INSTITUT FÜR
INNOVATION UND
TECHNIK

Automatisiertes Fahren in der Smart City

Studie zur vernetzten Mobilität der Zukunft: Gesellschaftliche und fachliche Einschätzungen im Vergleich

Impressum
Prof. Dr. Volker Wittpahl
Institut für Innovation und Technik (iit)
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Steinplatz 1
10623 Berlin
Tel.: +49 30 310078-111
Fax: +49 30 310078-216

E-Mail: info@iit-berlin.de
www.iit-berlin.de

Autoren
Yasmin Halil
Lorenz Hornbostel
Doris Johnson
Jörg Dubbert
Gereon Meyer
Volker Wittpahl

Bildnachweise
Adobe Stock / chesky

Layout
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Berlin, Januar 2020

ISBN-978-3-89750-212-3

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird teils auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Ferner wird auf die Verwendung des geschlechterneutralen Gender-Sterns verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für jedes Geschlecht.

1 INHALT

Executive Summary **4**

Vorwort **7**

1 Automatisiertes Fahren in der Smart City **8**

2 Studiendesign **9**

3 Ergebnisbericht zur Befragung **12**

3.1 Potenziale automatisierter Fahrzeuge 12
3.2 Alltagstauglichkeit 19
3.3 Digitales Verkehrsökosystem 21
3.4 Öffentlicher Nahverkehr 23
3.5 Klima- und Umweltschutz 27
3.6 Marktpotenzial 32
3.7 Datenschutz 34
3.8 Verkehrssicherheit 36

4 Fazit und Ausblick **38**

Literaturverzeichnis **41**

Autorinnen und Autoren **46**

EXECUTIVE SUMMARY

Mit der vorliegenden Studie wurde ein aktuelles Stimmungsbild der Bevölkerung zu den Kernthemen des automatisierten Fahrens erhoben. Hierzu hat die forsa Politik- und Sozialforschung GmbH im Auftrag des Instituts für Innovation und Technik (iit) eine repräsentative Befragung[1] von 1.004 Bürgerinnen und Bürgern zum Thema „Automatisiertes Fahren in der Smart City" durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im Rahmen der Studie ausgewertet und mit einer fachlichen Einschätzung verglichen. Eine zentrale Erkenntnis ist dabei, dass der Nutzen und die Potenziale des automatisierten Fahrens von der Bevölkerung häufig deutlich pessimistischer bewertet werden als in Wissenschaft und Forschung.

Potenziale des automatisierten Fahrens aus fachlicher Sicht

Aus fachlicher Sicht sind durch das automatisierte Fahren vor allem Vorteile zu erwarten – sofern die Automatisierung im Rahmen eines gesamtoptimierten Verkehrssystems erfolgt und sogenannte Rebound-Effekte weitestgehend ausbleiben[2]: Neben deutlichen Potenzialen in Hinblick auf die Minderung der Mobilitätskosten und die Zeitersparnis gehen Wissenschaft und Forschung auch von positiven Effekten auf die Steigerung der Lebensqualität in den Städten aus. Gründe hierfür sind zum einen, dass sich durch die geteilte Nutzung der Fahrzeuge Parkflächen reduzieren lassen und die freiwerdenden Flächen anderweitig genutzt werden können. Zum anderen rechnen fachliche Kreise mit einer Entlastung der urbanen Ballungszentren, da die Bereitschaft zu pendeln durch den erhöhten Fahrkomfort steigt. Ein zusätzlicher positiver Effekt ist, dass automatisiertes Fahren den Zugang zur Mobilität für deutlich mehr Personengruppen erleichtern kann – wie zum Beispiel für Menschen mit Behinderung, Seniorinnen und Senioren sowie Kinder und Jugendliche.

Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die Fahrweise durch eine Kommunikation der Fahrzeuge untereinander optimiert, die Kapazität der Straßen erhöht und Staus gemindert werden können. Weniger Staus würden sich wiederrum in einem geringeren Kraftstoffverbrauch bzw. in geringeren Kraftstoffausgaben und damit auch in einer Minderung der Fahrzeugemissionen bzw. einer Begrenzung der Klimaschäden niederschlagen. Da selbstfahrende Fahrzeuge neue Möglichkeiten der Batterieladung eröffnen, ist zu erwarten, dass sich der Umstieg auf die Elektromobilität beschleunigt und dadurch weitere positive Klimaeffekte ausgelöst werden.

Das stärkste Argument für den Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge ist aus fachlicher Sicht jedoch die Steigerung der Straßenverkehrssicherheit. Durch den erwarteten Rückgang der Unfallzahlen und den damit einhergehenden Sicherheitsgewinn im Straßenverkehr könnten bauliche Vorkehrungen wie beispielsweise die Deformationszone beseitigt werden. Durch die daraus resultierende Gewichtsreduktion der Fahrzeuge kann von einem zusätzlichen (Kosten-)Einsparpotenzial beim Kraftstoff ausgegangen werden. Doch nicht nur durch den verminderten Kraftstoffverbrauch lassen sich die Kosten weiter senken. Im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) spielen beispielsweise die hohen Personalkosten eine zentrale Rolle: Würde also das Personal beim Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge in Zukunft nicht länger benötigt, könnten die Preise für die Nutzung des ÖPNV gesenkt werden.

Einschätzung der Potenziale aus Sicht der Bevölkerung

Die Befragung hat gezeigt, dass die Bevölkerung die Vorteile des automatisierten Fahrens deutlich pessimistischer einschätzt als Fachkreise und damit dessen Potenziale häufig unterschätzt. So werden die Vorteile zu fast allen abgefragten Themen lediglich von der Hälfte der Befragten (oder noch weniger) erkannt. Auffällig ist dabei, dass Frauen eine besonders negative Sicht auf die höhere Automatisierung der Fahrzeuge haben als männliche Befragte. Eher positiv bewertet wird das automatisierte Fahren hingegen von den 18- bis 29-Jährigen. Die grundsätzlich negative Einschätzung kann vor allem damit erklärt werden, dass der aktuelle Kenntnisstand zum automatisierten Fahren in der Bevölkerung gering und sehr unterschiedlich ausfällt.

1 Die Befragung wurde vom 17. bis 22. Oktober 2019 mit Hilfe computergestützter Telefoninterviews (CATI) durchgeführt. Die Ergebnisse können mit den bei allen Stichprobenerhebungen üblichen Fehlertoleranzen (im vorliegenden Falle von +/- 3 Prozentpunkten) auf die Bevölkerung in Deutschland übertragen werden.

2 Siehe hierzu Kapitel „2 Studiendesign"

Lediglich im Bereich des Datenschutzes sind kaum Unterschiede zwischen den Geschlechtern und Altersgruppen festzustellen. Hier sind sich alle Befragten einig, dass automatisierte Fahrzeuge grundsätzlich zur Zielscheibe eines Hacker-Angriffs werden können. Dieser Aspekt wird auch in fachlichen Kreisen diskutiert und ernstgenommen. Daher ist es wichtig, dass bei der Einführung selbstfahrender Fahrzeuge möglichst hohe Sicherheitsanforderungen gestellt werden. Nur so kann gewährleistet werden, das zentrale Versprechen des fahrerlosen Fahrens – nämlich die erhöhte Sicherheit aller Verkehrsteilnehmenden – einlösen zu können.

Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse der Umfrage

Fast jeder zweite Bundesbürger glaubt, dass selbstfahrende Fahrzeuge in Zukunft zum städtischen Alltag gehören werden.

Während 49 Prozent der Befragten davon ausgehen, dass selbstfahrende Fahrzeuge in Zukunft zum städtischen Alltag gehören werden, glaubt knapp die andere Hälfte nicht daran (46 Prozent), dass dies der Fall sein wird. Dabei sind die jüngeren Befragten (18- bis 29-Jährige) mit 60 Prozent deutlich häufiger als die über 60-Jährigen (41 Prozent) davon überzeugt, dass selbstfahrende Fahrzeuge künftig zum normalen Stadtbild zählen werden (Abbildung 4, S. 19).

Nur jeder Vierte fände es gut, wenn Busse und Züge des öffentlichen Nahverkehrs in Zukunft komplett ohne Fahrer unterwegs sein würden.

Lediglich 26 Prozent der Befragten würden es begrüßen, wenn Busse und Züge des öffentlichen Nahverkehrs in Zukunft komplett ohne Fahrer betrieben würden. Die große Mehrheit der Befragten (68 Prozent) spricht sich gegen einen fahrerlosen Nahverkehr aus. Besonders skeptisch sind die älteren Befragten. So geben 75 Prozent der älteren Befragten über 60 Jahren und darüber an, dass sie einen fahrerlosen Betrieb von Bussen und Zügen im öffentlichen Nahverkehr ablehnen (Abbildung 6, S. 23). Allerdings ist knapp die Hälfte aller Befragten (47 Prozent) davon überzeugt, dass durch selbstfahrende Busse und Züge die Preise im öffentlichen Nahverkehr gesenkt werden könnten (Abbildung 7, S. 24).

42 Prozent der Bundesbürger gehen davon aus, dass selbstfahrende Fahrzeuge den CO_2-Ausstoß verringern.

42 Prozent der befragten Bundesbürger gehen davon aus, dass der CO_2-Ausstoß durch selbstfahrende Fahrzeuge verringert werden kann. Dabei bewerten Frauen die positiven Auswirkungen von autonomen Mobilitätsangeboten auf das Klima deutlich skeptischer als Männer: Nur 34 Prozent der befragten Frauen sind davon überzeugt, dass sich selbstfahrende Fahrzeuge positiv auf die CO_2-Bilanz auswirken könnten (Abbildung 8, S. 27). Auch das Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen Hinblick auf Geldersparnis – zum Beispiel durch einen geringeren Kraftstoffverbrauch – wird von der Mehrheit der Befragten (61 Prozent) als eher gering oder sogar sehr gering eingeschätzt (Abbildung 3, S. 17).

Acht von zehn Bundesbürgern befürchten, dass automatisierte Fahrzeuge Ziel eines Hacker-Angriffs werden könnten.

81 Prozent aller Befragten befürchten, dass automatisierte Fahrzeuge Ziel eines Hacker-Angriffs werden könnten, nur 15 Prozent haben Vertrauen in die Sicherheit ihrer Daten und den Schutz von automatisierten Fahrzeugen gegen unerwünschte Manipulationen (Abbildung 11, S. 34). Trotzdem könnten sich 44 Prozent der Befragten vorstellen, ein selbstfahrendes Fahrzeug persönlich zu nutzen. Vor allem Männer (54 Prozent) und die 18- bis 29-Jährigen (61 Prozent) zeigen sich gegenüber der Nutzung von selbstfahrenden Fahrzeugen aufgeschlossen (Abbildung 10, S. 32).

Die Hälfte der Bürgerinnen und Bürger glaubt, dass automatisierte Fahrzeuge die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen.

51 Prozent der Befragten glauben, dass die Sicherheit im Straßenverkehr durch automatisierte Fahrzeuge erhöht werden könnte. Die andere Hälfte (43 Prozent) bezweifelt hingegen, dass es zu einem Sicherheitsgewinn auf den Straßen kommen würde (Abbildung 12, S. 36). Die Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Verkehrsschilder in Zukunft überflüssig machen, bestätigen weniger als ein Fünftel (19 Prozent) der Befragten (Abbildung 5, S. 21).

42 Prozent der Bundesbürger sind davon überzeugt, dass selbstfahrende Fahrzeuge die Lebensqualität in den Städten steigern werden.

42 Prozent der Befragten sind davon überzeugt, dass selbstfahrende Fahrzeuge die Lebensqualität, zum Beispiel durch einen flüssigeren Verkehr, in den Städten erhöhen wird (Abbildung 1, S. 12). Zudem sehen 38 Prozent der Befragten ein eher hohes bis sehr hohes Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf eine mobilitätsbedingte Zeitersparnis – zum Beispiel durch weniger Staus (Abbildung 2, S. 15). Vor allem die jüngeren Befragten sind von den Potenzialen überzeugt: So gab die Mehrheit der befragten 18- bis 29-Jährigen an, dass selbstfahrende Fahrzeuge zu einer Zeitersparnis (65 Prozent) und zu mehr Lebensqualität in den Städten führt (63 Prozent). Bei den älteren Befragten ab 60 Jahren fiel die Zustimmung mit 22 Prozent (Zeitersparnis) und 29 Prozent (Lebensqualität) deutlich geringer aus.

VORWORT

Die Automatisierung des Straßenverkehrs ist eine der größten Veränderungen des Alltags, die mit der digitalen Transformation einhergehen. Sie verspricht im Prinzip einen unfallfreien Verkehr sowie optimierte Verkehrsflüsse und individualisierte Mobilitätsangebote. Im Pkw hält die Automatisierung mit der zunehmenden Verbreitung und Diversifizierung von Fahrerassistenzsystemen bereits seit geraumer Zeit Einzug: Die Kombination von Spurhalteassistent und Abstandsregelautomat erlaubt es heute schon, beim Fahren auf der Autobahn oder der Landstraße für einige Sekunden die Hand vom Lenkrad zu nehmen. Parallel dazu werden für den öffentlichen Personennahverkehr fahrerlose Shuttlebusse erprobt, die eine Vielzahl von flexiblen Mobilitätsdienstleistungen ermöglichen, z. B. bequeme Last-Mile-Verbindungen in Wohngebieten oder kostengünstige Ridesharing-Angebote für die Erreichbarkeit von Stadtzentren aus dem Umland. In ähnlicher Form wird mit selbstfahrenden Lieferrobotern experimentiert, die eine hochoptimierte und zuverlässige Zustellung von Gütern in der Stadt ermöglichen und dazu auch nachts zum Einsatz kommen könnten.

In technischer Hinsicht ist die Automatisierung des Straßenverkehrs ein Paradigmenwechsel: Bislang war es die Aufgabe von Autofahrern, Radfahrern und Fußgängern, durch Beachtung von Verkehrsregeln, Vorausschau des Geschehens und gegenseitige Rücksichtnahme Unfälle und Blockaden eigenverantwortlich zu vermeiden. Beim automatisierten Fahren obliegt es dagegen den elektronischen Steuerungssystemen im Fahrzeug, und nicht mehr den Menschen, die richtigen Entscheidungen zu treffen. Dies kann zwar idealerweise menschliches Versagen ausschließen, stößt aber zwangsläufig auch an neue Systemgrenzen, wenn die Leistungsfähigkeit der Sensoren, Algorithmen und Aktoren noch nicht ausreicht. In der Stadt ist dies besonders relevant, weil die Verkehrssituationen dort komplex sind und automatisierte Fahrzeuge eigentlich „um die Ecke" schauen müssten, um das Geschehen vollständig zu erfassen. Daher wird die Automatisierung des Straßenverkehrs gerade in der Stadt entweder immer einen Menschen in der Rückhand haben müssen oder Informationen aus der Kommunikation mit anderen Fahrzeugen, aus Sensoren und Kameras in der Infrastruktur und aus der Analyse mittels künstlicher Intelligenz erfordern.

Automatisiertes Fahren ist vor allem eine systemische Innovation, bei der Fahrzeuge, Infrastrukturen und Menschen nahtlos zusammenwirken müssen. Die Kommunikation von Daten mit hoher Bandbreite und geringer Verzögerung ist dafür eine Grundvoraussetzung, die nur mit hochmoderner Vernetzung und Einbettung in die Cloud gelingen kann. Dabei müssen nicht zuletzt die Interessen und Vorbehalte von Bürgerinnen und Bürgern beachtet werden, die sich um die Sicherheit ihrer Daten und die Zuverlässigkeit der Systemfunktionen sorgen. Ebenso sind Anpassungen des Rechtsrahmens erforderlich und tragbare Geschäfts- und Betreibermodelle zu entwickeln und schließlich auch neue digitale Infrastrukturen zu schaffen. Technische und nicht-technische Innovationsschritte müssen also Hand in Hand gehen, um das automatisierte Fahren zu ermöglichen. Wenn diese nicht aufeinander abgestimmt werden, dann drohen Entwicklungsblockaden, die den Fortschritt aufhalten und letztlich die Innovationskraft Deutschlands im weltweiten Wettbewerb mindern.

Damit das automatisierte Fahren ein Erfolg werden kann, ist es essenziell, das Individuum und die Gesellschaft in die Technologieentwicklung mit einzubeziehen, denn nur wenn Bedürfnisse erkannt, Potenziale erlebbar und Vorbehalte verstanden werden, sind politische Unterstützung, Unternehmergeist und Begeisterung möglich. Agilen Entwicklungsmethoden wie sogenannte Reallabore, in denen Innovationen trotz noch fehlender Rahmenbedingungen schon frühzeitig ausprobiert werden, kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu.

Vor diesem Hintergrund hat das Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH die Erwartungen und Einschätzungen der Bevölkerung zum automatisierten Fahren im Rahmen der vorliegenden Studie zusammengefasst.

Berlin, im Dezember 2019

Prof. Dr. Volker Wittpahl
Geschäftsführender Leiter des
Instituts für Innovation und Technik (iit) in der
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Dr. Gereon Meyer
Stellvertretender Leiter des Bereichs
Mobilität der Zukunft und Europa der
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

1 AUTOMATISIERTES FAHREN IN DER SMART CITY

Effizient, attraktiv, sicher und sauber. Die Erwartungen an das automatisierte und vernetzte Fahren sind groß. So gehen verschiedene Studien davon aus, dass das automatisierte und vernetzte Fahren die Sicherheit im Straßenverkehr erhöht (Esser und Kurte 2018), die Staugefahr in Ballungsgebieten verringert und den CO_2-Ausstoß deutlich reduzieren könnte (Krail, Michael, Hellekes, Jens et al. 2019). Gleichzeitig mehren sich Bedenken in Hinblick auf den Datenschutz und die Ängste vor möglichen Hacker-Angriffen auf die Fahrzeuge.

Unbestritten ist hingegen, dass das automatisierte und vernetzte Fahren in den kommenden Jahren eines der entscheidenden Innovationsfelder der städtischen Mobilität sein wird. Schon heute ermöglicht das Zusammenwirken von Fahrerassistenzsystemen wie dem Abstandsregelautomat, dem Fahrspurassistent und der Notbremsfunktion teil- und beinahe hochautomatisierte Fahrfunktionen im Auto. Und längst zählen automatische Notrufsysteme, der Zugriff auf das Internet und das Einspielen von Software-Updates zum festen Inventar vieler Fahrzeuge. Darüber hinaus eröffnen die fortschreitende Digitalisierung und die zunehmende Vernetzung vollkommen neue Möglichkeiten der Kooperation von Fahrzeugen miteinander – sowie der Kooperation von Fahrzeugen mit der städtischen Verkehrsinfrastruktur wie beispielsweise Ampeln, Kameras und Verkehrsmanagementzentralen. Vor allem die Möglichkeit der Einbindung automatisierter Fahrzeuge in die Plattformen IT-basierter Mobilitätsdienstleister stellt für den urbanen Verkehr eine große Chance dar.

Doch bis vollautomatisierte oder sogar selbstfahrende Fahrzeuge zum Alltag gehören, müssen noch erhebliche (technische) Hürden genommen werden: Neben neuen Sensoren zur Erfassung komplexer Umgebungen sowie leistungsfähigen Algorithmen und Architekturen für die Fahrzeugsteuerung müssen beispielsweise dynamische Geokarten entwickelt werden, die ein unfallfreies Zusammenwirken automatisierter Fahrzeuge ermöglichen. Gleichzeitig müssen die Methoden zur Interaktion von Fahrzeuginsassen und anderen Verkehrsteilnehmern verbessert und die eingesetzten Kommunikationssysteme dauerhaft gegen Missbrauch und Cyber-Angriffe von außen gesichert werden.

Dass das Thema automatisiertes und vernetztes Fahren in den kommenden Jahren erheblich an Bedeutung gewinnen wird, belegt auch eine neue Initiative der Bundesregierung: So will der Bund mit dem Aktionsplan „Forschung für autonomes Fahren" die Aktivitäten verschiedener Ressorts in Zukunft stärker bündeln und intensivieren, indem u. a. die bestehenden Stärken im Fahrzeugbau mit den Kompetenzen im Bereich der digitalen Technologien kombiniert werden (Bundesregierung 2019). Bereits im Jahr 2015 formulierte die Bundesregierung das Ziel, die Technologieführerschaft des Automobilstandorts Deutschland als „Leitanbieter für automatisierte und vernetzte Fahrzeuge" zu sichern und langfristig zum „Leitmarkt" auszubauen. Zugleich hat die Europäische Kommission in der Strategic Transport Research and Innovation Agenda (STRIA) die Forschungs- und Erprobungsbedarfe für den automatisierten und vernetzten Straßenverkehr zusammengestellt, insbesondere mit Blick auf die grenzüberschreitende Funktionalität (Europäische Kommission 2019).

Ob sich die großen Hoffnungen erfüllen, wird nicht allein von den technologischen Fortschritten abhängen. Ein entscheidender Schlüssel zum automatisierten und vernetzten Fahren dürfte vielmehr in der Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger sowie in der erfolgreichen Vernetzung der verschiedenen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Akteure liegen. Ein primäres Ziel der vorliegenden Studie liegt vor allem darin, die Positionen und Sichtweisen der Bürgerinnen und Bürger zu den Kernthemen des automatisierten Fahrens zu beleuchten.

