

# Bachelorarbeit

## Autonomes Fahren - Entwicklungen und Perspektiven

Momir Pecanac

Datum: 11.09.2017

### Kurzfassung

Die Arbeit befasst sich mit dem Thema "autonomes Fahren", unter verschiedenen Aspekten. Zunächst wird die Bedeutung des Begriffes definiert, was dazu führt, den Ursprung und die Gründe für die Entwicklungen und Ideen des vollautomatisierten Fahrens zu durchleuchten. Übergegangen wird auf den gegenwärtigen Stand der Technik und die Sicherheit, hauptsächlich im Bereich der Personenkraftfahrzeuge. Jedoch wird das Thema zum Teil sowohl im Segment der öffentlichen Verkehrsmittel als auch im Güterverkehr angeschnitten. Ein wesentlicher Faktor stellen die gesellschaftlichen Aspekte und Gesetze dar, die ebenso aufgezählt werden.

### 1 Einleitung

Das Wort "Automobil", welches sowohl früher als auch in der heutigen Zeit für die Bezeichnung von Fahrzeugen genutzt wird, stammt vom griechischen *autòs* ("selbst, persönlich, eigen") und vom lateinischen *mobilis* ("beweglich") [1] ab. Also soll mit dem Begriff das Selbstbewegliche verdeutlicht werden. Bemerkenswert dabei ist, dass die Bezeichnung "Automobil" für die Fahrzeuge, die wir seit jeher kennen und nutzen, nicht ganz zutreffend ist. Strenggenommen liebäugelt das Wort mit dem Fahrzeug der Zukunft und dem dazugehörenden autonomen Fahren. Sowohl national als auch international beschäftigt man sich intensiv mit der Realisierung des vollautomatisierten Fahrens. Obwohl bereits jahrelang in diesem Bereich geforscht wird und das Thema "autonomes Fahren" starke Präsenz in den Medien erfährt, hat sich bisher kein einheitlicher Überbegriff manifestiert. Es wurde bisher lediglich eine Klassifizierung unterschiedlicher Assistenz- und Automatisierungsgrade in Europa und den USA vorgenommen, die die Kommunikation zwischen Fachleuten und Juristen erleichtern soll. Hierzu wird im nächsten Abschnitt näher darauf eingegangen. Neben den technischen Aspekten spielen auch gesellschaftsrechtliche Fragen eine große Rolle. Bereits der Begriff "Autonomie" lässt erahnen, dass ethische Gesichtspunkte hier mit der neuen Technik Hand in Hand gehen. Nach Immanuel Kant ist die Autonomie die "Selbstbestimmung im Rahmen eines (Sitten)-Gesetzes" [2].

## 2 Autonomes Fahren PKW

Der Begriff "autonomes Fahren" ist zum jetzigen Standpunkt ein vielfältiger Begriff, der noch unterschiedlich interpretiert wird und in den Medien oft genutzt wird. Daher ist es unabdingbar, sich zunächst mit der dehnbaren Bezeichnung zu befassen, um einen gemeinsamen Nenner zu finden. Anhand von Beispielen soll der Begriff "autonomes Fahren" mehr und mehr verdeutlicht werden.

### 2.1 Definition und Erläuterung

Nach der Bundesanstalt für Straßenwesen in Deutschland (BASt 2012) gilt folgende Definition: "das Fahrzeug fährt selbst ohne menschliche Überwachung. Bei Degradation der Leistungsfähigkeit überführt sich das Fahrzeug selbstständig in den risikominimalen Systemzustand" [3]. Oder mit anderen Worten ausgedrückt, soll das Fahrzeug im Stande sein zielgerichtet und selbstständig ohne Einfluss des Menschen im realen Verkehr zu fahren, steuern und zu parken. Da die Technik des selbstfahrenden Autos auf die bisher entwickelten Assistenzsysteme aufbaut, die ebenso von so manchen als autonom bezeichnet werden, kann das für Verwirrung sorgen. Daher wurde neben der Definition des Begriffs ebenso eine Klassifizierung des autonomen Fahrens in Europa und den USA vorgenommen. Somit können klare Aussagen getätigt und Missverständnisse beim Informationsaustausch verhindert werden.

### 2.2 Klassifizierung

Im Verband der Automobilingenieure (SAE International) mit Sitz in den Vereinigten Staaten und seinen weltweiten Niederlassungen sind die unterschiedlichen Stufen des Automatisierungsgrades von Fahrzeugen klar definiert. Die Nomenklatur soll für Klarheit innerhalb der Vielfalt verschiedener Assistenzsysteme sorgen. Bisherige Assistenzsysteme werden immer weiterentwickelt bis hin zum vollautomatisierten, fahrenden Fahrzeug. Mit Hilfe der Automatisierungseinstufung sollen ebenso rechtliche Bewertungen besser ableitbar sein.

**Tab. 1:** Grade der Automatisierung und ihre Definition (BASt) [4], [5]

Nomenklatur	Fahraufgaben des Fahrers nach Automatisierungsgrad
Vollautomatisiert	<p>Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig in einem definierten Anwendungsfall</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Fahrer muss das System nicht überwachen</li> <li>• Vor dem Verlassen des Anwendungsfalles fordert das System den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahraufgabe auf</li> <li>• Erfolgt dies nicht, wird in den risikominimalen Systemzustand zurückgeführt</li> <li>• Systemgrenzen werden alle vom System erkannt, das System ist in allen Situationen in der Lage, in den risikominimalen Systemzustand zurückzuführen</li> </ul>
Hochautomatisiert	<p>Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Situationen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Fahrer muss das System dabei nicht überwachen</li> <li>• Bei Bedarf wird der Fahrer zur Übernahme der Fahraufgabe mit ausreichender Zeitreserve aufgefordert</li> <li>• Systemgrenzen werden alle vom System erkannt. Das Sys-</li> </ul>

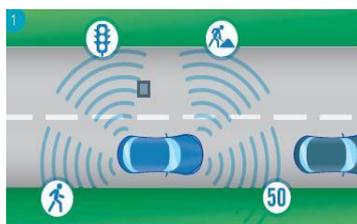
	tem ist nicht in der Lage, aus jeder Ausgangssituation den risikominimalen Zustand herbeizuführen
Teilautomatisiert	Das System übernimmt Quer- und Längsführung (für einen gewissen Zeitraum und/oder in spezifischen Situationen) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Fahrer muss das System größtenteils beaufsichtigen</li> <li>• Der Fahrer muss allzeit bereit sein die Führung des Fahrzeuges zu übernehmen</li> </ul>
Assistiert	Der Fahrer bedient auf Dauer entweder die Quer- oder Längsführung. Das Gegenteilige wird im gewissen Rahmen vom System ausgeführt <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahrer muss System beaufsichtigen</li> <li>• Fahrer muss allzeit bereit sein zur kompletten Übernahme der Fahrzeugkontrolle</li> </ul>
Driver only	Fahrer hat die volle Kontrolle über das Fahrzeug und beeinflusst über die gesamte Fahrt hinweg das Lenken sowie Abbremsen und Beschleunigen

Zusätzlich wird im Kategorisierungssystem der SAE International eine sechste Stufe eingeführt. Der Automatisierungsgrad autonomes (fahrerloses) Fahren benötigt keinen Fahrer, im Fahrzeug befinden sich nur Passagiere [5].

