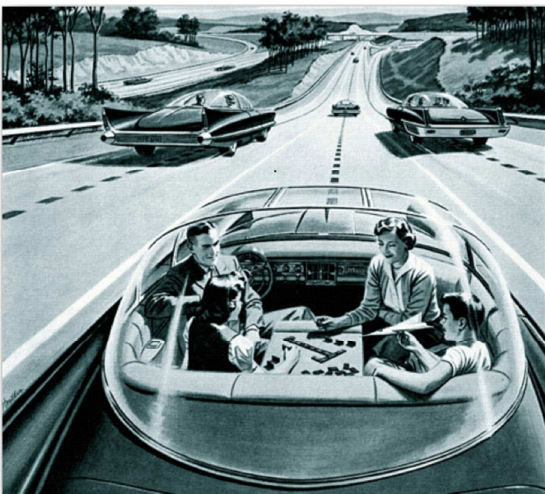


Wirkungen des autonomen / fahrerlosen Fahrens in der Stadt – Entwicklung von Szenarien und Ableitung der Wirkungsketten –



Auftraggeber

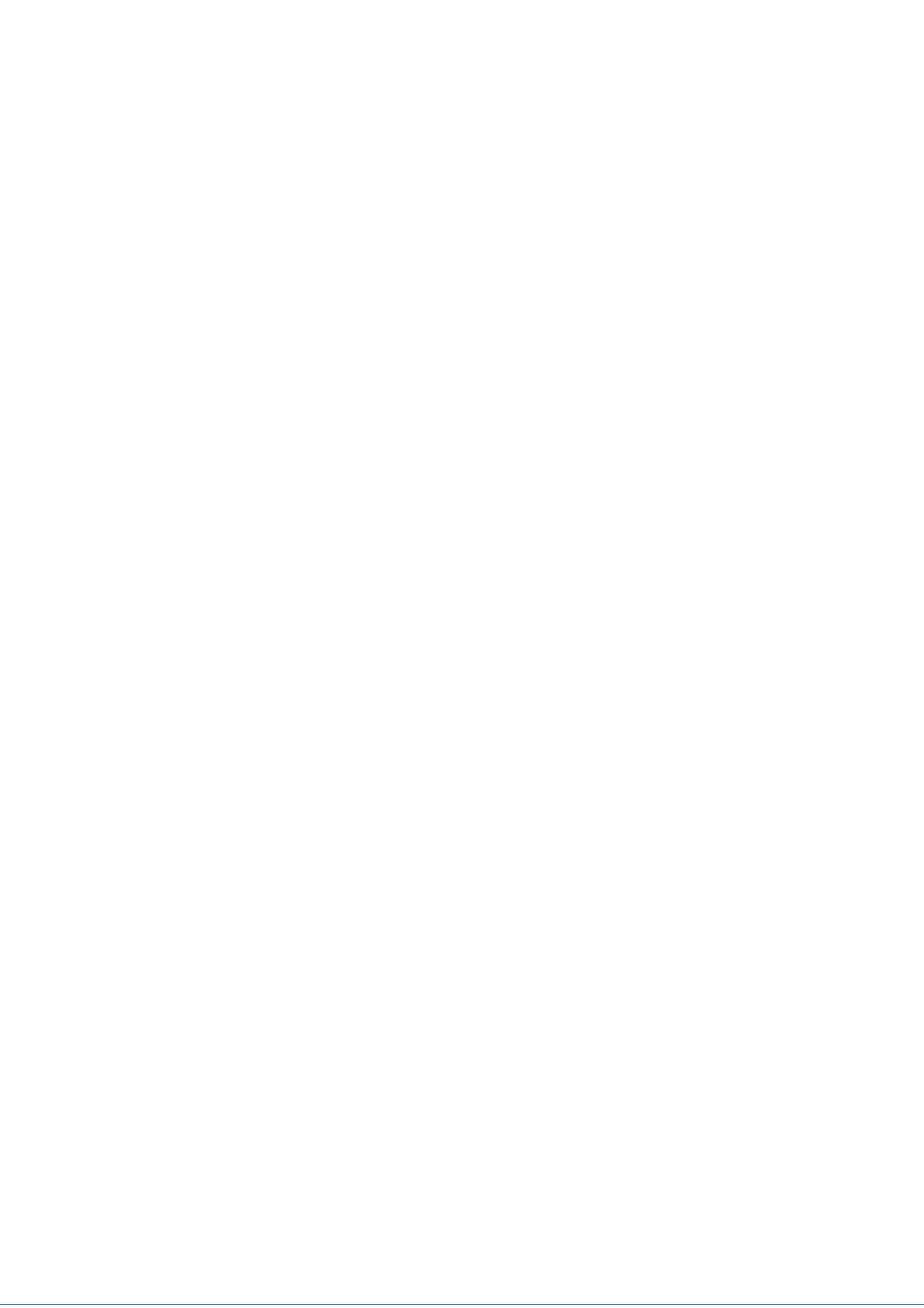
Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
Abteilung 5 - Verkehr
Referat 50 - Strategische Verkehrsplanung
Contrescarpe 72
28195 Bremen

Arbeitsgemeinschaft

Gertz Gutsche Rümenapp
Stadtentwicklung und Mobilität
Prof. Dr. Carsten Gertz
22761 Hamburg
www.ggr-planung.de
Tel.: 040 / 85 37 37 - 41

future mobilities

Dr. Martina Dörnemann
Handjerystr. 78
12159 Berlin
doernemann@futuremobilities.de
Tel.: 030 / 8514532



Inhaltsverzeichnis

1. Einführung und Fragestellung	5
2. Bisherige Studien und Forschungsergebnisse	7
2.0 Stufen des autonomen Fahrens	7
2.1 Zeiträume für autonomes Fahren	8
2.2 Nutzergruppen autonomer Fahrzeuge	9
2.2 Erste Abschätzungen der Wirkungen	10
3. Szenariendiskussion „Die Mobilitätswelt 2035“	13
3.1 Die Einflussfaktoren	14
3.2 Die Szenarien im Überblick	15
3.3 Diskussion der Szenarien	18
4. Use Cases	19
4.1 Use Case: Parkraummanagement	19
4.2 Use Case: Kollektive Verkehre	20
5. Chancen und Risiken	21
6. Handlungsfelder und Gestaltungsoptionen	23
7. Zusammenfassung und Ausblick	25
Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Expertenworkshops in Bremen	27
Literaturverzeichnis	28

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Stufen des autonomen Fahrens Quelle: BMVI/VDA/ eigene Darstellung	7
Abb. 2: Entwicklungsstufen autonomen Fahrens Quelle: L. Issac, Driving towards driverless, 2015	10
Abb. 3: Ergebnisse der Simulationen für die Stadt Lissabon Quelle: International Transport Forum 2015, eigene Darstellung	12
Abb. 4: Struktur der Expertenworkshops in Bremen	14
Abb. 5: Identifizierte Einflussfaktoren und deren Bewertung durch die Experten	15
Abb. 6: Ergebnis der Expertenworkshops – Die Szenarien im Überblick	16
Abb. 7: Szenarien im Überblick, Vergleich der Entwicklungen zu heute	18

1. Einführung und Fragestellung

“Wer nur an die Technik denkt, hat noch nicht erkannt, wie das autonome Fahren unsere Gesellschaft verändern wird.“ Dr. Dieter Zetsche, CEO Daimler AG¹

Die technologische Entwicklung bis zur Serienreife von vollautonom fahrenden Fahrzeugen, in denen der Fahrer die Hände nicht mehr am Steuer haben muss und dem Fahrzeug die Steuerung überlässt, wird noch einige Zeit benötigen. Es wird auch noch einen längeren Zeitraum dauern bis die Fahrzeuge im Bestand eine nennenswerte Durchdringung aufweisen. Es sind jedoch nicht nur technologische Veränderungen, die den Verkehr in der Stadt zukünftig beeinflussen werden. Eine Zunahme der Verkehrssicherheit bzw. ein Rückgang der Unfallzahlen kann durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge erwartet werden. Ebenso wird eine Steigerung der Effizienz des Verkehrsflusses durch die intelligente Vernetzung der Fahrzeuge und der Car2X-Kommunikation ermöglicht. Darüber hinaus bieten diese technologischen Entwicklungen Optionen für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und ermöglichen neuen Anbietern den Markteintritt. Experten aus den Bereichen Automobilindustrie und öffentlicher Verkehrsunternehmen erwarten durch die Einführung dieser Fahrzeugkonzepte eine disruptive Entwicklung im Mobilitätsbereich und eine Transformation der heute bekannten Mobilitätsangebote in der Stadt. Die Auswirkungen dieser Entwicklungen auf den Verkehr in der Stadt und die Wirkungsbereiche des autonomen / fahrerlosen Fahrens sind Gegenstand dieser Studie. Ferner sollen die möglichen Entwicklungen mit Hilfe von Szenarien aufgezeigt und diskutiert werden, um Handlungsoptionen für die Stadt- und Verkehrsplanung aufzuzeigen.

Die Autohersteller beschäftigen sich seit Jahren mit der Weiterentwicklung von Fahrerassistenzsystemen zur Erhöhung der Sicherheit und Komfortverbesserung im Fahrzeug. Durch die Vielzahl bereits in den Fahrzeugen verbauter Fahrerassistenzsysteme, Sensoren und Kameras, die in Bruchteilen von Sekunden die Daten und Informationen verarbeiten und den Fahrer entlasten können, ist ein teilautonomer Fahrbetrieb bereits möglich. Schon heute greifen die Systeme teilautonom oder autonom in Antrieb und/oder Steuerung (Geschwindigkeit, Bremsfunktion) ein, unterstützen beim Parkvorgang und warnen durch geeignete Mensch-Maschine-Schnittstellen den Fahrer in kritischen Situationen. Bei allen diesen Funktionen bleibt die Verantwortung jedoch beim Fahrer.

Das Wiener Abkommen aus dem Jahr 1968, das die Standardisierung der Verkehrsregeln global sicherstellt, sieht vor, dass jeder Führer jederzeit sein Fahrzeug beherrschen können muss. Diese Regelung wurde im März 2016 um die Formulierung „technische Einrichtungen (können) stellvertretend menschliche Aufgaben übernehmen“ erweitert und somit ist die dauernde Aufsicht des Fahrzeugs durch den Fahrer nicht mehr zwingend erforderlich. Auch international werden Gesetzesinitiativen auf den Weg gebracht, um hochautomatisiertes Fahren zu ermöglichen. Der Bundesstaat Kalifornien plant bereits für das Jahr 2017 die Zulassung der Nutzung hochautomatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen. In dieser Phase ist der Fahrer jedoch noch verantwortlich für die Fahrt und muss jederzeit das Steuer übernehmen können. Bundesverkehrsminister Dobrindt geht davon aus, dass „wir [...] hochautomatisierte Fahrzeuge in fünf Jahren in Serienreife haben und autonome Fahrzeuge in zehn Jahren in den Verkaufsräumen sehen [...] (werden).“² Ein erster Entwurf des Bundeskabinetts sieht bereits die Vorbereitung und Ausweitung von Testfeldern für diese hochautomatisierten Fahrzeuge vor. Weitere gesetzliche Verankerungen werden folgen müssen. Nach Bundeskanzlerin Angela Merkel wird das Thema autonomes Fahren: „jetzt auch sehr schnell zu Rechtsveränderungen führen, so dass das autonome Fahren als gleichberechtigtes Fahren auch in alle Gesetze hineingenommen werden kann, zum Beispiel in die Straßenverkehrsordnung“.³

¹ <https://www.mercedes-benz.com/de/.../autonomes-fahren-als-mobilitaet-der-zukunft>, 21.6.2016

² Zeit online (a), Artikel Dobrindt: Google hat Vorsprung bei Tests von Roboterwagen, 16.02.2016

³ Die Bundesregierung; Pressekonferenz 25. Mai 2016

Neben den traditionellen Autoherstellern drängen zudem neue Player auf den Markt und neue Kooperationen gründen sich, um den Mobilitätsmarkt zukünftig zu bedienen. Allen voran beschäftigen sich Apple und Google seit Jahren mit dem Thema autonomes Fahren. Die Flotte der Google-Fahrzeuge ist seit 2009 auf den Straßen im Silicon Valley zu sehen. Mittlerweile sind die Fahrzeuge rund 1,5 Million Meilen gefahren und die Anzahl der Verkehrskonflikte konnte durch technologische Verbesserungen sukzessive reduziert werden.⁴ Auch der chinesische Internetkonzern BAIDU legt Planungen für den Einsatz eines teilautonomen Fahrzeuges für das Jahr 2017 vor. Das Interesse dieser IT- Unternehmen dürfte vermutlich weniger durch den alleinigen Verkauf von Fahrzeugen begründet sein, sondern vielmehr durch die Datengewinnung und die Option für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle im Mobilitätssegment.

