

## > Neue autoMobilität

Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft

acatech (Hrsg.)

# acatech POSITION

September 2015



Ein Projekt von acatech



DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

**Herausgeber:**

acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, 2015

Geschäftsstelle  
Residenz München  
Hofgartenstraße 2  
80539 München

Hauptstadtbüro  
Pariser Platz 4a  
10117 Berlin

Brüssel-Büro  
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13  
1000 Brüssel  
Belgien

T +49(0)89/5203090  
F +49(0)89/5203099

T +49(0)30/206309610  
F +49(0)30/206309611

T +32(0)2/2138180  
F +32(0)2/5046069

E-Mail: [info@acatech.de](mailto:info@acatech.de)  
Internet: [www.acatech.de](http://www.acatech.de)

**Empfohlene Zitierweise:**

acatech (Hrsg.): Neue autoMobilität. Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag 2015.

ISSN 2192-6166/ISBN 978-3-8316-4492-6

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Widergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH • 2015

Koordination: Michael Püschner, Stefanie Baumann, Dr. Tobias Hesse  
Redaktion: Dr. Ralf Grötter  
Layout-Konzeption: acatech  
Konvertierung und Satz: kognito gestaltung, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Printed in EC  
Herbert Utz Verlag GmbH, München  
T +49(0)89/27 77 91 00  
Internet: [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

### > **DIE REIHE acatech POSITION**

In dieser Reihe erscheinen Positionen der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften zu technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Die Positionen enthalten konkrete Handlungsempfehlungen und richten sich an Entscheidungsträger in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft sowie die interessierte Öffentlichkeit. Die Positionen werden von acatech Mitgliedern und weiteren Experten erarbeitet und vom acatech Präsidium autorisiert und herausgegeben.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter [www.acatech.de/publikationen](http://www.acatech.de/publikationen) zur Verfügung.

# INHALT

<b>KURZFASSUNG</b>	<b>6</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG DER HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN</b>	<b>7</b>
<b>PROJEKT</b>	<b>8</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>10</b>
<b>2 ZIELBILD</b>	<b>12</b>
2.1 Lebensqualität	14
2.2 Soziale Teilhabe	14
2.3 Sicherheit im Verkehr	15
2.4 Wettbewerbsfähigkeit durch innovative Geschäftsmodelle	15
2.5 Gesellschaftliche Wertschöpfung	15
2.6 Fazit: Chancen der <i>Neuen autoMobilität</i>	16
<b>3 NUTZUNGSSZENARIEN</b>	<b>17</b>
3.1 Zu Fuß und mit dem Rad sicher unterwegs	17
3.2 Gewonnene Zeit	19
3.3 Neue Flexibilität im Öffentlichen Verkehr	21
3.4 Verbesserte Versorgung	23
<b>4 AKTUELLER STAND UND IDENTIFIZIERTE AKTIONSFELDER</b>	<b>26</b>
4.1 Forschungsprojekte und Studien	26
4.2 Politischer Diskurs und Rechtsrahmen	27
4.3 Übersicht verschiedener Aktionsfelder	28
4.4 Methodik	30
<b>5 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN</b>	<b>32</b>
5.1 Zusammendenken von Automatisierung, Vernetzung und Infrastruktur	32
5.2 Stufenweise Entwicklung hin zum automatisierten Verkehr	33
5.3 Schaffung von Living Labs	34
5.4 Entwicklung und Einführung einheitlicher Prinzipien der Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeugbereich	34
5.5 Nutzbarmachung von Daten für Vernetzung und Automatisierung	35
5.6 Aktive Weiterentwicklung des Rechtsrahmens	36
5.7 Auflage eines Innovationsprogramms zum automatisierten Straßenverkehr der Zukunft	37
5.8 Nächste Schritte	38
<b>LITERATUR</b>	<b>40</b>

## KURZFASSUNG

Vor dem Hintergrund bedeutender Fortschritte im Bereich von Fahrerassistenzsystemen (FAS) und höheren Automationsfunktionen in Fahrzeugen in den letzten Jahren besteht die Notwendigkeit, heutige Mobilitätskonzepte neu zu denken und die Anforderungen an unser zukünftiges Verkehrssystem zu definieren. Automatisierung und Vernetzung von zukünftigen Verkehrsträgern können dazu beitragen, die Lebensqualität zu erhöhen und mehr Sicherheit im Straßenverkehr zu gewährleisten. In Kombination mit Elektromobilität können Technologien der intelligenten Fahrzeugsteuerung und Verkehrsinfrastruktur einerseits die negativen Begleiterscheinungen der Mobilität wie Lärmbelastung und Luftverschmutzung reduzieren und andererseits die Unfälle auf unseren Straßen minimieren. Automatisierter Straßenverkehr erleichtert zudem den Zugang zu Mobilität und vereinfacht damit auch die Möglichkeiten zur Teilnahme am gesellschaftlichen Leben – eine Herausforderung, die es gerade in Zeiten einer älter werdenden Gesellschaft zu adressieren gilt.

In absehbarer Zeit ist die Vision von marktreifen fahrerlosen Einzelfahrzeugen in bestimmten Gebieten durchaus realisierbar. Dabei werden wir einen Mischverkehr aus manuell gefahrenen und unterschiedlich automatisierten Fahrzeugen auf unseren Verkehrswegen erleben. Aus Gründen der derzeit rasanten Entwicklung im Bereich des automatisierten Fahrens hat die Projektgruppe „Neue autoMobilität“, die gemeinsam vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur sowie acatech initiiert wurde, die vorliegende Position verfasst. Darin präsentieren die Autoren das Zielbild „Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft“ für den Zeitraum ab 2030. Dieses veranschaulicht die Vorteile von innovativen Mobilitätslösungen und stellt die Bedürfnisse der Nutzer in den Mittelpunkt.

Aufgrund der zahlreichen Schnittstellen zu übergeordneten Themen und der Heterogenität der im Ökosystem Mobilität beteiligten Akteure, wurde zunächst eine schematische Beschreibung umsetzungsrelevanter Aktivitäten vorgenommen, die vor allem Fragen der technologischen Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit adressiert. Um die Chancen der „Neuen autoMobilität“ nutzbar zu machen, müssen bei der zukünftigen

Gestaltung der Fahrzeugtechnologie die richtigen Akzente gesetzt werden. Hier kommt es vor allem auf die Bereiche intelligente Fahrzeugsteuerung, Vernetzung von Fahrzeugen, IT-Sicherheit sowie intuitive Mensch-Maschine-Interaktion an. Als Basis dafür dienen vor allem Fortschritte in der Sensorik, Kameratechnik und Lokalisierung. Mit zunehmender Automatisierung im Straßenverkehr steigt auch der zusätzliche Nutzen durch digitale Vernetzung, zum Beispiel der Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Ampelsteuerungen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit übergreifender Kooperationen zwischen den verschiedenen Akteuren, die am automatisierten Straßenverkehr beteiligt sind, ob in der Forschung und Entwicklung, auf Anbieterseite oder als Nutzer. Darüber hinaus wird am Thema Daten verdeutlicht, dass dringender Gestaltungsbedarf bei übergeordneten Fragen wie der zukünftigen Verknüpfung verschiedener Mobilitätsformen, der Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens oder der Debatte über ethische Fragestellungen besteht. Hierfür bieten Living Labs als Teil eines umfassenden Innovationsprogramms diverse Möglichkeiten auch Belange der gesellschaftlichen Akzeptanz zu analysieren.

Damit nachhaltig Arbeitsplätze gesichert werden können und sich Deutschland als Leitanbieter und Leitmarkt für eine entsprechende Technologie etablieren kann, müssen sowohl die traditionellen Hersteller als auch Anbieter von neuen Mobilitätsdiensten innovative Lösungen in Deutschland entwickeln und ihre Wettbewerbsfähigkeit weltweit unter Beweis stellen. Als Automobilstandort ist Deutschland ferner gefragt, den Diskurs über Rahmenbedingungen auf nationaler und europäischer Ebene anzustoßen, um den Weg für eine neue automatisierte Mobilität zu ebnet.

In der Diskussion zum Zielbild wurde seit Projektbeginn deutlich, dass eine konzertierte Aktion nicht bis Ende 2016 auf sich warten lassen kann. Die acatech Position beinhaltet eine erste disziplin- und branchenübergreifende Verständigung zum Thema und adressiert gemäß ihrem Auftrag vor allem politische Entscheidungsträger sowie die Zivilgesellschaft. Rund dreißig Institutionen aus Wissenschaft, Politik, Industrie und Verbänden haben gemeinsam eine Vision für den

automatisierten Straßenverkehr ab 2030 erarbeitet. Das entwickelte Zielbild schafft die Grundlage für eine detaillierte Betrachtung des Themas in einer 2016 folgenden acatech Studie. In der zweiten Projektphase werden die Mitglieder ab Herbst 2015 eine Roadmap für den Zeitraum bis einschließlich 2030 ausarbeiten, in der die beteiligten Branchen und Wissenschaftsdisziplinen die Schritte zur Erreichung des in dieser Position skizzierten Zielbildes konkretisieren und Maßnahmen innerhalb der unterschiedlichen Aktionsfelder identifizieren. Parallel zur technisch-ökonomischen Betrachtung innovativer Fahrzeugtechnologien wird sich die acatech Studie auch mit Fragen im Kontext sozio-kultureller Entwicklungen beschäftigen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

### 1. Zusammendenken von Automatisierung, Vernetzung und Infrastruktur

Ein erheblicher Mehrwert zusätzlich zur reinen Automatisierung ergibt sich aus der Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur sowie der Integration mit Verkehrsmanagementsystemen und cloudbasierten Diensten. Insbesondere Komfort und Verkehrsfluss können auf diese Weise nochmals deutlich verbessert werden. Neben der technischen Entwicklung bedarf es der Etablierung einheitlicher Vorgaben für die Kommunikation und die kooperative Entscheidungsfindung im Verkehr. Darüber hinaus ist die frühzeitige Aufrüstung von Verkehrsinformations- und -kommunikationsinfrastrukturen erforderlich.

### 2. Stufenweise Entwicklung hin zum automatisierten Verkehr

Die Einführung eines automatisierten Straßenverkehrs bedarf eines stufenweisen Entwicklungsplans, der auch Einführungsszenarien des gemischten Verkehrs berücksichtigt. Weiterhin notwendig ist die sorgfältige Planung von Anreizen zur Steuerung der Verkehrsnachfrage.

### 3. Schaffung von Living Labs

Zur Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines automatisierten Straßenverkehrs, der die verschiedenen Verkehrsmittel

und am Verkehr Teilnehmenden integriert, bedarf es entsprechend ausgestatteter Living Labs und Testzentren.

### 4. Entwicklung und Einführung einheitlicher Prinzipien der Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeugbereich

Deutsche Hersteller, Forschungseinrichtungen, Prüforganisationen und Bundesbehörden sollten eine führende Rolle bei der Entwicklung und der Etablierung von internationalen Standards der sicherheitsrelevanten Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeugbereich einnehmen.

### 5. Nutzbarmachung von Daten für Automatisierung und Vernetzung

Die Erfassung und Verarbeitung von Daten und Informationen verschiedenster Quellen stehen bei Automatisierung und Vernetzung im Vordergrund. Hier gilt es, Modelle der Datennutzung zu entwickeln, welche die schützenswerten Interessen der Nutzer angemessen respektieren sowie attraktive und erfolgreiche Geschäftsmodelle für alle Beteiligten erlauben. Die Interoperabilität von Plattformen sollte durch geeignete Rahmenbedingungen ermöglicht werden.

### 6. Aktive Weiterentwicklung des Rechtsrahmens

Automatisierter Straßenverkehr erfordert regulatorische Entscheidungen auf nationaler und internationaler Ebene, um den Weg für erfolgreiche Markteinführungen zu ebnen. In diesem Zusammenhang stellt sich grundsätzlich die Frage, wie der Rechtsrahmen optimal weiterentwickelt werden kann, um die notwendige Rechtssicherheit für die Entwicklung des automatisierten Straßenverkehrs zu gewährleisten.

### 7. Auflage eines Innovationsprogramms zum automatisierten Straßenverkehr der Zukunft

Um in Zeiten eines zunehmend automatisierten Straßenverkehrs die technologische Gestaltungsmacht zu erhalten, bedarf es Investitionen in innovative Forschung und Entwicklung. In koordinierten Förderprogrammen sollte dabei insbesondere die weitere Vernetzung von Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen in einer interdisziplinären Forschung gestärkt werden.

# PROJEKT

## > PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Karsten Lemmer, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR)/acatech

## > PROJEKTGRUPPE

### AG Forschung und Entwicklung

- Prof. Dr. Karsten Lemmer, DLR/acatech (AG-Sprecher)
- Dr. Dirk Wisselmann, BMW
- Dr. Björn Filzek, Continental
- Dr. Chung Anh Tran, DB Mobility Logistics
- Prof. Dr. Achim Kampker, Deutsche Post DHL Group/ Streetscooter
- Dr. Martin Fischer, DLR
- Dr. Tobias Hesse, DLR
- Benjamin Scharte, Fraunhofer EMI
- Prof. Dr. Klaus Thoma, Fraunhofer EMI/acatech
- Prof. Dr. Werner Damm, OFFIS
- Dr. Steffen Knapp, Adam Opel
- Prof. Dr. Bernhard Friedrich, TU Braunschweig/acatech
- Prof. Dr. Markus Maurer, TU Braunschweig
- Dr. Gereon Meyer, VDI/VDE-IT

### AG Standardisierung und Normung

- Prof. Dr. Eckehard Schnieder, TU Braunschweig/acatech (AG-Sprecher)
- Dr. Gerd Neumann, DEKRA
- Prof. Dr. Klaus Vieweg, Universität Erlangen-Nürnberg/acatech
- Philipp Niermann, VDA
- Dr. Gereon Meyer, VDI/VDE-IT

### AG Rahmenbedingungen

- Prof. Dr. Achim Kampker, Deutsche Post DHL Group/ Streetscooter (AG-Sprecher)
- Dr. Thomas Schwarz, Audi
- Petra Richter, BDI

- Claas Bracklo, BMW
- Michael Lohmeier, Deutsche Post DHL Group
- Stephan Pfeiffer, DB Mobility Logistics
- Prof. Dr. Werner Damm, OFFIS/acatech
- Gerrit Jan Riemer, Adam Opel
- Anne Swierzy, Adam Opel
- Prof. Dr. Klaus Vieweg, Universität Erlangen-Nürnberg/acatech
- Henry Kuhle, VDA
- Jan Schepmann, VdTÜV

### AG Infrastruktur

- Prof. Dr. Bernhard Friedrich, TU Braunschweig/acatech (AG-Sprecher)
- Dr. Thomas Schwarz, Audi
- Prof. Dr. Markus Maurer, TU Braunschweig
- Andreas Reschka, TU Braunschweig
- Prof. Dr. Manfred Broy, TU München/acatech

### AG Geschäftsmodelle

- Michael Bültmann, HERE Deutschland (AG-Sprecher)
- Michael Püschner, acatech Geschäftsstelle
- Susanne Salomon, DB Mobility Logistics
- Martin Birkner, HERE Deutschland
- Bernd Fastenrath, HERE Deutschland
- Markus Gützlaff, Munich RE
- Stefan Schulz, Munich RE
- Dr. Rittmar von Helmolt, Adam Opel
- Anne Swierzy, Adam Opel

### Weitere Mitglieder aus der Projektgruppe

- Olaf Zinne, ADAC
- Prof. Dr. Pim van der Jagt, Ford
- Jochen Schäfer, Robert Bosch
- Dana Goldhammer, Schenker Deutschland
- Graham Smethurst, VDA

**Begleitkreis**

- Christine Greulich, BMVI
- Dr. Peter-Roman Persch, Partnerschaften Deutschland

**> REVIEWER**

- Prof. Dr. Henning Kagermann, acatech (Leitung Review)
- Prof. Dr. Eric Hilgendorf, Universität Würzburg
- Prof. Dr. Raúl Rojas, Freie Universität Berlin
- Prof. Dr. Günther Schuh, RWTH Aachen/acatech

acatech dankt allen externen Fachgutachtern. Die Inhalte der vorliegenden Position liegen in der alleinigen Verantwortung von acatech.