2 STUDIENDESIGN

Die vorliegende Studie versteht sich als ein gesellschaftliches Stimmungsbarometer, mit dem die aktuelle Akzeptanz, der Wissensstand und die Bedarfe der Bürgerinnen und Bürger zum automatisierten Fahren aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet und analysiert werden sollen. Dabei werden sowohl die Chancen als auch Herausforderungen des automatisierten Fahrens berücksichtigt.

Methodik und Schwerpunkte

Die Studie basiert auf einer repräsentativen Befragung von 1.004 Bürgerinnen und Bürgern zum Thema „Automatisiertes Fahren in der Smart City", die die forsa Politik- und Sozialforschung GmbH im Auftrag des Instituts für Innovation und Technik (iit) vom 17. bis 22. Oktober 2019 mit Hilfe computergestützter Telefoninterviews (CATI) durchgeführt hat.[3] Gegenstand der Bürgerbefragung sind die Einschätzungen der Befragten zu den Potenzialen von selbstfahrenden Fahrzeugen u. a. in Hinblick auf die urbane Lebensqualität, Zeitersparnis und die Reduzierung von Stau in Städten, zum Einsatz von selbstfahrenden Bussen und Zügen im öffentlichen Nahverkehr, zur persönlichen Nutzerakzeptanz selbstfahrender Fahrzeuge sowie eine Beurteilung möglicher Effekte auf die Verkehrssicherheit und den CO_2-Ausstoß im Straßenverkehr. Als soziodemografische Merkmale wurden Daten zum Geschlecht, Bildungsgrad, Alter, geographischen Wohnort sowie zum Urbanitätsgrad des Wohnortes erhoben.[4] In der vorliegenden Studie werden jedoch ausschließlich die Daten zum Alter und zum Geschlecht berücksichtigt.

Die quantitativen Ergebnisse der Bürgerbefragung werden im Rahmen der Studie aus fachlicher Sicht analysiert und eingeordnet. Im Fokus der Kurzstudie sollen insbesondere die folgenden inhaltlichen Schwerpunkte stehen:

- Potenziale des automatisierten Fahrens
- Alltagstauglichkeit
- Digitales Verkehrsökosystem
- Öffentlicher Nahverkehr
- Klima- und Umweltschutz
- Marktpotenzial und Geschäftsmodelle
- Datenschutz
- Verkehrssicherheit

Die Studie erhebt keinen Anspruch einer allumfassenden wissenschaftlichen Ausarbeitung, sondern versteht sich – wie bereits erwähnt – als ein gesellschaftliches Stimmungsbarometer, das die aktuelle Akzeptanz, die gesellschaftlichen Bedarfe sowie die Chancen und Herausforderungen des automatisierten Fahrens beleuchtet. Die Bewertung des Status quo stützt sich dabei auf ein realistisches und ein aus fachlicher Sicht mögliches Nutzungsszenario autonomer Fahrzeuge, das im Rahmen der Studie beschrieben wird.

Definition automatisiertes Fahren

SAE International definiert sechs Stufen der Automatisierung, die eine sukzessive Steigerung des Automatisierungsgrads darstellen (SAE International 2018).

- Stufe 0 – Keine Automatisierung: Die Fahrerin oder der Fahrer führt dauerhaft die Längs- und Querführung des Fahrzeugs aus. Im Fahrzeug gibt es kein System, das eingreift.
- Stufe 1 – Assistiert: Die Fahrerin oder der Fahrer führt dauerhaft entweder die Längs- oder die Querführung des Fahrzeugs aus. Das Fahrzeug übernimmt die jeweils andere Fahraufgabe.
- Stufe 2 – Teilautomatisiert: Die Fahrerin oder der Fahrer muss das System dauerhaft überwachen. Das Fahrzeug übernimmt die Längs- und Querführung.
- Stufe 3 – Bedingte Automatisierung: Die Fahrerin oder der Fahrer muss das System nicht dauerhaft überwachen. Der Fahrer muss aber in der Lage sein, innerhalb eines definier-

3 Die Ergebnisse können mit den bei allen Stichprobenerhebungen üblichen Fehlertoleranzen (in diesem Fall von +/- 3 Prozentpunkten) auf die Bevölkerung in Deutschland übertragen werden.

4 Aufschlüsselung der soziodemografischen Merkmale: Geschlecht (Männer / Frauen); Bildungsgrad (Hauptschule / mittlerer Abschluss / Abitur / Studium); Alter (18- bis 29-Jährige / 30- bis 44-Jährige / 45- bis 59-Jährige / 60 Jahre und älter); Geographischer Wohnort (Ost / West); Urbanitätsgrad des Wohnortes (unter 5.000 / 5.000 bis 20.000 / 20.000 bis 100.000 / 100.000 bis 500.000 / mehr als 500.000 Einwohnerinnen und Einwohner)

ten Übergabezeitraums, die Fahraufgabe zu übernehmen. Das Fahrzeug übernimmt die Längs- und Querführung. Es erkennt seine Systemgrenzen und übergibt die Fahraufgabe mit ausreichender Übergabezeit an den Fahrer.

- Stufe 4 – Hochautomatisiert: Es ist keine Fahrerin oder kein Fahrer mehr erforderlich. Das Fahrzeug kann mit fast alle Fahrsituationen selbstständig umgehen. Falls nicht, kann sich das Fahrzeug selbst in einen sicheren Zustand (z. B. in einen sicheren Stand) begeben.
- Stufe 5 – Vollautomatisiert: Es ist keine Fahrerin oder kein Fahrer mehr erforderlich. Das Fahrzeug kann alle Fahraufgaben übernehmen.

In dieser Studie wurden die beiden höchsten Automatisierungsstufen (Stufe 4 und 5) betrachtet. Synonym werden nachfolgend die Begriffe „automatisiertes Fahren/Fahrzeug", „fahrerloses Fahren/Fahrzeug", „selbstfahrendes Fahren/Fahrzeug" genutzt. Dabei ist stets eine Automatisierung ab Stufe 4 gemeint, sofern nichts anders angegeben ist.

Szenarien des automatisierten Fahrens

Um eine Bewertung der Auswirkungen fahrerloser Fahrzeuge vornehmen zu können, müssen einleitend zunächst mögliche Szenarien der Nutzung beschrieben werden. Abhängig davon, können unterschiedliche Effekte eintreten. In der Literatur tauchen häufig drei verschiedene Szenarien auf, die künftige Nutzungsformen darstellen.

Szenario 1: Privatnutzung fahrerloser Fahrzeuge
Im ersten Szenario wird gegenüber heute eine unveränderte Nutzung von Fahrzeugen beschrieben. Lediglich die Fahraufgabe wird nicht mehr durch den Menschen ausgeführt. Das Fahrzeug befindet sich im Besitz einer Privatperson oder eines Unternehmens, wird für die Fahrten genutzt und die restliche Zeit abgestellt (Zmud et al. 2019, S. 60 f.; Heinrichs 2015, S. 228 f.; Gruel und Stanford 2017).

Szenario 2: Fahrerlose Fahrzeuge und öffentlicher Verkehr
Im zweiten Szenario wird das Auto in Form automatisierter Fahrzeuge als Dienstleistung in Anspruch genommen (Zmud et al. 2019, S. 61). Das Fahrzeug befindet sich dabei nicht mehr im Besitz einzelner Personen. Stattdessen wird das Fahrzeug nur für die Nutzungsdauer gebucht. Dabei kann es sein, dass ein Fahrzeug nur durch eine Person genutzt wird oder dass das Fahrzeug mit anderen Personen geteilt wird, die ein ähnliches Reiseziel haben (Ridesharing).

Die Fahrzeuge werden in diesem Szenario grundsätzlich ergänzend zum ÖPNV genutzt. Das öffentliche Verkehrssystem bleibt ähnlich wie heute bestehen (Heinrichs 2015, S. 232 f.; Arndt et al. 2019, S. 27). Im besten Fall wird ein Großteil der Strecke mit dem ÖPNV zurückgelegt. Kleinere Fahrzeuge dienen eher als Zubringer.

Szenario 3: Zusammenwachsen von Individualmobilität und öffentlichem Verkehr
Im dritten Szenario verschwimmen die Grenzen zwischen Individualmobilität und öffentlichem Verkehr. Da das Fahren mit selbstfahrenden Fahrzeugen einen hohen Komfort bietet und die Nutzungskosten „sehr gering" sein werden[5], gibt es für die Nutzerinnen und Nutzer keinen Grund mehr, den „klassischen" ÖPNV, der Fahrten in Massentransportmitteln bietet, in Anspruch zu nehmen. Stattdessen finden alle Fahrten vollständig in fahrerlosen (Klein-)Fahrzeugen statt. Auch hier gibt es die Möglichkeit, dass die Fahrzeuge alleine oder geteilt genutzt werden. Klassische Systeme des öffentlichen Verkehrs, wie sie heute bekannt sind, gibt es jedoch nicht mehr (Beiker 2015, S. 204).

Erwünschtes Szenario
Das erste Szenario, das die Privatnutzung von selbstfahrenden Fahrzeugen beschreibt, ist bereits aus ökonomischen Gründen unvorteilhaft für die potenziellen Fahrzeugbesitzerinnen oder -besitzer. Durch die hohen Kaufpreise ist die kurzfristige Miete vorteilhafter.

5 Deloitte geht von einem Kilometerpreis von 15 – 34 EURO-Cent aus (Deloitte 2019, S. 14); ARK Invest erwartet Kosten in Höhe von 35 US-Cent pro Kilometer (Keeney 2017, S. 2).

Die Szenarien 2 oder 3 werden in Fachkreisen als die am wahrscheinlichsten eintretenden Szenarien bewertet. Setzen sich fahrerlose Fahrzeuge durch, ist es aus ökonomischen Aspekten nicht sinnvoll, diese ausschließlich privat zu nutzen. Es wird geschätzt, dass sich die Mehrausgaben für die Anschaffung eines Fahrzeugs auf 3.000 bis 6.000 US-Dollar belaufen werden (Bernhart et al. 2014, S. 9), welche die Anschaffung eines Privatfahrzeugs mit automatisierten Fahrfunktionen unattraktiv machen. Darüber hinaus treten weitere Anreize für den privaten Pkw-Besitz wie Fahrspaß und Statussymbolik bei automatischen Fahrzeugen sehr wahrscheinlich in den Hintergrund. Da heute bereits vermehrt Carsharing genutzt wird, ist eine weitere Ausbreitung ebenfalls wahrscheinlich.

Gegen die Umsetzung des dritten Szenarios spricht, dass viele der positiven Aspekte, die durch das fahrerlose Fahren ermöglicht werden, durch eine Mehrnutzung von Fahrzeugen ausgehebelt würden. Denn wenn künftig alle Fahrten mit individuell oder gemeinsam genutzten automatisierten Fahrzeugen durchgeführt werden statt mit den Massentransportmitteln des ÖPNV, würde es infolge von Staus zu einer starken Verlangsamung des Straßenverkehrs kommen. Es wäre daher sinnvoller, selbstfahrende Autos ausschließlich als Ergänzung bzw. in Kooperation zu einem leistungsstarken ÖPNV zu nutzen.

3 ERGEBNISBERICHT ZUR BEFRAGUNG

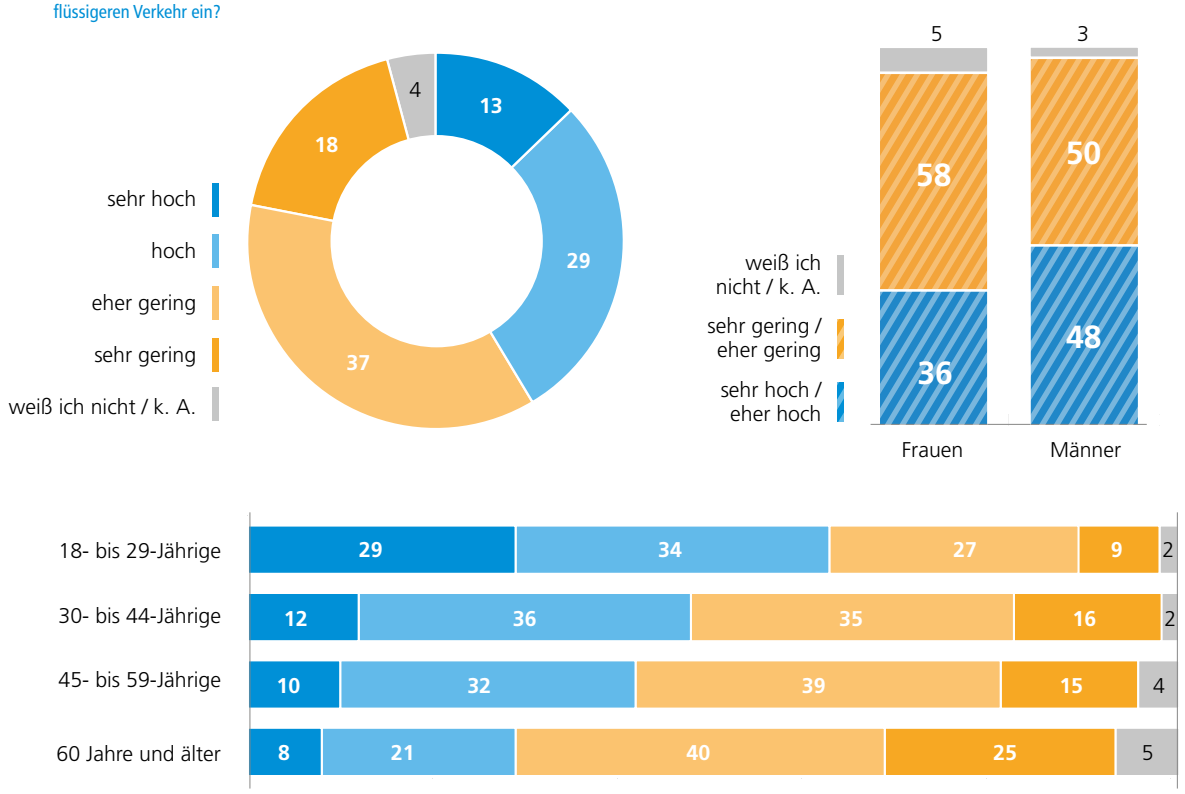
3.1 Potenziale automatisierter Fahrzeuge

a) Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf die Steigerung der Lebensqualität in Städten

42 Prozent der Befragten schätzen das Potenzial selbstfahrender Fahrzeuge für die Steigerung der Lebensqualität in Städten – beispielsweise durch einen höheren Verkehrsfluss – als „eher hoch" (29 Prozent) bis „sehr hoch" (13 Prozent) ein. 55 Prozent aller Befragten gehen jedoch von einem eher bis sehr geringen Potenzial zur Steigerung der Lebensqualität aus. Besonders pessimistisch wird der Mehrwert von Frauen eingeschätzt (58 Prozent). Deutlich positiver äußern sich die jüngeren Befragten in der Umfrage: Knapp zwei Drittel der 18- bis 29-Jährigen bewerten das Potenzial für die Steigerung der Lebensqualität in Städten durch selbstfahrende Fahrzeuge mit „eher hoch" bis „sehr hoch" (63 Prozent). Die mittlere Alterskohorte (30- bis 59-Jährige) ist unentschieden bis eher skeptisch. Die Gruppe der Befragten mit einem Alter von 60 Jahren und älter schätzt das Potenzial mehrheitlich als „eher gering" bis „sehr gering" ein (65 Prozent).

Frage: Wie hoch schätzen Sie das Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Steigerung der Lebensqualität in Städten, bspw. durch flüssigeren Verkehr ein?

Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf die Steigerung der Lebensqualität in Städten (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 1: Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf die Steigerung der Lebensqualität in Städten

Fachliche Bewertung

Aus Sicht der Bevölkerung können verschiedene Vorteile beim Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge festgehalten werden:

1. Vereinfachter Zugang für mobilitätseingeschränkte Personen: Für mobilitätseingeschränkte Personen, z. B. Menschen mit Behinderung, Senioren oder Kinder und Jugendliche könnte der Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge Vorteile bieten. Sie könnten sich selbstständig fortbewegen und unabhängig von einer Begleitperson mobil sein (Cyganski 2015, S. 250).

2. Subjektiver Sicherheitsgewinn für nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmende: Weiterhin wird bei nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmern, wie beispielsweise Radfahrern, die subjektive Sicherheit erhöht. Da selbstfahrende Fahrzeuge die Verkehrsregeln sowie notwendige Sicherheitsabstände zu Radfahrern einhalten, wird die Verunsicherung durch zu dicht heranfahrende Fahrzeuge – wie das aktuell häufig der Fall ist – deutlich gemindert (Alessandrini et al. 2015, S. 155).

3. Entlastung urbaner Ballungszentren: In einem Leitfaden für politische Entscheidungsträger formulieren Anderson et al., dass ein erhöhter Fahrkomfort die Bereitschaft der Menschen steigere, längere Wege zurückzulegen. So könnte der Stadtrand als Wohnstätte stärker in Betracht gezogen und das Stadtzentrum in Hinblick auf die Bevölkerungsdichte entlastet werden. Insbesondere die Fahrzeit bei längeren Strecken könnte anderwärtig genutzt werden (Anderson et al. 2016, XIV). Diese Aussage bzw. Möglichkeit ist vor dem Hintergrund des Ziels der Verkehrsvermeidung sowie in Hinblick auf Klima- und Umweltfragen abzuwägen. In einem solchen Szenario müsste sichergestellt werden, dass die höhere Mobilität und das damit verbundene, höhere Verkehrsaufkommen in ein nachhaltiges Gesamtkonzept eingebettet ist. Dabei wäre sicherzustellen, dass emissionsfreie Fahrzeuge zum Einsatz kommen und ein leistungsstarker öffentlicher Nahverkehr einbezogen wird.

4. Reduzierung von Parkflächen durch eine Minderung des Fahrzeugbestands: Die aktuell zum Parken von Fahrzeugen zur Verfügung stehenden Flächen könnten deutlich reduziert werden. Tritt Szenario 2 ein (vgl. Kapitel 2), würde sich der Gesamtbestand an Fahrzeugen auf den Straßen mindern. In Deutschland werden zu Spitzenzeiten etwa 9 Prozent des aktuellen Bestands an Fahrzeugen gleichzeitig genutzt (Nobis und Kuhnimhof 2018, S. 73 ff.). Daraus wird deutlich, dass sich die Zahl an Fahrzeugen bei einer geteilten Nutzung senken kann. Aktuell beläuft sich der private Pkw-Bestand in Deutschland auf 47,1 Mio. Fahrzeuge (Kraftfahrt-Bundesamt 2019). Bei einer Minderung des Bestands auf 10 Prozent könnte sich diese Zahl auf 4,71 Mio. Fahrzeuge reduzieren. Der Flächenbedarf für parkende Fahrzeuge würde sich drastisch verringern. Zudem könnten spezielle Parkhäuser eingerichtet werden, in denen der Platzverbrauch des einzelnen Fahrzeugs im Vergleich zu heute etwa auf ein Viertel minimiert würde. Dies wäre möglich, da die Fläche für Zufahrten, Auffahrtsrampen und die Fläche um das Fahrzeug reduziert werden könnten (Alessandrini et al. 2015, S. 155).

Für Politik und Verwaltung liegt in selbstfahrenden Fahrzeugen ein großes Potenzial für die Stadtentwicklung, die Sicherstellung des Verkehrsflusses und die Luftreinhaltung (vgl. Kapitel 3.5 Klima- und Umweltschutz). Gleichzeitig ist der Einsatz dieser Fahrzeuge eine große Herausforderung für die Sicherstellung eines angemessenen Rechtsrahmens, die Gestaltung des öffentlichen Raumes und die gesamtstädtische Planung.

Fazit

Insgesamt betrachtet kann eine Vielzahl an positiven Effekten bzw. Potenzialen identifiziert werden, die über den Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge in Hinblick auf eine Steigerung der Lebensqualität erzielt werden können. Allerdings spiegelt sich das identifizierte Potenzial nur bedingt in einem positiven Stimmungsbild innerhalb der Bevölkerung wider, wie die Befragung zeigt. Eine verstärkte Aufklärung und Möglichkeiten, die Tech-

nik selbst auszuprobieren, dürften demnach durchaus zu einer positiveren Bevölkerungssicht führen.

