

Prof. Dr. Andreas Knie
Dr. habil. Weert Canzler
Dr. des. Lisa Ruhrort

AUTONOMES FAHREN IM ÖFFENTLICHEN VERKEHR – CHANCEN, RISIKEN UND POLITISCHER HANDLUNGSBEDARF

April 2019

Gliederung

ZUSAMMENFASSUNG	3
1. DER VERKEHR ALS GESELLSCHAFTSPOLITISCHE HERAUSFORDERUNG	6
2. DAS ZIELBILD: VERKEHR DER ZUKUNFT IN STADT UND LAND	11
3. AUTOMATISIERTES FAHREN: CHANCEN FÜR DEN ÖFFENTLICHEN VERKEHR	17
4. DIE KÜNFTIGE REGULIERUNG UND POLITISCHE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	36
5. AUSBLICK UND KERNAUSSAGEN IN FÜNF THESEN	45
QUELLEN UND MATERIALIEN.....	48

Infoboxen

Box 1: Die Dominanz des Autos: Pkw-Ausstattung der Haushalte

Box 2: Mobilität aus einer Hand - „Mobility-as-a-Service“

Box 3: Technikentwicklung und Annahmen zur Einführung und Verbreitung des AF

Box 4: Datensicherheit und Datenschutz/DGSVO

Box 5: Pilotversuche mit automatisierten Shuttles

Box 6: Veränderte Kostenstrukturen durch automatisierte Fahrzeuge

Box 7: Fahrzeug-Mengenrüste in Beispielrechnungen

Box 8: Ich fahre also bin ich? Soziologische Mutmaßungen zu einem veränderten Verhältnis

Box 9: Das (virtuelle) Beispiel Hamburg

Zusammenfassung

In der Debatte um die Zukunft der Mobilität spielen „Autonome Fahrzeuge“ eine herausragende Rolle und werden immer wieder als wichtige Zukunftsoption zitiert. Gemeint sind damit Fahrzeuge, die nicht nur automatisch fahren, sondern von einem *System gesteuert* und disponiert werden und damit aus Sicht der Nutzenden „autonom“ unterwegs sind. Die Erwartungen gehen weit auseinander: während die einen in der Verbreitung autonomer Fahrzeuge die Lösung aller Probleme sehen, prognostizieren die anderen eine Verschärfung der bereits angespannten Verkehrslage. Dieses Gutachten kommt zu dem Ergebnis, dass innerhalb der nächsten 20 Jahre vollautonome Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen tatsächlich noch keine Rolle spielen. Welche Bedeutung aber solche Fahrzeuge in einer weiteren Zukunft haben werden, hängt neben der Bewältigung der technischen Komplexität von der Art und Weise der *politischen Regulierung* ab. Ob solche Systeme überhaupt im öffentlichen Straßenraum erscheinen und welche Wirkungen sich für den zukünftigen Verkehr daraus ergeben, entscheidet maßgeblich der gesetzliche Rahmen. Dieser gesetzliche Rahmen ist wiederum abhängig vom *Zielbild*, wie wir künftig leben wollen und wie der Verkehr von morgen aussehen soll. Eckpfeiler dieses Zielbildes sind zum einen die Sicherheit und die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum und zum anderen die drastische Reduktion schädlicher Emissionen sowie nicht zuletzt die Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr. Dafür bedarf es einer umfassenden *Verkehrswende*, die mehr ist als eine Antriebswende.

Private Pkw werden in den nächsten Jahren serienmäßig mit weitgehenden Assistenzfunktionen angeboten, damit können sie eine zusätzliche Attraktivität erhalten und der Autoverkehr kann sogar noch weiter zunehmen. Eine fortschreitende Automatisierung privater Autos mit einem solchen Effekt wäre im Sinne der angestrebten Verkehrswende kontraproduktiv. Dieser Entwicklung ist vor allem mit einem *Abbau der Privilegien* für das private Auto, also in erster Linie mit einer konsequenten Internalisierung der externen Kosten zu begegnen. Auf der anderen Seite bieten (teil-) automatisierte Fahrzeuge, nicht zuletzt neue Fahrzeugformate zwischen Pkw und Bus, bereits jetzt neue Chancen für einen effizienten und attraktiven Öffentlichen Verkehr. Im Gutachten wird dafür plädiert, eine bisher sehr restriktive auf eine „ermöglichende Regulierung“ umzustellen, um in einem ersten Schritt automatisierte Shuttles als ein neues Element eines künftigen Öffentlichen Verkehrs zu etablieren. Gleichzeitig sollte der neu zu schaffende Regulierungsrahmen die heute schon bestehenden on demand-Verkehre ermöglichen und den Weg dafür frei machen, deren optimale Verknüpfung mit dem klassischen ÖPNV zu erproben. Diese neuen Angebote operieren heute noch mit Fahrern. Sie sind aber als Vorläufer autonomer Fahrzeugflotten zu verstehen, die in Zukunft möglich werden. Mit diesen neuen Angebotsformen im Zusammenspiel mit dem klassischen Umweltverbund erscheint es perspektivisch möglich, in einem definierten Bediengebiet eine wirkliche Alternative zum privaten Pkw zu kreieren und damit die Zahl der Fahrzeuge, zumindest in der Stadt, insgesamt auf die vom Umweltbundesamt angestrebten 150 Kraftfahrzeuge je 1.000 Einwohner deutlich zu verringern. Voraussetzung ist, dass die Kapazitäten der öffentlichen Verkehrsangebote verdoppelt und mindestens ein Viertel davon im digitalen on demand-Modus bedient werden kann.

Mit einem hochintegrierten intermodalen Öffentlichen Verkehr ist in weiterer Zukunft die Mobilität sogar mit noch viel weniger Fahrzeugen zu gewährleisten. Eine zukünftige Regulierungspraxis könnte durch einen Mix aus Groß- und Kleinfahrzeugen, aus spurgeführten und getakteten sowie flexiblen

on demand-Verkehren die Zahl der Straßenfahrzeuge zur Abwicklung sämtlicher Personenkilometer in den Städten auf bis zu 50 Einheiten pro 1.000 Einwohner insgesamt reduzieren. Gegenüber konventionellen Bussystemen können *automatisch fahrende Shuttles* die Kosten des operativen Betriebes um rund die Hälfte senken. Im Ergebnis bedeutet dies, dass mit automatisierten Fahrzeugflotten der Verkehr in Zukunft verlässlicher, sozial ausgewogener, leistungsfähiger und vor allen Dingen mit einem geringeren Ressourceneinsatz gestaltet werden kann.

Ein völlig neu aufgestellter und flexiblerer Öffentlicher Verkehr ist damit verbunden, dass sich die bisherigen Zuständigkeiten und Branchengrenzen verschieben und die Organisation des gesamten Verkehrs als eine öffentliche Regieaufgabe begriffen werden muss. Das Gutachten kommt daher zu dem zentralen Ergebnis, dass die Frage der Bedeutung autonomer Fahrzeugflotten von einer strategischen Debatte um die Zukunft der Mobilität nicht zu trennen ist. Solche Fahrzeugflotten können ein bisher nicht gekanntes Spektrum an Möglichkeiten bieten, den privaten Pkw obsolet zu machen, wenn die Ziele definiert und der politische Wille zur Gestaltung vorhanden ist. Eine Voraussetzung hierfür ist eine Stärkung des *Aufgabenträgers* zu einer kommunalen Regie- und Orchestrierungsinstanz. Ebenso ist es offensichtlich, dass für einen nachhaltigen Verkehr weder die bisherige Aufteilung des öffentlichen Raumes noch die Organisation und Finanzierung des Verkehrs, insbesondere des Öffentlichen Verkehrs, beibehalten werden kann. Die bisherige Dominanz privater Fahrzeuge im öffentlichen Raum gerade in der Stadt wird bei der Einführung automatisierter Systeme erodieren. Der private motorisierte Individualverkehr wird durch neue *gemeinschaftliche Mobilitätsformen* („Sharing“) schrittweise zurückgefahren. Kerngedanke einer Verkehrswende ist, dass sich der individualisierte Verkehrswunsch vom Eigentum an einem Fahrzeug löst und durch die Nutzung eines vielfältigen Fahrzeugparks ersetzt wird. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die on demand-Angebote verkehrs- und innovationspolitisch unterstützt werden. Dazu gehört, dass die bereits heute möglichen, digital basierten Services zugelassen und als Teil des neuen öffentlichen Verkehrsangebotes verstanden werden.

Der Wettlauf um die Automatisierung im Verkehr hat längst begonnen. Die Ausgangslage verschiedener Akteure für den Start in die Zukunft der Mobilität sind aber sehr unterschiedlich: Während digitale Plattformbetreiber wie Uber und Waymo offensiv Milliarden in die Technologieentwicklung investieren, befinden sich die klassischen Automobilhersteller noch mitten im konventionellen Geschäftsmodell. Es ist davon auszugehen, dass die Automobilunternehmen mit einer Steigerung des Automatisierungsgrades primär die Attraktivität des privaten Fahrzeuges zurückgewinnen möchten. Damit könnten sich die Zahl der Fahrzeuge und ihre Fahrleistung noch weiter erhöhen. Die Entwickler (teil-) automatisierter Shuttles bleiben in ihren technologischen Potenzialen hinter diesen Entwicklungen weit hinterher.

Die Betreiber öffentlicher Verkehrssysteme wiederum spielen in diesem Technologiewettbewerb bislang überhaupt keine Rolle, sie müssen für diesen Wettbewerb erst noch ertüchtigt werden. Dafür brauchen sie nicht zuletzt *verlässliche rechtliche Rahmenbedingungen*. Eine zentrale Empfehlung des Gutachtens lautet daher, bereits jetzt die Weichen zu stellen und auf Bundesebene in der Straßenverkehrsordnung (StVO), der Straßenverkehrszulassungsverordnung (StVZO) und beim Personenbeförderungsgesetz (PBefG) entsprechende Anpassungen vorzunehmen, um den bisher disparaten Zulassungsprozess für automatisierte Shuttles zu standardisieren und Kommunen in die Lage zu versetzen, Gebiete und Strecken für (teil-) automatische Fahrzeuge auszuweisen. Um diesen Transformationsprozess aber rechtlich abzusichern, wird vorgeschlagen, übergangsweise ein „Gesetz zur Einrichtung regulatorischer Experimentierräume für digitale Systeme im Verkehr“ einzurichten, in dem die vorhandenen Experimentierklauseln temporär in transparenter und revidierbarer Weise einge-

bracht werden. Damit kann auf kommunaler Ebene ein gerichtsfestes Verwaltungshandeln bei der Einrichtung von *Probetrieben und Experimentierräumen* gewahrt werden. Die öffentlichen Verkehrsunternehmen müssen darüber hinaus finanziell und strukturell in die Lage versetzt werden, Forschung und Entwicklung betreiben zu können. Dazu ist die bisherige Ausschreibungspraxis bei der Bestellung von Verkehrsleistungen abzuändern und zusätzlich mindestens ein Prozent der Bestellsumme als Innovationsfonds auszuweisen. Anzuregen ist darüber hinaus, dass der Bund mehrere „Innovations- und Kompetenzzentren für digitale Verkehrssysteme“ einrichtet, in denen Wissenschaft, Betreiber und NutzerInnen gemeinsam neue Systeme erproben.

1. Der Verkehr als gesellschaftspolitische Herausforderung

Der Verkehr ist *das* Sorgenkind des Klimaschutzes. Aktuell hat der gesamte Verkehrssektor einen Anteil von 22 Prozent an den Treibhausgasemissionen, dieser ist in den letzten beiden Jahrzehnten laufend gestiegen (siehe: UBA 2018: 6). Davon entfallen mehr als vier Fünftel auf den motorisierten Straßenverkehr, der nach wie vor zu 95 Prozent auf dem Einsatz von fossilen Kraftstoffen beruht (Agora Verkehrswende 2017: 8f.). Der Verkehr ist der einzige Sektor, in dem bislang keine Minderung der klimarelevanten CO₂-Emissionen erreicht werden konnte. Wenn die durchschnittliche Temperatur auf der Erde nicht stärker als zwei Grad steigen soll, muss der gesamte Güter- und Personenverkehr zu Lande, zu Wasser und in der Luft in den nächsten Jahrzehnten seine Energiebasis wechseln und dekarbonisiert werden. Dabei geht es nicht in der ersten Linie um eine neue Kraftstoffstrategie. Eine Substitution fossiler Energieträger durch strombasierte Kraftstoffe ist weder ökonomisch noch ökologisch vertretbar, denn dafür würde wegen der Umwandlungsverluste ein fünf- bis siebenfaches Volumen an erneuerbarer Energien gegenüber der Direktnutzung des Stroms in Elektromotoren benötigt (vgl. Agora Verkehrswende 2017: 52). Was Klimaschutz im Verkehr bedeutet, wird im Weißbuch der Europäischen Kommission schon im Jahr 2011 klar beschrieben: Bis spätestens 2050 sind die Treibhausgasemissionen im Verkehr in Europa um mindestens 60 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren (EU COM 2011). Nach dem Klimaschutzplan der Bundesregierung sollen die verkehrsbedingten Emissionen im Verkehr in Deutschland bereits bis 2030 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 sinken (BMUB 2016). Bei Nichterreichen dieser für den Verkehrssektor ambitionierten Vorgaben drohen erstmalig hohe Strafzahlungen.

Das ist das Ziel, tatsächlich nehmen die Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und deren Energiebedarf in Deutschland zu. Mittlerweile sind es fast 47 Millionen Pkw und über 65 Millionen Kraftfahrzeuge insgesamt (Kraftfahrtbundesamt 2018). In den letzten 25 Jahren haben die verbrauchsbedingten CO₂-Emissionen im Verkehr daher sogar noch zugenommen (vgl. Agora Verkehrswende 2017: 11). Zudem sind auch die Emissionen spezifischer Schadstoffe wie Stickoxide und Feinstaub aufgrund strengerer Grenzwerte zunehmend zum Problem geworden, und die Realverbräuche der Verbrennungsmotoren sind infolge des Dieselskandals nach 2015 in den Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit geraten. Offenkundig wurde, dass es zwischen den Herstellerangaben zum Kraftstoffverbrauch und den realen Verbräuchen über alle Fahrzeugklassen hinweg aktuell eine Kluft von ca. 40 Prozent gibt (ICCT 2019). Manipulierte Steuerungssoftware, die auf das Erkennen von Prüfstandsituationen ausgelegt ist, in denen eine optimale Abgasnachbereitung zuverlässig funktioniert, kam noch bis 2016 flächendeckend zum Einsatz. Zwar wurden in den letzten Jahrzehnten die Antriebe effizienter, auch konnten spezifische Gewichtseinsparungen mit leichteren Materialien erreicht und windschnittigere Fahrzeugdesigns entwickelt werden. Aber diese Effizienzgewinne sind wieder verlorengegangen, weil die Autos fortwährend größer, schneller und höher wurden. Die Anteile der Segmente verschoben sich weg von den Kleinwagen-Modellen und der unteren Mittelklasse hin zu den SUVs (siehe ICCT 2018: 15). Diese so genannten Reboundeffekte sind auch das Ergebnis veränderten Nachfrageverhaltens als Resultat von (Fehl)Anreizen wie dem Dienstwagenprivileg in Kombination mit einer optionalen Betriebskostenverrechnung für Selbständige oder der Flottengrenzwertberechnung nach Gewicht (vgl. Lange, Santarius 2018).

Aber nicht nur Schadstoff- und CO₂-Emissionen sind ein Problem des ungebrochen wachsenden motorisierten Individualverkehrs. Private Autos benötigen ebenso viel Platz – sowohl wenn sie fahren, als auch wenn sie stehen. Der Platzbedarf eines parkenden Autos beträgt durchschnittlich mehr als 13 Quadratmeter, bei 30 km/h ist dies bereits das Fünffache und bei 50 km/h das Zehnfache (siehe Randelhoff 2015 und Abb. 3 auf S. 14). Der Besetzungsgrad der aktuellen Fahrzeugflotten liegt bei 1,4 Personen (s. BMVI 2018), die durchschnittliche „Stehzeit“ erreicht einen Anteil von 95 Prozent (Canzler et al. 2018: 7ff.). Der massenhafte Individualverkehr kommt mit seinem *Raumbedarf* daher schon seit Jahren in vielen Ballungsräumen an seine Grenzen bzw. hat diese längst überschritten. In deutschen Städten und auch in anderen früh motorisierten Ländern wurde viel zu lange das Planungsideal der „autogerechten Stadt“ verfolgt (vgl. ebenda).

Die aktuelle Lage im Verkehr ist in jeder Hinsicht unbefriedigend. Zu viele Staus, zu hohe Schadstoffemissionen und ein zu hoher Flächenbedarf lassen den Verkehr in den Städten zur Tortur werden. Der Pendlerverkehr nimmt aufgrund mangelhafter Raumordnungspolitik unvermindert zu und lässt die Zahl der Fahrzeuge weiter steigen (siehe auch Box 1). Auf dem Land wiederum sind die Abhängigkeiten vom motorisierten Individualverkehr mittlerweile groß, Busse und Bahnen sind mit ihren starren Linienführungen und der Fokussierung auf den Schülertransport mit entsprechenden Fahrtzeiten vor 8 Uhr und am frühen Nachmittag keine Alternativen. Die Fläche Deutschlands besteht zu rund 60 Prozent aus dem ländlichen Raum mit einer Kfz-Dichte von mehr als 600 Fahrzeugen auf 1.000 Einwohner (BMVI 2018). Hier müssen neue experimentelle Wege gegangen werden, damit die Abhängigkeiten vom privaten Automobil reduziert werden können. Gebraucht wird eine integrierte Lösung für den städtischen Raum sowie für den Verflechtungsraum und für ländliche Regionen gleichermaßen, die die Zahl der Fahrzeuge drastisch reduziert und die Beweglichkeit der Menschen erhöht. Es ist also eine umfassende Verkehrswende notwendig und nicht nur eine „Antriebswende“ (vgl. Agora Verkehrswende 2017).

BOX 1: Die Dominanz des Autos: Pkw-Ausstattung der Haushalte

Die Zulassungszahlen haben einen historischen Höchststand erreicht. Das zeigt auch die Pkw-Ausstattung der Haushalte, die sich allerdings erheblich zwischen den Raumtypen, dem ökonomischen Status und den Haushaltstypen unterscheidet, wie die jüngsten Zahlen aus dem Jahr 2017 zeigen:

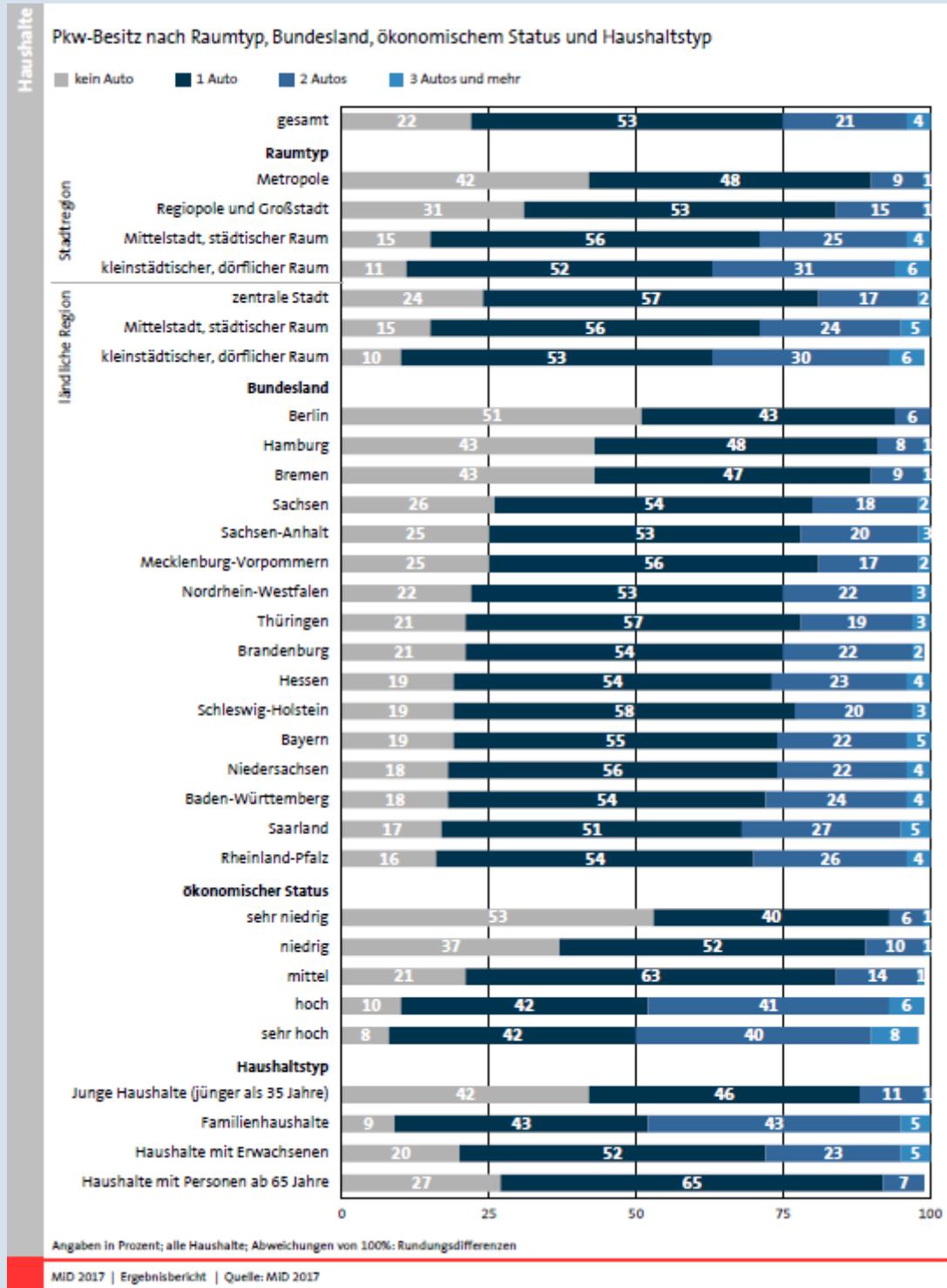
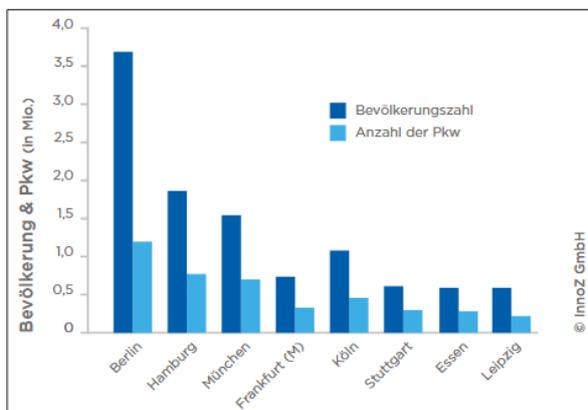


Abb. 1: Pkw-Ausstattung der Haushalte, Quelle: BMVI 2018: 35

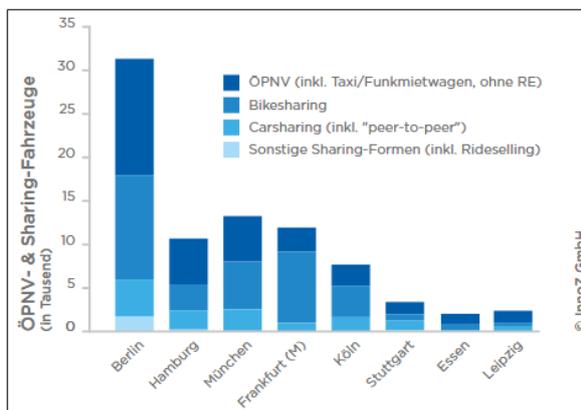
Neue Sharing-Angebote

Gleichzeitig ist trotz teilweise restriktiver Regulierung im Verkehr eine Vielzahl von neuen Optionen entstanden. Neben Automobilen, Bussen und Bahnen, Taxis und Mietwagen sowie Fahrrädern sind durch die Digitalisierung vielfältige neue Mobilitätsdienste mit Selbstfahrer-Mietfahrzeugen und Fahrdienste auf diversen Car-, Bike- und Scooter- sowie Ridesharing-Plattformen entstanden (s. im Überblick und im innerstädtischen Vergleich Abb. 2). Bei diesen digitalen Mobilitätsdiensten werden die Fahrzeuge im öffentlichen Raum abgestellt und per App gebucht. Neben den schon eingeführten Autos, Mopeds/Rollern/Motorräder, Fahrräder oder Pedelecs (elektrische Fahrräder) kommen aktuell oder in nächster Zukunft auch (elektrische) Tretroller oder (elektrische) Skate Boards dazu. Waren das klassische Carsharing und teilweise auch das Bikesharing noch stationsbasiert, sind die jüngeren Sharing-Angebote meistens „Free Floating“-Modelle. Die Folgen sind ambivalent und derzeit in vielen Städten zu sehen: Sharing-Fahrzeuge werden einfach auf der Straße, auf Plätzen oder auf Fußwegen und manchmal sogar auf Radwegen abgestellt. Die Konkurrenz um den knappen öffentlichen Raum nimmt zu.