**> AUFTRÄGE/MITARBEITER**

EXPLORAT Moderation & Beratung

- Dr. Ralf Grötzer

kognito gestaltung, Berlin

- Nanette Amann
- Marc Hofmann

Herbert Utz Verlag

**> PROJEKTKOORDINATION**

- Michael Püschner, acatech Geschäftsstelle
- Stefanie Baumann, acatech Geschäftsstelle
- Dr. Tobias Hesse, DLR

**> PROJEKTVERLAUF**

Projektlaufzeit: 05/2015 bis 12/2016

Diese acatech POSITION wurde im August 2015 durch das acatech Präsidium syndiziert.

**> FINANZIERUNG**

Das Projekt wird anteilig vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

acatech dankt außerdem den folgenden Unternehmen für ihre finanzielle Unterstützung:

Adam Opel AG  
Audi AG  
BMW Group  
Continental AG  
Daimler AG  
DEKRA SE  
Deutsche Post AG  
DB Mobility Logistics AG  
Ericsson GmbH  
Ford-Werke GmbH  
Munich RE AG  
HERE Deutschland GmbH  
Robert Bosch GmbH  
ZF Friedrichshafen AG

# 1 EINLEITUNG

Mobilität ist ein menschliches Grundbedürfnis. Sie schafft die Voraussetzung für persönliche Freiheit und ermöglicht soziale Teilhabe auch über die Grenzen der unmittelbaren Umgebung hinaus. Als Grundlage für eine dynamische Wirtschaft und Gesellschaft trägt die Mobilität von Personen und Waren maßgeblich zur Verbesserung der Lebensqualität und zu gesellschaftlichem Wohlstand bei.

Der Wunsch nach Mobilität stößt aber auch zunehmend an Grenzen: So steigt nicht nur der Bedarf an Mobilität von Personen, auch der Gütertransport nimmt durch die fortschreitende internationale Arbeitsteilung zu. Somit steigt die Nachfrage nach fossilen Energien und anderen Ressourcen, die für den Transport von Gütern und Menschen verwendet werden, während ihre Verfügbarkeit abnimmt. Überall auf der Welt verdichten sich zudem die urbanen Räume. Der damit einhergehende wachsende Verkehr erzeugt Lärm, verursacht Staus und erhöht die Gefahr von Verkehrsunfällen. Mobilität bewirkt zudem Smog und eine Anreicherung der Luft mit Schadstoffen. Die Ausgangslage verdeutlicht, welches Potenzial zur Verbesserung durch den automatisierten Verkehr besteht. Automatisierte Fahrzeuge können Unfälle vermeiden, umfahren Staus und verringern den Energieverbrauch. Menschen, die heute nur eingeschränkt mobil sind, erhalten mehr Unabhängigkeit durch fahrerlosen Nahverkehr. Dabei spielen neue Mobilitätskonzepte eine zentrale Rolle.

Im Zeitalter der Digitalisierung verändern sich Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle auch in der Mobilitätsbranche mit rasanter Geschwindigkeit. Während die deutsche Industrie Technologieführer im Bereich der Fahrzeugtechnik ist, sind US-amerikanische Internetfirmen Vorreiter im Bereich Daten und Information. Initiative ist notwendig, damit Deutschland mit seiner weltweit führenden Mobilitätsindustrie künftige Veränderungen aktiv mitgestalten kann. Nur so wird es gelingen, Mobilitätslösungen in Übereinstimmung mit unseren gesellschaftlichen und rechtlichen Wertvorstellungen voranzubringen und Wertschöpfung in der Mobilitätsindustrie zu sichern.

All dies ist am Ende ohne gesellschaftliche Akzeptanz nicht möglich. Die zukünftigen Teilnehmerinnen und Teilnehmer am automatisierten Straßenverkehr sollten deshalb durch eine koordinierte Öffentlichkeitsarbeit frühzeitig über die neuen Technologien informiert und – zum Beispiel in Form von Living Labs – auch in die Forschung selbst miteinbezogen werden.

## VOM MANUELLEN ZUM AUTOMATISIERTEN UND FAHRERLOSEN STRASSENVERKEHR DER ZUKUNFT

Die vorliegende Position gibt die ersten Ergebnisse einer branchen- und disziplinübergreifenden Verständigung im acatech Projekt *Neue autoMobilität* wieder. Das gemeinsam entwickelte Zielbild eines multimodalen Verkehrssystems für den Zeitraum ab 2030 berücksichtigt verschiedene Anforderungen und Visionen im Bereich der Automation, des vernetzten Fahrens und des Internets der Dinge, Daten und Dienste. Das automatisierte Fahren steht im Vordergrund, wobei Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen grundsätzlich vor dem Hintergrund einer umfassenden Transformation unseres Mobilitätssystems zu verstehen sind.

Bereits heute sind vor allem neuere Fahrzeuge mit zahlreichen Assistenzsystemen ausgestattet. Mit dem Umfang der angebotenen Funktionen steigt auch der Anteil des automatisierten Fahrzeugsystems von Stufe 0 bis 5 (siehe Abbildung 1), während sich gleichzeitig der notwendige Anteil seitens des Fahrers reduziert. Grundsätzlich wird dabei zwischen manuell geführten Fahrzeugen (ohne Automationsfunktionalität), automatisierten Fahrzeugen (mit verschiedenen Funktionsumfängen) und fahrerlosen Fahrzeugen (ohne Lenkrad und Pedale) unterschieden. Hinsichtlich der Automatisierungsstufen orientiert sich diese Position an der bereits etablierten Kategorisierung der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) mit dem Titel *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung* und baut auf den Ergebnissen des vom Bundesministerium

für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) initiierten *Runden Tisches Automatisiertes Fahren* auf. Wichtige Impulse für die Vereinheitlichung der Automatisierungsstufen setzte außerdem die *Society of Automotive Engineers* (SAE). Das Zielbild der vorliegenden Position geht dabei über die Phase der Hochautomation hinaus und greift deutlich weiter in die Zukunft. Es sollen Wege aufgezeigt werden, wie ein mobiles Verkehrsnetz der Zukunft gestaltet sein muss, damit sowohl vollautomatisierter (Stufe 4) als auch fahrerloser Verkehr (Stufe 5) unter bestimmten Voraussetzungen möglich sind.

Dafür hat die Projektgruppe – ausgehend vom definierten Zielbild – Nutzungsszenarien entwickelt, welche die verschiedenen Anforderungen der automatisierten beziehungsweise fahrerlosen Transportsysteme abbilden.

Digitale Technologien schaffen in Kombination mit Automatisierungsfunktionen einen zusätzlichen Nutzen für unsere Wirtschaft und Gesellschaft. Für ein zukunftsorientiertes Zielbild ist es daher erforderlich, Automatisierung und Vernetzung zusammenzudenken und diese Synergiepotenziale durch Kooperationen zu fördern. Die acatech Position strebt in diesem Sinne eine Versachlichung der Debatte an. In der zweiten Projektphase entwickelt die Projektgruppe eine Roadmap, welche die nötigen Weichenstellungen innerhalb der Aktionsfelder konkretisiert, womit dann die nächsten Schritte auf dem Weg in Richtung einer *Neuen autoMobilität* vollzogen werden können.

Abbildung 1: Stufen der Automatisierung

Funktion	Fahrer führt dauerhaft Längs- und Querführung aus.	Fahrer führt dauerhaft Längs- oder Querführung aus.	Fahrer <u>muss</u> das System <u>dauerhaft</u> überwachen.	Fahrer <u>muss</u> das System <u>nicht</u> mehr <u>dauerhaft</u> überwachen.	Kein Fahrer im <u>spezifischen</u> Anwendungsfall* erforderlich.	Von „Start“ bis „Ziel“ ist kein Fahrer erforderlich.
	Kein eingreifendes Fahrzeugsystem aktiv.	System übernimmt die jeweils andere Funktion.	System übernimmt Längs- und Querführung in einem <u>spezifischen</u> Anwendungsfall*.	Fahrer muss potenziell in der Lage sein, zu übernehmen.  System übernimmt Längs- und Querführung in einem <u>spezifischen</u> Anwendungsfall*. Es erkennt Systemgrenzen und fordert den Fahrer zur Übernahme mit ausreichender Zeitreserve auf.	System <u>kann</u> im <u>spezifischen</u> Anwendungsfall* alle Situationen automatisch bewältigen.	Das System übernimmt die Fahreraufgabe vollumfänglich, auf allen Straßentypen, Geschwindigkeitsbereichen und Umfeldbedingungen.
	Stufe 0 Driver only	Stufe 1 Assistiert	Stufe 2 Teilautomatisiert	Stufe 3 Hochautomatisiert	Stufe 4 Vollautomatisiert	Stufe 5 Fahrerlos

acatech-Projekt Neue autoMobilität

■ Fahrer

■ Automatisierungsgrad der Funktion

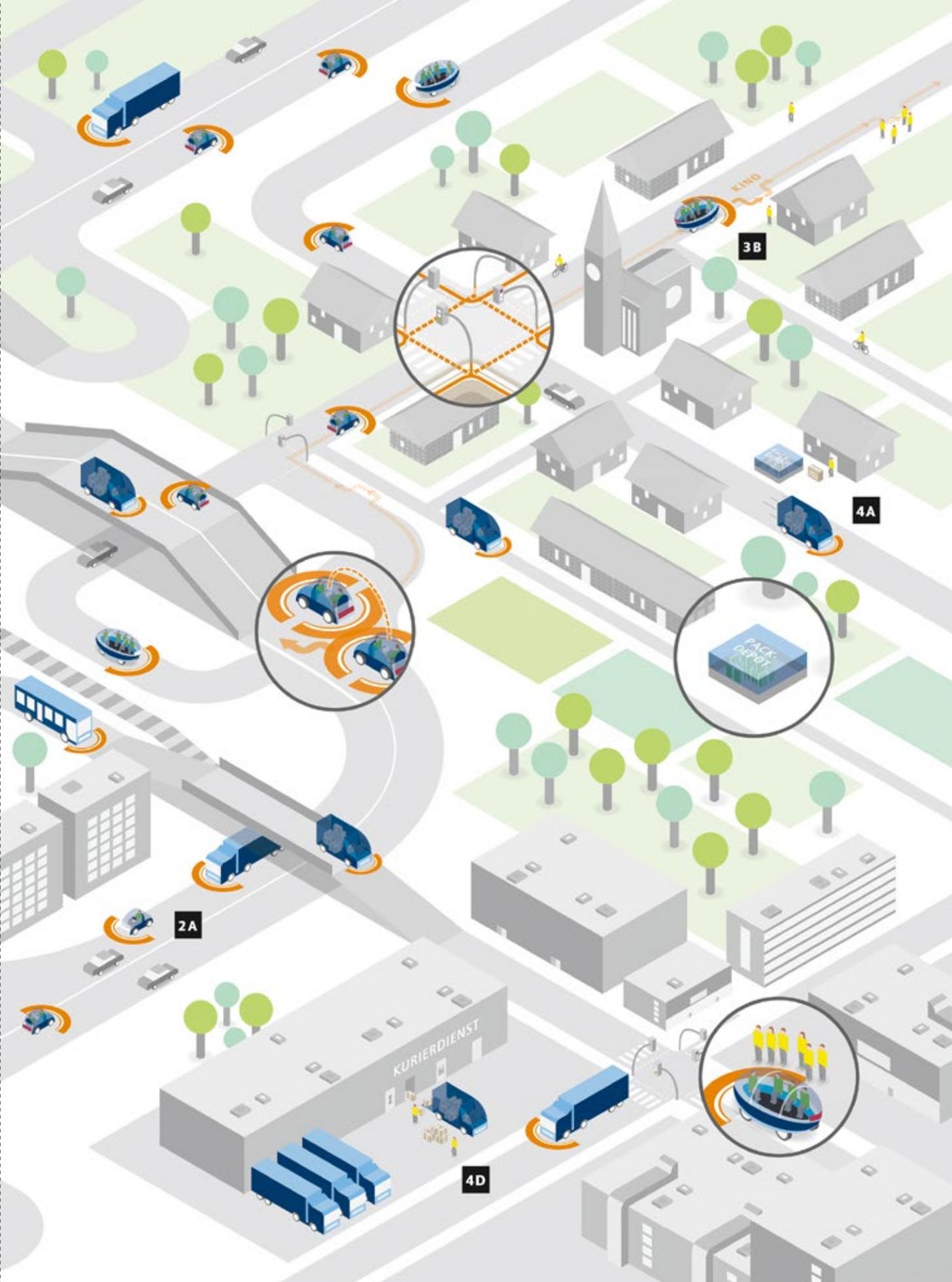
\* Anwendungsfälle beinhalten Straßentypen, Geschwindigkeitsbereiche und Umfeldbedingungen

Quelle: BMVI/VDA/eigene Darstellung

Abbildung 2: Zielbild  
„Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft“  
(Quelle: eigene Darstellung)

○ Lupen zeigen grundlegende Prozesse oder Funktionen im Zielbild auf





3B

4A

2A

4D

KURIERDIENST

PACK-DEPOT

KIND

## 2 ZIELBILD

Automatisierter Straßenverkehr und fahrerlose Fahrzeugsteuerung können einen wichtigen Beitrag zur Lösung der wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Herausforderungen leisten, die sich uns gegenwärtig stellen und in Zukunft in Bezug auf multimodale Mobilität stellen werden. Das Zielbild und die darin enthaltenen Nutzungsszenarien zeigen anhand von beispielhaften Situationen auf, welche Vorteile hinsichtlich Lebensqualität, sozialer Teilhabe, Sicherheit im Verkehr sowie gesellschaftlicher Wertschöpfung durch Automatisierung und Vernetzung zu erwarten sind.