In den letzten Monaten überschlugen sich die Presseberichte über neue Kooperationen zwischen Automobilherstellern, Anbietern von Mobilitätsdienstleistungen und IT-Unternehmen, die darauf hindeuten, dass für den Einsatz autonomer Fahrzeuge neue Geschäftsmodelle angedacht und entwickelt werden. Neue Kooperationen werden gebildet, um innovative Mobilitätskonzepte mit autonomen Fahrzeugen auf den Markt zu bringen. Beispielsweise kaufte der Automobilhersteller GM nicht nur ein Start-Up für autonomes Fahren, sondern kooperiert zukünftig mit dem Ride-Sharing-Anbieter Lyft, um hier neue Geschäftsmodelle für das Unternehmen zu erschließen. Der Automobilkonzern Ford hat eine Koalition mit Google und Uber gebildet, um autonom fahrende Fahrzeuge zu entwickeln und in neue Mobilitätsdienstleistungen einzusteigen. Die Deutsche Bahn unter Rüdiger Grube will zukünftig ebenso ihre Mobilitätsangebote erweitern und die Vernetzung der Systeme vorantreiben und: „auch wir (...) werden mit Sicherheit in Zukunft Flotten mit fahrerlosen Autos betreiben.“⁵

Unabhängig von den Fragestellungen zu den technologischen Entwicklungen autonomer Fahrzeuge und den noch vorhandenen Hemmnissen, stellt sich die Frage nach den Implikationen für die Mobilität und den Verkehr in der Stadt. Der Einsatz autonomer Fahrzeugflotten im Personentransport beinhaltet das Potenzial, bisher scharf voneinander getrennte Funktionen wie Privat-Pkw, Taxi, Sammeltaxi, Car-Sharing-Fahrzeuge und Mietwagen, bei steigender Effizienz in sich zu vereinen. Dies führt zu neuen Mobilitätskonzepten und neuen Geschäftsmodellen, die eine Transformation der Mobilität in der Stadt, wie wir sie heute kennen, einleiten könnte. Vor diesem Hintergrund ist sowohl für die kommunale Verkehrsplanung als auch für öffentliche Verkehrsunternehmen eine frühzeitige Diskussion der möglichen zukünftigen Entwicklungen zwingend erforderlich, um bereits heute die Weichen für eine zukünftige nachhaltige Mobilität in den Städten zu stellen.

Während die technologischen Entwicklungen Gegenstand von verschiedensten Forschungsaktivitäten darstellen, sind derzeit die möglichen Entwicklungen im Bereich zukünftiger Mobilitäts- und Servicekonzepte und deren Effekte auf den Verkehr, die Mobilität in der Stadt und die Stadtstruktur kaum Bestandteil von Studien und Forschungsprogrammen. Hier knüpft die vorliegende Studie an.

Im Mittelpunkt stehen die folgenden Fragestellungen:

- Welche Diffusionsgeschwindigkeit autonom fahrender Fahrzeuge im Bestand ist zu erwarten?
- In welchen Bereichen werden diese Fahrzeuge eingesetzt?
- Wer sind die Anbieter dieser neuen innovativen Mobilitätskonzepte?
- Welche Organisationsformen für öffentliche / kollektive Verkehre sind denkbar?
- Welche Effekte sind für das Verkehrsaufkommen und den Verkehrsfluss zu erwarten?
- Welche Optionen für die Gestaltung der Infrastruktur und Freiraumkonzepte eröffnen sich?

⁴ <https://www.google.com/selfdrivingcar/reports>, Juni 2016

⁵ Der Tagesspiegel, Artikel Bahn und Fiat setzen auf selbstfahrende Autos, 5.5.2016

- Wie kann eine Regulierung und Steuerung der Verkehrsströme zukünftig gestaltet werden?
- Welchen Einfluss haben diese Systeme auf die Stadtstruktur und zukünftige Siedlungsentwicklungen?

Letztendlich stellt sich die Fragen nach den kurz- und mittelfristig strategischen Optionen und Steuerungsmöglichkeiten der Kommunen zur Ausschöpfung der Chancen durch die Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge und der neu entstehenden Mobilitätskonzepte und gleichzeitig zur Minimierung der damit verbunden Risiken.

Diese Kurzstudie basiert im Wesentlichen auf einer Literaturrecherche zu aktuellen Entwicklungen und Auswertungen von Forschungsergebnissen sowie den Ergebnissen zweier eintägiger Workshops mit Experten u.a. aus der (Automobil-)Industrie, Forschungsinstitutionen, Anbietern von Mobilitätsdienstleistungen, Vertretern öffentlicher Verkehrsunternehmen und der kommunalen Verwaltung. Die Studie hat das Ziel, die Diskussion um zukünftige Effekte autonomen Fahrens für die Stadtregion einzuleiten, Chancen und Risiken sowie Handlungsoptionen für die Planungen in der Stadt aufzuzeigen.

Aus der Sicht Bremens als Auftraggeber geht es einerseits um die eigene Vorbereitung auf das Thema und gleichzeitig um eine Initiative zur rechtzeitigen Sensibilisierung der kommunalen Fachgremien, um durch eine Zusammenarbeit eigene Standpunkte der Kommunen gegenüber der Industrie und dem Gesetzgeber formulieren zu können.

2. Bisherige Studien und Forschungsergebnisse

2.0 Stufen des autonomen Fahrens

Schon heute kann der Kunde bei der Konfiguration seines Fahrzeuges aus einer Auswahl unterschiedlichster Fahrerassistenzsysteme (z.B. Spurhalteassistent, Abstandsregeltempomat mit Notbrems- und Stauassistent, Parkassistenzsystem) zur Entlastung des Fahrens und Parkens wählen.

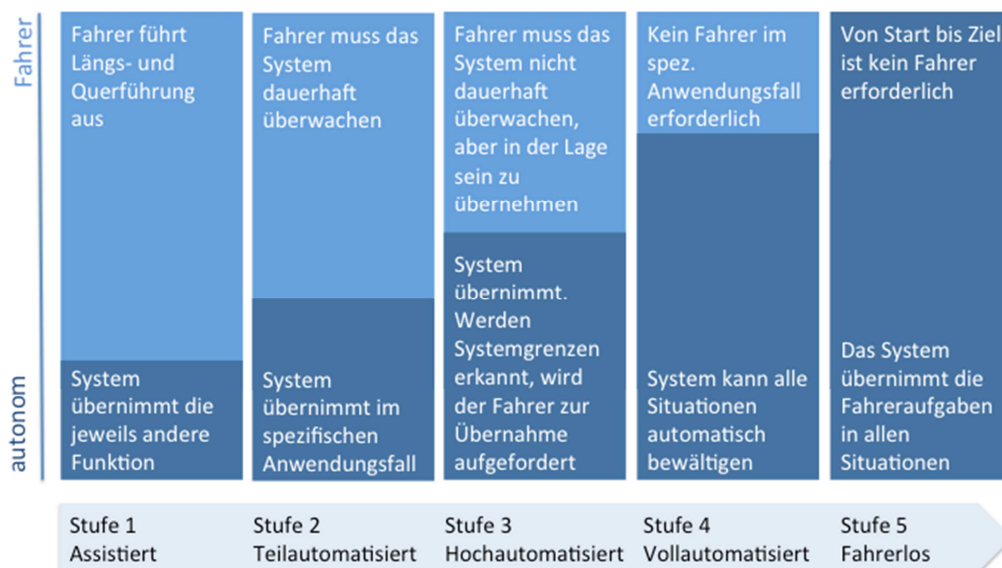


Abb. 1: Stufen des autonomen Fahrens

Quelle: BMVI/VDA/ eigene Darstellung

In einigen Jahren stehen Fahrzeuge mit entsprechender Sensorik und Informationsverarbeitung zur Verfügung, welche sowohl ein hochautomatisiertes als auch vollautonomes Fahren in spezifischen Fahrsitu-

ationen ermöglichen. Bei der Klassifikation der Automatisierungsgrade werden auf nationaler und internationaler Ebene sechs Stufen (0-5) definiert. Hierbei wird differenziert, welche Aufgaben das System übernimmt und welche Aufgaben bzw. Anforderungen an den Fahrer gestellt werden. Stufe 0 – hier nicht dargestellt – beschreibt ein Fahrzeug ohne Assistenzsysteme. Lediglich in der 5. Stufe ist ein vollautonomes und fahrerloses Fahren möglich.

2.1 Zeiträume für autonomes Fahren

Die Automobilhersteller präsentieren bereits erste Forschungsfahrzeuge, testen im Rahmen von Pilotvorhaben den Einsatz dieser Fahrzeuge und kündigen für die nächsten Jahre die ersten serienreifen autonom fahrenden Fahrzeuge an.

Betrachtet man aktuelle Ankündigungen der Automobilindustrie, so wird die intensive Forschung und Erprobung von Fahrzeugen deutlich:

- Audi: Im Rahmen der Berlinale 2016 fuhr ein Audi A 8 Piloted Driving autonom durch die Innenstadt von Berlin. Audi will das pilotierte Fahren in einem Serienfahrzeug schon 2017 anbieten. Der kommende A8 „Audi City“ soll demnach bis Tempo 140 km/h auf der Autobahn autonom fahren können.
- BMW: Anlässlich der 100-Jahr-Feier des Unternehmens im März 2016 präsentierte BMW das vollautonom fahrende Forschungsfahrzeug Vision iNext 100. CEO Harald Krüger kündigte im Rahmen der BMW Hauptversammlung im Mai 2016 ein selbstlenkendes Elektrofahrzeug iNext für das Jahr 2021 an.
- Mercedes: Bereits 2015 präsentierte Mercedes das Forschungsfahrzeug F015 – Luxury in motion – auf der Computermesse CES in Las Vegas und lässt das Fahrzeug autonom zwischen den Städten Las Vegas und Los Angeles fahren. Ab 2020 sollen die neuen Baureihen bereits auf Autobahnen vollautonom fahren und für 2025 kündigt Dieter Zetsche, CEO Daimler, die Serienreife für vollautonom fahrende Fahrzeuge an.
- Tesla: Mit dem Software-Update auf die Version 7.1 erhalten die Kunden des Tesla Model S bereits heute die Option zum fahrerlosen Ein- und Ausparken und teilautonomen Fahren. Eon Musk, CEO von Tesla, schätzt den Zeitraum der Marktreife der Technologien für vollautonome Fahrzeuge auf 1-5 Jahre ein.
- Volvo: kündigt für 2017 den Pilotversuch „Drive Me“ mit bis zu 1000 vollautonomen Fahrzeugen an. Die Fahrzeuge sollen auf öffentlichen Straßen in Göteborg fahren. Ziel der Pilotstudie ist die Evaluierung der Vorteile autonomer Fahrzeuge für die Gesellschaft, die Erhöhung der Verkehrssicherheit und deren Beitrag zur Gestaltung einer nachhaltigen Mobilität.