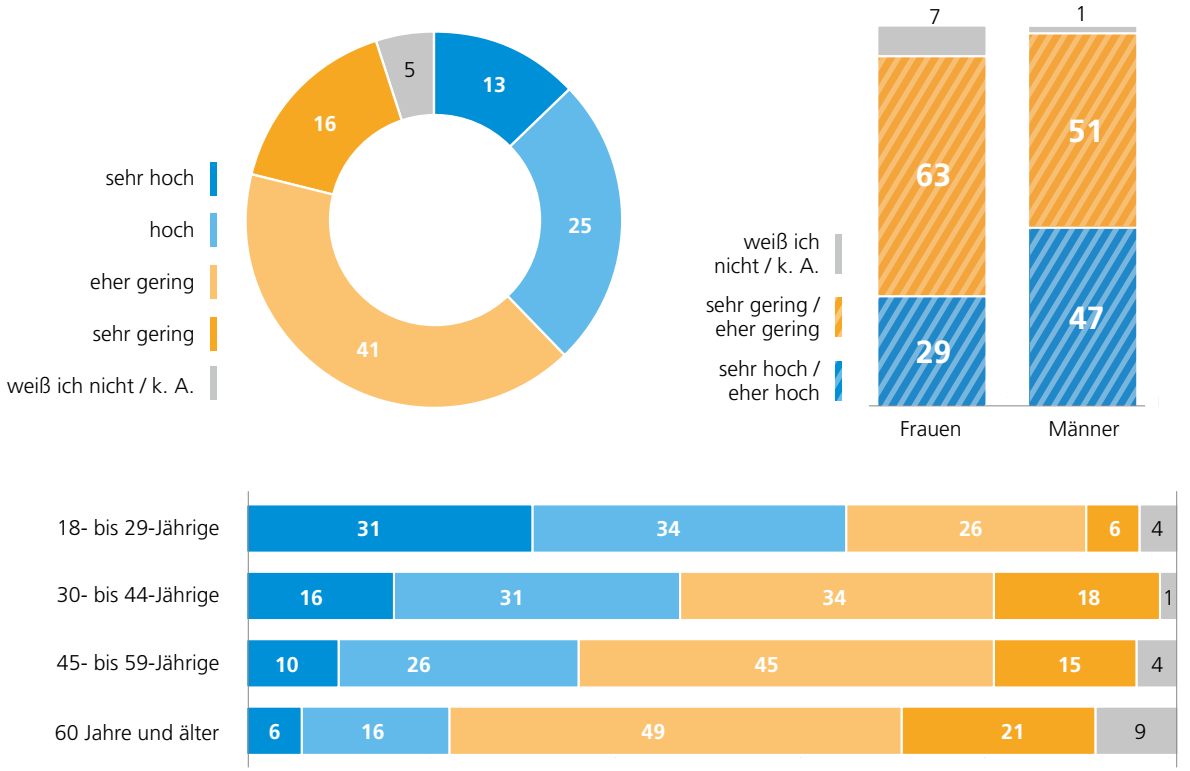
Für die Politik und Verwaltung besteht die Verantwortung darin, Entscheidungen darüber zu treffen, welche Regularien zu entwickeln sind, dass automatisierte Fahrzeuge zielführend für eine lebenswerte Stadt- und Regionalentwicklung eingesetzt werden können. Hierfür ist es erforderlich, Strategien für eine städtische und regionale Planung zu entwickeln und dabei auch die möglichen Auswirkungen fahrerloser Fahrzeuge zu berücksichtigen. Als Beispiel ist die Bereitschaft zu nennen, auch weiter vom Stadtkern entfernt zu wohnen.

b) Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Zeitersparnis

Das Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf eine mögliche Zeitersparnis – beispielsweise durch weniger Stau – wird nur von 38 Prozent aller Befragten als „eher hoch" bis „sehr hoch" eingeschätzt. Umgekehrt sehen 57 Prozent ein eher geringes bis sehr geringes Potenzial beim Thema Zeitersparnis. Frauen schätzen das Potenzial der Zeitersparnis von selbstfahrenden Fahrzeugen etwas skeptischer ein als Männer: Während 63 Prozent der befragten Frauen das Potenzial als „eher gering" bis „sehr gering" einschätzen, sind es bei den Männern nur 51 Prozent. Deutlich positiver wird der zeitliche Vorteil von den jüngeren Befragten bewertet: 65 Prozent der 18- und 29-Jährigen schätzen das Zeitersparnispotenzial als „eher hoch" bis „sehr hoch" ein.

Frage: Wie hoch schätzen Sie das Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Zeitersparnis, bspw. durch weniger Stau ein?

Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Zeitersparnis (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 2: Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Zeitersparnis

Fachliche Bewertung

Für die Bevölkerung kann durch die Nutzung von selbstfahrenden Fahrzeugen eine Zeitersparnis aus zwei Gründen erfolgen:

1. Nutzung der Fahrt für Fremdtätigkeiten: In selbstfahrenden Fahrzeugen kann die Zeit während der Fahrt genutzt werden, um E-Mails abzurufen, Telefonate zu führen oder die Fahrzeit mit unterhaltenden Tätigkeiten, wie Filmen oder Spielen, zu füllen. Zusätzlich muss am Ende der Fahrt keine Zeit mehr für das Suchen eines Parkplatzes aufgewendet werden, da ein fahrerloses Fahrzeug selbstständig einen Parkplatz ansteuern kann (Brown et al. 2014, S. 146).

2. Verkürzung der Reisezeit: Die Fahrtzeit selbst kann verkürzt werden, wenn viele oder alle Fahrzeuge untereinander vernetzt sind. Dann ist ein stetiges, optimiertes Routing möglich, wodurch immer der kürzeste Weg angesteuert werden kann (Brown et al. 2014, S. 142).

Aus Sicht von Unternehmen, der Politik und Verwaltung ergeben sich die gleichen Zeitersparnisse, die auch für die Bevölkerung gelten. Die Reisezeit von Mitarbeitenden kann sich vermindern und sowohl für Unternehmen als auch Verwaltungen in monetäre Positionen übertragen werden.

Fazit

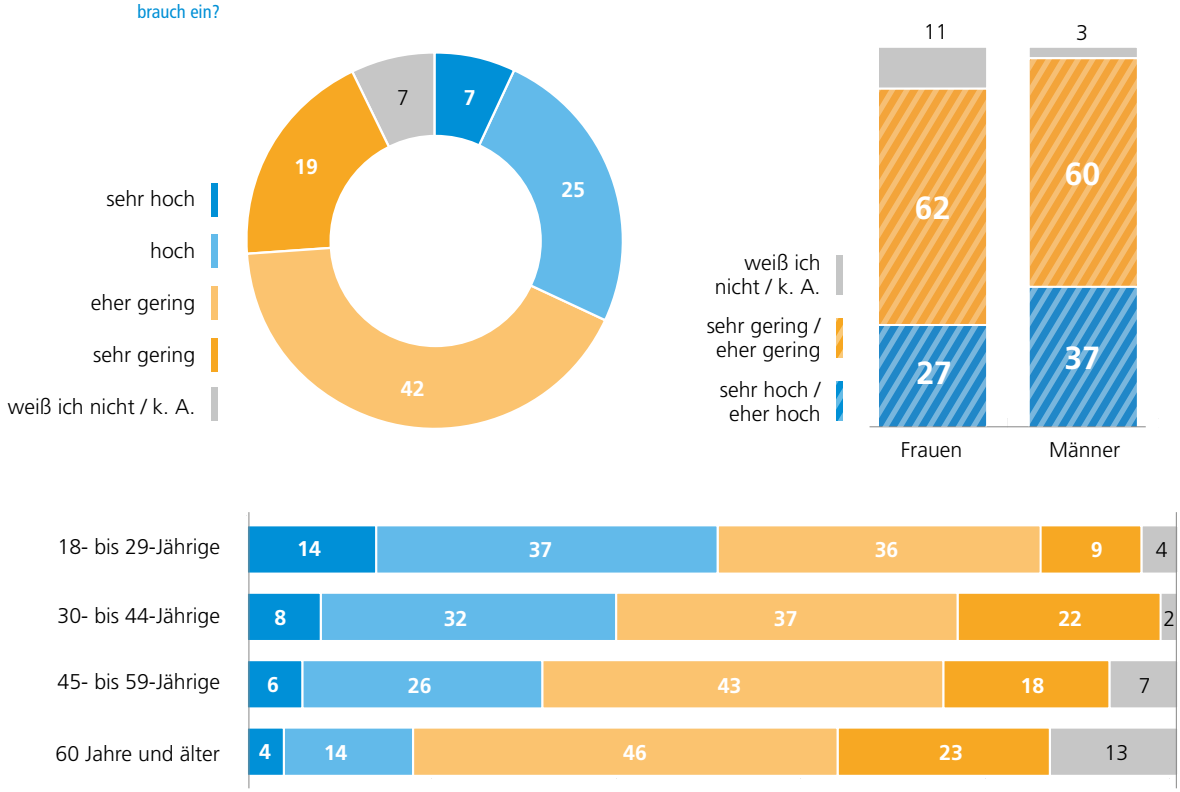
Vor allem die jüngeren Befragten (18- bis 29-Jährigen) erwarten eine Zeitersparnis durch die Nutzung von selbstfahrenden Fahrzeugen. Betrachtet man die Gesamtheit der befragten Personen, zeigt sich jedoch ein deutlich pessimistischeres Bild. Auffällig ist dabei, dass die subjektive Einschätzung nicht die Möglichkeiten widerspiegelt, die in der fachlichen Bewertung aufgezeigt werden. Dort wird eine Zeitersparnis insbesondere durch einen besseren Verkehrsfluss angenommen. Darüber hinaus ergeben sich zeitliche Vorteile, die für andere Tätigkeiten genutzt werden können. Beide Annahmen werden von der Bevölkerung – abgesehen von den jüngeren Befragten – bislang noch nicht als großes Potenzial wahrgenommen.

c) Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Geldersparnis

Das Potenzial, mit selbstfahrenden Fahrzeugen eine Geldersparnis – beispielsweise durch einen geringeren Kraftstoffverbrauch – zu erzielen, wird insgesamt von 32 Prozent aller Befragten als „eher hoch" bis „sehr hoch" eingeschätzt. Nur knapp ein Drittel der Bevölkerung verbindet also mit dem autonomen Fahren einen positiven finanziellen Effekt. Frauen und Männer schätzen die Geldersparnis mit 62 Prozent bzw. 60 Prozent fast identisch als „eher gering" bis „sehr gering" ein. Allerdings geben 11 Prozent der befragten Frauen an, das Potenzial nicht einschätzen zu können. Bezogen auf die Alterskohorten zeigt sich erneut, dass jüngere Befragte selbstfahrende Fahrzeuge deutlich häufiger mit Potenzialen verbinden als ältere Bevölkerungsgruppen: So schätzt rund die Hälfte der 18- bis 29-Jährigen das Potenzial einer möglichen Geldersparnis als „eher hoch" bis „sehr hoch" ein (51 Prozent). Die Befragten ab einem Alter von 60 Jahren erwarten hingegen nur zu 18 Prozent, dass das Potenzial „eher hoch" bis „sehr hoch" ist.

Frage: Wie hoch schätzen Sie das Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Geldersparnis, bspw. durch weniger Kraftstoffverbrauch ein?

Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Geldersparnis (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 3: Einschätzungen zum Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Geldersparnis

Fachliche Bewertung

Wie im Kapitel zum Klima- und Umweltschutz erläutert wird (vgl. 3.5), wird durch den Einsatz fahrerloser Fahrzeuge eine Verkehrsflussverbesserung erwartet, aus der sich auch eine Minderung von Staus ergibt. Die Folge daraus ist, dass ein signifikanter Teil an Kraftstoff eingespart werden könnte. So errechneten Roos und Siegmann in einer Studie zu den gesamtwirtschaftlichen Kosteneinsparpotenzialen durch automatisierte Fahrzeuge, dass bei einem Marktanteil von 90 Prozent fahrerloser Fahrzeuge in Deutschland, allein durch eine Verminderung von Staus die Kostenersparnis aufgrund geringerer Fahrzeiten, bei etwa 4,7 Milliarden Euro pro Jahr liegen würde. Gleichzeitig könnten mehr als 150 Millionen Liter Kraftstoff pro Jahr eingespart werden. Beide Effekte zusammen machen eine Kostenersparnis von 4,9 Milliarden Euro pro Jahr für den europäischen Verkehrsraum aus (Roos und Siegmann 2018, S. 27). Darüber hinaus können durch die verminderte Notwendigkeit des Parkens die Kosten für die Nutzerin oder den Nutzer eingespart werden. Denn die Zeit, die nicht mehr benötigt wird, um einen Parkplatz zu finden, kann in Kosten umgerechnet werden. Auch die Parkgebühren würden bei einer stetigen Nutzung der Fahrzeuge entfallen. Zusammen wird die Kostenersparnis für Europa auf 13,2 Milliarden Euro jährlich beziffert (Roos und Siegmann 2018, S. 28).

Durch den Wegfall der Fahraufgabe können zusätzlich die generalisierten Kosten des Fahrens sinken. Diese ergeben sich aus den tatsächlichen Reisekosten und der Umrechnung von Reisezeit in Kosten. Der zweite Teil mindert sich, wie bereits erwähnt, aufgrund der kürzeren Reisezeit. Gleichzeitig ist es möglich während der Fahrt Fremdtätigkeiten durchzuführen. So sinkt der Wert für die umgerechnete Reisezeit weiter.

Gleichzeitig könnten die tatsächlichen Reisekosten sinken, wenn die Beförderung als Dienstleistung in Anspruch genommen wird. Im öffentlichen Nahverkehr und bei der Nutzung von Taxen würden zusätzlich Personalkosten entfallen bzw. sinken, sodass eine Reduzierung der Fahrpreise ebenfalls möglich wäre (vgl. hierzu auch 3.4 Öffentlicher Nahverkehr).

Bei einer höheren Auslastung der Fahrzeuge (Brown et al. 2014, S. 146) können die tatsächlichen Reisekosten (auch Kosten für Versicherung, Wartung etc.) durch mehrere Personen geteilt werden, wodurch eine weitere Kostenreduzierung erfolgen könnte. Für Unternehmen bedeutet dies, dass die Reisezeit der Mitarbeitenden zum Arbeiten, also produktiv, genutzt werden kann. Die generalisierten Reisekosten bestehen in diesem Fall nur aus den tatsächlichen Reisekosten.

Für die Politik und Verwaltung kann es auf anderer Ebene zu einer Kostenersparnis kommen: Wird angenommen, dass selbstfahrende Fahrzeuge positive Auswirkungen auf die Emissionen haben (vgl. hierzu das Kapitel 3.5), ist eine Minderung von potenziellen Strafzahlungen möglich. So droht die Europäische Kommission Deutschland und weiteren Ländern aktuell mit einer Klage, da die Grenzwerte für die Stickstoffdioxidbelastung im Jahr 2018 in über 57 Städten (Umweltbundesamt 2019c) überschritten wurden (COMM/PRESS/01 2017). Bei einer positiven Wirkung automatisierter Fahrzeuge auf die Emissionen, könnte solchen Klagen künftig entgangen und entsprechende Strafzahlungen verhindert werden.

Fazit

Rund ein Drittel der Bevölkerung erwartet finanzielle Kosteneinsparungen durch ein selbstfahrendes Fahrzeug. Diese Annahme kann auch aus fachlicher Sicht bestätigt werden. Allerdings schätzen fachliche Kreise die Relevanz des Einsparungspotenzials in Hinblick auf die gesamtgesellschaftlichen Kosten deutlich höher ein. Zu nennen sind hier beispielsweise externe Folgekosten, die aus Gesundheits- oder Umweltschäden resultieren (vgl. hierzu auch das Kapitel 3.5).

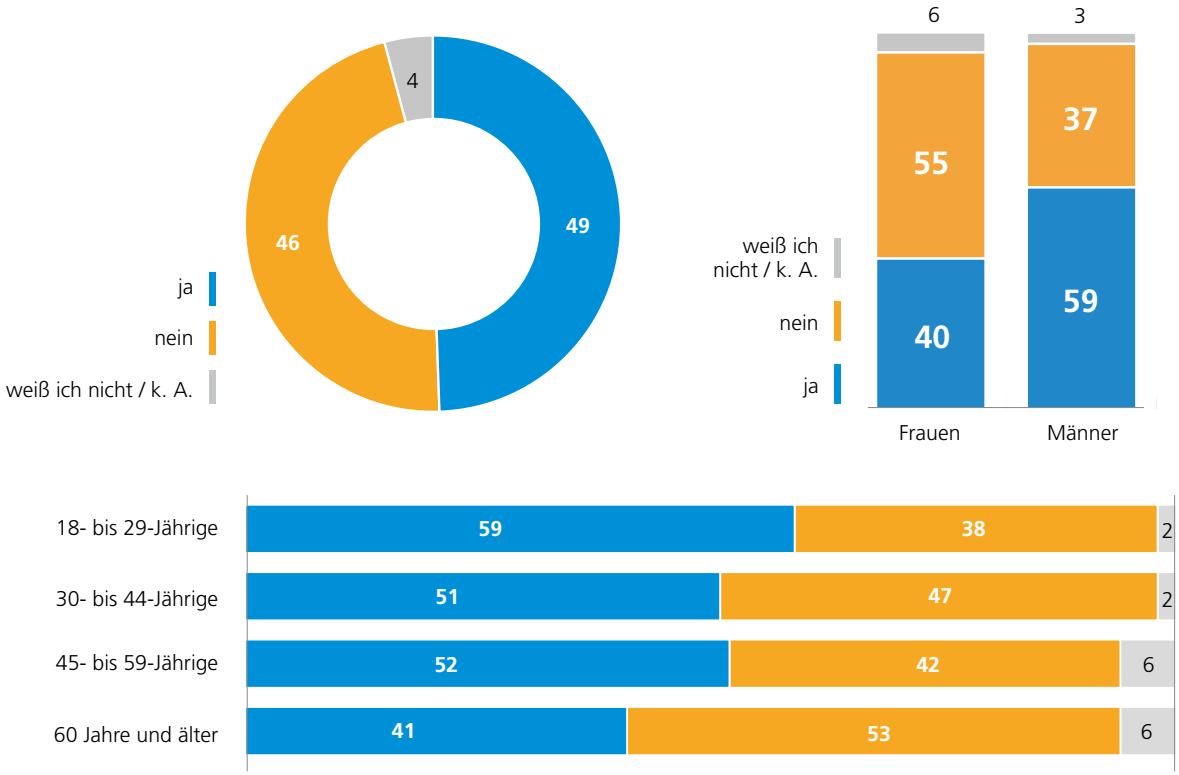
3.2 Alltagstauglichkeit

Einschätzungen zur Zukunft von selbstfahrenden Fahrzeugen im städtischen Alltag

Auf die Frage, ob selbstfahrende Fahrzeuge in Zukunft zum städtischen Alltag gehören werden oder nicht, zeigt sich die Bevölkerung gespalten: Rund die Hälfte der Befragten (49 Prozent) nimmt an, dass selbstfahrende Fahrzeuge künftig ein Bestandteil des städtischen Verkehrs sein werden. Die andere Hälfte der Befragten (46 Prozent) bezweifelt eine solche Entwicklung des städtischen Verkehrs. Vor allem die jüngeren Befragten sind mit 59 Prozent davon überzeugt, dass die selbstfahrenden Fahrzeuge in Zukunft zum städtischen Alltag gehören werden. Die Befragten mit einem Alter von 60 und mehr Jahren sehen das Entwicklungspotenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen eher kritisch und verneinten in der Befragung die Frage mit 53 Prozent. Ein ähnliches Verhältnis zeigt sich auch bei der Einschätzung von Männern und Frauen: So erwarten 59 Prozent der Männer, dass selbstfahrende Fahrzeuge künftig zum städtischen Alltag gehören werden, bei den Frauen liegt der Anteil nur bei 40 Prozent.

Frage: Glauben Sie, dass selbstfahrende Fahrzeuge in Zukunft zum städtischen Alltag gehören werden oder wird das nicht der Fall sein?

Einschätzungen zur Zukunft von selbstfahrenden Fahrzeugen im städtischen Alltag (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 4: Einschätzungen zur Zukunft von selbstfahrenden Fahrzeugen im städtischen Alltag

Fachliche Bewertung

Elementar für den flächendeckenden Betrieb fahrerloser Fahrzeuge ist die gesellschaftliche Akzeptanz. Aus der Umfrage wurde ersichtlich, dass die Bevölkerung dem automatisierten Fahren skeptisch gegenübersteht. Dies wurde auch in früheren Umfragen bestätigt. So ergab beispielsweise eine von Statista durchgeführte Umfrage, dass nur 28,9 Prozent der Deutschen den Einsatz automatisierter Fahrzeuge positiv sehen. 67 Prozent sind entweder skeptisch oder gegen die Entwicklung dieser Fahrzeuge, da vor allem der hohe Kaufpreis (50 Prozent), eine mangelnde Verlässlichkeit der Technologie (45 Prozent) und die Anfälligkeit für Hackerangriffe (40 Prozent) aus Sicht der Befragten dagegen sprechen (Bain & Company 2018).

Eine Umfrage des Capgemini Research Institute im Dezember 2018 und Januar 2019 kam zu einem ähnlichen Ergebnis: Laut Umfrage haben 38 Prozent der Befragten in Deutschland positive und 30 Prozent negative Emotionen zum Thema automatisiertes Fahren. Gleichzeitig geben nur 17 Prozent der Befragten an, im folgenden Jahr ein selbstfahrendes Fahrzeug nutzen zu wollen. Einer möglichen Nutzung in fünf Jahren stimmen jedoch schon 61 Prozent zu (Capgemini Research Institute 2019).

Trotz einer sichtlichen Steigerung der Akzeptanz unter den Befragten in der Umfrage muss der Nutzen von selbstfahrenden Fahrzeugen in Zukunft plausibler kommuniziert werden. Denn nur wenn der empfundene Nutzen stärker wahrgenommen wird als die erwarteten Risiken, wird der Einsatz der selbstfahrenden Fahrzeuge künftig auch gesellschaftlich akzeptiert (Winkle 2015, S. 615). Derzeit kann die Bevölkerung den Nutzen automatisierter Fahrzeuge jedoch noch nicht bewerten, weil nicht klar ist, was unter automatisierten Fahrzeugen verstanden wird und welche Nutzungsformen der Fahrzeuge damit zusammenhängen (Lenz und Fraedrich 2015, S. 657).