### 2.1 LEBENSQUALITÄT

Mobilität ist Mitverursacher des Klimawandels und schränkt durch Lärm, Luftverschmutzung und den Verbrauch von Flächen, zum Beispiel für das Parken, vor allem die urbane Lebensqualität ein. Zusammen mit Elektromobilität kann eine intelligente Automatisierung die negativen Begleiterscheinungen der Mobilität deutlich reduzieren und uns dem Ideal einer nachhaltigen Zukunftsstadt einen entscheidenden Schritt näher bringen. Dies geschieht durch den Ausbau der Verkehrsweginfrastruktur, die an den heutigen öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) angelehnt ist, durch die effizientere und somit sparsamere Nutzung von Park- und Straßenraum sowie durch eine Reduzierung des Energieverbrauches. So tragen weniger Staus und optimierte Ampelschaltungen zu einer deutlichen Reduzierung des Energiebedarfs bei.

Auch unternehmerische Innovationen im Zuge der Entwicklung neuer Technologien und Geschäftsmodelle bedeuten einen Zugewinn an Lebensqualität für jede Einzelne und jeden Einzelnen. Bereits heute wird am Beispiel von Carsharing-Plattformen deutlich, dass Mobilität aus Nutzerperspektive zunehmend als Dienstleistung verstanden wird. Durch die Vernetzung

von Verkehrsteilnehmenden über internetbasierte Anwendungen werden individualisierte Dienstleistungen ermöglicht, die dem Nutzer Mobilität *on-demand* zur Verfügung stellen. Elektrifiziertes und automatisiertes Carsharing birgt enorme Potenziale für eine ressourcenschonende Mobilität in den urbanen Ballungszentren und darüber hinaus.

Automatisierung bietet zudem große Vorteile für diejenigen der drei Millionen deutschen Berufspendlerinnen und -pendler, die täglich über 25 Kilometer mit dem eigenen Pkw zurücklegen. Durch die Verringerung von Staus und eine bessere Planungssicherheit bei Wegzeiten führt automatisierter Straßenverkehr zu einer deutlichen Reduktion von Stress. Darüber hinaus kann die im Auto verbrachte Zeit noch mehr für die Freizeit oder auch als Arbeitszeit genutzt werden. Insgesamt verringert sich die für die Berufstätigkeit aufgewendete Zeit.

### 2.2 SOZIALE TEILHABE

Automatisierter Straßenverkehr kann auch maßgeblich zur Erfüllung individueller Bedürfnisse beitragen, denn der leichtere Zugang zu Mobilität vereinfacht die Teilnahme am gesellschaftlichen Leben. Deutschland steht vor einem bedeutsamen gesellschaftlichen Wandel: Bei insgesamt zurückgehenden Bevölkerungszahlen nimmt der Anteil älterer Menschen rapide zu. Prognosen zufolge wird bereits im Jahr 2030 der Anteil der über 65-Jährigen nahezu ein Drittel der Gesamtbevölkerung ausmachen. Für das Jahr 2060 wird damit gerechnet, dass die stärksten Jahrgänge um die siebzig Jahre alt sein werden. Ältere Menschen wie auch solche mit Beeinträchtigungen oder Kinder sind in ihrem Mobilitätsverhalten oftmals stark eingeschränkt. Ein mobiles Netzwerk der Zukunft ermöglicht dieser Gruppe von Verkehrsteilnehmenden eine bessere Anbindung an Mobilitätsdienstleistungen sowie eine bessere Versorgung mit Waren und

Dienstleistungen. Von besonderer Relevanz wird dies für ländliche Gebiete sein, die bereits heute unter stark ausgedünnten kommunalen Angeboten in Bezug auf medizinische Versorgung, Einkaufsmöglichkeiten und ÖPNV-Dienstleistungen leiden. Dieser Trend wird sich in Zukunft noch verstärken, da der Bevölkerungsrückgang in diesen Regionen weitaus ausgeprägter sein wird als in urbanen Ballungsräumen.

### 2.3 SICHERHEIT IM VERKEHR

Trotz insgesamt zunehmender Verkehrsleistung ist die Zahl der verunglückten Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer in Deutschland seit Jahren rückläufig. Dennoch sind jährlich immer noch mehr als 392.000 Personen in Verkehrsunfälle verwickelt (2014). Die Unfallursache ist in fast neunzig Prozent aller Fälle auf menschliches Versagen zurückzuführen. Dreißig Prozent der tödlich Verunglückten betreffen die Gruppe der „schwächeren“ Verkehrsteilnehmenden, also Fußgängerinnen und Fußgänger sowie Radfahrerinnen und Radfahrer. Im Jahr 2014 kamen trotz aller Verbesserungen noch immer 354 Radfahrerinnen und Radfahrer ums Leben. Mittels Vernetzung von Verkehrsträgern und Sensorik am automatisierten Fahrzeug lassen sich die dafür hauptsächlich verantwortlichen Unfallsituationen deutlich entschärfen, sodass sogar eine Reduzierung aller Unfälle bis weit über fünfzig Prozent möglich wäre. Diese Entwicklung ist vor allem dank fortgeschrittener Sicherheitssysteme möglich. Jüngste Statistiken von Fahrzeugen mit serienmäßigen Notbremssystemen bestätigen bereits eine Reduktion von Auffahrunfällen um 28 Prozent. Selbst bei zunehmendem Verkehrsaufkommen können Automatisierung und Vernetzung zukünftig essenziell dazu beitragen, die Anzahl der Unfälle auf unseren Straßen weiter zu reduzieren und uns der „Vision Zero“ eines Straßenverkehrs ohne Unfalltote entscheidend näher zu bringen.

### 2.4 WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DURCH INNOVATIVE GESCHÄFTSMODELLE

Durch voranschreitende Trends wie die Automatisierung von Verkehrsträgern und deren Vernetzung mit der Verkehrsinfrastruktur entstehen neuartige Mobilitätslösungen für den zukünftigen Straßenverkehr. Auch gesellschaftliche Entwicklungen wie Sharing, also das systematische Teilen beziehungsweise Ausleihen von Gütern, werden durch digitale Plattformen und soziale Netzwerke vorangetrieben. Durch den Bedarf an neuen Mobilitätslösungen entstehen neue Märkte, die es aus unternehmerischer Sicht mittels innovativer Geschäftsmodelle zu entwickeln gilt. Für die weltweit führende deutsche Automobilindustrie – Zulieferer und Dienstleister eingeschlossen – bedeuten Automatisierung und Vernetzung die Chance, ihre Produktpalette erfolgreich zu erweitern. Betreiber von digitalen Plattformen und Diensteanbieter, die übergreifende Mobilitätslösungen für den automatisierten und vernetzten Straßenverkehr liefern, spielen zunehmend eine größere Rolle in den Wertschöpfungsketten. Damit nachhaltig Arbeitsplätze am Innovationsstandort Deutschland gesichert werden können, sind sowohl die traditionellen Hersteller als auch Anbieter von neuen Mobilitätsdiensten gefragt, innovative Mobilitätslösungen in Deutschland zu entwickeln und ihre Wettbewerbsfähigkeit weltweit unter Beweis zu stellen.

### 2.5 GESELLSCHAFTLICHE WERTSCHÖPFUNG

Der automatisierte Straßenverkehr der Zukunft generiert einerseits durch die verbesserte Verfügbarkeit von öffentlichem Nahverkehr und von Logistikdienstleistungen einen großen individuellen Nutzen. Andererseits resultiert daraus auch ein gesellschaftlicher Mehrwert. Besonders hervorzuheben ist hier die Reduzierung der Kosten, die jährlich aus Verkehrsverdichtung und Verkehrsunfällen

resultieren. Die in Deutschland durch Verkehrsunfälle entstandenen Kosten wurden im Jahr 2013 auf 32 Milliarden Euro jährlich geschätzt. Auch ist der Energiebedarf beispielsweise eines Pkw im Stop-and-Go-Verkehr mehr als doppelt so hoch wie bei einer freien Fahrt mit 130 Stundenkilometern. Hinzu kommt: Automatisierung im Straßenverkehr kann eine Reduktion der insgesamt gefahrenen Kilometer ermöglichen. Mit jedem Kilometer weniger verringern sich zudem Kosten, die durch Umweltbelastungen, Unfälle und die für alle Beteiligten nachteilige Erhöhung der Verkehrsdichte entstehen. Im Zuge der Verflüssigung des Verkehrs und der durch Automatisierung frei gewordenen Zeit am Steuer steigert sich außerdem die Produktivität von Berufsfahrerinnen und -fahrern sowie Berufspendlerinnen und -pendlern, und es bleibt mehr Zeit für persönliche Aktivitäten.

### **2.6 FAZIT: CHANCEN DER NEUEN AUTOMOBILITÄT**

Innovative, wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen, Kostenreduzierungen und eine bessere Nutzung der wertvollen Ressource Zeit können die volkswirtschaftliche Produktivität erhöhen und Wertschöpfung schaffen. Langfristig wird auf diese Weise die Beschäftigung am Hochlohnstandort Deutschland gesichert und eine höhere Lebensqualität erreicht. Notwendige Voraussetzung hierfür ist ein entschiedenes Eintreten für die aktive Gestaltung eines zunehmend vernetzten und automatisierten Straßenverkehrs als Teil unserer zukünftigen Mobilität. Nur so lassen sich zukünftige Mobilitätslösungen auch mit Blick auf unsere gesellschaftlichen Wertvorstellungen steuern. *Neue autoMobilität* bedeutet einen Zugewinn an Lebensqualität, mehr Sicherheit und neue Möglichkeiten der sozialen Teilhabe.

## 3 NUTZUNGSSZENARIEN

Die nachfolgenden Szenarien zeigen im Detail, wie die im Zielbild angelegten Technologien aus Sicht von Nutzern in unterschiedlichen Lebenszusammenhängen gewinnbringend eingesetzt werden können. Behandelt werden auch hier die Aspekte Ökologie, gesellschaftliche Teilhabe, Sicherheit und Wertschöpfung, die Perspektive des Nutzers mit seinen individuellen Bedürfnissen steht jedoch im Fokus. Die Szenarien befassen sich grundsätzlich mit der Verkehrssicherheit von Fußgängern und Radfahrern; mit der nutzbaren Zeit unterwegs; mit der Neugestaltung des städtischen Raums durch den Einsatz von ressourcenschonenden öffentlichen Nahverkehrs-Shuttles (ÖV-Shuttles) sowie mit Logistikdienstleistungen.

### 3.1 ZU FUSS UND MIT DEM RAD SICHER UNTERWEGS

Informations- und Automationssysteme führen zu erheblich mehr Sicherheit, insbesondere für Fußgänger und Radfahrer. Hauptursache für Unfälle zwischen Radfahrern und Autofahrern sind Fehler beim Rechtsabbiegen. In 90 Prozent aller Fälle trägt dabei der Autofahrer die Schuld. In 80 Prozent der Unfälle kommt es zu Verletzten. Weitere Unfallursachen sind Einfädelsituationen und Fahrstreifenwechsel sowie sich plötzlich öffnende Autotüren auf Parkstreifen. Mit Hilfe von sensorbasierter Automatisierung lassen sich in all diesen Fällen Unfallrisiken erheblich reduzieren. Durch zusätzliche Nutzung telematischer Vernetzung können selbst dann rechtzeitig Ausweichmanöver eingeleitet werden, wenn Fußgänger plötzlich aus einer Sichtabdeckung heraus zur Straßenquerung ansetzen.



**09:30 Uhr**, Wiesbadener Straße, Ecke Südwestkorso. Ein 63-jähriger Radfahrer überquert bei Grün die Fahrbahn. Ein parallel fahrender rechtsabbiegender Lkw droht mit dem Radfahrer zu kollidieren. Der Zusammenstoß wird durch das fahrzeuginterne Kontrollsystem verhindert. Die Kameras und weitere Sensorsysteme, mit denen der Lkw ausgestattet ist, detektieren den Radfahrer. Auch wenn einzelne dieser Systeme – etwa durch schwierige Umweltbedingungen – ausfallen, wird der Radfahrer zuverlässig erkannt. Es kommt zu einer automatischen Bremsung.



**12:30 Uhr, Gneisenaustraße.** Ein siebenjähriger Junge tritt aus einer Sichtabdeckung aus parkenden Fahrzeugen heraus überraschend auf die Fahrbahn und droht von einem 43-jährigen Autofahrer erfasst zu werden. Das entgegenkommende Fahrzeug auf der anderen Straßenseite hat den Jungen jedoch aufgrund des anderen Sichtwinkels frühzeitig erkannt und eine Warnung an den Gegenverkehr übermittelt. Durch die Vernetzung miteinander können fahrerlose und automatisierte Fahrzeuge die wahrscheinliche Bewegungsrichtung aller in Bewegung befindlicher Verkehrsteilnehmenden prognostizieren und auf diese Weise mögliche Kollisionen frühzeitig identifizieren. Wird eine Kollisionsgefahr erkannt, werden andere Fahrzeuge gewarnt, um durch rechtzeitige Bremsvorgänge oder abgestimmte Ausweichvorgänge einen Unfall auszuschließen. Zu einem Auffahrunfall mit nachfolgenden Fahrzeugen kommt es nicht, weil diese ebenfalls über Kamerainformationen und Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation gewarnt werden.



**13:00 Uhr, Prenzlauer Allee.** Auf einem Fahrradstreifen kommt es beinahe zu einem Unfall, als eine Autofahrerin die Tür ihres Fahrzeuges öffnen will, während gleichzeitig ein 17-jähriger Radfahrer vorbeifährt. Der Unfall wird verhindert, weil die Kameras des Autos den Radfahrer rechtzeitig erkennen und der Fahrerin eine entsprechende Warnung vermitteln.



**15:30 Uhr**, Friedrichstraße, Ecke Mohrenstraße. Ein 35-jähriger Radfahrer, der in Ermangelung eines Fahrradweges auf der Straße unterwegs ist, signalisiert dem hinter ihm fahrenden Auto seine Absicht, links abzubiegen. Unsicherheit darüber, ob der Autofahrer seine Absicht erkennt und entsprechend das Tempo drosselt, kommt nicht auf. Über externe, in die Fahrzeugfront verbaute Anzeigeelemente signalisiert der Wagen, dass das System den Radfahrer erkannt hat und dass dieser sich nun gefahrenfrei als Linksabbieger einfädeln kann, um die Fahrbahn zu kreuzen.

### 3.2 GEWONNENE ZEIT

Die vollautomatisierte Steuerung von privaten Fahrzeugen im Fernverkehr und auf Schnellstraßen gestattet es dem Fahrzeugführer, die unterwegs verbrachte Zeit produktiv zu nutzen. Darüber hinaus ermöglicht Automatisierung in Verbindung mit Vernetzung eine deutliche Optimierung des Verkehrsflusses. Durch automatisierte Parkdienste („Valet Parking“) in Kombination mit intelligenten Parkleitsystemen kann außerdem die Parkraumsuche zeitlich deutlich verringert und vorhandener Parkraum effizienter genutzt werden. Das reduziert vor allem in den Ballungsräumen das beträchtliche Verkehrsaufkommen durch Parksuchverkehr und erleichtert den Übergang zwischen unterschiedlichen Verkehrsträgern.