Die Abbildung 2 zeigt auch: Die als Sharingfahrzeuge eingesetzten Pkw spielen im Vergleich zu den konventionellen privaten Fahrzeugen mengenmäßig noch keine Rolle. Allerdings ist die Entwicklungsdynamik der letzten Jahre beeindruckend, so sind derzeit fast 2 Millionen Bundesbürger bei den verschiedenen Carsharing-Anbietern angemeldet (vgl. BCS 2019). Die strategische Bedeutung von Sharingangeboten wächst: Sixt, BMW, Daimler und auch Volkswagen haben im ersten Quartal 2019 Investitionen in Milliardenhöhe für die Weiterentwicklung solcher Systeme und ihre Markteinführung angekündigt.



Bevölkerungszahl und PKW-Zahl, Stand 2017/18
 Recherche: Scherf; Grafik: Ruhrort/Niemeyer; Quelle: s. unten



Zahl der ÖPNV- und Sharing-Fahrzeuge, Stand 2017/18
 Recherche: Scherf; Grafik: Ruhrort/Niemeyer; Quelle: s. unten

Abb. 2: Pkws und Sharing-Fahrzeuge in den großen deutschen Städten, Quelle: Mobilitätsmonitor Nr.6, in: Internationales Verkehrswesen 2/2018, S. 71

Die Inbetriebnahme von Fahrzeugen im Rahmen von Roller-Sharing und (Kick-)Board-Sharing wird in den kommenden Monaten im Rahmen der Straßenverkehrszulassungsordnung bundesweit neu und einheitlich geregelt. Darüber hinaus sind weitere neue digitale Mobilitätsdienstleistungen im Bereich der Personenbeförderung in Erprobung. Dabei erhalten „digitale Sammelbeförderungsangebote“ eine wachsende Bedeutung. Mit Hilfe von digitalen Sammelbeförderungsangeboten oder konventionellen Ruf-Bussen werden Fahrtwünsche ohne Linienbindung abgewickelt und dabei Fahrten gebündelt („Ride-Pooling“). Die Buchung dieser Fahrten erfolgt „on demand“ per App. Vor allen Dingen die Freie und Hansestadt Hamburg entwickelt sich zu einem Testmarkt, auf dem Volkswagen mit Moia,

Daimler mit ViaVan, die DB AG mit ioki und das Startup Clever Shuttle solche Dienste einführen können. Diese als „Ride-Sharing“ oder auch als „Ride-Hailing“ bezeichneten Angebote werden zurzeit nur unter strengen Auflagen genehmigt, in der Regel müssen die Fahrzeuge über einen CO₂-freien Antrieb verfügen und die Zahl der Fahrzeuge ist begrenzt (Knie 2019). Parallel dazu hat insbesondere die Firma Uber das Geschäft mit Mietwagen ausgebaut und bietet Fahrten auf eigenen Plattformen an, ohne dass in jedem Falle die gesetzlichen Vorschriften immer erfüllt werden. So wird umgangen, dass die Mietwagen nach Fahrtende wieder zurück zum Ausgangsort fahren, die Fahrer über einen Personenbeförderungsschein verfügen und die Fahrzeuge als Selbstfahrervermietfahrzeuge angemeldet sind und damit einen besonderen Versicherungsschutz genießen. In Berlin sind nach vorsichtigen Schätzungen neben den 8.000 Taxilizenzen und 2.500 Mietwagen zusätzlich 3.000 Fahrzeuge auf diesen Plattformen verfügbar. Im Jahre 2019 sind in der Hauptstadt dann noch zusätzliche Car-sharingangebote von rund 8.000 Fahrzeugen von Volkswagen, Opel und Sixt zu erwarten: eine rasant Expansion, der allerdings immer noch rund 1,2 Mio. Pkw gegenüber stehen (ebenda).

Auch in ländlichen Gebieten wird mit digitalen Plattformen im Verkehr experimentiert. So wird in Thüringen beispielsweise ein „Bürger-Taxi“ als Pilot getestet: Auf Basis einer digitalen Plattform können Privatpersonen andere in einem definierten Gebiet – in der Regel in einer verwaltungstechnischen Abgrenzung und in einem ÖV-Bediengebiet – zu festgelegten Zeiten gegen ein Entgelt mitnehmen, das deutlich über den Betriebskosten liegt. Im Wartburgkreis sowie im bayerischen Freyung haben die Genehmigungsbehörden den Betrieb kleiner Fahrzeugflotten im on demand-Betrieb in enger Anbindung an den dortigen Nahverkehrs-Betreiber genehmigt.

Die Erfahrungen in Deutschland und in anderen Regionen der Welt zeigen, dass diese Mobilitätsdienste für viele Kunden attraktiv sein können und die Erreichbarkeiten in Städten und ländlichen Regionen deutlich verbessern. Das seit zwei Jahren im Regelbetrieb operierende „Ride-Sharing“-Angebot von Clever Shuttle hat in Berlin, Leipzig, München und Hamburg im ersten Quartal 2019 bereits mehr als eine Millionen KundInnen erreicht und weist eine Poolingquote, also Fahrten mit mehr als einem Passagier, von 42 Prozent aus (ebenda).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass im Verkehr weiterhin das private Automobil mit Verbrennungsmotor das vorherrschende Verkehrsmittel ist. Doch genauer betrachtet, ist die Situation zwischen Stadt und Land unterschiedlich. Während in der Stadt – zumindest gemessen an der Zahl der Wege – der Fuß- und Fahrradverkehr eine relevante Größe erreicht hat und der Nahverkehr mit Bussen und Bahnen in Metropolen eine Alternative darstellt, dominiert in Verflechtungsräumen sowie in ländlichen Gebieten hingegen das private Fahrzeug weiterhin unangefochten. Insgesamt steigt die Zahl der Autos sogar – und das auch noch überproportional bei den SUVs. Die Zahlen zu den Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs sind eindeutig: Ohne eine Trendwende sind die Klimaziele der Bundesregierung nicht zu erreichen. Gleichzeitig sind eine Reihe digitaler Plattformangebote entstanden, die zumindest das theoretische Potenzial haben, dass der Besetzungsgrad auch konventioneller Fahrzeuge deutlich erhöht werden könnte. Vor diesem Hintergrund ist das generelle Zielbild zu beschreiben, wie der Verkehr der Zukunft aussehen könnte und sollte, und welche Rolle dabei automatisiert fahrende Autos und andere Fahrzeugformate spielen.

2. Das Zielbild: Verkehr der Zukunft in Stadt und Land

Die Frage nach der Qualität des öffentlichen Raumes, mehr Platz für das Zufußgehen und Radfahren und nicht zuletzt die Ziele des Klimaschutzes bei einem gleichzeitig hoch performanten Verkehr bestimmt auch das *Zielbild* vom „Verkehr der Zukunft in Stadt und Land“. Ohne ein solches Zielbild ist es kaum möglich, über den Sinn und Unsinn verschiedener Optionen automatisierten – und möglicherweise eines späteren autonomen – Fahrens zu urteilen. Denn wie und in welche Richtung die Technologieentwicklung getrieben wird, hängt entscheidend von den Interessen der verschiedenen Akteure ab, deren Bedeutung erst dann erkennbar ist, wenn man diese Interessen mit einem Zielbild vergleicht. Derzeit werden der fachliche und auch der öffentliche Diskurs zum autonomen Fahren von der Vorstellung des „automatisierten Autofahrens“ beherrscht, wie sie die Automobilkonzerne verbreiten. Die Diskussion über den Verkehr der Zukunft ist geprägt von der gegenwärtigen Dominanz des privaten Autos (vgl. Freudendahl-Pedersen et al. 2019 und s. Box 1). Der Wunsch der Automobilhersteller ist es, dass bald alle Autos mit automatischen Funktionen ausgestattet und damit möglichst unfallfrei unterwegs sind. Die Car2Car-Kommunikation soll einen optimalen Verkehrsfluss garantieren. Dafür werden immense Investitionsbudgets mobilisiert und es werden sogar Unternehmensallianzen eingegangen, die noch vor kurzem undenkbar schienen (siehe Handelsblatt 2019). Ansonsten soll sich aber möglichst wenig ändern, denn die Fertigung und der Vertrieb von Fahrzeugen dominiert bis heute das Kerngeschäft der Hersteller und ihrer Zulieferer. Damit stecken die Autohersteller jedoch in einem unauflösbaren Dilemma, denn automatisch fahrende Fahrzeuge erlauben in letzter Konsequenz kein „Selbstfahren“ – die wörtliche Übersetzung von „Automobil“ – mehr, sondern die Technik „lenkt“. Das Leitbild des privaten Autos – „ich fahre also bin ich“ – wird somit vom Lauf der technologischen Entwicklung selbst überholt (Canzler et al. 2018). Solange die Automobilkonzerne die Verkehrslandschaft in erster Linie aus dem Blickwinkel „ihres Verkehrsgerätes“ betrachten, kommen die Potenziale und Chancen nicht in den Blick, die in einer Vernetzung von unterschiedlichen Verkehrsmitteln liegen.

Was zeichnet den Verkehr der Zukunft aus einer Verkehrswende-Perspektive nun aus, in der es neben der Erreichbarkeit und der gesellschaftlichen Teilhabe immer auch um die Klimaschutzziele und den Ressourcen- und Platzverbrauch des Verkehrs geht. Der Verkehr der Zukunft ist von drei Leitgedanken geprägt:

- (1) Eine hohe Beweglichkeit von Menschen und Gütern in einer sozial ausgewogenen und nachhaltigen Form ist das Ziel. Das bedeutet, dass die dafür benötigten Ressourcen effizient genutzt werden. Das gilt sowohl für die Infrastruktur wie Straßen, Stellflächen und Wege als auch für die eingesetzten Fahrzeuge. Fahrzeuge in der Stadt, die zu mehr als 90 Prozent im öffentlichen Raum stehen und in denen, wenn sie unterwegs sind, oft nur ein Sitzplatz belegt ist, haben in diesem Zukunftsbild keinen Platz mehr. Der private motorisierte Individualverkehr muss daher zur Erreichung des Zieles zugunsten neuer gemeinschaftlicher Mobilitätsformen („Sharing“) schrittweise zurückgefahren werden. Das bedeutet, dass sich der individualisierte Verkehrswunsch vom Eigentum an einem Fahrzeug löst und durch die Nutzung eines vielfältigen Fahrzeugparks ersetzt wird. Hierbei sind ganz unterschiedliche Qualitäts- und Servicelevels möglich. Zu berücksichtigen ist zugleich, dass nicht jede und jeder bereit ist, Fahrzeuge und Fahrten mit anderen zu teilen und der Wunsch nach „Eigenraum und Ei-

genzeit“ (Knie 1997) zumindest zu bestimmten Anlässen und zeitweise befriedigt werden können muss. Zugleich ist ein sukzessiver Umstieg von Diesel- und Benzin-Pkw auf elektrisch betriebene Fahrzeuge zu vollziehen und der Fuß- und Fahrradverkehr wirksamer und nachhaltiger in der Aufteilung und Gestaltung des öffentlichen Raums zu berücksichtigen. So werden Lärm- und Schadstoff-Emissionen verringert und die CO₂-Reduktionsziele erreicht. Das heißt, der Verkehr der Zukunft wird digital vernetzt, elektrisch betrieben und multioptional verfügbar sein, um auf diese Weise nicht nur einen höheren Komfort, sondern auch eine optimale Nutzung vorhandener Ressourcen zu erreichen. Mehr Mobilität mit weniger Fahrzeugen also. Das Alternativmodell zum privaten Auto besteht aus einer Vielzahl von Verkehrsgeräten und -angeboten und ist eine Kombination aus schienen- und liniengeführten Großgefäßen sowie flexiblen Individualbausteinen (vgl. ausführlicher: Canzler, Knie 2016: 71 ff.).

- (2) Dieses Zielbild setzt auf eine Kombination aus klassischer staatlicher Daseinsvorsorge und marktwirtschaftlichen Elementen und steht damit in einer europäischen Tradition. Die Kunst der *Orchestrierung* liegt darin, den Verkehr flüssig, sozial gerecht und nachhaltig zu organisieren und dabei die gemeinschaftlichen Ressourcen, insbesondere die öffentlichen Räume und Infrastrukturen, viel effizienter zu nutzen, als der bisherige motorisierte Individualverkehr dies konnte. Für die NutzerInnen sollen dabei alle Mobilitätsangebote so einfach wie das gewohnte private Auto und daher aus einer Hand zugänglich sein. Mobilität wird in der Stadt der Zukunft routinemäßig über digitale *Zugänge* erfolgen (s. Box 2). Hierzu muss insbesondere das bisherige „Grundgesetz“ des Öffentlichen Verkehrs, das Personenbeförderungsgesetz, angepasst werden: Einerseits müssen der Zuständigkeitsbereich ausgeweitet und neue digitale Dienste berücksichtigt werden, andererseits unternehmerische Elemente eine neue Bedeutung im Regulierungsansatz gewinnen. Auf dem Land wiederum ist das liniengeführte Großgefäß nur noch für ausgewählte Einsatzzwecke relevant („Hub and Spoke“), während die Feinverteilung durch Fahrzeuge erfolgt, die sich zwar noch in privatem Eigentum befinden, aber durch digitale Plattformen zumindest temporär gemeinschaftlich genutzt werden (vgl. Kap. 3, S. 26 ff.).
- (3) Um ein Höchstmaß an Beweglichkeit für alle zu erreichen, muss die Zahl der motorisierten Verkehrsgeräte in einem Ballungsraum begrenzt werden. Als Richtzahl plädiert das Umweltbundesamt für 150 Autos pro 1.000 Einwohnern (UBA 2017: 19). Dabei sollen alle verfügbaren Angebote von schienen- und liniengeführten Großgefäßen sowie flexiblen Angebotsformen vernetzt werden. Für die NutzerInnen muss die Kombination der Mobilitätsdienste einfach sein. Die Unterscheidung zwischen „privat“ und „öffentlich“ erodiert, der Individualverkehr ist nicht mehr länger an das Eigentum an einem Verkehrsgerät gebunden. Auf lange Sicht sind bei der Zahl der Fahrzeuge erhebliche Reduktionspotenziale vorstellbar: Wenn Fahrzeugflotten durch die Entwicklung digitaler Steuerungs- und Dispositionssysteme in städtischen Räumen als Teil des Nahverkehrs integriert werden, dann kann die Zahl der notwendigen Fahrzeuge sogar bis auf 50 Einheiten pro 1.000 EinwohnerInnen abgesenkt werden (vgl. ITF 2016). Das würde bedeuten, dass Berlin beispielsweise rein rechnerisch statt mit 1,2 Mio. Autos, mit nur 80.000 Fahrzeugen im Personenverkehr auskommen könnte.

BOX 2: Mobilität aus einer Hand – „Mobility-as-a-Service (MaaS)“

Die Annahme steht im Raum, dass die Digitalisierung einen Paradigmenwechsel im Mobilitätsverhalten induziert: Mobilität wird in der Stadt der Zukunft nicht mehr primär auf Basis privater Fahrzeuge, sondern mittels digitaler Zugänge unter Nutzung von vorhandenen Fuhrparks erfolgen. Per App können die verschiedenen Dienste gebucht werden. Um einen einfachen Zugang zu allen Mobilitätsdiensten „aus einer Hand“ zu realisieren, ist der Zugang zu diesen verschiedenen Mobilitätsformen über integrierende Buchungsplattformen zu ermöglichen. Die Idee der *Mobilität aus einer Hand* lässt sich an einem Beispiel illustrieren: *Morgens zur Arbeit von zuhause per Bike Sharing zur S-Bahn, dann umsteigen auf den Bus bis zum Arbeitsplatz. Zum Feierabend mit dem elektrischen Scooter von der Arbeit ins Kino. Und vom Kino nach Hause mit einem digital vermittelten Sammel-Taxi. Die Buchung und Bezahlung dieser Reisekette erfolgt über eine App.* Ein solches integriertes Verkehrsangebot erfährt seit einiger Zeit unter dem Label „Mobility-as-a-Service (MaaS)“ eine hohe Aufmerksamkeit. Vorreiter war ein gleichnamiges Unternehmen in Helsinki, das erstmals ein multimodales Verkehrsangebot auf einer App anbot und mittlerweile weltweit agiert (vgl. Hietanen 2014). Start-ups und innovative Verkehrsunternehmen sehen vor allem flexible StadtbewohnerInnen und die digital sozialisierten jüngeren Generationen als potenzielle MaaS-NutzerInnen. Bisher fehlen jedoch MaaS-Standards, sodass die einzelnen Plattformen – auch wenn sie von potenten Anbietern protegiert werden – das strukturelle Problem der unzureichenden Implementation haben und die notwendige kritische Masse an NutzerInnen bisher noch nicht erreichen (vgl. dazu: Jittrapirom et al. 2017).

Das skizzierte Zielbild einer effizienten und vernetzten Mobilität ist vor allem auf die Stadt bezogen. Dort gilt es für eine bessere Luft, weniger Lärm und mehr Flächengerechtigkeit im öffentlichen Raum zu sorgen. Diese Ziele treffen auf einen breiten Konsens (s. Deutscher Städtetag 2018; UBA 2017; ADAC/Zukunftsinstitut 2017; Greenpeace 2017). Eine höhere Lebensqualität in der Stadt entscheidet sich an der Verteilung und am Zugang zu öffentlichen Räumen. Mehr Flächengerechtigkeit heißt vor allem, mehr Platz für die aktive Mobilität auf Kosten des Autos zu schaffen (zum Flächenbedarf der verschiedenen Verkehrsmittel: Randelhoff 2015, zum ruhenden Verkehr: FGM/AMOR 2015, siehe auch Abb. 3).



Abb. 3: Flächenbedarf der verschiedenen Verkehrsmittel, Quelle: Randelhoff 2015

Auf dem Land hingegen liegt der Schwerpunkt eines künftigen nachhaltigen Verkehrs etwas anders. Das Auto selbst wird hier auch in Zukunft wichtig bleiben, zumal auch die durchschnittlichen Wege länger sind als in der Stadt. Die hohe Bedeutung des Autos unterstreichen auch die jüngsten Befragungen im Rahmen der durch das BMVI beauftragten Verkehrsbefragung „Mobilität in Deutschland“ (s. Abb. 4). Jedoch kann auch auf dem Land zukünftig eine hohe Mobilität mit weniger Fahrzeugen und weniger negativen Externalitäten umgesetzt werden. Der Schlüssel dazu liegt in der Elektrifizierung der Antriebe, in der Entwicklung eines intelligenten öffentlichen Verkehrsangebots unter Nutzung der Chancen von automatisierten Fahrzeugen und in der konsequenten Erschließung der Kapazitäten der privaten Pkw für ein multioptionales Verkehrsangebot.

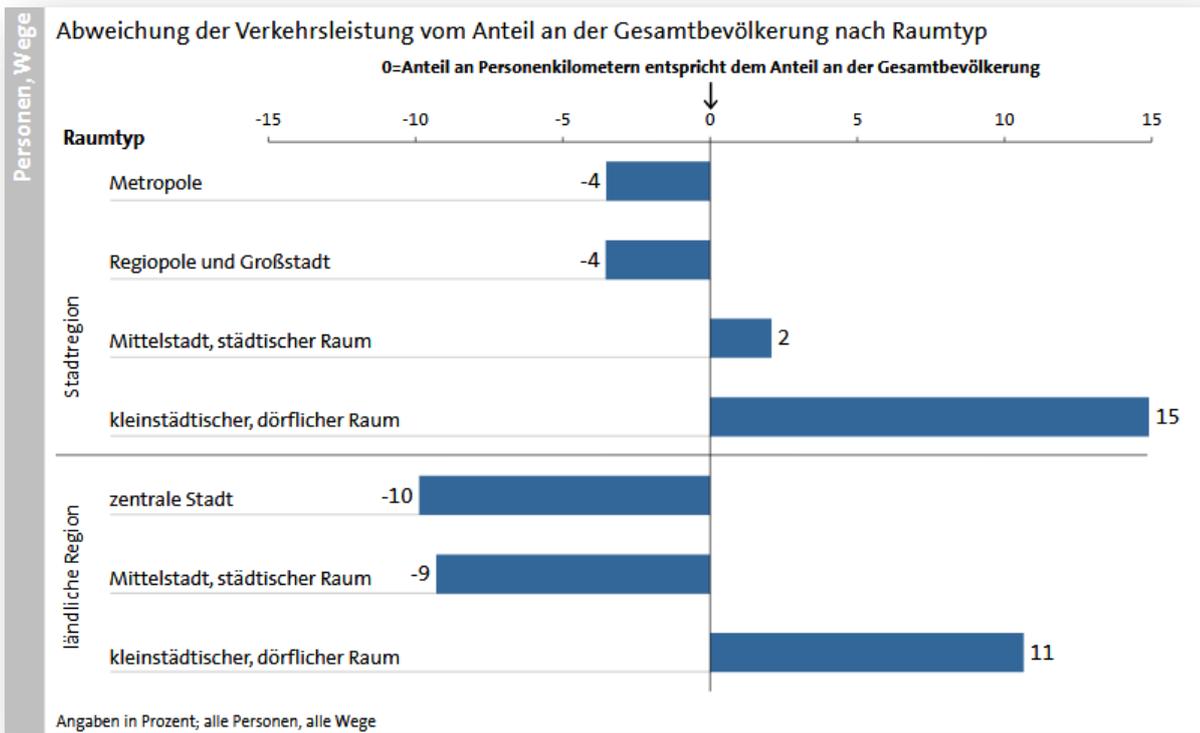


Abb. 4: Verkehrsleistung nach Raumtyp, Quelle: BMVI 2018: 31

Die Antriebswende auf der Grundlage Erneuerbarer Energien ist auf dem Land das vordringliche Ziel der Verkehrswende. Die Ausgangsbedingungen dafür sind nicht schlecht: Schon heute sind mehr als 1,5 Millionen private PV-Dachanlagen im ländlichen Raum bzw. in Kleinstädten installiert. Diese können für das Laden von E-Fahrzeugen genutzt werden, was zum einen für ältere Anlagen nach dem Auslaufen der EEG-Einspeisevergütung eine attraktive Option ist und zum anderen Bestandteil von Schwarmstrom-Konzepten für neue, vernetzte PV-Anlagen. Elektromobilität ist angesichts des Preisverfalls von PV-Modulen eine lohnende Option sowohl für so genannte ProsumentInnen als auch für EE-Erzeuger-Gemeinschaften (vgl. Canzler, Knie 2013: 45ff.). Der weitere dezentrale Ausbau der Erneuerbaren Energien ist dafür jedoch eine entscheidende Vorbedingung.

