



Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr

Herausforderungen für die zukünftige Verkehrspolitik

Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur

Prof. Dr. Alexander Eisenkopf, Friedrichshafen

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Fricke, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Regine Gerike, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich, Stuttgart

Prof. Dr. Hans-Dietrich Haasis, Bremen

Prof. Dr. Günter Knieps (Vorsitzender), Freiburg

Prof. Dr. Dr. h.c. Andreas Knorr, Speyer

Prof. Dr. Kay Mitusch, Karlsruhe

Prof. Dr. Stefan Oeter, Hamburg

Prof. Dr. Dr. h.c. Franz Josef Radermacher, Ulm

Prof. Dr. Gernot Sieg, Münster

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Siegmann, Berlin

Prof. Dr. Bernhard Schlag, Dresden (bis Dez. 2016)

Prof. Dr. Wolfgang Stölzle, St. Gallen

Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée, Aachen

Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch, Karlsruhe

Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner, Darmstadt

im April 2017



Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr

Herausforderungen für die zukünftige Verkehrspolitik

Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats
beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur
Erschienen in: Zeitschrift für Straßenverkehrstechnik, Heft Nr. 8 u. Heft Nr. 9, 2017



Zusammenfassung

Automatisiertes Fahren ohne Fahrerüberwachung oder sogar ganz ohne Fahrer wird für die Zukunft der Mobilität wichtig werden. Die absehbaren technischen Entwicklungen lassen einen ersten Eindruck aufkommen, welche neuen Herausforderungen sich stellen. Für die Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats des BMVI werden die vielen Ausprägungsmöglichkeiten in zwei Gruppen unterteilt:

Die Gruppe A umfasst Fahrzeuge, die weiterhin mit fahrtüchtigen Fahrzeugführern besetzt sind, die automatisiertes Fahren aktivieren und deaktivieren können sowie die Fahrt vollenden, wenn das automatisierte Fahren an seine Grenzen kommt. Daher sind in der Stellungnahme die psychologischen Aspekte zur Fahrerrolle von besonderer Bedeutung.

Fahrzeuge der Gruppe B fahren eine (ggf. begrenzte) Strecke von Beginn bis Ende fahrerlos. Zum Betrieb dieser Fahrzeuge ist statt des Fahrers ein Betreiber notwendig. Daher werden die zu erwartenden Betreibermodelle hinsichtlich ihrer Aufgaben und Verpflichtungen analysiert.

Übergreifende Aspekte der verkehrlichen Auswirkungen und Potenziale, der Anforderungen an die Infrastruktur, der Sicherung der Cyber-Security und Privacy sowie der Einführungsrisiken werden ebenso diskutiert wie die spezifischen Aspekte für den Straßengüterverkehr. Die wichtigsten Empfehlungen an die Verkehrspolitik werden im Abschluss zusammenfassend dargestellt. Insbesondere erfordert der Übergang zum fahrerlosen Fahren Lösungen zu den rechtlichen Rahmenbedingungen und des Sicherheitsmanagements einschließlich Security und Privacy.



Inhaltsverzeichnis

Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	6
1.1 Gruppe A: Hoch- und vollautomatisiertes Fahren mit fahrtüchtigem Fahrer an Bord	7
1.2 Gruppe B: Fahrerloses Fahren	7
1.3 Fokus der Stellungnahme	8
2 Gruppe A: Hoch- und vollautomatisiertes Fahren mit Fahrer an Bord	9
2.1 Bisherige Aktivitäten	9
2.2 Offene Fragen aus Sicht der Psychologie	9
2.2.1 Übernahmbereitschaft versus Kompetenzverlust	10
2.2.2 Auswirkungen auf das Unfallgeschehen	10
2.2.3 Akzeptanz	11
2.3 Probleme durch die StVO-Regelkonformität automatisierter Fahrzeuge	12
2.4 Haftungsprobleme bei automatisiertem Fahren	13
3 Gruppe B: Fahrerloser Personen- und Gütertransport	15
3.1 Bisherige Aktivitäten	15
3.2 Betreibermodelle für die Fahrzeugsteuerung und rechtlicher Rahmen	15
3.2.1 Haftungsaspekte	16
3.2.2 Zulassungsverfahren	16
3.2.3 Vernetzung und Standardisierung	17
3.2.4 Einbindung in den herkömmlichen Straßenverkehr	18
3.3 Einsatzbereiche und Marktauswirkungen	19



4	Verkehrliche Wirkungen und Potenziale	22
5	Anforderungen an die Infrastruktur	26
6	Automatisierter Straßengütertransport	28
7	Herausforderungen hinsichtlich Cyber-Security und Privacy	30
8	Einführungsrisiko und Risikomanagement	33
9	Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen	35
	Literaturverzeichnis	38
	Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	40



1 Einleitung

Automatisierung im Verkehr ist ein seit Jahrzehnten stattfindender Prozess, der mit dem rasanten Fortschritt in der Technik, insbesondere der enormen Steigerung der Rechenleistung verknüpft ist. Seitdem wurden verschiedene Skalen der Automatisierung von „Mensch-Maschine-Systemen“ (wie dem Pkw) seitens der Industrie und Wissenschaft entwickelt. Sie verdeutlichen einerseits die Schwierigkeit der Abgrenzung verschiedener Stufen der Automatisierung, andererseits zeigen sie die vielfältigen Herausforderungen hinsichtlich der Komplexität der zu lösenden inhaltlichen Aufgaben und der damit einhergehenden Zulassungsanforderungen (im Wesentlichen Sicherheitsnachweise), der Haftung und der gesellschaftlichen Akzeptanz an.

Automatisiertes Fahren kann vielen Zielen dienen. Besonders häufig wird die Sicherheit im Straßenverkehr genannt, da die „Unfallursache Mensch“ zunehmend aus dem System genommen wird. Als weitere Gründe werden Effizienzsteigerungen in Form besserer Zeitausnutzung für Fahrer oder das Einsparen der Kosten für Berufskraftfahrer als Hauptmotive für die Automatisierung genannt. Aber auch die Infrastruktur kann für den fahrenden

den und ruhenden Verkehr durch Automatisierung besser genutzt werden.

Schon die Vielfalt der Zielsetzungen zeigt, dass unterschiedliche Ausprägungen der Automatisierung existieren. Für die Unterscheidung der Automationsgrade wurden verschiedene Skalen definiert (BASt, NHTSA, SAE, VDA), die vier oder fünf Stufen (Level) vorsehen.¹ Für diese Stellungnahme werden gemäß der VDA-Definition die Stufen 3 und 4 als Gruppe A zusammengefasst: Hoch- und vollautomatisiertes Fahren mit fahrtüchtigem Fahrer an Bord. Fahrerloses Fahren ohne fahrtüchtigen Fahrer entsprechend Stufe 5 der VDA-Definition erscheint in dieser Abstufung als Folgesystem der vorherigen Automationsgrade noch weit entfernt, doch auch für diese Gruppe B gibt es Anwendungsfälle, die schon bald in Pilotversuchen umgesetzt werden könnten, aber in Deutschland im Unterschied zu anderen Regionen bisher wenig diskutiert werden.

¹ Quellen: Gasser et al. (2012), NHTSA (2013), SAE (2016), VDA (2015)



1.1 Gruppe A: Hoch- und vollautomatisiertes Fahren mit fahrtüchtigem Fahrer an Bord

Diese Gruppe umfasst den tradierten, evolutionären Einsatz der Automatisierung des Fahrens in weiten Teilbereichen des öffentlichen Straßenverkehrs. Die Fahraufgabe wird vom Fahrer an die automatische Fahrzeugführung delegiert, sofern die Voraussetzungen dafür gegeben sind (wie bspw. eine geeignete Straßenkategorie). Es befindet sich zu jeder Zeit ein fahrberechtigter und fahrtüchtiger Mensch auf dem Fahrerplatz. Die Nutzung des Fahrzeugs ändert sich nur wenig, eröffnet aber nun auch dem Fahrer eine andere Nutzung seiner Zeit, da die Fahraufgabe zumindest in Teilen entfallen ist. In diese Gruppe fällt die nach BASt (und VDA) definierte Stufe 3 „Hochautomatisiertes Fahren“ hinein. Stufe 3 verlangt vom Fahrer eine unverzügliche Bereitschaft der Fahraufgabenübernahme nach einer Aufforderung des Systems bei Erreichen der Systemgrenzen. Dieses Mindestmaß an Verfügbarkeit für die Übernahme schließt etwa das Schlafen oder Verlassen des Fahrerplatzes aus. Vollautomatisiertes Fahren (Stufe 4) verlangt diese Grundbereitschaft zwar nicht, denn in kritischen Situationen kann sich ein Fahrzeug der Stufe 4 selbst in einen sicheren Zustand versetzen, z. B. einen Seitenstreifen aufsuchen und dort halten. Doch wird ein Fahrer für die Aktivierung und mögliche Weiterfahrt nach Beendigung des automatisierten Fahrens benötigt.

Damit ist auch die Konformität zur Novelle des Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr gegeben. Zu dieser Gruppe können sowohl Pkw als auch Lkw gehören, wenn auch die Marktbedingungen sich stark unterscheiden.

1.2 Gruppe B: Fahrerloses Fahren

Beim fahrerlosen Fahren (Stufe 5 der Automatisierung nach VDA-Definition) können zwei Ausprägungen unterschieden werden. Zum einen gehören Fahrzeuge dazu, die sowohl von Menschen gesteuert werden als auch ohne Anwesenheit eines fahrberechtigten Menschen vollautomatisiert fahren können. Ein Einsatzfeld des fahrerlosen Fahrens sind Leerfahrten über eine kurze Strecke. Damit kann automatisches Valet-Parken schon in der Nähe der Haustür beginnen oder das Car-Sharing-Fahrzeug zum Wunschstandort beordert werden. Ebenso lassen sich (Carsharing-)Flottenfahrzeuge ohne Fahrer disponieren. Außerhalb dieses fahrerlosen Einsatzes können die Fahrzeuge, wie heute üblich, mit oder ohne Assistenzsysteme unterstützt von Menschen geführt werden oder auch mit anwesendem Fahrer automatisiert fahren.

Zum anderen gehören der Gruppe B solche Fahrzeuge an, die ausschließlich automatisch fahren und somit keinen Fahrerplatz mehr vorhalten. Die Fahrten können auf bestimmte Straßennetze begrenzt sein und benötigen einen die Fahrten



überwachenden Betreiber. Weitere Erläuterungen zu den Aufgaben und Pflichten eines Betreibers finden sich in Abschnitt 3.2.