**Yasar B., 43 Jahre alt**, arbeitet als Chefarzt im Klinikum München West. Vor einigen Jahren ist er mit seiner Frau und den drei Kindern in einen Vorort im Münchner Norden gezogen, um dem Trubel der Innenstadt zu entfliehen. Außerdem konnte seine Frau, die als Unternehmensberaterin arbeitet, durch den Wohnortwechsel ihre beruflichen Fahrten entscheidend verkürzen.

**An einem typischen Arbeitstag** setzt Yasar B. erst die Kinder im Kindergarten und in der Schule ab, bevor er über den Stadtautobahnring zur Arbeit fährt. So kann er bereits am Morgen im Auto einige Aufgaben des Tages in Ruhe erledigen. Dafür schaltet er sein Fahrzeug in den Automatikmodus, sobald er sich auf der Schnellstraße befindet. Mündlich teilt er der Automation sein Ziel mit und bestätigt die Wahl des Fahrmodus. Wie meistens entscheidet sich Yasar B. für den Modus „Komfort“, der ihm eine weitgehend bequeme Fahrt ermöglicht. Das Lenkrad versenkt sich im Armaturenbrett. Der Fahrersitz fährt zurück. Eine Schreibtischplatte kommt aus der Mittelkonsole herausgefahren.



**Um 08:40 Uhr** loggt sich Yasar B. während der Fahrt im Kliniksystem ein. Der Arbeitstag beginnt. Die Pflegerinnen und Pfleger haben bereits die am Morgen erfassten Patientendaten aktualisiert: Behandlungsfortschritte, Laborwerte, Ernährungsdaten und Anzeichen auf mögliche Komplikationen. Bis zur Ankunft in der Klinik hat Yasar B. eine halbe Stunde Zeit, die Daten zu studieren, Kommentare zu hinterlegen, Anordnungen zu treffen und gegebenenfalls im System Vergleichsdaten zur Einschätzung einzelner Fälle aufzurufen.

Die Steuerung des Fahrzeuges, Streckenauswahl und Geschwindigkeitsanpassung werden währenddessen vollständig durch den Autopiloten übernommen. Obwohl Yasar B. zu einer Stoßzeit unterwegs ist, kommt es lediglich auf einigen Streckenabschnitten zur Drosselung der Geschwindigkeit. Indem die Fahrzeuge sowohl untereinander als auch mit dem städtischen Verkehrsleitreechner verbunden sind, werden ihre Bewegungen koordiniert und der Verkehrsfluss deutlich optimiert. Auch auf der

Umgehungsstraße geht es schnell voran: Durch automatische Tempoanpassung und die situative Steuerung von Ampelphasen ergibt sich für die meisten Verkehrsteilnehmenden fast durchgehend eine „grüne Welle“. Straßenschäden und Unfälle werden durch die Vernetzung umgehend im System registriert und die Routen entsprechend angepasst.

**Rechtzeitig vor Erreichen** der Autobahnausfahrt leitet der Autopilot die Übergabe der Steuerung an den Fahrer ein, weil die letzten Kilometer bis zum Zielort für den Modus des automatisierten Fahrens noch nicht entsprechend zertifiziert sind. Die standardisierten und intuitiv erfassbaren Interaktionsprinzipien, die in allen Wagentypen ähnlich funktionieren, erlauben es dem Fahrer, die Fahrzeugkontrolle sicher und schnell wieder zu übernehmen. Das von außen deutlich sichtbare Signal des Autopiloten erlischt.

**Die letzten Kilometer** bis zum Klinikgelände steuert Yasar B. den Wagen selbst. Am Eingang des weitläufigen Gebäudekomplexes angekommen, greift er sich die Tasche mit seinen Wertsachen und einem kleinen Pausensnack.

Er aktiviert mit seinem Smartphone „Valet Parking“, und der Wagen macht sich im Schrittempo auf den Weg in die nächste Tiefgarage. Dabei kommuniziert das Auto nach außen deutlich sichtbar den Status „fahrerlos“. In der Tiefgarage können seit der Einführung des automatischen Parkens gut ein Drittel mehr Fahrzeuge als zu früheren Zeiten untergebracht werden.

**Als Yasar B.** gegen 16:30 Uhr das Klinikgelände verläßt, wartet sein Wagen mit vollständig geladener Batterie im Eingangsbereich. Die Wegzeit verbringt Yasar B. arbeitend im Auto. Kurz nach 17:00 Uhr ist sein achtstündiger Arbeitstag vorbei und er bereits wieder zu Hause, wo er sich jetzt ausgiebig seinen Kindern widmen kann.

### 3.3 NEUE FLEXIBILITÄT IM ÖFFENTLICHEN VERKEHR

Das ÖV-Shuttle steuert die Passagiere automatisch durch den Verkehr und ist eine Mischung aus Mitfahrzentrale, Taxi und Carsharing. Je nach Zweck und Nachfragestruktur gibt es zwei bis zehn Plätze im ÖV-Shuttle. Das Straßennetz wird Schritt für Schritt für ÖV-Shuttles ausgebaut. Fahrgäste besteigen das Shuttle an einer der zahlreichen virtuellen Haltestellen, die auf einer Online-Karte markiert sind. An den virtuellen Haltestellen können Passagiere ein- und aussteigen, ohne dass dabei der übrige Verkehr beeinträchtigt wird. Das Shuttle ist in der Lage, selbstständig eine optimale Routenkombination für verschiedene Fahrgäste zu errechnen und die Fahrtzeit vorab mit hoher Genauigkeit zu prognostizieren.



3A

**Maria P., 72 Jahre alt**, alleinstehend, wohnt in einem Randbezirk von Bielefeld. Alle paar Wochen fährt sie ihre Tochter und die drei Enkel in Hannover besuchen. Via Zug ist die Strecke ein Katzensprung, und mit dem Senorenticket ist die Fahrt auch erschwinglich. Die Fahrt zum Bahnhof mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist aber eher langwierig und beschwerlich – zumal mit Gepäck –, und ein Taxi wäre teurer als das Zugticket. Maria P. bestellt sich deshalb ein ÖV-Shuttle. Es ist fast genauso schnell am Ziel wie ein Taxi, aber nur etwa halb so teuer, weil Leerfahrten vermieden werden und kein Fahrer auf Abruf bereit stehen muss. Die virtuelle Haltestelle, in der das ÖV-Shuttle gut halten und Maria P. bequem einsteigen kann, befindet sich direkt vor ihrer Haustür.

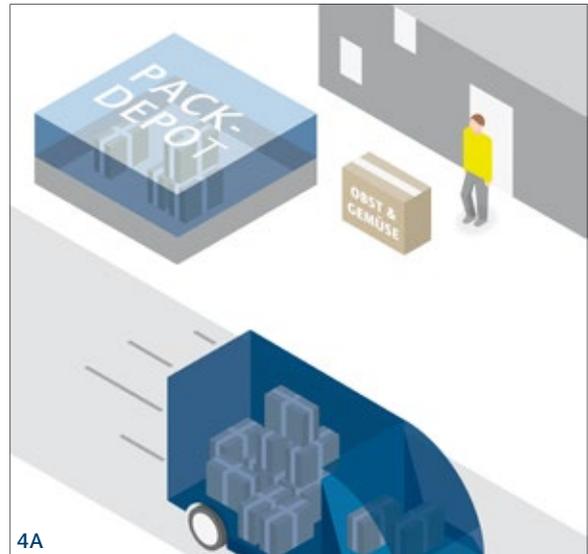


**Werner M.** wohnt in einem kleinen Dorf in Niedersachsen. Vor seiner Pensionierung war der heute 77-Jährige als Abenddienstmitarbeiter viel mit dem Auto unterwegs. Vor einigen Jahren hat er jedoch beschlossen, nicht mehr bei Nacht zu fahren, und bei der letzten größeren Reparatur stand für ihn fest: Er wird sich von seinem Fahrzeug trennen. Seine bescheidene Rente reicht ohnehin kaum für die Unterhaltskosten des Wagens. Da schrittweise auch ländliche Gebiete für das fahrerlose Fahren ausgebaut werden, nutzt er nun das ÖV-Shuttle. Auf dem Land funktioniert das Shuttle wie eine Mitfahrzentrale. Werner P. gibt eine Zeitspanne an, in der er gerne eine bestimmte Strecke fahren möchte, sowie einen Höchstpreis, den er zu zahlen bereit ist. Der Terminfinder des Nahverkehrsanbieters berechnet automatisch die günstigsten Optionen und nimmt entsprechend dem voreingestellten Profil die Buchung vor. Seitdem das ÖV-Shuttle den Betrieb aufgenommen hat, gibt es im Nachbarort sogar wieder ein Kino und eine Kneipe. Die Gäste können auch ohne eigenen Pkw bequem und kostengünstig aus den umliegenden Ortschaften dort hinkommen.

**Anja H., Zahnarthelferin**, 35 Jahre alt, wohnt in einem Berliner Innenstadtbezirk. Ihre Wohnung ist gut an das S- und U-Bahn-Netz angebunden. Für Fahrten in einige benachbarte Viertel stehen jedoch keine praktikablen Verbindungen zur Verfügung – so auch nicht zu ihrem Arbeitsplatz. Anja H. fährt je nach Wetter und Laune entweder mit dem Fahrrad oder mit dem ÖV-Shuttle zur Arbeit. Mit einer App auf ihrem Smartphone kann Anja H. wählen, welche Fahrtenoption sie beim ÖV-Shuttle bevorzugt: das teurere Solo-Shuttle oder die günstigere Fahrgemeinschaft. Bei der letzten Variante ist es möglich, dass das Shuttle einen kleinen Umweg macht, um eine Mitfahrerin oder einen Mitfahrer zu ihrer beziehungsweise seiner Destination oder zu einem Umsteigeplatz zu bringen. Die vorab kalkulierte Fahrtzeit wird jedoch auf keinen Fall überschritten. Für Anja H. ist das ÖV-Shuttle erheblich bequemer und schneller als der Bus, den sie früher oft für die Strecke genommen hat. Gegenüber der Fahrt mit dem eigenen Auto hat das Shuttle den Vorteil, dass sie am Zielort keine Parkgebühren zahlen muss, die sie teurer zu stehen kämen als die Fahrt mit dem Shuttle.

### 3.4 VERBESSERTER VERSORGUNG

Die fahrerlose Lieferung erlaubt eine grundlegende Neustrukturierung des letzten Vorgangs einer Transportkette, der Zustellung beim Privat- und Gewerbekunden. Automatisch gesteuerte Transporter liefern ihre Pakete an stationären Packdepots oder an mobilen „Depots auf Rädern“ ab, die im Innenstadtbereich auf Bestellung beim Privat- oder Gewerbekunden vorfahren. Automatisierte Fahrzeugsteuerung beseitigt viele Zustellungsprobleme, die wir heute kennen: So reduzieren sich etwa die Transportzeiten, und höhere Taktfrequenzen werden möglich. Innerstädtische Hauptumschlagbasen ermöglichen neue Geschäftsmodelle, vor allem in der Lebensmittelbranche. Fahrerlose Flotten bieten Kurierdiensten eine kostengünstige Alternative für die kurzfristige Zustellung von Lieferungen auf geringen Distanzen und eröffnen somit neue Geschäftsmodelle für umgebungsgebundene Dienstleistungsunternehmen. Eine wichtige Unterstützung erfahren diese neuen Geschäftsmodelle durch die Optimierung des Fernverkehrs mit selbstfahrenden Lkws. Die komplette Transportkette wird schneller und effizienter.



4A

**Ernst und Hilde O.**, beide Ende siebzig, wohnen in einem 2.000-Einwohner Ort auf dem Land. Der kleine Supermarkt, den es früher einmal im Ort gegeben hat, existiert schon lange nicht mehr. Die nächsten Einkaufsmöglichkeiten sind dreißig Kilometer entfernt. Seit einigen Jahren lassen sich die beiden jeden Tag von einem automatischen Zulieferer einen Warenkorb in ihr privates Packdepot im Vorgarten liefern. Der Warenkorb wird von einem Supermarkt, dessen Sortiment Ernst und Hilde O. gut kennen, zusammengestellt und auf dem normalen Versandweg verschickt. Fahrerlose Transportsysteme ermöglichen es Produzenten, weiterverarbeitenden Betrieben und Großhändlern, den Supermarkt zu beliefern. Dadurch können auch Nutzer aus entlegenen Regionen auf eine umfangreiche Produktpalette zurückgreifen. Weil über die gesamte Lieferkette für ausreichend Kühlung gesorgt ist und der Transport vom Supermarkt zum Endkunden nicht länger als einen halben Tag dauert, ist dies auch mit leicht verderblichen Waren möglich. Eine Haushaltshilfe, die dreimal in der Woche kommt, unterstützt die beiden bei der Planung der Besorgungen und der Zubereitung von Mahlzeiten. Ins Kino und zum Doppelkopf-Abend, der alle zwei Wochen bei ihrem Freund Werner M. stattfindet, fahren Ernst und Hilde mit dem ÖV-Shuttle.



4B

**Andreas M.**, Anfang dreißig, arbeitet als Vertriebsleiter in einer Modefirma. Er ist viel auf Reisen und kommt abends oft erst spät aus dem Büro nach Hause. Einen Großteil seiner Einkäufe erledigt er deshalb über Online-Händler. Es gibt keinen Nachbarn, der die Pakete der verschiedenen Kurierdienste entgegennehmen könnte. Deshalb lässt Andreas M. sämtliche Sendungen an einen Sammelzustellpunkt in seinem Stadtteil liefern und veranlasst, wenn er zu Hause ist, die Zustellung via mobiles Depot. Der fahrerlose Zustelldienst kommt direkt vor sein Wohnhaus gefahren, und Andreas M. kann seine Lieferungen entgegennehmen.



4C

**Michaela und Sören K.**, Mitte dreißig, zwei Söhne im Vorschulalter, legen viel Wert auf ausgewogene Ernährung und biologisch erzeugte Produkte aus der Region. Obwohl im Berliner Umland im großen Stil Obst angebaut wird, war es früher oft schwierig, die regionalen Produkte im Laden zu erschwinglichen Preisen zu kaufen, denn an die Großhandelslieferketten waren die kleinen Erzeuger nicht angeschlossen. Seit sich im Zuge der fahrerlosen Belieferung die Zustellzeiten auf wenige Stunden verkürzt haben, kann auch Frischware zu günstigen Konditionen über das normale Versandnetz verschickt werden. Michaela und Sören K. erhalten deshalb drei Mal in der Woche eine Lieferung direkt von „ihren“ Bauern im Umland – ohne dass diese für die vergleichsweise geringen Liefermengen selbst durch die Stadt fahren müssen, und ohne dass die Lebensmittel durch die geringen Stückzahlen, in denen sie gehandelt werden, unerschwinglich sind.