Darüber hinaus sind aber zusätzliche Flexibilitätsoptionen im Verkehr selbst nötig. Eine intermodale Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsmittel kann sich im ländlichen Raum am aus der Luftfahrt bekannten „Hub-and-spoke-Konzept“ orientieren. Das bedeutet konkret: E-Autos werden als „Zubringer“ zum nächsten größeren Verkehrsknotenpunkt genutzt, die Fahrt kann dann mit einem schienengebundenen Verkehrsmittel fortgesetzt werden (vgl. Canzler, Knie 2016: 83 ff.). Dazu müssen selbstredend die Verbindungen zu und zwischen den Hubs und Spokes deutlich verbessert werden. Das bedeutet auch, dass die Planung eines zukünftigen Eisenbahnnetzes sich von der Idee einer flächendeckenden Bereitstellung zu bedarfsgerechten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen wandeln muss. Derzeit wird der Öffentliche Verkehr von denen genutzt, die keine Alternativen oder konkurrenzlos günstige Zeittickets haben. Im Jahre 2018 waren rund 90 Prozent der Passagiere öffentlicher Verkehrsmittel in ländlichen Regionen SchülerInnen, Studierende und Auszubildende (VDV 2019).

Zum Zielbild einer nachhaltigen Mobilität auf dem Land gehören neben der Elektrifizierung der Fahrzeuge und der Einführung eines „Hub-and-spoke-Systems“ vor allem aber auch neue effiziente Angebote des „Teilens“ von Transportkapazitäten, die den bisherigen motorisierten Individualverkehr mit privaten Autos ablösen. Mittels digitaler Plattformen können Sitzplätze angeboten, gebucht und abgerechnet werden. Der Betrieb solcher Plattformen sollte wie auch in der Stadt von einem Aufgabenträger organisiert werden, die Angebote selbst sollten unter definierten Rahmenbedingungen aber frei wählbar sein und ausreichend Anreize zur Bereitstellung geben (Knie, Ruhrort 2019).

Darüber hinaus ist es vor allem in Hinblick auf den Stadt-Umland-Verkehr vielversprechend, neue Möglichkeiten im Grenzbereich zwischen privaten und öffentlichen Verkehrsmitteln zu eröffnen und gezielt zu fördern. Das private Auto, das am Wohnort im ländlichen Raum als einzige Option erscheint, kann im Übergang in die Stadt zu einem öffentlichen Verkehrsmittel werden – wenn intelligente, auf Effizienz und Nachhaltigkeit ausgerichtete Rahmenbedingungen dies befördern. Am Beispiel des Stadt-Umland-Verkehrs lässt sich aufzeigen, wie auch jenseits der hoch verdichteten Innenstädte effiziente Verkehrsoptionen priorisiert werden können. Denkbar wäre, dass eine Stadt wie Stuttgart künftig öffentliche Parkflächen nur noch für „geteilte“ Fahrzeuge zur Verfügung stellt. PendlerInnen aus dem Umland würden dann verstärkt attraktive Miet- und Mitfahrangebote nutzen statt ihre Autos acht Stunden vor dem Büro stehen zu lassen. Durch eine intelligente Dispositionssoftware verbunden mit Nutzeranreizen lassen sich bisher exklusiv verwendete Fahrzeuge für gemeinschaftliche Nutzungen öffnen.

Ein in Deutschland bislang wenig diskutiertes verkehrspolitisches Steuerungsinstrument sind Straßennutzungsgebühren. Diese oft als „Maut“ bezeichneten Abgaben sind seit vielen Jahren in skandinavischen Städten Alltag. Durch differenzierte Straßennutzungsgebühren könnten gezielt Fahrzeuge im Sharing-Modus begünstigt werden. Wer zum Beispiel als Pendler auf dem Weg in die Stadt zwei weitere PendlerInnen mitnimmt, zahlt weniger Gebühren auf den staubelasteten Straßen.

Die Beispiele zeigen, dass vielfältige Möglichkeiten bestehen, Stadt- und Umlandverkehr intelligent zu verknüpfen und damit eine ökologisch effiziente und stadtverträgliche Mobilität für alle zu sichern. In einem solchen Zielbild können dann auch automatisierte Fahrzeuge eine Rolle spielen, wenn sich der Besetzungsgrad dadurch erhöhen lässt. Es wäre denkbar, dass definierte Quartiere oder Bezirke dann tatsächlich für einen automatisierten Fahrzeugbetrieb freigeschaltet würden, wenn auf diese Weise zusätzliche Transportkapazitäten gewonnen würden. Sowohl in der Stadt als auch auf dem Land erhalten in diesem Verkehrswende-Zielbild darüber hinaus der Fuß- und der Radverkehr eine große Bedeutung. Ihr Anteil am Modal-split soll schließlich in allen Raum- und Siedlungstypen steigen. Dass das tatsächlich möglich ist, zeigen beim Fahrrad die Vorbildstädte Kopenhagen, Utrecht oder Groningen. Auch Münster, Erlangen und Bremen können beeindruckende Radanteile vorweisen, wenn auch vor allem auf die Innenstadtbereiche beschränkt. In den Niederlanden hingegen ist der Anteil des Radverkehrs selbst in Kleinstädten, auf dem Land und sogar im interkommunalen Pendlerverkehr dank der hohen Verbreitung von Pedelecs und vor allem wegen eines schnellen und sicheren Radwegenetzes hoch (vgl. Heinen et al. 2010).

Der Verkehr der Zukunft öffnet die vorhandene Fahrzeugflotte für kollektive Nutzungen und schafft durch eine intermodale Verknüpfung mit Bussen und Bahnen mehr Kapazitäten und flexiblere Zugänge. Je höher der Automatisierungsgrad, umso mehr Optionen entstehen bei der intelligenten Disposition: Mehr Mobilität mit weniger Fahrzeugen.

3. Automatisiertes Fahren: Chancen für den Öffentlichen Verkehr

Die Aufmerksamkeit für das automatisierte Fahren liegt derzeit noch eindeutig beim klassischen Auto. Bilder mit Fahrzeugen, deren Insassen nicht mehr lenken müssen und sich mit Gesellschaftsspielen die Zeit vertreiben, dominieren seit den 1960er Jahren bis heute die mediale Repräsentation. Dabei sind erste vielversprechende Praxistests mit Fahrzeugen unterwegs, die aus Kleinbussen mit derzeit neun-, zwölf- oder 20 Sitzen und völlig ohne Steuerkabine und mit automatischen Türen bestehen. Ein Lenkrad gibt es hier nicht mehr. Es handelt sich um ein neues Fahrzeugformat mit einem ungewohnten Erscheinungsbild, angetrieben von einem Elektromotor und bereits teilweise aus dem 3D-Druck gefertigt. Seit 2016 laufen Pilotversuche mit solchen (teil-) automatisierten Shuttles. Sie leisten auf abgeschirmten Arealen und Strecken einen Fahrbetrieb ohne Fahrer (sondern lediglich mit einem „Fahrtbegleiter“ oder „Steward“). Solche Fahrzeuge verkehren nicht mehr in einem Taktfahrplan, sie stoppen nicht mehr an Haltestellen. Sie kommen on demand, also auf Verlangen (vgl. Hunsicker et al. 2017 und Box 3).

BOX 3: Technikentwicklung und Annahmen zur Einführung und Verbreitung des AF

Auf europäischer Ebene koordiniert der European Road Transport Research Advisory Council (ERTRAG) die Definition und Implementation von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben auch für das automatisierte Fahren. Für die Annahmen zur Einführung und Verbreitung des automatisierten Fahrens gilt die ERTRAG-Roadmap, auf sie haben sich die wichtigsten Akteure in der Industrie, in der Wissenschaft und auch in der Verwaltung geeinigt. Sie wurde zuletzt 2017 upgedatet (vgl. ERTRAG 2017). Im Zuge dieser Aktualisierung wurde die Umsetzungsphase für Level 5 aus dem Jahr 2015 von 2028-30 auf deutlich nach 2030 verschoben:

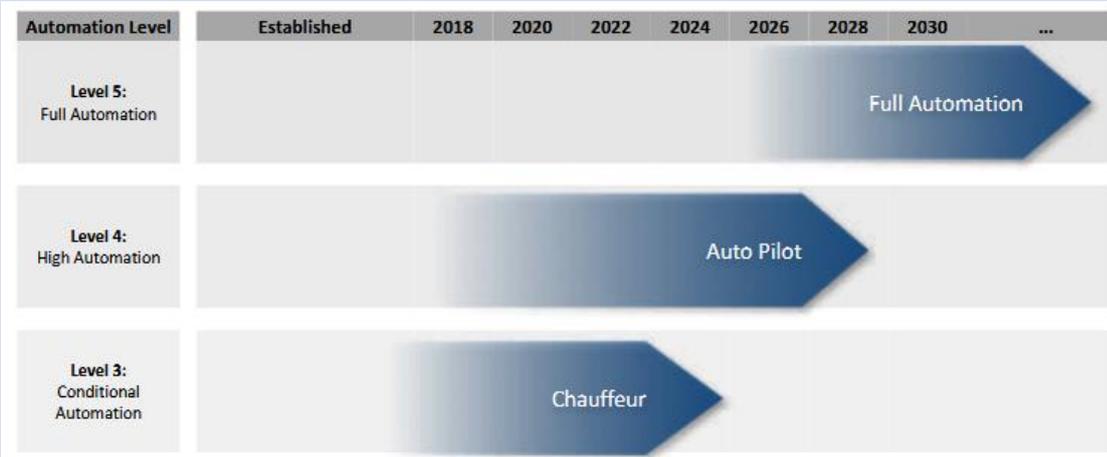


Abb. 4: Umsetzungsphasen Level 3-5, Quelle: ERTRAG 2017: 12

Diese Level 5-Erwartung der Roadmap ist immer noch sehr ambitioniert, während die Projektionen zu Level 3 und 4 bereits umgesetzt werden. So arbeiten die Autohersteller intensiv am „Traffic Jam- und Highway-Chauffeur“, hier ist das Problem der „Rückkehrphase“ – also der Zeitraum des Übergangs vom automatisierten Steuern des Fahrzeugs zurück zum

Fahrenden – noch zu lösen. Zur Unfallvermeidung ist es entscheidend, dass es klare Abläufe zur Rückkehr des Fahrenden in die Rolle des Fahrzeugführenden gibt. Akzeptanz auf Seiten der NutzerInnen wird es nur geben, wenn dieser Übergang stressfrei abläuft. Die Frage ist, welche „Nebentätigkeiten“ den Fahrenden erlaubt sind und wie ein schneller Rollenwechsel – innerhalb von wenigen Sekunden und möglicherweise aus einem Zustand der Entspannung bis hin zum Halbschlaf – vom Gefahrenwerden zum Selberfahren gelingt (vgl. Wolf 2015). Derzeit finden eine Reihe von Forschungsvorhaben statt, in denen Regeln und technische Warnsignale für den Rückkehrfall des Passagiers getestet werden. Die Level-3-Techniken werden auf Seiten der deutschen OEMs bereits angekündigt. Sie sollen wie üblich bei teuren und aufwendigen technischen Zusatzsystemen über das Luxussegment eingeführt werden. Daimler beispielsweise hat den Autobahn-Piloten, das Kernstück der Level 3-Assistenzsysteme, für die S-Klasse für das Jahr 2021 angekündigt, BMW plant einen Elektro-SUV mit dieser Technik auch für 2021 (Handelsblatt 21.1.2019).

Die US-amerikanischen Digitalunternehmen Google (Waymo) und Uber testen bereits seit geraumer Zeit mit Fahrzeugen auf Level 4-Basis. Die Unternehmen arbeiten mit Hochdruck zum einen an der Entwicklung fahrerloser Taxidienste (Uber) und zum anderen an einer generellen KI-basierten Plattform für das autonome Fahren (Waymo). Obwohl beide Unternehmen keine Jahreszahl genannt haben, suggerieren sie eine baldige Marktreife autonomer Fahrzeugflotten. Allerdings sind nach Expertenmeinungen solche Systeme innerhalb der nächsten beiden Jahrzehnte im Realbetrieb nicht zu erwarten (z. B. Rehtin 2018 oder Wolmar 2018 und jüngst: Fry 2019).

Varianten des automatisierten Fahrens

Die heute schon im Testbetrieb eingesetzten Shuttles sind nur eine Form des automatisierten Fahrens im Öffentlichen Verkehr, die Varianz in dieser Technologieentwicklung ist sehr breit. Sie reicht von der Automatisierung klassischer Busse und Bahnen, die liniengeführt und fahrplangetaktet sind, bis – in längerer Perspektive und mit noch erheblichen Unsicherheiten behaftet – zu autonomen Fahrzeugen, die keinerlei Einflussmöglichkeiten der Passagiere mehr zulassen und als sich selbst regulierende Systeme operieren. Anerkannte internationale Grundlage aller Aktivitäten in diesem Feld ist das so genannte 5 Level-Modell, in dem die einzelnen Entwicklungsschritte definiert sind (vgl. SAE International 2018):

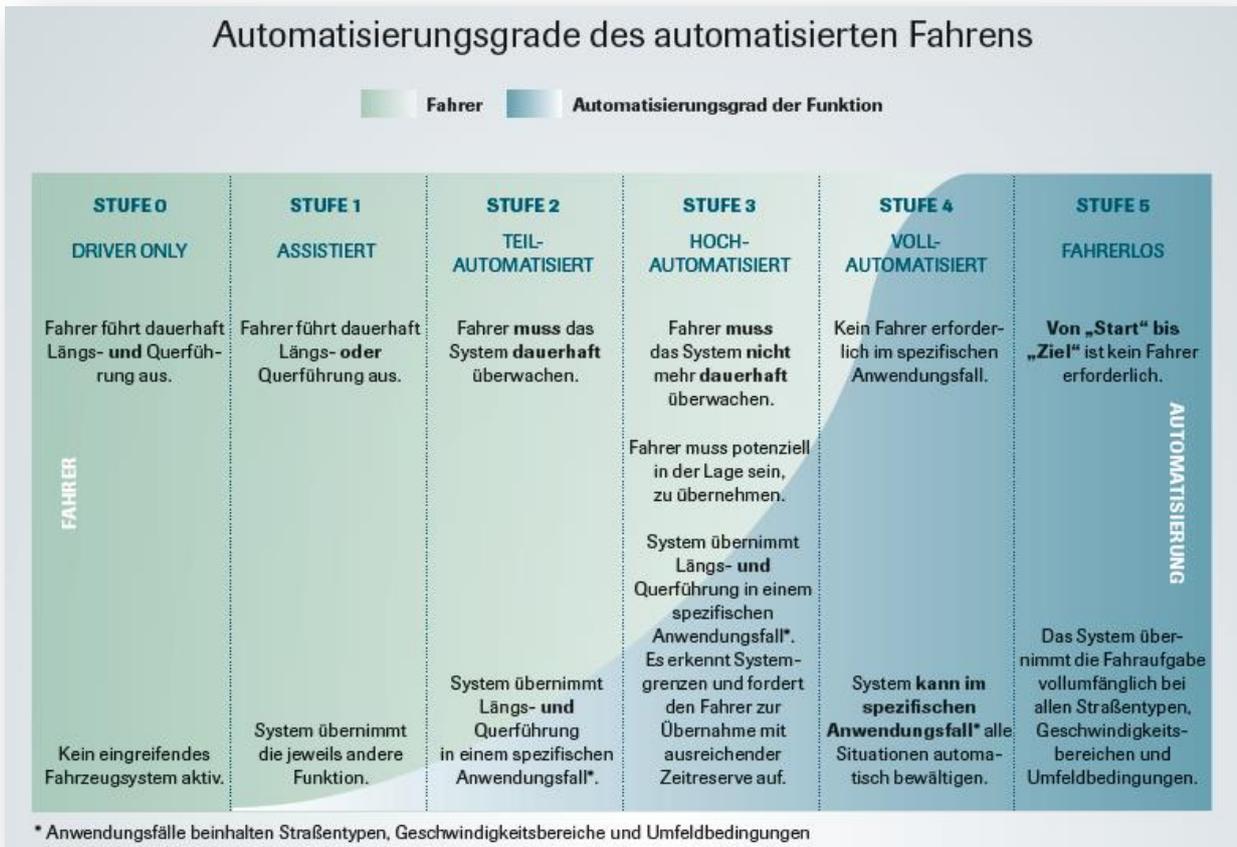


Abb. 3: Automatisierungsgrade nach dem 5 Level-Modell, Quelle: VDA 2015 nach ERTRAG 2015

Moderne Autos sind heute bereits in der Lage, Störungen und Unregelmäßigkeiten wie ein zu dichtes Auffahren oder das Verlassen der Spur über Sensoren zu erkennen und eigenständig korrigierend darauf zu reagieren. Auch das Fahren in Kolonne auf Autobahnen (das so genannte Platooning) und das Ein- und Ausparken in Parkhäusern (das „Valet-Parking“) können die Fahrzeuge schon selbstständig. Gemäß der genannten Entwicklungsskala wird aktuell ein Ausrollen von Systemen des Levels 3 vorbereitet. Dabei handelt es sich um umfassende Fahrerassistenzsysteme. Für Anwendungen des Levels 4 finden FuE-Projekte und auch Pilotversuche bereits statt. Level 5-Vorhaben sind in Planung und werden unter Laborbedingungen bereits erprobt, ein Regelbetrieb auf öffentlichen Straßen ist nach übereinstimmender Expertenmeinung innerhalb der nächsten 20 Jahren aber nicht wahrscheinlich (u.a. und im Überblick: Litman 2018). Denn der Betrieb solcher Systeme setzt einen hohen technischen Reifegrad voraus, die auch im „Mischverkehr“ mit anderen Verkehrsteilnehmern funktionieren. Eine breite Implementierung ist von einer Vielzahl politischer und rechtlicher Rahmenbedingungen abhängig. Eine Debatte, die Fragen nach Einsatz- und Betriebsszenarien autonomer Flotten im öffentlichen Raum klärt, hat aber noch gar nicht begonnen. Rechtliche Grundlagen oder Rahmenbedingungen existieren noch nicht einmal als Konzept. Zwar wurde die *Wiener Übereinkunft*, eine internationale Konvention aus dem Jahre 1968 zu grundsätzlichen Regeln des Straßenfahrzeugverkehrs, im Jahre 2016 so abgeändert, so dass nicht mehr zwingend vorgeschrieben ist, dass beim Lenken eines Fahrzeuges immer mindestens eine Hand am Lenkrad zu sein hat. Technische Unterstützungs- und Überwachungshilfen sind bei der Steuerung von Fahrzeugen seither zulässig, doch müs-

sen der Fahrzeugführer und die Fahrzeugführerin immer noch jederzeit die Kontrolle ausüben können.

Neben den ungelösten technologischen Herausforderungen ist vor allen Dingen die Frage des Betreibermodells bei vollautonomen Fahrzeugen offen: Wer betreibt ein solches System auf Basis welches Geschäftsmodells? Es ist kein Zufall, dass ausgerechnet die US-amerikanischen Plattformbetreiber Uber und Waymo, ein Unternehmen der Alphabet Gruppe (Google), mehrere Milliarden Dollar in die Entwicklung solcher Systeme investieren. Das Kapital wird in erster Linie als eine Wette auf die Zukunft eingesetzt und ist von der Hoffnung getrieben, dass Firmen, die solche Technologien beherrschen, in ihrem Wert stark steigen. Ein Geschäftsmodell, das einen Break Even Point nach spätestens fünf Jahren verlangt, kennen solche Unternehmen nicht. Automobilhersteller wiederum operieren genau nach dieser Logik eines definierten Break Even und zögern daher mit Blick auf einen unsicheren Return on Investment mit weiteren Investitionen. Zugleich zeichnet sich ab, dass diese Systeme, genauso wie heute der Öffentliche Verkehr, nicht rein privatwirtschaftlich, sondern nur als öffentliche Systemdienstleistungen in einem entsprechend öffentlichen Finanzierungsrahmen betrieben werden können. Die Automobilbranche würde sich daher in Richtung eines öffentlichen Verkehrsbetreibers entwickeln, eine Perspektive, die in der Branche zurzeit wenig Unterstützung findet. Die etablierten Betreiber von öffentlichen Verkehren, also in der Regel die Betreiber von Bahn- und Bussystemen, sind wiederum weder in Europa noch in Nordamerika in der Lage, die notwendigen Investitionsmittel zu generieren und die erforderlichen Kompetenzen bereitzustellen. Die Treiber bei der Technologieentwicklung des automatisierten Fahrens sitzen wie erwähnt daher in Nordamerika, wo die genannten Konzerne alleine im Jahr 2018 rund 1 Mrd. EUR in solche Systeme investiert haben. Uber plant zudem im ersten Quartal 2019 durch den Gang an die Börse rund 120 Mrd. EUR einzunehmen, die nach Firmenangaben zum großen Teil für die Entwicklung autonomer Fahrzeugflotten verwendet werden sollen (Uber 2019). Öffentliche Verkehrsunternehmen einschließlich der Deutschen Bahn werden im Jahr 2019 für die Entwicklung (teil-)automatisierter Shuttles hingegen voraussichtlich lediglich einen einstelligen Millionenbetrag ausgeben können. Und auch dieser Betrag wird angesichts des großen Finanzierungsbedarfes im „Kerngeschäft“ möglicherweise gar nicht zu Verfügung stehen. Die im Haushalt 2020 fixierten Etatwerte für Investitionen in den Schienenausbau sowie die Digitalisierung des Schienenverkehrs bleiben jedenfalls – trotz anders lautender Medienberichte – weit hinter den Erwartungen der Branche zurück. Statt für den Neu- und Ausbau die von der Branche geforderten zusätzlichen 3 Mrd. sind im Haushalt lediglich 1,5 Mrd. EUR vorgesehen. Der Bund zahlt der DB AG rund 3,5 Mrd. EUR für den Betrieb des Schienennetzes. Auch bei der Digitalisierung der Schiene (ETCS, Stellwerke) werden die geforderten Etatwerte nicht erreicht. Das seit Jahren diskutierte „Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung“ ist zwar formal gegründet, aber immer noch nicht arbeitsfähig. Für die Beschaffung von Fahrzeugen sowie den Ausbau der Infrastruktur im Nahverkehr konnten zwar nach vielen Jahren die im „Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz“ (GVFG) festgelegten Bundesmittel aufgestockt werden. Das Geld reicht jedoch lediglich für die Aufrechterhaltung des jetzigen operativen Standards (newstiks, 20.3.2019). Insgesamt ist festzuhalten, dass die Ankündigungen der Bundesregierung, dem Verkehrsträger Schiene eine höhere Aufmerksamkeit zu widmen, weder im aktuellen Haushaltsplan noch in strukturellen Veränderungen der Forschungs- und Entwicklungslandschaft erkennbar sind. Bund und Länder sichern damit lediglich den jetzigen Status quo ab.