1.3 Fokus der Stellungnahme

Automatisierungsgrade bis zur Teilautomatisierung (Stufe 2) werden in dieser Stellungnahme nicht adressiert, da diese schon erfolgreich im Markt eingeführt sind und bisher keinen Anlass gegeben haben, diese aus verkehrspolitischer Perspektive zu diskutieren. Solche bisher eingeführten Assistenzsysteme und Teilautomatisierungen tragen meist zu Vereinfachungen bestimmter Fahraufgaben für die Fahrzeugführer bei, z.B. Parkassistent oder Tempomat, und sollen zusätzlich zur Steigerung der Verkehrssicherheit beitragen, z.B. Spurhalte- oder Abstandsassistent.

In dieser Stellungnahme werden die heute erkennbaren Entwicklungsstränge für automatisiertes Fahren ab Stufe 3 aufgezeigt und kritisch beleuchtet. Risiken und Chancen sowie Handlungsbedarf werden aufgezeigt und auf dieser Basis Empfehlungen an die deutsche Verkehrspolitik abgeleitet. In den folgenden Kapiteln 2 und 3 werden zunächst spezifische Aspekte jeweils separat für Gruppe A und Gruppe B diskutiert. Gruppenübergreifende Aspekte zu verkehrlichen Wirkungen und Potenzialen, Anforderungen an die Verkehrsinfrastruktur, dem Straßengütertransport, der Cybersecurity und dem Risikomanage-

ment werden daran anschließend in den Kapiteln 4 bis 8 gemeinsam behandelt, bevor in Kapitel 9 die Handlungsempfehlungen abschließend zusammengefasst werden.



2 Gruppe A: Hoch- und vollautomatisiertes Fahren mit Fahrer an Bord

2.1 Bisherige Aktivitäten

Für hochautomatisiertes Fahren (Stufe 3) wurde in Deutschland 2013 der Runde Tisch vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und dem Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) einberufen. Als Folge dieser und auch anderer Arbeitsgruppen wurden der Rechtsänderungsbedarf ermittelt und ein weltweit beachtetes Forschungsprojekt (PEGASUS²) zur Erarbeitung der Grundlagen für die Absicherung von hochautomatisiertem Fahren initiiert. Die Schaffung des Digitalen Testfelds Autobahn auf der A9 sowie der Start des BMWi-Projekts Ko-HAF³ flankieren die Einführung dieses Automatisierungsgrads auf deutschen Autobahnen. Diese und die mit sehr hoher Entwicklungskapazität von Industrieunternehmen initiierten Aktivitäten lassen eine technisch erfolgreiche

Einführung um das Jahr 2020 erwarten. Damit hat Deutschland eine gewisse Führungsrolle für die Gruppe A übernommen. Auch in anderen Ländern werden Testfelder aufgebaut, die das automatisierte Fahren der Gruppe A erproben sollen. Als Beispiel kann Göteborg genannt werden. Hier sollen ab Ende des Jahres 2017 100 Pkw auf dem City-Ring vollautomatisiert (Level 4) fahren.

Auch in Hinblick auf die Anpassung des Rechtsrahmens wurden in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erreicht. Mit der im September 2014 erfolgten Novellierung des Wiener Übereinkommens wurde der Weg frei, um mit nationalem Gesetz einen Rechtsrahmen für das automatisierte Fahren der Gruppe A zur Verfügung zu stellen, was nun mit der Novelle zum Straßenverkehrsgesetz umgesetzt wurde.

2.2 Offene Fragen aus Sicht der Psychologie

Die Zukunft des Autofahrens scheint in hochautomatisiertem und autonomem Fahren zu liegen. Wenig beachtet wurde bei dieser Projektion aller-

² www.pegasus-projekt.info

³ <http://www.ko-haf.de/>



dings bisher die Rolle des Menschen als Fahrzeugnutzer. Psychologische Probleme hochautomatisierten Fahrens, deren Lösung Voraussetzung zukünftiger Entwicklungen ist, schließen Probleme der Mensch-Maschine-Interaktion (HMI), des Situationsbewusstseins, der durch Automatisierung veränderten Beanspruchung, der Verhaltensanpassung und möglicher Dequalifizierung sowie die Übernahmeproblematik im Versagensfall des Automaten ein. Wesentlich sind zudem Fragen der Sicherheit und der Akzeptanz hochautomatisierter Systeme. Zwischen assistiertem und automatisiertem Fahren zeigen sich dabei wesentliche Unterschiede.

2.2.1 Übernahmebereitschaft versus Kompetenzverlust

Der Mensch muss bei hochautomatisiertem Fahren (Stufe 3) nach wie vor zur unverzüglichen Übernahme der Fahrtätigkeit bereit sein und dazu ein exaktes Bild von der Gesamtsituation und eine Vorstellung von ihrer Entwicklung haben, er muss ein korrektes mentales Modell und aktuelles Situationsbewusstsein haben. Übernahmebereitschaft setzt zentrierte Aufmerksamkeit voraus – was bei Abwendung hin zu anderen Tätigkeiten zu Risiken führen kann. Bei systematischer Abwendung sind zur Übernahme der Fahrtätigkeit Zeitdauern zu erwarten, die für die kurzfristige Lösung einer Konfliktsituation zu hoch sind, zumal – anders als im Luftfahrtbereich – die Fahrer nicht auf die

Übernahme trainiert werden. Neue Unfallrisiken sind hier zu erwarten.

Die Zuverlässigkeit der Automation erhöht das positive Empfinden und die Nachlässigkeit (complacency) bei der Nutzung und sie verstärkt das Systemvertrauen, was wiederum zu einem erhöhten Gebrauch des Automaten und zu einer schleichenden Abnahme der menschlichen Fähigkeiten zu manueller Steuerung führt. Dequalifizierung und Kompetenzverlust können sich gerade wegen der angenehmen und nützlichen Zeitgewinne beim hochautomatisierten Fahren zu einem Problem entwickeln.

2.2.2 Auswirkungen auf das Unfallgeschehen

Die Betrachtung der Verursachung von Straßenverkehrsunfällen zeigt, dass menschliches Fehlverhalten die mit Abstand häufigste Unfallursache ist. Eine durchgängige Eliminierung menschlicher Fehler und Übertretungen durch automatisiertes Fahren würde deshalb vermutlich zu einer deutlichen Verbesserung der Verkehrssicherheit führen. Dies liegt daran, dass mit automatisiertem Fahren eine Reihe von Veränderungen verknüpft ist, die ihrerseits auch ohne Automatisierung zu einer entscheidenden Verbesserung der Verkehrssicherheit führen würden: Eine jederzeit regelkonforme Fahrweise, ohne jede Geschwindigkeitsübertretung und selbstverständlich ohne Alkohol und Drogen am Steuer, zudem bei durchgängig niedriger Geschwindig-



keit. Dies würde gewissermaßen zum Idealbild einer „Vision Zero“ im Straßenverkehr werden und die Forderung „Sicherheit zuerst“⁴ vollumfänglich umsetzen.

Automatisiertes Fahren könnte insofern zu einem Katalysator dieser Entwicklung werden, notwendig ist es jedoch dafür nicht. Der parallel dazu stattfindende Kompetenzverlust menschlicher Fahrer (s.o.) kann einerseits zu höherer Fehlerhäufigkeit, doch andererseits zu einer vorsichtigeren Fahrweise der Menschen führen. Voraussichtlich wird hochautomatisiertes Fahren insgesamt zu einer Verringerung der Unfallbelastung und gleichzeitig zu Verschiebungen bei den Unfalltypen und Unfallursachen führen.

2.2.3 Akzeptanz

Der Akzeptanz hoch- und vollautomatisierten Fahrens stehen Bedenken entgegen, die einerseits objektive Gründe haben, in denen sich andererseits aber auch die psychosoziale Bedeutung des Kraftfahrzeugs und des eigenständigen Fahrens widerspiegelt. Mit der Automatisierung wird ein hoher Grad an Vernetzung verbunden sein. Entscheidungen und Handlungen werden weiterhin gesteuert – aber nicht individuell und situationsflexibel, sondern im Netzverbund oder gar zentralisiert nach vorgegebenen Algorithmen. Dies berührt das zentrale Versprechen der Automobilität, die Selbstbestimmung und die selbst ge-

wählte Freiheit der Bewegung in Raum und Zeit.

Akzeptanzprobleme für automatisiertes Fahren werden vor dem motivationalen Hintergrund des Kraftfahrens verständlich: Was wird gerne selbst gemacht, was gerne abgegeben? Die Fahrtätigkeit wird häufig als Selbstzweck erlebt: Menschen haben Spaß an dieser Tätigkeit. Nicht ohne Grund verspricht eine über Jahre erfolgreiche Werbekampagne „Spaß am Fahren“ – nicht etwa Spaß am Mitfahren. Durch Automatisierung wird Kraftfahren stärker auf die Transportfunktion reduziert, evtl. vernünftiger, in jedem Fall wird sich aber die emotionale Seite des Kraftfahrzeugs und des Fahrens ändern. Unklar ist, inwieweit alternative Möglichkeiten zur Nutzung der Fahrtzeit diesen Aspekt kompensieren. Der oben beschriebene Kompetenzverlust des Menschen beim Fahren wird grundsätzlich die Akzeptanz immer autonomer fahrender Systeme fördern.

Weit höhere Akzeptanz als hochautomatisierte Systeme, die dem Menschen die normale Fahrtätigkeit abnehmen, finden Notfall-Interventionssysteme (z.B. Notbremssysteme). Sie entsprechen zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Straßenverkehr am besten auch der geforderten adaptiven Automatisierung⁵. Aus psychologischer Perspektive besteht zwischen assistiertem und autonomem Fahren kein kontinuierlicher Übergang, sondern

⁴ Wiss. Beirat des BMVBS (2010)

⁵ Parasuraman & Wickens (2008)



ein Gegensatz: das Mensch-Maschine-Verhältnis wird umgekehrt, Prinzipal und Agent tauschen ihre Rollen. Für die normale Fahrtätigkeit erwünscht ist Assistenz statt Automatisierung, und das v.a. in Problemsituationen: die Maschine (und nicht der Mensch) als *troubleshooter*.

Ob allerdings aktuelle Bestrebungen, bei riskantem oder regelwidrigem Fahrstil proaktiv die Geschwindigkeit des Fahrzeugs gegen den Willen des Fahrers automatisch herunterzuregeln⁶, ebenfalls auf Akzeptanz stoßen werden, ist offen.

Handlungsempfehlungen:

- Weitere Risikountersuchungen zur Übernahmebereitschaft und Übergangszeiten, sobald konkrete Rahmenbedingungen erkennbar sind.
- Nutzerakzeptanzuntersuchungen zu „transportiert werden“ und zu Tätigkeiten während des Transports.