Dies könnte sich bald ändern, da bereits verschiedene Unternehmen selbstfahrende Fahrzeuge im öffentlichen Verkehrsraum testen. In Berlin fährt beispielsweise ein fahrerloses Fahrzeug als Shuttle zusätzlich zum öffentlichen Verkehr zwischen einem U-Bahnhof und den Seeterrassen am Tegeler See (Projekt See-Meile 2019). Auch in Hamburg fährt ein automatisiert fahrender Kleinbus in der HafenCity (HOCHBAHN o. J.). Bei einer Weiterentwicklung der Technologie und einem erhöhten Einsatz könnten solche Beispiele im Straßenverkehr alltäglich werden.

Für Politik und Verwaltung besteht in diesem Kontext vor allem der Handlungsbedarf, die gesellschaftliche Akzeptanz für den Einsatz fahrerloser Fahrzeuge zu erhöhen. Sollen sich selbstfahrende Fahrzeuge trotz mangelnder Akzeptanz schnell auf den Straßen verbreiten, wären zusätzlich regulatorische Änderungen möglich. So könnten beispielsweise in Zukunft nur jene Fahrzeuge eine Straßenzulassung erhalten, die fahrerlos betrieben werden. Die Bundesregierung hat jedoch festgelegt, dass keine Person dazu gedrängt werden soll, automatisierte Fahrzeuge zu nutzen (BMVI 2017b, S. 7). Daher müssen alternative, fakultative Möglichkeiten identifiziert werden.

Darüber hinaus sind Gesetzesänderungen erforderlich, die eine Nutzung fahrerloser Fahrzeuge überhaupt erst möglich machen. Diese betreffen u. a. die Wiener Konvention, die Straßenverkehrsordnung und die Straßenverkehrszulassungsordnung sowie das Straßenverkehrsgesetz. Es wurden schon erste Schritte unternommen, den Weg hin zu einer Automatisierung zu ebnen, jedoch ist weiterhin eine menschliche Fahrerin oder Fahrer erforderlich (Wiener Konvention o. J.; Bundesrat 2017).

Fazit

Die gesellschaftliche Akzeptanz von selbstfahrenden Fahrzeugen ist aktuell noch sehr begrenzt. Politik und Industrie sind daher gefragt, akzeptanzsteigernde Aktivitäten einzuleiten, wenn sich entsprechende Innovationen in Zukunft auch im privaten Bereich stärker durchsetzen sollen. Vor allem Fragen zum regulatorischen Rahmen sowie zur städtebaulichen Integration des automatisierten Fahrens müssen Politik und (kommunale) Verwaltungen in Zukunft beantworten und konsequenter angehen.

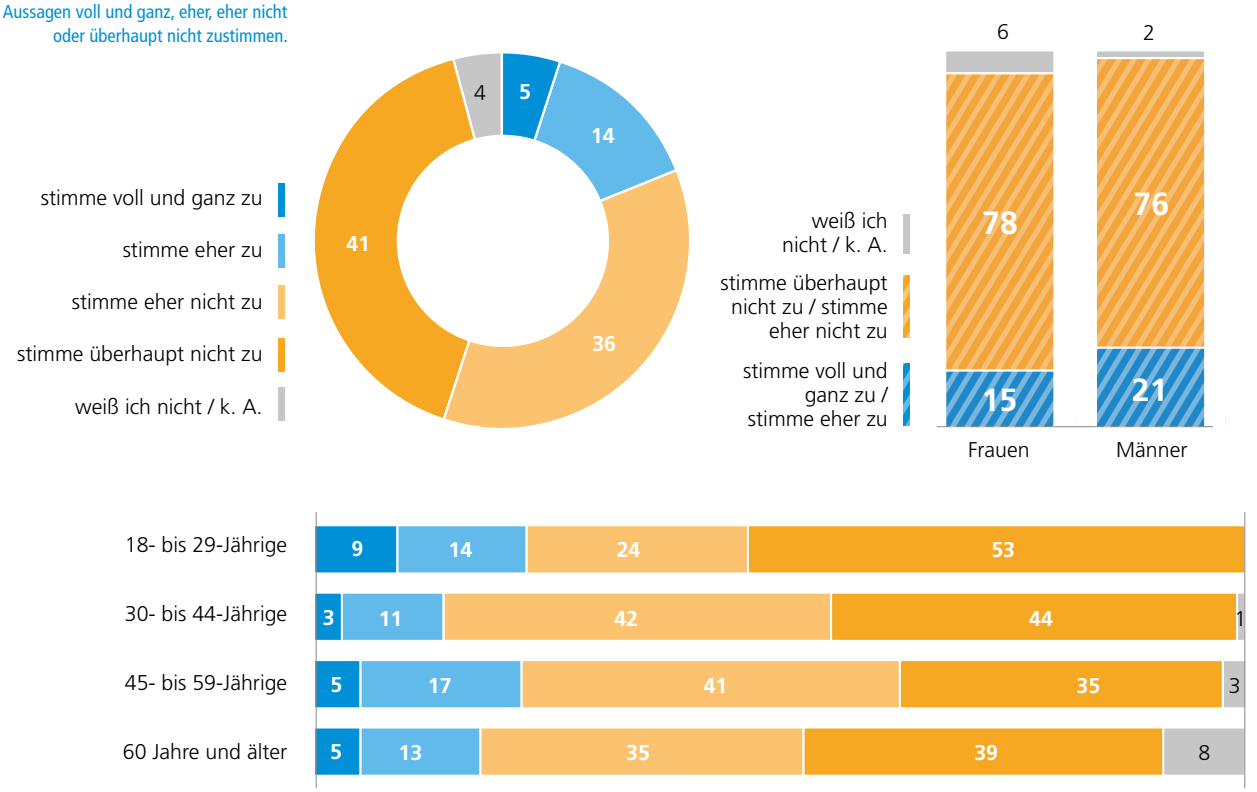
Beim fahrerlosen Fahren handelt es sich um ein hochkomplexes und systemisches Konstrukt, das seinen Weg in die Alltagstauglichkeit nur finden kann, wenn die relevanten Akteure aus Politik, Verwaltung und Industrie zusammenarbeiten. Beispielsweise kann das automatisierte Fahren der Bevölkerung durch die Einrichtung von Reallaboren „erlebbar" gemacht werden. So besteht die Möglichkeit, dass neue Technologien getestet werden, die Bürger über eventuelle Vorzüge oder Nachteile informiert und gleichzeitig Umsetzungshürden identifiziert werden. Daran anknüpfend könnten geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um die identifizierten Hürden gezielt zu beseitigen.

3.3 Digitales Verkehrsökosystem

Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Verkehrsschilder überflüssig machen
Ob selbstfahrende Fahrzeuge in Zukunft Verkehrsschilder überflüssig machen, bezweifelt die Mehrheit aller Befragten: So geben 77 Prozent an, dass sie der Aussage „eher nicht" bis „überhaupt nicht" zustimmen. Demgegenüber stimmen nur 19 Prozent der Befragten „eher" oder „voll und ganz" der Aussage zu, dass autonome Fahrzeuge Verkehrsschilder künftig überflüssig machen. Besonders skeptisch zeigen sich die befragten Frauen und die mittlere Alterskohorte: So geben 78 Prozent der Frauen und 86 Prozent der 30- bis 44-Jährigen an, der Aussage „eher nicht" bzw. „überhaupt nicht" zuzustimmen.

„Selbstfahrende Fahrzeuge machen Verkehrsschilder in Zukunft überflüssig."
Bitte geben Sie jeweils an, ob Sie diesen Aussagen voll und ganz, eher, eher nicht oder überhaupt nicht zustimmen.

Einschätzung zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Verkehrsschilder überflüssig machen (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 5: Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Verkehrsschilder überflüssig machen

Fachliche Bewertung

Städte werden aktuell als „autogerecht" beschrieben, da ein Großteil der Straßeninfrastruktur auf die Pkw-Nutzung ausgerichtet ist. Mit dem Einsatz automatisierter Fahrzeuge könnte sich dies ändern, wie das Beispiel der Verkehrsschilder – abhängig von Schild- und Straßentyp – deutlich zeigt.

In fahrerlosen Verkehrsszenarien könnten unter Zuhilfenahme von hochgenauen digitalen Karten alle Fahrzeuge lokalisiert und so gesteuert werden, dass sie die Verkehrsregeln beachten. Verkehrsschilder könnten dann entfernt werden, sofern diese nicht von anderen Verkehrsteilnehmerinnen oder -teilnehmern benötigt werden. Insbesondere auf Autobahnen könnten alle Verkehrsschilder abgebaut werden, da diese nur von motorisierten Verkehrsteilnehmerinnen oder Verkehrsteilnehmern genutzt werden. Auf anderen Straßentypen muss die Funktion von Verkehrsschildern in Hinblick auf den jeweiligen Zweck bewertet werden. Beispiele hierfür sind Schilder für Geschwindigkeitsbegrenzungen, Massenbeschränkungen, Höhen- oder Breitenbeschränkungen oder Verbote für Kraftfahrzeuge. Vorausgesetzt, dass sich nur noch selbstfahrende Fahrzeuge auf den Straßen bewegen, könnten derartige Schilder theoretisch deinstalliert werden. Auch im Bereich der Lichtsignalanlagen wären ähnliche Maßnahmen denkbar.

Eine starke Reduzierung von Verkehrsschildern hätte große Auswirkungen auf den Entwicklungsprozess von selbstfahrenden Fahrzeugen. So stünden Automobilhersteller vor der Herausforderung, eine sichere Anbindung an das Kartenmaterial zu gewährleisten. Eine enge Zusammenarbeit mit Unternehmen, die das Kartenmaterial anbieten, wäre hierfür essenziell, da sonst weder korrekte Informationen zu Geschwindigkeitsbegrenzungen noch andere wichtige Informationen zur Verfügung stünden.

Für die Politik und Verwaltung bedeuten weniger physische Verkehrsschilder hingegen geringere Kosten bei der Aufstellung und Instandhaltung. Gleichzeitig muss eine enge Kooperation zwischen der Verwaltung und den Kartenanbietern bestehen, da das Kartenmaterial laufend einer Aktualisierung bedarf und Verkehrszeichen korrekt hinterlegt sein müssen.

Fazit

Die Befragung hatte das Ziel, ein übergreifendes Stimmungsbild der Bevölkerung zu erfassen. Folglich wurde die Frage nach den Verkehrsschildern offen gestellt, ohne dabei eine Differenzierung nach räumlicher Einordnung oder Funktion unterschiedlicher Schildertypen vorzunehmen. Insofern ist die große Skepsis der Befragten, dass Verkehrsschilder mit dem Betrieb fahrerloser Fahrzeuge (komplett) überflüssig werden, durchaus nachvollziehbar. Denn in der Tat muss immer auch berücksichtigt werden, welche Fortbewegungsarten in einem Straßenraum miteinander und zueinander koordiniert werden müssen und welche Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer sich in dem Mobilitätsraum bewegen. Da verschiedene Nutzungsformen im Verkehr vorhanden sind und überwiegend ein gemischter Verkehr aus Fußgängern, Radfahrenden und motorisierten Verkehrsteilnehmenden gegeben ist, ist nicht davon auszugehen, dass die Beschilderung des Straßenverkehrs vollständig aufgehoben werden kann.

Grundsätzlich ließen sich aber die Anzahl und der Umfang der Verkehrsbeschilderung deutlich reduzieren. Hier muss im Einzelfall geprüft werden, wie notwendig bzw. in welchen Einsatzbereichen eine „analoge" Rückfalloption bereitgestellt werden muss, um auf etwaige technischen Ausfälle oder Fehlfunktionen vorbereitet zu sein.

Der Straßenverkehr wird sich durch das selbstfahrende Fahren jedoch nicht nur in Hinblick auf eine geringere Beschilderung verändern. Indem Fahrzeuge in Echtzeit untereinander und mit Infrastrukturelementen kommunizieren, entsteht ein digitales Verkehrsökosystem. Hierfür müssen jedoch Investitionen in sogenannte Road-Side-Units getätigt und das 5G-Netz ausgebaut werden, um die Latenzzeiten bei der Datenübertragung gering zu halten. Zudem müssen verbindliche Datenübertragungsstandards festgelegt werden, die eine reibungslose Kommunikation zwischen Fahrzeugen bzw. zwischen den Fahrzeugen und der Infrastruktur gewährleisten.

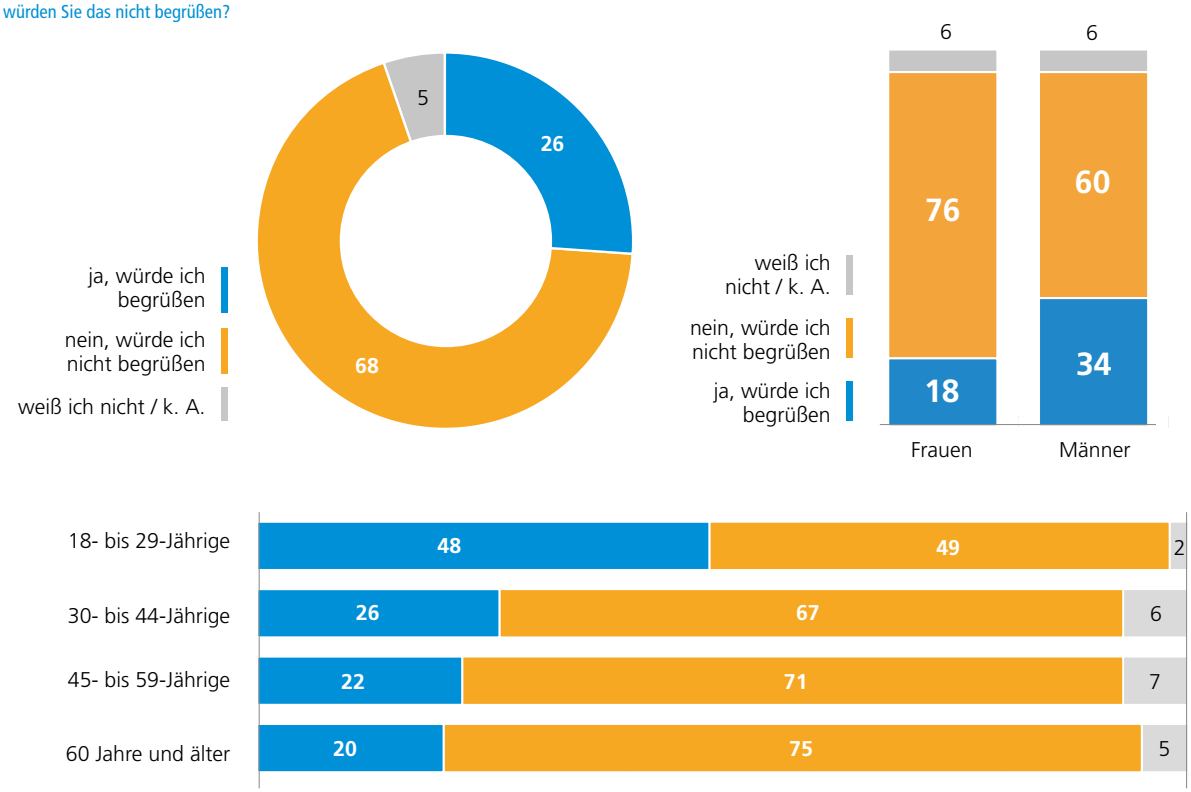
3.4 Öffentlicher Nahverkehr

a) Bewertungen zum fahrerlosen Betrieb von Bussen und Zügen im öffentlichen Nahverkehr

Der überwiegende Teil der Befragten (68 Prozent) lehnt einen fahrerlosen Betrieb von Bus und Bahn im öffentlichen Nahverkehr ab, nur 26 Prozent würden eine solche Entwicklung begrüßen. Unter den Personen, die dies wünschenswert finden, sind Männer wesentlich stärker vertreten als Frauen: Rund ein Drittel der befragten Männer (34 Prozent) würde einen fahrerlosen öffentlichen Nahverkehr begrüßen, bei den Frauen sind es nur 18 Prozent. Bezogen auf die verschiedenen Alterskohorten lässt sich folgendes Bild zeichnen: Die 18- bis 29-Jährigen sind je zur Hälfte für bzw. gegen den fahrerlos betriebenen ÖPNV. Auch hier ist auffällig, dass jede vierte Person ab einem Alter von 60 Jahren einen fahrerlosen Betrieb ablehnt.

Frage: Würden Sie es begrüßen, wenn Busse und Züge des öffentlichen Nahverkehrs in Zukunft komplett ohne Fahrer betrieben werden würden oder würden Sie das nicht begrüßen?

Bewertungen zum fahrerlosen Betrieb von Bussen und Zügen im öffentlichen Nahverkehr (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

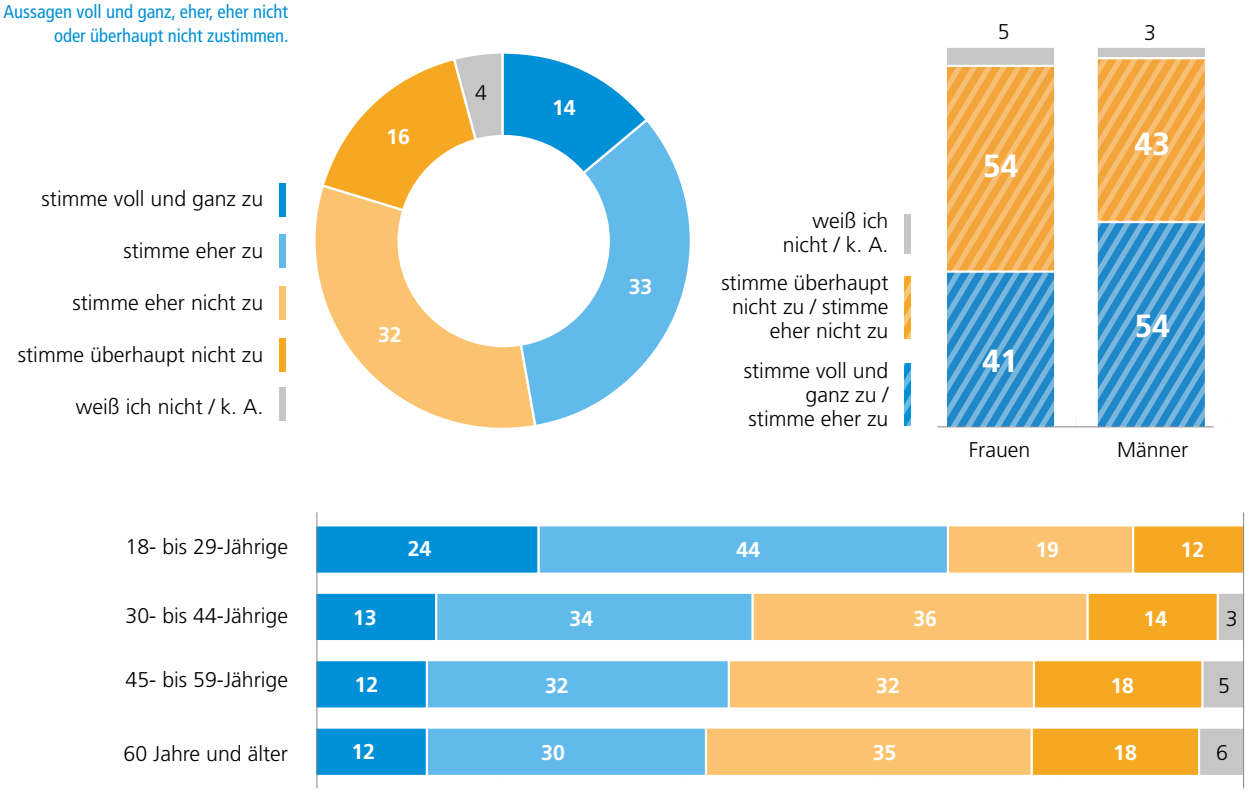
Abbildung 6: Bewertungen zum fahrerlosen Betrieb von Bussen und Zügen im öffentlichen Nahverkehr

b) Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Busse und Züge die Preise im ÖPNV senken

Bei der Frage, ob durch selbstfahrende Busse und Züge die Preise im öffentlichen Nahverkehr gesenkt werden können, teilt sich die Meinung der Befragten: So erwarten 47 Prozent aller Befragten (eher) eine Preissenkung, die andere Hälfte (48 Prozent) geht hingegen (eher) nicht von einem Preisvorteil aus. Männer zeigen sich auch bei dieser Frage positiver eingestellt als Frauen: So gehen 54 Prozent der Männer, aber nur 41 Prozent der Frauen von einer Preissenkung im ÖPNV durch selbstfahrende Fahrzeuge aus. Ebenfalls positiv eingestellt sind die jüngeren Befragten: So gehen 68 Prozent der 18- bis 29-Jährigen davon aus, dass der Betrieb von selbstfahrenden Bussen und Zügen sich positiv auf die ÖPNV-Preise auswirken wird.

„Durch selbstfahrende Busse und Züge im öffentlichen Nahverkehr können die Preise gesenkt werden."
Bitte geben Sie jeweils an, ob Sie diesen Aussagen voll und ganz, eher, eher nicht oder überhaupt nicht zustimmen.

Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Busse und Züge die Preise im ÖPNV senken (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 7: Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Busse und Züge die Preise im ÖPNV senken

Fachliche Bewertung zu a) und b)
Für die Fahrgäste bedeutet eine menschliche Fahrerin oder Fahrer, dass eine Bezugsperson in der Nähe ist, die in Notfällen helfen, Unklarheiten beseitigen oder bei Sicherheitsfragen einschreiten kann. Dabei ist auch zu berücksichtigen, wer die hauptsächlichen Nutzerinnen und Nutzer des ÖPNV sind – nämlich auch ältere Menschen, Menschen mit körperlicher Beeinträchtigung oder Kinder und Jugendliche, die einer besonderen Aufsicht und Sorgepflicht und eines größeren Maßes an Unterstützung bedürfen. Während es mit großer Wahrscheinlichkeit möglich sein wird, für selbstfahrende Shuttles auf kürzeren Strecken oder flexiblen Bediensystemen in der letzten Meile eine ausreichende Akzeptanz herbeizuführen, werden selbstfahrende Fahrzeuge, die größere Distanzen autonom zurücklegen, voraussichtlich mit einer weitaus geringeren Akzeptanz konfrontiert sein.

Gleichwohl ist der Betrieb von U-, S- und Straßenbahnen – die zum Teil erhebliche Distanzen zurücklegen – bereits heute ohne Kontakt zwischen Fahrerin oder Fahrer und den zu befördernden Personen organisiert. Das bedeutet, dass der Einsatz von selbstfahrenden Fahrzeugen sich zumindest in den schienengebundenen Massentransportmitteln technisch und gesellschaftlich schon heute sehr gut umsetzen ließe. Für Busse wäre ein Umstieg auf den fahrerlosen Betrieb abhängig von dem Einsatzgebiet zu betrachten.

Besonders für die Betreiber des öffentlichen Verkehrs ist der Einsatz fahrerloser Fahrzeuge aus ökonomischen Gründen sinnvoll. Denn ein großer Teil der Ausgaben, der den Verkehrsbetrieben entsteht, sind Personalausgaben. Bei den Berliner Verkehrsbetrieben entsprechen die Kosten für das Personal über 50 Prozent der Gesamterträge (BVG 2017). Obwohl der Personalaufwand nicht ausschließlich durch Fahrerinnen und Fahrer entsteht, machen diese einen großen Teil der Ausgaben aus. Ferner wird es für die Verkehrsbetriebe immer schwieriger, neues Personal für diese Tätigkeit zu finden (Verkehrsverbund Rhein-Ruhr 2019). Gleichzeitig geht ein großer Teil der Belegschaft in der nächsten Dekade in Rente[6] (Augustin 2018). Der fahrerlose Betrieb von Verkehrsmitteln aufgrund der minimierten Personalkosten wird daher eine wirtschaftlich vielversprechende Perspektive für die Zukunft des ÖPNV. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass eine solche Kostenreduzierung vermutlich auch ein wesentlicher Treiber für die Einführung des fahrerlosen Fahrens in diesem Bereich sein wird. Ob es hier automatisch zu einer Preissenkung für den Fahrgast kommt, wird dabei sicherlich auch von den tariflichen Rahmenbedingungen mitbestimmt werden.

Da der ÖPNV zur Sicherstellung der Mobilität ein Teil der Daseinsvorsorge ist, sind Politik und Kommunen in der Pflicht, den Bürgerinnen und Bürgern anforderungsgerechte Angebote bereitzustellen. Besonders im ländlichen Raum ist die Mobilität jedoch sehr eingeschränkt. Grund hierfür sind vor allem geringe Fahrgastzahlen und ein kritisches Kosten-Nutzen-Verhältnis. Ohne Fahrerin oder Fahrer könnte sich das Angebot jedoch in Zukunft ausweiten.

Fazit zu a) und b)
Die ablehnende Haltung der Bevölkerung gegenüber einer kompletten Abschaffung von Fahrerinnen und Fahrern im ÖPNV ist durchaus nachvollziehbar. In der Absolutheit ist dies auch sicherlich nicht erstrebenswert. Wird im Detail jedoch berücksichtigt, dass eine – je nach Einsatzgebiet und auf die Bedarfe der Fahrgäste angepasste – Einführung von selbstfahrenden Fahrzeugen umgesetzt werden kann, eröffnet sich ein weitaus positiveres Bild. Ersatzangebote können etabliert werden, die die Bedürfnisse und Notwendigkeiten nach Unterstützung, Auskunft und Sicherheit berücksichtigen. Ein solches Szenario würde sich mit großer Wahrscheinlichkeit positiv auf die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung niederschlagen.

Die Preisgestaltung (PBefG, § 39) für die Fahrgäste im öffentlichen Verkehr ist gebunden an das Personenbeförderungsgesetz. Gleichzeitig wird sie durch die Nahverkehrspläne bedingt und ist letztendlich ein politischer Aushandlungsprozess. Dem Wegfall der Personalkosten stehen zunächst Investitionen in digitale Infrastruktur und Sicherungssysteme entgegen. Be-

6 Die Quelle bezieht sich auf Bayern. Es wird eine Übertragbarkeit auf Deutschland angenommen.

dienformen können, sofern der rechtliche Rahmen angepasst werden würde, flexibler und bedarfsgerechter gestaltet werden. Mit dem Einsatz selbstfahrender Busse und Züge würden jedoch in Summe finanzielle Einsparungen zu erwarten sein. Diese lassen sich aber sicherlich nicht in gleicher Höhe in Preissenkungen an die Fahrgäste überführen. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass Einsparungen zu Reinvestitionen z. B. in Steigerung der Servicequalität oder -umfang oder zu Umschichtungen der Finanzierungsquellen des ÖPNVs führen werden.

Insgesamt betrachtet, hängt die Frage, ob es tatsächlich zu einer Preissenkung durch selbstfahrende Fahrzeuge im ÖPNV kommen kann, stark von der künftigen Tarifpolitik der Kommunen und Verkehrsverbunde ab. Durch den Wegfall von Kosten für das Fahrpersonal wäre jedenfalls langfristig gesehen eine wesentliche Voraussetzung dafür gegeben.

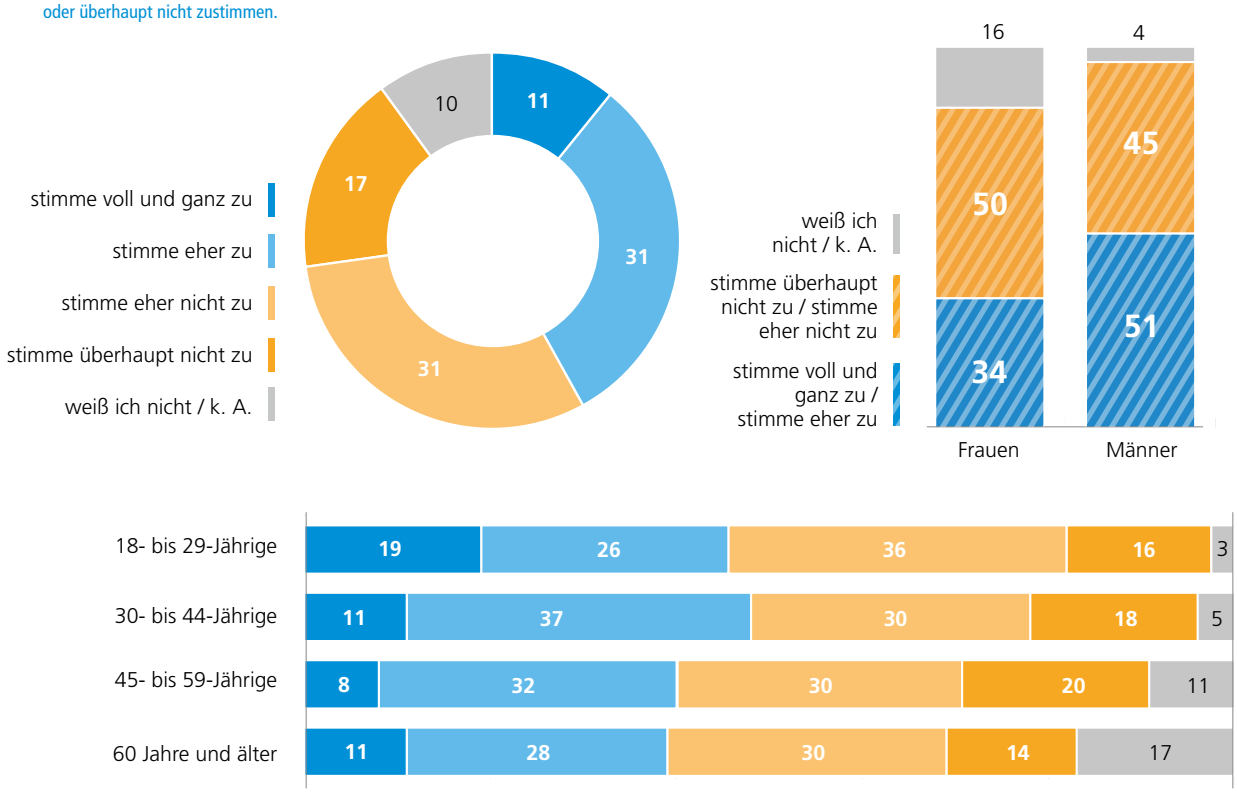
3.5 Klima- und Umweltschutz

a) Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge den CO_2-Ausstoß reduzieren

Die Aussage, dass selbstfahrende Fahrzeuge den CO_2-Ausstoß verringern können, bestätigen 42 Prozent aller Befragten „eher" oder „voll und ganz", 48 Prozent stimmen der Aussage hingegen „eher nicht" bzw. „überhaupt nicht" zu. Interessant ist hierbei, dass 10 Prozent aller Befragten hierauf keine Antwort geben können. Wie in der gesamten Befragung zu beobachten, schätzen die Männer das fahrerlose Fahren auch in Hinblick auf eine mögliche Reduktion des CO_2-Ausstoßes häufig positiver ein (51 Prozent) als Frauen (34 Prozent). Auffällig ist, dass die verschiedenen Alterskohorten der Befragten in Hinblick auf die positiven Umweltwirkungen deutlich häufiger einer Meinung waren, als dies bei den anderen Fragen bzw. Aussagen zu beobachten war. In diesem Kontext sticht lediglich die Altersklasse der 30- bis 44-Jährigen mit einer Zustimmung von 48 Prozent leicht heraus.

„Selbstfahrende Fahrzeuge verringern den CO_2-Ausstoß."
Bitte geben Sie jeweils an, ob Sie diesen Aussagen voll und ganz, eher, eher nicht oder überhaupt nicht zustimmen.

Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge den CO_2-Ausstoß reduzieren (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

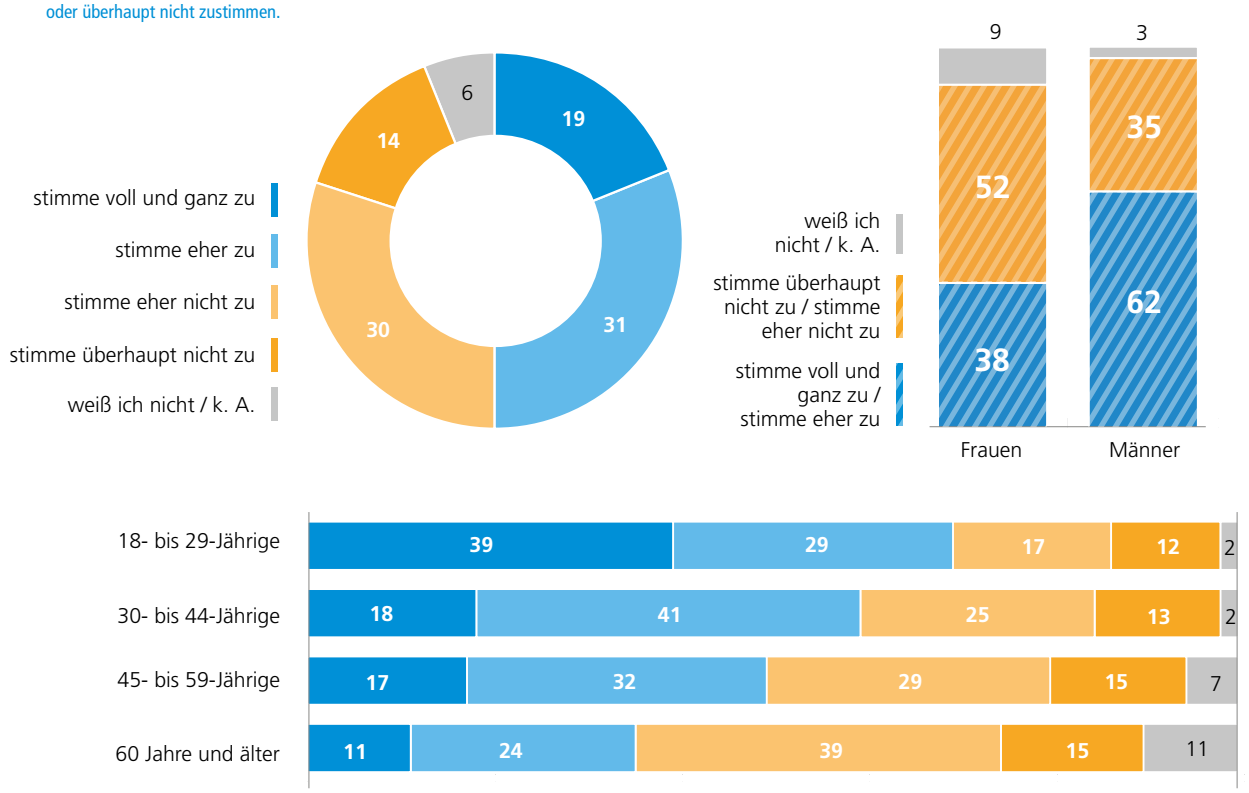
Abbildung 8: Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge den CO_2-Ausstoß reduzieren

b) Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Staus reduzieren

Jeder Zweite ist davon überzeugt, dass selbstfahrende Fahrzeuge dazu beitragen können, Staus zu reduzieren (50 Prozent). Während 62 Prozent der Männer der Aussage „voll und ganz" bzw. „eher" zustimmen, sind es bei den Frauen nur 38 Prozent. In Hinblick auf das Antwortverhalten nach Alterskohorten lässt sich festhalten, dass die Zustimmung mit dem Alter abnimmt. Besonders hervorzuheben ist dabei erneut die Gruppe der 18- bis 29-Jährigen: Sie stimmt mit 68 Prozent der Aussage „eher" bzw. „voll und ganz" zu, dass selbstfahrende Fahrzeuge Stau reduzieren. Die Befragten mit einem Alter von 60 Jahren und älter stimmen der Aussage nur zu 35 Prozent zu.

„Selbstfahrende Fahrzeuge reduzieren Staus."
Bitte geben Sie jeweils an, ob Sie diesen Aussagen voll und ganz, eher, eher nicht oder überhaupt nicht zustimmen.

Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Staus reduzieren (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 9: Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Staus reduzieren

Fachliche Bewertung zu a) und b)
Verkehrsflussverbesserung

Aufgrund unterschiedlicher Fahrweisen der Fahrerinnen und Fahrer kommt es häufig zu einem Stop-and-Go-Verkehr. Werden den selbstfahrenden Fahrzeugen Geschwindigkeitsempfehlungen auf Basis der aktuellen Verkehrslage gegeben, könnte die Geschwindigkeit angepasst und so die Gefahr eines stockenden Verkehrs reduziert werden (Barth et al. 2014, S. 108 ff.). Da das Anfahren an Ampeln und im Stop-and-Go-Verkehr den höchsten Kraftstoffverbrauch nach sich zieht, kann durch ein optimiertes Fahrverhalten der Kraftstoffverbrauch gesenkt werden. Je nach Fahrweise heutiger Fahrerinnen und Fahrer könnten selbstfahrende Fahrzeuge 15 bis 30 Prozent weniger Kraftstoff verbrauchen (Brown et al. 2014, S. 141).

- Kapazitätserhöhung: Durch die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen ist es möglich, dass Fahrzeuge in einer Kolonne fahren. Da sich vernetzte Fahrzeuge gegenseitig über bevorstehende Bremsvorgänge informieren können und die Reaktionszeit somit deutlich verkürzt wird, könnten Sicherheitsabstände stark verringert werden. Liegen die Abstände bei etwa vier Metern, können etwa 10 bis 15 Prozent Kraftstoff eingespart werden (Brown et al. 2014, S. 140). Insbesondere für den Lkw-Verkehr ist dies relevant, da längere Strecken zurückgelegt werden und das Einsparpotenzial deshalb quantitativ höher ist. Beim Fahren in der Kolonne können Geschwindigkeitsspitzen reduziert, gleichzeitig jedoch auch die effektive Fahrzeit verkürzt werden (Anderson et al. 2016, S. 30). Daher kann bei vollständiger Automatisierung der Fahrzeuge im Stadtverkehr eine Steigerung der Kapazität um 40 Prozent, auf Autobahnen um 80 Prozent erreicht werden (Friedrich 2015, S. 346).
- Minderung von Stau: Durch die Verstetigung des Verkehrsflusses und eine Kapazitätserhöhung der Straßen kann die Staugefahr grundsätzlich verringert werden. Aber auch eine intelligente Routenführung könnte maßgeblich zur Reduktion von Staus beitragen – zum Beispiel, indem Routen gewählt werden, die kürzer oder bei denen weniger Halte erforderlich sind (Brown et al. 2014, S. 142). Grundsätzlich passt das Fahrzeug die Route je nach Verkehrslage stetig an. So können Staus umfahren bzw. vermieden und stets die beste Route gewählt werden. Sind die Fahrzeuge Teil eines vernetzten Gesamtsystems, zu dem auch Lichtsignalanlagen gehören, kann durch ein Antizipieren von Ampelschaltungen die Geschwindigkeit so angepasst werden, dass Anfahr- und Bremsvorgänge vermieden werden. Auch durch den Einsatz von Ridesharing kann die Auslastung pro Fahrzeug erhöht werden, weshalb der Gesamtbestand an Fahrzeugen im Verkehr und somit die Staugefahr sinkt. Um diese Vorteile zu erzielen, darf sich das dritte Szenario (vgl. Kapitel 2) nicht verwirklichen, da ein erhöhtes Verkehrsaufkommen die Vorzüge eliminieren würde.

Elektrifizierung

Bei einem flächendeckenden Einsatz automatisierter Fahrzeuge ist eine Vergrößerung des Anteils von Elektrofahrzeugen sehr wahrscheinlich. Ein Grund hierfür ist, dass sich die Fahrzeuge selbstständig zu einer Ladestation begeben können. Werden die Fahrzeuge wie in den Szenarien 2 oder 3 (vgl. hierzu erneut Kapitel 2) beschrieben nur „ausgeliehen", spielt das Reichweitenproblem für den alltäglichen Gebrauch nur eine untergeordnete Rolle, da etwa 64 Prozent der zurückgelegten Wege mit dem Pkw kürzer als zehn Kilometer und 95 Prozent sogar kürzer als 50 Kilometer sind (Nobis und Kuhnimhof 2018, S. 72). So kann ein Großteil der Flotte fahrerloser Fahrzeuge elektrifiziert werden (Brown et al. 2014, S. 146).

Reduzierung des Fahrzeuggewichts

Aufgrund der Annahme, dass automatisierte Fahrzeuge die Sicherheit erhöhen und an weniger Unfällen beteiligt sind (vgl. Kapitel 3.8 zum Thema Verkehrssicherheit), können bauliche Vorkehrungen für Unfälle – wie beispielsweise die Deformationszone oder Crashtubes – beseitigt werden. Dies könnte eine Minderung des Flottengewichts von bis zu 75 Prozent nach sich ziehen. Da davon ausgegangen wird, dass eine 10-prozentige Gewichtsreduktion eine Senkung des Kraftstoffverbrauchs um 6 bis 8 Prozent zur Folge hat, könnte etwa die Hälfte des Kraftstoffs eingespart werden (Brown et al. 2014, S. 144f.). Die Gewichtsminderung der Fahrzeuge spielt auch bei einer voranschreitenden Elektrifizierung eine entscheidende Rolle. Denn indem die Fahrzeuge leichter werden, können beispielsweise

auch kleinere Batterien genutzt werden, um die gleiche Reichweite abzudecken. Bei einem Einsatz der gleichen Batteriegröße könnten wiederum größere Reichweiten erzielt werden.

Für die Bevölkerung kann eine Kraftstoffeinsparung grundsätzlich verschiedene Vorteile bieten, da der Schadstoffausstoß automatisch vermindert wird. Hierzu zählt vor allem eine geringere gesundheitliche Belastung der Bevölkerung. Indem durch fahrerloses Fahren gleichzeitig auch die Elektrifizierung der Fahrzeuge voranschreitet, ist zusätzlich von einer geringeren Lärmbelastung (vor allem bei Geschwindigkeiten unter 25 km/h) auszugehen (BMU 2019, S. 8 – 9), was sich ebenfalls positiv auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken wird. Da die durch den Verkehr verursachten Schadstoffe (Umweltbundesamt 2019a) und die Lärmbelastung (Umweltbundesamt 2019b) reduziert werden, ist ein positiver Nebeneffekt des Umwelt- und Klimaschutzes gleichzeitig auch die Minderung von Gesundheitsschäden in der Gesamtbevölkerung. Die Folgeschäden von Lärm und Luftverschmutzung werden auf etwa. 17,7 Milliarden Euro pro Jahr beziffert (Bundeszentrale für politische Bildung 2009).