Um autonome Fahrzeuge entsprechend des Zielbildes zu entwickeln, fehlt es an geeigneten Akteuren. Es ist zu erwarten, dass weder Plattformbetreiber noch Autohersteller sich auf die Erfordernisse eines nachhaltigen und sozial ausgewogenen Öffentlichen Verkehrs einlassen und im Rahmen ihrer

eigenen Geschäftsstrategien die Ziele eines daseinsvorsorgenden Staates abbilden. Die Entwicklung autonomer Fahrzeugsysteme im Sinne einer Modernisierung des Öffentlichen Verkehrs ist daher nicht zuletzt auch eine politische Frage.

Risiken der Automatisierung privater Pkw im Kontext der Klimaschutzziele

Wie oben bereits beschrieben, werden vollautomatische oder gar autonome Fahrzeuge, die sich in allen Straßenräumen fahrerlos bewegen können, nicht in den nächsten 20 Jahren Realität werden. Aber auch die heute schon erreichten Zwischenstadien von halbautomatisierten Fahrzeugen werfen die Frage auf, welche technischen Entwicklungen wir angesichts der Klimaschutzziele, einer angestrebten Neuaufteilung der öffentlichen Verkehrsflächen und einer generell zu verbesserten Lebensqualität befördern möchten und wo nachgesteuert werden muss (vgl. Fleischer/Schippl 2018). Im Kern gilt: Neue Funktionen wie das automatisierte Fahren auf langen Strecken, auf der Autobahn oder auch der Stauassistent werden von den Herstellern mit dem Ziel entwickelt, den Komfortstatus zu erhöhen und die Bindung an die Geräte zu verstärken. Gelingt dies, würden die Zahl der Fahrzeuge und die mit einem geringen Besetzungsgrad gefahrenen Kilometer mutmaßlich steigen.

Denn wenn die Zeit auf der Autobahn oder im Stau besser als zuvor für Telefonate, Unterhaltung oder Entspannung genutzt werden kann, wird es attraktiver, z.B. eine längere Pendelstrecke zur Arbeit in Kauf zu nehmen. Der derzeit bestehende Vorteil des Öffentlichen Verkehrs verliert sich dadurch, Verkehr würde noch exklusiver (s. ISI 2019). Unter ceteris paribus-Bedingungen gilt also, dass schon das teilautomatisierte Fahren die Nutzung des privaten Pkw und damit einen ressourcenintensiven Mobilitätsstil attraktiver machen kann, der den Herausforderungen insbesondere in Ballungsräumen nicht gerecht wird. Umso wichtiger ist es, in einem frühen Stadium der Entwicklung (teil-)automatisierter Fahrzeuge die Rahmenbedingungen des Verkehrs auszuhandeln und zu gestalten. Betrachten wir die von der deutschen Bundesregierung verabschiedeten Klimaschutzziele und die damit zwingende Dekarbonisierung des Verkehrssektors bis zum Jahr 2050 als gesetzt, so ergeben sich klare Zielstellungen für den Umgang mit den neuen technischen Möglichkeiten (teil-)automatisierter Mobilität.

Die Gestaltungsaufgabe besteht darin, das automatisierte Fahren als Baustein einer multioptionalen und umweltschonenden Mobilität zu nutzen. Es sind die Rahmenbedingungen des Verkehrs so zu gestalten bzw. die bestehende Regulierung so zu verändern, dass automatisiert fahrende Fahrzeuge in einer multioptionalen Verkehrsstruktur eingebunden sind (Knie, Ruhrort 2019). Dann kann die Entwicklung von automatisierten Fahrzeugen perspektivisch eine Schlüsselrolle sowohl für einen ökologisch effizienten als auch stadtverträglichen Verkehr und für die Verbesserung der Verkehrsanbindung in ländlichen Räumen spielen.

Erster Schritt auf dem Weg zu einem modernisierten öffentlichen Verkehr: On demand-Verkehre als Vorläufer autonomer Flotten

Die entscheidenden Weichenstellungen dafür, dass automatisiertes Fahren zur Erreichung dieser Ziele beiträgt, können und müssen schon heute beginnen. Die Grundsätze einer sinnvollen *ermöglichenden Regulierung* zeichnen sich schon heute ab. Ein wichtiger Auslöser der beginnenden Diskussion um die Rahmenbedingungen des Verkehrs sind dabei neue on demand-Verkehrsangebote, die

von verschiedenen Anbietern aktuell entwickelt werden. Trotz vieler Unterschiede haben Uber, MOIA, CleverShuttle oder ViaVan eines gemeinsam: Sie nutzen die digitalen Möglichkeiten, um Fahrzeugflotten flexibel zu disponieren und Fahrtwünsche on demand in Echtzeit ohne Fahrplan zu erfüllen. Vor diesem Hintergrund können diese neuen Angebotsformen als Vorläufer von zukünftig möglichen vollflexiblen autonomen Flotten verstanden werden. Diese autonomen Flotten haben das Potenzial, durch hohe Flexibilität und hohen Bedienkomfort potenziell einen Großteil des privaten Autoverkehrs in den Städten zu ersetzen.

Die neu entstehenden on demand-Verkehre erlauben es schon jetzt, die entscheidenden verkehrspolitischen Weichenstellungen zu diskutieren, die dazu führen können, dass autonome Fahrzeuge nicht eine noch weiter steigende Flut von ineffizienten privaten Pkw in die Städte bringen, sondern dass sie umgekehrt vor allem in Form von hocheffizienten öffentlichen Flotten den Pkw-Verkehr zu reduzieren helfen. Entscheidend ist dabei erstens das Zusammenspiel der on demand-Angebote mit dem klassischen Linienverkehr. Eine ermöglichende Regulierung hat hier die Aufgabe, dafür zu sorgen, dass die on demand-Angebote den Öffentlichen Verkehr sinnvoll ergänzen statt diesen zu schwächen. Dies kann durch eine intelligente Weiterentwicklung des bestehenden Rechtsrahmens erreicht werden (vgl. die Empfehlungen in Kap. 4).

Dies bedeutet aber nicht, dass on demand-Verkehre nur als Zubringer zu bestehenden Linien erlaubt werden sollen. Die zweite entscheidende Weichenstellung betrifft nämlich die *Neuaufteilung öffentlicher Räume* zugunsten der effizientesten und ökologisch verträglichsten Verkehrsmittel. Wenn der Großteil öffentlicher Räume den effizientesten Verkehrsmitteln zugesprochen wird, werden diese attraktiver als der private Pkw. Die somit wachsende Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsangeboten kann dann sowohl mit klassischen Linienverkehren als auch mit on demand-Angeboten in vielfältigen Preis- und Qualitätsstufen befriedigt werden. Bisher sind on demand-Dienste durch die Vorgaben des PBefG nur sehr eingeschränkt zu realisieren. Eine ermöglichende Reform des PBefG würde es erlauben, die Rolle der zukünftigen autonomen Flotten im on demand-Betrieb schon heute auszuloten und zu erproben.

Zweiter Schritt zur Modernisierung im ÖPNV: Automatisierte Shuttles als Ergänzung zum Linienverkehr

Wie oben erläutert besteht ein erster Schritt hin zu einem modernisierten Öffentlichen Verkehr in der Schaffung einer ermöglichenden Regulierung von on demand-Verkehren. Diese operieren zwar heute noch mit Fahrer und haben somit auf den ersten Blick keine Beziehung zum automatisierten Fahren. Tatsächlich sind diese neuen Angebote aber als Vorläufer eines on demand-Verkehrs mit zukünftig möglichen autonomen Flotten zu verstehen. Durch diese Angebote bietet sich somit schon jetzt die Chance, einen intelligenten Regulierungsrahmen für einen hoch effizienten flexiblen und zugleich ökologischen Verkehr der Zukunft zu entwickeln.

Ein weiterer entscheidender Schritt auf dem Weg zu einer intelligenten und ökologischen Nutzung automatisierter Fahrzeuge besteht darin, systematisch den Einsatz von automatisierten Shuttles als Teil des Öffentlichen Verkehrs zu erproben. Ausgehend von der Einschätzung, dass ein weiterreichender Einsatz einem flächendeckenden öffentlichen Robo-Taxis entsprechend Level 5 im öffentlichen Verkehrsraum in den nächsten Jahrzehnten nicht zu erwarten ist, erscheint es jedoch sinnvoll, die sich jetzt bietenden Optionen von (teil-)automatisierten Shuttles zu nutzen und diese Fahrzeuge im öffentlichen Straßenraum einzusetzen. Damit können wertvolle Erfahrungen mit dem Betrieb

solcher Fahrzeuge gewonnen und bereits Verbesserungen in der Qualität der Angebote geschaffen werden. Kurzfristig müssen Pilotversuche mit automatisierten Shuttle-Fahrzeugen unter Realbedingungen daher einfacher ermöglicht werden. Der zurzeit herrschende Rechtszustand lässt einen Betrieb solcher Shuttles nur nach teurer Einzelprüfung von Fahrzeug und Strecke zu (vgl. Box 5 S. 29 und IKEM 2017). Ziel muss es sein, einen Regelbetrieb automatisierter Fahrzeuge als Teil des bestellten Verkehrs anzusehen und aus den Regionalisierungsmitteln zu finanzieren.

Nach Aussagen der Firma Easy Mile (einer von derzeit zwei Betreibern solcher Shuttles) ist davon auszugehen, dass in den nächsten fünf Jahren (teil-)automatisiert fahrende Shuttle in mehreren Varianten, also Kleinbusse mit einer Sitz- und Stehplatzkapazität für sechs bis mehr als 20 Fahrgäste, verstärkt als Ergänzung des Öffentlichen Verkehrs zum Einsatz kommen. Ihre Geschwindigkeit wird mit 25 – 40 km/h gering bleiben, der Betrieb erfolgt ausschließlich batterieelektrisch. Die Kosten pro Kilometer könnten – ohne Berücksichtigung der Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen – nur etwa die Hälfte eines konventionellen Busses betragen (DB AG 2018). Die Vorteile gegenüber dem konventionellen Bus liegen darin, dass die automatisiert fahrenden Shuttles wesentlich flexibler eingesetzt werden können und gegenüber topographischen und infrastrukturellen Bedingungen viel anpassungsfähiger sind. Der typische Einsatzbereich liegt in der Anbindung an Haltepunkte und Bahnhöfe („Hubs“), sie bedienen Siedlungen, aber auch Gewerbegebiete, Krankenhäuser oder (Hoch-)Schulen im on demand-Modus („Spoke“). Die Transportmengen sind aufgrund der begrenzten Platzkapazitäten zwar eingeschränkter, dafür aber die Flexibilität in den Bedienungsformen und -zeiten deutlich größer als bei konventionellen Bussen. Selbst klassische Linienbedienungen lassen sich in Schwachlastzeiten durch solche Shuttlesysteme betreiben (Hunsicker et al. 2017).

Von einem Regelbetrieb sind die bisher (teil-)automatisiert fahrenden Shuttles allerdings weit entfernt, viele technische und betriebliche Fragen sind noch zu klären. Zurzeit besteht eine erhebliche Lücke zwischen dem erreichten technischen Standard und einem robusten Serienbetrieb, dringend erwünschte Skaleneffekte sind noch nicht zu erzielen.

Dahinter verbirgt sich ein grundlegendes Problem: Es ist nicht nur fehlendes Geld, es ist vor allem die fehlende Innovationskultur, die Betreiber öffentlicher Fern- und Nahverkehrssysteme daran hindern, hier aufzuschließen. Öffentliche Verkehrsbetreiber, Verkehrsverbände, Zweckverbände und Verkehrsbestellerorganisationen sind zudem in ihrer rechtlichen Verfasstheit gar nicht auf die Bearbeitung von offenen Zukunftsthemen ausgerichtet. Die Verkehrsbetriebe sind operative Bereitsteller, und die Bestellerorganisationen sind Einrichtungen zur gerichtsfesten Ausschreibung standardisierter Verkehrsleistungen, deren Wettbewerb ausschließlich auf der Ebene von Personalkosten ausgetragen wird. Die Logik des öffentlichen Verkehrssystems verhindert Innovationen, weil sie im System nicht abgebildet, geschweige denn belohnt werden (Canzler, Knie 2016).

Vor diesem Hintergrund lautet die Empfehlung: Als eine erste Maßnahme sollten, gefördert vom BMVI gemeinsam mit dem BMBF, Innovations- und Kompetenzzentren für digitale Verkehrssysteme eingerichtet werden. Hier könnten Schienen- und Bushersteller gemeinsam mit Betreibern sowie Zulieferern und Forschungseinrichtungen solche Systeme entwickeln und erproben. Hierin ließen sich die bisher in verschiedenen Programmen und Ministerien untergebrachten Förderprogramme bündeln und Synergien erzielen.

Entscheidend ist aber, dass der Zugang für die Betreiber „niederschwellig“ möglich ist und insbesondere Anwendungsszenarien im öffentlichen Raum mit Kommunen und anderen Gebietskörperschaften getestet werden können. Die zentrale Frage wird darüber hinaus sein, ob und wie es den mehrheitlich kommunalen Verkehrsunternehmen gelingt, die notwendige „trial and error“-Kultur zu ent-

wickeln. Wahrscheinlich wird dies im engen Korsett eines ÖPNV-Unternehmens nicht gelingen. Denkbar wären Partnerschaften mit privaten Technologieunternehmen wie dies in Hamburg und Berlin zurzeit von Hamburger Hochbahn und Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) betrieben wird. Notwendig dabei sind transparente Bedingungen der Kooperation und das Einlassen auf gemeinsame Zielstellungen.

Das Gutachten schlägt vor, dass neben der Einrichtung der Innovations –und Kompetenzzentren eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe unterschiedliche Erprobungsräume definiert und als Gemeinschaftswerk aus Politik, Industrie, Wissenschaft und Zivilgesellschaft eine „Konzertierte Aktion automatisiertes Fahren“ gründet. So sollen ausreichend Öffentlichkeit geschaffen, die unterschiedlichen Technologiestufen durchlaufen sowie notwendige Sensibilitäten und Beteiligungen erreicht werden, die dem Thema angemessen sind. Dabei sollten verschiedene Kommunen und Räume als Testfelder ausgewählt und alle Stakeholder einschließlich der NutzerInnen in einer interaktiven Weise beteiligt werden. Nicht zuletzt sollen dort auch die datenschutzrechtlichen Implikationen des automatisierten Fahrens als Teil des ÖV behandelt werden (siehe auch Box 4). Vorgeschlagen wird dazu ein Testfeld in einer Großstadt wie Berlin und Hamburg sowie in einem Verflechtungsraum wie dem Rhein-Main Gebiet.

BOX 4: Datensicherheit und Datenschutz/DGSVO

Die Datenspeicherung in hoch- oder vollautomatisierten Fahrzeugen ist im § 63a des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) geregelt, dort heißt es in Absatz 1: „Kraftfahrzeuge gemäß § 1a speichern die durch ein Satellitennavigationssystem ermittelten Positions- und Zeitangaben, wenn ein Wechsel der Fahrzeugsteuerung zwischen Fahrzeugführer und dem hoch- oder vollautomatisierten System erfolgt. Eine derartige Speicherung erfolgt auch, wenn der Fahrzeugführer durch das System aufgefordert wird, die Fahrzeugsteuerung zu übernehmen oder eine technische Störung des Systems auftritt.“ Ziel dieses 2017 beschlossenen Paragraphen ist es, den Nachweis sicherzustellen, wer zu welchem Zeitpunkt die Kontrolle über das Fahrzeug hat. Dies ist aus Haftungsgründen wichtig und um die Akzeptanz automatisierter System zu erhöhen. Der § 63a StVG soll bei Unfällen oder Systemausfällen klären, wer Schuld hat. Allerdings weckt das hiermit verordnete Sammeln von Informationen auch Begehrlichkeiten, denn es fallen große Mengen Daten an, die sowohl für die Fahrzeughersteller als auch für die Versicherungswirtschaft von Interesse sind. Die rechtswissenschaftliche Diskussion ist im vollen Gange, ob eine Weitergabe der Fahrzeugdaten überhaupt und ggfls. unter welchen Umständen mit der DSGVO vereinbar ist (vgl. Hoeren 2018). Insofern kann die rechtliche Regulierung des Umgangs mit Fahrzeugdaten von hoch- oder vollautomatisierten Fahrzeugen als noch nicht ausreichend gelten. Die involvierten Interessen sind massiv und daher ist mit andauernden politischen und rechtlichen Diskussionen zu rechnen (vgl. auch BMVI 2017). Mit Blick auf die DSGVO ist insbesondere der Grundsatz „Privacy by design/Privacy by default“ zu beachten. Das bedeutet, dass alle relevanten Systeme im automatisierten Fahrzeug so eingestellt sind, dass möglichst wenig personenbezogene Daten anfallen. Weitere zu beachtende DSGVO-Regelungen sind: Das Recht auf Datenübertragbarkeit (Art. 20), Branchenregelungen (Art.40, 2), Profiling (Art. 22), Recht auf Vergessenwerden (Art. 17) sowie die Folgenabschätzung (Art. 35), vgl. im Überblick: Laux 2017.

Anwendungsszenarien für digitale Systeme und automatisierte Shuttles in verschiedenen Raumtypen

Wie bereits gesagt: Mithilfe der automatisierten Shuttles kann schon in naher Zukunft die Erprobung von automatisiertem Fahren im Öffentlichen Verkehr im großen Stil beginnen. Dabei sind diese Systeme nur ein Teil einer digitalen Verkehrslandschaft, sie erlauben neue Nutzungskontexte, die zur Vorbereitung künftiger automatisiert fahrender Fahrzeugflotten als „propädeutische Übung“ dienen können. Aufgrund der Neuheit der Technik bleibt der Einsatz der Shuttles auch in Zukunft noch anspruchsvoll. Denn in den nächsten fünf bis acht Jahren werden die verfügbaren Fahrzeuge nur langsam fahren, auf Begleitpersonal angewiesen sein und ihr Betrieb noch manuell justiert und überwacht werden. Dennoch wird es schon in den nächsten Jahren eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten in allen Raumtypen geben:

A: Stadt-Umland-Gemeinden im Einzugsbereich der Großstädte

Als prototypische Einsatzmöglichkeit im Stadt-Umland-Bereich bietet sich die Rolle automatisierter Shuttles als Zubringer zu einem Schienenverkehrshalt an. Als Orientierung für die Größenordnung einer ersten Roll-Out-Phase im Stadt-Umland-Bereich lässt sich das regionale Schienenverkehrsnetz um eine Metropole heranziehen. Automatisierte Shuttles lassen sich potenziell an allen Schienenverkehrshalten als Zubringer („Hub and Spoke“) einsetzen, an denen die Nachfrage für einen klassischen liniengebundenen Zubringerverkehr zu gering ist, aber dennoch im Einzugsgebiet von wenigen Kilometern ein Nachfragepotenzial besteht.

Als sinnvolles Einsatzgebiet für diesen Zubringer kommt angesichts der bisher absehbaren niedrigen Geschwindigkeiten zunächst nur ein Umkreis von wenigen Kilometern um den Schienenverkehrshalt in Frage – auf längeren Distanzen würde die geringe Geschwindigkeit den Shuttle-Zubringer wenig attraktiv machen. Als weitere Voraussetzung kommt hinzu, dass im Einzugsgebiet des Zubringer-Shuttles eine oder mehrere Strecken geschaffen werden, auf denen das Shuttle relativ „ungestört“ unterwegs ist.

Zusammengenommen ergibt sich aus diesen Voraussetzungen ein Ausgangspunkt für die systematische Prüfung möglicher Einsatzgebiete im Stadt-Umland-Bereich der Großstädte. In allen Bundesländern dürfte hierfür eine Vielzahl von Orten insbesondere an Schienenverkehrshalten auch schon in einer ersten Roll-Out-Phase in den kommenden fünf bis acht Jahren in Frage kommen: sowohl im Umland von Metropolen wie Hamburg, Frankfurt am Main oder Stuttgart, als auch im Umland von kleineren Großstädten wie Magdeburg, Halle oder Kiel. Danach ist zu erwarten, dass die Zahl der Einsatzmöglichkeiten sich noch weiter stark erhöht, weil durch die Weiterentwicklung der Fahrzeuge bestimmte Anforderungen an die Infrastruktur wegfallen. Die laufenden Debatten um die Einführung von Stadtbahnsystemen in Städten wie Osnabrück, Wiesbaden oder sogar in Tübingen sollten im Übrigen die möglichen Potenziale solcher Shuttles weit stärker beachten als bisher. Denn der Gewinn an Flexibilität in den Bedienformen ist insbesondere für kleinere Städte ein wichtiges Kriterium für die Leistungsfähigkeit von öffentlichen Verkehrsangeboten.

B: Urbane Räume

In Städten können mit automatisierten-Shuttle-Systemen sowohl bestehende als auch neue Quartiere zu überschaubaren Kosten an das ÖPNV-Netz angebunden werden. Insbesondere im Einzugsbereich von U- und S-Bahnhalten lassen sich unter Berücksichtigung der oben genannten Einschränkungen mit automatisierten Shuttles die Angebotsformen verbessern. Ideal sind Anwendungen in der Feinverteilung, die eine niedrige Zahl von Fahrgästen mit hohen Flexibilisierungswünschen verbinden: Denkbar ist, dass zum Beispiel bei der Anbindung eines Neubauquartiers Linienverkehr und Shuttle-Betrieb kombiniert werden: In den Hauptverkehrszeiten, vor allem in der frühen Rush-Hour, kann sich der Shuttle-Betrieb mit klassischen Linienverkehrsangeboten überlappen, während in den Zeiten geringerer Nachfrage das Shuttle-System dominiert.