2.3 Probleme durch die StVO-Regelkonformität automatisierter Fahrzeuge

Sollte, wie derzeit zu erwarten, die Funktionsauslegung des hoch- und vollautomatisierten Fahrens nach den Vorgaben der StVO mit den Bemessungsgrundlagen, wie sie für mensch-

liche Fahrer gelten, erfolgen, können sich zwei Problemfelder ergeben:

Die Auslegung der Geschwindigkeitsregelung auf einen Tachohalbe-Abstand und auf eine Vermeidung jeglicher Geschwindigkeitsüberschreitung kann dazu führen, dass automatisierte Fahrzeuge nach hinten durchgereicht werden und in der Wahrnehmung der anderen Verkehrsteilnehmer ein Verkehrshindernis darstellen. Dadurch kann die Steigerung des Automatisierungsgrades als Rückschritt aufgefasst werden.

StVO-Überschreitungen anderer Verkehrsteilnehmer sind bislang in der gelebten Verkehrspraxis an der Tagesordnung, so dass sich die Autofahrer darauf einstellen. Konsequenterweise korrekt fahrende Autofahrer sind eher selten, auch wenn das Maß der Überschreitung stark streut. Bei einer Absenkung der zulässigen Geschwindigkeit regeln Fahrzeugführer die Fahrzeuggeschwindigkeit selten so, dass die zulässige Geschwindigkeit noch vor dem Verkehrszeichen erreicht wird. Ebenso selten wird zügig ein großer Abstand hergestellt, wenn zuvor ein anderes Fahrzeug eingeschert ist.

Eine über das gewohnte Maß hinaus hohe Regelkonformität automatisierter Fahrzeuge kann sowohl positive als auch negative Folgen haben. Einerseits könnte die streng konforme Auslegung zu einer Vorbildfunktion auch für andere Verkehrsteilnehmer führen. Andererseits mag dies andere

⁶ Vgl. European Commission (2016): Saving Lives: Boosting Car Safety in the EU



Autofahrer oder die Insassen irritieren und zu emotional bedingten Negativreaktionen führen, die eine Gefährdung der Verkehrssicherheit zur Folge haben. Hier muss auch für automatisiertes Fahren eine konkretere Regelauslegung für Ermessenssituationen erarbeitet werden mit notwendig erscheinenden, situationsabhängigen Erweiterungen der Verhaltensmöglichkeiten, ohne dabei unerwünschte Zustände zu legalisieren.

Handlungsempfehlungen:

- Durchführung von Akzeptanzuntersuchungen zum Abstandsverhalten und „Durchreichen“ infolge dauernden Einschlerens von Fahrzeugen benachbarter Fahrstreifen.
- Untersuchung von Konfliktszenarien und deren Auswirkungen auf die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Verkehrsanlagen und daraus folgende Definition von situationsabhängig angemessenem Verhalten in Konfliktszenarien.

2.4 Haftungsprobleme bei automatisiertem Fahren

Verschiebungen in der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine führen unweigerlich auch zu Verschiebungen in der Verteilung der Haftungsrisiken. Der heutige Rechtszustand ist von einem Nebeneinander von verschuldensunabhängiger Halterhaftung und fahrerbezogener Ver-

schuldenshaftung geprägt. Die Halterhaftung behandelt das Fahrzeug als ein geschlossenes System mit spezifischen Betriebsgefahren, die eine Gefährdungshaftung (Halterhaftung) rechtfertigen. Kann Verschulden eines Fahrzeugführers nachgewiesen werden, so überlagert die Verschuldenshaftung die Halterhaftung. Dies muss auch so sein, da heute der Fahrer ganz dominant das Fahrzeugverhalten steuert.

Die verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung des Halters wird durch den Übergang zu hoch- oder vollautomatisiertem Fahren nicht tangiert, da sich die Betriebsgefahren des Gesamtsystems Kraftfahrzeug nicht ändern. Was sich dagegen anders darstellt, ist der Bereich des denkbaren Verschuldens des Fahrers. Bei Übergabe an die Maschine ist der Fahrer 'out of the loop' und kann – solange das Fahrzeug softwaregesteuert fährt – keine Handlung mit Verschulden begehen.

Zunächst – auch noch im Rahmen des automatisierten Fahrens der Stufe 3 – wird man bei einem objektiven Fahrerfehler weiter von einem Verschulden des Fahrers ausgehen. Der Fahrer ist nach den Grundregeln des Wiener Übereinkommens, auch nach der Änderung von 2014 sowie der Novelle des StVG von 2017 weiter verpflichtet, das Fahrzeug zu überwachen und bei Aufforderung unverzüglich steuernd einzugreifen. Betreibt er die Überwachung nachlässig, etwa weil er sich einer Tätigkeit zuwendet, die die Übergabe beeinträchtigt, oder greift



er nach Aufforderung nicht oder mit großem Verzug ein, so liegt darin ein klares Verschulden – und die Verschuldenshaftung greift ein. Will er sich mit Blick auf einen Systemfehler von der Schuld befreien, so muss er die systembedingte Unbeherrschbarkeit der Situation nachweisen. Gelingt ihm dieser Nachweis, so greift die Herstellerhaftung nach dem Produkthaftungsgesetz. Der Nachweis, ob und wann der Fahrer oder die Automation die Fahrzeugführung übernommen hat, ist in der Novelle des StVG gesetzlich geregelt.

Bei zunehmender Automatisierung verschiebt sich das Verursachungsrisiko immer weiter in das System und dessen Betrieb. Die Haftungsrisiken werden damit auf die Hersteller und ggf. Betreiber übergehen, die zu immer größeren Anteilen den Betrieb des Fahrzeugs kontrollieren. Gegen Manipulation geschützte Aufzeichnungssysteme werden die Phasen von fahrgesteuertem Betrieb und (automatischem) Systembetrieb sowie die Details der Übernahmevorgänge protokollieren müssen. Doch wird hier ein Graubereich entstehen, so dass nunmehr das potenzielle Eingreifen des Fahrers zum latenten Haftungsrisiko des Herstellers / Betreibers wird. Diese Haftungskonstellation wird vermutlich dazu führen, dass – sobald die technischen Möglichkeiten gegeben sind – Hersteller und Betreiber darauf drängen werden, dass die Fahrzeuginsassen sich von der Führung des Fahrzeugs zurückziehen.



3 Gruppe B: Fahrerloser Personen- und Gütertransport

3.1 Bisherige Aktivitäten

Das fahrerlose Fahren ist Gegenstand der Aktivitäten beispielsweise von Google/Alphabet/Waymo, auch wenn hier wie in allen anderen Fällen für die aktuelle Erprobung noch ein Sicherheits- und Überwachungsfahrer benötigt wird. Neben der automatisierten Fahrt auf dem Highway wird der Einsatz eines höchstens 40 km/h schnellen Klein-Pkw erprobt. Ferner mehren sich in den letzten Jahren national wie international Testfelder für das fahrerlose Fahren, teils mit einer ähnlichen Einschränkung auf niedrige Geschwindigkeiten. In dafür abgeschlossenen Bereichen wird automatisches Valet-Parken regulärer Automobile erprobt. Somit steht das bisher nur in geschlossenen Systemen erlaubte fahrerlose Fahren kurz vor der Migration in den öffentlichen Straßenverkehrsbereich. Die vor kurzem durchgeführte Novellierung des Wiener Übereinkommens und der daraus abgeleiteten nationalen Rechtsprechung gehen dagegen immer noch von einer im Fahrzeug präsenten Person aus, die die Verantwortung für die Aktivierung des automatisierten Fahrens besitzt. Daher fehlt dem realen fahrerlosen Einsatz im öffentlichen Straßenverkehr noch der Rechtsrahmen.

3.2 Betreibermodelle für die Fahrzeugsteuerung und rechtlicher Rahmen

Anders als bei Fahrzeugen der Gruppe A ist für die fahrerlose Fahrt gemäß Gruppe B aus heutiger Sicht ein Betreiber erforderlich, um diese Fahrzeuge während ihrer fahrerlosen Fahrten zu überwachen. Damit verlagert sich die Verantwortung für den Betrieb von einem fahrtüchtigen Insassen weg zu einem „Betreiber“. Auch wenn Fahrzeuge im Normalfall vollkommen autonom gesteuert sein können, so dass der Betreiber gar nicht eingreifen muss, ist es doch notwendig, dass ein Betreiber für den Transportprozess verantwortlich ist und für einen sicheren Betrieb des fahrerlosen Fahrzeugs sorgt. Eine nahezu lückenlose Überwachung über ein hochverfügbares und sicheres Datenkommunikationsnetz erscheint hierzu unumgänglich. Ferner trägt der Betreiber die Verantwortung für die Fahrmissionserfüllung und muss ein geeignetes Verfügbarkeitskonzept bereitstellen, sodass ausgefallene Fahrzeuge rechtzeitig entfernt werden und möglichst den Bestimmungsort erreichen. Neben dem Einsatz von „Notfahrern“, die vor Ort geschickt werden, bietet sich teleoperiertes



Fahren mit Hilfe geschulten Personals in der Betreiberzentrale als Verfügbarkeitskonzept an. Für Fahrzeuge im Privatbesitz wird sich ein Markt für Betriebsdienste für deren Fahrzeuge entwickeln.

3.2.1 Haftungsaspekte

Auch in der Innenverteilung der Haftung zwischen Hersteller und Betreiber werden die Schadensrisiken ebenfalls durch Beweislastregeln strukturiert werden. Dies betrifft z. B. den Betrieb der fahrzeugsteuernden Software sowie der Außensteuerung, etwa aus einer Cloud bzw. Betreiberzentrale und der damit einhergehenden Kommunikationsvorgänge. Beide Ebenen von Risikoverantwortlichen (Hersteller, Betreiber) werden entsprechend versichert sein müssen.

Bei etwaiger Änderung des Wiener Übereinkommens, im Sinne einer Zulassung vollautonomen Fahrens ohne Kontrolle durch einen Fahrzeugführer, wird das Haftungsrisiko sinnvoll dem Betreiber zugewiesen werden müssen. Ohne eine derartige Verschiebung der Haftung wird der Weg zu autonomem Fahren nicht gangbar sein. Solange die Pflicht zur Überwachung des Fahrzeugs durch einen präsenten Fahrzeugführer nicht aufgehoben ist, werden sich die Versprechungen des autonomen Fahrens – Gewinn nutzbarer Zeit durch Hinwendung zu anderen Tätigkeiten, Erhöhung der Verkehrssicherheit, Einsparung von Personalkosten bei gewerblichen Fahrten – nicht realisieren lassen.

3.2.2 Zulassungsverfahren

Der Übergang zu Betreibermodellen mit einem übergreifenden Sicherheitsmanagement wird auch das System der staatlichen Zulassung der Systeme vor neue Herausforderungen stellen, im Sinne einer völlig veränderten Risikosteuerung durch staatliche Aufsichts- und Zulassungsverfahren. Bislang stützt sich die staatliche Risikoüberwachung primär auf die Typzulassung der Fahrzeuge, von deren Konstruktion im heutigen System die hauptsächliche Gefahr ausgeht. Der Übergang zu Betreibermodellen mit zentraler Steuerung führt insoweit jedoch zu einer kategorialen Änderung.