Auch den Unternehmen in der Automobilindustrie bringt ein erhöhter Umwelt- und Klimaschutz der Fahrzeuge Vorteile. So sind viele Automobilhersteller von Strafzahlungen aufgrund zu hoher CO_2-Emissionen betroffen (Schlott 2016). Durch ein besseres Flottenergebnis (Kraftstoffeinsparung bzw. höhere Elektrifizierung) könnten derartige Strafzahlungen künftig vermieden werden.

Die Potenziale der fahrerlosen Fahrzeuge in Bezug auf den Umwelt- und Klimaschutz liegen auf der Hand. Allerdings können selbstfahrende Fahrzeuge auch zu einer „Kannibalisierung" des ÖPNV führen. Denn durch einen höheren Fahrkomfort beim Reisen und die Möglichkeit, bei der Fahrt andere Tätigkeiten ausführen zu können, werden die heutigen Vorteile des ÖPNV eliminiert. Werden gleichzeitig die Fahrten günstiger, gibt es keinen Grund mehr, den ÖPNV zu nutzen. Dies könnte schließlich dazu führen, dass viele Personen vermehrt auf den motorisierten Individualverkehr oder Ridesharing-Konzepte zurückgreifen. Diese als „Rebound"-Effekte bezeichneten Auswirkungen, können alle durch das fahrerlose Fahren technisch möglichen, positiven Effekte – wie zum Beispiel eine Verflüssigung des Verkehrs, die Minderung von Staus etc. – zunichtemachen. In einer Auswertung des Beratungsunternehmens Deloitte wurde für das Jahr 2035[7] eine erhöhte Nutzung von Fahrzeugen und somit eine Verkehrssteigerung von bis zu 36 Prozent errechnet. Dies würde eine deutlich höhere Staugefahr nach sich ziehen (Deloitte 2019, S. 22 f.).

Um solch einen Fall zu vermeiden, müsste seitens der Politik und Verwaltung eingegriffen werden und eine Attraktivitätssteigerung des ÖPNV, beispielsweise durch eine Preisreduzierung oder eine für die Nutzerinnen und Nutzer kostenlose Nutzung, eine Steigerung der Quantität und Qualität und flexiblere Bedienformen vorangetrieben werden. Gleichzeitig muss darüber nachgedacht werden, in welcher Form und in welchem Umfang eine Stadt den Verkehr mit selbstfahrenden und z. T. kollektiv genutzten Fahrzeugen ermöglichen oder reglementieren möchte – und entsprechende Konzepte sowie Regularien entwickeln und umsetzen.

Fazit zu a) und b)

Interessant ist, dass aus Sicht der Forschung, Beratung und Industrie das Potenzial für den Klima- und Umweltschutz merklich höher eingestuft wird als es die Befragung zeigt: Nur rund die Hälfte der Befragten erwarten positive Effekte durch die selbstfahrenden Fahrzeuge auf Staus und CO_2-Emissionen. Dieses Ergebnis spiegelt nur bedingt die von der Wissenschaft abgeschätzten positiven Effekte wider. Hier wird in Zukunft eine deutlich stärkere Bewusstseinsbildung nötig sein, wenn die Akzeptanz des automatisierten Fahrens innerhalb der Bevölkerung gesteigert werden soll.

Gleichzeitig muss den oben beschriebenen Erwartungen an das fahrerlose Fahren hinzugefügt werden, dass eine Kapazitätserhöhung immer auch eine Nachfrageerhöhung nach sich zieht. Insofern ist es essenziell das Gesamtverkehrssystem zu

7 Es handelt sich hier um einen Mischverkehr, in dem jede dritte Fahrt mit einem fahrerlosen Fahrzeug durchgeführt wird.

optimieren. Anderenfalls wird selbst ein automatisiertes System Kapazitätsengpässe und Staus erzeugen.

Hinsichtlich der Schadstoffreduzierung bleibt schließlich zu resümieren, dass selbstfahrende Fahrzeuge klimaneutrale Antriebe haben müssen. Dies wird neben einer Verkehrsflussoptimierung der entscheidende Faktor für eine Emissionssenkung sein. Effekte der Verkehrsflussoptimierung allein könnten durch eine sukzessive Erhöhung des Verkehrsaufkommens neutralisiert werden.

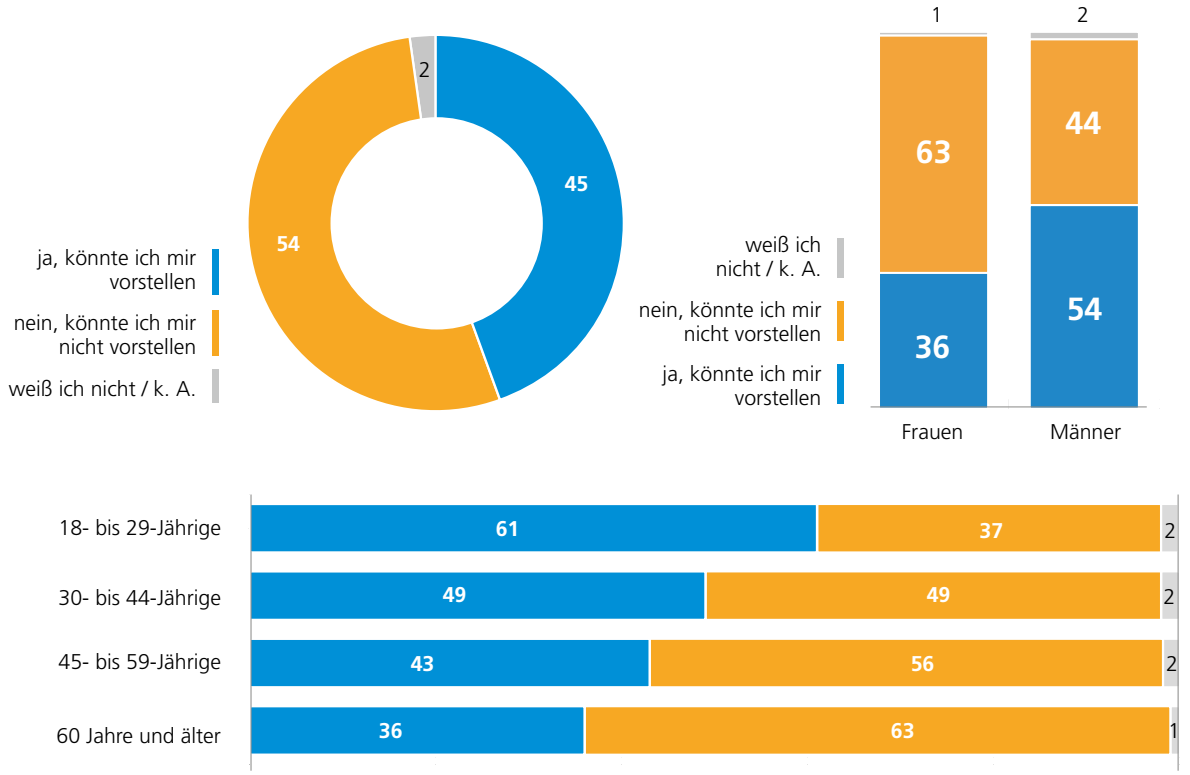
3.6 Marktpotenzial

Aussagen zur persönlichen Nutzung von selbstfahrenden Fahrzeugen

45 Prozent der Befragten können sich persönlich vorstellen, ein selbstfahrendes Fahrzeug zu nutzen, 54 Prozent können sich eine Nutzung hingegen nicht vorstellen. Vor allem Männer können sich mit 54 Prozent häufiger vorstellen, in ein fahrerloses Fahrzeug einzusteigen, bei den Frauen sind es nur 36 Prozent. Auch mit zunehmendem Alter sinkt die Bereitschaft zur Nutzung eines selbstfahrenden Fahrzeugs, wie die Befragung deutlich zeigt: So zeigt sich die jüngere Bevölkerungsgruppe – also die 18- bis 29-Jährigen – einer Nutzung von selbstfahrenden Fahrzeugen gegenüber deutlich aufgeschlossener (61 Prozent) als die Befragten mit einem Alter von 60 Jahren und darüber (36 Prozent).

Frage: Könnten Sie sich persönlich vorstellen, ein selbstfahrendes Fahrzeug zu nutzen oder könnten Sie sich das nicht vorstellen?

Aussagen zur persönlichen Nutzung von selbstfahrenden Fahrzeugen
(Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 10: Aussagen zur persönlichen Nutzung von selbstfahrenden Fahrzeugen

Fachliche Bewertung

Die gesellschaftliche Akzeptanz ist eine Grundvoraussetzung, wenn es darum geht, selbstfahrende Fahrzeuge und Fahrzeugkonzepte erfolgreich auf den Markt zu bringen. Wie beschrieben, ist die Verwirklichung des ersten Szenarios (vgl. hierzu Kapitel 2), das den Erwerb und die Privatnutzung automatisierter Fahrzeuge entsprechend dem heutigen Gebrauch beschreibt, unrealistisch. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Fahrzeuge in Zukunft eine Kaufpreissteigerung erfahren werden, wäre eine Anschaffung eines selbstfahrenden Autos für den individuellen Privatbesitz für die Kundin oder den Kunden verhältnismäßig unattraktiv. Marktpotenziale entstehen aus Sicht der Bevölkerung erst, wenn ökonomische Vorteile und eine erhöhte Sicherheit sichtbar werden. Gleichzeitig müssen aber auch die Nutzungsbarrieren gering gehalten werden. Dies würde die Wahrscheinlichkeit steigern, dass sich die Akzeptanz fahrerloser Fahrzeuge automatisch erhöht.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass das Eintreten der Nutzungsszenarien 2 und 3 (vgl. hierzu Kapitel 2) am wahrscheinlichsten ist. Auf die Automobilhersteller könnten damit neue Aufgabenfelder zukommen, weil der Absatz durch den Verkauf von Autos stetig sinken würde und neue Geschäftsmodelle langfristig lukrativer werden würden. Damit könnte sich die Rolle der Automobilhersteller vom Verkäufer zum Dienstleister für Mobilität wandeln – indem sie zum Beispiel Sharing-Dienstleistung anbieten. Dabei würde der Autobauer die Fahrzeuge den Nutzenden für eine begrenzte Dauer zur Verfügung stellen, die oder der wiederum nur die Fahrt bezahlen muss. Die Reinigung, Wartung etc. würde der Fahrzeughersteller organisieren. Würde sich dieses Szenario verwirklichen, könnten die heutigen Sharing-, Taxi-, Leasing- oder Mietwagenunternehmen weiterhin Fahrzeuge anbieten oder aber wegen neuer Nutzungskonzepte und dem Wandel der Automobilhersteller zu Mobilitätsdienstleistern werden bzw. deren Aufgaben übernehmen. Dass es in den kommenden Jahren zu erheblichen Veränderungen innerhalb der Wertschöpfungskette kommen wird, mit der die Marktanteile und die Zusammensetzung von Marktteilnehmenden neu gemischt werden, steht jedenfalls außer Frage.

Für die Politik und Verwaltung bedeutet die Markteinführung fahrerloser Fahrzeuge hingegen, dass sie die künftige Ausgestaltung des fahrerlosen Fahrens erheblich mitgestalten können. Bei der Umsetzung der Szenarien 2 oder 3 ist es beispielsweise wahrscheinlich, dass durch einen geringeren Bestand privater Pkw bisherige Parkflächen frei werden. Durch die neugewonnenen Flächen würde Gestaltungsraum für eine veränderte Nutzung des öffentlichen Raums geschaffen werden. Eine Steuerung der Entwicklungen durch die Politik und kommunale Akteure – insbesondere in Hinblick auf die Konkurrenzsituation gegenüber dem ÖPNV – ist allerdings notwendig. Dies betrifft ebenso die Frage nach der kommerziellen versus öffentlichen Bereitstellung von Mobilitätsangeboten.

Fazit

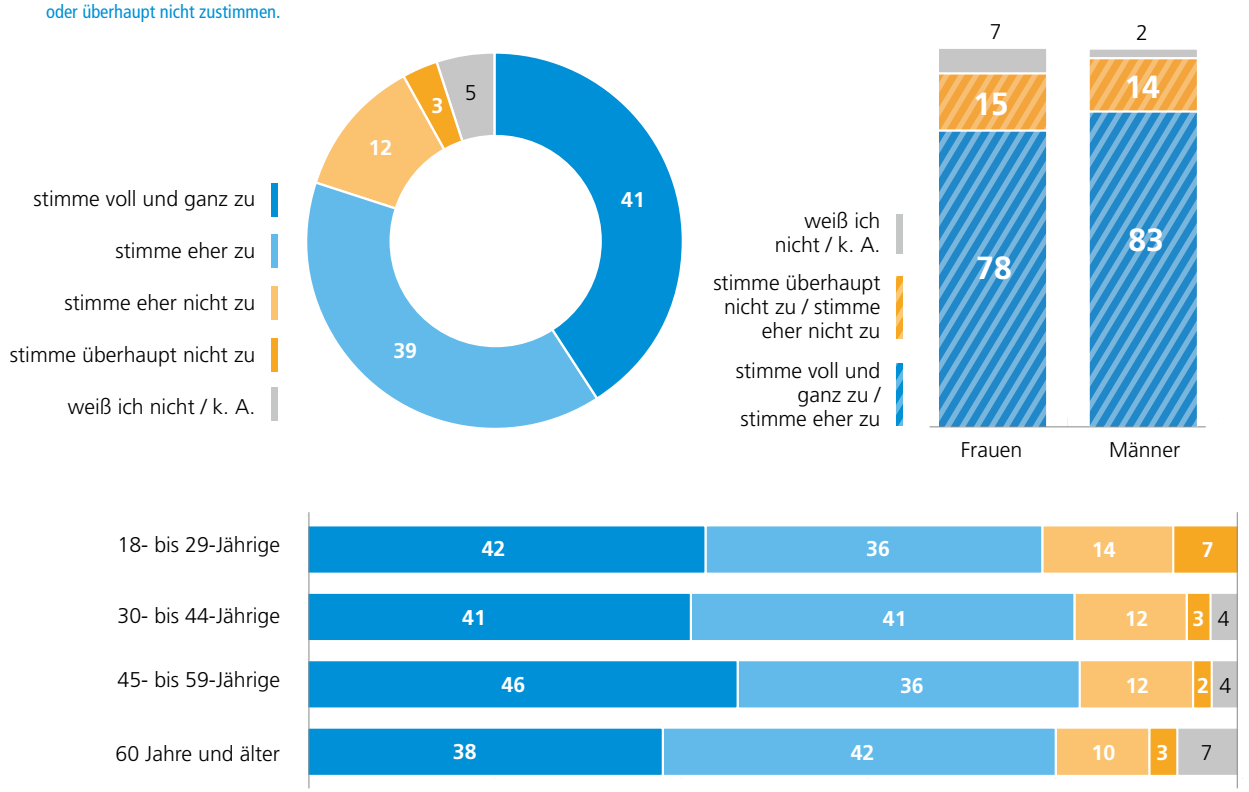
Insgesamt betrachtet zeigt sich die Bevölkerung aktuell nur bedingt affin in Bezug auf die Technologie selbstfahrender Fahrzeuge. Die durchaus ambivalenten Ergebnisse der Befragung spiegeln dieses Stimmungsbild wider. Das Spielfeld des Marktes, aber auch die Frage, in welcher Form die Technologien selbstfahrender Fahrzeuge zum Einsatz kommen werden, sowie die Aussicht, in welche Richtung sich der Markt entwickeln wird, sind derzeit komplett offen – insbesondere auch vor dem Hintergrund der zu erwartenden Veränderungen der Geschäftsmodelle der Fahrzeughersteller.

3.7 Datenschutz

Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Ziel eines Hacker-Angriffs werden könnten
Die Bevölkerung hat große Bedenken um die Sicherheit der digitalen Systeme, die in automatisierten Fahrzeugen zum Einsatz kommen: So stimmen 80 Prozent der Befragten (eher) der Aussage zu, dass selbstfahrende Fahrzeuge Ziele von Hacker-Angriffen sein könnten. Nur ein sehr geringer Anteil der Befragten stimmt dieser Aussage „eher nicht" (12 Prozent) bzw. „überhaupt nicht" zu (3 Prozent). Allerdings schätzen die Männer hier das Risiko von Angriffen auf die technischen Systeme mit 83 Prozent häufiger hoch ein als Frauen (78 Prozent). Die kritische Einschätzung, dass selbstfahrende Fahrzeuge grundsätzlich Ziel von Hacker-Angriffen sein könnten, wird über alle Altersgruppen hinweg sehr ähnlich eingeschätzt.

„Automatisierte Fahrzeuge könnten Ziel eines Hacker-Angriffs werden."
Bitte geben Sie jeweils an, ob Sie diesen Aussagen voll und ganz, eher, eher nicht oder überhaupt nicht zustimmen.

Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Ziel eines Hacker-Angriffs werden könnten (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 11: Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge Ziel eines Hacker-Angriffs werden könnten

Fachliche Bewertung

Im Fokus der Diskussion um den Einsatz von automatisierten Fahrzeugen steht der Aspekt Datenschutz. Bei einer umfassenderen Vernetzung der Fahrzeuge werden mehr Schnittstellen zu Rechnern erforderlich. Dadurch wird die Gefahr von Hacker-Angriffen erhöht, bei denen Zugriff auf sensible personenbezogene Daten, Fahrdaten und andere Connected Devices (beispielsweise Mobiltelefone o. Ä.) erhalten werden können. Auch die oftmals in fahrerlosen Fahrzeugen eingebauten Kameras, die das Verkehrsgeschehen inkl. Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmern analysieren, speichern Daten ab, auf die ebenfalls zugegriffen werden könnte. Gleichzeitig können die Angriffe natürlich auch darauf abzielen, die Systeme zu manipulieren.

Aus Sicht der Bevölkerung ist die Datensicherheit ein äußerst wichtiges Thema. Von der Bundesregierung wurde daher eine Ethik-Kommission einberufen, die u. a. Fragen zum Thema Datenschutz und automatisiertes Fahren beantworten sollte. Ein Ergebnis der Ethik-Kommission war dabei, dass ein ausreichender Datenschutz für alle Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer gewährleistet sein muss. Weiterhin muss jede Datenfreigabe auf freiwilliger Basis erfolgen (BMVI 2017a, S. 12).

Für die Fahrzeughersteller bedeutet dies, dass ein erhöhter Aufwand zum Schutz der Daten erforderlich ist. Um dies gewährleisten zu können, benötigen Fahrzeughersteller das Know-how bzw. die entsprechenden Fachkräfte, mit denen die neuen Anforderungen bei den Themen Daten- und Cybersicherheit umgesetzt werden können.

Aus Sicht der Politik und Verwaltung kann eine Nutzung erhobener Daten eine neue Möglichkeit bieten den Verkehr zu gestalten. Eine Nutzung der (anonymisierten) Verkehrsdaten zum Verkehrsaufkommen und der Infrastruktur, unter Einhaltung der Vorgaben der Datenschutzgrundverordnung, könnte beispielsweise Kommunen dabei helfen, eine gezielte Steuerung des Verkehrs vorzunehmen (Buchner 2019, S. 70).

Fazit

Cyber-Attacken gegen selbstfahrende Fahrzeuge können darauf abzielen, in das Fahrverhalten einzugreifen oder aber persönliche Daten abzufangen. Dass die Angst der Bevölkerung hier nicht gänzlich unbegründet ist, kann auch aus fachlicher Sicht bestätigt werden. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass über Hacker-Angriffe grundsätzlich auch sicherheitskritische Funktionen wie Bremsen, Lenkeinrichtungen oder die Motorsteuerung übernommen werden können, sollten selbstfahrende Fahrzeuge – ähnlich wie Energienetze – als kritische Infrastrukturen eingestuft werden und entsprechend hohen Anforderungen und Nachweispflichten unterzogen werden. Die erhöhten IT-Sicherheitsanforderungen an selbstfahrende Fahrzeuge würden zwar mit höheren Herstellungskosten einhergehen, hätten aber den großen Vorteil, das Risiko unberechtigter Zugriffe auf die Fahrzeugsysteme deutlich zu minimieren.