C: Klein- und Mittelstädte sowie kleinere Großstädte

Auch innerhalb der kleineren Großstädte sowie in Klein- und Mittelstädten können automatisierte Shuttles potenziell zur Verbesserung des öffentlichen Verkehrsangebots beitragen. Denn die Attraktivität und damit auch die Nutzungsintensität klassischer öffentlicher Verkehrssysteme hängen mit der Größe und Dichte von Städten zusammen. Je kleiner das Stadtgebiet und je weniger EinwohnerInnen im Stadtkern leben, umso geringer die Nutzung von Bussen und Bahnen (VDV 2018). Shuttles bieten auf absehbare Zeit die Aussicht, den liniengebundenen Verkehr deutlich zu verbessern, weil die typischen Bedienungslücken geschlossen werden können. Shuttle kommen „on demand“ und sind nicht Teil einer komplizierten Fahrzeugumlaufplanung. Bestehende Linienbündel können ergänzt, verlängert, flexibilisiert werden. Es gilt auch hier die Hauptregel des „Hub and Spoke-Prinzips“: Bündelung auf den Hauptachsen und Flexibilisierung in der Fläche. Ziel ist es, in Städten mit einer Einwohnerzahl zwischen 50.000 und 250.000 Einwohner wie zum Beispiel Dessau, Flensburg oder Marburg den Modal-Split-Anteil des ÖPNV durch ein attraktiveres Angebot zu steigern.

Gerade in Hinblick auf diesen Stadttypus sollte das Ziel ein multioptionales Mobilitätssystem sein, das neben dem klassischen ÖPNV und automatisierten Shuttles als Zubringer zusätzlich vielfältige Angebote wie Car- und Bikesharing, elektrische Scooter usw. umfasst. Allerdings ist davon auszugehen, dass ein attraktiveres Angebot nicht automatisch zu einer wesentlichen Reduktion des MIV führen wird. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn – wie schon mehrfach betont – die immer noch vorhandenen Privilegien des privaten Pkw abgebaut werden.

D: Ländliche Räume

In Städten und Ballungsräumen sind die Voraussetzungen für effiziente multioptionale Verkehrsangebote in aller Regel gegeben. Dort verkehren regelmäßig Bahnen und Busse, mehr und mehr Sharing-Angebote können genutzt werden und aufgrund der Dichte kann auch das Fahrrad eine stärkere Rolle spielen, wenn ein enges und sicheres Radwegenetz aufgebaut ist. Auf dem Land hingegen wird in absehbarer Zeit das Auto das Maß der Dinge bleiben, weil die Siedlungsformen, die hohe Verfügbarkeit privater Fahrzeuge und die kaum zu bündelnden Verkehrsströme einen klassischen Bus- und Bahnbetrieb nicht zulassen. In diesem Segment können (teil-)automatische Shuttles im Sinne der Verkehrswende eine wichtige Rolle spielen.

Bahnstrecken benötigen eine große Zahl von Reisenden täglich, um betriebswirtschaftlich sinnvoll betrieben zu werden. Diese Nachfrage wird in vielen ländlichen Räumen entweder gar nicht oder nur zu wenigen Spitzenzeiten erreicht. Vielfach wird aus nachvollziehbarem verkehrspolitischen Interesse dennoch ein Regelbetrieb beauftragt. Die Zukunftsformel für den Verkehr zwischen ländlichen Gebieten und Verflechtungsräumen angesichts dieses Dilemmas heißt „Hub and Spoke“: Öffentliche Verkehre verbinden Verkehrsknotenpunkte („Hubs“) auf direktem Weg in Großgefäßen zu attraktiven Konditionen, während die Feinverteilung in der Fläche, also die berühmte *erste und letzte Meile* („Spoke“), mit Pkw von statten geht, die über digitale Plattformen ihren Besetzungsrad erhöhen (Knie 2018). In dieser „Feinverteilung“ können zukünftig automatische Shuttles auf Level 3 und Level 4 ihre Rolle erhalten: Automatisiert fahrende Shuttles, auf ausgewiesenen Strecken eigenständig fahrende und auf Kundenwunsch zur Verfügung stehende Fahrzeuge in verschiedenen Größen, erlauben einen flexiblen und bedarfsgerechten Einsatz. Sie können dazu beitragen, den Öffentlichen Verkehr gerade im ländlichen Raum deutlich zu verbessern. Um die Integration automatisiert fahrender Fahrzeuge als Teil des künftigen Öffentlichen Verkehrs zu ermöglichen, sind jedoch bestehende gesetzliche Regelungen sowie auch die verkehrspolitischen Finanzierungsinstrumente anzupassen. Ihre gewünschte Rolle muss explizit gemacht und regulatorisch ermöglicht werden.

Die Einsatzgebiete in der ersten Roll-Out-Phase, also in den nächsten fünf bis acht Jahren, sind auch hier durch die oben genannten Randbedingungen gekennzeichnet: Die Distanzen dürfen nicht zu groß sein, die Nachfrage kann nur in einem begrenzten Korridor befriedigt werden. Ländliche Räume sind zurzeit eine der größten Herausforderungen in der Verkehrspolitik (siehe oben), da hier zum privaten Pkw praktisch keine Alternativen existieren. Zugleich lässt sich das mehrfach schon beschriebene „Hub-and-Spoke“ Prinzip in ländlichen Räumen mit automatisierten Shuttles hier möglicherweise sogar leichter umsetzen. Denn für den Betrieb sind reizarme Umgebungen notwendig. Landstraßen sind besser zu kontrollieren und für einen Shuttlebetrieb deutlich schneller anzupassen als städtische Umgebungen. Ampelvorrangschaltungen, Parkverbote und weitere Maßnahmen für einen störungsfreien Shuttlebetrieb sind schneller zu realisieren, die Zivilgesellschaft unkomplizierter einzubinden. Pilotanwendungen in Bad Birnbach sowie in Drolshagen lassen erkennen, dass betriebliche Einsatzszenarien in kleinen Städten schon heute funktionieren (Hunsicker, Knie 2019). In der Stadt Monheim werden im Spätsommer erstmals fünf Shuttles im Regelverkehr auf einer Linie eingesetzt und auch im schleswig-holsteinischen Enge-Sande wird ab Mai 2019 ein Shuttle unter dem Namen NAF (Nachfragesteuerter-Autonom-Fahrender Bus, s. <https://www.naf-bus.de/>) unterwegs sein.

Somit sind unter den genannten Randbedingungen schon in der ersten Roll-Out-Phase vielfältige Gelegenheiten für automatisierte Shuttles in ländlichen Räumen in allen Bundesländern denkbar. Wo immer eine zentrale Achse des öffentlichen Bus- oder Bahnverkehrs verläuft, können die Bahnhöfe („Hubs“) mit den umliegenden Siedlungen („Spoke“) durch automatisierte Shuttles besser verbunden werden. Genauso können z.B. kleinere Dörfer entlang von Verkehrsachsen an ein nahegelegenes Zentrum angeschlossen werden.

Zusammengefasst gilt für alle Gebietstypen: Eine hohe Autoverfügbarkeit geht immer mit einem wenig genutzten ÖV-Angebot einher. Grundsätzlich eröffnet das (teil-)automatisierte Fahren zusätzliche Optionen für den ÖV und kann ihn daher attraktiver machen. Für (teil-)autonome Shuttles bieten sich auf dem Land bereits jetzt interessante Einsatzgebiete. Lücken in einem „Hub- and- Spoke-Konzept“ lassen sich gut füllen, zumal die Shuttles zum Betrieb freigestellte Trassen oder Fahrspuren benötigen, die in ländlichen Gebieten einfacher zu bewerkstelligen sind als in der Stadt (Hunsicker 2018). Betriebswirtschaftlich bieten Shuttle-Systeme nicht nur mehr Flexibilität, sondern gegenüber Bussen mittel- und langfristige mit rund 50 Prozent geringeren Betriebskosten deutliche Vorteile.

Automatisierte Shuttles können wie beschrieben als Zubringer zu Knotenpunkten und Achsen des Öffentlichen Verkehrs eine wichtige Rolle für die Verkehrswende spielen. Ihr Potenzial liegt neben der Erschließung von geschlossenen Arealen vor allem in der Überwindung der „ersten und letzten Meile“, insbesondere zur Anbindung von mehr Menschen an attraktive Schienen- und Busverbindungen. Die bisher auf dem Markt erhältlichen Fahrzeuge sind aber noch nicht so ausgereift, dass die konkreten Einsatzmöglichkeiten im großen Maßstab quantifiziert werden können. So werden sie derzeit in Feldtests und Pilotprojekten unter verschiedenen Bedingungen und in unterschiedlichen Raumtypen erst erprobt (s. Box 4: Pilotversuche automatisierte Shuttles). Es ist dennoch sinnvoll, auf lokaler und regionaler Ebene Potenzialanalysen für den Einsatz von automatisierten Shuttles als Zubringer insbesondere zum Schienenverkehr durchzuführen, mit dem Ziel, innerhalb der nächsten fünf bis acht Jahre einen Roll-Out dieser Systeme umzusetzen. Diese Potenzialanalysen sollten allerdings auf einem klaren Zielbild eines attraktiven multioptionalen Gesamtmobilitätsangebots basieren, das nicht an der Grenze der verdichteten Innenstädte endet.

BOX 5: Pilotversuche mit automatisierten Shuttles

In einer Reihe von Pilotversuchen werden seit einigen Jahren Erfahrungen mit automatisierten Shuttles gesammelt. Die Versuche finden bisher in „geschützten Arealen“ sowohl in großen Städten als auch in Kleinstädten statt.

Alle Pilotversuche müssen im Einzelfallverfahren beantragt werden. Sobald das automatisierte Fahrzeug („Shuttle“) auf öffentlichem Straßenraum unterwegs sein soll, braucht es neben der obligatorischen Haftpflichtversicherung eine „Zulassung aufgrund einer Ausnahmegenehmigung“ nach § 70 der Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO). Dabei ist insbesondere zu beachten, dass die Regelungen der Straßenverkehrsordnung (StVO) wie im analogen Betrieb eingehalten werden. Das bedeutet beispielsweise, dass ein Operator mit einer Fahrerlaubnis jederzeit die Steuerung des Fahrzeuges übernehmen können muss und dass die vorgesehene Strecke verkehrstechnisch abgesichert ist (vgl. Ellner et al. 2018). Hier steckt der Teufel im Detail. In der Praxis muss gewährleistet sein, dass der Shuttle „freie Fahrt“ erhält. Nötig sind nicht nur eine Vorrangsteuerung über Ampelanlagen, hinderisfreie Fahrwege und eine lückenlose und eindeutige Markierung sowie Beschilderung der benötigten Spuren und Halteflächen. Auch können parkende Autos die sensorische Selbstorientierung der Shuttles beeinträchtigen, sodass partielle und temporäre Parkverbote an den Teststrecken nötig sind, die dann auch konsequent durchgesetzt werden müssen.

Als problematisch bei den bisherigen Piloten hat sich die Tatsache herausgestellt, dass Fahrzeug und Strecke jeweils einzeln von den technischen Prüforganisationen untersucht und genehmigt werden müssen. Der Prozess kann mehrere Monate dauern und ist pro Fahrzeug und Strecke mit bis zu 80.000 EUR zu kalkulieren. Hier sind in Zukunft dringend Standardisierungen in Fragen der Zulassungen zu wünschen.

Sobald Einnahmen aus dem Probetrieb erzielt werden, ist eine Betriebserlaubnis nach dem Personenbeförderungsgesetz nötig. Insgesamt zeichnet sich aber davon unbeschadet die Tendenz ab, dass Shuttle Verkehre, als neuer Teil konzessionierter Linienverkehre gedacht, daher nach den Bedingungen des PBefG eingeführt werden. D.h. dass der Betreiber der Verkehre ein Unternehmen sein muss, das im Besitz der jeweiligen Linienkonzession ist. Um die Wirksamkeit von Shuttles aber entsprechend den neuen flexiblen Optionen in einem bestehenden Linienverkehr zu erhöhen, sind Anpassungen in der Rechtsordnung unausweichlich (siehe unten).

Vor diesem Hintergrund und im Licht der bisherigen Erfahrungen mit Pilotversuchen automatisierter Shuttles ist es sinnvoll und angeraten, frühzeitig alle Beteiligten, nicht zuletzt die Anrainer an den Teststrecken, in die Planungen einzubeziehen. Außerdem ist es hilfreich, auf eine breite politische Unterstützung vor Ort für den Testbetrieb setzen zu können.

Kosten- und Mengengerüste für einen modernisierten öffentlichen Verkehr mit automatisierten Fahrzeugen

Aus der Perspektive einer Verkehrswende bieten automatisierte Fahrzeuge perspektiv entscheidende Vorteile: Selbstfahrende Fahrzeuge könnten dazu beitragen, das öffentliche Verkehrsangebot zukünftig zu einem hoch attraktiven und effizienten Gesamtsystem weiterzuentwickeln, in dem klassische Linienverkehre mit vielfältigen on demand-Angeboten ergänzt und verdichtet werden. Dieser Entwicklungspfad wird auch dadurch möglich, dass automatisierte Fahrzeuge ohne Fahrer auskommen und dadurch kostengünstiger bereitgestellt werden können – auch in Gebieten oder zu Zeiten, in denen eine klassische Linienbedienung mit FahrerIn bisher wirtschaftlich nicht dargestellt werden kann.

Box 6: Veränderte Kostenstrukturen durch automatisierte Fahrzeuge

In einer Studie von Bösch et al. (2018) steht im Vordergrund, wie stark sich die relativen Kosten von Mobilitätsangeboten verringern würden, wenn die Personalkosten durch Automatisierung auch in anderen Verkehrssegmenten wegfallen. Dazu vergleichen sie auf der Grundlage von auf die Schweiz gemünzten Annahmen die Betriebskosten zwischen konventionellen Privat-Pkw, Zügen, Bussen, individuell genutzten Taxis, gepoolten Taxis auf der einen Seite und deren automatisierten Pendanten auf der anderen Seite. Erwartungsgemäß kommen die Autoren auf eine starke Reduktion der Betriebskosten für gepoolte automatisierte Taxis von 1,61 CHF/Pkm auf 0.29 CHF/Pkm (vgl. Abbildung 6). Damit liegt das gepoolte, automatisierte Taxi in dieser Berechnung noch unter den Vollkosten des privaten automatisierten Pkw von 0,5 CHF/Pkm. Selbst ein ausschließlich individuell genutztes Robo-Taxi liegt in dieser Studie mit 0,41 CHF/Pkm noch unter den Vollkosten des privaten Autos.

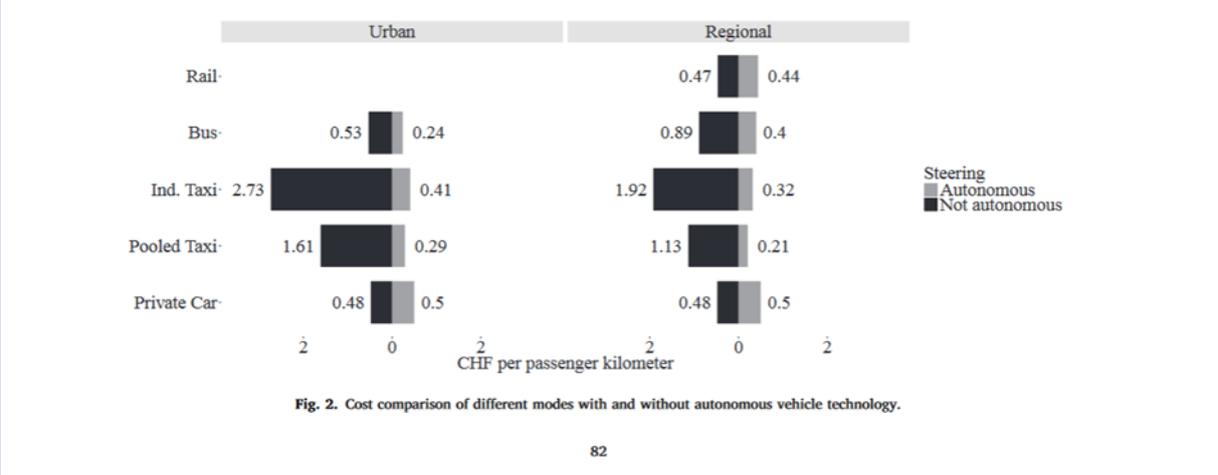


Abb. 6: Betriebskosten im Vergleich, Quelle: Bösch et al. (2018)

Das oben skizzierte Zielbild impliziert einen deutlich wachsenden Markt öffentlicher Verkehrsangebote: vor allem in den Städten, aber auch in den weiteren Verflechtungsräumen. Zugleich ist zu betonen, dass mit einem solchen modernisierten öffentlichen Verkehrsangebot perspektivisch ein großer Teil des Verkehrs mit privaten Pkw ersetzt werden kann – allerdings nur dann, wenn die Rahmenbedingungen so verändert werden, dass die effizientesten Verkehrsmittel Vorrang vor dem privaten Pkw-Verkehr bei der Aufteilung öffentlicher Räume bekommen. Werden die Chancen der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge konsequent genutzt, ist perspektivisch ein Szenario denkbar, in dem statt Millionen ineffizient genutzter Privat-Pkw von heute eine hohe Mobilität mit viel weniger Fahrzeugen ermöglicht werden kann. Dabei ist noch schwer abzusehen, welche Flottengrößen notwendig wären, um ein solches Szenario umzusetzen. Das Verhältnis von heutigen privaten Pkw und zukünftigen automatisierten Fahrzeugen in einem flexibilisierten öffentlichen Verkehr hängt von vielen Faktoren ab. Dennoch sind erste Größenordnungen für die verschiedenen Automatisierungsgrade der Fahrzeuge und für verschiedene Raumtypen möglich. Anhaltspunkte bieten dabei einerseits Studien, die sich on demand-Flotten, mit und ohne Fahrer, beschäftigen (siehe Box 7 sowie auch z. B. Nagel et al. 2018 und Leich et al. 2018). Weitere Anhaltspunkte geben Studien, die die Kosteneinsparungen durch automatisierte Fahrzeuge gezielt mit einbeziehen.

BOX 7: Fahrzeug-Mengenrüste in Beispielrechnungen

A: Autoverkehr durch on demand-Shuttles ersetzen: Das Beispiel Hamburg

Einen ersten Einblick in die Größenordnung einer on demand-Flotte für eine Metropole gibt eine Studie der flinc GmbH (2016). Diese berechnet, wie viele Minibusse (9-Sitzer) mit Fahrer im on demand-Betrieb nötig wären, um den gesamten Pkw-Verkehr innerhalb der Stadt Hamburg zu ersetzen. Laut dieser Berechnung würden 22.000 Shuttles ausreichen, um alle Pkw-Fahrten zu ersetzen, die auf dem Stadtgebiet beginnen und enden – bei durchschnittlichen Wartezeiten, Umwege-Zeiten sowie Zu- und Abwegen von den Haltestellen von insgesamt ca. 9 Minuten pro Fahrgast. Angenommen wird dabei, dass die Shuttles nicht von Haustür zu Haustür verkehren, sondern an allen vorhandenen ÖPNV-Haltestellen halten. Im Vergleich zu den etwa 740.000 Pkw, die im Jahr 2016 in Hamburg zugelassen waren, ergibt sich rechnerisch eine Reduktion der benötigten Gesamtflotte um 97 Prozent, mit entsprechenden Vorteilen nicht zuletzt beim Parkplatzbedarf. Zudem wird, insbesondere durch das Pooling von Fahrten, eine Reduktion der gefahrenen Fahrzeugkilometer um 61 Prozent berechnet, selbst wenn Leerfahrten entstehen. Auch in Bezug auf die Betriebskosten und die Kosten für die NutzerInnen berechnen die Autoren der Studie deutliche Vorteile im Vergleich zum privaten Pkw-Verkehr. Sie gehen von 50 bis 75 Cent Vollkosten je Kilometer im privaten Pkw aus und vergleichen dies mit den Betriebs- und Personalkosten des Shuttle-Systems von 80 Cent (30 Cent Betriebskosten und 50 Cent Personal- und Verwaltungskosten je Kilometer). Die Einsparung ergibt sich dadurch, dass mehrere Personen sich einen Shuttle teilen, sodass pro Fahrgast von Kosten von 32,5 Cent pro Kilometer ausgegangen wird.

B: ÖPNV-On demand mit automatisierten Shuttles: Das Beispiel Arnheim

Während die Hamburger Studie noch von einem on demand-System mit Fahrer ausgeht, nimmt eine andere Untersuchung am Beispiel der Stadt Arnheim ein on demand-Angebot mit automatisierten Shuttles in den Blick. Winter et al. (2018) berechnen für die Stadt Arnheim mit 150.000 Einwohnern, mit welcher Flottengröße der liniengebundene Busverkehr (57 Busse pro Stunde) mit geteilten automatisierten Shuttles ersetzt werden könnten. Die Autoren gehen dabei vom Einsatz von automatisierten Kleinbussen von EasyMile mit 10 Passagieren, einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h und einer Reichweite von 630 Kilometern aus und legen Kosten von 200.000 Euro pro Fahrzeug zugrunde, die sich durch die Anschaffung einer großen Zahl von Fahrzeugen auf 150.000 Euro reduzieren lassen. Die Autoren berechnen dabei je nach Szenario eine Flottengröße von 500 Fahrzeugen, wenn Passagiere im Schnitt weniger als fünf Minuten und maximal 21 Minuten auf ein Fahrzeug warten müssen. Die berechneten Betriebskosten pro Fahrgastfahrt liegen in dieser Studie mit 0,63 Euro in der Nähe der durchschnittlichen Betriebskosten von 0,68 Euro im heutigen Linienbusnetz. Ein wesentlich höherer Komfort für die Fahrgäste durch das on demand-Angebot lässt sich demnach durch die Automatisierung praktisch ohne Mehrkosten erreichen. Auch in dieser Studie ist zu beachten, dass als Grundlage für die Berechnung die heutige Nachfrage im Öffentlichen Verkehr angenommen wird. Es ist allerdings durchaus wahrscheinlich, dass neue on demand-Angebote mit automatisierten Fahrzeugen nicht nur von ehemaligen BusnutzerInnen, sondern auch von Personen, die den entsprechenden Weg sonst mit dem Fahrrad, zu Fuß oder mit dem eigenen Pkw gemacht hätten, in Anspruch genommen werden.

C: Autoverkehr durch autonome Shuttle-Flotten ersetzen: Das Beispiel Lissabon Stadt

Eine Studie des International Transport Forum (ITF 2015) betrachtet ausschließlich Fahrten innerhalb der Stadt Lissabon und kommt dabei zu einem ähnlichen Ergebnis: Gemäß der in der „Lissabon-Studie“ gesetzten Annahmen könnten mit einer **Flotte von 21.120 voll-autonomen Kleinbussen** alle Autofahrten und alle Fahrten mit Bussen innerhalb der Stadt bewältigt werden. Dabei wird angenommen, dass 22 Prozent der Wege mit dem Schienenverkehr in Form von U- und S-Bahn gemacht würden. Selbst wenn auch der U- und S-Bahnverkehr komplett ersetzt werden könnte, würde rechnerisch die Zahl der benötigten Fahrzeuge nur um wenige tausend auf 25.917 steigen. Der Bedarf nach Parkraum verschwindet praktisch ganz, viele Flächen könnten für andere Nutzungen zurückgewonnen werden. Ebenso wie die Studie von flinc stellt auch die „Lissabon-Studie“ zunächst nur ein rechnerisches Experiment dar. Wie die Autoren selbst hervorheben, sagt sie noch nichts darüber aus, wie es erreicht werden könnte, dass ein neues Angebot wie geteilte Taxi-Shuttles tatsächlich den bisherigen Autoverkehr ersetzt, anstatt zusätzlichen Verkehr zu generieren. Zudem wird in beiden Studien ausschließlich jener Verkehr betrachtet, der innerhalb der Stadtgrenzen beginnt und endet. Der gesamte Verkehr über die Stadtgrenzen hinaus wird dabei nicht berücksichtigt. Damit war offensichtlich, dass die Berechnungen dieser Studien nur als rein rechnerische Übung verstanden werden kann.