Das primäre technische Risiko geht hier nicht mehr von den einzelnen Fahrzeugen, sondern von der Konstruktion und der Steuerung der übergreifenden Betreibersysteme aus. Diese Risiken müssen in einem System staatlicher Risikoüberwachung erfasst und bewertet werden, was auf einen Systemzulassungsprozess mit sehr komplexen Prüfprozessen und Nachweispflichten hinausläuft. Die von einem übergreifenden System ausgehenden Gefahren müssen systematisch bewertet werden. So ist z.B. zu klären, ob die eingesetzte Hard- und Software den Herausforderungen gewachsen ist, wie die Datensicherheit und der Schutz gegen externe Eingriffe gewährleistet wird, wie sicher und zuverlässig die Übertragungswege sind oder welche neuen Mensch-Maschine-Schnittstellen im Betrieb



des Systems zu beachten sind. Das damit nötige System der Risikoüberwachung fordert mithin eine gänzlich neue Regulierungsarchitektur. Zu konstruieren ist ein 'lernendes', reflexives System, das in der systematischen Beobachtung und Untersuchung von Schadensfällen Systemfehler erkennt, Lernprozesse organisiert und Systemfehler korrigiert. Im Ergebnis läuft dies auf die Errichtung von Unfalluntersuchungsstellen hinaus, wie wir sie heute schon von Luftfahrt, Eisenbahn und Schifffahrt kennen, denn nur mit der systematischen Auswertung der sich im System ereignenden Unfälle kann die interne Systemkorrektur organisiert werden, die zu einer (auch nur halbwegs befriedigenden) Beherrschbarkeit der mit dem Betrieb solcher Systeme verbundenen Risiken führt.

3.2.3 Vernetzung und Standardisierung

Automatisierte Fahrzeuge (ab Stufe 3) stellen hohe Vernetzungserfordernisse. Neben die vorgesehenen Datenetze zum Fahrzeughersteller (incl. Backend-Server), dem Car-2-X zur direkten Umgebung oder der Vernetzung mit Verkehrsleitsystemen treten die Anforderungen gewerblicher Betreiber, da voraussichtlich eine hohe Datenmenge vom Fahrzeug an das Betreibernetz gesendet und dabei hohe Echtzeitbedingungen benötigt werden. Während diese Art der Kommunikation u.U. rechtliche Probleme der Privatheit nach sich zieht, ist die Steuermöglichkeit über den Datenfunk eine besondere Herausforderung für die Security, insbesondere für

den Schutz gegen Sabotage (siehe hierzu Kapitel 7).

Ebenfalls spielen Vernetzungserfordernisse für fahrerlose Fahrzeuge eine Rolle bei einer verkehrsträgerübergreifenden Sichtweise etwa im Rahmen von mehrmodalem Verkehr oder von produktionslogistischen Systemen. Hier bedarf es zwischen Verkehrsträgern oder zwischen Verkehrsträger und Transportsystem einer datenkompatiblen, standardisierten und erweiterbaren Schnittstelle der dahinterliegenden Informations- und Kommunikationsarchitektur, die unabhängig vom Betriebs- und Steuerungsmodell einen sicheren Umschlag von Gütern und ein sicheres Zusammenspiel der Verkehrsträger gewährleistet.

Daher geht mit dem Übergang zu übergreifenden Betriebssystemen der Zwang zu weitgehender Standardisierung der Systemkomponenten einher. Ohne Standardisierung wird vielen möglichen Geschäftsmodellen die Grundlage entzogen, da sich bspw. für lediglich lokale Transportdienste Technikentwicklung und Absicherung nicht rentieren. Diese Standards können durch vorwettbewerbliche gemeinsame Anstrengungen mit staatlicher Unterstützung gesetzt oder über einen Verdrängungswettbewerb durch proprietäre De-facto-Standards erzwungen werden. Es besteht die Gefahr, dass letzteres geschieht, da die „Player“ aus USA und Asien bisher aktiver als die europäischen agieren. Allerdings sollte eine entwicklungs-hemmende Vielfalt von untereinander



inkompatiblen Schnittstellen, wie sie bspw. für Stecker oder Abrechnungsmöglichkeiten in der Elektromobilität auftreten, unbedingt vermieden werden.

Standardisierung ermöglicht neben verbesserter Rechtssicherheit und Kosteneffizienz für die Betreiber auch ein übergreifendes Sicherheitsmanagement, wie es bei den anderen Verkehrsträgern (Luftfahrt, Eisenbahn) schon lange der Fall ist. Hierin kann ein wichtiger Treiber für die Durchsetzung nicht-proprietärer grundlegender Standards liegen.

3.2.4 Einbindung in den herkömmlichen Straßenverkehr

Ausgangspunkt ist die Vorstellung, dass in einer ersten Phase fahrerlose Fahrzeuge (Gruppe B) sich mit Fahrzeugen unterschiedlicher Automatisierungsgrade der Gruppe A und noch niedrigerer Automatisierung beliebig mischen werden. Dies führt zu spezifischen Kompatibilitätsproblemen, die von den Kompatibilitätsproblemen innerhalb einer fahrerlosen Fahrzeugpopulation zu unterscheiden sind.

Fahrerlos fahrende Fahrzeuge sollten für andere Verkehrsteilnehmer als solche erkennbar sein (sicherlich bei Fahrten ohne Insassen). Dies erhöht einerseits das Verständnis für diese Klasse der Verkehrsteilnehmer und kann den Menschen bei der Bildung eines mentalen Modells im Straßenverkehr dienlich sein. Andererseits kann es jedoch zu Aggression, Provo-

kation und bewussten Störungen an diesen Fahrzeugen kommen. Zwar wäre zur Klärung solcher Situationen die Aufzeichnung fahrzeugseitiger Kameradaten geeignet. Die Diskussion um die Rechtmäßigkeit von DashCam-Aufzeichnungen zeigt aber, dass sich diese Lösung in einem rechtlich problematischen Umfeld bewegt. Das kann zu einem Umsetzungshindernis führen.

Durch die deutlich verbesserte Einbindungsmöglichkeit in die Verkehrsleitung können automatisierte Fahrzeuge (allerdings grundsätzlich auch schon ab Stufe 2) erheblich zur Effizienzverbesserung der Straßeninfrastruktur beitragen. Die Voraussetzung dafür ist, dass die spezifischen Stärken der Systeme, d.h. deutlich kürzere Fahrzeugfolgeabstände und Kreuzungsübergangszeiten, erlaubt werden.

Bestimmte Privilegien für einen fahrerlosen Verkehr, wie etwa spezielle Fahrstreifen, könnten bei seiner Einführung stark helfen. Sie werden aber von denjenigen Menschen und gesellschaftlichen Gruppen, die die neuen Dienste nicht nutzen, kritisch betrachtet werden. Dies könnte die Kooperationsbereitschaft im Straßenverkehr gefährden, so dass der erhoffte Sicherheitsgewinn partiell wieder verloren ginge.

Handlungsempfehlungen:

- Anpassung des Rechtsrahmens auf fahrerlose, durch Betreiber organisierte Transporte.



- Etablierung eines Sicherheitsmanagements als 'lernendes', reflexives System, das in der systematischen Beobachtung und Untersuchung von Schadensfällen Systemfehler erkennt und Lernprozesse organisiert.
- Konkretisierung der Richtlinien für Privacy, um einen rechtssicheren Rahmen für die Betreiber zukünftiger fahrerloser Fahrzeuge zu schaffen.
- Förderung von Konzepten zur Security-Gewährleistung bei von Betreibern organisierten fahrerlosen Fahrzeugflotten.
- Untersuchungen zu Standardisierungsmöglichkeiten und -erfordernissen.
- Klärung der Rahmenbedingungen für die Einbindung in den öffentlichen Straßenverkehr.

3.3 Einsatzbereiche und Marktauswirkungen

Mit Fahrzeugen, die fahrerlos transportieren, entsteht ein hohes Potenzial für neue Mobilitätsformen und starke Marktveränderungen, das heute noch kaum abzuschätzen ist. Die Möglichkeit des fahrerlosen Fahrens impliziert zum einen Qualitätssprünge in der Nutzung des Produkts Auto und zum anderen drastische Änderungen in der Kostenstruktur einschließlich der Opportunitätskosten der Nutzung von Autos.

Qualitätssprünge erreicht man schon mit der automatisierten Leerfahrt. Valet-Parken vor Ein- und Ausstiegspunkten im öffentlichen Straßenbereich sind für Fahrzeugbesitzer gerade in urbanen Bereichen von hohem Wert. Für diese fahrerlosen Fahrten reichen niedrige Geschwindigkeiten bis ca. 30 km/h und ein Teilnetz der Straßen aus, sodass problematische Bereiche ausgespart bleiben können. Solche langsam fahrenden Fahrzeuge, die technisch bald zur Verfügung stehen werden, können auch für Personen- und Güterbeförderungen über kurze Distanzen eingesetzt werden. Die Attraktivität von Car-Sharing wird zudem durch die Möglichkeit kostengünstiger Leerfahrten erhöht, womit Fahrtantritt bzw. -ende haustürnah ermöglicht und auch die Parkpositionen der Car-Sharing-Fahrzeuge ohne großen Aufwand verlegt werden können.

Ein weiterer Qualitätssprung betrifft Personen mit bisher eingeschränkter Mobilität und verminderten Fähigkeiten zur aktiven selbstständigen Verkehrsteilnahme (aufgrund von Alter, Behinderung, Medikamentenkonsum etc.), die mit automatisierten Fahrzeugen viel besser am allgemeinen Mobilitätsleben teilnehmen können.

Fahrerloses Fahren ermöglicht Mobilitäts- und Transportdienste, für die heute Berufsfahrer eingesetzt werden müssen und denen deshalb über die damit verbundenen Kosten Grenzen gesetzt sind. Bezogen auf die Kosten für die Entlohnung eines Fahrers sind die Kosten für die technische Ausstat-



tung schon in wenigen Betriebsmonaten amortisiert. Grundsätzlich bedeuten fahrerlose Fahrzeuge aufgrund der nicht mehr vorhandenen Fahrerkosten daher einen kostensenkenden technologischen Fortschritt, der wirtschaftliche Beförderungsangebote auch und gerade in einer heterogenen Raum- und Zeitstruktur ermöglicht und damit den Kundenbedürfnissen hinsichtlich größerer räumlicher und zeitlicher Flexibilität besser gerecht werden kann.

Im Personenverkehr bedeutet autonomes Fahren besonders für den Taxiverkehr eine hohe Kostenersparnis durch Wegfall der Kosten für den Fahrer. Damit kann es zu Substitutionen bestehender Dienste (Taxi mit Fahrer, ÖPNV), aber auch zu deren Ausweitung kommen, da sich nun die Kalkulationsbasis stark verändert und vieles rentabel wird, was heute aus Kostengründen unterlassen wird. Im Güterverkehr sind zwar die Lohnkosteneinsparungen höher, die Fahrzeugführer übernehmen heute jedoch zusätzliche Aufgaben, die nicht oder nur teilweise durch eine Automatisierung erledigt werden können.

Mobilitätsdienstleistungen des fahrerlosen Fahrens können künftig zudem mit weiteren Dienstleistungsangeboten für unterschiedliche menschliche Bedürfnisfelder im Zuge der Bereitstellung digitaler Systemdienstleistungen kombiniert werden. Hierbei entstehen betriebswirtschaftliche Geschäftsmodelle mit neuen Angebots- und Akteurskonstellationen. So kön-

nen künftig mobilitätsorientierte Geschäftsmodelle bekanntlich nicht nur von bisherigen Anbietern von Transportleistungen, sondern beispielsweise auch von Anbietern digitaler Infrastrukturen, Kommunikationsunternehmen, Informationsanbietern, Energieversorgungsunternehmen, dem städtischen Einzelhandel oder kommunalen digitalen Plattformen angeboten und betrieben werden. In diesem Zusammenhang sind Marktverschiebungen, Fragen der Marktherrschaft und der Marktbeeinflussung kritisch zu beobachten, zu analysieren und zu hinterfragen.

Ob die Anzahl privater Fahrzeuge pro Haushalt sinken wird, ist schwer zu beantworten. Durch die Automatisierung steigt grundsätzlich der Nutzen des Gutes Auto (z.B. durch die Möglichkeit der Leerfahrten; Nutzung auch als bewegliches Lager persönlicher Dinge oder als beweglicher privater Rückzugsraum). Zudem kann durch die selektive Teilnahme als *Anbieter* an Car-Sharing (z.B. während urlaubsbedingter Abwesenheit) oder an anderen Mehrwertdiensten (z.B. Werbedienste) bei Bedarf ein Teil der Kosten des privaten Fahrzeugs wieder hereingeholt werden (Besitzer als „Prosumer“).

Daneben wird aber die Zahl gewerblicher Fahrzeuge für Zwecke des Car-Sharings zunehmen, insbesondere wenn verstärkt auch Spezialfahrzeuge angeboten werden (Fahrzeuge mit unterschiedlicher Mitnahmefähigkeit von Personenzahl und Gütern, mit



unterschiedlichen Fahreigenschaften und Image-Attributen). Schließlich wird nach einer Einführungsphase der allgemeine technische Fortschritt dafür sorgen, dass auch automatisierte Fahrzeuge immer preisgünstiger und in der Leistung besser werden. Angesichts dieser vielen Effekte ist nicht auszuschließen, dass die Gesamtzahl der Fahrzeuge (Motorisierungsgrad) im Zuge der Automatisierung des Fahrens weiter steigen könnte.

Auf dem Fahrzeug- und Mobilitätsmarkt wird der globale Technikwettbewerb mit einer kaum durch Regulierung zu beherrschenden Dynamik aufwarten, sodass in Folge dessen ein „Überrennen“ etablierter Anbieter eintreten könnte. Es entstehen neue Märkte mit neuen Marktteilnehmern. Etablierte Anbieter müssen mit Marktneulingen auch aus der ICT-Branche um Marktanteile konkurrieren.

Handlungsempfehlungen:

- Überregulierung vermeiden, um den neuen Ansätzen Luft zu lassen.
- Anreize für unternehmerisches Risiko setzen.
- Wettbewerbssituation beobachten.



4 Verkehrliche Wirkungen und Potenziale

Automatisiertes Fahren ermöglicht voraussichtlich kleinere Fahrzeugabstände bei höherer Verkehrssicherheit. Um diese Kapazitätsgewinne realisieren zu können, ist allerdings eine Änderung der heutigen Regeln erforderlich. Die Straßenverkehrsordnung muss bei den minimal zulässigen Fahrzeugfolgeabständen zwischen automatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen unterscheiden, was u.a. bei der Überwachung zu zusätzlichen Anforderungen führt.

Auf lange Sicht könnte auch die Verkehrsleitung völlig revolutioniert werden. Hardware-Anzeigen ließen sich durch Datensignale innerhalb vernetzter Systeme ersetzen. Dies gilt aber nur dann, wenn es keine nicht-automatisch fahrenden Fahrzeuge mehr gibt. Dies wird in jedem Fall noch einige Jahrzehnte dauern.

Ideal wäre die Vorgabe verkehrabhängiger Geschwindigkeiten für das gesamte Kraftstraßennetz. Diese Regeln können auch zur automatischen Bildung stabiler Fahrzeugpulk mit kurzen Fahrzeugfolgeabständen führen, natürlich nur in dem Umfang, wie diese Abstände rechtlich zulässig sind.

Wie sich das Fahrverhalten automatisierter Fahrzeuge genau ausprägen

wird und welchen Anteil am Verkehrsgeschehen sie wann erreichen, kann zurzeit nicht vorhergesehen werden. Entsprechend ungewiss bleiben quantifizierte Vorhersagen der Änderung der Straßenkapazität. Die Flotten werden auf jeden Fall über einen längeren Zeitraum aus einer Mischung von Fahrzeugen bestehen, die mit den heutigen Abständen (menschliche Fahrer), mit größeren Abständen (gemäß der in Abschnitt 2.3 beschriebenen StVO-Auslegungen) und mit wesentlich kleineren Abständen fahren (z.B. kommunizierende, automatisierte Fahrzeuge). Für Kraftfahrstraßen stellt eine Studie des VDA⁷ fest, dass im Endzustand bei vollständig hochautomatisiertem Fahren ein Kapazitätsgewinn von durchschnittlich 30% auf Autobahnen erreicht werden kann, in den Jahren vorher bei gemischter Flotte aber auch Kapazitätsverluste bis zu 10% zu erwarten sind.

Anders als beim vollautomatisierten Fahren auf Kraftfahrstraßen sind die verkehrlichen Wirkungen eines vollautomatisierten Fahrens auf Stadtstraßen noch schwerer abschätzbar und

⁷ Forschungsvereinigung Automobiltechnik (2017)



nicht nur positiv zu bewerten. Automatisiertes Fahren der Stufen 3 und 4 und insbesondere fahrerloses Fahren der Stufe 5 wird den Komfort der Fahrten erhöhen. Die Fahrzeit im Pkw kann für andere Tätigkeiten genutzt werden. Das wird beim Kolonnenverkehr und den langen Staus vor Knotenpunkten mit Pfortnerfunktion in den Zufahrten zu den Städten seinen Anfang nehmen. Dadurch entfallen Alleinstellungsmerkmale des öffentlichen Verkehrs (lesen, arbeiten). Der Pkw-Anteil wird daher vermutlich steigen.

Auch in städtischen Räumen reduziert automatisiertes Fahren die Zeitlücken und erhöht so die Kapazitäten an den Knotenpunkten um bis zu 40 %⁸. Ein Teil dieser Kapazitätsgewinne wird bereits ohne eine Änderung der Straßenverkehrsordnung eintreten, wenn automatisierte Fahrzeuge zum Beispiel an Lichtsignalanlagen im Vergleich zu Fahrzeugenkern weniger „trödeln“. Das führt zu weniger Verlustzeiten. Zusätzliche Kapazitätsreserven sowie andere Vorteile des automatisierten Fahrens werden aber auch die Attraktivität der Fahrzeugnutzung und damit die Pkw-Verkehrsleistung in der Stadt erhöhen. Möglicherweise hat man hinterher den gleichen Zustand wie vorher, nur mit mehr Pkw-Verkehr. Ein Verkehrsfluss mit kürzeren Fahrzeugfolgen führt zu einem dichteren Verkehr. Fußgänger und abbiegende Fahrzeuge werden schwerer Lücken finden. Die

Trennwirkung der Straßen erhöht sich.

Vernetzte Fahrzeuge, die mit Lichtsignalanlagen kommunizieren können, ermöglichen eine bessere Detektion anderer Fahrzeuge und deren Verhaltens, insbesondere der Abbiegeraten und der Fahrzeiten. Damit können heutige Steuerungsverfahren von Lichtsignalanlagen durch Regelungsalgorithmen, die auf gemessenen Fahrzeiten basieren, ersetzt werden. Dadurch kann die vorhandene Kapazität besser genutzt werden. Die Zahl der Halte und damit der Energieverbrauch und die Schadstoffemissionen werden sinken. Auch das allgemeine Staumanagement wird sich in der Zukunft verbessern.

Neben den genannten Aspekten ist aber auch zu befürchten, dass autonomes Fahren die Verkehrsmittelwahl im Stadtverkehr maßgeblich verändern wird und zu deutlich mehr Fahrzeugfahrten, verbunden mit spürbaren und unerwünschten Nebeneffekten, führen kann. Zum einen ist zu erwarten, dass autonomes Valet-Parking den Nutzen des Pkw gegenüber dem öffentlichen Verkehr (ÖV) erhöhen wird, da Parksuchzeiten, Zu- und Abgangszeiten entfallen bzw. zumindest deutlich reduziert werden. Damit besteht das Risiko spürbarer Nachfrageverluste im ÖV, verbunden mit der Konsequenz einer deutlich reduzierten Wirtschaftlichkeit dort. Zudem sind Verlagerungen vom Fußgänger- und Fahrradverkehr auf Shuttleservices mit fahrerlosen Fahrzeugen zu erwarten, da diese bequemer

⁸ Friedrich, B. (2015)



sind. Das Ausmaß solcher Verlagerungen zwischen den Verkehrsmitteln lässt sich bisher nur schwer abschätzen und hängt sicher von Geschäftsmodellen, Preisen, Zugangsmodalitäten etc. ab. Hier ist weitere Forschung erforderlich. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass starke Verkehrsverlagerungen zu einem deutlichen Zuwachs von Fahrzeugen führen können, so dass die Kapazitäten der städtischen und regionalen Straßenverkehrssysteme überbeansprucht werden und so Gewinne wie weniger Parkplatzbedarf oder besserer Verkehrsfluss überkompensiert werden und zum Nachteil der Stadt umschlagen.

Die Anzahl der zu jedem Zeitpunkt sich bewegenden Fahrzeuge wird vermutlich steigen, da es viele zusätzliche Teilnehmer und Fahrzwecke geben wird, darunter auch die Leerfahrten. So wird zum Beispiel eine Vielzahl von Fahrten für den Transport von Gegenständen stattfinden, auch für solche Zwecke, die aus heutiger Sicht für eine Extrafahrt absurd „unwichtig“ erscheinen (z.B. vergessenes Smartphone oder Sportsachen abholen). Zu befürchten – aus verkehrlicher Sicht – ist außerdem eine deutliche Zunahme der zweckentfremdeten Nutzung von Straßen durch automatische Autos: reine Werbefahrten, bei denen Autos Werbebotschaften verbreiten; kostensparende, langsame Fahrten, nur um Parkgebühren zu sparen oder bei mangelnden Parkmöglichkeiten die rasche Verfügbarkeit eines Fahrzeugs zu sichern; in sozialen Netzwerken

organisierte Spiele mit Fahrzeugen (auch für Kinder und Jugendliche).

Insgesamt wird sich daher die Notwendigkeit ergeben, die knappe städtische Verkehrsinfrastruktur stärker zu bewirtschaften als bisher. Um nach der prognostizierten Senkung der variablen Kosten der Fahrzeugnutzung ein Anwachsen der Verkehrsleistung beeinflussen zu können, wird eine fahrleistungsabhängige Straßennutzungsgebühr im städtischen Raum unvermeidlich sein, mindestens im Sinne einer sog. „Schutzgebühr“. Eine darüber hinaus gehende räumlich und zeitlich flexible Bepreisung von Fahrten kann insbesondere bei automatisierten und vernetzten Fahrzeugen einen großen Beitrag zur effizienteren Nutzung des Straßennetzes leisten.

In ländlichen Räumen hingegen ist denkbar, dass fahrerlose Fahrzeuge den ÖV ersetzen können und damit eine kundenfreundliche, finanzierbare und attraktive Alternative zum heute defizitären ÖV darstellen. Hier ist zu klären, in welchem Umfang die Finanzierung des ÖV weiterentwickelt werden muss, um einerseits die Daseinsvorsorge zu sichern und andererseits solche neuen, auf autonome individuelle Services gestützte Mobilitätsangebote nutzerfreundlich auszugestalten.

Handlungsempfehlungen:

- Entwicklung von Verhaltensregeln für automatisiertes Fahren, die die Effizienz der Kraftfahrstraßennutzung fördern.



- Untersuchungen zu Wirkungen fahrerloser Fahrzeuge auf die Verkehrsnachfrage und die Straßenkapazität.
- Untersuchung der Wechselwirkungen im Modal-Split zwischen den klassischen Angeboten Fuß, Rad, ÖV und neuen autonom fahrenden Mobilitätsangeboten.
- Den Kommunen die Möglichkeit geben, die Nutzung öffentlicher Straßen abhängig vom Besetzungsgrad zu bepreisen.



5 Anforderungen an die Infrastruktur

Verkehrswegenetze entwickeln sich über lange Zeiträume. Deshalb ist es sinnvoll, bereits heute zukünftige Anforderungen an die Verkehrswege und die Verkehrssteuerung zu definieren und diese bei Neubau-, Ausbau- und Umbaumaßnahmen soweit möglich und sinnvoll zu berücksichtigen. Die Anforderungen an die zukünftige Infrastruktur lassen sich aus den folgenden Zielen ableiten:

- Die Verkehrsinfrastruktur muss die Ansprüche nicht-motorisierter Verkehrsteilnehmer, herkömmlicher Fahrzeuge und fahrerloser Fahrzeuge gleichermaßen berücksichtigen. In städtischen Bereichen sind zusätzlich die Ansprüche der Stadtplanung einzubeziehen.
- Die Verkehrsinfrastruktur soll so gestaltet werden, dass die Potenziale fahrerloser Fahrzeuge genutzt werden können.
- Die Kommunikationsinfrastruktur muss so ausgebaut werden, dass Informationen zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur mit hoher Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit übertragen werden können.

Bisher thematisieren weder der aktuelle Bundesverkehrswegeplan noch die Verkehrsentwicklungspläne der Kommunen automatisiertes oder fahrerloses Fahren. Gerade für die Gruppe B können begleitende Infrastrukturmaßnahmen die Einführung erleichtern oder überhaupt erst ermöglichen. Dazu sollten sich potenzielle Hersteller autonomer Fahrzeuge und deren Zulieferer mit den Infrastrukturbetreibern und deren Lieferanten auf Standardlösungen einigen, die beide Akteursgruppen möglichst wenig technisch und wirtschaftlich herausfordern.

Verkehrswegenetze werden in den deutschen Regelwerken entsprechend ihrer Funktionalität in Straßenfunktionsklassen unterteilt (Autobahnen, Landstraßen, städtische Verbindungsstraßen, Erschließungsstraßen). In analoger Weise könnte man jedem Netzabschnitt des Verkehrswegenetzes eine Fähigkeitsstufe zuordnen. Fähigkeitsstufen definieren die Anforderungen, die von hochautomatisierten oder fahrerlosen Fahrzeuge erfüllt werden müssen, um einen Netzabschnitt befahren zu können. Reine Autostraßen stellen andere Anforderungen an die Fähigkeiten der Fahrzeuge als Straßen mit gemischtem



Verkehr. In der Netzplanung sollten dann für jeden Netzabschnitt die vorhandene Ist-Fähigkeitsstufe und die erwünschte Soll-Fähigkeitsstufen bestimmt werden, die ein Netzabschnitt zukünftig unterstützen sollte.

Es stellen sich auch neue Herausforderungen an den Städtebau und die Planung der städtischen Verkehrsanlagen, vor allem an die Netzplanung und die Netzgestaltung. Ein stadtgerechtes, automatisiertes und autonomes Fahren erfordert eine Neukonzipierung städtischer Straßennetze. Dabei könnten die Straßen in Anlehnung an die heutige Netzkategorisierung und unter Einbeziehung der Diskussionen zur Neugestaltung der Regelgeschwindigkeiten zukünftig in drei Straßenkategorien wie folgt unterteilt werden:

1. Reine Kraftfahrzeugstraßen, die der Verbindung mit Nachbarorten dienen und in der Regel mit 50 km/h befahren werden dürfen.
2. Straßen mit Mischverkehr und Vorrang für Kfz, die der innerörtlichen Verbindung dienen und in der Regel mit 30 km/h befahren werden dürfen.
3. Straßen mit Mischverkehr ohne Vorrang für Kfz, die der Erschließung dienen und in der Regel mit höchstens 20 km/h befahren werden dürfen.

Diese Straßenkategorisierung kann mit dem Konzept der Qualifizierungsstufen für automatisiertes Fahren verbunden werden.

Handlungsempfehlungen:

- Anpassung von Technikstandards für die Infrastrukturauslegung, um automatisierten Straßenverkehr zu erleichtern.
- Entwicklung eines Stufenkonzepts für die Eignung von Netzabschnitten für den automatisierten Verkehr und der dafür jeweils erforderlichen Qualifikationsstufe der Fahrzeuge sowie dahinterliegende Cloud- oder Betriebszentralen.
- Weiterentwicklung vorhandener Richtlinien für die Gestaltung von Verkehrsnetzen unter Berücksichtigung der Potenziale und Grenzen automatisierter Fahrzeuge.



6 Automatisierter Straßengütertransport

Im Bereich des Gütertransports ist mit Blick auf die bereits erprobten Platooning-Piloten (vollautomatisiertes Folgefahren mit Kontrollperson im Fahrerhaus) insbesondere beim Güterfernverkehr auf Autobahnen der Effekt des deutlich reduzierten Sicherheitsabstands hervorzuheben, der zu einer stark verbesserten Auslastung der chronisch knappen Infrastrukturkapazitäten führt. Trotz kleiner Fahrzeugabstände sollte sich ein höheres Verkehrssicherheitsniveau einstellen.

Ein möglicher Verzicht auf Ruhezeiten erhöht zudem die Effizienz der Transportleistungen. Außerdem verbessern sich für die Fahrer die Arbeitsprofile – es ergeben sich Spielräume für Job-Enrichment, beispielsweise durch Übernahme von Dispositionstätigkeiten während der vollautomatisierten Fahrt. Damit würde auch der Beruf des Lkw-Fahrers wieder an Attraktivität gewinnen und sich das latente Problem des Fahrermangels entspannen. Bei einer breiten Markteinführung ist auch vorstellbar, für Fahrzeuge ohne Fahrer eigene Fahrstreifen mit separaten Auf- und Abfahrten einzurichten. Diese könnten zugleich im Sinne einer Anreizwirkung Fahrzeugen mit alternativen Antrieben

(z.B. Elektro-, Hybrid- oder Oberleitung) zur Verfügung gestellt werden.

Der Brennpunkt „letzte Meile“ in urbanen Räumen bietet ebenfalls viele Ansatzpunkte für automatisiertes Fahren von Lkws. Angesichts der hohen Verkehrsdichte und der komplexen Fahrsituationen scheinen hier aber noch deutlich mehr Entwicklungsarbeiten notwendig zu sein. Die niedrigen Durchschnittsgeschwindigkeiten wirken demgegenüber als Erleichterung für das automatisierte Fahren. Konkret wäre etwa im Bereich der Kurier-, Express- und Paketdienste an vollautomatisiert fahrende „Rollcontainer“ zu denken, die ausgehend von dezentralen Packstationen die Belieferung der Empfänger übernehmen. Ein besonderer Vorteil des automatisierten Befüllens bzw. Abholens ist die Verlagerungsmöglichkeit auf Zeiten, in denen die Verkehrsinfrastruktur weniger belastet ist. Werden geräuscharme Fahrzeuge dafür verwendet und der Prozess des Be- und Entladens ebenfalls geräuscharm zu bewältigen sein, stünden sogar große und bislang lastarme Zeitfenster in der Nacht zur Verfügung. Schließlich lassen sich auch besondere Ausprägungen des automatischen Valet-Parkens vorstellen: Wenn in städtischen Zonen Fahrerboter das Einparken und Andocken



an Rampen übernehmen, lassen sich Bagatellschäden verringern und stressbehaftete Aufgaben für die Fahrer reduzieren. Bei städtischen Baustellen könnten die Transfers zwischen Baustelle und Wartezonen für Lkw fahrerlos organisiert werden.

Es gibt demnach viele naheliegende und zukunftssträchtige Anwendungsfelder für automatisiertes Fahren im Gütertransport. Im Unterschied zum Personenverkehr lassen sich Anwendungen im Güterverkehr schon wegen dessen kommerziellen Charakters in der Regel wirtschaftlich darstellen. Dies erhöht die Rationalität solcher Entscheidungen.

Handlungsempfehlungen:

- Forschung zum Einsatz der Automatisierung im Straßengüterverkehr und Ausschreibung von Pilotversuchen zur Evaluierung vorgeschlagener Konzepte im Rahmen von Living Labs.
- Weiterentwicklung der verkehrsrechtlichen Rahmenbedingungen zur Ermöglichung aussagekräftiger Pilotversuche.



7 Herausforderungen hinsichtlich Cyber-Security und Privacy

Auch wenn die Automatisierungsstufen zwischen assistiert, teilautomatisiert, hochautomatisiert und vollautomatisiert erheblich variieren, so führt automatisiertes Fahren doch unmittelbar zum Thema vernetzter Fahrzeuge und damit auch zur Problematik des Datenschutzes und der Cyber-Security beim Einsatz von Informations- und Kommunikationssystemen (ICT). Damit stellen sich Fragen, inwiefern bestimmte Formen des automatisierten Fahrens aufgrund von Sicherheitsbedenken, Haftungsfragen oder Datenschutzbedenken gänzlich tabu sind, welche Rolle geeigneten Standards zukommt oder wie sich die institutionelle Aufgabenteilung zwischen den involvierten Akteuren (Herstellern, Fahrzeughaltern, Versicherungsunternehmen, Verkehrspolizei etc.) bei einem Übergang zu autonomem Fahren verändert.

Datenschutz und Cyber-Security erlangen aufgrund des stark ansteigenden Datenvolumens und der immer stärker werdenden internationalen Vernetzung weltweit größere Bedeutung. Im Dezember 2015 sind wesentliche Reformen des Datenschutzrechts vom Europäischen Parlament und Rat im Rahmen der Datenschutzgrundverordnung und der e-Privacy-Richt-

linie beschlossen worden, die die Datenschutzrichtlinie aus dem Jahre 1995 ablösen. Ziel ist u. a. der einfachere Zugang zu den eigenen persönlichen Daten, Recht auf Datenübertragbarkeit, Klärung des „Rechts auf Vergessenwerden“ und das Recht zu erfahren, ob Daten „gehackt“ wurden⁹. Bereits im August 2013 ist eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen zur Gewährleistung einer hohen gemeinsamen Netz- und Informationssicherheit (Cyber-Security) in der Union verabschiedet worden¹⁰. Im Fokus stehen „kritische Infrastrukturen“, deren Störung oder Zerstörung durch gezielte Cyberangriffe mit Schadsoftware erhebliche grenzüberschreitende Auswirkungen hätten. Die Umsetzung des Datenschutzes und der Cyber-Security im Kontext des autonomen Fahrens wird sicherlich durch die allgemeinen und umfassenden Reformen auf diesem Gebiet erleichtert.

Aus heutiger Sicht bleibt ein Konflikt zwischen der aus Sicherheitsgründen notwendigen Vernetzung, auch für Updates „over-the-air“, und dem „Abriegeln“ der Fahrzeugelektronik, um

⁹ Europäisches Parlament (2016)

¹⁰ Europäisches Parlament (2013)



Attacken besser abwehren zu können, bestehen.

Insofern ist von einem konkreten zusätzlichen verkehrspolitischen Handlungsbedarf auszugehen, um den Besonderheiten im Straßenverkehr gerecht zu werden. Dabei wird eine Kombination von institutionellen Lösungsansätzen empfohlen. Dies sind anwendungsspezifische Gesetzeslösungen (z.B. eCall, Maut, car2car-Sicherheitskommunikation), freiwillige oder obligatorische IT-Sicherheits- und Datenschutzzertifizierungen, eine Verständigung der Branchen auf datenschutzfreundliche Standards sowie einheitliche Schnittstellen und Verhaltensregeln. Der 52. Deutsche Verkehrsgerichtstag (Arbeitskreis 7) hat unter dem Motto: „Wem gehören die Fahrzeugdaten?“ Empfehlungen abgegeben, die auf die Notwendigkeit von verfahrensrechtlichen und technischen Schutzvorkehrungen abstellen. Diese Empfehlungen können eine fruchtbare Ausgangsbasis für die weiteren Schritte in Richtung einer Umsetzung automatisierten Fahrens unter Einbezug der Anforderungen an Datenschutz und Verkehrssicherheit darstellen. Hiernach sind bei freiwilligen oder vertraglich vereinbarten Datenübermittlungen an Dritte Fahrzeughalter und Fahrer technisch und rechtlich in die Lage zu versetzen, dieses zu kontrollieren. Bei Daten, die aufgrund gesetzlicher Regelungen erhoben, gespeichert oder übermittelt werden sollen, sind verfahrensrechtliche und technische Schutzvorkehrungen genau zu bestimmen,

ebenso Fragen des Zugriffsrechts des Fahrzeughalters bzw. Fahrers auf diese Daten. Hierzu zählen datenschutzrechtliche Grundprinzipien wie Datensparsamkeit, informationelles Selbstbestimmungsrecht durch Transparenz und Wahlfreiheit der Betroffenen, möglichst weitgehende Anonymisierung der Daten, „zeitnahe“ Löschung der Daten, grundrechtliche und strafprozessuale Regelungen der Zugriffsrechte der Strafverfolgungsbehörden und Gerichte. Die bereits bestehenden Regelungen zum Datenschutz und zur Datensicherheit von Straßen- und Echtzeit-Verkehrsdaten der Richtlinie 2010/40/EU¹¹ müssen dabei auch im Bereich des autonomen Fahrens Anwendung finden.

Auch wenn heute nicht abzusehen ist, ob die Vorgaben in der Praxis hinreichend greifen werden, so sollte die Diskussion der mit der Vernetzung verbundenen potenziellen Gefahren hinsichtlich Security und Privacy nicht dazu führen, die vorhandenen Chancen dieser Vernetzung verhindern. Abhängig von der Nutzung sollten klare Regeln für den Zugang zu den Daten formuliert werden, damit die legitimen Interessen insbesondere von potenziellen Unfallbetroffenen gewahrt bleiben.

Handlungsempfehlungen:

- Weiterentwicklung des Datenschutzrechts und Anpassung bzw. Übertragung desselben auch auf den Verkehrssektor

¹¹ Europäisches Parlament (2010)



durch Anonymisierung, Aufbewahrungs- bzw. Speicherdauern, Einsichts- und Zugriffsrechte.

- Schaffung eines Rechtsrahmens für die Erhebung und Archivierung von sowie Zugriff auf Daten, die im Rahmen des automatisierten Fahrens entstehen.



8 Einführungsrisiko und Risikomanagement

Die Einführung des automatisierten Fahrens ist die größte Disruption seit Einführung des motorisierten Straßenverkehrs. Dies erfordert zwangsläufig die Auseinandersetzung mit neuartigen Formen des Risikos.

So ist trotz aufwändiger Systemabsicherung für das automatisierte Fahren ab Stufe 3 nicht vor der Markteinführung der Nachweis möglich, dass das Risiko des automatisierten Fahrens unterhalb des Vergleichsrisikos mit den heute auftretenden Unfallzahlen und deren Folgen liegt. Das gilt für beide Gruppen A und B gleichermaßen. Da allerdings die Innovation des automatisierten Fahrens mit der Perspektive entwickelt wird, die Straßenverkehrssicherheit erheblich zu verbessern, erscheint auch das Einführungsrisiko gerechtfertigt, ohne einen vorherigen Nachweis Erfahrungen im Alltagseinsatz zu ermöglichen. Daher sind die Einführungsstrategien so zu gestalten, dass die Einführungsrisiken klein und überschaubar sind.

Schon die öffentliche Resonanz nach dem tödlichen Unfall mit dem TESLA Model S-Autopiloten im Mai 2016 hat gezeigt, dass im Falle eines schweren Unfalls schnell nach politischen Konsequenzen gerufen wird. Daher sollte antizipatorisch eine transparente

Kommunikation vorbereitet werden, wie auf auftretende Unfälle mit automatisierten Fahrzeugen reagiert werden soll. Dazu ist eine faktenbasierende pro-aktive Informationsermittlung zur Sicherheitsbewertung von großem Vorteil, um Vertrauen für die Technologie, aber auch für das Risikomanagement zu erreichen. Der erste schwere Unfall, verursacht von einem automatisierten Fahrzeug, wird zweifelsohne auftreten, auch wenn nicht vorgesehen werden kann, wann, wo und mit welchen Konsequenzen dies geschehen wird.

Damit diese Ungewissheit über die tatsächliche Sicherheit weder zu einem Innovationsstopp noch zu einem unakzeptablen Risiko bei einer unkontrollierten Einführung führen wird, erscheint ein von vornherein errichtetes Risikomanagementsystem geeignet, um die Einführung und die Weiterentwicklungen zu steuern. Dazu ist neben einer dafür zuständigen Institution auch ein Berichtswesen einzurichten, an dem die Fahrzeughersteller zu beteiligen sind. Anleihen aus den Bereichen der Bahntechnik oder der Luftfahrt erscheinen hier möglich. Insbesondere sollten „Störfälle“ in einem herstellerübergreifenden System analysiert werden und in transparenter Weise auch zum Nachvollzie-



hen der Öffentlichkeit aufbereitet werden. Zum einen lässt dies weniger Raum für Verschwörungstheorien und zum anderen können Entscheider über den Einsatz ein realistischeres Bild über das Einsatzrisiko erhalten.

Anders als bei den evolutionären Konzepten der Gruppe A stellt die Gruppe B in vielen Fällen eine Disruption zum heutigen Mobilitätskonzept dar. Neue Instanzen wie die Betreiber rücken in den Mittelpunkt, verbunden mit neuen Geschäftsmodellen. Die Marktmechanismen können sich verschieben und das Transportsystem umwälzen. Daher scheidet eine Erprobung auf konventionellem Weg aus. Man sollte sich stattdessen darauf konzentrieren, die Systeme inkrementell weiterzuentwickeln und im „alten“ Basissystem zu erproben. Auch können Technikdemonstrationsprojekte nur wenig darüber aussagen, ob sich die disruptiven Ansätze im realen Umfeld behaupten werden. Daher sollten überschaubare, aber innovative, reale Einsatzmöglichkeiten (bei der acatech-Studie¹² „living labs“ genannt) geschaffen werden, um Anhaltspunkte darüber zu gewinnen, wie sich die neuen Dienste im realen Einsatz bewähren.

Handlungsempfehlungen:

- Errichtung einer Sicherheitsmanagement-Institution zur Überwachung des Einsatzes von automatisiertem Fahren

ab Level 3 und für eine transparente und damit vertrauenerweckende Kommunikation.

- Schaffung von Living-Labs (mit realem Einsatz) über die „Testfelder“ hinaus.

¹² s. acatech (Hrsg.) (2015)



9 Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen

Für die Einführung des hochautomatisierten Fahrens als Einstiegsstufe der Gruppe A wurde und wird schon viel getan. Dies wird vom Wissenschaftlichen Beirat für Verkehr ausdrücklich begrüßt. Trotzdem bleiben auch hier noch einige Punkte offen. Daher darf die Verkehrspolitik nicht untätig bleiben.