Offen bleibt jedoch, über welchen Zeitraum diskutiert werden kann/muss, wenn es um autonom fahrende Fahrzeuge in der Stadt geht. Autonomes Fahren wird kurz- bis mittelfristig technisch realisierbar sein und zum Einsatz kommen. Über die Diffusionsgeschwindigkeit gibt es derzeit jedoch nur Einschätzungen. Nach Ansicht von Prof. Dipl.-Ing. Klaus Kompaß (2015), Leiter Fahrzeugsicherheit BMW AG, ist „ein vollständig aus autonomen Fahrzeugen bestehendes Verkehrssystem [...] langfristig nicht absehbar ohne äußere Reglementierungsmaßnahmen“⁶. Ralf Guido Herrtwich, Leiter Fahrassistenz- und Fahrwerksysteme in der Konzernforschung bei Daimler, schätzt die Entwicklung ähnlich ein: „Wir werden über einen erheblichen Zeitraum, wenn nicht für immer, einen Mischbetrieb haben, allein aufgrund der

⁶ Autonomes Fahren: Chancen der Digitalisierung und des Wandels im Mobilitätsmarkt erkennen und für die Flexibilisierung des Öffentlichen Nahverkehrs nutzen, 2015

stets vorhandenen Durchmischung mit neueren und älteren Fahrzeugen. Schließlich ist es auch völlig legitim, dass es Leute geben wird, die nicht mit einem autonomen Auto unterwegs sein wollen“.⁷

Die Unternehmensgruppe Continental (2016) geht davon aus, dass im Zeitraum ab 2016 teilautomatisierte Systeme den Fahrer in Stop&Go-Situationen bis zu einem Tempo von 30 km/h zunehmend unterstützen. Der Fahrer wird hierbei jedoch nicht aus der Verantwortung entlassen. Bereits ab 2020 könnte sich dies ändern und die Hochautomatisierung würde dem Fahrer künftig ermöglichen, auch bei höheren Geschwindigkeiten die Fahrtzeit für andere Tätigkeiten zu nutzen. Continental sieht den Zeitpunkt, ab dem der Autopilot eines Fahrzeugs dieses auf der Autobahn bei Geschwindigkeiten von bis zu 130 km/h selbständig steuert im Jahre 2025. Auf Bundes-, Kreis- und Landstraßen müsse das Fahrzeug vom Fahrer selbst gelenkt werden.

Es gibt durchaus auch kritische Stimmen im Hinblick auf eine Durchdringung autonomer Fahrzeuge, da angesichts der Komplexität des Straßenverkehrs die technische Beherrschbarkeit und Nutzerakzeptanz in Frage gestellt wird. Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass die Technologie sehr weit entwickelt ist und von Seiten der Industrie und auch der Regierungen aus eher industriepolitischen Erwägungen eine Einführung forciert wird. Insofern stellt sich weniger die Frage des „ob“, sondern die Frage des Zeitpunktes und des Umfangs einer Umsetzung mit ihren jeweiligen Zwischenstufen. Die Zeitschiene bis zu einer vollständig fahrerlos fahrenden Flotte ist eher langfristig zu sehen. Dennoch ist es gerade aus kommunaler Perspektive notwendig, sich frühzeitig mit dem Thema zu beschäftigen, da jetzt entscheidende Rahmensetzungen zur künftigen Ausgestaltung des Systems anstehen.

2.2 Nutzergruppen autonomer Fahrzeuge

Bei der Diskussion in welchen Bereichen sich autonome Fahrzeuge zuerst durchsetzen werden, gibt es unterschiedliche Ansatzpunkte. Lauren Issac (2015) skizziert in ihrer Studie „Driving Towards Driverless“ eine Zeitleiste für den Einsatz der Konzepte. Autobahnen mit ihren i.d.R. festen Fahrbahnmarkierungen ohne Begegnungsverkehre bieten heute schon das geeignete Umfeld für fahrerloses Fahren. In diesem Bereich ist der erste Einsatz autonom fahrender Lkw zu erwarten. Die technischen Voraussetzungen für fahrerloses Fahren auf innerstädtischen Straßen sind ungleich schwieriger zu bewältigen. Es ist davon auszugehen, dass autonome Fahrzeuge erst in abgeschlossenen halböffentlichen Arealen zum Einsatz kommen, bevor sie im Straßenverkehr zu sehen sein werden. Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen werden die nächsten Nutzer sein und der Einsatz von autonomen Fahrzeugen im privaten Pkw-Verkehr erst mittelfristig folgen (vgl. Abb. 2).

Wissenschaftler an der LTA Academy Singapore diskutieren in ihrem Beitrag „The Impact of Autonomous Vehicles on Cities“ aus 2014 mögliche Entwicklungen und gesellschaftliche Implikationen autonomen Fahrens für die nächsten 30 Jahre. Bereits für das Jahr 2025 sehen die Autoren eine Disruption des Taxi-Gewerbes voraus, ab 2025 erwarten sie einen Rückgang des Pkw-Besitzes zugunsten von Sharing-Konzepten und für den Zeitraum ab 2045 ubiquitäre Tür-zur-Tür-Fahrten mit autonomen Fahrzeugen.

⁷ e-mobil BW (2015) Strukturstudie BW^e mobil, 2015

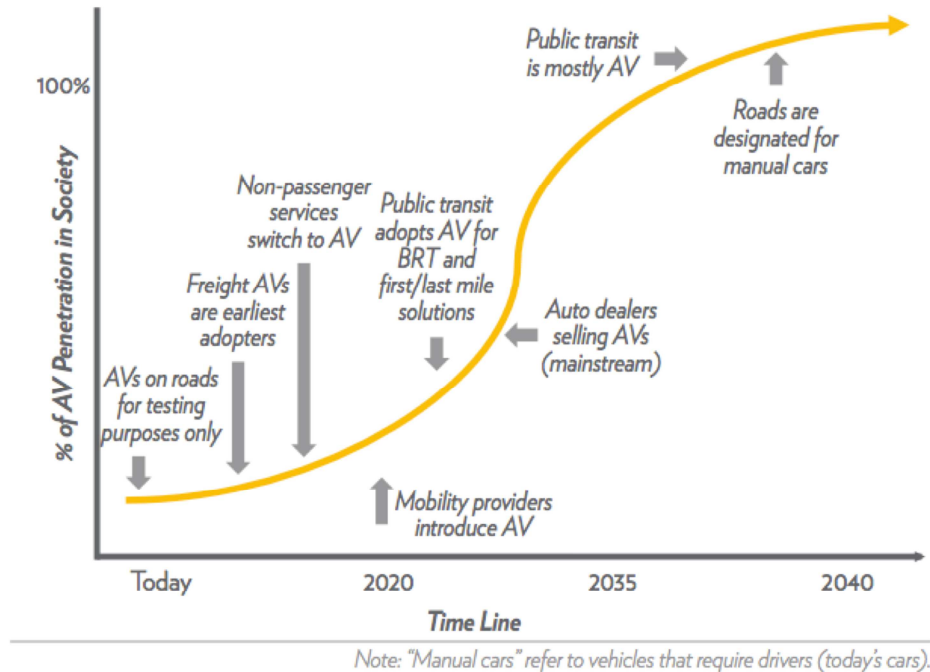


Abb. 2: Entwicklungsstufen autonomen Fahrens
 Quelle: L. Issac, Driving towards driverless, 2015

Diese beiden Quellen unterstützen die These, dass autonomes Fahren zu neuen Mobilitätsangeboten und auch Geschäftsmodellen führen wird. Es wäre daher vollkommen unzutreffend, davon auszugehen, dass es bei den autonomen Fahrzeugen „lediglich“ um eine neue Technik für den klassischen privaten Pkw geht.

2.2 Erste Abschätzungen der Wirkungen

Die durch autonome Fahrzeuge entstehenden Effekte für den Verkehr in der Stadt können heute lediglich anhand von Simulationen diskutiert werden. Im Folgenden werden mögliche Auswirkungen des autonomen Fahrens und neuer Mobilitätskonzepte anhand von Studien für die Städte New York, Lissabon, Singapur und Stuttgart dargestellt.

Taxi Pooling in New York City

In einer Studie des MIT SENSEable City Labs gingen die Wissenschaftler Paraboschi, Santi und Ratti (2015) der Frage nach, welche möglichen Wirkungen das Teilen von Taxi-Fahrten auf das Flottenmanagement in der Stadt New York hätte. Basis für die Untersuchungen bildeten alle durchgeführten Taxifahrten über ein Jahr, deren Quelle-Ziel-Destinationen in dieser Zeit und das tageszeitabhängige Aufkommen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Anzahl der gefahrenen Kilometer in der Stadt um insgesamt rund 40% reduziert werden könnte. Die Autoren kommen des Weiteren zu dem Schluss, dass durch den Einsatz autonomer Taxifloten, die Kosten für den Betrieb und die Stau- und Emissionsbelastung in der Stadt deutlich reduziert werden können. Die Autoren schlagen vor, die Tarifstrukturen anzupassen und die Kosten für den Fahrgast zu senken und hierdurch die Akzeptanz dieser Angebote zu steigern.

Singapur

Spieser et al. (2014) untersuchten für die Stadt Singapur die Effekte eines kompletten Ersatzes aller privaten Fahrzeuge durch eine autonom fahrende geteilte Flotte. Die Ergebnisse zeigen, dass nur ein Drittel der heute vorhandenen Fahrzeuge nötig sind, um alle motorisierten Wege in der Stadt zu ersetzen. Die Autoren zeigen hier die Vorteile in den Bereichen Verkehrssicherheit, Verringerung von Staus, Kosten für den Betrieb der Flotte und eine Reduzierung des Stellplatzbedarfs auf. Gleichzeitig weisen sie darauf hin, dass ein derartiges Angebot zu einer Erhöhung der Fahrleistung der Fahrzeuge und auch einer vermehrten Fahrzeugnutzung führen kann. Die positiven Effekte einer autonom fahrenden Fahrzeugflotte könnten hierdurch reduziert werden und zu Erhöhungen der Fahrtzeiten und zu einer Zunahme von Staus führen.

Lissabon

Wissenschaftler des International Transportation Forums (2015) untersuchten die Effekte des autonomen Fahrens für die Stadt Lissabon. Auf Basis der spezifischen Mobilitätsangebote und des Mobilitätsverhaltens der mit 560.000 Einwohnern größten Stadt in Portugal, diskutieren sie anhand von Simulationen die Effekte u.a. für das Verkehrsaufkommen, die Parkraumauslastung und die Anzahl benötigter Fahrzeuge in verschiedenen Szenarien.

Die Autoren unterschieden bei ihrer Betrachtung verschiedene Konzepte und Einsatzfelder autonomer Fahrzeuge:

- Ride-Sharing-Angebote mit sogenannten Robottaxis, die den Fahrgast von A nach B transportieren, Mitfahrer mit gleicher Destination mitnehmen und ein Car-Sharing Angebot (sog. Autovots)
- Ein Angebot von Fahrzeugen mit einer vollständig geteilten autonomen Flotte und im Vergleich hierzu ein Angebot, in dem die Hälfte aller motorisierten Wege mit dem eigenen Pkw durchgeführt werden.

Bei der Wirkungsbetrachtung wird jeweils kein bzw. ein hochleistungsfähiges schienengebundenes Verkehrssystem oder auch BRT-System (Bus Rapid Transport-System) angenommen. Die Autoren gehen bei der Betrachtung davon aus, dass das Angebot an autonom fahrenden Fahrzeugen zu einer Erhöhung des Komforts und zu einer verstärkten Akzeptanz und Nachfrage von Seiten der Nutzer führt.

Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass im Extremszenario – die Flotte ist vollständig geteilt, wird zum Ride-Sharing eingesetzt und ergänzt durch ein hochleistungsfähigen ÖV – der Mobilitätsbedarf in der Stadt Lissabon mit 10% der heute vorhandenen Fahrzeuge bedient werden kann. Die kalkulierte notwendige Flottengröße wird stark von der Angebotsqualität des ÖV-Systems bestimmt. Sie weisen ein Reduktionspotenzial des Stellplatzbedarfes von bis zu 80% der heutigen Kapazitäten nach. In allen betrachteten Szenarien wird jedoch eine Zunahme der Fahrleistung ermittelt. Die größten Effekte können durch eine vollständig geteilte Flotte erzielt werden. Der Verzicht auf ein hochleistungsfähiges Verkehrsangebot mittels öffentlichen Verkehrs und flächendeckenden Busverkehr führt dagegen zu einer deutlichen Steigerung des Autoverkehrs u.a. auch durch eine deutliche Zunahme der Umwegfahrten durch die Mitnahme von Fahrgästen. Die Autoren sehen die größte Herausforderung in der Gestaltung der Übergangsphase, wenn herkömmliche Pkw und autonom fahrende Fahrzeuge zeitgleich auf den Straßen fahren. In dieser Phase können die Vorteile einer intelligenten Vernetzung der Fahrzeuge und somit eine Effizienzsteigerung des Verkehrsflusses nicht vollständig ausgeschöpft werden.