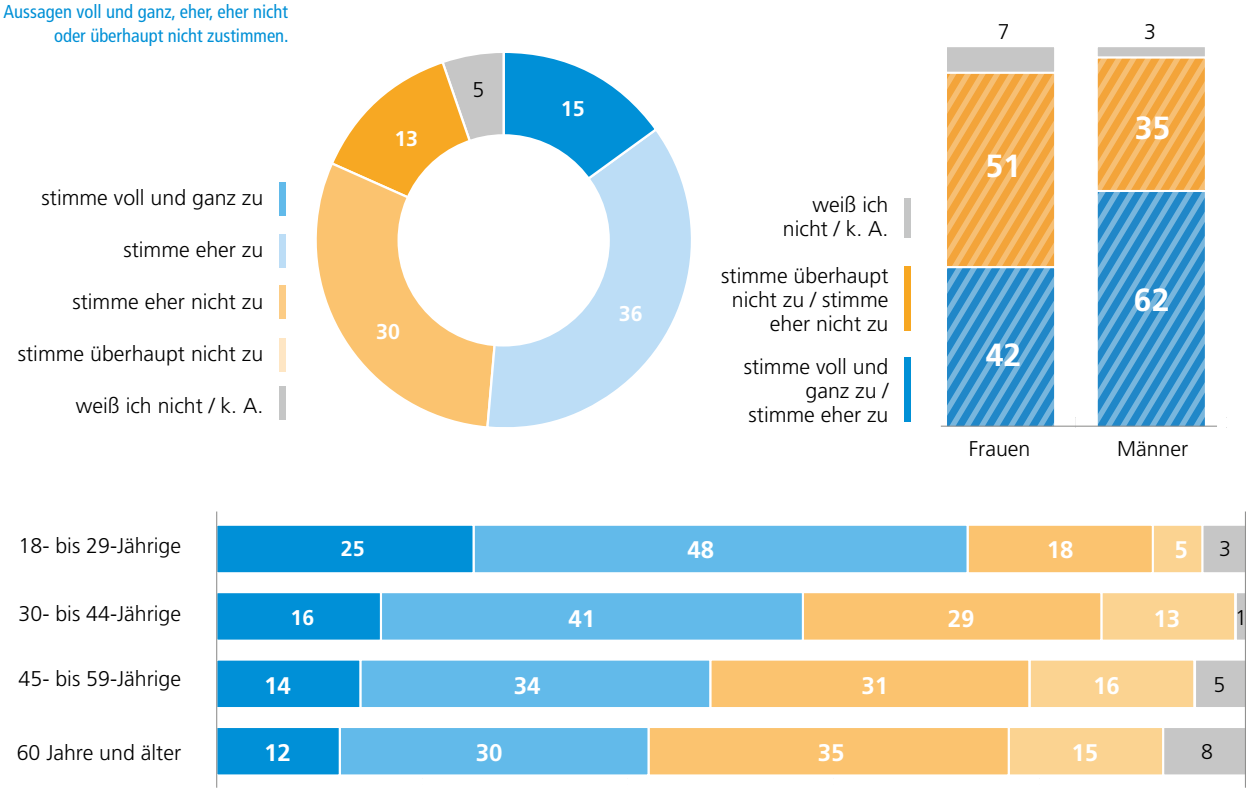
Neben höheren Herstellungskosten ist das Thema Cyber-Sicherheit mit einem größeren Fachkräftebedarf und mit einem erhöhten Weiter- und Ausbildungsbedarf verbunden. Ein gezielter Aufbau von Lehrstellen im Ausbildungs- und Hochschulbereich für künftiges Personal sowie ein ausreichendes Angebot an Weiterbildungen und Umschulungen für das Bestandspersonal der Automobilhersteller ist daher unabdingbar. Zu den wichtigsten Aus- und Weiterbildungsfächern zählen die Themen Informationstechnik, Datensicherheit und Automatisierung.

3.8 Verkehrssicherheit

Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen
51 Prozent der Befragten sind der Meinung, dass durch selbstfahrende Fahrzeuge der Straßenverkehr sicherer wird. Davon stimmen 36 Prozent der Personen dieser Aussage jedoch nur „eher" zu. 43 Prozent stimmen der Aussage (eher) nicht zu. Der Unterschied zur Einschätzung von Männern und Frauen tritt beim Thema Straßensicherheit und selbstfahrende Fahrzeuge deutlicher hervor als bei anderen Aspekten: So erwarten 62 Prozent aller Männer eine zunehmende Straßenverkehrssicherheit, bei den Frauen sind es nur 42 Prozent. Auffällig ist erneut, dass mit dem zunehmenden Alter die Zustimmung zu der Aussage abnimmt. So liegt die Zustimmung der Befragten mit einem Alter von 60 Jahren und darüber bei 42 Prozent, bei den 18- bis 29-Jährigen hingegen bei 73 Prozent.

„Die Sicherheit im städtischen Straßenverkehr wird durch automatisierte Fahrzeuge erhöht."
Bitte geben Sie jeweils an, ob Sie diesen Aussagen voll und ganz, eher, eher nicht oder überhaupt nicht zustimmen.

Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen (Angaben in Prozent*)



*Durch das Entfallen der Nachkommastellen können in den Summen der Prozentangaben Abweichungen von +/- 1 % entstehen.

Abbildung 12: Einschätzungen zur Aussage, ob selbstfahrende Fahrzeuge die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen

Fachliche Bewertung

Das am häufigsten genannte Argument, das für den Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge spricht, ist die Steigerung der Straßenverkehrssicherheit. Laut verschiedenen Studien ist menschliches Fehlverhalten in Deutschland ursächlich für 91 Prozent aller Unfälle (Radke 2017). Durch den vermehrten Einsatz von Fahrerassistenzsystemen wie dem Antiblockiersystem (ABS), dem elektronischen Stabilitätsprogramm (ESP) oder neueren Systemen wie dem Spurverlassenswarner, dem Abstandsregeltempomat oder dem Müdigkeitswarner, ist bereits eine deutliche Minderung der Unfallzahlen sichtbar. Alleine durch den Einsatz eines Notbremsassistenten sind 20 bis 24,5 Prozent der Pkw-Unfälle vermeidbar – je nachdem, ob auch Fußgänger erkannt werden können (Kühn 2019, S. 47). Bei einer weiteren Automatisierung der Fahrzeuge kann daher die Annahme getroffen werden, dass durch eine Beseitigung menschlicher Fehler die Straßenverkehrssicherheit erhöht werden kann.

In der öffentlichen und fachöffentlichen Debatte werden vor allem die „Entscheidungskriterien" beim Steuern bzw. die ethischen Aspekte des automatisierten Fahrens diskutiert: Wie entscheidet sich das System, wenn es vor der Entscheidung steht, entweder ein Kind oder einen älteren Menschen anzufahren? Welche moralischen Anforderungen müssen selbstfahrende Fahrzeuge berücksichtigen können? Wie sind diese mit einem algorithmusgesteuerten System vereinbar? Und welcher Akteur muss im Falle eines Unfalls haften? Sind es die Fahrerinnen und Fahrer oder sind es die Fahrzeug- bzw. Softwarehersteller?

Die Ethik-Kommission der Bundesregierung hat zu all diesen Fragen Antworten erarbeitet. Wesentlich ist dabei, dass niemand (weder Mensch noch Maschine) in einer sogenannten „Dilemma-Situation" Menschenleben gegeneinander abwägen darf. Daher dürfen dazu auch keine Regeln in der Software der Fahrzeuge festgehalten werden.

Für die Fahrzeughersteller ist die wichtigste Aufgabe, neben einer Sicherstellung der Funktionalität der Systeme, die Fahrzeuge vor Hacker-Angriffen abzuschirmen. Diese können bislang über die Nutzung von Datenschnittstellen am Fahrzeug Zugriff auf Fahrzeugsysteme erhalten, die sicherheitskritische Funktionen übernehmen. Beispiele hierfür sind die Bremsen, Lenkeinrichtungen oder der Motor. Grund hierfür ist, dass bislang aus Kosten- und Zeitgründen nicht in die notwendige Cybersicherheit investiert wird (Simo et al. 2019, S. 313). Eine Lösung ist die Nutzung von Systemen, die das Fahrzeugnetzwerk selbstständig überwachen und Angriffe von außen feststellen können. Eine weiträumige Investition auf diesem Gebiet wird für Fahrzeughersteller elementar sein.

Die Ethik-Kommission der Bundesregierung hat festgelegt, dass Fahrzeughersteller bei Unfällen, die bei angeschalteten Fahrerassistenzsystemen geschehen, verantwortlich gemacht werden können (BMVI 2017a, S. 12). Diese Regelung wird sich auch auf die Nutzung fahrerloser Fahrzeuge übertragen lassen. Aus diesem Grunde werden Automobilhersteller zwangsweise in die Verbesserung der IT-Sicherheit investieren müssen. Wichtig hierfür ist die Verfügbarkeit von Personal, das die neuen Aufgabengebiete umsetzen kann.

Fazit

Im Jahr 2007 wurde durch den Deutschen Verkehrssicherheitsrat beschlossen, dass die Vision Zero umgesetzt werden soll. Ziel ist, dass es keine Toten oder Schwerverletzten mehr im Straßenverkehr geben wird (DVR o. J.). Um diesem Ziel näher zu kommen, müssen drastischere Maßnahmen ergriffen werden, da es aktuell noch mehr als 3.000 Verkehrstote jährlich (Statistisches Bundesamt 2018) gibt. Eine Möglichkeit, die Zahl der Unfälle stark zu reduzieren, ist der Einsatz fahrerloser Fahrzeuge, die eine deutlich höhere Sicherheit versprechen. Aus Sicht der Entscheidungsträger ist eine Einführung fahrerloser Fahrzeuge unter dem Aspekt der Sicherheit also wünschenswert.

Wichtig ist in diesem Kontext allerding, dass der Nachweis geführt werden muss, dass ein fahrerloses Fahrzeug in den allermeisten Verkehrssituationen sich sicherer verhält, als der Mensch als Fahrer. Hierfür sind großflächige Tests erforderlich, um die Systeme zu prüfen. Erst dann dürfte sich die Akzeptanz der Nutzenden merklich erhöhen.

Auffällig bei der Auswertung der Befragungsergebnisse ist, dass obwohl mehr als die Hälfte der Befragten schätzen, dass die Sicherheit des Straßenverkehrs durch automatisiertes Fahren erhöht wird, sich nur 44 Prozent eine Nutzung selbstfahrender Fahrzeuge vorstellen können. Dies bedeutet, dass für die Menschen nicht zwangsweise eine erhöhte Sicherheit im Vordergrund steht. Auch hier muss daher der Schluss gezogen werden, dass die Akzeptanz der neuen Systeme erhöht werden muss.

4 FAZIT UND AUSBLICK

Die Automatisierung des Straßenverkehrs wird das städtische Leben in den kommenden Jahren grundlegend verändern. Sie verspricht einen unfallfreien Verkehr, optimierte Verkehrsflüsse und vollkommen neue individualisierte Mobilitätsangebote. Doch wie wird diese Entwicklung von der Bevölkerung eingeschätzt? Wie bewerten die Bürgerinnen und Bürger die Potenziale des automatisierten Fahrens? Und wie steht es um die gesellschaftliche Akzeptanz? Ausgehend von diesen Fragen konnte im Rahmen einer Befragung ein bevölkerungsrepräsentatives Bild zur Akzeptanz des automatisierten Fahrens erhoben werden, das mit einer fachlichen Einschätzung abgeglichen wurde. Eine zentrale Erkenntnis der vorliegenden Studie ist dabei, dass die Bewertung der Potenziale des automatisierten Fahrens durch die Bevölkerung weitaus negativer ausfällt als in Wissenschaft und Forschung.

Klimapotenziale des automatisierten Fahrens werden häufig unterschätzt

Besonders deutlich tritt die Diskrepanz beim Thema Klima- und Umweltschutz zu Tage: So gehen lediglich 42 Prozent der befragten Bundesbürger davon aus, dass der CO_2-Ausstoß durch selbstfahrende Fahrzeuge verringert werden kann. Frauen schätzen die positiven Effekte mit 34 Prozent sogar deutlich schlechter ein. Auch das Potenzial von selbstfahrenden Fahrzeugen in Hinblick auf Geldersparnis – zum Beispiel durch einen geringeren Kraftstoffverbrauch – wird von der Mehrheit der Befragten (61 Prozent) als gering oder sogar sehr gering eingeschätzt.

Aus fachlicher Sicht fällt die Bewertung der klimaschonenden Effekte hingegen deutlich positiver aus: So wird argumentiert, dass sich – je nach Fahrweise der Fahrerinnen oder Fahrer – Kraftstoffeinsparungen von 15 bis 30 Prozent realisieren ließen. Grund hierfür sind vor allem Möglichkeiten der intelligenten Routenführung und eine dynamische Anpassung der Geschwindigkeit, mit denen das Fahrverhalten in bestimmten Verkehrssituationen gezielt optimiert werden kann – zum Beispiel beim Anfahren an Ampeln oder aber im Stop-and-Go-Verkehr, wo der Kraftstoffverbrauch besonders hoch ist. Wird zusätzlich berücksichtigt, dass automatisierte Fahrzeuge die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen und an weniger Unfällen beteiligt sind, können bauliche Vorkehrungen wie beispielsweise die Deformationszone beseitigt werden. Durch die Gewichtsreduktion kann von einem zusätzlichen Einsparpotenzial ausgegangen werden. Schätzungen zufolge könnte so etwa die Hälfte des gesamten Kraftstoffs eingespart werden.

Auch wenn die Potenziale der fahrerlosen Fahrzeuge in Bezug auf den Umwelt- und Klimaschutz auf der Hand liegen, darf nicht vergessen werden, dass die Einsparpotenziale erheblich davon abhängen, ob die Bevölkerung vermehrt auf den motorisierten Individualverkehr oder Ridesharing-Konzepte zurückgreifen wird oder nicht. Würden künftig alle Fahrten in selbstfahrenden Fahrzeugen durchgeführt, könnten die beschriebenen positiven Effekte schnell ins Gegenteil umschlagen.

Mehr Verkehrssicherheit durch eine höhere Automatisierung

Das stärkste Argument für den Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge ist die Steigerung der Straßenverkehrssicherheit. Verschiedenen Studien zufolge ist menschliches Fehlverhalten die Hauptursache aller Unfälle in Deutschland. Durch den vermehrten Einsatz von Fahrerassistenzsystemen, wie den Antiblockiersystemen und elektronischen Stabilitätsprogrammen oder aber neueren Systemen wie etwa dem Spurverlassenswarner, dem Abstandsregeltempomat oder dem Müdigkeitswarner, ist bereits eine deutliche Minderung der Unfallzahlen sichtbar. Alleine durch den Einsatz eines Notbremsassistenten sind Berechnungen zufolge 20 bis 24,5 Prozent aller Pkw-Unfälle vermeidbar – je nachdem, ob die Systeme im Ernstfall auch Fußgänger erkennen können.

Ein Blick auf die Ergebnisse der Bürgerumfrage zeigt jedoch, dass der von fachlichen Expertinnen und Experten erwartete Sicherheitsgewinn in der Bevölkerung kaum bekannt ist: Lediglich 51 Prozent der Befragten sind davon überzeugt, dass die Sicherheit im Straßenverkehr durch automatisierte Fahrzeuge erhöht werden könnte. Die andere Hälfte (43 Prozent) bezweifelt hingegen, dass es zu einem Sicherheitsgewinn kommen wird. Allein die 18- bis 29-Jährigen gehen mit immerhin 73 Prozent von weniger Unfällen aus, wenn selbstfahrende Fahrzeuge auf den Straßen unterwegs sind.

Ein Grund für die negative Einschätzung der Bevölkerung beim Thema Sicherheit könnte u. a. in einer großen Angst vor Hacker-Angriffen liegen. So stimmten acht von zehn Befragten

der Aussage zu, dass selbstfahrende Fahrzeuge Ziel von Hacker-Angriffen sein könnten. Dass die Gefahr von Cyberattacken, die auf eine Übernahme von sicherheitskritischen Funktionen wie Bremsen, Lenkeinrichtungen oder die Motorsteuerung abzielen, theoretisch möglich sind, wird allerdings auch von IT-Sicherheitsexperten bestätigt.

Großes Potenzial für Reinvestitionen und neue Mobilitätsangebote im ÖPNV

Ein weiteres Beispiel für die unterschiedliche Einschätzung der Potenziale des automatisierten Fahrens zeigt sich schließlich beim öffentlichen Nahverkehr. Hier hat die Befragung gezeigt, dass nur jeder Vierte es begrüßen würde, wenn Busse und Züge des öffentlichen Nahverkehrs in Zukunft komplett ohne Fahrer betrieben würden. Die Mehrheit der Befragten (68 Prozent) spricht sich gegen einen fahrerlosen Nahverkehr aus. Besonders skeptisch zeigen sich die älteren Befragten mit einem Alter von 60 Jahren und darüber.

Auch wenn die ablehnende Haltung der Bevölkerung gegenüber einer kompletten Abschaffung von Fahrerinnen und Fahrern in Bus und Bahn durchaus nachvollziehbar ist, weisen fachliche Expertinnen und Experten auf die Potenziale eines fahrerlosen ÖPNV hin. Hierzu zählen beispielsweise neue Mobilitätsangebote, die das individuelle Service- und Sicherheitsbedürfnis künftig stärker berücksichtigen sowie signifikante ökonomische Vorteile, die sich vor allem aus den deutlichen Einsparungen bei den Personalausgaben ergeben dürften. So ließen sich perspektivisch erhebliche finanzielle Reinvestitionen tätigen, die zum Beispiel zu einer Steigerung der Servicequalität, einem größeren Angebot oder aber zu einer Umschichtung bei den Finanzierungsquellen des ÖPNV führen könnten. Ob es dabei automatisch zu einer Preissenkung für den Fahrgast kommen würde, wie von immerhin 47 Prozent aller Befragten angenommen, dürfte jedoch eher von den tariflichen Rahmenbedingungen des ÖPNV abhängen.

Ein starker ÖPNV ist ein zentrales Instrument, wenn es darum geht, die Kapazitäten der Verkehrssysteme mit Hilfe selbstfahrender Fahrzeuge zu erhöhen und gleichzeitig mögliche Rebound-Effekte zu vermeiden. Umso wichtiger sind daher Anreize, mit denen Attraktivität des öffentlichen Nahverkehres gesteigert werden kann. Erhebliche Preissenkungen, mit denen die Fortbewegung in Bus und Bahn deutlich günstiger als in individuell genutzten Fahrzeugen wäre, könnten hier ein erster Schritt sein.

Akzeptanz in der Bevölkerung durch Aufklärung fördern

Wie die fachliche Bewertung in der Studie zeigt, kann das automatisierte Fahren deutliche Verbesserungen in den Bereichen Umwelt- und Klimaschutz, Sicherheit und im alltäglichen Leben nach sich ziehen – sofern die Automatisierung im Rahmen eines gesamtoptimierten Verkehrssystems erfolgt und sogenannte Rebound-Effekte weitestgehend ausbleiben. Abgesehen von den jüngeren Befragten (18- bis 29-Jährige), die sich bei vielen Aspekten durchaus aufgeschlossen zeigen, wird das Potenzial des automatisierten Fahrens in der Bevölkerung bislang jedoch noch häufig unterschätzt.

Ursächlich für die spürbare Skepsis in der Bevölkerung könnte sein, dass in den Medien häufig von „autonomen Fahrzeugen" gesprochen wird, wenn zum Beispiel über Unfälle von Prototypen und Testfahrzeugen berichtet wird. Außer Acht gelassen wird dabei häufig, dass bislang noch keine selbstfahrenden Fahrzeuge der Automatisierungsstufe fünf (wie in Kapitel 2 beschrieben) auf den Straßen zugelassenen sind. Derart undifferenzierte Informationen führen nicht nur häufig zu erheblichen Missverständnissen in Hinblick auf die technische Sicherheit, sondern steigern zusätzlich die allgemeinen Vorbehalte gegenüber selbstfahrenden Fahrzeugen.

Eine breite gesellschaftliche Akzeptanz ist die Grundvoraussetzung für den künftigen Einsatz fahrerloser Fahrzeuge. Ein besonders großer Handlungsdruck besteht daher vor allem im Bereich der gesellschaftlichen Aufklärung und Information über die tatsächlichen Chancen und Risiken des automatisierten Fahrens. In Form von Öffentlichkeitsarbeit oder Bürgerdialogen könnten beispielsweise tatsächliche Vorteile einer zunehmenden Automatisierung aufgezeigt werden. Auch durch Pilotprojekte und die Möglichkeit, fahrerlose Systeme selbst zu testen, kann das nötige Vertrauen aufgebaut werden. Maßnahmen wie „Wizard of Oz"-Versuche, bei denen den Fahrzeuginsassen mitgeteilt wird, dass sie sich in einem fahrerlosen Fahrzeug befinden, in Wirklichkeit steuert jedoch eine menschliche Fahrerin oder Fahrer das Fahrzeug, haben gezeigt, dass das Sicherheitsgefühl und das Vertrauen in „die Technik" bereits nach kurzer

Zeit wachsen. Bei einem tatsächlichen Einsatz fahrerloser Fahrzeuge kann also nach einiger Zeit bei einem funktionierenden System erwartet werden, dass auch das notwendige Vertrauen aus Sicht der Bevölkerung aufgebaut wird. Reallabore können daher eine gute Möglichkeit sein, die Umsetzung in einem kleineren Rahmen zu erproben, neue Erkenntnisse zur gesellschaftlichen Akzeptanz zu gewinnen und Ansatzpunkte zu finden, um diese schließlich auch zu erhöhen.

Gesellschaftlichen Dialog und die Vernetzung aller Akteure stärken

Effizient, attraktiv, sicher und sauber: Die Erwartungen an das automatisierte und vernetzte Fahren sind groß. Ob sich die großen Hoffnungen erfüllen, wird jedoch nicht allein von den technologischen Fortschritten abhängen – wie die vorliegende Studie zeigt. Ein entscheidender Schlüssel zum automatisierten und vernetzten Fahren liegt vielmehr in einer breiten Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger. Hierzu ist ein engerer Austausch von Bürgerinnen und Bürgern mit Kommunen, Fahrzeugherstellern und Infrastrukturbetreibern sowie Anbietern von Mobilitätsdienstleistungen zu den technischen, regulatorischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten des automatisierten Fahrens dringend erforderlich. Ein starker Treiber, der die unterschiedlichen gesellschaftlichen Akteure an einen Tisch holt und ihre Vernetzung vorantreibt, ist jedoch bislang noch nicht erkennbar.