**Svenja T., 51 Jahre**, betreibt am Rande der Kölner Südstadt einen Kurierdienst mit einer Flotte von fahrerlosen Zustellfahrzeugen. Zu ihren regelmäßigen Kunden gehören Wäschereien, Cateringanbieter und andere Dienstleister, die personalisierte Dienste für Kunden im Stadtviertel zur Verfügung stellen. Die kleinen Dienstleister, die früher in der Nachbarschaft ansässig waren, konnten sich angesichts der steigenden Gewerbemieten im Innenstadtbereich den Unterhalt der Geschäftsräume nicht mehr leisten. Ein paar Kilometer stadtauswärts stellt sich die Situation für sie viel besser dar. Svenjas Direktzustellung mittels fahrerloser Zulieferung erlaubt es den Dienstleistern zudem, mithilfe von intelligentem Routenmanagement ein großes Netz von Kunden schnell und vor allem preisgünstig zu beliefern. Möglich ist dies unter anderem deshalb, weil Svenja T. in den späten Abendstunden und nachts auf ÖV-Shuttles des örtlichen Anbieters zurückgreifen kann, die in dieser Zeit wenig genutzt werden und entsprechend günstig zur Verfügung stehen.

## 4 AKTUELLER STAND UND IDENTIFIZIERTE AKTIONSFELDER

Um das Zielbild zu realisieren, ist eine systematische und konsistente Herangehensweise erforderlich. Dazu gehört es, den aktuellen Forschungsstand und die davon abgeleiteten Anforderungen in die Entwicklung von Aktionsfeldern und Handlungsempfehlungen aufzunehmen. Im Folgenden werden beispielhaft Projekte und Initiativen aufgeführt, die zu einem breiten Spektrum von Kenntnissen im Bereich des automatisierten Fahrens beitragen.

### 4.1 FORSCHUNGSPROJEKTE UND STUDIEN

Die Erforschung der Automatisierung in der Fahrzeugsteuerung war bereits Gegenstand zahlreicher nationaler und internationaler Forschungsprojekte, deren Ergebnisse und Szenarien in diese Position einfließen. So wurde bereits im EUREKA-Forschungsprogramm *Prometheus* (1986–1994) ein intelligenter Tempomat entwickelt, der fünf Jahre später erfolgreich als Abstandsregeltempomat (ACC) in Serienprodukten europäischer Hersteller genutzt wurde. In Geschwindigkeit und Umfang hat sich die Erforschung und Einführung neuer Assistenzsysteme seitdem rasant gesteigert. Dies wird an EU-Projekten wie *PReVENT*, *HAVEit*, *interactIVe* oder *AdaptIVe* deutlich. Hier wurden und werden zahlreiche Funktionen im Bereich des manuellen und automatisierten Fahrens erforscht, die den Verkehr auf Autobahnen, Landstraßen sowie in Städten unterstützen und sowohl in Notfallsituationen als auch in unkritischen Situationen anwendbar sind. Auch rechtliche Aspekte und Fragen der Mensch-Maschine-Interaktion werden adressiert. Im Projekt *Automation in Society – Highly Automated Driving* (ASHAD) der Technischen Universität München untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Fachgebiete Erfolgsfaktoren und Barrieren für die Realisierung des fahrerlosen Fahrens, um unter anderem das Verständnis komplexer soziotechnischer Systeme zu verbessern und den Kommunikationsbedarf bezüglich sozialer, ethischer und kultureller Aspekte aufzuzeigen.

Das automatisierte Fahren ist als Teilaspekt des zukünftigen Mobilitätssystems eng mit parallelen Entwicklungen verknüpft. Das Fachforum *Autonome Systeme des High-tech-Forums* beschäftigt sich beispielsweise mit autonomen Systemen für die Produktion, für Smart Homes und im Bedarfsfeld Mobilität mit autonomen Systemen für den Straßen- und Schienenverkehr. Im Zuge der Reurbanisierung und der Bemühungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz in urbanen Ballungsräumen untersuchen Smart-City-Projekte, wie etwa die *Nationale Plattform Zukunftsstadt*, die Auswirkungen autonomer Transportmittel auf Mobilität in der Zukunftsstadt, Mobilitätsdaten oder die Vernetzung unterschiedlicher Verkehrsangebote. Die Voraussetzungen bezüglich der Verkehrsinformations- und -kommunikationsinfrastruktur für automatisierten Straßenverkehr in der Stadt werden auf nationaler Ebene im Innovationsnetzwerk *Zukunftsstadt: City Insights (m.ci)* untersucht. Zur Sicherung einer hohen Lebensqualität und ressourcenschonender Mobilität stellt das EU-Rahmenprogramm *Horizon 2020* dieses Jahr unter anderem über 100 Millionen Euro für Smart-City-Projekte zur Verfügung.

Neben den übergreifenden Forschungsprogrammen adressieren zahlreiche Projekte konkrete Anwendungsfälle von automatisierten Fahrzeugen im Stadtverkehr. In dem Projekt *UR:BAN* vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), dem Innovationslabor *AutoNOMOS* der Freien Universität Berlin und dem Projekt *Stadtpilot* der Technischen Universität Braunschweig werden etwa urbane Szenarien im Bereich der Assistenz und Automation berücksichtigt. So gilt *Stadtpilot* als eines der weltweit ersten Projekte zum fahrerlosen Verkehr in der Stadt. Im Projekt *UR:BAN* werden derzeit neben zahlreichen Fahrzeugfunktionen beispielsweise auch intelligente Straßenkreuzungen sowie deren Interaktion und Vernetzung mit automatisierten Fahrzeugen untersucht. Zunehmend entstehen ferner Initiativen, die neben der reinen Assistenz und Automatisierung auch die Kommunikation und Vernetzung behandeln. Während im nationalen

Projekt *Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland (simTD)* großflächige Tests im Vordergrund standen, wurde in den EU-Projekten *D3CoS* und *AutoNet2030* vor allem das kooperative Fahren mehrerer Fahrzeuge erprobt. Begleitend entstanden Großforschungsanlagen für Forschung und Tests, sogenannte Living Labs. So wurde unter anderem in den Projekten *UR:BAN* und *D3CoS* die *Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM)* genutzt. Im Bereich der fahrerlosen Systeme liefern vor allem die EU-Projekte *CityMobil* und *CityMobil2* wichtige Forschungsergebnisse. Hierbei handelt es sich um die Umsetzung und Erprobung fahrerloser Transportsysteme in urbanen Gebieten.

Neben konkreten Forschungsergebnissen werden auch Aspekte von bisher erstellten Roadmaps und Strategiepapieren zum automatisierten Fahren in den Nutzungsszenarien, Aktionsfeldern und Handlungsempfehlungen aufgegriffen. Die *Automotive Roadmap Embedded Systems der SafeTRANS* zeigt zum Beispiel aktuelle und zukünftige Herausforderungen von Informations- und Kommunikationstechnologien im Automobilbereich auf. Außerdem fließen Elemente der Szenarien „Autobahnpilot“, „autonomes Valet-Parken“ und „Vehicle-on-Demand“ des Förderprojektes *Villa Ladenburg* der Daimler und Benz Stiftung in die hier skizzierten Nutzungsszenarien ein. Auch Inhalte des Sammelbandes *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (2015) spiegeln sich in Zielbild und Szenarien wider: Das Prinzip der öffentlichen Nahverkehrs-Shuttles beispielsweise ist eine konsequente Weiterentwicklung des dort beschriebenen selbstfahrenden und individuell abrufbaren Personentransportsystems. Weiterhin greift das Szenario „Zu Fuß und mit dem Rad sicher unterwegs“ auf die im Sammelband dargelegten Überlegungen zur Optimierung der Verkehrssicherheit durch automatisierte Fahrzeugsteuerung zurück. Im Szenario „Verbesserte Versorgung“, welches eine verbesserte Logistik beschreibt, wird eine Vision selbstfahrender Lieferfahrzeuge präsentiert, die sich insbesondere auf interne Studien von Unternehmen stützt.

## 4.2 POLITISCHER DISKURS UND RECHTSRAHMEN

Um die Potenziale des automatisierten Fahrens systematisch erschließen zu können und einen nationalen Konsens in den zentralen Fragen herbeizuführen, hat das BMVI im Jahr 2013 einen *Runden Tisch Automatisiertes Fahren* eingerichtet. Beteiligt sind weitere Bundesressorts und Behörden des Bundes, Bundesländer, Industrieverbände, Prüforganisationen, Nutzerverbände, die Versicherungswirtschaft und einschlägige Forschungseinrichtungen. Das Plenum des Runden Tisches verabschiedete einen umfassenden Bericht über den notwendigen Forschungsbedarf. Zudem wurden bereits strategische Eckpunkte für das weitere Vorgehen erarbeitet, auf deren Grundlage die nationale Strategie des BMVI zur Weiterentwicklung des automatisierten Fahrens aufbaut. Ziel ist dabei die Ermöglichung des automatisierten Fahrens bis zum Jahr 2020. Im Zusammenhang mit der Vernetzung des automatisierten Fahrens prüft die Bundesregierung derzeit auch übergeordnete Fragen des Datenschutzes und der IT-Sicherheit, zum Beispiel bezogen auf die Fahrzeug-zu-Fahrzeug- sowie die Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation. Mit dem *Digitalen Testfeld Autobahn* auf der A9 werden die Voraussetzungen dafür geschaffen, dass in einem idealtypischen Umfeld, einem Labor unter Realbedingungen, vernetztes und automatisiertes Fahren erprobt werden kann.

Die fortschreitende Automatisierung in der Fahrzeugsteuerung macht auch eine Untersuchung der Konformität mit der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) notwendig. Die Erprobung von Fahrzeugen, die ein automatisiertes Fahren technisch ermöglichen, ist für die Fahrzeughersteller, die Inhaber einer Betriebserlaubnis für Typen sind, heute nach § 19 Abs. 6 StVZO möglich. Neben Fragen der Haltung automatisierter Fahrzeuge werden zudem Haftungsfragen aufgeworfen. Die Projektgruppe der BAST *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung* hat vor diesem Hintergrund offene rechtliche Fragestellungen aufgezeigt und einen Forschungsbedarf

in den Bereichen Mensch-Maschine-Interaktion und Zertifizierung identifiziert. Mit den Rechtsfragen nach der zivilrechtlichen Haftung und der straf- und ordnungswidrigkeitsrechtlichen Verantwortlichkeit beim automatisierten Fahren beschäftigt sich derzeit auch die Bundesregierung. Der diesjährige Deutsche Verkehrsgerichtstag (VGT) behandelte das Thema automatisiertes Fahren ebenfalls, wobei Anpassungen des Rechtsrahmens und eine Klärstellung des derzeit geltenden Wiener Übereinkommens für sogenannte fahrfremde Tätigkeiten aus den Empfehlungen hervorgehen.

Auf europäischer Ebene treiben vor allem die Technologieplattformen *European Road Transport Research Advisory Council (ERTRAC)*, *Ertico ITS Europe*, *European Council for Automotive R&D (EUCAR)*, *European Association of Automotive Suppliers (CLEPA)* und *European Technology Plattform on Smart Systems Integration (EPoSS)* den Dialog zwischen Forschung, Industrie und öffentlicher Hand voran. Daneben erarbeitet die *iMobility Working Group Automation* eine europäische Roadmap zur harmonisierten Einführung von höher automatisierten Funktionen in Europa. Auf internationaler Ebene werden rechtliche Rahmenbedingungen in der *Wiener Straßenverkehrskonvention* festgeschrieben. Kürzlich wurde dort eine Änderung in Bezug auf bereits im Verkehr befindliche automatisierte Systeme von der Arbeitsgruppe Straßenverkehrssicherheit bei der UN-Wirtschaftskommission für Europa initiiert. Das sogenannte *Road Safety Forum der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)* thematisiert die rechtlichen Rahmenbedingungen, die für eine Umsetzung des automatisierten Straßenverkehrs notwendig sind. Auch andere Länder treffen rechtliche Vorbereitungen für den automatisierten Straßenverkehr. So bereitet beispielsweise die US-Bundesbehörde für Straßen- und Fahrzeugsicherheit (NHTAS) seit 2014 ein Gesetz vor, das die Automobilhersteller dazu verpflichtet, Technologien der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation in neue Fahrzeuge einzubauen.

### 4.3 ÜBERSICHT VERSCHIEDENER AKTIONSFELDER

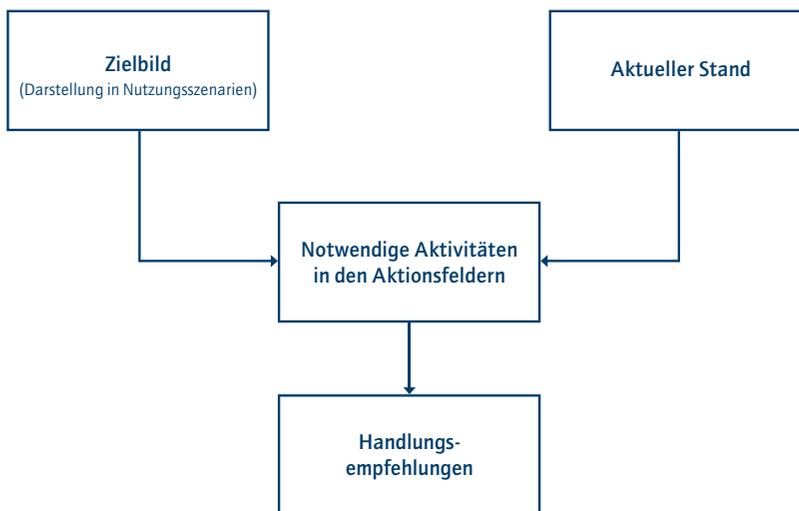
Aus dem von der acatech Projektgruppe *Neue auto-Mobilität* in Form von Nutzungsszenarien entwickelten Zielbild und dem aktuellen Stand lassen sich die folgend dargestellten Aktionsfelder ableiten. Die Projektgruppe orientiert sich in der Bearbeitung des Themas an fünf übergreifenden Themenfeldern, nach denen sich die Arbeitsgruppen strukturieren. Die Themenfelder, denen in der zweiten Projektphase spezifische Aktionsfelder zugeordnet werden, sind unterteilt in Forschung & Entwicklung, Standardisierung & Normung, Rahmenbedingungen, Infrastruktur und Geschäftsmodelle. Auf dieser Grundlage werden im Rahmen einer anschließenden *acatech Studie* konkrete Schritte anhand einer umfassenden Roadmap vorgestellt.