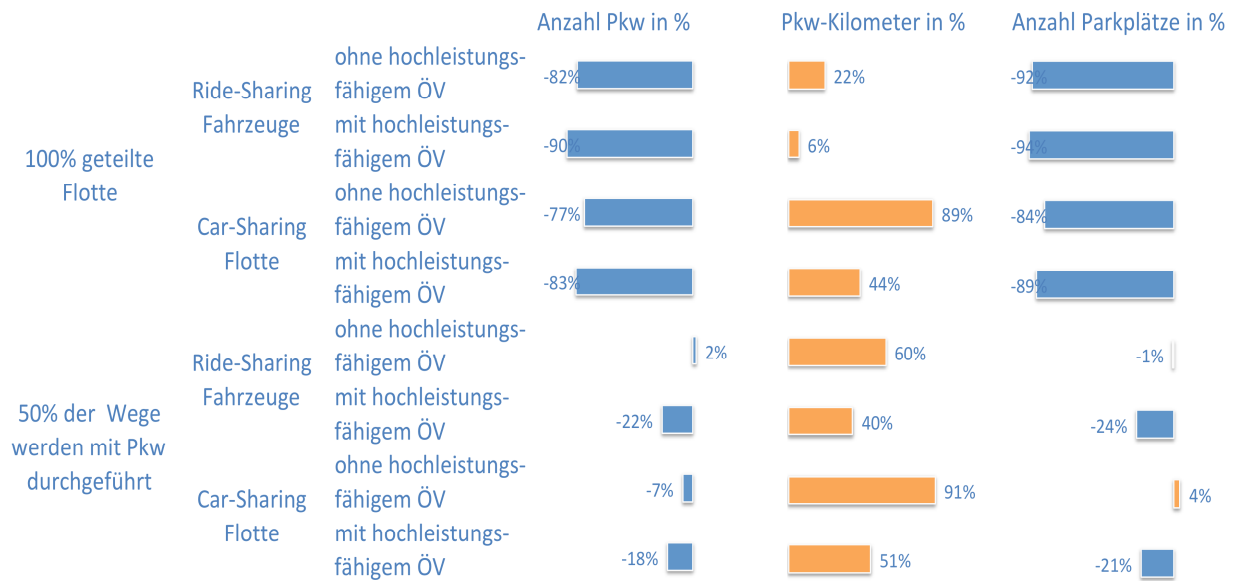


Abb. 3: Ergebnisse der Simulationen für die Stadt Lissabon
 Quelle: International Transport Forum 2015, eigene Darstellung

Stuttgart

Die Fragestellung der Untersuchung für die Stadt Lissabon hat M. Friedrich (2016) aufgegriffen und auf die Region Stuttgart übertragen. Friedrich untersuchte anhand vergleichbarer Szenarien die Effekte des Einsatzes autonomer Fahrzeuge in Car-Sharing- und Ride-Sharing-Konzepten und eines leistungsfähigen Schienenpersonenverkehrs. Ausgangspunkt seiner Untersuchung bildete die heutige Verkehrsnachfrage in der Stuttgarter Region unter der Annahme, dass kein induzierter Verkehr durch autonome Fahrzeuge und keine Veränderungen im nichtmotorisierten Verkehr entstehen.

- Im Vergleich zur heutigen Situation mit einem ÖV-Anteil von 16% konnte er für das Szenario „Autonome Fahrzeuge + schienengebundener ÖV“ einen Rückgang des ÖV-Anteils auf 11% ermitteln.
- Bezogen auf die Anzahl der Fahrzeuge im Einsatz wurden für die Stadt Stuttgart für das Szenario „Car-Sharing + ÖV“ ein Anteil von max. 11% der heute vorhandenen Fahrzeuge berechnet.
- Auch in dem Szenario „Ride-Sharing + ÖV“ sind max. 11% der heute vorhandenen Fahrzeuge notwendig.
- Die Fahrzeugkilometer erhöhen sich bei Betrachtung der Car-Sharing Option. Car-Sharing mit ÖV-Angeboten führen zu einer Zunahme der Fahrzeugkilometer um 13%, bzw. ohne ÖV-Angebote um 32%.
- Die Option Ride-Sharing führt dagegen im Raum Stuttgart zu einer deutlichen Reduktion der Fahrzeugkilometer. Unter Betrachtung von Ride-Sharing im Zusammenspiel mit einem ÖV-Angebot sind 36% weniger Fahrzeugkilometer möglich. Ohne paralleles ÖV-Angebot beträgt die Reduktion noch 19%.
- In allen betrachteten Szenarien reduziert sich der Bedarf an Parkplätzen. In dem Szenario Ride-Sharing mit ÖV wird ein Reduktionspotential von 93% der heute vorhandenen Parkplätze ermittelt.

Gerade der Aspekt der Fahrzeugkilometer darf jedoch nicht nur quantitativ beurteilt werden. Hierbei ist vor allem die räumliche Verteilung der Fahrten zu betrachten. Auch bei den positiven Szenarien, in denen die Fahrzeugkilometer insgesamt abnehmen, werden partiell starke Zunahmen verzeichnet, die das Straßenverkehrsnetz belasten.

Die für die Stadt Lissabon ermittelten Effekte sind somit näherungsweise durchaus übertragbar für deutsche Städte. Friedrich zieht den Schluss, dass funktionierende Städte auch zukünftig einen hochleistungsfähigen Schienenpersonennahverkehr benötigen und dass der private Pkw auch als autonomes Fahrzeug den größten Teil der Nachfrage abwickeln wird.

Fazit

Alle Studien arbeiten mit zahlreichen Annahmen, so dass die genannten Größenordnungen nicht übertragbar sind. Die Studien zeigen jedoch die Verschiedenartigkeit möglicher Einsatzbereiche und Konzepte für autonom fahrende Fahrzeuge und auch die Vielschichtigkeit der möglichen Effekte für den Verkehr und das Stadtsystem. Eine Reduktion der vorhandenen Fahrzeuge und eine Verringerung des Stellplatzbedarfs unter Beibehaltung des Mobilitätsangebotes und der Qualität der Dienstleistungen werden in allen Studien aufgezeigt. Jedoch weisen die Autoren auch auf die Risiken einer möglichen deutlichen Zunahme der Fahrleistungen hin. Die Herausforderung liegt somit in der optimalen Ausgestaltung des Angebotes, um die wünschenswerten Effekte erzielen zu können ohne eine Verschlechterung der Verkehrssituation und der Stadtraumqualität zu erreichen.

3. Szenariendiskussion „Die Mobilitätswelt 2035“

Eine Annäherung zur Abschätzung der künftigen Entwicklung des autonomen Fahrens und den Auswirkungen auf die Stadt sollte in diesem Projekt insbesondere eine Szenariendiskussion mit Experten ermöglichen. Zur Identifizierung der Rahmenbedingungen und möglicher Wirkungsketten wurden zwei Workshops mit Experten aus Forschungsinstitutionen, öffentlichen Verkehrsunternehmen, der kommunalen Verwaltung und Unternehmen, die sich mit der Erarbeitung von Konzepten rund um das autonome Fahren beschäftigen, organisiert (siehe Liste der Teilnehmerinnen und Teilnehmer).

Im Januar und Februar 2016 wurde jeweils ein eintägiger Expertenworkshop in der Stadt Bremen durchgeführt. Ziel war es, Wirkungsketten und Szenarien für die Mobilität in der Stadt von morgen aufzuzeigen, um auf dieser Grundlage strategische Handlungsempfehlungen für die kommunale Verwaltung abzuleiten. Der erste Workshop fokussierte die Identifizierung der Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren, welche die zukünftige Mobilität in der Stadt und das autonome Fahren beeinflussen. Am Ende wurden erste Wirkungsketten diskutiert und mögliche Entwicklungen aufgezeigt. Der zweite Workshop begann mit der Beschreibung und Ausgestaltung der von den Experten entwickelten Szenarien. Die Handlungsfelder und Maßnahmenkonzepte wurden in Form von zwei Use-Cases (Anwendungsfelder) vertieft und die Implikationen für den Verkehr in der Stadt und mögliche Handlungsoptionen zur Steuerung nachhaltiger Verkehre entwickelt.

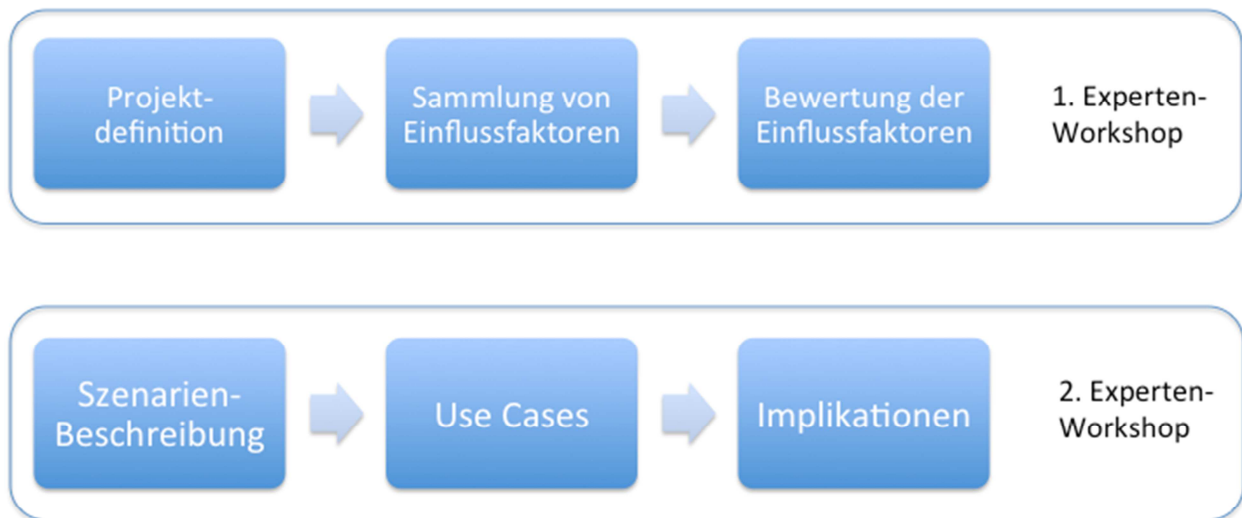


Abb. 4: Struktur der Expertenworkshops in Bremen

3.1 Die Einflussfaktoren

Zur Beschreibung zukünftiger Mobilitätswelten diskutierten die Experten in einem ersten Schritt über die relevanten Einflussfaktoren, welche die Mobilität in der Stadt der Zukunft und v.a. den Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge maßgeblich bestimmen. Das Spektrum der identifizierten 23 Einflussfaktoren umfasst die Themenfelder Regulation, Politik, Stadtentwicklung, technologische Entwicklungen, Wirtschaftlichkeit und Ausgestaltung von Mobilitäts- und Verkehrsangeboten, gesellschaftlichen Faktoren, das Mobilitätsverhalten sowie die Akzeptanz autonomer Systeme. Daneben wurden Faktoren wie IT-Sicherheit, Haftungsfragen, Versicherung, Vernetzung der Systeme und Zuverlässigkeit angesprochen. Diese letztgenannten Faktoren wurden im weiteren Prozess nicht vertieft, da sie außerhalb der Gestaltungsmöglichkeiten und Einflussnahme von kommunalen Verwaltungen liegen und hier von der Annahme ausgegangen wurde, dass entsprechende Regelungen und Rahmenbedingungen für autonomes Fahren bis 2035 oder bereits früher vorliegen.

Idealerweise bilden die identifizierten 23 Einflussfaktoren die Grundlage für die Beschreibung der Szenarienwelten. Da diese Vorgehensweise den zeitlichen Rahmen der Workshops überschritten hätte, wurden die relevantesten Faktoren für die zukünftige Entwicklung autonomer Fahrzeuge in der Stadt ausgewählt. Dies erfolgte anhand einer Bewertung hinsichtlich

- der Unsicherheit ihrer Entwicklung über die Zeit und
- der Einflussstärke für das autonome Fahren in der Stadt.