- Der Wissenschaftliche Beirat empfiehlt, kritisch zu prüfen, ob die Fahrer wirklich ihrer Rolle als Rückfalllösung bei der Rückübergabe der Fahrzeugführung wie beabsichtigt gerecht werden können oder ob sich daraus Risiken entwickeln, die den erwünschten Gewinn an Sicherheit bedrohen.
- Eine strikte StVO-Konformität der automatisierten Fahrt mit der Übernahme von für menschliche Fahrer formulierten Grenzwerten kann zu Konfliktszenarien führen. Deren Auswirkungen auf die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Verkehrsanlagen sollten analysiert und daraus das situationsabhängig adäquate Verhalten in Konfliktszenarien konkret definiert werden.

Während Deutschland bei der Gruppe A weiterhin eine führende Rolle einnimmt, gilt es, auch aus industriepolitischer Sicht, die Aktivitäten zum fahrerlosen Fahren der Gruppe B zu intensivieren. Solange die Pflicht zur Überwachung des Fahrzeugs durch einen präsenten Fahrzeugführer nicht aufgehoben ist, werden sich die Versprechungen des autonomen Fahrens – Gewinn nutzbarer Zeit durch Hinwendung zu anderen Tätigkeiten, Erhöhung der Verkehrssicherheit, Einsparung von Personalkosten bei gewerblichen Fahrten – nicht realisieren lassen. Gerade weil es eine große Unsicherheit gibt, wie diese neuen Formen in den Straßenverkehr integriert werden sollen und wie sich dadurch die Verkehrsplanung für die Zukunft ändert, sollte die Aufmerksamkeit verstärkt auch auf dieses Feld gerichtet werden. Der Übergang zum fahrerlosen Fahren erfordert Lösungen in folgenden Themenfeldern:

- Ein Rechtsrahmen für den Betrieb von fahrerlosen Fahrzeugen ist auszugestalten.
- Ein Sicherheitsmanagement als 'lernendes', reflexives System, das in der systematischen Beobachtung und Untersuchung von Schadensfällen Sys-



temfehler erkennt und Lernprozesse organisiert, ist zu etablieren.

- Die Richtlinien für Security und Privacy, um einen rechtssicheren Rahmen für die Betreiber zukünftiger fahrerloser Fahrzeuge zu schaffen, sind zu konkretisieren.

Weitere Handlungsfelder für den Übergang sind:

- Living Labs erscheinen als probates Mittel, um zum einen die Technologieentwicklung in Deutschland zu fördern und zum anderen Erfahrungen im Einsatz zu sammeln, welche Herausforderungen zu bewältigen sind und welche Vorteile sich bei tatsächlicher Nutzung ergeben.
- Neben den Interaktionen über Fahrzeug-Fahrzeug- und Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikationssysteme sind insbesondere die Wechselwirkungen zu Fußgängern und Radfahrern in Laboren und Living-Labs unter Einschluss von Akzeptanz- und Wirkungsuntersuchungen zu analysieren.
- Dabei sollten die geänderten Betriebsmodelle auf Standards aufsetzen können, einschließlich eines umfassenden Sicherheitsmanagements. Behörden, Institute und Industrievertreter sollten die Grund-

lagen für Standards entwickeln.

- Für erste Pilotversuche bieten sich fahrerlose Leerfahrten auf begrenzten Gebieten und mit geringer Geschwindigkeit an, womit auch ein großer Teil der technischen Herausforderungen für fahrerlose Transporte erfassbar wird.
- Insgesamt ist der Regelungsrahmen für die Nutzung und Verantwortung bei fahrerlosen Fahrzeugen, der gegenüber dem ÖPNV (in Form des Personenbeförderungsgesetzes – PBefG) andere Anforderungen berücksichtigen muss, vertieft zu erforschen und anzupassen. In diesem Zusammenhang sind dann auch sachliche, städtebauliche und stadtverkehrliche Fragen des Zusammenspiels fahrerloser Fahrzeuge mit Fahrzeugen bisheriger Technologie (u. a. Zweiradverkehr) und mit nicht motorisierten Verkehrsteilnehmern ein wichtiges Forschungsfeld.

Auch wenn die Einführung des automatisierten Fahrens sich weitgehend an der heute vorhandenen Infrastruktur orientieren muss und zunächst auch nur wenig Einfluss auf deren Ausnutzung nimmt, so ist für die Zukunft möglichst frühzeitig die Wechselwirkung zu betrachten und als gemeinsames System zu optimieren. Dazu wird empfohlen:



- Schaffung der technischen und rechtlichen Voraussetzungen für eine orts-, zeit- und fahrleistungsabhängige Bepreisung insbesondere auch im städtischen Bereich.
- Entwicklung von Verhaltensregeln für automatisiertes Fahren, die die Effizienz der Kraftfahrstraßennutzung fördern.
- Untersuchungen zu Wirkungen fahrerloser Fahrzeuge auf die Verkehrsnachfrage und die Straßenkapazität.
- Zukunftsgerichtete Harmonisierung der Anforderungen an Verkehrsanlagen hinsichtlich der notwendigen oder wünschenswerten Eigenschaften für automatisiertes Fahren gemeinsam durch Fahrzeugindustrie und Infrastrukturtechnikanbieter.
- Entwicklung eines Stufenkonzepts für die Eignung von Netzabschnitten für den automatisierten Verkehr und der dafür jeweils erforderlichen Qualifikationsstufe der Fahrzeuge.
- Weiterentwicklung vorhandener Richtlinien für die Gestaltung von Verkehrsnetzen.
- Entwicklung und Erprobung neuer Konzepte auf Basis fahrerloser, elektrisch angetriebener Fahrzeuge in verkehrsarmen Zeiten u.a. in Living Labs

Da automatisiertes Fahren immer den Vernetzungsaspekt beinhaltet, ergeben sich grundsätzlich Herausforderungen hinsichtlich Safety, Security und Privacy. Hierzu wird empfohlen:

- Das Datenschutzrecht ist auf den Verkehrssektor hinsichtlich der Aspekte Anonymisierung, Aufbewahrungs- bzw. Speicherungsfristen, Einsichts- und Zugriffsrechte anzupassen.
- Ein Rechtsrahmen für die Erhebung von, der Archivierung von und den Zugriff auf Daten, die im Rahmen des automatisierten Fahrens entstehen, ist zu schaffen.

Ein Risikomanagement zur Einführung und Begleitung der Automatisierung ist unerlässlich, schon bevor der erste Unfall durch automatisiertes Fahren auftritt. Daher wird empfohlen:

- Frühzeitiger Aufbau einer Sicherheitsinstitution zum Management des Risikos des automatisierten Fahrens unter Beteiligung der Fahrzeughersteller und zukünftigen Betreiber.

Für den Bereich des automatisierten Güterstraßenverkehrs wird empfohlen:



Literaturverzeichnis

acatech (Hrsg.) (2015). Neue autoMo-
bilität. Automatisierter Straßenver-
kehr der Zukunft (acatech POSITION),
München: Herbert Utz Verlag 2015.

Europäisches Parlament (2010)
„Richtlinie 2010/40/EU des Europäi-
schen Parlaments und des Rates vom
7. Juli 2010 zum Rahmen für die Ein-
führung intelligenter Verkehrssysteme
im Straßenverkehr und für deren
Schnittstellen zu anderen Verkehrs-
trägern“, ABl. L207/1, 6.8.2010

Europäisches Parlament (2013)
„Richtlinie 2013/40/EU des Europäi-
schen Parlaments und des Rates vom
12. August 2013 über Angriffe auf
Informationssysteme und zur Erset-
zung des Rahmenbeschlusses
2005/222/JI des Rates“, ABl.L 218/8
vom 14.8.2013

Europäisches Parlament (2016) „Ver-
ordnung (EU) 2016/679 des Europäi-
schen Parlaments und des Rates vom
27. April 2016 zum Schutz natürlicher
Personen bei der Verarbeitung perso-
nenbezogener Daten und zum freien
Datenverkehr und zur Aufhebung der
Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-
Grundverordnung)“, Abl. L 119/1 vom
4.5.2016.

European Commission (2016) “Saving
Lives: Boosting Car Safety in the EU -
Reporting on the monitoring and as-
sessment of advanced vehicle safety
features, their cost effectiveness and
feasibility for the review of the regula-
tions on general vehicle safety and on
the protection of pedestrians and
other vulnerable road users, Commis-
sion”. Staff Working Documents 431,
Report from the Commission to the
European Parliament and the Council,
[http://ec.europa.eu/DocsRoom/docu-
ments/20508/attachments/2/translati-
ons/en/renditions/pdf](http://ec.europa.eu/DocsRoom/docu-
ments/20508/attachments/2/translati-
ons/en/renditions/pdf)

Forschungsvereinigung Automobilte-
chnik e.V. (2017) „Auswirkungen des
teil- und hochautomatisierten Fahrens
auf die Kapazität der Fernstra-
ßeninfrastruktur“, FAT-Schriftenreihe
Band 296

Friedrich, B. (2015) "Verkehrliche Wir-
kung autonomer Fahrzeuge." in Mau-
rer, M. et. al. (Hrsg) Autonomes Fah-
ren. Springer Berlin Heidelberg, 2015.
331-350.

Gasser, T. M., Arzt, C., Ayoubi, M.,
Bartels, A., Bürkle, L., Eier, J., Fle-
misch, F., Häcker, D., Hesse, T., Huber,
W., Lotz, C., Maurer, M., Ruth-
Schumacher, S., Schwarz, S. u. Vogt,
W. (2012): Rechtsfolgen zunehmen-



der Fahrzeugautomatisierung. Gemeinsamer Schlussbericht der BAST-Projektgruppe "Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung", Dokumentteil 1. Wirtschaftsverlag NW, Heft F 83

NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) (2013) "Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles", www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf

SAE international (2016) "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles" Standard J3016_201609, Update von J3016_201401, Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pennsylvania

VDA Verband der Automobilindustrie e. V. (2015) „Automatisierung - Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren“ VDA-Magazin – Automatisierung, <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/automatisierung.html>

Wissenschaftlicher Beirat des BMVBS (2010) „Sicherheit zuerst – Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland“ ZVS 56, 2010, 4, 171-194



Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Prof. Dr. Alexander Eisenkopf	Friedrichshafen
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Fricke	Dresden
Prof. Dr.-Ing. Regine Gerike	Dresden
Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich	Stuttgart
Prof. Dr. Hans-Dietrich Haasis	Bremen
Prof. Dr. Günter Knieps (Vorsitzender)	Freiburg
Prof. Dr. Dr. h.c. Andreas Knorr	Speyer
Prof. Dr. Kay Mitusch	Karlsruhe
Prof. Dr. Stefan Oeter	Hamburg
Prof. Dr. Dr. h.c. Franz Josef Radermacher	Ulm
Prof. Dr. Gernot Sieg	Münster
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Siegmann	Berlin
Prof. Dr. Bernhard Schlag (bis Dez. 2016)	Dresden
Prof. Dr. Wolfgang Stölzle	St. Gallen
Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée	Aachen
Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch	Karlsruhe
Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner	Darmstadt