Abbildung 3: Identifizierte Aktionsfelder zur Realisierung des Zielbildes



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 4: Methodik zur Erarbeitung der Handlungsempfehlungen



Quelle: eigene Darstellung

#### 4.4 METHODODIK

Die Nutzungsszenarien wurden so gewählt und gestaltet, dass sie mit Blick auf die Aspekte Ökologie, gesellschaftliche Teilhabe, Sicherheit im Verkehr und Wertschöpfungssteigerung erstrebenswerte Entwicklungen realitätstreu aufzeigen. Um dies zu gewährleisten, stützen sich Auswahl und Gestaltung der Szenarien auf gegenwärtige Prognosen des in absehbarer Zukunft technisch Möglichen. Die konkrete Ausarbeitung der Nutzungsszenarien erfolgte unter Anwendung einer morphologischen Analyse. Dabei handelt es sich um eine Kreativitätstechnik, die es erlaubt, multidimensionale Problemstellungen so zu vereinfachen, dass sie auf einer zweidimensionalen Matrix dargestellt

werden können. Ziel der morphologischen Analyse war es, für die verschiedenen Dimensionen (wie „Beförderer“ oder „Beförderter“) die einzelnen Parameter (wie „ÖPNV“ oder „Motorisierter Individualverkehr (MIV)“ beziehungsweise „Senioren“ oder „Berufstätige“) zu bestimmen, damit Dimensionen und Parameter möglichst weitgehend durch Szenarien oder Szenarien-Elemente abgedeckt werden. Eine Überschneidung der Parameter ist dabei möglich. Die Handlungsempfehlungen zeigen auf, was auf Basis des aktuellen Standes von Technologieentwicklung und Regulierung in den verschiedenen Aktionsfeldern unternommen werden muss, damit das Zielbild realisiert werden kann.

Abbildung 5: Morphologische Analyse

	PARAMETER				
Motivation	Lebensqualität	Sicherheit	Gesellschaftliche Teilhabe	Wettbewerbsfähigkeit	Wertschöpfung
Szenerie	Autobahn	Stadt	Landstraße	Stadtverkehr	Stadt/Land
Beförderer	ÖPNV	MIV	Güterverkehr	ÖPNV	Lieferdienste
Informationsfluss	Fahrzeugausstattung	Umgebungsinfrastruktur			
Beförderter	Senioren	Berufstätige	Eltern	Kinder	Güter

Quelle: eigene Darstellung

Durch die sinnvolle Kombination von Parametern der verschiedenen Dimensionen wurden systematisch relevante Nutzungsszenarien erarbeitet. Das eingezeichnete Beispiel zeigt ein Stadtszenario für Berufstätige unter Nutzung des ÖPNV und maßgeblicher Einbindung der Umgebungsinfrastruktur, das der Hauptmotivation der Ökologie folgt, wie im Nutzungsszenario „Neue Flexibilität im öffentlichen Verkehr“ erarbeitet.

## 5 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Für die Umsetzung der *Neuen autoMobilität* ist es notwendig, nicht nur die unmittelbaren Fahrzeugtechnologien, sondern auch das technologische Umfeld aktiv zu gestalten. Im Zeitalter der Digitalisierung werden Wertschöpfungsketten in rasanter Geschwindigkeit verändert. Zeitgleich mit dem Trend der Automatisierung erleben wir eine zunehmende gesellschaftliche Vernetzung. Deutschland mit seiner weltweit führenden und systemrelevanten Mobilitätsindustrie muss diese Chancen nutzen. Für die Verwirklichung der *Neuen autoMobilität* bedarf es der Kooperation von Herstellern, Zulieferern, Forschungseinrichtungen und der Politik. Nur wenn wir künftige Veränderungen aktiv mitgestalten und Mobilitätslösungen auch im Hinblick auf unsere gesellschaftlichen Wertvorstellungen steuern, können wir die Herausforderungen bewältigen. Im Folgenden wird eine schematische Beschreibung von notwendigen Aktivitäten vorgenommen. Dabei handelt es sich zunächst um Voraussetzungen für die technische Umsetzung sowie für die Markteinführung von automatisierten und fahrerlosen Fahrzeugen. Weiterführend müssen auch grundlegende Fragen zu den gesellschaftlichen Auswirkungen thematisiert werden. Diese werden Bestandteil der umfangreicheren, 2016 erscheinenden acatech Studie sein.

### 5.1 ZUSAMMENDENKEN VON AUTOMATISIERUNG, VERNETZUNG UND INFRASTRUKTUR

Ein erheblicher Mehrwert zusätzlich zur reinen Automatisierung ergibt sich aus der Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur und der Integration mit Verkehrsmanagementsystemen sowie cloudbasierten Diensten. Insbesondere Komfort und Verkehrsfluss können auf diese Weise nochmals deutlich verbessert werden. Neben der technischen Entwicklung bedarf es der Etablierung einheitlicher Vorgaben für die Kommunikation und die kooperative Entscheidungsfindung im Verkehr. Darüber hinaus ist die frühzeitige Aufrüstung von Verkehrsinformations- und -kommunikationsinfrastrukturen erforderlich.

Durch die aktuelle und zukünftige Entwicklung im Fahrzeugbereich in Richtung automatisierter und fahrerloser Fahrzeuge werden Mobilität, Verkehrssicherheit und Energieeffizienz der Verkehrsträger gesteigert sowie der individuelle Komfort erhöht. Die Funktionalität von sensorbasierter Automatisierung in der Fahrzeugsteuerung kann noch signifikant verbessert werden. Dies wird etwa durch die Vernetzung von Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmern, cloudbasierte Analyse der anfallenden Daten, hochauflösende Karteninformationen sowie die Integration mit Verkehrsinformations- und -kommunikationsinfrastrukturen (VIKI) möglich. Sicherheit, Verkehrsmanagement und Nutzerfreundlichkeit erfahren somit einen deutlichen Zugewinn. Im Nutzungsszenario „Gewonnene Zeit“ wird beispielhaft dargelegt, welche Vorteile des automatisierten Straßenverkehrs durch mehr Zeit und Komfort für Berufspendlerinnen und -pendler entstehen.

Die Vernetzung der am Verkehr Teilnehmenden untereinander vergrößert die Basis der jeder und jedem einzelnen Teilnehmenden zur Verfügung stehenden Informationen und führt somit zu besseren Entscheidungen bei der Steuerung und zu einer insgesamt größeren Robustheit der Steuerungssysteme. So kann nicht nur die Sicherheit für die Passagiere, sondern auch für andere Verkehrsteilnehmende, wie beispielsweise ein auf der Straße spielendes Kind, erhöht werden (siehe Nutzungsszenario 1B). Die Integration der Fahrzeugautomatisierung mit VIKI, zum Beispiel mit Verkehrsleitsystemen wie Ampelsteuerungen, die auf situative Anforderungen reagieren, erweitert ebenfalls die Informationsbasis der einzelnen Teilnehmenden. Darüber hinaus ermöglicht die Integration eine flexible Anpassung der Verkehrsumgebung etwa durch änderbare Geschwindigkeitsvorgaben oder Ampelsteuerung.

Für die Realisierung von fahrerlosem Verkehr mit vollem Funktionsumfang (entsprechend Stufe 5, Abbildung 1) ist die frühzeitige technische Aufrüstung kommunaler Verkehrsanlagen, zum Beispiel von Straßenmarkierungen, Ampeln und Verkehrsleitsystemen, inklusive der

notwendigen Datenverbindungen, erforderlich. Dabei gilt es zu berücksichtigen, welcher Grad der Vernetzung der Fahrzeuge untereinander vorhanden ist und welche Informationen zwischen Fahrzeugen ausgetauscht werden. Um ältere Anlagen der Verkehrssteuerung weiterhin in Betrieb halten zu können, muss die Abwärtskompatibilität neuer Systeme forciert werden. Nur so kann der mögliche Mehrwert aus der Kombination von Automatisierung, Vernetzung und Infrastruktur auch tatsächlich generiert werden. Für bundes- und europaweite einheitliche Vorgaben in der Umsetzung ist ein entsprechender ordnungspolitischer Rahmen zu erarbeiten. Vonseiten der Hersteller ist es notwendig, dass entsprechende Standards für die Vernetzung, die Kommunikation und das kooperative Entscheiden von Fahrzeug zu Fahrzeug entwickelt und implementiert werden. Gleichzeitig stellt sich die Herausforderung, Standards und Normen auch für den Kommunikationsaustausch von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur zu etablieren. Um eine vernetzte Verkehrsinfrastruktur mit all ihren Vorteilen zu gewährleisten, müssen Akteure aus allen Bereichen (Hersteller, Zulieferer, Forschungseinrichtungen, Verbände etc.) zusammenarbeiten.

## 5.2 STUFENWEISE ENTWICKLUNG HIN ZUM AUTOMATISIERTEN VERKEHR

Die Einführung eines automatisierten Straßenverkehrs bedarf eines stufenweisen Entwicklungsplans, der auch Einführungsszenarien des gemischten Verkehrs berücksichtigt. Weiterhin notwendig ist die sorgfältige Planung von Anreizen zur Steuerung der Verkehrsnachfrage.

Die Einführung von automatisierten Fahrzeugen erfordert einen stufenweisen Entwicklungsplan. In allen Phasen der Automatisierung muss dieser vor allem geeignete Regelungen für den parallelen Betrieb von automatisierten und konventionellen Fahrzeugen im Mischverkehr beinhalten. Dazu gehören in erster Linie notwendige Ergänzungen und Änderungen in der Straßenverkehrsordnung

und die Ausweisung von Verkehrszonen. Zur Optimierung der Funktionalität wäre es wünschenswert, zusätzlich geeignete bauliche Maßnahmen vorzunehmen. Dazu würde etwa die Ausstattung von Fahrbahnmarkierungen gehören, durch die automatisierte Fahrzeuge die exakte Ortung verbessern können und somit das Miteinander von automatisierten und konventionell gesteuerten Fahrzeugen erleichtern. Die letzte Stufe der Automatisierung, das vollständig fahrerlose Fahren, lässt sich nur nach und nach über eine Infrastruktur erreichen, die einen Mischverkehr von automatisierten und fahrerlosen Fahrzeugen ermöglicht. Das Nutzungsszenario „Gewonnene Zeit“ verdeutlicht notwendige Funktionen von Fahrzeugen in unterschiedlich ausgebauten Regionen (Stadt/Land), während das Nutzungsszenario „Neue Flexibilität im öffentlichen Verkehr“ den gesellschaftlichen Mehrwert einer fahrerlosen Verkehrsinfrastruktur in Bezug auf den öffentlichen Personen- und Güterverkehr sowohl in ländlichen als auch in städtischen Regionen unterstreicht.

Perspektivisch wird der automatisierte Verkehr in Kombination mit neuen Angeboten des öffentlichen oder halböffentlichen Nahverkehrs Anreize für eine Verkehrsnutzung schaffen, die das Verkehrsaufkommen im Innenstadtbereich reduziert. So können urbane Flächen für anderweitige Nutzungszwecke zurückgewonnen werden. Dies eröffnet neue Chancen für die städtebauliche Gestaltung. Ein wichtiges Instrument der Nachfragesteuerung ist die Parkraumbewirtschaftung, die sowohl die Kosten für Anwohnerparkplätze bestimmt als auch die für innerstädtische Fahrten durch Parkgebühren entstehenden Aufwendungen.

Die Erarbeitung eines Leitbildes, das sowohl die stufenweise Entwicklung als auch die Steuerung von Anreizen in der Verkehrsnachfrage umfasst, ist eine Aufgabe, die Vertreter von Kommunen, Mobilitätsforschung und Industrie im Schulterschluss wahrnehmen sollten.

### 5.3 SCHAFFUNG VON LIVING LABS

Zur Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines automatisierten Straßenverkehrs, der die verschiedenen Verkehrsmittel und am Verkehr Teilnehmenden integriert, bedarf es entsprechend ausgestatteter Living Labs und Testzentren.

Living Labs haben sich in den vergangenen Jahren als Instrument für die praxisorientierte Erforschung neuer Technologien etabliert. Häufig als Public-Private-Partnerschaft betrieben, bieten Living Labs am Schnittpunkt von Technologie, Markt und Gesellschaft experimentelle Umgebungen, um frühzeitig im Entwicklungsprozess Nutzer, Entwickler und Planer zusammenzubringen und voneinander lernen zu lassen. Neben der Verbesserung der Entwicklung geht es in den als Schaufenster angelegten Living Labs auch um Belange der gesellschaftlichen Akzeptanz. Um beispielsweise Senioren wie im Nutzungsszenario 3B beschrieben einen besseren Zugang zu Mobilität zu ermöglichen, müssen diese in die Gestaltung von Mobilitätsdiensten involviert sein.

Ein Living Lab ermöglicht es, Varianten des automatisierten Straßenverkehrs in realitätsnahen und relevanten Umgebungen stufenweise zu erproben – von der virtuellen Simulation über real-virtuelle Mischumgebungen und Tests im Prüfgelände bis hin zu Versuchsszenarien im halb-öffentlichen und öffentlichen Raum. Die verschiedenen Verkehrsmittel und am Verkehr Teilnehmenden wie Fußgänger, Radfahrer, Bus, Bahn, Lastverkehr und Pkw sowie deren Zusammenspiel müssen in der Umgebung eines derartigen Versuchsfeldes bereits integriert sein. Ein Living Lab muss zu diesem Zweck sowohl ein technisch entsprechend ausgestattetes Testgelände als auch ein regionales Areal umfassen. Während die funktionale Absicherung und der experimentelle Nachweis von Fehlermargen zentrale Aspekte darstellen, wird in der Gestaltung der Living Labs auch die Bewertung des Kundennutzens im Vordergrund stehen. Die Entwicklung der zum Nachweis und zur Validierung der funktionalen Sicherheit erforderlichen

Methoden und Standards – auch mit Blick auf in späteren Schritten notwendige Zertifizierungen – ist ebenfalls Aufgabe des Living Labs.

Die Errichtung von als Großforschungsanlagen konzipierten nationalen Living Labs mit Einbindung in das Netzwerk internationaler Partner ist ein unumgänglicher Schritt auf dem Weg in eine Zukunft des automatisierten Straßenverkehrs. Für die Erprobung automatisierter Fahrzeuge in größerem Maßstab und mit Nutzerbeteiligung werden Investitionen benötigt, und es muss Rechtssicherheit geschaffen werden. Entscheidend wird es aber sein, die Lücke zwischen Forschung und marktreifem Geschäftsmodell zu schließen. Hierzu sollte bereits bei der Konzeption eines Living Labs evaluiert werden, wie sich mögliche Geschäftsmodelle auch umsetzen lassen.

### 5.4 ENTWICKLUNG UND EINFÜHRUNG EINHEITLICHER PRINZIPIEN DER MENSCH-MASCHINE-INTERAKTION IM FAHRZUGBEREICH

Deutsche Hersteller, Forschungseinrichtungen, Prüforga-nisationen und Bundesbehörden sollten eine führende Rolle bei der Entwicklung und Etablierung von internationalen Standards der sicherheitsrelevanten Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeugbereich einnehmen.