Abb. 5: Identifizierte Einflussfaktoren und deren Bewertung durch die Experten

Die Bewertung durch die Experten ist in Abb. 5 symbolisiert dargestellt. Die Einflussfaktoren „Mobilitätsverhalten der Einwohner“ sowie die „Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Mobilität und Mobilitätsangebote mit autonomen Systemen“ wurden sowohl bezüglich ihrer Einflusstärke als auch im Hinblick auf die Unsicherheit der zu erwartenden zukünftigen Entwicklung am höchsten bewertet. Sie wurden als die wesentlichen Faktoren zur Beschreibung des Szenariengerüsts ausgewählt, um so ein größtmögliches Spektrum der möglichen Entwicklungspfade aufzeigen zu können.

3.2 Die Szenarien im Überblick

Die aus der Bewertung der Einflussfaktoren abgeleiteten Szenarien differenzieren sich im Wesentlichen durch die Rahmenbedingungen, die für autonome Dienste vorherrschen und das Mobilitätsverhalten der Einwohner mit den Ausprägungen kollektiv und individuell. Die nachfolgend beschriebenen Szenarien bilden das Ergebnis der Diskussion der Experten im Rahmen der Workshops in Bremen und beschreiben das Spektrum möglicher Entwicklungen für die Mobilitätswelt 2035 unter den jeweiligen Rahmenbedingungen. Prämisse für die Ausarbeitung aller Szenarien ist eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung in der Stadt von morgen zu verankern.

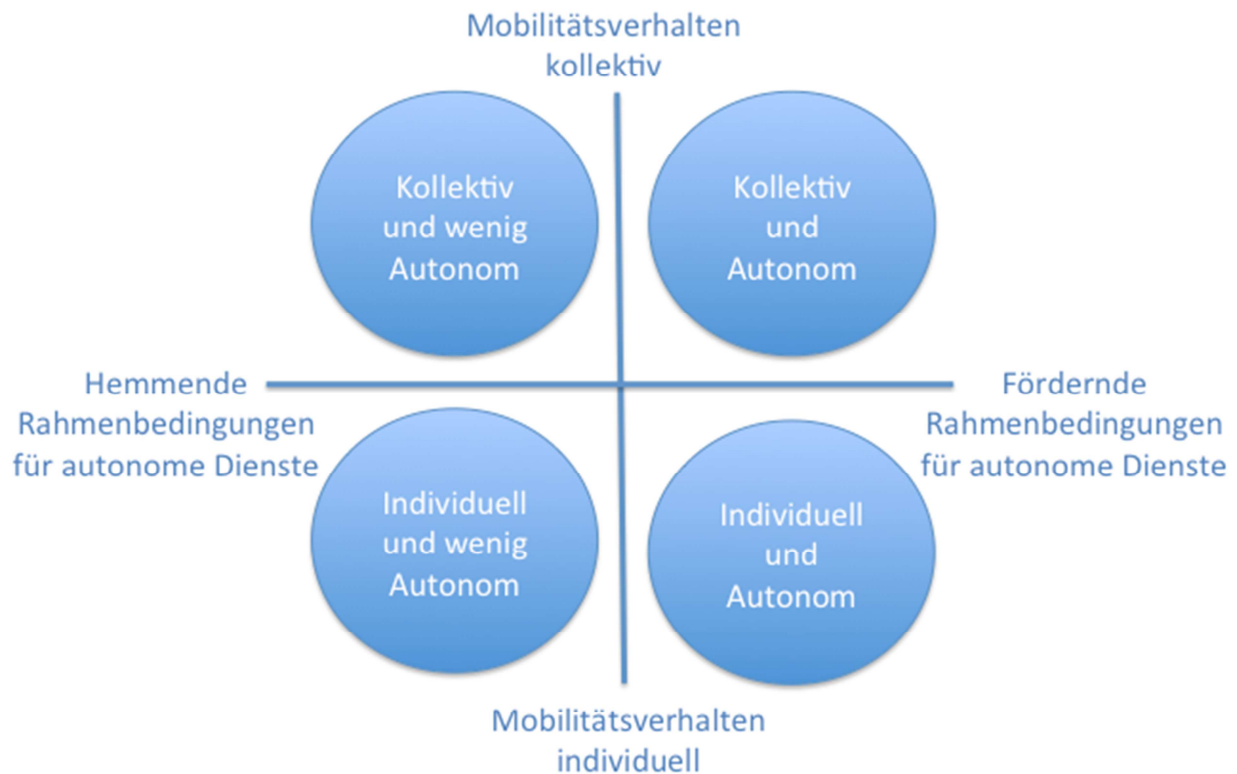


Abb. 6: Ergebnis der Expertenworkshops – Die Szenarien im Überblick

Szenario: Individuell und wenig Autonom

Das Szenario wird von den Experten als „Status-Quo-Prognose“ betitelt und beschreibt hemmende Rahmenbedingungen und eine geringe Akzeptanz in der Bevölkerung für autonom fahrende Fahrzeuge. Beide Faktoren führen zu einer nur langsamen und vereinzelt Durchdringung dieser Fahrzeugkonzepte. Aufgrund fehlender Alternativen dominieren individuelle Verkehre und der private Pkw, als auch das Fahrrad gewinnt in diesem Szenario an Bedeutung.

Das Angebot öffentlicher Verkehre im innerstädtischen Bereich passt sich den veränderten Nachfragestrukturen an. Sharing-Angebote differenzieren sich aus und die Nachfrage nach diesen Angeboten steigt. Neue Geschäftsmodelle bilden sich hier nicht heraus. Die Anbieter von Sharing-Konzepten konzentrieren sich aus wirtschaftlichen Gründen auf den innerstädtischen Bereich. In der Fläche und in den Stadtrandlagen werden die Angebote öffentlicher Verkehre ausgedünnt, so dass in diesen Bereichen die Anbindungsqualität stark zurückgeht und der Pkw die einzige Alternative bleibt.

Die Regulierung des innerstädtischen Verkehrs erfolgt über ein restriktives und dynamisches Parkraummanagement. Die Einnahmen aus der Bewirtschaftung unterliegen einer Zweckbindung und müssen für Maßnahmen im Bereich einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung verwendet werden.

Szenario: Kollektiv und wenig Autonom

Dieses Szenario ist gekennzeichnet durch den Bedeutungsverlust des Pkw als Statussymbol. Die Einwohner haben ein mehrheitlich rationales Verhältnis zu ihrem Fahrzeug. Die Durchdringung mit autonomen

Fahrzeugen erfolgt in diesem Szenario nur langsam, da gesetzliche Bestimmungen die gewerbliche Personenbeförderung mit autonomen fahrerlosen Fahrzeugen untersagen. Autonome Fahrzeuge können überwiegend nur im privaten Bereich genutzt werden. Zur Verringerung der Verkehrsbelastung in der Stadt werden Leerfahrten mit autonomen Fahrzeugen besteuert. Hierdurch und auch durch die Einführung von HOV-Lanes (High-Occupancy-Vehicle Lanes) werden Mitfahrdienste gefördert. Es entstehen neue Geschäftsmodelle im Bereich von Paratransit-Systemen und Leerfahrtenmitfahrdienste, auch Sharing-Konzepte gewinnen an Bedeutung.

Maßnahmen zum Ausbau des öffentlichen Verkehrs und Taktverdichtungen fördern die Akzeptanz und Nachfrage kollektiver Verkehre. Die Stadtentwicklung fördert darüber hinaus die dezentrale Verdichtung entlang von Knotenpunkten.

Szenario: Individuell und Autonom

Individuelle Mobilität beschreibt in diesem Szenario sowohl die Nutzung von privaten Pkw als auch von autonomen fahrenden Sharing-Fahrzeugen, die für die individuelle Mobilität zur Verfügung stehen. Das Motto „Gefahren werden ist cool“ charakterisiert das Mobilitätsverhalten. Neue Anbieter und Player drängen auf dem Markt und nutzen die Chancen zum Aufbau innovativer Konzepte unter Einsatz von autonom fahrenden Fahrzeugen. Ride-Sharing-Konzepte und kollektive Verkehr können sich in diesem Szenario aufgrund der fehlenden Akzeptanz seitens der Bevölkerung nicht etablieren. Die Wirtschaftlichkeit der Mobilitätsangebote wird durch die Nutzung der Kundendaten ermöglicht, die den Betreibern die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle bis hin zu einer kostengünstigen oder auch kostenlosen Nutzung der Systeme ermöglicht. Das Konzept „Mobilität für alle“ erschließt neue Kundengruppen und ermöglicht es, Personen ohne Führerschein und mobilitätseingeschränkten Personen mobil zu sein. Insgesamt ist von einer steigenden Nachfrage flexibler Mobilitätsangebote und autonom fahrender Privat-Pkw auszugehen, mit der Folge einer Erhöhung des motorisierten Individualverkehrs. Die Zunahme des Verkehrsaufkommens führt zu einer Erhöhung der Auslastung der Infrastrukturkapazitäten und somit zu Staus. Ein weiterer Infrastrukturausbau wird aufgrund der Prämisse der nachhaltigen Mobilitätsentwicklung nicht angestrebt, so dass von einer Erhöhung der individuellen Fahrtzeiten ausgegangen werden muss. Stauzeiten werden als produktive Zeit neu definiert. Vor allem in den morgendlichen und abendlichen Spitzenverkehrszeiten kommt es zu erhöhten Verkehrsbelastungen.

Szenario: Kollektiv und Autonom

Das Szenario „Kollektiv und Autonom“ beschreibt eine Mobilitätswelt, in welcher der persönliche Autobesitz an Bedeutung verliert und neue innovative Mobilitätsangebote auf dem Markt entstehen. Das Angebot an Transportdienstleistungen erstreckt sich von einem hochleistungsfähigen Stadt-/Straßenbahnsystem bis hin zu autonom fahrenden Sammeltaxis und Tür-zur-Tür-Konzepten. Low-Cost- und Premiumangebote bestehen nebeneinander und ermöglichen allen Personengruppen die Teilhabe unter Berücksichtigung der individuellen Anforderungen. Autonomes Car-Sharing und Taxi-Flotten wachsen zusammen. Neue urbane Fahrzeugkonzepte für Individualpersonen und auch kollektive Verkehre dominieren den Stadtverkehr.

Hochleistungsfähige Schienenverkehrsmittel bilden das Grundgerüst des Mobilitätsangebotes. First- und Last-Mile-Verkehre werden mit kleineren Fahrzeugen bedient. Aufgrund des Komfortgewinns dieser Systeme und der hohen Akzeptanz seitens der Bevölkerung verliert der Busverkehr in der Fläche an Bedeutung und wird durch autonom fahrende Systeme substituiert. Durch die verbesserte Erreichbarkeit ohne eigenen Pkw ist der Trend zur Suburbanisierung ungebrochen.

Die vollständig hochautomatisierte intelligente Flotte führt zu Effizienzsteigerungen im Verkehrsablauf. Trotz dieser Effizienzsteigerungen führt die Zunahme der Nutzung autonomer Verkehre zu einer Erhöhung der Verkehrsbelastung, wobei Stausituationen selten auftreten. Die erwarteten positiven Effekte

autonomen Fahrens stellen sich jedoch nicht von alleine ein, sondern müssen durch Maßnahmenkonzepte im Bereich Zufahrtsbeschränkungen und Parkraummanagement z.B. durch eine zeitliche und preisliche Staffelung flankiert werden. Ein- und Ausstiegszonen erleichtern den Zugang zu autonomen Systemen und ermöglichen die Steuerung der Verkehrsströme. Der Parkraumbedarf wird hierdurch deutlich reduziert und die Kommune erhält die Möglichkeiten Maßnahmen für den NMIV umzusetzen und eine Umgestaltung der Flächen vorzunehmen.

3.3 Diskussion der Szenarien

Die Szenarien zeigen unterschiedliche Entwicklungspfade für die Mobilität in der Stadt und den Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge auf. Die Ausgestaltung der Mobilitätsangebote und -dienstleistungen ist ein entscheidender Treiber für die Diffusionsgeschwindigkeit, mit der sich diese Fahrzeuge am Markt durchsetzen und somit im Straßenverkehr präsent werden. Dies gilt auch für die Effekte, die für das Verkehrssystem in der Stadt resultieren.