### 2.3 Use Cases als wichtiger Bestandteil des Aktionsplanes "automatisiertes Fahren"

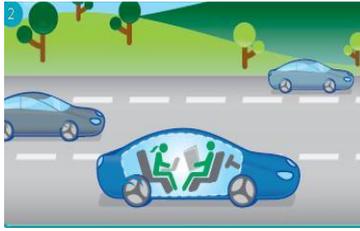
Sogenannte Use Cases und Anwendungsbeispiele spielen eine zentrale Rolle bei der Entwicklung des automatisierten Fahrens. Im Rahmen des Aktionsplanes des bmvit wurden sieben Use Cases eingeführt und definiert, um Situationen im automatisierten Fahrmodus in Hinblick auf Verkehrssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Effizienz bewerten zu können [6]. Die erwähnten Use Cases werden hier bildlich dargestellt und mittels Erläuterungen verdeutlicht.

Use Case 1: "Sicherheit durch Rundumblick". Das mit Fahrerassistenzsystemen wie Sensorik, Warn- und Informationsfunktionen ausgestattete Fahrzeug soll für eine Erhöhung der Verkehrssicherheit auf unmittelbaren Straßen, Autobahnen und Schnellstraßen sorgen. Mittels stationären Informationsquellen seitens der Infrastruktur kann die Effizienz deutlich erhöht werden



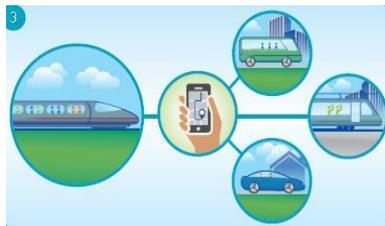
**Abb. 1:** Use Case 1 "Sicherheit durch Rundumblick" [6]

Use Case 2: "gewinne Zeit". Das vollautomatisierte Fahren soll einen höheren Fahrkomfort ermöglichen. Für den Fahrer bzw. Fahrgast im Fahrzeug rücken produktive Tätigkeiten, Entertainment oder Ruhephasen mehr in den Fokus. Statt selbst zu fahren kann man die so gewonnene Zeit sinnvoller nutzen.



**Abb. 2:** Use Case 2 "gewinne Zeit" [6]

Use Case 3: "neue Flexibilität". Hier eröffnen sich völlig neue Türen im Bereich der Vielfältigkeit. Genaue Fahrtzeiten, nach Wunsch variabel auswählbar. Mittels optimierten Routen sollen pünktliche Umstiege an intermodalen ÖV-Knoten garantiert sein. Die Vernetzung verschiedener Verkehrsmittel erzeugt neue Konzepte im Bereich der Informations- und Buchungsdienste.



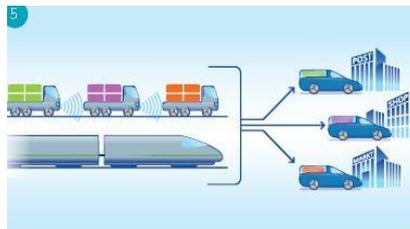
**Abb. 3:** Use Case 3 "neue Flexibilität" [6]

Use Case 4: "mobil sein, mobil bleiben". Die Automatisierung der Personenbeförderung erweitert die Möglichkeiten für mobilitätseingeschränkte Personen. Personen im hohen Alter oder mit Behinderung werden Wege geboten, die sie an der gesellschaftlichen Mobilität teilnehmen lassen.



**Abb. 4:** Use Case 4 "mobil sein, mobil bleiben" [6]

Use Case 5: "Gut versorgt". Die Automatisierung und Vernetzung des Verkehrs mit samt seinem ständigen Informationsaustausch untereinander, kann zu einer besseren Versorgung und erhöhten Lebensqualität führen. Ziel ist es die Logistik zu optimieren und herkömmliche Transportwege zu entlasten.



**Abb. 5:** Use Case 5 "Gut versorgt" [6]

Use Case 6: "Mobilität macht Platz". Die vollautomatisierten Transportsysteme können dazu führen, dass öffentlicher Raum wie beispielsweise Parkplatzflächen überflüssig wird und diese als öffentlicher Treffpunkt der Gesellschaft umgestaltet werden kann.

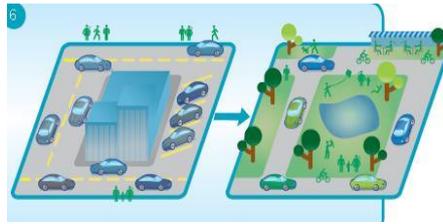


Abb. 6: Use Case 6 "Mobilität macht Platz" [6]

Use Case 7: "spezielle Helfer". Hier werden durch die Automatisierung auch andere Formen in Betracht gezogen, die nicht im Zusammenhang mit der allgemeinen Mobilität in der Gesellschaft stehen. Davon betroffen sind Geräte bzw. Maschinen in der Agrarwirtschaft sowie im Bereich von Flughäfen und Schiffslogistik.



Abb. 7: Use Case 7 "spezielle Helfer" [6]

Es können die drei wichtigsten Fälle hervorgehoben werden, nämlich Use Case 1,3, und 5. Diese stellen den Grundpfeiler für die weitere Entwicklung dar [7]. Mit Hilfe ihrer verknüpften Anwendungsbeispiele sind sie für rechtliche Aspekte, sowie den Aufbau zukünftiger Tests in der Forschung wegweisend. Es ist dabei unabdingbar hieraus klare Strukturen in sämtlichen Bereichen und Entwicklungen aufzubauen, um Österreich als wichtigen Wirtschaftsstandort im Bereich des autonomen Fahrens abzusichern. Seit 2016 hat sich das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie dazu verpflichtet das Vorantreiben der zukünftigen Mobilität zu fördern. Ein Aktionsplan, der zum Inhalt trägt, dass bis zum Jahre 2018 Testfahrten ermöglicht werden sollen, indem passende Testumgebungen mitsamt klarer Regeln für die Tests geschaffen werden. Hierzu sollen mit Vorstudien und Aufbau ca. 11 Mio. € zur Verfügung gestellt werden, woraus dann zwei bis drei Testumgebungen für die nächsten drei Jahre entstehen sollen [7].