D: Shuttles statt Privat-Pkw in der Metropolregion: Das Beispiel der Agglomeration Lissabon

Einen Schritt weiter geht daher eine Folgestudie des International Transport Forum aus dem Jahr 2016. In diesem Szenario betrachten die Autoren gezielt die Frage, wie eine Transformation hin zu einem effizienten Gesamtangebot nicht nur in der Stadt Lissabon, sondern in der gesamten Agglomeration erreicht werden könnte. Im Zentrum steht dabei ein zweigliedriges Mobilitätsangebot von geteilten Taxis und so genannten Taxi-Bussen, die beide zusammen mit U-Bahn, S-Bahn und Metrobussen in ein Gesamtverkehrsangebot integriert sind. Gemäß den Berechnungen würden Flotten von **42.245 geteilten Taxifahrzeugen sowie 34.335 Taxi-Bussen** (darunter sowohl 8-Sitzer als auch 16-Sitzer) ausreichen, um im Zusammenspiel mit dem hochfrequenten Linienverkehr, dem Fahrrad- und dem Fußverkehr die gesamte Verkehrsnachfrage zu decken. Durch das Pooling von bisher mit dem privaten Pkw gemachten Fahrten könnte die Menge der gefahrenen Kilometer zu Stoßzeiten um 55 Prozent reduziert werden (s. ITF 2016).

Auch die Studie zu den notwendigen Flottengrößen für die Agglomeration Lissabon basiert auf vielfältigen Annahmen. Zum Beispiel wird davon ausgegangen, dass bisherige AutonutzerInnen in der Regel die Option des on demand-Taxis nutzen werden, während die bisherigen ÖPNV-NutzerInnen bis auf Ausnahmen bei ihrer jetzigen Verkehrsmittelwahl bleiben. In der Realität würde vermutlich ein nicht unerheblicher Anteil von Menschen vom liniengebundenen ÖPNV auf das Taxi-Pooling umsteigen. Eine weitere Annahme ist, dass die on demand-Mobilitätsangebote zum Teil als Zubringer zum Öffentlichen Verkehr fungieren, dass also für Fahrten auf bestimmten Relationen keine Direktfahrt mit dem on demand-Verkehrsmittel für die komplette Strecke genutzt wird. Wenn eine Person zum Beispiel eine schnellere Verbindung zu ihrem Zielort mit dem liniengebundenen Verkehr hätte, wird sie in der Simulation automatisch auf den Linienverkehr „gebucht“ – selbst wenn sie dann noch einmal umsteigen muss, um ihr Ziel zu erreichen. Sie nutzt den on demand-Bus dann nur als Zubringer. In der Realität würden vermutlich jedoch viele Menschen den Umsteigevorgang scheuen und lieber einen geteilten Bus wählen.

Nicht zuletzt unterstreicht diese so genannte Lissabon-Studie eine Kernaussage des vorliegenden Gutachtens: Die entscheidende Stellschraube, um die Potenziale von on demand-Diensten mit oder ohne Fahrer für einen effizienten und ressourcenschonenden Verkehr insbesondere in den Städten und Agglomerationsräumen zu nutzen, ist die Schaffung eines intelligenten regulatorischen Rahmens. Dieser muss vor allem dazu beitragen, dass on demand-Angebote und der liniengebundene Verkehr optimal zusammenspielen. Der regulatorische Rahmen muss dazu beitragen, dass die Bündelung von vielen Wegen auf zentralen Achsen erhalten bleibt – auch wenn zugleich in zunehmendem Maße attraktive und komfortable on demand-Angebote geschaffen werden. Auch eine zweite Kernaussage deckt sich mit der Studie des International Transport Forums: Eine Transformation zu einem intelligenten Gesamtsystem gelingt nur dann, wenn die Städte Maßnahmen ergreifen, um die neuen Angebote gegenüber dem privaten Pkw-Verkehr zu bevorzugen. So müssen beispielsweise Parkflächen, die rein rechnerisch durch die neuen Angebote frei werden, aktiv umgewidmet und für neue Nutzungen zur Verfügung gestellt werden. Ohne eine solche Maßnahme wird der private Pkw beim Roll-Out der on demand-Dienste eher attraktiver, weil mehr Parkplätze für weniger Autos da sind. Genauso muss der Roll-Out eines on demand-Angebots davon begleitet sein, dass der private Pkw-Verkehr zum Beispiel aus den Innenstadtbereichen herausgehalten oder zumindest der Straßenraum für dessen Nutzung reduziert wird. Dies gilt unabhängig davon, ob von on demand-Diensten mit oder ohne Fahrer ausgegangen wird.

Chancen für mehr Mobilität mit weniger Fahrzeugen

Auf der Grundlage der vorliegenden Studien kann näherungsweise davon ausgegangen werden, dass ein System von vollautonomen Shuttles es ermöglichen würde, den Bestand von Fahrzeugen in den Städten auf rund 50 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner zu reduzieren. Das würde nur noch ein Zehntel des bisherigen Automobilbestandes bedeuten. Alle oben angeführten Berechnungen beziehen sich aber ausschließlich auf die Fahrten innerhalb eines gegebenen Bedienebietes. Aus- und einbrechende Verkehre sind genauso wenig berücksichtigt wie Transitverkehre, die in etwa ein Fünftel des Personenkilometervolumens in Deutschland ausmachen. Wenn man jedoch der Logik folgt, dass die Bereitstellung von Verkehrsangeboten mit automatisiert fahrenden Fahrzeugen wesentlich effizienter erfolgt und die angebotenen Kapazitäten genau getaktet und gleichsam portioniert werden können, ist trotz vieler Unsicherheiten dennoch von einer dramatischen Senkung der Verkehrsgerätschaften auszugehen. Wenn man alle Hinweise und Debattenbeiträge zusammenfasst und auch bereit ist, statische Annahmen zu akzeptieren und keine Dynamik in den Modellrechnungen einrechnet, dann könnte man in den politischen Diskurs mit folgenden Werten eintreten:

Wie oben bereits dargestellt, wird es noch mehr als zwanzig Jahre dauern, bis autonome Flotten flächendeckend eingesetzt werden können. Schon in absehbarer Zeit können aber (teil-) automatisierte Shuttles gegenüber konventionellen Bussystemen einen Kostenvorteil pro Personenkilometer von rund 50 Prozent begründen. Dies liegt nicht nur an den möglichen Einsparungen bei den Personalkosten und den geringeren Kraftstoffkosten, sondern auch an der Modulbauweise der Systeme. Mit steigendem Automatisierungsgrad sollte dieser Vorteil größer werden. Dies würde dann praktisch alle Strecken jenseits der Hauptachsen betreffen und sogar in städtischen Räumen bis zu zwei Dritteln des jetzigen Bedienebietes des öffentlichen Nahverkehrs ausmachen. Im Zielzustand sind daher die Wirkungsmöglichkeiten automatisierter Flotten beeindruckend groß: Die technischen Möglichkeiten erlauben nicht nur einen verbesserten Verkehrsfluss, sondern eine drastische Reduktion der Un-

fälle sowie durch eine Erhöhung der Auslastungen eine deutliche Senkung der Verkehrsgerätemengen. Bei einem Betrieb mit tatsächlich autonomen Flotten kann die Zahl der Fahrzeuge auf unter 50 Einheiten pro 1.000 Einwohner gesenkt werden – erreichbar nicht vor 2040. Bei einem gemischten Betrieb, also einer Kombination von automatisierten Fahrzeuge mit Bussen, Bahnen und Zweirädern lässt sich die Zahl der verbliebenen Kfz von derzeit über 500 auf 150 pro 1.000 Einwohner in städtischen Ballungsgebieten und von über 700 auf 350 in ländlichen Räumen reduzieren – erreichbar ab 2025. Hierbei müssen sich jedoch die Kapazitäten des öffentlichen Verkehrs verdoppeln, etwa ein Viertel der Angebote sind dann digital „on demand“ verkehrende Shuttles, alle Angebote sind gegenseitig buchbar.

Box 8: Ich fahre also bin ich? Soziologische Mutmaßungen zu einem veränderten Verhältnis.

Ein soziologischer Einwurf: Neulich im Zug auf dem Weg nach Rügen. Zwei Jungs im Alter von 15 Jahren unterhalten sich. Der eine fragt den anderen: was fährt denn Deine Mutter für ein Auto? Der Angesprochene: Ein Blaues! Auf Nachfrage kommt heraus, dass die beiden Jungs vom Lande tatsächlich kaum noch Automarken kennen. Erst recht können Sie nicht sagen, welche unterschiedlichen Modelle existieren, wieviel PS die haben, wieviel Zylinder und was „auf dem Tacho steht“. Alles Wissensselemente, die vor 20 Jahren noch (fast) jeder Junge im Schlaf herunterbeten konnte. Die Gespräche der Männer drehten sich immer um das Auto und wenn eine Neuanschaffung anstand, konnte das schon mal zu einer monatelangen Zeremonie werden. Alles vorbei? Schaut man auf die Straßen, dann scheint das nicht der Fall zu sein. Die Zahl der Autos steigt und sie werden auch immer größer. Gewicht und Motorenstärke haben sich über alle Modelle in den letzten Jahrzehnten fast verdoppelt. Und das grenzenlose Autofahren scheint ein verbrieftes Recht zu sein. Als eine Arbeitsgruppe der Nationalen Plattform Mobilität zu Beginn des Jahres 2019 eine Liste von Maßnahmen zur Reduktion von Schadstoffen im Verkehr diskutierte, pickte sich der Verkehrsminister das u. a. vorgeschlagene Tempolimit heraus und erklärt es sofort zum Tabu. Ein Tempolimit ist das letzte Refugium der Freiheit, das wird auf keinen Fall geopfert werde.

Die erwähnten Jungs zeigen: Mit einem Massenphänomen kann man nicht mehr angeben, Autos sind längst zu einer Art Grundversorgung geworden wie Gas, Wasser Strom. Sicherlich unerlässlich, aber auch nicht mehr so richtig wichtig. Seit 20 Jahren erkundet das Umweltbundesamt die Einstellungen der Deutschen zum Auto (s. zuletzt BMUB 2017). Umfragen sind immer schwierig, aber es ist ein stabiler Trend erkennbar, dass die Last mit den Folgen der Massenmotorisierung, den vielen Staus und der schlechten Luft zunehmend die Freude am Fahren überlagert. Die Säkularisierung des Autos von der einstigen Ikone der Moderne zu einem Gebrauchsgegenstand, den man nicht mehr liebt, den man aber noch braucht, ist weit fortgeschritten (ausführlich in: Canzler et al. 2018).

Und die größte Veränderung im und um das Auto herum steht ja noch bevor: Autonome Fahrzeuge. Denn die Erfolgsgeschichte des Automobils lässt sich in kaum einem anderen Satz so trefflich auf den Punkt bringen wie: „Ich fahre - also bin ich“. Wenn künftig mehr und mehr digitale Assistenzsysteme auch die Autonomie des Fahrenden zunächst unterstützen, dann aber Schritt für Schritt ablösen, ist das für die Hersteller eine schwierige Entwicklung und mündet praktisch in eine Identitätskrise. Man rettet sich noch mit Bildern, die zeigen, dass alle wie gewohnt in das Auto einsteigen, der Vater das Lenkrad fest in Händen hält und erst im Reiseverlauf alles automatisch wie durch Zauberhand verläuft. Am Ende der Fahrt wird wieder das Fahren in den gewohnten manuellen Modus überführt - so als wäre nichts geschehen.

Aber das ist erst der Anfang. Was passiert, wenn die Menschen gar keine Autos mehr kaufen und diese in den Garagen, auf öffentlichen Plätzen oder am Arbeitsplatz aufwendig parken müssen, sondern wenn der Fahrtwunsch – ob alleine oder gleich mit der ganzen Familie – einfach per App abgegeben wird und dann das passende Fahrzeug vor der Tür wartet und genau zum gewünschten Ziel fährt, wartet bis alle ausgestiegen sind und sich dann wieder diskret entfernt?

Wenn Fahrverbote für ältere Diesel schon eine Katastrophe bedeuten, was ist erst los, wenn Männer nicht mehr selbst kuppeln und schalten und ohne Tempolimit unterwegs sein können? Droht dann wirklich der Weltuntergang? Sicherlich nicht. Wenn man die schleichende Veralltäglichsung des Autos vor Augen hat, dann fällt die Antwort völlig undramatisch aus: Wir werden uns ganz schnell an die neuen Fahrmaschinen gewöhnen und ihre entlastenden Dienste sehr zu schätzen wissen. Alles wird elektrisch und viel effizienter. Autos müssen nicht mehr dumm herumstehen, sondern sind einfach „da“, wenn sie gebraucht werden. Sie sind Teil eines viel größeren Fuhrparks, der auch noch aus Bussen, Bahnen, Rädern und Rollern besteht. Der veränderte Gebrauch des Autos in den letzten Jahren nimmt diese technische Entwicklung teilweise bereits vorweg. Für die Männer springt sogar ein neues Hobby heraus. Neben Lagerfeuer und Grillen geht's zum Nürburgring – zum selber Autofahren.

Mögliche Beschäftigungseffekte

Konkrete und vor allen Dingen auch solide und wissenschaftlich akzeptierte Modellrechnungen zu potenziellen Beschäftigungseffekten infolge der Automatisierung im Verkehr gibt es nicht. Ebenso wie bei den möglichen Beschäftigungseffekten des Strukturwandels zur Elektromobilität bei den Autoherstellern und ihren Zulieferern sind auch bei der Automatisierung des Verkehrs die möglichen Veränderungen im Umfang und Qualität der Beschäftigung nicht wirklich valide einzuschätzen. In beiden Fällen ist davon auszugehen, dass dem Verlust klassischer Arbeitsplätze auch ein Aufbau neuer Beschäftigungsfelder entgegenstehen (vgl. im Überblick zur Elektromobilität: Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages 2017 und NPE 2016). Diese liegen weniger im Produktionsbereich als vielmehr in neuen Dienstleistungsberufen. Sie reichen von der Planung und Programmierung von intermodalen Mobilitätsangeboten inklusive ihrer digitalen Zugänge und kommunaler Regie- und Orchestrierungsarbeiten bis zu Reinigungs- und Wartungsaufgaben für die automatisierten Shuttles. Erkennbar ist allerdings, dass die Arbeitsinhalte teilweise deutlich höhere Anforderungsprofile erfordern als bisher und zugleich eine zusätzliche Beschäftigung in einfachen Dienstleistungssparten wie Reinigung und Sicherheit entsteht. Arbeits- und tarifpolitisch stellt sich daher die Aufgabe, die neuen Beschäftigungsfelder und -inhalte zu ermöglichen. Das sollte nicht zuletzt auch zur Folge haben, dass die öffentliche Vergabe durch die Aufgabenträger an eine Tarifbindung für alle Beschäftigten gebunden ist, dass aber auch ausreichend Flexibilität und „Öffnungsklauseln“ für neue Berufsbilder sowie veränderte Arbeitszeit- und Arbeitsortmodelle eingerichtet werden.

Die volkswirtschaftlichen Effekte dieses Strukturwandels sind ebenfalls nur schwer abzuschätzen. Analog zur Elektromobilität gilt auch für die Automatisierung, dass ein früher Markteintritt die zentrale Voraussetzung für eine steile Lernkurve der Anbieter ist, die wiederum die Chancen auf eine globale Vermarktung erhöhen und daher wiederum mehr Beschäftigung nach sich ziehen (siehe für die Elektromobilität: Harrison 2017).

4. Die künftige Regulierung und politische Handlungsempfehlungen

Ohne eine Veränderung der bestehenden gesetzlichen Rahmen werden sich in Deutschland weder automatisierte Fahrzeuge und erst Recht keine autonomen Flotten etablieren. Die bereits im Einsatz befindlichen Shuttles bleiben Randerscheinungen. Wer keine Veränderung möchte, ist mit dem augenblicklichen „Regulierungsregime“ gut bedient, das die Förderung und Verbreitung des privaten Fahrzeuges mit Verbrennungsmotoren nach wie vor im Fokus hat. Während die Autohersteller den Automatisierungsgrad ihrer Fahrzeuge weiter ausbauen, bleibt aber die auf das private Kfz fixierte Grundordnung stabil. Busse und Bahnen sowie auch Taxis und Mietwagen sind Nischen, sie spielen im Verkehrsmarkt keine bedeutende Rolle, werden aber in ihrer Existenz auf Dauer gesichert. Die angekündigten Änderungen des PBefG durch den Bundesminister für Verkehr lassen erkennen, dass eine grundlegende Veränderung dieses „rechtlichen Korsetts“ nicht geplant ist (Knie 2019). Wenn die Klimaziele aber ernst genommen werden, die Verkehrswende eingeleitet und das skizzierte Zielbild angestrebt wird, dann müssen automatisierte Fahrzeugsysteme eine strategische Rolle darin spielen.

Die derzeit auf den Markt drängenden on demand-Dienste können als „Vorläufer“ für automatisierte Flotten betrachtet werden und haben bereits jetzt das Potential diese Grundordnung zu verändern. Das bedeutet jedoch, dass der Öffentliche Verkehr grundlegend modernisiert werden muss. Nur dann lassen sich die Alternativen zum privaten Pkw in einem großflächigen Stile entwickeln. Ein künftiger Regulierungsrahmen muss daher neue Angebote und Technologien ermöglichen und diese zugleich so kontrollieren und einbinden, dass sie ihr Potenzial für eine nachhaltige Mobilität optimal entfalten können („ermöglichende Regulierung“). Eine zukunftsorientierte Regulierung ist dabei eine, die die heute schon absehbaren dynamischen Veränderungen auf der Angebots- wie auch auf der Nachfrageseite berücksichtigt und dafür Sorge trägt, dass heute noch nicht vollständig absehbare Entwicklungen möglichst leicht in den Regulierungsrahmen eingefügt werden können. Langfristig kommt eine Verkehrswende nicht ohne eine entsprechende allgemeine rechtliche Grundlage aus. Denkbar ist ein Artikelgesetz, das die Ziele festlegt und einzelne Gesetzes dann anpasst. Um insbesondere den Betrieb von (teil-)automatisierten Shuttles sowie den digitalbasierten on demand-Diensten in dem beschriebenen Setting als Teil eines integrierten künftigen Öffentlichen Verkehrs regulatorisch zu ermöglichen, ist eine Reihe von gesetzlichen Änderungen notwendig. Im Folgenden werden einzelne Aspekte unterschiedlicher Gesetze adressiert, die zur Erreichung des Zielbildes modifiziert und neu gefasst werden müssen. Präzisierte Öffnungsklauseln und Verordnungen sollen es insbesondere Kommunen erlauben, neue Wege jenseits der herrschenden Rechtsordnung zu gehen und dabei dennoch gerichtsfeste Entscheidungen treffen zu können.

Ausweitung des Geltungsbereiches des PBefG

Zentrale gesetzliche Grundlage für die operativen Belange im ÖV ist das Personenbeförderungsgesetz (PBefG). Im aktuellen Koalitionsvertrag der Regierungsparteien wird eine Reform durchaus angestrebt. Damit besteht kurzfristig die Option, die Voraussetzungen für die Genehmigung neuer Mobilitätsangebote inklusive automatisierter Shuttles zu verbessern bzw. diese vorzubereiten. Eine zukunftsorientierte Reform des PBefG soll es ermöglichen, dass in Zukunft neben die liniengebundenen

Angebote des ÖPNV in Form von Bussen und Bahnen, sowie Taxis und Mietwagen eine Vielfalt von neuen flexiblen Angeboten treten kann. Ziel sollte es dabei sein, erste Schritte in Richtung einer Neuordnung des Verkehrs insgesamt umzusetzen.

Grundsätzlich ist das bestehende PBefG in drei Richtungen anzupassen: Erstens müssen neue Mobilitätsdienste ermöglicht werden, zweitens sind die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass neue und alte Angebote optimal orchestriert werden können. Dabei sollen zugleich neue Freiräume für die unternehmerische Ausgestaltung von Mobilitätsdiensten geschaffen werden, die sich allerdings immer wieder auf das Erreichen des Zielbilds verpflichten lassen müssen. Hinzu kommt drittens, dass die Möglichkeiten verbessert werden, auf die unterschiedlichen Bedürfnisse in verschiedenen Raumtypen besser einzugehen und dort jeweils angepasste Lösungen zu erlauben.

Dem Aufgabenträger, der bisher nur für den klassischen ÖPNV zuständig war, kommt künftig eine neue zentrale Rolle zu: Seine Aufgabe besteht darin, die gesamten Mobilitätsangebote auf öffentlichen Straßen so zu ordnen, dass die Ziele optimaler Reisegeschwindigkeiten, effizienter Nutzung der Verkehrsinfrastrukturen sowie hoher Erreichbarkeit aller Ziele für alle NutzerInnen in einer den Nachhaltigkeitszielen gerechten Weise erreicht werden. Dazu soll der Aufgabenträger in einem jährlich zu erstellenden Nahverkehrsplan die anzustrebenden Erreichbarkeits- und Qualitätsparameter für sein Bedienegebiet bestimmen. Solche Nahverkehrspläne sollten schlanke Dokumente sein, die die Zielstellungen in quantifizierbaren Parametern hinterlegen und Mengengerüste bestimmen. Diese Ziele dienen als Basis dafür, die Angebotsmenge und die Angebotsqualitäten zu bestimmen. Der Aufgabenträger kann die Aufgabe der Orchestrierung auch an Dritte übertragen.

Flexibilisierung des ÖPNV ermöglichen

Im Bereich der öffentlichen Bestellung und Finanzierung von ÖPNV-Leistungen soll es dem Aufgabenträger erleichtert werden, nicht nur den klassischen Linienverkehr, sondern als Ergänzung oder Ersatz auch flexible Angebotsformen (z. B. „on demand-Busse“) zu bestellen. Dies ist nicht nur für die urbane Mobilität wichtig, sondern insbesondere auch für die ländlichen Gemeinden, in denen der klassische Linienbetrieb schon heute oft nicht mehr sinnvoll zu betreiben ist. Dies ist Voraussetzung dafür, dass (teil-)automatisierte Shuttles überhaupt einen Einstieg in die ÖV-Landschaft erhalten können. Im Folgenden werden daher konkrete Öffnungsbereiche des bestehenden PBefG für den Transfer in die digitale Angebotswelt identifiziert.