In allen Szenarien – mit Ausnahme des Szenarios „Kollektiv und wenig Autonom“ – ist auf Grund der Angebotsverbesserungen im Bereich neuer Mobilitätsdienstleistungen und den resultierenden Verhaltensänderungen eine Zunahme der Nutzung motorisierter Verkehrsmittel und letztendlich ein Anstieg des Verkehrsaufkommens zu erwarten.

	Individuell + wenig autonom	Kollektiv + wenig autonom	Individuell + autonom	Kollektiv + autonom
Motto	Status Quo	Autobesitz nicht notwendig	Gefahren werden ist cool	Schöne Neue Welt
Nutzung motorisierter Verkehre	↗	→	↑	↑
Angebote Mobilitätsdienstleistungen	→	↗	↑	↑
Öffentlicher Verkehr	↘	↗	↘	↘
Anzahl Fahrzeuge	↗	→	↘	↓
motorisiertes Verkehrsaufkommen	↗	→	↑	↗
Infrastruktur-auslastung	↗	→	↑	↗
Parkraumauslastung	↗	→	↘	↓

Abb. 7: Szenarien im Überblick, Vergleich der Entwicklungen zu heute

Grundsätzlich werden auch zukünftig öffentliche, kollektive Verkehre und der motorisierte Individualverkehr weiterhin nebeneinander bestehen. In den Verkehrsbereichen, in denen die Fahrerkosten eine relevante wirtschaftliche Größe darstellen, werden sich autonome Fahrzeuge zuerst durchsetzen. In Städten mit einem eigenständigen Schienenverkehrssystem und wird das Grundgerüst öffentlicher Verkehre auch zukünftig hierüber sichergestellt. Eine zunehmende Substitution von Busverkehren, gerade

in dünnbesiedelten Räumen und Nebenverkehrszeiten durch autonome fahrende Fahrzeuge, ist aus wirtschaftlichen Gründen wahrscheinlich.

Die Auswirkungen auf die Stadtentwicklung und mögliche Zersiedlungstendenzen werden kontrovers diskutiert. Zum einen erfährt die Stadt eine mögliche zunehmende Attraktivierung als Wohnstandort durch die Option des Infrastrukturrückbaus und Umgestaltung des öffentlichen Raumes. Andererseits können auch der ländliche Raum und die Standrandbereiche durch eine Verbesserung der Anbindungsqualität und Erreichbarkeit aufgewertet werden und als Wohnstandort an Attraktivität gewinnen.

Alle vier Szenarien stehen aus heutiger Sicht gleichberechtigt nebeneinander. Die Diskussion, welches der Szenarien eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit aufweist und näher die zukünftige Entwicklung beschreiben kann, wurde nicht abschließend geführt. Die größten Erwartungen das Ziel der Gestaltung einer nachhaltigen Mobilität zu erreichen, wurde an das Szenario „Kollektiv und Autonom“ geknüpft. Deutlich wird anhand der Ergebnisse, dass die Einführung autonomer Fahrzeuge nicht zwangsläufig zu einer Verbesserung der Verkehrssituation in der Stadt führt und eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung sicherstellt. Vielmehr sind weitergehende Regularien und begleitende Maßnahmen notwendig, um die zukünftigen Entwicklungen derart zu steuern, dass die Chancen genutzt und die Risiken minimiert werden.

4. Use Cases

Die wesentlichen Steuerungsoptionen werden in den Bereichen Intelligentes Parkraummanagement, Regulierung der Zufahrtsbeschränkungen sowie der Organisation und des Zusammenspiels öffentlicher Verkehre und der Angebote neuer Mobilitätsdienstleister gesehen. Ein Diskurs in Form von Use Cases erörtert die Handlungsoptionen für die Steuerung einer nachhaltigen Stadt- und Verkehrsentwicklung.

4.1 Use Case: Parkraummanagement

Beim Thema Parken ist die Bedeutung des Themas Automatisierung besonders deutlich. Unabhängig von der Durchsetzung des autonomen Fahrens sind bei automatischen Einparkvorgängen keine Akzeptanzprobleme, sondern überwiegend Komfortgewinne zu erwarten. Hier werden sich Veränderungsprozesse recht früh abzeichnen. Die Organisation des Parkraummanagements ist eine der zentralen Stellgrößen für die Steuerung des Verkehrsaufkommens in der Stadt. Der Vorteil für den Nutzer ist, dass das Fahrzeug autonom zu einem Parkplatz fährt und die Parkplatzsuche entfällt. Dies bildet gleichzeitig auch die Herausforderung für die kommunale Planung. Entsprechend der Modellrechnungen (s. Kap. 2.2) wird die Auslastung der Fahrzeuge durch neue Mobilitäts- und Serviceangebote stark steigen und zu einer Reduzierung des Stellplatzbedarfes beitragen. Wertvolle innerstädtische Flächen können für andere Nutzungen geöffnet werden. Der Stellplatzbedarf wird jedoch nicht gegen Null gehen und auch für die geringere Anzahl an Fahrzeugen ist ein Intelligentes Parkraummanagement erforderlich. Die Vorhaltung von Parkflächen im Zielgebiet ist zwar nicht zwingend erforderlich, da die Fahrzeuge selbständig außerhalb parken können. Leerfahrten führen dagegen zu einer unerwünschten Erhöhung des Verkehrsaufkommens in der Stadt. Erforderlich werden zudem Übergangsbereiche für die Ein- und Aussteigevorgänge. Dies könnte insbesondere für die Straßenraum- und Platzgestaltung aber auch für die Ausbildung der eigentlichen Stellplatzanlagen von Bedeutung werden.

Auch bei der Ausgestaltung der Tarifstruktur ist zu berücksichtigen, dass teurere innerstädtische Parkflächen zu einer Erhöhung der Leerfahrten zugunsten günstiger, aber peripher gelegener Parkflächen führen können. Zukünftig gilt es den Kompromiss zwischen einer nachfragegerechten innerstädtischen Parkraumkonzeption und dezentralen Standorten zu finden.

Die Zunahme an Fahrzeugen, die kollektiv genutzt werden, erfordert ein eigenständiges Parkkonzept und die Vorhaltung von Flächen für Parken und Wartungsarbeiten. Zur Vermeidung von Leerfahrten sollten diese Flächen nahe den Gebieten der Nachfrage vorgesehen werden.

Der Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge erfordert neue Optionen für die Ausgestaltung der Bauordnung und Stellplatzsatzung für die Quartiersplanung in Neubau- und Bestandsgebieten. Stellplätze müssen nicht zwingend in Wohnungsnähe vorgehalten werden. Aber auch hier ist die Problematik der Leerfahrten bzw. die Einbindung in intelligente Flotten zu beachten.

Kleinräumig sind neue Konzepte erforderlich, die Regelungen für die Stellflächen für den Ein- und Ausstiegsvorgang treffen. Durch eine Zonierung dieser Flächen ist die Bündelung der Verkehrsströme und die Regulierung der Standzeiten der Fahrzeuge während des Wartevorgangs auf den Fahrgast möglich. Die heute kleinräumigen Parksuchverkehre werden durch zukünftige kleinräumige Leerfahrten autonomer Fahrzeuge kompensiert oder eventuell auch überkompensiert.

Die frühzeitige Berücksichtigung dieser Faktoren in der kommunalen Verkehrsentwicklungsplanung wird bereits heute als notwendig erachtet, um mittel- und langfristige Steuerungsoptionen autonomer Verkehre zu ermöglichen.

4.2 Use Case: Kollektive Verkehre

Der Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge kann das ÖV-Angebot in einer Stadt entscheidend verändern. Es stellt sich die Frage, wie das Mit- und Nebeneinander der einzelnen Akteure von öffentlichen Verkehrsbetrieben bis zu Anbietern von Sharing-Fahrzeugen, Taxiflotten und Bussystemen gestaltet und welche Rollenverteilung der Aufgaben angestrebt wird.

Der Planungshorizont öffentlicher Verkehrsbetriebe für die Beschaffung von Bussen, Schienenverkehrsmitteln und den Infrastrukturausbau liegt im mittel- bis langfristigen Bereich. Somit treffen Verkehrsbetriebe heute bereits durchaus die strategischen Entscheidungen für den Zeithorizont, in dem autonom fahrende Fahrzeuge mit hoher Wahrscheinlichkeit eingesetzt werden. Vor diesem Hintergrund müssen bereits zukünftige Entwicklungen antizipiert in gesamtstädtische Konzepte für den Verkehr von morgen mit autonom fahrenden Fahrzeugen Berücksichtigung finden.

Hochleistungsfähige Schienenverkehrsmittel werden auch zukünftig eine tragende Rolle vor allem in den Spitzenverkehrszeiten haben. Autonom fahrende Fahrzeuge können dieses System sinnvoll ergänzen, indem sie

- die Zubringerfunktion zu den Knotenpunkten übernehmen,
- in Schwachlastzeiten das Angebot mit kleineren Fahrzeugeinheiten oder auch Kleinbussen abdecken,
- die Anbindung peripher gelegener Räume sicherstellen,
- First- und Last-Mile-Funktionen übernehmen,
- nachfrageschwache Linien gänzlich ersetzen oder
- bei punktuellen Verkehrsspitzen außerhalb der Hauptverkehrszeiten sowie vor und nach (Groß-) Veranstaltungen im Zu- und Abbringerverkehr das Angebot verdichten.

Eine Ausdifferenzierung der Dienstleistungsangebote mit kleineren und größeren Fahrzeugeinheiten ermöglicht dabei bedarfsgerechtere Bedienungsformen. Im Übrigen hat das Thema autonomes Fahren

auch im Schienenverkehr Relevanz (vgl. Planungen zur U 5 in Hamburg oder Ankündigung der DB zu autonomen Zügen).⁸

Im Rahmen der Workshops wurden weitere Handlungsoptionen zur Steuerung der Verkehre diskutiert:

- die Einführung zeitlich gestaffelter Mautsysteme und Zufahrtsbeschränkungen differenziert nach Fahrzeugkonzept zur Steuerung der Verkehre in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens (dabei können auch kollektiv eingesetzte autonome Fahrzeuge bevorzugt werden),
- eine Differenzierung des Geschwindigkeitsniveaus für herkömmliche und autonom fahrende Fahrzeuge zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus auf innerstädtischen Straßen im Bereich von Nutzungen mit einer hohen Sensitivität gegenüber Verkehrsemissionen (Schulen, Kindertagesstätten, etc.),
- und die Bevorrechtigung kollektiver autonomer Verkehre durch die Ausweisung separater Spuren (ähnlich den HOV-Spuren in den USA) zur Attraktivierung und Reduzierung der Fahrzeiten dieser Verkehre.

Im Vorfeld der Entwicklung zukünftiger Verkehrsentwicklungspläne ist es erforderlich, die Diskussion zu führen:

- Welche Anbieter von öffentlichen Verkehren und Mobilitätsdienstleistungen übernehmen welche Aufgaben?
- Liegt die Verantwortung bei einem Anbieter, der über das Gesamtkonzept entscheidet oder wird ein paralleles Angebot unterschiedlicher Wettbewerber bevorzugt und die Wirtschaftlichkeit der Systeme bestimmt über die Ausgestaltung der Konzepte?

Über Ausschreibungen der Angebots- und Servicequalität dieser Verkehre erhält die Kommune die Steuerungsmöglichkeit die Anzahl der Anbieter und die Gestaltung dieser Verkehre inkl. der Servicequalität festzulegen, um die Aufgabenteilung des öffentlichen, kollektiven und individualen Verkehrs sicherzustellen.

5. Chancen und Risiken

Die Diskussion der Szenarien hat gezeigt, dass die Einführung autonom fahrender Fahrzeuge die Mobilität und den Verkehr in der Stadt komplett verändern wird. Vor allem die Szenarien „Individuell und Autonom“ und „Kollektiv und Autonom“ verdeutlichen eine Vielzahl von gleichzeitig resultierenden Chancen und Risiken für die Stadt.