Auch beim automatisierten Fahren erfolgt die Steuerung zentraler technischer Funktionen durch den Fahrer oder die Fahrerin. Dies ist etwa bei der Routenplanung der Fall oder bei der Wahl zwischen verschiedenen Stufen der Automatisierung. Aus Sicherheitsgründen sollte dafür gesorgt werden, dass die dafür erforderlichen Interaktionsprinzipien in Fahrzeugen unterschiedlichen Typs und unterschiedlicher Anbieter hinreichend ähnlich gestaltet sind. Dazu zählt etwa die Standardisierung von Interaktionsprinzipien (ähnlich wie bei dem bekannten Prinzip des Blinkens bei Spurwechsel). Es gilt insbesondere sicherzustellen, dass die Fahrerin oder der Fahrer immer die

aktuelle Automatisierungsstufe ihrer beziehungsweise seiner Fahraufgaben kennt und jeden Wechsel der Automatisierungsstufe bewusst wahrnehmen und nachvollziehen kann. Das Nutzungsszenario „Gewonnene Zeit“ erläutert, wie ein Wechsel in der Fahrzeugsteuerung durch System zum Fahrer aussehen könnte. Eine mangelhafte Gestaltung könnte hier zu gravierenden Fehleinschätzungen und damit zu einer Beeinträchtigung der funktionalen Sicherheit führen. Darüber hinaus ist es weiterhin wichtig, kognitive Überforderung durch zu viele oder nicht optimal gestaltete Informationskanäle im Auto zu vermeiden, die zu einer eingeschränkten Aufmerksamkeit im Straßenverkehr führen könnte. Rechtsvorschriften für Interaktionsprinzipien in automatisierten Fahrzeugen sind hier möglicherweise erforderlich.

Die Standardisierung sollte weiterhin die zentralen Begrifflichkeiten innerhalb der Mensch-Maschine-Interaktion einschließen, wie zum Beispiel die Definition der verschiedenen Automatisierungsstufen. Eine solche Standardisierung ist nicht nur für die technische Entwicklung notwendig, sondern auch, damit in der Nutzung von automatisierten Fahrzeugen Informationen des Fahrzeugsystems eindeutig interpretiert werden können.

Die Standardisierung von Steuerungsfunktionen ist außerdem unerlässlich für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur sowie für die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden. Damit alle Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer das Verhalten eines automatisierten Fahrzeuges verlässlich antizipieren können, müssen Verhaltensfunktionen, welche die Sicherheit Dritter betreffen, wie zum Beispiel das automatische Abstandhalten, typ- und herstellerübergreifend ähnlich funktionieren. Hierzu gehören auch Signale an Dritte, beispielsweise das Signal für die Automatisierungsstufe, in der sich das Fahrzeug gerade befindet. Deutschland mit seinen vielen Herstellern und Zulieferern verfügt wie kaum ein anderes europäisches Land über das Know-how, die Entwicklung von sicherheitsrelevanten Aspekten der

Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeugbereich voranzutreiben. Gleichzeitig sind deutsche Hersteller von der notwendigen Standardisierung in diesem Bereich besonders stark betroffen. Deshalb sollte Deutschland die Chance ergreifen, die Entwicklung konsistenter Interaktionsprinzipien voranzutreiben und bei der Etablierung von internationalen Standards der Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeugbereich eine führende Rolle einzunehmen und europäische Partner frühzeitig einzubinden.

## 5.5 NUTZBARMACHUNG VON DATEN FÜR AUTOMATISIERUNG UND VERNETZUNG

Die Erfassung und Verarbeitung von Daten und Informationen verschiedenster Quellen stehen bei Automatisierung und Vernetzung im Vordergrund. Hier gilt es, Modelle der Datennutzung zu entwickeln, welche die schützenswerten Interessen der Nutzer angemessen respektieren sowie attraktive und erfolgreiche Geschäftsmodelle für alle Beteiligten erlauben. Die Interoperabilität von Plattformen sollte durch geeignete Rahmenbedingungen ermöglicht werden.

Die Funktionalität automatisierter Fahrzeugsteuerung wird durch die Vernetzung mit anderen Verkehrsteilnehmenden sowie mit der Verkehrsinformations- und -kommunikationsinfrastruktur signifikant gesteigert. Im Nutzungsszenario „Zu Fuß und mit dem Rad sicher unterwegs“ wird die Verbesserung der Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer deutlich. Darüber hinaus basieren auch neue Geschäftsmodelle, etwa für den Betrieb von automatisierten Transportdienstleistungen, wie im Nutzungsszenario „Verbesserte Versorgung“ beschrieben, auf der Nutzung von Daten.

Elementar in beiden Fällen ist die Qualität der Daten, besonders deren Verlässlichkeit und Verfügbarkeit. Für die Vielzahl der anfallenden Daten wird zudem entscheidend sein, wer welche Daten in welchem Umfang nutzen darf.

Deshalb ist die Anpassung an Erfordernisse des Datenschutzes und der Datensicherheit ein zentrales Aktionsfeld. Hier ist der Gesetzgeber zumindest in koordinierender Rolle gefragt. Auch die Frequenzvergabe für die verschiedenen telematischen Lösungen einer Vernetzung des automatisierten Straßenverkehrs ist ein Thema, das möglicherweise durch die Regulierungsbehörden geklärt werden muss.

In Anbetracht der wichtigen Rolle, die verkehrsbezogene Daten für die öffentliche Grundversorgung spielen, müssen gleichermaßen Wettbewerb und Interoperabilität gewährleistet sein. Gerade bei Geschäftsmodellen der Netzökonomie ist der Punkt der Interoperabilität kritisch zu beobachten. Es muss zum Beispiel sichergestellt sein, dass Plattformen verschiedener Anbieter in Bezug auf Roaming und Datenschnittstellen kompatibel sind und zusammenarbeiten.

Für die öffentliche Akzeptanz der vernetzten Automatisierung werden die Wahrung der Transparenz bei der Erhebung und Verarbeitung von Daten sowie die Nutzerhoheit über persönliche Daten wichtige Kriterien sein. Es wird erforderlich sein, den Datenverkehr ausreichend anonymisiert zu gestalten. Hier muss zwischen den verschiedenen Interessen der Akteure und dem angestrebtem Nutzen, zum Beispiel der Erhöhung der Verkehrssicherheit, abgewogen werden.

## 5.6 AKTIVE WEITERENTWICKLUNG DES RECHTS- RAHMENS

Automatisierter Straßenverkehr erfordert regulatorische Entscheidungen auf nationaler und internationaler Ebene, um den Weg für erfolgreiche Markteinführungen zu ebnet. In diesem Zusammenhang stellt sich grundsätzlich die Frage, wie der Rechtsrahmen optimal weiterentwickelt werden kann, um die notwendige Rechtssicherheit für die Entwicklung des automatisierten Straßenverkehrs zu gewährleisten.

Um die notwendigen Technologien für einen automatisierten Straßenverkehr der Zukunft in verlässlicher Form zur Marktreife zu bringen, werden Innovationsprozesse mit vielen Iterationsschleifen erforderlich sein. Die Weiterentwicklung des nationalen und internationalen Rechtsrahmens ist daher nicht nur eine juristische Notwendigkeit, wie zum Beispiel beim Datenschutz, sondern auch aus wirtschaftlicher Perspektive dringend erforderlich, etwa bei der Haftung für den automatisierten Betrieb. Es ist entscheidend, laufende Maßnahmen und Weiterentwicklungen, wie die von Deutschland mitinitiierte Änderung der Wiener Straßenverkehrskonvention sowie entsprechende Fortschritte der Arbeitsgruppe Straßenverkehrssicherheit der UN-Wirtschaftskommission, weiter voranzutreiben, damit automatisierte und fahrerlose Fahrzeuge in den normalen Verkehr integriert werden können.

Auch gilt es, einen einheitlichen internationalen Rahmen zu schaffen, um unter anderem Handels- und Nutzungsbarrieren auszuschließen. Datenintensive innovative Geschäftsmodelle für automatisierte Fahrsysteme machen in besonderer Weise deutlich, dass Daten im aktuellen Rechtsverständnis nicht die Bedeutung haben, die ihnen zukünftig zukommen wird. Um zum einen das Entstehen innovativer Modelle nicht bereits in einem frühen Stadium zu erschweren oder gar zu verhindern, zum anderen aber für eine erforderliche Rechtssicherheit zu sorgen, steht der Gesetzgeber vor der Herausforderung, die Rechtsgüter der Beteiligten zu schützen und ihre Rechte in Einklang zu bringen.

Es stellen sich auch Fragen der grundsätzlichen Herangehensweise für rechtliches und regulatorisches Vorgehen. So ist zu prüfen, inwiefern es notwendig ist, für neue Sachverhalte bestehende Rechtsvorschriften zu ändern, zumindest auf europäischer Ebene neue Rechtsvorschriften zu schaffen, oder ob die neuen Sachverhalte unter bestehende Regelungen subsumiert werden können. Weiterhin gilt es zu entscheiden, in welchem Rahmen informelle Dialoge

und Selbstverpflichtungen (Stichwort: Ko-Regulierung) ein geeignetes Instrument für die regulatorische Begleitung von Forschung und Entwicklung darstellen, oder ob ein frühzeitig definierter Rechtsrahmen, der verlässliche Rechtssicherheit bietet, die bessere Option ist. Die Abwägung von gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Interessen gegenüber möglichen technologischen Risiken sollte dabei ein wesentliches Kriterium sein. Auch gesellschaftliche und ethische Fragestellungen müssen die technologische Forschung begleiten und an geeigneter Stelle diskutiert werden, damit sie in die Umsetzung der jeweiligen Stufen der Automatisierung einfließen.

### 5.7 AUFLAGE EINES INNOVATIONSPROGRAMMS ZUM AUTOMATISIERTEN STRASSENVERKEHR DER ZUKUNFT

Um in Zeiten eines zunehmend automatisierten Straßenverkehrs die technologische Gestaltungsmacht zu erhalten, bedarf es Investitionen in innovative Forschung und Entwicklung. In koordinierten Förderprogrammen sollte dabei insbesondere die weitere Vernetzung von Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen in einer interdisziplinären Forschung gestärkt werden.

Es besteht ein enormer technischer Entwicklungsbedarf, um die Technologieführerschaft Deutschlands in Bezug auf automobile Technologien auch unter dem Vorzeichen eines zunehmend automatisierten Straßenverkehrs zu erhalten und weiter auszubauen. Dabei geht es nicht nur um die Weiterentwicklung von Komponenten wie etwa der Sensorik, der Situationsinterpretation, der Mensch-Maschine-Interaktion oder intelligenter, resilienter Steuerungsalgorithmen. Höhere Stufen der Automatisierung erfordern auch komplexere Funktionalitäten in der Robotik, der Kognition und der Integration einer vernetzten Automation mit Verkehrsinfrastrukturen.

Neben technischen Belangen besteht Innovationsbedarf zudem in der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung, inklusive Technikfolgenabschätzung und Akzeptanzforschung, und der Entwicklung geeigneter rechtlicher Rahmenbedingungen. Flankierend sollte die Entwicklung hin zum automatisierten Straßenverkehr begleitet werden von Formaten der Wissenschaftskommunikation und Bürgerdialogen.

Eine starke Position Deutschlands im Bereich des automatisierten Straßenverkehrs ist nicht nur in volkswirtschaftlicher Hinsicht wünschenswert, sondern gleichermaßen entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit der Automobilindustrie. Big Data ermöglicht heute neuartige Geschäftsmodelle. Vormalig branchenexterne Akteure wie Google und Apple aus den USA oder Baidu aus China konkurrieren heute mit traditionellen Herstellern aus der Fertigungsindustrie. Diese neuen Global Player haben derzeit einen Wettbewerbsvorteil in der Informationsvernetzung und -verteilung. Bereits heute verfügen sie über große Mengen nutzergenerierter Daten. Darüber hinaus dringen globale Akteure immer stärker in den Bereich infrastruktureller Dienste wie Suchmaschinen- oder Kommunikationsservices vor und agieren dort mehr oder weniger jenseits öffentlicher Kontrolle. Um in Zeiten eines zunehmend automatisierten Straßenverkehrs die technologische Gestaltungsmacht zu erhalten und nicht in die Rolle eines Zulieferers abgedrängt zu werden, bedarf es einer vereinten Anstrengung aller gesellschaftlichen Akteure.

In der Vergangenheit hat sich wiederholt gezeigt, dass die auf thematisch definierte Cluster konzentrierte Forschungs- und Wirtschaftsförderung ein geeignetes Instrument ist, um Vernetzung in Wirtschaft und Wissenschaft zwischen Herstellern, Zulieferern und auch kleinen und mittelständischen Unternehmen zu fördern. Ferner spielt die Zusammenarbeit von Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen eine wichtige Rolle für den Wissenstransfer von Grundlagenforschung und

angewandter Forschung. Eine solche Vernetzung ist gerade mit Blick auf die durch den automatisierten Straßenverkehr geforderte Integration von technischen, sozialwissenschaftlichen und rechtlichen Innovationen das Gebot der Stunde. Darüber hinaus haben Förderprogramme Clustern von Unternehmen in einem früheren Stadium der Entwicklung eines Industriesektors oftmals dazu verholfen, die notwendige kritische Masse zu erreichen, um sich langfristig am Markt behaupten zu können. Das Ausmaß von Neuerungen, die mit dem automatisierten Straßenverkehr einhergehen, lässt vermuten, dass sich der gesamte Sektor der Automobilwirtschaft neu formieren wird. Insofern ist davon auszugehen, dass Förderprogramme in der frühen Entwicklungsphase des neuen Sektors automatisierter Straßenverkehr ein effektives Instrument der Wirtschaftspolitik darstellen.

## 5.8 NÄCHSTE SCHRITTE

Auf Basis des entwickelten Zielbildes wird die acatech Projektgruppe Neue autoMobilität in der zweiten Projektphase eine Roadmap für den Weg zum automatisierten Straßenverkehr in Form einer acatech Studie erstellen. Die Roadmap wird die adressierten Aktionsfelder und Handlungsempfehlungen vervollständigen und konkretisieren. Ziel ist es, die einzelnen Schritte zur Verwirklichung des automatisierten Straßenverkehrs bis einschließlich 2030 zu definieren. Das automatisierte Fahren wird ebenfalls im Fokus der Studie sein, wobei relevante Querschnittsthemen stärker berücksichtigt werden.

Mit dem steigenden Reifegrad automatisierter Fahrzeugfunktionen und der zugrunde liegenden Infrastruktur gewinnen auch übergreifende Fragen zu den gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Fahrzeugtechnologien an Relevanz. Dazu gehören unter anderem:

*Wie können Betriebssicherheit und Angriffssicherheit von vernetzten und automatisierten Fahrzeugen stets und unter außergewöhnlichen Bedingungen sichergestellt werden? Wie kann der Datenschutz in Bezug auf sicherheitsrelevante Überwachung gewährleistet werden? Welche Standards und Zertifizierungen sind für eine einheitliche Etablierung von IT-Sicherheitskonzepten notwendig? Welche grundlegenden Prinzipien müssen für ein gemeinsames Verständnis der Mensch-Maschine-Interaktion geschaffen werden? Wie ordnet sich der automatisierte Straßenverkehr in unser bereits vorhandenes Verkehrssystem in den Städten oder auf dem Land ein? Wird sich die Automatisierung auf die Arbeitsorganisation und Beschäftigung im Mobilitätssektor auswirken? Wie muss die gesellschaftliche Debatte um grundsätzliche ethische Fragen geführt werden? Welche Maßnahmen sind notwendig, um die Nutzer und Zivilbevölkerung in die Gestaltung eines zukünftigen Verkehrssystems einzubeziehen?*

Die genannten Fragen verdeutlichen die weitreichende Bedeutung von Mobilität als zentraler Bestandteil unserer Gesellschaft. Einige dieser Fragestellungen werden im Rahmen der weiteren Projektarbeit stärker thematisiert, wenngleich eine Berücksichtigung aller Teilaspekte aufgrund der Breite des Themas nicht möglich sein wird. Die Ergebnisse der zweiten Projektphase werden voraussichtlich Ende 2016 in Form einer acatech STUDIE veröffentlicht.