Bisher wurde im PBefG unter „ÖPNV“ (§ 8) in der Regel ein Linienverkehr nach Definition verstanden, d.h. nicht-liniengebundene Angebote konnten bisher nur als „atypischer Linienverkehr“ unter sehr komplizierten Bedingungen genehmigt werden. Zukünftig sollen auch flexible, nicht-liniengebundene Angebotsformen regulär als Teil des ÖPNV-Angebots einer Kommune bestellt werden können. Für alle Pilotversuche automatischer Shuttles ist mit dem bestehenden Rechtsrahmen praktisch ein den technischen Möglichkeiten angemessener, flexibler „on demand“ Verkehr gar nicht möglich.

Deshalb wäre der Begriff des ÖPNV in § 8 PBefG zu erweitern (vgl. auch KCW 2018). Als ÖPNV sollen nicht mehr nur liniengebundene, sondern auch nicht-liniengebundene Verkehrsangebote verstanden werden können, sofern sie die Merkmale eines gemeinnützigen öffentlichen Verkehrsangebots erfüllen, denen auch der liniengebundene ÖPNV unterliegt: z.B., dass sie für alle Bevölkerungsgruppen zugänglich sind (z.B. im Sinne von Barrierefreiheit, Zugänglichkeit mit Kinderwagen usw.), dass sie in einen ÖPNV-Tarif eingebunden sind, dass sie einer verbindlichen Betriebspflicht unterliegen und

damit eine mit dem Linienverkehr vergleichbare Verlässlichkeit aufweisen und dass sie darauf ausgelegt sind, das bestehende ÖPNV-Angebot optimal zu ergänzen, zu verdichten oder zu ersetzen. Dies dient dazu, die Etablierung und Verbreitung weiterer digitaler Angebote überhaupt erst einmal pilotieren zu können.

Die Aufgabenträger können auf dieser Basis regulär flexible Angebotsformen als Teil ihres ÖPNV-Netzes bestellen. Dabei kann es sich zum Beispiel um Angebote handeln, die eine klar definierte begrenzte Funktion im Rahmen des bestehenden ÖPNV-Netzes erfüllen – also zum Beispiel als Zubringer zu bestimmten Knotenpunkten fungieren oder nur zu Schwachlastzeiten den liniengebundenen ÖPNV ergänzen oder ersetzen. Diese Angebote werden in der Regel gemeinwirtschaftliche Angebote sein, da sie in einem begrenzten Bediengebiet nicht wirtschaftlich betrieben werden können.

Es kann sich auch, wenn der Aufgabenträger das wünscht, um Angebote handeln, die auf dem gesamten Gebiet einer Kommune und zu allen Zeiten operieren. Auch diese unterliegen dann aber den oben genannten verbindlichen Auflagen z.B. hinsichtlich Betriebspflichten, Barrierefreiheit und der Einbindung in behördlich genehmigte Beförderungstarife.

Die Erweiterung des ÖPNV-Begriffs bietet erst die Grundlage dafür, vermehrt bedarfsgesteuerte automatisierte Shuttles als Teil des ÖPNV zu genehmigen und entsprechend auch zu finanzieren.

Orchestrierung von digitalen Sammelbeförderungsangeboten durch Lizensierung

Neben automatisierten on demand- Bussen, die als Teil des ÖPNV-Netzes vom Aufgabenträger direkt bestellt werden, soll ein Markt für unternehmerische Tätigkeit im Bereich der Personenbeförderung in Form von digitalbasierten Sammelbeförderungsangeboten eröffnet werden. Daher soll zusätzlich zu der oben beschriebenen Anpassung der Definition des ÖPNV in § 8 PBefG eine eigenständige Genehmigungsgrundlage für digitalbasierte Sammelverkehre im Bereich des Gelegenheitsverkehrs (§ 46 PBefG) geschaffen werden. Neben dem Linienverkehr, dem Taxi und dem Mietwagen (explizit ohne Sammelfunktion) wird dazu ein weiterer Genehmigungstatbestand unter dem Begriff „Digitale Sammelbeförderungsangebote“ als Arbeitstitel eingeführt. Dieser umfasst eine neue Kombination von Rechten und Pflichten: Die Einzelplatzvermietung („Sammeln“) ist für diese Verkehrsform konstitutiv (d.h. klassische Mietwagenverkehre sowie Ridehailing-Dienste, die nicht auf das Bündeln mehrerer Fahrwünsche abzielen, fallen nicht in diese Kategorie), es besteht keine Rückkehrpflicht, dafür aber eine Tarifuntergrenze, die über dem ÖPNV-Basistarif liegen muss. Auch diese Verkehre können zukünftig mit automatisierten Shuttles und perspektivisch mit autonomen Fahrzeugflotten angeboten werden und dienen dazu, neue, eigenwirtschaftliche Geschäftsmodelle auszuprobieren.

Das PBefG bietet aber auch Optionen. Für digitale Sammelbeförderungsangebote eingesetzte Fahrzeuge dürften bereits jetzt und das ohne Ausnahme maximal 50 Gramm CO₂ pro Kilometer ausstoßen. In der Regel sind dies dann ausschließlich batterie-elektrische oder wasserstoff-elektrische Fahrzeuge. In der aktuellen Genehmigungspraxis, bei der unter anderem große Automobilhersteller in Hannover und Berlin Ausnahmegenehmigungen erwirkt hatten, ist dies nicht durchgängig der Fall gewesen. Zukünftig sollte diese Option bundesweit einheitlicher gefasst werden.

Um dabei das gesamte Zielbild abzusichern, ist eine Orchestrierung der neuen eigenwirtschaftlichen Beförderungsdienste mit dem ÖPNV erforderlich. Gemeint ist, das Mengen und Zeiten der privaten

Anbieter öffentlicher Verkehre regelbar gemacht werden. Diese erfolgt über eine Lizenzierung, wie sie im Bereich des Taxi- und Mietwagenverkehrs bereits existiert. Verantwortlich dafür ist der Aufgabenträger. So kann verhindert werden, dass gleichsam „über Nacht“ Angebotsoffensiven gestartet werden, die die Zahl der Gerätschaften einfach erhöhen, ohne einen Beitrag zur Lösung der Verkehrsprobleme liefern zu können. Dazu kann im Nahverkehrsplan die Zielstellung festgelegt werden, dass digitale Sammelbeförderungsangebote mit Obergrenzen zugelassen werden. Es können darin auch Gebiete und Zeiten benannt werden, in denen digitale Sammelbeförderungsangebote nicht erlaubt sind. Außerdem kann vom Anbieter den Nachweis verlangt werden, dass die digitalen Mobilitätsdienste eine Mindestquote gebündelter Fahrten über einen definierten Zeitraum erreichen müssen (und sich somit von Taxi und Mietwagen unterscheiden). Darüber hinaus kann der Aufgabenträger festlegen, dass die Wiedererteilung einer Genehmigung an eine Evaluation der verkehrlichen Effekte des Angebots gebunden ist.

Mit dieser Regelung wird die Genehmigung flexibler digitaler Sammelbeförderungsangebote ermöglicht, die auf unternehmerische Initiative außerhalb des ÖPNV-Netzes beantragt werden. Zugleich bleibt es dem Aufgabenträger vorbehalten, insbesondere die Zahl der Fahrzeuge zu begrenzen, Auflagen zu machen und die Wechselwirkungen zu anderen Verkehrsarten zu evaluieren. Die Grundlage für die Begrenzung des Marktzugangs in der Zahl der Lizenzen und der Fahrzeuge sind die Ziele einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung, wie diese im Nahverkehrsplan festgeschrieben sind. So kann jeder Aufgabenträger steuern, wie viele unternehmerische digitale Sammelbeförderungsangebote mit dem Interesse einer Bündelung von Verkehr auf Hauptachsen des ÖPNV vereinbar sind. Damit lassen sich neue Märkte für digitale Angebote schaffen, ohne die Kontrolle über das Gesamtsystem aus der Hand zu geben.

Die Genehmigung soll dabei nicht wie beim Linienverkehr mit einem „ausschließlichen Recht“ einhergehen. Das bedeutet: Sofern der Betrieb von mehreren digitalbasierten Sammelbeförderungsdiensten von unterschiedlichen Unternehmen auf dem gesamten Stadtgebiet als vereinbar mit dem ÖPNV bewertet wird, darf auch mehreren Unternehmen die Genehmigung erteilt werden. Hierdurch wäre dann der Start von on demand- Diensten und perspektivisch von (teil-) automatisierten Flotten auch im Wettbewerb möglich, eine Betriebspflicht oder andere Vorgaben analog des PBefG kämen nicht zur Anwendung. Damit wären einerseits die steuerlichen Finanzierungsoptionen eingeschränkt, andererseits aber neue unternehmerischer Spielräume für solche on demand Verkehre möglich.

Durch diesen neuen Genehmigungstatbestand „digitaler Sammelbeförderungsangebote“ werden neue Dienste, die auf das Bündeln von Fahrtwünschen abzielen, von der für Mietwagen geltenden Rückkehrpflicht ausgenommen. Die beiden anderen Genehmigungstatbestände im Gelegenheitsverkehr, Taxi und Mietwagen, sollen hingegen in ihrer heutigen Form erhalten bleiben. Dieser Vorschlag weicht damit von den bisher aus dem Hause BMVI bekannt gewordenen Vorschlägen im Eckpunktepapier ab (BMVI 2018b). Hinter diesem Vorschlag verbirgt sich aber das Ziel, dass neue Angebote im Bereich der digital vermittelten Personenbeförderung in erster Linie Sammelbeförderungsangebote sein sollten. Die Rückkehrpflicht soll nur für Angebote aufgehoben werden, die explizit als Sammeldienste ausgewiesen sind. Damit wären Rechtsgrundlagen gegeben, digitale Sammelangebote als Vorläufer von automatisierten Flotten zu testen.

Zusätzliche Lösungen auch für den ländlichen Raum

Ähnlich wie das Straßenverkehrsrecht ist das Personenbeförderungsrecht bisher im Wesentlichen auf bundeseinheitliche Regelungen ausgerichtet. In Zukunft brauchen die Kommunen aber mehr Spielräume, um auf ihre jeweils unterschiedlichen raumstrukturellen Bedingungen einzugehen. Insbesondere in peripheren ländlichen Räumen ist es notwendig, dass der bestehende Pkw-Verkehr für den „öffentlichen Transport“ genutzt werden kann. Denn dort ist der Öffentliche Verkehr so rudimentär, dass faktisch keine Alternative zum privaten Pkw mehr besteht. Daher soll in diesen Räumen der Aufgabenträger die Möglichkeit erhalten, Gebiete und Zeiten zu bestimmen, in denen sogenannte „Bürger-Taxi“-Angebote erlaubt sind. Unter dieser neuen Kategorie – der Name sollte als vorläufige Bezeichnung dienen – wird verstanden, dass auf einer zugelassenen Plattform registrierte Privatpersonen andere zu einem festgelegten Tarif im eigenen Auto mitnehmen dürfen. Der Tarif wird dabei vom Aufgabenträger genehmigt und liegt über dem eines ÖPNV-Einzelfahrscheins und unter dem Tarif des Taxis (beispielsweise 1 EUR pro Kilometer). Grundsätzlich werden bisher alle Fahrten, die mit mehr als 30 Cent pro Kilometer entgolten werden, zu einem Genehmigungstatbestand. Mitfahrzentralen müssen in ihrer Angebotsdarstellung darunter liegen, um nicht in den Geltungsbereich des PBefG zu gelangen. Laut ADAC beträgt der durchschnittliche Kostensatz pro Pkw-Kilometer (über alle Fahrzeugklassen hinweg, einschließlich der Abschreibungen) bei rund 45 Cent. Der Tarif und die Konditionen eines „Bürger-Taxis“ sollen so festgelegt werden, dass ein monetärer Anreiz entsteht, Fahrten mit einem eigenen Pkw anzubieten, die ohnehin gemacht würden. Dieser Dienst ist nicht als Vollunternehmensleistung ausführbar, die Genehmigung wird nur auf Basis einer maximalen Verdienstmöglichkeit für Fahrer in Höhe von 450 EUR pro Monat erteilt. Der Wartburgkreis im Freistaat Thüringen hat dem dortigen Betreiber „Wartburgmobil“ im Februar 2019 eine solche Genehmigung nach § 2,7 des PBefG für zunächst ein Jahr erteilt. Diese erlaubt es nun, die digitalen Mobilitätsdienste langsam und kontrolliert, aber stetig in die bestehende Angebotslandschaft einzuführen. Dabei kann im Sinne des skizzierten Zielbildes die Trennung zwischen privatem Pkw und öffentlichem Transportunternehmen insbesondere auf dem Land Schritt für Schritt aufgelöst werden. Dies ist ebenfalls als rechtliche Startbasis für digitale Sammeldienste im ländlichen Raum zu sehen, die in Verbindung mit einem geänderten PBefG bereits jetzt neue Angebotsformen manueller und (teil-) automatisierter Angebote ermöglichen.

Anpassung des Straßenverkehrsrechts bzw. der Straßenverkehrsordnung

Die Reformierung des PBefG ist wie bereits angedeutet aktuell Bestandteil des Koalitionsvertrags der Regierungsparteien und wird in den Bundestagsfraktionen sowie auch innerhalb der Verbände (VDV, Taxi-Innungen, BITKOM) intensiv diskutiert. Allerdings ist zu bedenken: Ob mit oder ohne automatisierte Fahrzeuge (oder später autonome Systemen): eine Verbesserung der Angebote des Umweltverbands – selbst mit digitalen Unterstützungen – führt allein nicht zu einer Erreichung der Klimaschutzziele. Nur wenn der Regulierungsrahmen für den Verkehr insgesamt so verändert wird, dass die effiziente Verkehrsmittelnutzung Vorrang im öffentlichen Raum bekommt, werden diese Alternativen wirklich attraktiv und es kann zu einer Verlagerung der Verkehrsmittelnutzung kommen. Die potenziellen Optionen autonomer Flotten sind auch allein durch eine Änderung im PBefG nicht zu realisieren.

Die Kommunen haben jetzt schon Spielräume, die sie für eine zukunftsfähige Gestaltung der Mobilität nutzen können (vgl. Agora Verkehrswende 2018). Dazu gehört die Einführung eines flächende-

ckenden Parkraummanagements mit kostendeckenden Preisen für das Parken privater Fahrzeuge. Sie brauchen aber in Zukunft noch deutlich mehr Handlungsspielraum im Umgang mit dem öffentlichen Raum. Zukünftig muss es den Kommunen auch erleichtert werden, verkehrssteuernde Maßnahmen zu ergreifen, um die Ziele einer ökologischen und sozialen Gestaltung der Mobilität zu erreichen. Heute sind die Möglichkeiten dazu unter anderem dadurch begrenzt, weil Beschränkungen des Verkehrs in der Regel nur mit dem Ziel der Gewährleistung von „Sicherheit und Ordnung des Verkehrs“ angeordnet werden dürfen (Werner 2017). Der § 45 StVO nennt dazu noch eine Reihe von weiteren Gründen, die zulässig sind – diese sind aber sehr restriktiv. So ist zum Beispiel die Anordnung einer Fahrradstraße nur zulässig, wenn auf der entsprechenden Straße der Fahrradverkehr „die vorherrschende Verkehrsart ist oder dies alsbald zu erwarten ist“. Es ist nicht zulässig, diese Maßnahme zu ergreifen, weil die Kommune im Sinne der Erreichung ihrer verkehrlichen, umwelt- oder sozialpolitischen Ziele den Fahrradverkehr fördern möchte. Damit ist klar geregelt, dass eine Änderung der Dominanz des privaten Pkw rechtlich gar nicht möglich ist. Die maßgeblichen Gesetzeswerke tragen noch den „Geist“ der Durchsetzung des Pkws als dominantes Verkehrsmittel in sich. Dies hat seinen Grund darin, dass Deutschland in den 1920er und 1930er Jahren keine Rechtsordnung für eine breite Etablierung von Kraftwagen hatte. Die Zuständigkeiten waren zwischen dem Reich und den einzelnen Ländern so unterschiedlich, dass ein Automobilverkehr nur schwer in Gang kam. Erst im Nationalsozialismus änderte sich dies und der private Pkw erhielt reichseinheitlich Vorrang vor allen andern Verkehrsmitteln. Dies gilt bis heute. Dieser Rechtsrahmen bedarf daher der dringenden Überarbeitung, damit digitale Optionen – mit automatisierten Flotten als einer strategischen Variante – möglich werden (Canzler et al. 2018).

In Zukunft muss es ausdrücklich möglich sein, dass zum Beispiel ein kommunaler oder regionaler Verkehrsentwicklungsplan – begleitend oder integrierend in den oben bereits erwähnten Nahverkehrsplan – die Grundlage für die Anordnung verkehrslenkender Maßnahmen bildet (vgl. ebenda). Dieser Grundsatz bildet dann auch die Grundlage für zukünftige Regelungen wie beispielsweise die Einführung von Straßennutzungsgebühren: Solange keine flächendeckenden Gebühren für das gesamte Straßennetz gelten, muss es den Kommunen erlaubt sein, diese für ihr eigenes Hoheitsgebiet einzuführen. Dazu gehört auch die Möglichkeit, die Gebühren zur Erreichung bestimmter verkehrspolitischer Zielsetzungen zu staffeln – zum Beispiel niedrigere Gebühren für geteilte Fahrzeuge aller Art oder auch zeitlich variierende Gebühren, die zu bestimmten Stoßzeiten gelten und Anreize bieten, besonders in diesen Zeiträumen effiziente Verkehrsmittel zu nutzen.

Diese Forderung ist vor allen in Hinblick auf die neuen Möglichkeiten automatisierter Fahrzeuge wichtiger denn je. Zudem müssen die Voraussetzungen für die Kommunen geschaffen werden, öffentlichen Raum angemessen zu bepreisen – auch für AnwohnerInnen (vgl. Agora Verkehrswende 2018). Die Kompetenz zur Festsetzung der Höhe von Parkgebühren für Anwohner soll von der Bundes- auf die kommunale Ebene verlagert werden.

Neuaufteilung öffentlicher Räume

Ein weiterer Stellhebel zur Erreichung des Zielbildes und zur Ermöglichung von on demand-Angeboten im öffentlichen Verkehr und perspektivisch autonomen Fahrzeugflotten ist, dass gemeinschaftlich zu nutzenden Fahrzeugen ausreichend Raum erhalten. Ziel muss es sein, dass ein stetig wachsender Anteil der öffentlichen Flächen für die effizientesten Verkehrsträger zur Verfügung gestellt wird und exklusive – also private - Fahrzeuge für die Nutzung der öffentlichen Fläche einen hohen Preis zahlen. Das bereits im Jahr 2017 vom Bundestag verabschiedete Carsharing-Gesetz sieht

dies im Grundsatz vor. Um aber wirksam zu werden, müssen die Länder die Vorgaben adaptieren und in Länderrecht übertragen. Bislang hat die überwiegende Mehrheit der Länder dies nicht getan.

Zukünftig ist die Reichweite eines solchen Gesetzes so auszubauen, dass auch andere Fahrzeuge im Gemeingebrauch wie Räder, Pedelecs, Scooter, aber auch neue Typen geteilter automatisierter Fahrzeuge davon profitieren können. Auch für Peer-to-Peer-Carsharing-Angebote ist eine deutlich günstigere Nutzung von Parkflächen zu ermöglichen. Die dynamische Entwicklung der Angebote zeigt, dass ein Gesetz wenig Sinn macht, das nur auf einen bestimmten Angebots- oder Fahrzeugtypus ausgerichtet ist. Entscheidend ist, dass die Städte die Möglichkeit bekommen, gemäß ihrer Nachhaltigkeitsziele bestimmte Angebote und Fahrzeuge gegenüber anderen zu privilegieren.

Auch für digitale Sammelbeförderungsangebote und zukünftig für automatisierte Fahrzeuge im on demand-Verkehr müssen die Kommunen die Möglichkeit erhalten, Flächen zum Ein- und Aussteigen sowie zum Bereithalten von Fahrzeugen zu schaffen. Wenn die Kommunen automatische Shuttles einsetzen, wird es oftmals notwendig oder zumindest sinnvoll sein, Fahrspuren für diese Fahrzeuge von anderem Autoverkehr oder von parkenden Autos frei zu halten. Generell sollten geteilte, automatisierte Fahrzeuge perspektivisch Vorrang vor privaten – exklusiven - automatisierten Fahrzeugen erhalten – zum Beispiel bei der Nutzung bestimmter Fahrspuren oder Parkflächen. Aber auch hierfür ist es entscheidend, dass es den Kommunen ausdrücklich erlaubt ist, ihre kommunalen oder regionalen Verkehrsentwicklungskonzepte als Grundlage für diese Maßnahmen heranzuziehen.

Aktuell gilt das Parken von Kraftfahrzeugen aller Art im Straßenrecht als Teil des verkehrlichen „Gemeingebrauchs“. Damit ist verbunden, dass sich das Abstellen von privaten Pkw als quasi natürliches und unveränderliches „Verkehrsbedürfnis“ etabliert hat. Die Verkehrsplanung muss bisher dieses „Bedürfnis“ zur Grundlage ihrer Planung machen und Straßen so planen, dass sie genügend parkende Autos aufnehmen können. Diese Logik ist angesichts der Klimaschutzziele, aber insbesondere auch angesichts der neuen Möglichkeiten intelligenter Mobilitätsangebote inklusive automatisierter öffentlicher Fahrzeuge nicht mehr zeitgemäß. In einer reformierten Straßenverkehrsordnung könnte das Parken von privaten Fahrzeugen nach Schweizer Vorbild vom Gemeingebrauch ausgenommen oder als „gesteigerter Gemeingebrauch“ eingestuft werden (vgl. Notz 2016, Agora Verkehrswende 2018, Ruhrort 2019). Dies bedeutet, dass das dauerhafte Parken im öffentlichen Raum nur noch da möglich ist, wo es ausdrücklich erlaubt wird. Auf dieser Grundlage können Kommunen entscheiden, an welchen Stellen und in welchem Ausmaß wertvoller öffentlicher Raum überhaupt noch für private Pkw zur Verfügung gestellt werden soll.

Multimodale Orchestrierung und Integration von Angeboten im Roaming-Verfahren

Um die Ziele eines einfachen Zugangs, optimaler Verfügbarkeit und effizienter Nutzung öffentlicher Räume in einer multimodalen und multioptionalen Mobilitätslandschaft zu erreichen, brauchen die Aufgabenträger auch eine hinreichende Datengrundlage. Daher sollten die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass alle Anbieter dazu verpflichtet werden, Bewegungsdaten von Fahrzeugen in aggregierter und anonymer Form zur Optimierung des Verkehrsangebote dem Aufgabenträger zur Verfügung zu stellen. Nur so sind die Kommunen in der Lage, auch automatisierte Flottensysteme im Sinne des Zielbildes angemessen zu orchestrieren.