Aus kommunaler Perspektive ergeben sich daraus folgende **Chancen** für die Stadt:

- Autonome Fahrzeuge können die **Teilhabe** und Mobilisierung aller Bevölkerungsgruppen erleichtern. Der Zugang wird auch mobilitätseingeschränkten Personen ohne Begleitung Dritter und Personen ohne Fahrerlaubnis ermöglicht.
- Ein zentraler Aspekt ist die Verbesserung der **Sicherheit** im Verkehr. 2015 starben allein in Deutschland 3500 Personen im Straßenverkehr; 100 Personen mehr als noch im Jahr 2014. 90%

⁸ Zeit online (b), Artikel Bahn plant autonome Züge, 09.06.2016

der Unfälle sind auf menschliche Fehler zurückzuführen. Durch autonome vernetzte Fahrzeugkonzepte ist zu erwarten, dass diese Unfallzahlen deutlich reduziert werden.

- Die Vernetzung der autonomen Fahrzeuge macht eine **effiziente Auslastung** der Infrastrukturkapazitäten und eine Optimierung des Verkehrsflusses möglich. Nach Berechnungen von Friedrich (in: Maurer et al.) erhöht sich theoretisch die Straßenkapazität bei einer rein vollautonom fahrenden intelligenten Flotte um 40% in innerstädtischen Gebieten und auf Autobahnabschnitten aufgrund geringerer Fahrzeugabstände bis zu 80%. Ein Rückbau der Infrastruktur und Bevorrechtigung der Verkehrsmittel des Umweltverbundes wäre unter diesen Rahmenbedingungen vielerorts möglich. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings auch die Zunahme der Fahrleistung (s.u.).
- Die Effizienzsteigerungen im Verkehrsablauf und der geringere Fahrzeugbedarf führen zu einem **geringeren Bedarf an Verkehrsflächen**. Durch die effizientere Auslastung der Verkehre ist eine Reduzierung des Stellplatzangebotes in vorhandenen Parkplätzen und letztendlich eine Umnutzung dieser Flächen zu Gunsten der Stadtgestaltung und des Umweltverbundes möglich. Gleichzeitig werden jedoch „Übergangsflächen“ erforderlich, um die Ein- und Aussteigevorgänge bei autonomen Parkvorgängen zu ermöglichen.
- Ein hochleistungsfähiger **öffentlicher Verkehr** wird auch zukünftig das Rückgrat der Mobilitätsangebote darstellen. Der Einsatz kleinerer flexiblerer Einheiten und die Nutzung bedarfsgerechter Fahrzeugkonzepte bietet die Chance für einen wirtschaftlicheren, effizienteren und nachfragegerechteren Einsatz durch autonome Systeme. Durch die Reduktion der Personalkosten mit dem fahrerlosen Betrieb können die Angebote wirtschaftlicher betrieben werden und neue Tarifmodelle die Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs fördern. Für ÖV-Unternehmen wird die Rollenverteilung zu einem wichtigen strategischen Aspekt. ÖV-Unternehmen müssen sich rechtzeitig die Frage stellen, in welcher Form sie als Betreiber die Entwicklung mitgestalten oder durch das Auftreten neuer Anbieter zu einem Anpassungsprozess mit einer Rücknahme des Angebotes gezwungen werden.
- Die Differenzierung der Angebote mit kleineren und größeren Fahrzeugkonzepten, die Fahrten für Einzelpersonen oder auch kollektiven Verkehr ermöglichen, bietet die Chance, auch **Low-Cost- und Premiumangebote** zu gestalten und für Nutzergruppen diversifizierte Angebote vorzuhalten.
- Die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung der Fahrzeuge ermöglicht die Entwicklung neuer Mobilitätsdienstleistungen. Über das Angebot von Sharing-Fahrzeugen tragen **Mitfahrerangebote** zur effizienteren Auslastung der Fahrzeuge bei. Diese Angebote können sich im öffentlichen, kollektiven oder auch privaten Verkehr entwickeln.
- Der zögerliche Markt-Hochlauf von **Elektrofahrzeugen** wird heute oft auf die geringe Reichweite der Fahrzeuge, das Fehlen der Ladeinfrastruktur und das unkomfortable Handling beim Anschluss an die Ladeinfrastruktur zurückgeführt. Durch eine intelligente Steuerung und Logistik von Sharing-Flotten und das autonome Parken an Ladestationen, können die Nachteile von Elektrofahrzeugen aufgehoben und neue Chancen für emissionsfreie Konzepte eröffnet werden.
- Ländliche Räume und **Stadtrandgebiete** erfahren eine Aufwertung durch eine Verbesserung der Anbindungsqualität. Zugleich sind hiermit auch Risiken durch autonome Fahrzeuge verbunden, die Zersiedlung und Suburbanisierung fördern können.
- Die Attraktivität **innerstädtischer Gebiete** für den autonomen Pkw-Verkehr wird nicht mehr vom Vorhandensein von Stellplätzen abhängig sein und somit werden Parkplätze kein limitie-

render Faktor mehr darstellen. Durch eine Reduzierung des Infrastrukturangebotes kann eine Aufwertung und Erhöhung der Freiraumqualität erzielt werden.

- Die zunehmende Digitalisierung und **Datenverfügbarkeit** der Systeme als auch der Informationen der Nutzer autonom fahrender Fahrzeuge eröffnet das Feld für neue Geschäftsmodelle und -strukturen und die Option der Querfinanzierung der Mobilitätsangebote. Tarifstrukturen können angepasst werden und den Zugang zu diesen Konzepten für den Fahrgast erleichtern.

Gegenüber den Chancen für die Gestaltung nachhaltiger Mobilitätskonzepte und Optimierung des Verkehrssystems ergeben sich folgende **Risiken** autonomen Fahrens für die kommunale Verkehrsentwicklung:

- Die Ausdifferenzierung der Mobilitätsangebote durch flexible Einheiten die „on demand“ genutzt werden können und an jedem Ort und zu jeder Zeit zur Verfügung stehen, führen wie die Simulationsergebnisse in den diskutierten Studien nachgewiesen haben, zu einer **Zunahme der Fahrleistung**. Die für die Stadt Lissabon ermittelten Simulationsergebnisse zeigten eine **Zunahme der Fahrzeugkilometer** von bis zu 91% (Szenario Car-Sharing ohne hochleistungsfähigen ÖV). Die Erhöhung der Fahrleistung reduziert die Optionen für einen Infrastrukturrückbau und erhöht das **Staurisiko** auf den innerstädtischen Straßen.
- Anbieter von neuen Mobilitätskonzepten werden sich zumindest zu Beginn auf wirtschaftlich lukrative Gebiete (Großstädte) konzentrieren, so dass eine räumlich ungleiche Durchdringung nicht auszuschließen ist.
- **Öffentliche Verkehre** außerhalb schneller und leistungsfähiger Korridore werden durch das Angebot neuer Mobilitätsdienstleistungen mit flexiblen und komfortablen **autonomen Fahrzeugen** Fahrgastrückgänge verzeichnen. Hier ist die Organisation des Zusammenspiels der Anbieter flexibler Mobilitätssysteme und öffentlicher Verkehrsunternehmen erforderlich.
- Der Komfortgewinn und die zunehmende **Akzeptanz** autonom fahrender Fahrzeuge können zu Veränderungen des Modal-Splits auch zu Ungunsten **nicht motorisierter Verkehre** führen.
- In der **Transformationsphase** – der Mischung von konventionellen und autonomen Fahrzeugen – können die zu erwartenden Effizienzpotentiale durch die Vernetzung der Fahrzeuge noch nicht ausgeschöpft werden und Erhöhungen der Belastungsspitzen sind zu erwarten.
- Erst wenn alle Fahrzeuge im Straßenverkehr entsprechend ausgestattet sind und ein hoher Grad der **Vernetzung** der Fahrzeuge, der Kommunikation zwischen Fahrzeug und Fahrgast und Car2X-Infrastrukturen erreicht ist, können autonome Flotten ihre hohe Effizienz im Verkehr entfalten. Die Abhängigkeit der Systeme von der Datenverfügbarkeit und des Austausches machen sie andererseits auch verwundbar und angreifbar.

Die Darstellung zeigt, dass sehr unterschiedliche Optionen möglich sind und Chancen und Risiken durchaus eng miteinander verknüpft sind.

6. Handlungsfelder und Gestaltungsoptionen

Die zentrale Herausforderung wird es zukünftig sein, die Kenntnisse über die möglichen Entwicklungspfade und Wirkungsketten zu vertiefen, um die Chancen, die autonome Fahrzeuge bieten, zu nutzen und gleichzeitig die damit verbundenen Risiken zu minimieren. Folgende erste Handlungsfelder wurden im Rahmen der Expertenworkshops erörtert:

- Die Diskussion über die zukünftigen Entwicklungen verdeutlichen, dass nicht ein bestimmtes Angebotskonzept zukünftig dominieren wird, sondern vielmehr unterschiedlichste Fahrzeugkonzepte als auch Mobilitätskonzepte den Verkehr gestalten werden. Misch-Szenarien von Car-Sharing-Flotten, Robottaxis und autonom fahrenden „Sammeltaxis“ und Kleinbussen sind zu untersuchen, um **Kenntnisse** über optimierte gesamtstädtische Angebotsformen und das Zusammenspiel der Wettbewerber von Individual- und kollektiver Verkehre zu erhalten. Heutige autonom fahrende Fahrzeuge sind noch als Forschungsfahrzeuge deklariert. Sie fahren zumeist mit geringeren Geschwindigkeiten und auf festgelegten Teststrecken und -gebieten. Die Testfelder sind notwendig, um wertvolle Erfahrungen zu sammeln und die Vernetzung der Fahrzeuge und die Optimierung der Software weiterzuentwickeln. Alle Städte stehen heute vor ähnlichen Aufgaben und Herausforderungen. Ein gemeinsames Lernen im Rahmen von Modellvorhaben ermöglicht es, Standards und Strategien gemeinsam zu erforschen und zu entwickeln. Anzustreben sind Kooperationen z.B. von Städten, Städtetag, Industrieunternehmen, dem VDA und dem VDV im Rahmen von **Forschungsvorhaben**, um einen frühzeitigen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen.
- Bei der Ausgestaltung von **Förderprogrammen** ist sicherzustellen, dass die Fragen der stadt- und verkehrsplanerischen Kompatibilität eine entsprechende Bedeutung bekommen und nicht ausschließlich technologische Aspekte im Vordergrund stehen.
- Die Anwendung agentenbasierter Simulationsmodelle zur Abschätzung der effizienteren Verteilung der Angebote in unterschiedlichen Räumen kann die Diskussion über strategischen Maßnahmen unterstützen.
- Autonome fahrerlose Fahrzeuge bieten dem Nutzer eine komfortable stressfreie Möglichkeit der Fortbewegung, bei der die Fahrtzeit produktiv genutzt werden kann. In der Konsequenz kann sich auch eine andere Bewertung von Zeiten im Stau einstellen. Distanzempfindlichkeiten und damit die Wohnstandortwahl können sich verändern. Um **Zersiedlungstendenzen** zu verhindern, gilt es neben den Handlungserfordernissen im verkehrlichen Bereich, den Fokus auf die Aufwertung der Innenstädte und den Schwerpunkt auf das Konzept der Stadt der kurzen Wege zu legen. Eine integrierte Flächennutzungsplanung und die Ausweisung von Baugebieten in integrierten Lagen wird zukünftig eine noch wichtigere Bedeutung zukommen.
- Eine Herausforderung liegt in der Integration und Gestaltung der Angebote öffentlicher, **kollektiver Verkehr** und der Mobilitätsdienstleitungen sowie der Rollenverteilung der Partner. Defizitäre Verkehre in dünnbesiedelten Räumen können durch autonome flexible Einheiten ersetzt werden. Autonom fahrende Fahrzeuge können als Zubringer zum hochleistungsfähigen öffentlichen Verkehr fungieren. Car-Sharing-Fahrzeuge und Taxiflotten können die Bedienung im gesamten Verkehrsgebiet sicherstellen. Es entstehen Konkurrenzsituationen der Anbieter. Die Steuerung und Organisation der Verkehre ist erforderlich, um negative Effekte für das Verkehrsaufkommen zu vermeiden. Öffentliche Verkehrsunternehmen sollten von den Kommunen unterstützt werden, um frühzeitig die Chancen autonomer Fahrzeuge zu nutzen.
- Über öffentliche **Ausschreibungen** können Kommunen und Verkehrsbetriebe Konzessionen für die Qualität und auch Anzahl der Angebots- und Servicekonzepte definieren. Hier gilt es zukünftig Standards zu definieren und Kriterienkataloge für die Entscheidungsvorbereitung von funktionalen Ausschreibungen zu entwickeln, welche Konzepte eine sinnvolle Ergänzung des Gesamtsystems darstellen und welche Rollenverteilung einzelner Anbieter angestrebt wird.
- Eine Einbindung der intelligenten vernetzten autonomen Flotten in eine mobilitätsübergreifende **Informationsplattform** ist für eine Optimierung und Steuerung gesamtstädtischer Systeme

erforderlich. Hier ist die Frage der Rollenverteilung der Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen, öffentlichen Verkehren und der Kommune zu klären.

- Die Regulierung der Verkehre über ein **Intelligentes Parkraummanagement** und Zufahrtssteuerungen in die innerstädtischen Bereiche ist ein zentrales Element zur Steuerung der Verkehre und des Verkehrsaufkommens. Dezentrale Parkflächen bieten die Option wertvolle innerstädtische Flächen für andere Nutzungsansprüche zu öffnen. Gleichzeitig führt dies zu einer Erhöhung des Leerfahrtenanteils und somit zu einer Zunahme der Fahrzeugkilometer. Ziel sollte eine flächensparende Vorhaltung von innerstädtischen Parkplätzen sein unter Ausnutzung der Reduktionspotentiale dieser Anlagen durch autonome Fahrzeuge. Gestaffelte Tarifierungssysteme ermöglichen das proaktive Management der Auslastung der Parkplätze. Hier gilt es frühzeitig entsprechende Konzepte zu entwickeln und diese in der Verkehrsentwicklungsplanung zu verankern.
- Die Vermeidung zusätzlicher Belastungen für den innerstädtischen Verkehr könnte in einem ersten Schritt über **Zufahrtsbeschränkungen** und die Bevorrechtigung kollektiver autonomer Verkehre erfolgen.
- **Ein- und Ausstiegsbereiche** stellen neue Anforderungen an das Gestaltungskonzept für den Verkehrsraum. Eine Zonierung dieser Bereiche kann den Quell- und Zielverkehr steuern. Diskutiert werden muss in diesem Zusammenhang, ob die Halte- bzw. Wartedauer der autonomen Fahrzeuge einer Regulierung durch die Kommune bedarf.
- Eine elektronische **Kennzeichnungspflicht** autonomer Fahrzeuge wird notwendig, um eine Steuerung der Verkehre vor allem in der Transformationsphase zwischen kollektiven, hochautonomen und vollautonomen Fahrzeugen zu ermöglichen.
- Besonderes Augenmerk ist bei der Beschäftigung mit dem Thema nicht nur auf die zukünftige Entwicklung vollautonomer Flotten zu legen, sondern auch auf die **Transformationsphase**, d.h. die Mischung traditioneller Verkehre und autonomer Fahrzeuge. In dieser Phase können die Effizienzsteigerungen nicht voll entfaltet werden und die schrittweise Implementierung von Bevorrechtigungen für autonome und kollektive Fahrzeuge ist notwendig.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Autonom fahrende Fahrzeuge werden zu einer disruptiven Entwicklung der Mobilität in der Stadt führen, hier sind sich die beteiligten Experten einig. Autonome Fahrzeuge werden nicht nur den „klassischen“ privaten Pkw ersetzen, sondern eröffnen die Option für neue Mobilitätskonzepte. Individualverkehr und öffentlicher Verkehr werden zusammenwachsen und neu entstehende Sharing- und Ride-Sharing-Angebote in Ergänzung oder auch in Konkurrenz zum öffentlichen Verkehr entstehen. Die Implikationen der diskutierten Szenarien zeigen Veränderungen für das gesamte Stadt- und Verkehrssystem auf. Sie bieten ein breites Spektrum sowohl an Chancen als auch Herausforderungen für die Städte in der Zukunft. Die Ausweisung erster Teststrecken auf Autobahnen und halböffentlichen Flächen für autonome Fahrzeuge ist bereits erfolgt und erste Testfahrten im städtischen Bereich werden durchgeführt. Es ist nur eine Frage der Zeit bis die Fahrzeuge serientauglich sind und in Deutschland zugelassen werden können. Entsprechend wichtig ist es, sich bereits heute mit den möglichen Entwicklungen und Effekten für die Stadt zu beschäftigen und vorbereitende Maßnahmen zu entwickeln.

Die Implikationen dieser neuen technischen Entwicklung sind heute nicht eindeutig vorhersehbar. Mobilität wird voraussichtlich sicherer, komfortabler, in Teilbereichen auch effizienter werden. Das Verkehrsangebot wird sich verändern und zu einem veränderten Mobilitätsverhalten führen. Die möglichen negativen Effekte wie die Zunahme des motorisierten Verkehrsaufkommens und die Zunahme von Staube-

lastungen sind nicht vollständig auszuschließen. Demgegenüber sind durch eine Steuerung der Konzepte auch Reduzierungen der Fahrzeuganzahl in der Stadt, eine Verringerung der Verkehrs- und Emissionsbelastung und eine Reduzierung des Stellplatzbedarfes möglich. Erste Ideen zur Steuerung der Verkehre wurden im Rahmen der Expertenworkshops diskutiert. Die Schwerpunkte lagen hier auf der Organisation des öffentlichen und kollektiven Verkehrs und dem Zusammenspiel der Angebote sowie auf der Organisation und Steuerung des ruhenden Verkehrs. Erste Handlungsfelder konnten identifiziert werden. Weiterführende detaillierte Analysen zu den Effekten und Implikationen dieser Fahrzeugkonzepte sind erforderlich, um Handlungsoptionen auf städtischer Ebene konkretisieren zu können.

Heute stehen alle Städte vor der gleichen Situation: Eine Auseinandersetzung mit den zukünftigen Entwicklungen autonomen Fahrens ist unumgänglich. Wahrscheinlich werden sich neue Mobilitätsformen zuerst in den Großstädten durchsetzen. Aber auch kleinere und mittlere Städte und der ländliche Raum werden zukünftig mit ähnlichen Situationen konfrontiert werden. Bremen hat sich als erste deutsche Stadt mit den Fragen nach den zukünftigen Entwicklungen und Implikationen für die Stadt beschäftigt. Städteübergreifende Partnerschaften und Kooperationen im Bereich von Modellvorhaben und Forschungsprojekten können ein gemeinsames Lernen und einen Erfahrungsaustausch ermöglichen, um auf die zu erwartenden Entwicklungen und gesellschaftlichen Veränderungen vorbereitet zu sein. Der intensive Austausch von Experten aus den unterschiedlichen Bereichen der kommunalen Verwaltung, öffentlichen Verkehrsunternehmen, Forschungseinrichtungen und der Industrie ist notwendig, um nachhaltige Mobilitätskonzepte auch in Zukunft in der Stadt zu gestalten und die Chancen für die Stadt zu nutzen.

Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Expertenworkshops in Bremen

Moderation:

Dr. Martina Dörnemann
Prof. Dr. Carsten Gertz

Experten:

Volker	Arndt	BSAG
David	Borst	Siemens AG
Katharina	Brecht	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen
Prof. Dr. Stefanie	Bremer	orangeedge
Yusuf	Demirkaya	BSAG
Dr. Carl-Friedrich	Eckardt	BMW AG
Michael	Glötz-Richter	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen
Prof. Dr. Dirk	Heinrichs	DLR
Burkhard	Horn	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin
Frank	Hunsicker	InnoZ
Ulrich	Just	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen
Ingo	Kollosche	TU Berlin
Gunnar	Landfester	Dornier-Consulting
Jörn	Meier-Berberich	Meier-Berberich Beratung
Dr. Julius	Menge	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin
Stephan	Pfeiffer	Deutsche Bahn AG
Hans-Christian	Winter	IAV GmbH

Literaturverzeichnis

Acatech (Hrsg.)

Neue Automobilität - Automatisierter Straßenverkehr in der Zukunft

In: Acatech Position, 2015

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.),

Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren

Berlin, 2015

Continental

Pressemitteilungen: Fährt in Zukunft der Fahrer das Auto oder das Auto den Fahrer?

URL: http://www.continental-corporation.com/www/presseportal_com_de/allgemein/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren-intro-de.html, letzter Zugriff: 01.06.2016

Der Tagesspiegel

Artikel Bahn und Fiat setzen auf selbstfahrende Autos

URL: <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/zukunft-der-mobilitaet-bahn-und-fiat-setzen-auf-selbstfahrende-autos/13556978.html>, zuletzt zugegriffen am 5.5.2016

Die Bundesregierung

Pressekonferenz Pressekonferenz von Bundeskanzlerin Merkel und Bundesminister Gabriel in Meseberg, 25. 05.2016

URL: <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Mitschrift/Pressekonferenzen/2016/05/2016-05-25-pk-merkel-gabriel-meseberg.html>

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO,

Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen

Studie im Auftrag Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, 2015

Friedrich, Markus

Zukunftsszenarien der Mobilität in Ballungsräumen

Institut für Straßen- und Verkehrswesen Stuttgart

Vortrag im Rahmen der VDV Akademie, Berlin, 21./22. Juni 2016

Hars, Alexander

Flotten selbstfahrender Elektrotaxis – eine Szenarioanalyse

In: Proff, H. : Entscheidungen beim Übergang in die Elektromobilität, 2014

Heinrichs, Dirk

Autonomes Fahren und Stadtstruktur

In: Maurer et al. (Hrsg.), S. 219ff, 2015

Google

Google Self-Driving Car Project – Monthly Report

URL: <https://www.google.com/selfdrivingcar/reports>, 2016, letzter Zugriff: 12.07.2016

International Transport Forum

Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic

OECD/ITF 2015

Isaac, Laureen
Driving towards driverless – A Guide for Government Agencies
WSP | Parsons Brinckerhoff, 2015

Kompaß, Klaus
Autonomes Fahren: Chancen der Digitalisierung und des Wandels im Mobilitätsmarkt erkennen und für die Flexibilisierung des Öffentlichen Nahverkehrs nutzen, 2015

Stellungnahme der BMW AG zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr NRW, 2015

Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie BW
Automatisiert. Vernetzt. Elektrisch

e-mobil – Potenziale innovativer Mobilitätslösungen für Baden-Württemberg
Stuttgart, Oktober 2015

LTA Academy Singapore
Journeys – Sharing Urban Transport Solutions
Url: www.LTAacademy.gov.sg, 2014

Lenz, B.; Fraedrich, E.
Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung
In: Maurer et al (Hrsg.), S. 175 ff, 2015

Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Hrsg.)
Autonomes Fahren -Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte
Gefördert durch die Daimler und Benz Stiftung, 2015

Mercedes Benz
Dieter Zetsche
URL: <https://www.mercedes-benz.com/de/.../autonomes-fahren-als-mobilitaet-der-zukunft>, zuletzt
zugegriffen am 21.6.2016

Paraboschi, A.; Santi, A.; Ratti, C.
Modelling Urban-level Impact of a Shared Taxi Market
MIT Senseable City Lab, 2015

Rodoulis, S.
The Impact of Autonomous Vehicles on Cities
In: LTA ACADEMY, Journey – Sharing Urban Transport Solutions
Singapore, 2014

Santi, Resta, Szell, Sobolevsky, Strogatz, Ratti
Quantifying the benefits of vehicle pooling with shareability networks,
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), 2014

Spieser et al.
Toward a systemic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-demand systems: A case study in Singapore
MIT Open Access Articles, 2014

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)
Vom Fahrerassistenzsystem zum automatisierten Fahren
September 2015

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV)
Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge – Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen
Positionspapier, Köln 2015

Zeit online (a)

Artikel Dobrindt: Google hat Vorsprung bei Tests von Roboterwagen

URL: <http://www.zeit.de/news/2016-02/16/auto-dobrindt-google-hat-vorsprung-bei-tests-von-roboterwagen-16150202>, zuletzt zugegriffen am 12.07.2016

Zeit online (b)

Artikel Bahn plant autonome Züge

URL: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2016-06/deutsche-bahn-autonomes-fahren-zug-lokfuehrer>, zuletzt zugegriffen am 09.06.2016