## 2.4 Stand der Technik (personenbefördernder Fahrzeuge)

In der heutigen Zeit haben Fahrassistenzsysteme im Automobilbereich einen sehr hohen Stellenwert erlangt. Mit dem Beginn der ersten Visionen des automatisierten Fahrens wurden Hilfsysteme auf ein höheres Niveau katapultiert, da sie die essentielle Basis für die Mobilität der zukünftigen Fahrzeuge darstellen. Global gesehen erforschen und entwickeln sämtliche Autohersteller auf Hochtouren den technischen Fortschritt. Somit kann meine Bachelorarbeit nicht den gesamt Stand der Technik umfassen, da die Fortschritte sich im ständigen Wandlungs- und Erneuerungsprozess befinden. Nichtsdestotrotz sollen hier einige technische Innovationen aufgezählt und erläutert werden. In der heutigen Zeit haben Fahrassistenzsysteme eine unterstützende und entlastende Rolle für den Fahrer eingenommen. Dabei gehören Systeme zur Steigerung der Sicherheit, insbesondere der Vermeidung von Unfällen, und des Komforts zu den Grundprinzipien [8]. Innerhalb der Fahrassistenzsysteme kann zwischen aktiven, solchen die auch in die Fahrzeugdynamik eingreifen, und den passiven, diejenigen die den Fahrer lediglich warnen, differenziert werden [8]. Gleichzeitig ist eine zweite Einteilung nach einem breiteren Spektrum möglich, nämlich nach den Ebenen Stabilisierung, Bahnführung und Navigation. Als Beispiel kann das Antiblockiersystem (ABS) als Stabilisierungssystem aufgeführt werden. Wei-

tere Beispiele wären das Adaptive Cruise Control (ACC, Abstandregeltempomat) im Bereich der Bahnführung und die bereits langjährig bekannte GPS-Navigation [9]. Es kann noch einmal verdeutlicht werden, dass der Bewertungsfall Use Case 1 "Sicherheit durch Rundumblick" als einer der drei wichtigsten, mit den präsenten technischen Assistenzsystemen eng verknüpft ist. Durch die Rundumerfassung der Umgebung mit Hilfe bestimmter Sensoren und im ständigen Informationsaustausch mit den Assistenzsystemen, soll die Unfallvermeidung erzielt werden. Somit wird die Sicherheit und der Komfort für den Fahrer während der Fahrzeugbeförderung erhöht. Folgendes Bild soll die Vielfalt technische Systemlandschaft aufhellen.



Abb. 8: Sicherheits- und Komfortfunktionen basierend auf Rundumerfassung von Sensoren [10]

#### 2.4.1 Systembeeinflussung der Längsführung von Fahrzeugen

Zur Längsführung gehören technische Assistenzsysteme, die den Fahrer bei der Beschleunigung und dem Bremsvorgang des Fahrzeugs unterstützen. Aber auch während konstanten Geschwindigkeitsfahrten assistieren bestimmte Systeme dem Fahrzeugführer. Nicht mehr wegzudenke Assistenzhilfen stellen das ABS (Antiblockiersystem), ASR (Antriebsschlupfregelung) sowie die ESC (engl. Electronic Stability Control, Elektronische Stabilitätskontrolle), auch ESP genannt, dar. Diese drei greifen aktiv in das Geschehen des Fahrers in Gefährdungssituationen ein und stabilisieren das Fahrzeug. Eine Erweiterung dazu bildet der Bremsassistent (BAS). Der BAS baut den maximalen Bremsdruck schneller auf und sorgt für eine gleichmäßige Verzögerung. So können Auffahrunfälle wesentlich vermindert werden [10]. Weiterhin kann mit Hilfe von Sensoren, die die Umgebung des Fahrzeugs zu jeder Zeit beobachten und Informationen sammeln, der Grad der Aktivität des BAS reguliert werden. Indem die Sensoren erkennen, ob und wie weit sich ein Hindernis vor dem Fahrzeug befindet, setzt der BAS mit höherer oder geringerer Intensität ein [11]. Was hier ein wenig nach Zukunft klingt, gibt es bereits mit den sogenannten Frontalkollisionsschutzsystemen [12]. Diese vorausschauende Systeme nehmen das Umfeld des fahrenden Fahrzeuges wahr, deuten die Situation und erkennen somit gefährliche Situationen. Zunächst soll der Fahrer mit Warnsignalen darüber informiert werden. Bei fehlender Reaktion des Fahrers greift das System im nächsten Schritt selbsttätig in Notfallsituationen ein und unterstützt den Fahrer. Dabei gibt es innerhalb der verschiedenen Systeme eine Einteilung in Ultranahebereich, Nahbereich, Mittelbereich, Nachtsichtbereich, Fernbereich und Heckbereich. Je nach Aufgabenbereich werden beispielsweise Ultraschalltechniken oder Radartechniken verwendet. In Zahlen ausgedrückt befinden sich die Reichweiten zwischen <2,5 m bis zu 200 m Entfernung [13]. Für den Fernbereich sind ACC-Systeme (Adaptive Cruise Control) mit Long-Range-Radarsensoren (LRR) zuständig. Als Grundlage der weiterentwickelten adaptiven Fahrzeugschwindigkeitsregelung diente die konventionelle Geschwindigkeitsregelung, besser bekannt als das "Tempomat". Insbesondere hat das europäische Projekt PROMETHEUS (Programme for a

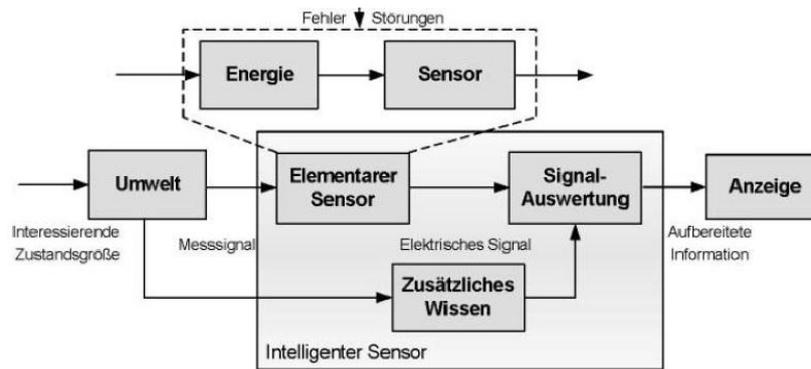
European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) einen wesentlichen Beitrag zur Umgebungssensorik geleistet [14]. Die entwickelten adaptiven Geschwindigkeitsregelungen sind den Assistenzsystemen des Komforts angehörig. Zum einen ist die Funktion des "Tempomats" weiterhin erhalten, welche dafür sorgt die Geschwindigkeit konstant zu halten. Als Erneuerung gelten die eingebauten Sensoren, die permanente Erfassung des Fahrzeugumfeldes voranbringen. Die gewonnenen Informationen werden weiterverarbeitet und führen je nach Situation eine Folgefunktion aus. Befindet sich ein vorausfahrendes Fahrzeug vor dem mit dem ACC-System ausgestatteten Fahrzeug, greift es bei zu geringem Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug auf das Bremssystem zurück und führt eine Verzögerung aus. Ebenso kann es wieder bei freier Fahrt oder erreichtem Sollabstand eine Beschleunigung des Fahrzeuges ausführen, um die gewünschte Sollgeschwindigkeit wieder zu erreichen [14]. Es ist anzumerken, dass insbesondere die adaptive Geschwindigkeitsregelung eine große Vielfalt an Funktionen aufweist, dessen Aufzählung und Beschreibung den Rahmen sprengen würde. Beispielsweise erlaubt es der momentane Stand der Technik, das ACC ebenso in Kurvenbereichen zu nutzen. Allein der bisherige technische Entwicklungsstand, den die Fahrzeugbranche erreicht hat, lässt die starke Tendenz zum vollautonomen Fahrzeug erahnen.

#### **2.4.2 Systembeeinflussung der Querführung von Fahrzeugen**

Das Lenken eines Fahrzeuges wird heutzutage ebenso technisch sowie elektronisch unterstützt. Das, auf den ersten Blick, einfach klingende aber doch erwähnenswerte Hilfssystem "Servolenkung" gibt es bereits seit einiger Zeit. Es unterstützt den Fahrer während dem Lenken des Fahrzeuges die dafür nötigen Kraftaufwendungen zu reduzieren. Diese unterstützte Lenkung bildete die Grundlage für weitere Entwicklungen und Erweiterungen im Segment der unterstützenden Querführung von Fahrzeugen. Die entwickelten Systeme führen dazu, dass ein Abkommen von der Spur aufgrund einer Unachtsamkeit des Fahrers vermieden werden soll. Also eine Technik, die die Sicherheit wesentlich erhöht. Man unterscheidet dabei zwischen passiven und aktiven Systemen. Droht ein ungewolltes Verlassen der Spur, detektiert das passive System dies und gibt lediglich akustische oder vibrierende Warnsignale an der Fahrer weiter. Das Ziel hierbei ist, eine rechtzeitige Reaktion des Fahrers zu ermöglichen. In der Fachsprache nennt sich die Technik Spurhaltewarnsystem oder auch LDW (engl. Lane Departure Warning). Wie man bereits erraten kann, besteht auch eine aktive Variante, das LKS (engl. Lane Keeping Support) bzw. LDP (engl. Lane Departure Prevention) [15]. Diese greifen nach Verlassen der Spur in das Lenkgeschehen ein und sorgen dafür, dass sich das Fahrzeug in der richtigen Lage des Fahrstreifens befindet. Sowohl das aktive als auch das passive Assistenzsystem benutzen als Ausgangslage bildverarbeitende Techniken. Mittels Kameras und Sensoren wird die Fahrbahnmarkierung erkannt und permanent erfasst. Steht ein Abkommen von der Fahrbahn bevor, reagiert das jeweilige System mit dem Ziel die Situation zu korrigieren und zu entschärfen. Jedoch darf hier kein falscher Eindruck entstehen, dass mit Hilfe dieser Systeme ein Fahrzeug bereits autonom fahren kann. Die aktuellen Spurhaltesysteme sollen den Fahrer unterstützen und nicht ersetzen. Das System befindet sich nur dann im aktiven Zustand, wenn der Fahrer die Hände am Lenkrad hat. Somit soll garantiert werden, dass die Kontrolle stets beim Fahrer bleibt. Auch wenn das System eingreift und eine Lenkung ausführt, muss garantiert werden, dass es vom Fahrer jederzeit übersteuert werden kann. Des Weiteren gibt es Einschränkungen bezüglich der Bereiche, wo das System nicht im Einsatz ist. Beispielsweise in innerörtlichen Bereichen [16].

#### **2.4.3 Informationserfassung und Vernetzung**

Die in den obigen Abschnitten kurz erwähnten Sensorsysteme sollen besser dargestellt werden.



**Abb. 9:** Allgemeine Funktionsweise von Sensoren [17]

Unentbehrlich sind Sensoren, die permanent die Umgebung des Fahrzeugs erfassen und Informationen weitergeben. Zum Einen gibt es bereits eingebaute Radarsysteme. Funkwellen werden ausgesendet, von Objekten reflektiert und wieder empfangen. So können diese geortet und Abstände gemessen werden. Mit Hilfe des Dopplereffekts werden Relativgeschwindigkeiten zweier fortbewegender Objekte ermittelt. Die Vielfalt der Frequenzbereiche ermöglicht es das Radarsystem für weite Entfernungen (Long Range Radar) sowie für kürzere Abstände (Short Range Radar) einzusetzen. Die Vorteile des Systems zeigen sich bei schlechten Wetterverhältnissen wie Nebel, Regen oder Schnee, da diese die Funktion des Radars nicht einschränken [18]. Zum Anderen wurden bisher Sensoren der LIDAR-Technologie (Light Detection and Ranging) entwickelt. Prinzipiell ist die Arbeitsweise sehr ähnlich zur Radarfunktion, nur dass hier elektromagnetische Wellen im Infrarotbereich genutzt werden. Hierbei ist eine höhere Auflösung in der Räumlichkeit gegeben, aber gleichzeitig eine Abstandsmessung in weiterer Entfernung stark eingeschränkt. Näher bewegliche Objekte können gut verfolgt werden. Bei schlechten Wetterverhältnissen ist die Sensorfähigkeit deutlich eingeschränkt [18]. Um das menschliche Auge zu ersetzen, wurde die Videotechnik im Automobilbereich entwickelt. Diese bildverarbeitende Technologie beinhaltet den höchsten Informationsinhalt. Die Bildquelle liefert in Form von Licht, beispielsweise eines beleuchteten Gegenstandes, Informationen an den Bildsensor (Imager). Dieses abgebildete Licht auf dem Sensor wird in elektrische Impulse umgewandelt und zur weiteren elektrischen Informationsverarbeitung genutzt. Gute Beispiele wären das Erkennen von Verkehrszeichen oder der Fahrbahnmarkierung. Diese gewonnenen Informationen werden letztendlich weitergeleitet an die jeweiligen Systeme, die zu einer Ausführung notwendiger Beschleunigung, Abbremsung usw. führen [18]. Da die unterschiedlichen Systeme ihre Vor- und Nachteile haben, ist eine Zusammenführung ihrerseits naheliegend. Damit die Vorteile überwiegen, werden mehrere Sensorkonzepte fusioniert. In Erweiterung dazu finden Entwicklungen im Bereich der Interkommunikation von Fahrzeugen untereinander und mit Infrastruktursystemen statt. Die Überbegriffe Car-to-Car-Communication, Car-to-Infrastructure-Communication, oder auch Car IT eröffnen ein völlig neues Kapitel. Ziel ist es mittels der Kommunikation noch mehr Daten bzw. Informationen über den Verkehrsfluss zu erhalten, um die Sicherheit für Mensch und Auto in der autonom fahrenden Welt zu erhöhen [19].

### 3 Autonomes Fahren im Güterverkehr und ÖPNV

#### 3.1 Güterverkehr und Logistik

Es lässt sich zeigen, dass in der Logistik seit längerem automatisierte Anwendungen genutzt werden. Seit 1960 werden Fahrerlose Transportsysteme (FTS) sowie Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) forciert. Auslöser dafür waren die Zunahme automatischer Abläufe in Lager und Produktion, mit dem Ziel den Güterfluss immer besser aufrechtzuerhalten [20]. Besonders im

Innenbereich von Logistikhallen sowie im Außenbereich, aber innerhalb des Betriebsgeländes, bestehen seit geraumer Zeit ausgereifte Techniken. Ebenso bestehen Bestrebungen weitere Automatisierungsentwicklungen im Flug- und Schiffsverkehr zu erzielen. Jedoch steht der Transport von Fördergut im Straßenverkehr im Zentrum. Für eine genaue Einordnung verschiedener Prozesse ist es nötig, einmal mehr die Freiheitsgrade der Autonomie aufzuzählen. Diese bestehen aus assistiertem Fahren (1), teilautomatisiertem Fahren (2), hochautomatisiertem Fahren (3) und vollautomatisiertem Fahren (4). Zum jetzigen Zeitpunkt bietet der Gütertransport fahrerlose Transportsysteme mit geringen Automatisierungsstufen. Eine weitere Stufe zwischen (3) und (4) hat ihren Lauf genommen. Ein hochautomatisiertes und fahrerloses Fahrzeug, das von einer Operationszentrale aus mit Hilfe eines Operators gesteuert wird. Somit sind heute Fahrzeuge mit gewissen Assistenzsystemen im Einsatz, die jedoch noch die Kontrolle des Menschen bedürfen. Für die zukünftige Weiterentwicklung werden Differenzierungen verschiedener Anwendungsfälle vorgenommen. Dazu gehören Valet-Parken (hochautomatisiertes Fahren ohne Fahrer und ohne freier Navigation), ein selbstständiges Einparken oder Andocken an Rampen, um mögliche Sachschäden zu verhindern. Der AutobahnpiLOT (hochautomatisiertes Fahren mit Fahrer und freier Navigation), ein Fahrroboter der die Steuerung in einfachen Situationen übernimmt, aber bei besonderen Zuständen (Baustellendurchfahrt) die Kontrolle an den Fahrer übergibt. Das Vehicle-on-Demand (vollautomatisierte Fahrt ohne Fahrer und mit freier Navigation), ein zukunftsorientierter Anwendungsfall, bei dem selbstständig fahrende Fahrzeuge bis zu 120 km/h fahren und unbekannte Situationen gleichfalls selbst meistern [20].

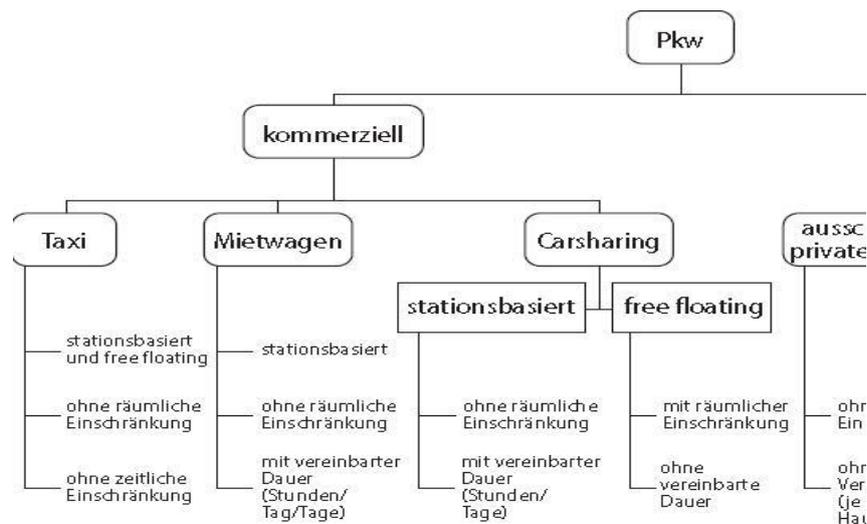
### 3.2 Öffentliche Verkehrsmittel

Auch im Bereich der öffentlichen Mobilität sind automatische Systeme bzw. Prozesse anzutreffen. Insbesondere im Schienenverkehr sind sämtliche Stufen, von rein menschlich beeinflusster Steuerung bis zur vollautomatischen Betriebsführung, der Automatisierungsgrade vorzufinden. So kann als Anwendungsbeispiel die Kaskadenregelung aufgeführt werden [21], die Zustände wie Position, Beschleunigung, Geschwindigkeit und Kraft des Fahrzeuges registriert und an einer nächsten Passierstelle Bewegungsvorgänge des Fahrzeuges induziert. Konkrete Fälle mit sämtlicher Anwendungstechnik stellt beispielsweise ein Projekt der Metro in Mailand dar. bei dem der automatische Betrieb mittels unterschiedlicher Regelungsverfahren untersucht wurden. Hinzu wurde dabei als Alternativoption ein Fuzzy-Regler entwickelt, der menschliches Verhalten in der Steuerung nachbilden sollte, und das auch gut erreicht hat. Zusätzlich wurden sogar kürzere Fahrzeiten erreicht [22]. Eine Weiterentwicklung fand mit der Magnetschwebbahn Transrapid statt. Zur bestehenden und ausgereiften Kaskadenregelung kam eine Kombination mit Zustandsregelungskonzept hinzu. Die optimale Ausnutzung der Fahrt selbst konnte verbessert werden, sowie bessere Übergangsverhalten zur sanfteren Abbremsung erzielt werden. Dieses Regelungskonzept hat sich ebenso bei den Nahverkehrsbahnen manifestiert [22]. Die automatisierten Regelungssysteme im Schienenverkehr weisen große Vorteile bei Testfahrten von Bahnen auf. So sorgten die Ausführung von Regelungssystemen und die Überwachung von Sicherheitssystemen für eine sichere Rekordfahrt beim Hochgeschwindigkeitszug Train a Grande Vitesse [22]. Einen weiteren Teil im Bereich der öffentlichen Nutzung von Fahrzeugen nimmt das "Vehicle-on-demand" ein. Hier zeichnet sich eine große Vielfalt an Möglichkeiten ab, die erläutert werden. Ab 2017 werden im Norden Londons, Milton Keynes, selbstfahrende Kabinenfahrzeuge auf die Straße gebracht, die somit das Angebot neben Bus und Bahn erweitern könnten. Die Idee ist dabei, dass die vernetzten Kabinenroller per Smartphone geordert werden. Vollkommen automatisiert werden bis zu maximal zwei Personen samt Gepäck von A nach B befördert. Das Ziel dabei ist ein sicheres und emissionsarmes Transportmittel zu entwickeln. Neben dem vollautomatischen Fahrsystem sind der Elektroantrieb und die Internetvernetzung der Fahrzeuge ein völlig neues Konzept im Nahverkehrsbereich.



**Abb.10:** selbstfahrende Kabinenfahrzeuge mit Elektroantrieb [23]

Besondere Fahrspuren neben den Gehsteigen sollen den Weg für die Kapseln ebnen und eine Höchstgeschwindigkeit bis zu 20 km/h ermöglichen [23]. Ähnliches erfolgt in Masdar City, ein Projekt einer unter anderem autofreien Stadt. Gleichfalls vollautomatisch fahrende Kabinenfahrzeuge, die an Haltestellen mittels Trenntüren gesichert sind, befördern die Fahrgäste mit bis zu 40 km/h über bodengleiche Leitschwellen [24]. Eine weitere große Sparte mit dem "Fahrzeug auf Abruf" sind die heutigen Carsharing Modelle bzw. Taxiunternehmen in technisch erweiterter Form. Die folgende Grafik zeigt potentielle Möglichkeiten die kommerzielle Nutzung von Personenkraftwagen in die Vollautomatisierung überzuführen.



**Abb. 11:** Automatisierungspotentiale in der kommerziellen Pkw-Nutzung [25]

Es zeichnet sich ein großer Trend ab, den Automatismus im Carsharing-Bereich voranzutreiben. Dabei wird zwischen drei Optionen unterschieden. Zum Einen das autonome Valet-Parken im Carsharing, wo das Fahrzeug vom Parkplatz zum Nutzer bzw. vom Nutzer zum Parkplatz die Fahrt von selbst erledigt, auch im öffentlichen Verkehr. Jedoch übernimmt der Nutzer für die eigentliche Fahrt das Steuer. Hierbei spart man sich den Weg und die Zeit bis zum Beschaffungsort des geparkten Fahrzeuges. Das Carsharing-Modell mit Fahrautomat und mit Verfügbarkeitsfahrer bringt keinen wesentlichen Fortschritt. Das Fahrzeug kann zwar selbstständig fahren, doch der menschliche Lenker muss jederzeit wachsam sein und das Steuer übernehmen können. In schwierigen oder unklaren Situationen wird die Kontrolle vom Automaten an den Menschen übergeben. Erst die dritte Stufe bzw. Use Case, Vehicle-on-demand, scheint einen weiten Sprung in der Welt des autonomen Fahrens zu machen [25].

## 4 Gesetzliche und gesellschaftliche Aspekte

### 4.1 Autonomes Fahren und das Recht

Das autonome Fahren stellt für die Zukunft eine Neuordnung der Mobilität dar. Das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Sicherheit soll eine neue Stufe erreichen. Klarerweise gehen damit auch einher, dass die bisherige Gesetzeslage für den Straßenverkehr, für die neue Art der Mobilität nicht ausreicht. Das internationale Recht für den Straßenverkehr wird im Wiener Übereinkommen (WÜ) seit November 1968 geregelt. Es ist ein völkerrechtlicher Vertrag, der die Grundbasis für das nationale Verkehrsrecht darstellt. Die Fassung von 1968 besagt, dass der Fahrer zu jeder Zeit die volle Kontrolle über das Fahrzeug hat bzw. haben muss [26]. Es ist zu erkennen, dass dieses Gesetz das automatisierte Fahren nicht erlauben würde. Daher gab es bereits März 2014 diesbezüglich einen Änderungsvorschlag mehrerer Länder [27], indem die Idee propagiert wurde, dass die permanente Beherrschbarkeit durch den Lenker entfallen kann, wenn die Technik des automatisierten Fahrzeugs nach einem internationalem Abkommen, wie dem ECE-Abkommen [28], als zulässig eingestuft wird. Die vorgeschlagene Verordnung ist 2016 international in Kraft getreten und wurde im Dezember des Jahres in das österreichische Gesetz eingearbeitet [29]. Mit der Verordnung schafft der Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie den ersten rechtlichen Rahmen für automatisiertes Fahren. Dem Gesetz sind klare Definitionen zu entnehmen. Die Entwicklungsstufen "vollautomatisiert" und "hochautomatisiert" sollen getestet und analysiert werden. Weiterhin ist ein Lenker unentbehrlich, der die Systeme zu überwachen hat und zu jeder Zeit, aber vor allem in Notsituationen in das System eingreifen kann. Dazu hat das bmvit die erste Teststrecke freigegeben und finanzielle Unterstützung zugesichert [30]. Weiterhin gibt es innerhalb des rechtlichen Rahmens mehrere Hürden zu meistern. Davon werden einige aufgeführt, die aber nicht alle offenen Fragen bezüglich der Gesetzeslage zum Thema autonomes Fahren wiedergeben. **Datenschutz:** Mit der Entwicklung des hochautomatisierten Fahrzeugs geht ein hoher Datenfluss einher. Sensoren stehen im permanenten Informationsaustausch, ebenso besteht ein Austausch zwischen den vernetzten Fahrzeugen und möglichen Verkehrszentralen. Persönliche Daten des Lenkers könnten an Dritte gelangen bzw. missbraucht werden. Ebenso könnten Fahrzeughersteller, Versicherungsunternehmen und viele Andere Interesse an den Daten haben [31]. Es ist noch unklar, wie mit Daten dieser Art umgegangen werden soll. Gewisse Einschränkungen bestehen im Bundesdatenschutzgesetz. Des Weiteren gilt die Prämisse, so wenig wie möglich und nur das notwendigste an Daten zu speichern [32]. Ob und wie das Thema mit dem Gesetz und sämtlichen beteiligten Parteien vereinbar sein wird, muss sich noch zeigen. Eine enge Schnittstelle zum eben erwähnten Datenfluss ist die sogenannte Telematik. Das zur Vernetzung der Fahrzeuge zur Verfügung gestellte Internet wird von Providern angeboten. Hier stellt sich die Frage der **Providerhaftung**. Insbesondere bei der Einspeisung einer Schadsoftware oder Eingriffe durch äußere Einflüsse [32], ist nicht geklärt in wie weit der Provider rechtlich in die Pflicht genommen wird [33]. Parallel dazu treten bisher Unklarheiten bei der generellen **Haftung** auf [34]. Die Verteilung der Haftung zwischen Lenker/Halter, Versicherungsunternehmen und Hersteller müsste im Hinblick auf die neue Art der Personenbeförderung gesetzlich reformiert werden, so die Meinung vieler Autoren in der Welt der Fachliteratur. Spindler schlägt vor, den "Roboter" als neue Gefahrenquelle zu betrachten, der bei Haftungstatbeständen ebenso herangezogen werden kann [35]. Gasser erwähnt, dass es zumindest einer Ergänzung im aktuellen Rechtsrahmen für autonome Fahrzeuge bedarf [36]. Zum Thema Haftung äußerte sich auch der heimische Versicherungsverband. Autoversicherungsexperte Albrecht verkündete, dass sich bei der Haftungsverteilung, so wie sie nach bisherigem Recht besteht, nichts verändert. Bei teil- und vollautomatisierten Fahrzeugen macht es haftungsrechtlich keinen Unterschied, da der Lenker jederzeit eingreifen kann, um gefährliche Situationen zu vermeiden. Somit liegt die Verantwortung beim Lenker, wie bis-

her [37]. Neben einigen unerwähnten gesetzlichen Hürden lässt sich festhalten, dass bei hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugsystemen insbesondere im Bereich des Verhaltensrechts und des Zulassungsrechts große Problemfelder bestehen und diese anhand einer Normung geklärt werden müssen [38].

## 4.2 Autonomes Fahren und die Dilemma-Situation

Dass ein menschlicher Fahrer ethisches Urteilsvermögen besitzt und in bestimmten Situationen danach handeln kann, ist uns klar. Aber wie verhält es sich bei einem selbstfahrenden Fahrzeug, insbesondere der Stufe 5 (vollautomatisiert), das in gefährlichen Situationen selbst entscheiden soll. Es folgt eine Abbildung, die eine Beispielsituation aufzeigt.

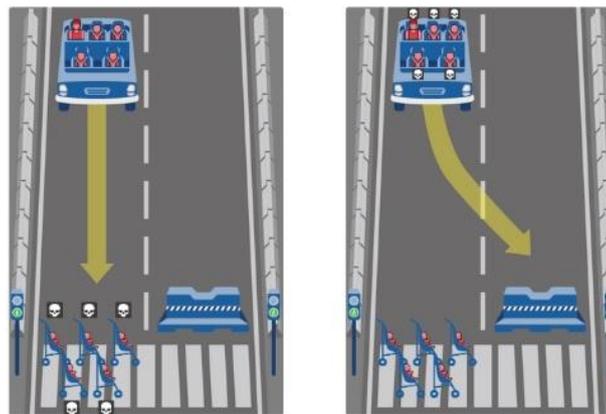


Abb.12: Dilemma-Situation [39]

Das Fahrzeug hat die Option auszuweichen, was zur Folge hat, dass es mit der Absperrung zusammenstößt und somit die Insassen gefährdet. Oder es verursacht trotz des Abbremsens einen Aufprall mit den querenden Passanten. Wie das Fahrzeug sich in solch einer oder vielen anderen ähnlichen Situationen zu entscheiden hat, liegt noch weit in der Zukunft. Diese Thematik ist eine der wesentlichsten Herausforderungen, die die Forschung zur Entwicklung der Technologien zu meistern hat. Ebenso gilt es dabei sowohl juristische als auch gesellschaftliche Hürden zu überwinden [40].

## 5 Trends der neuartigen Mobilität und deren Auswirkung

### 5.1 Einsatzszenarien und Entwicklungstrends

Die Individualmobilität befindet sich in einer permanenten Phase der Weiterentwicklung. Dabei zeichnen sich verschiedene Akteure ab, die verschiedene Produktziele haben. Jedoch werden alle von derselben Motivation angetrieben, die Mobilität im Personenverkehr sicherer, effizienter und komfortabler zu gestalten [41]. Das sogenannte evolutionäre Szenario beinhaltet die ständige Weiterentwicklung von Fahrassistenzsystemen in der Automobilindustrie [42]. Verschiedene Hersteller führen bereits heute ein Systemverbund aus Assistenzsystemen, auch Stauassistent genannt, ein. Die Automatisierung des Parkens soll bis 2020 ausgereift sein. Es lässt sich keine genaue Jahreszahl nennen, jedoch arbeiten sämtliche Autohersteller gezielt daran, die Vision des vollautomatisierten Fahrens Schritt für Schritt zu realisieren [43]. Des Weiteren ist seit 2010 bekannt, dass die IT-Branche ebenso Interesse an der autonomen Mobilität zeigt und an Neuentwicklungen arbeitet. Das revolutionäre Szenario der fahrerfremden Technologiefirmen weist vielmehr computerbasierte Systeme auf. Es sollen mittels selbstlernenden Algorithmen Systeme geschaffen werden, die letztendlich den menschlichen Fahrer ersetzen sollen.

Eine Konkretisierung von Produktentwicklungen und Markteinführungen, wie bei den Autoherstellern, gibt es seitens der IT-Firmen nicht. Noch ist relativ unklar in welche Richtung es hier gehen soll. Es besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass die Branche im Bereich "Fahrzeug auf Abruf" einiges leisten wird, wie zum Beispiel ein hochgradig automatisierter Taxi- oder Zustelldienst [44]. Ein weiteres Einführungsszenario für das automatisierte Fahren stellt das transformative Szenario dar. Die Verknüpfung vom öffentlichen Personentransport mit der Individualmobilität ist einer der realistischsten Szenarien. Ab 2020 sollen die ersten Mobilitätskonzepte genutzt werden können. Dort, wo der öffentliche Transport beispielsweise nicht mehr energieeffizient und raumökonomisch stattfinden kann, sollen langsam fahrende Fahrzeuge per App abrufbar sein und den Fahrgast ans Ziel bringen. Meist werden diese Konzepte bei Betreibern von Vergnügungsparks, Mobilitätsdienstleistern und Gemeinden anzutreffen sein [45].

## 5.2 Auswirkungen auf die Stadtstruktur

Da das autonome Fahren noch Zukunftsmusik ist, lässt sich keine genau Aussage machen, inwieweit die neuartige Mobilität die Stadtstrukturen beeinflussen wird. Dennoch lassen sich Szenarien beschreiben, die zukünftig eintreten könnten. Die Entwicklung autonomer Fahrzeuge für den Privatgebrauch kann große Auswirkungen auf Parkraum und Verkehrsflächen haben. Die Fahrzeuge könnten selbstständig Parkstellflächen aufsuchen und dort parken, bis zur nächsten Fahrt. Dies wäre insbesondere bei Arbeitsstätten und im dichten Stadtkern von Vorteil. Konzentrierte Sammelstellflächen machen den klassischen Parkplatz vor der Tür überflüssig. Die freiwerdende Fläche könnte für Radwege umstrukturiert werden. Mit dem Einsatz des Parkroboters gehen Entwickler von bis zu 60 Prozent mehr Parkplätze bei gleicher Fläche aus. Der komfortable Nutzen des automatisierten Fahrzeugs könnte die Attraktivität des Wohnstandorts am Stadtrand zusätzlich erhöhen, längere Fahrtwege werden nicht mehr als Last angesehen. Dies kann eine erhöhte Siedlungsstruktur am Stadtrandbereich mit sich ziehen. Automatisierte Fahrzeuge, die Beschleunigungs- und Bremsverhalten aufeinander abstimmen, sorgen für einen besseren Verkehrsfluss. Durch die effiziente Fortbewegung der autonomen Fahrzeuge könnten Kapazitäten von Verkehrswegen frei werden. Als Folge wären Reduzierung der Fahrspurbreiten oder der Fahrspuren selbst möglich, was wiederum eine Umstrukturierung der freigewordenen Fläche ermöglicht. Im öffentlichen Verkehr könnten autonom fahrende Taxiflotten enorme Steigerungen im Nahverkehr erzielen. Verknüpft mit den öffentlichen Transportmitteln, werden Reisende zeitsparender an ihr Ziel gebracht. So lassen sich zentrale Mobilitätsknotenpunkte effizient ausbauen und gewinnen automatisch an mehr Interesse. Ein Rückgang der privaten Pkw-Nutzung wäre als Folge denkbar. Der Ausbau öffentlicher Verkehrsknotenpunkte würde eine neue Raumgestaltung von Haltestationen und ÖV-Infrastruktur mit sich ziehen und folglich das Stadtbild bzw. die Stadtstruktur deutlich verändern [46].

## Literaturverzeichnis

- [1] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.14
- [2] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.3
- [3] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.15
- [4] Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: Bergisch Gladbach, Bundesanstalt für Straßenwesen, 2012 (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe "Fahrzeugsicherheit", Heft F83, Januar 2012) (Stand 25. Mai 2017)  
[http://www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/Downloads/2012-11.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/Downloads/2012-11.pdf?__blob=publicationFile)
- [5] SAE International: Automated Driving, Levels of driving automation are defined in new SAE International Standard J316,

- [http://www.sae.org/misc/pdfs/automated\\_driving.pdf](http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf) (Stand 25. Mai 2017)
- [6] bmvit: Automatisiert-Vernetzt-Mobil, Aktionsplan Automatisiertes Fahren, Juni 2016  
<https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/innovation/mobilitaet/downloads/automatisiert.pdf>  
S.5 (Stand 26. Mai 2017)
- [7] bmvit: Automatisiert-Vernetzt-Mobil, Aktionsplan Automatisiertes Fahren, Juni 2016  
<https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/innovation/mobilitaet/downloads/automatisiert.pdf>  
S.6ff (Stand 26. Mai 2017)
- [8] Konrad Reif (Hrsg.): Fahrstabilisierungssysteme und Fahrassistenzsysteme, 1. Auflage 2010 Vieweg+Teubner Verlag S.10-11
- [9] Hermann Winner, Stephan Hakuli, Gabriele Wolf (Hrs.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme, 2. Auflage 2012, Vieweg+Teubner Verlag S.355ff. und S.447ff.
- [10] Konrad Reif (Hrsg.): Fahrstabilisierungssysteme und Fahrassistenzsysteme, 1. Auflage 2010 Vieweg+Teubner Verlag S.110
- [11] Hermann Winner, Stephan Hakuli, Gabriele Wolf (Hrs.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme, 2. Auflage 2012, Vieweg+Teubner Verlag S.87
- [12] Hermann Winner, Stephan Hakuli, Gabriele Wolf (Hrs.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme, 2. Auflage 2012, Vieweg+Teubner Verlag S.523
- [13] Konrad Reif (Hrsg.): Fahrstabilisierungssysteme und Fahrassistenzsysteme, 1. Auflage 2010 Vieweg+Teubner Verlag S.109
- [14] Hermann Winner, Stephan Hakuli, Gabriele Wolf (Hrs.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme, 2. Auflage 2012, Vieweg+Teubner Verlag S.478 ff.
- [15] Hermann Winner, Stephan Hakuli, Gabriele Wolf (Hrs.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme, 2. Auflage 2012, Vieweg+Teubner Verlag S.548 ff
- [16] Konrad Reif (Hrsg.): Fahrstabilisierungssysteme und Fahrassistenzsysteme, 1. Auflage 2010 Vieweg+Teubner Verlag S.206
- [17] Eckehard Schnieder (Hrsg.): Verkehrsleittechnik, Automatisierungs des Straßen- und Schienenverkehrs, Berlin Heidelberg 2007, Springer-Verlag S.92
- [18] Konrad Reif (Hrsg.): Fahrstabilisierungssysteme und Fahrassistenzsysteme, 1. Auflage 2010 Vieweg+Teubner Verlag S.130-145
- [19] Volker Johanning, Roman Mildner: Car IT kompakt, Das Auto der Zukunft- vernetzt und autonom fahren, Wiesbaden 2015, Springer Vieweg S.12
- [20] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.378ff.
- [21] Eckehard Schnieder (Hrsg.): Verkehrsleittechnik, Automatisierungs des Straßen- und Schienenverkehrs, Berlin Heidelberg 2007, Springer-Verlag S.60
- [22] Eckehard Schnieder (Hrsg.): Verkehrsleittechnik, Automatisierungs des Straßen- und Schienenverkehrs, Berlin Heidelberg 2007, Springer-Verlag S.66ff.
- [23] The Audi Urban Future Initiative: Autonom, vernetzt, elektrisch, Revolutionäres Nahverkehrskonzept aus England, (Stand 01.Oktober 2016) [http://audi-urban-future-initiative.com/moove/cms/resources/media/document/original/autonome\\_kapseln.pdf](http://audi-urban-future-initiative.com/moove/cms/resources/media/document/original/autonome_kapseln.pdf)
- [24] Masdar-Wikipedia, (Stand 01. Oktober 2016) <https://de.wikipedia.org/wiki/Masdar>
- [25] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.176ff.
- [26] [www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1982\\_290\\_0/1982\\_290\\_0.html](http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1982_290_0/1982_290_0.html) (Stand 1982)
- [27] <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp1/ECE-TRANS-WP1-145e.pdf> (Stand: April 2014)
- [28] Eric Hilgendorf (Hrsg.): Robotik im Kontext von Recht und Moral, 2014 Baden-Baden Nomos Verlag S. 192 (ECE-Abkommen: "Übereinkommen über die Annahme einheitlicher Bedingungen für die Genehmigung der Ausrüstungsgegenstände und Teile von Kraftfahrzeugen")
- [29] [http://www.austriatech.at/files/get/a8d601dc11a94cd3d431b68c4f846dbe/bgbla\\_2016\\_ii\\_402.pdf](http://www.austriatech.at/files/get/a8d601dc11a94cd3d431b68c4f846dbe/bgbla_2016_ii_402.pdf)  
(Stand 19. Dezember 2016)
- [30] <https://www.trend.at/branchen/digital/experten-autonomes-fahren-oesterreich-8072435>  
(Stand: 10. April 2017)
- [31] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.523
- [32] Volker Johanning, Roman Mildner: Car IT kompakt, Das Auto der Zukunft- vernetzt und autonom fahren, Wiesbaden 2015, Springer Vieweg S.72 ff.
- [33] <https://www.springerprofessional.de/fahrzeugtechnik/fahrerassistenz/wie-das-recht-automatisiertes-fahren-hemmt/6560706> (Stand 10. November 2014)
- [34] Volker Johanning, Roman Mildner: Car IT kompakt, Das Auto der Zukunft- vernetzt und autonom fahren, Wiesbaden 2015, Springer Vieweg S.73

- [35] Eric Hilgendorf (Hrsg.): Robotik im Kontext von Recht und Moral, 2014 Baden-Baden Nomos Verlag S.80 Spindler
- [36] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.566
- [37] <https://industriemagazin.at/a/oesterreich-beim-autonomen-fahren-haftet-immer-noch-der-lenker> (Stand 28. Februar 2017)
- [38] Eric Hilgendorf (Hrsg.): Robotik im Kontext von Recht und Moral, 2014 Baden-Baden Nomos Verlag S.210
- [39] [https://www.bmvit.gv.at/innovation/mobilitaet/forschungsforum/ffm\\_downloads/Arno\\_Eichberger.pdf](https://www.bmvit.gv.at/innovation/mobilitaet/forschungsforum/ffm_downloads/Arno_Eichberger.pdf) (Stand: 7. Dezember 2016)
- [40] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.510
- [41] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.198
- [42] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.199
- [43] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.200
- [44] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.202/203
- [45] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.204/205
- [46] Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner Hrsg.: Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer-Verlag, 2015 S.228ff