Zur Steuerung eines optimalen Verkehrsangebotes ist neben der Bepreisung des öffentlichen Raumes sowie der zeitlichen und örtlichen Begrenzung von Mengengerüsten von Fahrzeugangeboten auch die Integration der unterschiedlichen Angebote zu einer Dienstleistung zwingend. Die Erreichung des Zielbildes wird nur möglich, wenn der gesamte Fuhrpark eines Bedienegebietes durchgängig nutzbar ist. Die Verkehrsangebote müssen für die Nutzerinnen und Nutzer leicht zugänglich sein. Der Aufgabenträger sollte daher alle Anbieter dazu verpflichten, ihre Dienste gegenseitig buchbar zu machen und alle Fahrzeuge, die überwiegend auf dem öffentlichen Straßenraum angeboten werden, für alle registrierten Kunden buchbar zu machen („Roaming“, s. auch Box 5). Die Verantwortungs- und Abrechnungshoheit verbleibt beim jeweiligen Endkundenhalter. Der Aufgabenträger kann seinerseits ein Unternehmen mit der Organisation der Integrationsleistung beauftragen.

BOX 9: Das (virtuelle) Beispiel Hamburg:

So könnte es aussehen, wenn – am Beispiel Hamburg – der klassische ÖV und neue Mobilitätsangebote erfolgreich integriert werden: Der Aufgabenträger des Landes Hamburg erteilt den Auftrag zum Betrieb einer digitalen Roaming-Plattform. Der HVV entwickelt diese Plattform als App selber oder zusammen mit einem Software-Anbieter. Über die App machen verschiedene Mobilitätsanbieter ihre Produkte verfügbar. Eine HVV-Kundin kann dann in der App jeweils das Mobilitätsangebot auswählen, das sie nutzen möchte. Mit einem Klick schaltet sie sich für verschiedene Angebote frei, ohne dass sie sich bei jedem Anbieter erneut registrieren muss. Sie ist dann zugleich Kundin des HVV als auch der anderen Anbieter. Es besteht für die KundInnen weiterhin die Option, sich bei jedem einzelnen Anbieter separat zu registrieren. Auch den Anbietern oder Dritten steht es frei, eigene Plattformen zu bilden und dort unterschiedliche Mobilitätsangebote zugänglich zu machen. Die Roamingplattform des ÖPNV-Unternehmens ist aber die einzige Option, auf der Tickets des ÖPNV zugänglich sind. Allerdings muss der HVV Kunden von anderen ÖV-Unternehmen per Roaming einen Zugang zu den HVV-Angeboten öffnen. Konkret bedeutet dies, dass HVV-Kunden beispielsweise auch in Berlin die U-Bahn nutzen können, ohne sich eigens auf einer BVG App neu registrieren zu müssen – und umgekehrt.

Automatisierte Shuttles im Öffentlichen Verkehr

Die Struktur des öffentlichen Nachverkehrs ist in den jeweiligen ÖPNV-Gesetzen der Länder festgelegt. Hier können die Bundesländer Vorgaben zu Bedienstandards und anderen relevanten Aspekten der Ausgestaltung des öffentlichen Verkehrsangebots und ihrer Finanzierung machen. In diesem Kontext ist den Ländern die Chance gegeben, gezielt festlegen, dass zukünftig die Einsatzmöglichkeiten (teil-)automatisierter Shuttles oder vergleichbarer Technologien bei der ÖPNV-Planung berücksichtigt werden sollen. Sie können auch durch eigene Förderprogramme gezielt die Technologieentwicklung und die Praxiserprobung in diesem Bereich unterstützen.

Neben den ÖPNV-Gesetzen der Länder ist auch die bundeseinheitliche Straßenverkehrszulassungsordnung anzupassen. Denn für eine weitere Verbreitung muss der bestehende Zulassungsprozess einfacher geregelt werden. Solange (teil-)automatisierte Shuttlefahrzeuge noch keine Typengenehmigung haben, sind die Fahrzeuge sowie die dazu gewünschte Strecke oder das Quartier im konkre-

ten Einzelfall zu genehmigen. In der Regel beauftragt die entsprechende Straßenverkehrszulassungsbehörde dazu jeweils ein technisches Gutachten. Solche Verfahren sind teuer (wie bereits oben erwähnt) und aufwendig. Eine bereits eingesetzte Bund-Länder-Arbeitsgruppe erarbeitet zurzeit mit den Prüfverbänden TÜV Rheinland, TÜV Nord, TÜV Süd und DEKRA entsprechende Vorschläge. Es wäre zu wünschen, dass hierzu der bereits erreichte Wissens- und Erkenntnisstand in transparenter Form für alle Beteiligten zugänglich und die Prozesse für alle Akteure einfacher werden. Darüber hinaus wird die bisherige Zertifizierung immer noch als Ausnahmetatbestand im Vergleich zum herrschenden Technikstandard kritisch bewertet. Denkbar wäre es, die angemeldeten Ausnahmegenehmigungen als Elemente einer zukünftig geltenden Verkehrslandschaft sozusagen als „vorweggenommene Zukunft“ zu betrachten und offener zu behandeln. Die Einführung eines gesonderten Experimentierparagraphen in der Straßenverkehrszulassungsordnung für automatische Shuttle Fahrzeuge könnte hier ebenfalls hilfreich sein, insbesondere dann, wenn dieser auch ein Teil einer Gesamtlogik einer neuen Regulierung würde bzw. sich im Rahmen eines regulatorischen Experimentierraumes aktivieren ließe.

Flexibilisierung des Straßenverkehrsrechts: regulatorische Experimentierräume

„Regulatorische Experimentierräume“ bieten Chancen für neue verkehrsplanerische Lösungen und Mobilitätsangebote und könnten fester Bestandteil der Planungs- und Verwaltungspraxis im Verkehr werden. Für die Verwaltung ist es dabei wichtig, dass auch unter der Bedingung temporärer Umsetzung von Maßnahmen Rechtssicherheit besteht. Dazu kann schon heute die so genannte Experimentierklausel in der Straßenverkehrsordnung genutzt werden. Diese und andere Klauseln sollten noch weiter gestärkt werden, indem explizit auf die Erprobung von Maßnahmen zur Erreichung von Zielen einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung verwiesen wird und in einem eigenen bundesweiten Rechtsrahmen zur Einführung temporärer Verkehrsmaßnahmen abgesichert werden.

Damit könnten für einen Zeitraum von fünf bis sieben Jahren und unter Wahrung von Beteiligungsverfahren, klarer Zielstellung und eines wissenschaftlichen Monitorings beispielsweise (teil-) automatisierte Shuttles erprobt werden, ohne dass dafür schon eine eigene „fertige“ gesetzliche Grundlage existiert. Das Experimentiergesetz („Gesetz zur Errichtung von regulatorischen Experimentierräumen“) würde den Gegenstandsbereich, die Befristung, das Antrags- und Genehmigungsverfahren, Beteiligungs- und das Begleitungsverfahren sowie die Überführung in bestehende Gesetze oder aber auch die Rückführung auf den ursprünglichen Zustand regeln. Es böte damit insbesondere den Kommunen mehr Rechtssicherheit beim Ausprobieren neuer Optionen.

5. Ausblick und Kernaussagen in fünf Thesen

Zieht man Anfang 2019 eine verkehrspolitische Bilanz, muss man konstatieren, dass die rechtlichen, infrastrukturellen und steuerlichen Rahmenbedingungen in Deutschland immer noch auf die Förderung und Stützung des privaten Automobils ausgerichtet sind. Mittlerweile haben sich die Lebens- und Arbeitsformen, aber auch die Werteorientierungen verschoben, ohne dass sich dies beispielsweise in der Aufteilung des öffentlichen Raumes bemerkbar machen konnte. Die digitalen Plattformen im Verkehr, die insbesondere durch das mobile Internet neue Geschäftsmodelle ermöglichen, sind in Deutschland nur in Ausnahmefällen zulässig und gelten dezidiert nicht als Regelfall. Gleichzeitig nimmt die Massenmotorisierung weiter zu, die Auswirkungen des zunehmenden motorisierten Individualverkehrs gefährden den Erfolg der Klimapolitik und mindern die Lebensqualität in den Städten. In diesem Kontext könnten on demand-Verkehre, automatisierte Shuttles und perspektivisch autonome Fahrzeugflotten ein „Game Changer“ werden, also die Grundordnung der Verkehrslandschaft verändern. Allerdings fallen diese Flotten nicht aus dem (kalifornischen) Himmel und sind gleichsam über Nacht dann auch auf Deutschlands Straßen verfügbar. Sie müssen vielmehr politisch ermöglicht und in ihren Wirkungen auch gestaltet werden.

Für diesen Gestaltungsansatz fehlen bisher die politischen Instrumente. Um Menschen für ein geändertes Verkehrsverhalten im wahrsten Sinne des Wortes mehr Raum zu geben und die technologischen Optionen automatischer Fahrzeuge und autonomer Flotten im Sinne einer Verkehrswende zu gestalten, passen die gegebenen gesetzlichen Grundlagen nicht. Spätestens wenn Level 5 erreicht wird, steht die Regelung des öffentlichen Raumes und der abzuwickelnden Verkehrsströme vor ganz fundamentalen Herausforderungen. Branchengrenzen werden sich verschieben, Betriebslogiken neu definiert. Was ist zukünftig „öffentlich“, was „privat“ und wie entwickeln sich in dieser Neuaufteilung die Geschäftsmodelle? Bereits auf dem Weg dorthin fehlen die Gestaltungsmöglichkeiten. Ob es um das Fahrrad, innovative Sharingdienste oder gar die Einführung eines automatisierten Shuttle-Betriebs geht: sobald diesen mehr Raum gegeben und das Parken von privaten Fahrzeugen zurückgedrängt werden soll, sind die rechtlichen Grenzen schnell erreicht. Sie zu überwinden, ohne ein hohes Klagerisiko einzugehen, ist schwierig. Verwaltungshandeln ist aber in erster Linie auf gerichtsfeste Verfahrensformen hin geeicht. Gerade für Experimente wie einem Probetrieb von automatisierten Shuttles braucht es mehr Rechtssicherheit.

Zusammengefasst kommt daher das Gutachten zu dem Ergebnis, dass die technologische Entwicklung des automatisierten Fahrens weltweit mit massiven finanziellen Mitteln vorangetrieben wird, dass aber weder die Betreiber der digitalen Plattformen noch die Automobilhersteller alleine in der Lage sind, die Entwicklung dieser Technologie im Sinne einer Verkehrswende voranzutreiben. Dies geht mit einer Ablösung des Individualverkehrs vom privaten Automobilbesitz und der Öffnung einer multimodalen Nutzungsperspektive einher. In dieser Nutzungsperspektive werden die verschiedenen Verkehrsmittel für alle verfügbar und die Zahl der notwendigen Gerätschaften kann drastisch reduziert werden. Autonome Fahrzeugflotten können hierbei ein strategischer Hebel der Umsetzung sein, dazu muss aber die Struktur des Öffentlichen Verkehrs deutlich verändert werden. Allerdings ist die augenblickliche Verfasstheit und Finanzierungsstruktur des Öffentlichen Verkehrs in Deutschland nicht in der Lage, diese Aufgabe für anzunehmen und umzusetzen. Hier müssen grundlegende Strukturveränderungen wirksam werden. Das Gutachten empfiehlt, auf dem Weg dorthin automatische Shuttles als Elemente dieses Technologieschubes in den Öffentlichen Verkehr zu integrieren und

dazu auch die Handlungsoptionen der Verkehrsbetriebe deutlich zu erhöhen. Folgende konkrete Veränderungen sollten daher kurzfristig sowohl auf Bundes- als auch auf Landes- sowie auf kommunaler Ebene angestrebt werden:

Bundesebene:

- Erlass eines Gesetzes zur Errichtung von regulatorischen Experimentierräumen als Artikel- und Übergangsgesetz
- Anpassungen u.a. des Personenbeförderungsgesetzes sowie der Straßenverkehrszulassungsordnung in Verbindung mit einer Verordnung zu den Experimentierräumen

Bundes-/Länderebene:

- Einführung eines Innovationsbudgets bei den Regionalisierungsmitteln
- Einrichtung von mehreren Innovations- und Kompetenzzentren zur Erprobung digitaler Technologien im Öffentlichen Verkehr

Länderebene:

- Anpassung der ÖPNV-Gesetze in Richtung Erhöhung des Handlungsspielraumes der Verkehrsbetreiber sowie zur Stärkung der Aufgabenträger als Regieeinrichtung

Kommune:

- Neuaufteilung des öffentlichen Raumes

Mittelfristig wird man in einem umfassenden „BundesMobilitätsgesetz“ die Ziele einer neuen Verkehrspolitik jenseits des privaten Autos definieren und die Instrumente zur Gestaltung des Verkehrswesens in der Stadt und auf dem Land festzulegen haben.

Die Kernaussagen in fünf Thesen

These 1: Folgende technische Entwicklung ist ohne politische Intervention erwartbar: Innerhalb der nächsten 20 Jahre wird es noch keine Level 5-Fahrzeuge („autonome Flotten“ oder auch „Robo-Taxis“) auf Deutschlands Straßen geben. Automatisierte Fahrzeuge auf Level 4 werden dagegen weit verbreitet sein und auf Autobahnen den Fahrenden zeitweilig entlasten. Parallel operieren wenige automatisierte Shuttles (Level 3 und Level 4) auf abgegrenzten Strecken als Teil des öffentlichen Nahverkehrs.

These 2: Damit sind Gefahren verbunden: Der zunehmende Automatisierungsgrad von Fahrzeugen wird von den Fahrzeugherstellern als Antwort auf die Probleme des Verkehrs vermarktet: „sicherer, sauberer und optimierter Verkehrsfluss“. Damit wird aber die Zahl der privaten Fahrzeuge weiter steigen und die Probleme der Flächenkonkurrenz mit anderen Verkehrsformen wie Busse, Bahnen und Fahrräder insbesondere in den Innenstädten weiter zunehmen. Die automatisierten Shuttles werden unter diesen Bedingungen aus ihrer Nische nicht herauskommen, der Öffentliche Verkehr wird insbesondere in ländlichen Verkehren nicht leistungsfähiger und weiter Marktanteile verlieren.

These 3: Die digitalen Optionen für eine Verkehrswende können sich daher nicht ohne politische Intervention entfalten. Die technischen Möglichkeiten erlauben nicht nur einen verbesserten Verkehrsfluss, eine drastische Reduktion der Unfälle sowie durch eine Erhöhung der Auslastung eine deutliche Senkung der Verkehrsgerätemengen. Bei einem Betrieb mit tatsächlich autonomen Flotten kann die Zahl der Fahrzeuge auf unter 50 Einheiten pro 1.000 Einwohner gesenkt werden – erreichbar nicht vor 2040. Bei einem gemischten Betrieb, also einer Kombination von automatisierten Fahrzeugen mit Bussen, Bahnen und Zweirädern lässt sich schon früher die Zahl der verbliebenen Kfz von derzeit über 500 auf 150 pro 1.000 Einwohner in städtischen Ballungsgebieten und von über 700 auf 350 in ländlichen Räumen reduzieren – erreichbar ab 2025. Hierbei müssen sich jedoch die Kapazitäten des öffentlichen Verkehrs verdoppeln, etwa ein Viertel der Angebote sind dann digital „on demand“ verkehrende Shuttles, alle Angebote sind gegenseitig buchbar.

These 4: Das Zielbild des Verkehrs von morgen lautet: hoch performant, sozial ausgewogen und nachhaltig organisiert. Dabei wird die individuelle Mobilität zunehmen, sie wird sich aber weitgehend vom privaten Eigentum an einem Fahrzeug lösen: es entsteht mehr Freiheit durch weniger Fahrzeuge. Automatisierte Fahrzeuge können hierfür ein strategischer Hebel sein – zunächst in Form von automatisierten Shuttles, später in Form von vollständig autonomen Flotten. Um dieses zu erreichen, ist eine „ermöglichende Regulierung“ notwendig, die das Privileg des privaten Autos zugunsten individualisierter on demand-Verkehre aufgibt. Schon heute gilt es, die Rolle von neuen on demand-Systemen als Teil des Öffentlichen Verkehrs zu ermöglichen und zu erproben. Die aktuell entstehenden on demand-Angebote mit Fahrer sind als Vorläufer zukünftig möglicher autonomer Flotten zu verstehen.

These 5: Auf Bundesebene ist ein neues Gesetz zur Einrichtung regulatorischer Experimentierräume zu erlassen, das die Transformation verwaltungsrechtlich absichert. Das Personenbeförderungsgesetz und die Straßenverkehrszulassungsordnung sind so anzupassen, dass digitale on demand-Verkehre als Teil des Öffentlichen Verkehrs ermöglicht werden. Auf Länderebene sind in den ÖPNV-Gesetzen der Geltungsbereich des Öffentlichen Verkehrs zu erweitern und die Aufgabenträger als Regieeinrichtung für alle öffentlich zugänglichen Verkehre zu etablieren. Den Kommunen kommt die Aufgabe zu, die Flächen des Öffentlichen Verkehrs neu aufzuteilen und zu bepreisen. Generell sollte das Zielbild in einem Bundesmobilitätsgesetz dann rechtlich abgesichert und einklagbar gemacht werden.

Quellen und Materialien

- ADAC/Zukunftsinstitut (2017): Die Evolution der Mobilität, online:
https://www.zukunftsinstitut.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Auftragsstudien/ADAC_Mobilitaet2040_Zukunftsinstitut.pdf
- Agora Verkehrswende (2017): Mit der Verkehrswende die Mobilität von Morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende, Berlin, online: <https://www.agora-verkehrswende.de/12-thesen/>
- Agora Verkehrswende (2018): Öffentlicher Raum ist mehr wert. Ein Rechtsgutachten zu den Handlungsmöglichkeiten der Kommunen, Berlin, online: <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/oeffentlicher-raum-ist-mehr-wert-2/>
- BCS (Bundesverband Carsharing) (2019): Pressemeldung „Carsharing auf Wachstumskurs“, online:
<https://carsharing.de/carsharing-deutschland-weiter-auf-wachstumskurs>
- BITKOM (2017): Zukunft der Consumer Technology 2016, Berlin, online:
<https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2017/08-August/CT-Studie/170830-CT-Studie-online.pdf>.
- BMUB (Bundesministerium für Umwelt und Bauen) (2016): Klimaschutzplan, Berlin, online:
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf
- BMUB (Bundesministerium für Umwelt und Bauen) (2017): Umweltbewusstsein in Deutschland 2016. Ergebnisse einer repräsentativen Befragung, Berlin.
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur) (2016): Verkehr in Zahlen 2016, Bonn.
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur) (2017): „Eigentumsordnung“ für Mobilitätsdaten? – Eine Studie aus technischer, ökonomischer und rechtlicher Perspektive, Berlin, online:
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/eigentumsordnung-mobilitaetsdaten.pdf?__blob=publicationFile
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur) (2018): Mobilität in Deutschland. Ergebnisbericht, Bonn. Online: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/mid-ergebnisbericht.pdf?__blob=publicationFile
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur) (2018b): Eckpunktepapier zur Reform des PBefG, Bonn.
- Butler, Tim (2017): Keine Vorteile mehr für Diesel, in: BACKGROUND v. 1.8.2017, online:
<https://background.tagesspiegel.de/keine-vorteile-mehr-fuer-Diesel/>
- Canzler, Weert (2016): Automobil und moderne Gesellschaft. Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Mobilitätsforschung, Berlin.
- Canzler, Weert/Andreas Knie, Lisa Ruhrort und Christian Scherf (2018): Erloschene Liebe? Das Auto in der Verkehrswende. Bielefeld.
- Canzler, Weert/Andreas Knie (2013): Schlaue Netze. Wie die Energie- und Verkehrswende gelingt, , München.
- Canzler, Weert/Andreas Knie (2016): Die digitale Mobilitätsrevolution. Vom Ende des Verkehrs, wie wir ihn kannten, München.
- DB AG (2018): Optionen des Ridesharings, internes Papier.
- Deffner, Jutta/Tomas Hefter und Konrad Götz (2014): Multimobilität auf dem Vormarsch?, in: Schwedes, Oliver (Hg.), Öffentliche Mobilität. Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung, Wiesbaden 2014, S. 201-227.
- Deutscher Städtetag (2018): Nachhaltige städtische Mobilität für alle. Agenda für die Verkehrswende aus kommunaler Sicht. Positionspapier des Deutschen Städtetages, Berlin/Köln, Juni 2018. Online:

<http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/veroeffentlichungen/mat/positionspapier-nachhaltige-staedtische-mobilitaet.pdf>

- Ellner, Maximilian/ Schumacher, Oskar/Hartwig, Matthias (2018): Pre-study report on legal determinants for innovative rural mobility solutions, Berlin (IKEM). Online: https://www.mambaproject.eu/wp-content/uploads/2018/08/GoA_2.4_Legal-pre-study_IKEM.pdf
- ERTRAG (2015): Automated Driving Roadmap, Brussels, online: https://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id38/ERTRAC_Automated-Driving-2015.pdf
- ERTRAG (2017): Automated Driving Roadmap updated, Brussels, online: https://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id48/ERTRAC_Automated_Driving_2017.pdf
- Ethik-Kommission „Autonomes und Vernetztes Fahren“ (2017): Bericht, (Eingesetzt durch den Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur), Berlin, online: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?__blob=publicationFile
- EU COM (European Commission) (2011): White Paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system (144 final), Brussels.
- FGM (Forschungsgruppe Mobilität)/AMOR (Austrian Mobility Research) (2015): Push Pull. 16 gute Gründe für Parkraumbewirtschaftung, Graz, online: <http://www.push-pull-parking.eu/index.php?id=15>
- Fleischer, Torsten/ Schippl, Jens (2018): Automatisiertes fahren. Fluch oder Segen für nachhaltige Mobilität?, in: TATuP 27/2, S: 11-15.
- flinc GmbH (2016): Erneuerung der städtischen Mobilität. Wie kann ein Shuttle-System den kompletten motorisierten Individualverkehr in Hamburg ersetzen? Online: http://flott-shuttle.de/flinc-Studie-Mobilitaet-Hamburg_2016-11.pdf.
- Fraedrich, Eva/Barbara Lenz (2015): Vom (Mit-)Fahren: autonomes Fahren und Autonutzung, in: Maurer et al. (Hg.), S. 688-707.
- Freund Dahl-Pedersen, Malene, Sven Kesselring and Eriketti Servou (2019): What is Smart for the Future City? Mobilities and Automation, in: sustainability 2019,11, 221; doi: 10.3390/su11010221
- Fry, Hannah (2019): Hello World. Was Algorithmen können und wie sie unser Leben verändern, München.
- Gehl, Jan (2015): Städte für Menschen, Berlin.
- Gerike, Regine/John Parkin (2015) (Eds.): Cycling Futures – From Research into Practice, Farnham.
- Greenpeace (2017): Verkehrswende für Deutschland, Der Weg zu CO₂-freier Mobilität bis 2035, erstellt durch das Wuppertal-Institut, Hamburg, online: <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/20170830-greenpeace-kursbuch-mobilitaet-langfassung.pdf.pdf>.
- Handelsblatt (2019): Daimler und BMW arbeiten beim autonomen Fahren zusammen, 22.2. 2019, online: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/entwicklungsallianz-daimler-und-bmw-arbeiten-beim-autonomen-fahren-zusammen/24049440.html>
- