyota.de/news/woven\\_city](https://www.toyota.de/news/woven_city)
- Verband der Automobilindustrie. (2020). *Automatisiertes Fahren: Platooning*. Zuletzt geprüft am 27. März 2020, verfügbar unter <https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/platooning.html>
- Waymo LLC. (2020). *Home – Waymo*. Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter <https://waymo.com/>
- Wikipedia (Hg.). (2019a). *Geschwindigkeitsregelanlage*. Zuletzt geprüft am 24. März 2020, verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geschwindigkeitsregelanlage&oldid=195256572>
- Wikipedia (Hg.). (2019b). *Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr*. Zuletzt geprüft am 26. März 2020, verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wiener\\_%C3%9Cbereinkommen\\_%C3%BCber\\_den\\_Stra%C3%9Fenverkehr&oldid=195181557](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Wiener_%C3%9Cbereinkommen_%C3%BCber_den_Stra%C3%9Fenverkehr&oldid=195181557)
- Wikipedia (Hg.). (2020a). *Automobil*. Zuletzt geprüft am 23. März 2020, verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Automobil&oldid=198020124>

- Wikipedia (Hg.). (2020b). *Fahrtrichtungsanzeiger*. Zuletzt geprüft am 24. März 2020, verfügbar unter <https://files.vogel.de/vogelonline/vogelonline/issues/kfz/sonst/2018/8803.pdf>
- Wikipedia (Hg.). (2020c). *SAE J3016*. Zuletzt geprüft am 23. März 2020, verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=SAE\\_J3016&oldid=197262111](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=SAE_J3016&oldid=197262111)
- Winner, H., Hakuli, S., Lotz, F. & Singer, C. (Hg.). (2015). *ATZ/MTZ-Fachbuch. Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (3. Aufl.). Springer Vieweg.
- Wong, J. (21. Juli 2018). *Tesla's Autopilot has driven 1.9b kilometres - report*. Zuletzt geprüft am 25. März 2020, verfügbar unter <https://www.caradvice.com.au/668814/teslas-autopilot-driven-1-9b-kilometres/>