# LITERATUR

## 2 ZIELBILD

### 2.1 Lebensqualität

**Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena):** Hintergrundpapier: Energieverbrauch und Energieträger im Straßenverkehr bis 2025, 2013. URL: [http://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/Verkehr/Dokumente/dena-Hintergrundpapier\\_Energieverbrauch\\_und\\_Energietraeger\\_im\\_Strassenverkehr\\_bis\\_2025.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Verkehr/Dokumente/dena-Hintergrundpapier_Energieverbrauch_und_Energietraeger_im_Strassenverkehr_bis_2025.pdf) [Stand: 25.06.2015].

**Nationale Plattform Zukunftsstadt:** Die Zukunftsstadt. CO<sub>2</sub>-neutral, energie-/ressourceneffizient, klimaangepasst und sozial. Langfassung der Strategischen Forschungs- und Innovationsagenda (FINA), 2015. URL: [http://www.nationale-plattform-zukunftsstadt.de/NPZ\\_Langfassung\\_FINA\\_.pdf](http://www.nationale-plattform-zukunftsstadt.de/NPZ_Langfassung_FINA_.pdf) [Stand: 21.05.2015].

### 2.2 Soziale Teilhabe

**Sommer, B.:** Deutschlands Entwicklung bis zum Jahr 2060. Zahlen und Fakten zum demographischen Wandel, 2011. URL: <http://www.charta-der-vielfalt.de/service/publikationen/jung-alt-bunt/chancen-und-herausforderungen/deutschlands-entwicklung-bis-zum-jahr-2060.html> [Stand: 18.05.2015].

### 2.3 Sicherheit im Verkehr

**Eno Center for Transportation:** Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations, 2013. URL: <https://www.enotrans.org/store/research-papers/preparing-a-nation-for-autonomous-vehicles-opportunities-barriers-and-policy-recommendations> [Stand: 13.05.2015].

**Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH:** Verkehrsunfallstatistik 2012, 2013. URL: <http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/neuigkeiten/news.php?id=4102> [Stand: 29.04.2015].

**Baum, H./Kranz, T./Westerkamp, U. et al.:** „Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland“. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 208. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für Neue Wissenschaft 2010.

**Isaksson-Hellman, I./Lindman, M.:** „Real-World Performance of City Safety based on Swedish Insurance Data“. Vortrag gehalten auf der 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV) in Göteborg, Schweden, 8. bis 11. Juni 2015. URL: <http://www-esv.nhtsa.dot.gov/proceedings/24/files/24ESV-000121.PDF> [Stand: 30.06.2015].

**Schnieder, E./Schnieder, L.:** Verkehrssicherheit. Maße und Modelle, Methoden und Maßnahmen für den Straßen- und Schienenverkehr. Berlin: Springer Vieweg 2013.

### 2.4 Wettbewerbsfähigkeit durch innovative Geschäftsmodelle

**McKinsey&Company:** Connect Car, Automotive Value Chain Unbound, 2014. URL: [http://passthrough.fw-notify.net/download/427424/http://www.sas.com/images/landingpage/docs/3\\_McKinsey\\_John\\_Newman\\_Connected\\_Car\\_Report.pdf](http://passthrough.fw-notify.net/download/427424/http://www.sas.com/images/landingpage/docs/3_McKinsey_John_Newman_Connected_Car_Report.pdf) [Stand: 13.08.2015].

**Roland Berger:** Think Act – Autonomous Driving, 2014. URL: [http://www.rolandberger.ch/media/pdf/Roland\\_Berger\\_TABAutonomousDrivingfinal20141211.pdf](http://www.rolandberger.ch/media/pdf/Roland_Berger_TABAutonomousDrivingfinal20141211.pdf) [Stand: 13.08.2015].

**Simoudis, E.:** The Innovation-Driven Disruption of the Automotive Value Chain (Part 2), 2015. URL: <https://www.enterpriseirregulars.com/88016/innovation-driven-disruption-automotive-value-chain-part-1/> [Stand: 13.08.2015].

## 2.5 Gesellschaftliche Wertschöpfung

**Anderson, J. M./Kalra N./Stanley K. D./Sorensen, P./Samaras, C./Oluwatola, O. A.:** Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers. Santa Monica, CA: Rand Corporation 2014.

**Eno Center for Transportation:** Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations, 2013. URL: <https://www.enotrans.org/store/research-papers/preparing-a-nation-for-autonomous-vehicles-opportunities-barriers-and-policy-recommendations> [Stand: 13.05.2015].

## 3 NUTZUNGSSZENARIEN

### 3.1 Zu Fuß und mit dem Rad sicher unterwegs

**Directorate-General for Mobility and Transport:** Recommendations on standardisation, deployment and a research agenda, 2012. URL: [http://www.safecycle.eu/cms\\_soubory/rubriky/85.pdf](http://www.safecycle.eu/cms_soubory/rubriky/85.pdf) [Stand: 26.06.2015].

**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Unfallforschung der Versicherer:** Abbiegeunfälle Pkw/Lkw und Fahrrad (Forschungsbericht Nr. 21), 2013. URL: <http://udv.de/de/publikationen/forschungsberichte/abbiegeunfaelle-pkw-lkw-und-fahrrad> [Stand: 26.06.2015].

**ADFC:** Überlebenstechnik. ADFC-Forderungen zur Fahrzeugtechnik, 2011. URL: <http://www.adfc.de/ueberlebenstechnik/ueberlebenstechnik> [Stand: 26.06.2015].

**iMobility Forum:** Vulnerable Road Users. URL: <http://www.imobilitysupport.eu/imobility-forum/working-groups/vulnerable-road-users> [Stand: 07.05.2015].

**Winkle, T.:** „Sicherheitspotenzial automatisierter Fahrzeuge: Erkenntnisse aus der Unfallforschung“. In: Maurer, M./Gerdes, J. C./Lenz, B./Winner, H. (Hrsg.): Autonomes Fahren, Berlin: Springer 2015, S. 351–376.

### 3.2 Gewonnene Zeit

**Tatje, C.:** „Die Pendlerrepublik“. In: ZeitOnline, 29.05.2014. URL: <http://www.zeit.de/2014/22/mobilitaet-pendler-arbeitsweg> [Stand: 26.06.2015].

**Wachenfeld, W./Winner, H./Gerdes, C./Lenz, B./Maurer, M./Beiker, S. A./Fraedrich, E./Winkle, T.:** „Use-Cases des autonomen Fahrens“. In: Maurer, M./Gerdes, J. C./Lenz, B./Winner, H. (Hrsg.): Autonomes Fahren, Berlin: Springer 2015, S. 9–37.

### 3.3 Neue Flexibilität im Öffentlichen Verkehr

**Freie Universität Berlin, Institut für Informatik: AutoNOMOS Labs.** URL: <http://autonomos-labs.com/> [Stand: 21.05.2015].

**Beiker, S. A.:** „Implementierung eines selbstfahrenden und individuell abrufbaren Personentransportsystems“. In: Maurer, M./Gerdes, J. C./Lenz, B./Winner, H. (Hrsg.): Autonomes Fahren, Berlin: Springer 2015, S. 287–307.

**Canzler, W./Knie, A./Brickwedde, F.:** Die neue Verkehrswelt: Mobilität im Zeichen des Überflusses: schlau organisiert, effizient, bequem und nachhaltig unterwegs. Eine Grundlagenstudie im Auftrag des BEE e.V. Bochum: Ponte Press 2015.

**Pavone, M.:** „Autonomous Mobility-on-Demand Systems for Future Urban Mobility“. In: Maurer, M./Gerdes, J. C./Lenz, B./Winner, H. (Hrsg.): Autonomes Fahren, Berlin: Springer 2015, S. 399–416.

### 3.4 Verbesserte Versorgung

**DHL Customer Solutions & Innovation:** Self-Driving Vehicles in Logistics. A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry, 2014. URL: [http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/dhl\\_self\\_driving\\_vehicles.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_self_driving_vehicles.pdf) [Stand: 26.06.2015].

**Flämig, H.:** „Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes“. In: Maurer, M./Gerdes, J. C./Lenz, B./Winner, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren*, Berlin: Springer 2015, S. 377–398.

## 5 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

### 5.1 Zusammendenken von Automatisierung, Vernetzung und Infrastruktur

**KPM/CAR:** *Self-driving cars: The next revolution*, 2012. URL: <http://www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/self-driving-cars-next-revolution.pdf> [Stand: 26.06.2015].

### 5.2 Stufenweise Entwicklung hin zum automatisierten Verkehr

**Beiker, S. A.:** „Einführungsszenarien für höhergradig automatisierte Straßenfahrzeuge“. In: Maurer, M./Gerdes, J. C./Lenz, B./Winner, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren*, Berlin: Springer 2015, S. 197–217.

**iMobility Forum:** *Implementation Road Map*. URL: <http://www.imobilitysupport.eu/imobility-forum/working-groups/implementation-road-map#working-group-output>. [Stand: 07.05.2015].

**Wagner, P.:** „Steuerung und Management in einem Verkehrssystem mit autonomen Fahrzeugen“. In: Maurer, M./Gerdes, J. C./Lenz, B./Winner, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren*, Berlin: Springer 2015, S. 313–330.

**Schnieder, E. (Hrsg.):** *Verkehrslleittechnik. Automatisierung des Straßen- und Schienenverkehrs*. Berlin, Heidelberg: Springer 2007.

### 5.3 Schaffung von Living Labs

**The World Bank/European Network of Living Labs:** *Citizen-Driven Innovation. A guidebook for city mayors and*

*public administrators*, 2015. URL: [http://www.openlivinglabs.eu/sites/enoll.org/files/Citizen\\_Driven\\_Innovation\\_Full.pdf](http://www.openlivinglabs.eu/sites/enoll.org/files/Citizen_Driven_Innovation_Full.pdf) [Stand: 26.06.2015].

**Fraunhofer IAO:** *Urban Living Lab*, <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/geschaeftsfelder/unternehmensentwicklung-arbeitsgestaltung/978.html> [Stand: 07.05.2015].

### 5.4 Entwicklung und Einführung einheitlicher Prinzipien der Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeugbereich

**ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI):** *CHI 2015. 33rd Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Conference Program*. URL: <http://chi2015.acm.org/files/CHI2015-Program.pdf> [Stand: 26.05.2015].

**ACM SIGCHI:** *HCI Bibliography: Human-Computer Interaction Resources*. URL: <http://www.hcibib.org/> [Stand: 05.05.2015].

### 5.5 Nutzbarmachung von Daten für Vernetzung und Automatisierung

**acatech (Hrsg.):** *Privatheit im Internet: Chancen wahrnehmen, Risiken einschätzen, Vertrauen gestalten (acatech POSITION)*, Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg 2013.

**iMobility Forum:** *ITS: Privacy & Data Protection*, 2013. URL: <http://www.imobilitysupport.eu/library/imobility-forum/working-groups/active/legal-issues/reports-5/2269-imf-li-wg-privacy-and-data-protection-june-2013/file> [Stand: 26.06.2015].

### 5.6 Aktive Weiterentwicklung des Rechtsrahmens

**Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt):** *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung (BASt-Bericht F 83)*, Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für Neue Wissenschaft 2012.

**Deutscher Verkehrsgerichtstag (Hrsg.):** Empfehlungen des 53. Deutschen Verkehrsgerichtstags, 28. bis 30. Januar 2015, Goslar. URL: [http://www.deutscher-verkehrsgerichtstag.de/images/empfehlungen\\_pdf/empfehlungen\\_53\\_vgt.pdf](http://www.deutscher-verkehrsgerichtstag.de/images/empfehlungen_pdf/empfehlungen_53_vgt.pdf) [Stand: 20.08.2015].

**European Association of Automotive Suppliers (CLEPA)/International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA):** Proposal for amendment to Regulation No. 79 (Steering equipment), 2014. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp29grrf/ECE-TRANS-WP29-GRRF-2014-19e.pdf> [Stand: 26.06.2015].

**Hilgendorf, E./Hötitzsch, S./Lutz, L. (Hrsg.):** Rechtliche Aspekte automatisierter Fahrzeuge. Beiträge zur 2. Würzburger Tagung zum Technikrecht im Oktober 2014, Baden-Baden: NOMOS Verlag 2015.

**International Transport Forum/CPB/OECD: Autonomous driving:** Regulatory Issues, 2014. URL: <http://www.internationaltransportforum.org/cpb/pdf/autonomous-driving.pdf> [Stand: 05.05.2015].

**ConPolicy:** Eckpunkte einer digitalen Ordnungspolitik. Politikempfehlungen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für eine effektive Ko-Regulierung in der Informationsgesellschaft, 2015. URL: [http://www.conpolicy.de/data/user/Studien/Eckpunkte\\_einer\\_digitalen\\_Ordnungspolitik.pdf](http://www.conpolicy.de/data/user/Studien/Eckpunkte_einer_digitalen_Ordnungspolitik.pdf) [Stand: 26.06.2015].

### 5.7 Auflage eines Innovationsprogramms zum automatisierten Straßenverkehr der Zukunft

**Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI):** Innovationsförderung durch Clusterpolitik. EFI Gutachten 2015, 2015. URL: [http://www.e-fi.de/fileadmin/Inhaltskapitel\\_2015/2015\\_B1.pdf](http://www.e-fi.de/fileadmin/Inhaltskapitel_2015/2015_B1.pdf) [Stand: 05.05.2015].

**Rothgang, M./Cantner, U./Dehio, J./Engel, D./Fertig, M./Graf, H./Hinzmann, S./Linshalm, E./Ploder, M./Scholz, A./Töpfer, S.:** Begleitende Evaluierung des Förderinstruments ‚Spitzencluster-Wettbewerb‘ des BMBF. Abschlussbericht – Kurzfassung. RWI Materialien 83, Essen: RWI 2014.

**United Nations Treaty Collection:** 19. Convention on Road Traffic, 1968. URL: [https://treaties.un.org/Pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg\\_no=XI-B-19&chapter=11&Temp=mtdsg3&lang=en](https://treaties.un.org/Pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-19&chapter=11&Temp=mtdsg3&lang=en). [Stand: 21.05.2015].

#### > **acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN**

acatech vertritt die deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu unterstützen und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um den Diskurs über technischen Fortschritt in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft darzustellen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; das Präsidium, das von den Mitgliedern und Senatoren der Akademie bestimmt wird, lenkt die Arbeit; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten vor allem aus der Industrie, aus der Wissenschaft und aus der Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin und einem Büro in Brüssel vertreten.

Weitere Informationen unter [www.acatech.de](http://www.acatech.de)