LITERATURVERZEICHNIS

- Alessandrini, Adriano; Campagna, Andrea; Site, Paolo Delle; Filippi, Francesco; Persia, Luca (2015): Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. In: Transportation Research Procedia 5, S. 145–160.
- Anderson, James; Kalra, Nidhi; Stanley, Karlyn; Sorensen, Paul; Samaras, Constantine; Oluwatola, Oluwatobi (2016): Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers: RAND Corporation.
- Arndt, Wulf-Holger; Drews, Fabian; Hertel, Martina; Langer, Victoria; Wiedenhöft, Emmily (2019): Integration of shared mobility approaches in Sustainable Urban Mobility Planning. Hg. v. Deutsches Institut für Urbanistik.
- Augustin, Alexander (2018): Bayern gehen die Busfahrer aus: Bei einem Drittel naht die Rente. In: Passauer Neue Presse, 13.01.2018. Online verfügbar unter https://www.pnp.de/nachrichten/bayern/2798182_Bayern-gehen-die-Busfahrer-aus-Bei-einem-Drittel-naht-die-Rente.html, zuletzt geprüft am 31.10.2019.
- Bain & Company (2018): Welche Gründe sprechen gegen die Nutzung selbstfahrender Autos? Hg. v. Statista.
- Barth, Matthew; Boriboonsomsin, Kanok; Wu, Guoyuan (2014): Vehicle Automation and Its Potential Impacts on Energy and Emissions. In: Gereon Meyer und Sven Beiker (Hg.): Road Vehicle Automation, Bd. 2058. Cham, s.l.: Springer International Publishing (Lecture Notes in Mobility), S. 103–112.
- Beiker, Sven A. (2015): Einführungsszenarien für höhergradig automatisierte Straßenfahrzeuge. In: Barbara Lenz, Hermann Winner, J. Christian Gerdes und Markus Maurer (Hg.): Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Cham, s.l.: Springer, S. 197–217.
- Bernhart, Wolgang; Winterhoff, Marc; Hoyes, Christopher; Chivukula, Venkata; Garrelfs, Jens; Jung, Sage; Galander, Sven (2014): Autonomous Driving. Disruptive innovation that promises to change the automotive industry as we know it – it's time for every player to think:act! Hg. v. Roland Berger Strategy Consultants.
- BMU (Hg.) (2019): Wie umweltfreundlich sind Elektroautos? Eine ganzheitliche Bilanz. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/elektroautos_bf.pdf.
- BMVI (2017a): Ethik-Kommission. Automatisiertes und vernetztes Fahren. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.html, zuletzt geprüft am 24.10.2019.
- BMVI (Hg.) (2017b): Maßnahmenplan der Bundesregierung. zum Bericht der Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren (Ethik-Regeln für Fahrcomputer).
- Brown, Austin; Gonder, Jeffrey; Repac, Brittany (2014): An Analysis of Possible Energy Impacts of Automated Vehicles. In: Gereon Meyer und Sven Beiker (Hg.): Road Vehicle Automation. Cham, s.l.: Springer International Publishing (Lecture Notes in Mobility), S. 137–153.
- Buchner, Benedikt (2019): Datengetriebene Geschäftsmodelle rund um das vernetzte Auto. In: Alexander Roßnagel und Gerrit Hornung (Hg.): Grundrechtsschutz im Smart Car. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (DuD-Fachbeiträge), S. 59–73.
- Bundesrat (2017): Entwurf eines … Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrs-gesetzes. Online verfügbar unter https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2017/0001-0100/69-17.pdf?__blob=publicationFile&v=9.
- Bundesregierung (2019): Aktionsplan – Forschung für autonomes Fahren. Ein übergreifender Forschungsrahmen von BMBF, BMWi und BMVI. Berlin. Online verfügbar unter www.bundesregierung.de/breg-de/suche/aktionsplan-forschung-fuer-autonomes-fahren-1649288, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Bundeszentrale für politische Bildung (2009): Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland. Bundeszentrale für politische Bildung. Online verfügbar unter http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/dossier-umwelt/61374/externe-kosten, zuletzt aktualisiert am 01.02.2012, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- BVG (2017): Geschäftsbericht 2017. Online verfügbar unter https://www.bvg.de/de/Unternehmen/Medien/Publikationen, zuletzt geprüft am 22.10.2019.
- Capgemini Research Institute (Hg.) (2019): The autonomous car. A consumer perspective.
- COMM/PRESS/01 (2017): European Commission – PRESS RELEASES – Press release – Kommission droht Deutschland,

Frankreich, Spanien, Italien und dem Vereinigten Königreich mit Klage wegen anhaltender übermäßiger Luftverschmutzung. Online verfügbar unter https://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-238_de.htm, zuletzt aktualisiert am 15.02.2017, zuletzt geprüft am 22.10.2019.

- Cyganski, Rita (2015): Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren aus Sicht der Nachfragemodellierung. In: Barbara Lenz, Hermann Winner, J. Christian Gerdes und Markus Maurer (Hg.): Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Bd. 27. Cham, s.l.: Springer, S. 241–263.
- Deloitte. (2019): Urbane Mobilität und autonomes Fahren im Jahr 2035. Welche Veränderungen durch Robotaxis auf Automobilhersteller, Städte und Politik zurollen.
- DVR (o. J.): Vorfahrt für „Vision Zero". Vision Zero. Keiner kommt um. Alle kommen an.
- Esser, Klaus; Kurte, Judith (2018): Autonomes Fahren. Aktueller Stand, Potentiale und Auswirkungsanalyse. Studie im für den Deutschen Industrie- und Handelskammertag. Hg. v. KE-Consult. Köln. Online verfügbar unter www.dihk.de/ressourcen/downloads/studie-autonomes-fahren.pdf/at_download/file?mdate=1531724092077, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Europäische Kommission (2019): STRIA Roadmap on Connected and Automated Transport: Road, Rail and Waterborne. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/research/transport/pdf/stria/stria-roadmap_on_connected_and_automated_transport2019-TRIMIS_website.pdf, zuletzt geprüft am 11.11.2019.
- Friedrich, Bernhard (2015): Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge. In: Barbara Lenz, Hermann Winner, J. Christian Gerdes und Markus Maurer (Hg.): Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Bd. 14. Cham, s.l.: Springer, S. 331–350.
- Gruel, Wolfgang; Stanford, Joseph M. (2017): System Effects of Widespread Use of Fully Automated Vehicles—Three Scenarios. In: Gereon Meyer und Susan Shaheen (Hg.): Disrupting Mobility. Impacts of Sharing Economy and Innovative Transportation on Cities, Bd. 99. Cham, s.l.: Springer International Publishing (Lecture Notes in Mobility), S. 135–148.
- Heinrichs, Dirk (2015): Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In: Barbara Lenz, Hermann Winner, J. Christian Gerdes und Markus Maurer (Hg.): Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Bd. 2. Cham, s.l.: Springer, S. 219–239.
- HOCHBAHN (o. J.): Das Projekt HEAT – autonome Kleinbusse in der HafenCity. Online verfügbar unter https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Naechster_Halt/Ausbau_und_Projekte/projekt_heat, zuletzt geprüft am 22.10.2019.
- Keeney, Tasha (2017): Mobility-as-a-service: Why self-driving cars could change everything. Hg. v. ARK Invest. Online verfügbar unter https://research.ark-invest.com/hubfs/1_Download_Files_ARK-Invest/White_Papers/Self-Driving-Cars_ARK-Invest-WP.pdf?hsCtaTracking=e1ba6de4-092d-49d3-96f1-4842a8352a59%7C6b53c09b-7846-4e6f-90be-340a674f20f7, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2019): Bestand. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html, zuletzt geprüft am 30.10.2019.
- Krail, Michael, Hellekes, Jens; Schneider, Uta; Dütschke, Elisabeth et al. (2019): Energie- und Treibhausgaswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr. Hg. v. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Karlsruhe. Online verfügbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2019/energie-treibhausgaswirkungen-vernetztes-fahren.pdf, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Kühn, Matthias (2019): Der Beitrag des automatisierten Fahrens zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. In: Alexander Roßnagel und Gerrit Hornung (Hg.): Grundrechtsschutz im Smart Car. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (DuD-Fachbeiträge), S. 43–55.
- Lenz, Barbara; Fraedrich, Eva (2015): Gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz des autonomen Fahrens. In: Barbara Lenz, Hermann Winner, J. Christian Gerdes und Markus Maurer (Hg.): Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Bd. 35. Cham, s.l.: Springer, S. 639–660.
- Mortsiefer, Henrik (2016): Tödlicher Unfall eines Tesla ist ein Rückschlag für die Autoindustrie. In: Der Tagesspiegel,

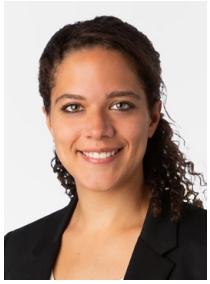
01.07.2016. Online verfügbar unter https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/autonome-fahrzeuge-toedlicher-unfall-eines-tesla-ist-ein-rueckschlag-fuer-autoindustrie/13815792.html, zuletzt geprüft am 23.10.2019.

- Nobis, Claudia; Kuhnimhof, Tobias (2018): Mobilität in Deutschland - MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. Online verfügbar unter www.mobilitaet-in-deutschland.de, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- PBefG (2017): Personenbeförderungsgesetz. Fundstelle: Neugefasst durch Bek. v. 8.8.1990 I 1690. BGBl I 1990, 1690.
- Projekt See-Meile (2019): Autonomes Fahren in Berlin-Tegel | Projekt See-Meile. Online verfügbar unter https://www.see-meile.com/, zuletzt geprüft am 22.10.2019.
- Radke, Tobias (2017): Elektrifiziert, automatisiert, vernetzt – Herausforderungen und Chancen für die Antriebsentwicklung von morgen. In: Johannes Liebl und Christian Beidl (Hg.): VPC – Simulation und Test 2016. Herausforderungen durch die RDE-Gesetzgebung. Wiesbaden: Springer Vieweg (Proceedings), S. 269–283.
- Roos, Michael; Siegmann, Marvin (2018): Gesamtwirtschaftliche Kosteneinsparpotenziale durch das automatisierte Fahren. In: TATuP 27 (2), S. 23–30.
- SAE International (2018): SAE International Releases Updated Visual Chart for Its "Levels of Driving Automation" Standard for Self-Driving Vehicles. Online verfügbar unter https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Schlag, Bernhard (2016): Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr - Offene Fragen aus Sicht der Psychologie. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 62 (2), S. 94–98. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Bernhard_Schlag/publication/303667026_Automatisiertes_Fahren_im_Strassenverkehr_-_Offene_Fragen_aus_Sicht_der_Psychologie/links/574c1c2108ae538af6a50c32/Automatisiertes-Fahren-im-Strassenverkehr-Offene-Fragen-aus-Sicht-der-Psychologie.pdf, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Schlott, Stefan (2016): So entwickeln sich die CO2-Emissionen der Autohersteller. Hg. v. Springer Professional. Online verfügbar unter https://www.springerprofessional.de/emissionen/luftschadstoffe/so-entwickeln-sich-die-co2-emissionen-der-autohersteller/7456840, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Simo, Hervais; Waidner, Michael; Geminn, Christian (2019): Intrusion Detection – Systeme für vernetzte Fahrzeuge – Konzepte und Herausforderungen für Privatheit und Cyber-Sicherheit. In: Alexander Roßnagel und Gerrit Hornung (Hg.): Grundrechtsschutz im Smart Car. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (DuD-Fachbeiträge), S. 311–333.
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2018): Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2017. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2018/Verkehrsunfaelle-2017/pressebroschuere-unfallentwicklung.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Umweltbundesamt (2019a): Stickstoffdioxid: Gesundheitliche Bedeutung von Grenzwerten. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/stickstoffoxide/stickstoffdioxid-gesundheitliche-bedeutung-von#textpart-3, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Umweltbundesamt (2019b): Umweltbelastungen durch Verkehr. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/umweltbelastungen-durch-verkehr#textpart-5, zuletzt geprüft am 22.10.2019.
- Umweltbundesamt (Hg.) (2019c): Daten zur Luftqualität 2018: 57 Städte über dem NO2-Grenzwert. Umweltbundesamt veröffentlicht Magazin „Gesunde Luft". Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/daten-zur-luftqualitaet-2018-57-staedte-ueber-dem, zuletzt geprüft am 25.10.2019.
- Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (Hg.) (2019): Bahnbranche startet Programm zur Personalgewinnung. Online verfügbar unter https://www.vrr.de/de/presse/bahnbranche-startet-

programm-zur-personalgewinnung/, zuletzt geprüft am 30.10.2019.

- Vetter, Philipp (2018): Autonomes Fahren tötet: Warum? Weshalb? Egal! In: Die Welt, 20.03.2018. Online verfügbar unter https://www.welt.de/wirtschaft/article174745972/Uber-Unfall-mit-selbstfahrendem-Fahrzeug-koennte-Technik-zurueckwerfen.html, zuletzt geprüft am 23.10.2019.
- Voss, Oliver (2018): Autonomes Auto verwechselte Frau mit Plastiktüte. In: Der Tagesspiegel, 08.05.2018. Online verfügbar unter https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/unfall-von-uber-fahrzeug-autonomes-auto-verwechselte-frau-mit-plastiktuete/21256792.html#, zuletzt geprüft am 29.10.2019.
- Wiener Konvention (o. J.): Gesetz zur Änderung der Artikel 8 und 39 des Übereinkommens vom 8. November 1968.
- Winkle, Thomas (2015): Entwicklungs- und Freigabeprozess automatisierter Fahrzeuge: Berücksichtigung technischer, rechtlicher und ökonomischer Risiken. In: Barbara Lenz, Hermann Winner, J. Christian Gerdes und Markus Maurer (Hg.): Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Bd. 6. Cham, s.l.: Springer, S. 611–635.
- Zmud, Johanna; Dias, Felipe; Lavieri, Patricia; Bhat, Chandra; Pendyala, Ram; Shiftan, Yoram et al. (2019): Research to Examine Behavioral Responses to Automated Vehicles. In: Gereon Meyer und Sven Beiker (Hg.): Road vehicle automation 5, Bd. 2665. Cham, s.l.: Springer (Lecture Notes in Mobility), S. 53–67.

AUTORINNEN UND AUTOREN



Yasmin Halil
Yasmin Halil studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Verkehrswesen und Fahrzeugtechnik an der Technischen Universität Berlin. Seit 2019 ist sie als wissenschaftliche Beraterin für Mobilität und automatisiertes Fahren in der Abteilung Mobilität der Zukunft und Europa der VDI/VDE-IT tätig, wo sie vor allem in den Projektträgerschaften „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme" und „Automatisiertes und vernetztes Fahren" tätig ist. Ihre Schwerpunkte liegen in den Bereichen automatisiertes Fahren und in der Mobilitäts- und Verkehrsentwicklung.

Lorenz Hornbostel
Lorenz Hornbostel studierte Politikwissenschaften an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und am Trinity College Dublin. Anschließend absolvierte Hornbostel ein Volontariat bei der Agentur Scholz & Friends und war mehrere Jahre als PR-Referent in der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit der VDI/VDE-IT tätig, wo er u. a. die Projektträgerschaft „Mensch-Technik-Interaktion; Demografischer Wandel" des Bundesministeriums für Bildung Forschung (BMBF) begleitete. Seine Schwerpunkte liegen im Bereich Projektmanagement sowie in der Kommunikation wissenschafts- und innovationspolitischer Inhalte.

Doris Johnsen
Doris Johnsen studierte Dipl. Geographie, Stadt- und Regionalplanung und Volkswirtschaftslehre in Berlin. Sie ist seit September 2017 als Beraterin in der VDI/VDE-IT tätig. Frau Johnsen befasst sich insbesondere mit Mobilität und Energie bezogenen Fragestellungen für den deutschen und europäischen Raum. Hierbei fokussiert Frau Johnsen auf eine nachhaltige Stadt- und Verkehrsentwicklung, innovativer Mobilitätsservices und -Konzepte, der Elektromobilität und der digitalen Transformation. Frau Johnsen verfügt über mehr als 15 Jahre Berufserfahrungen im Bereich innovativer Mobilitätslösungen, Etablierung von Sharing-Modellen und der Elektromobilität. Bevor Frau Johnsen in 2017 zur VDI/VDE-IT wechselte, betreute sie sowohl Bundesministerien als auch europäische und internationale Organisationen zu den Themenfeldern nachhaltige Mobilität, Verkehr und Energieeffizienz.

Jörg Dubbert
Jörg Dubbert ist seit 2017 als Berater im Bereich „Mobilität der Zukunft und Europa" der VDI/VDE-IT tätig. Er studierte Verkehrsingenieurwesen mit der Vertiefungsrichtung Transporttechnologie/ Technologie des Straßentransports an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List" Dresden. Bei der VDI/VDE-IT ist er als fachlicher Berater in den Projektträgerschaften Digitalisierung Kommunaler Verkehrssysteme, Automatisiertes und Vernetztes Fahren, KMU-Net C sowie Elektromobilität/Elektronische Systeme tätig. Weiterhin betreute er das EU-Forschungsprojekt SCOUT im Bereich des hochautomatisierten Fahrens. Herr Dubbert verfügt über eine 30-jährige Berufserfahrung im Bereich der Verkehrstechnik. Er arbeitete in zahlreichen nationalen und europäischen Projekten mit den Schwerpunkten Straßenverkehrsleittechnik, Verkehrsmanagement und Intelligente Verkehrssysteme (IVS).

Dr. Gereon Meyer

Dr. Gereon Meyer ist stellvertretender Leiter des Bereichs Mobilität der Zukunft und Europa der VDI/VDE-IT. Nach dem Abschluss als Diplom-Physiker und Promotion an der Freien Universität Berlin war er von 2005 bis 2007 als Stipendiat der Alexander-von-Humboldt Stiftung Gastwissenschaftler an der Stanford University, Palo Alto (USA), am Forschungslabor von Hitachi Global Storage Technologies, San Jose (USA) und am Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley (USA). Seit 2007 ist Gereon Meyer wissenschaftlicher Mitarbeiter der VDI/VDE-IT. Er hat eine Vielzahl von nationalen, europäischen und internationalen Aktivitäten im Bereich der Elektromobilität, des automatisierten und vernetzten Straßenverkehrs und der Mobilität der Zukunft initiiert. Er gehört der Industry Delegation der PPP European Green Vehicles Initiative, dem Sustainable Transport Forum der Europäischen Kommission und der Trilateralen Arbeitsgruppe von USA, Japan und Europa zum automatisierten Straßenverkehr an. Darüber hinaus koordinierte er die europäischen Netzwerk- und Strategieprojekte Action Plan for the Future of Mobility in Europe (Mobility4EU) und Safe and Connected Automation of Road Transport (SCOUT) und leitet die Geschäftsstelle des eNOVA Strategiekreises Automobile Zukunft. Meyer leitet die Arbeitsgruppen Task 1 „Information Exchange" und 29 „Electrified, Connected and Automated Vehicles" des Technology Collaboration Programmes Hybrid and Electric Vehicles der Internationalen Energieagentur und ist Herausgeber der Buchreihe „Lecture Notes in Mobility" bei Springer. Gereon Meyer hat im Auftrag der Europäischen Kommission kürzlich eine Studie zum internationalen Vergleich des Innovationsgrads im Verkehr und eine verkehrsträgerübergreifende Roadmap zur Automatisierung und Vernetzung des Verkehrssystems erstellt. Er ist häufig als Moderator und Rapporteur sowie als Gutachter für europäische und nationale Fördermittelgeber tätig

Prof. Dr. Volker Wittpahl

Nach dem Studium der Mikroelektronik in Deutschland und Singapur mit dem Schwerpunkt Werkstoffanalyse promovierte Volker Wittpahl zum Thema kontaktlose Höchstfrequenz-Messtechnik für on-Wafer Tests. Anschließend sammelte er im Philips-Konzern Industrieerfahrungen im Technologie-Marketing sowie Innovationsmanagement für die Automobil-Branche. Mit seinem Wechsel zu Philips Design nach Eindhoven (NL) wurde er einer der Entwicklungsverantwortlichen im konzerneigenen, interdisziplinären Think Tank. Von 2003 bis 2015 war Volker Wittpahl als freiberuflicher Ingenieur tätig und arbeitete u. a. eng mit der ehemaligen Mannesmann-Pilotentwicklung bzw. der späteren Vodafone R&D in München zusammen. Seit 2014 ist Volker Wittpahl Professor an der Universität Klaipeda (LT), wo er deutsch-baltische Projekte im Wissenstransfer initiiert. Seit 2016 ist Prof. Dr. Wittpahl Geschäftsführender Direktor des Instituts für Innovation und Technik (iit).

Institut für Innovation und Technik (iit)

Das Institut für Innovation und Technik (iit) ist eine Querschnittseinrichtung der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH und berät seine Auftraggeber zu verschiedenen Fragen und Aspekten des automatisierten Fahrens. Der Fokus richtet sich dabei auf Technologien für die Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung sowie die Einbindung automatisierter Fahrzeuge in Verkehrssysteme. Zum Kernangebot des Instituts zählen Analysen, Studien, Evaluationen und Begleitforschungen für verschiedene Bundes- und Landesministerien. Hierzu kann das iit auf die Expertise von mehr als 250 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus verschiedenen Fachbereichen der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH bauen. Mit der Abteilung „Mobilität der Zukunft und Europa" steht dem Institut zusätzlich ein Pool an Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zur Verfügung, die eine breite Erfahrung und fachliche Expertise zu Themen des automatisierten Fahrens mitbringen.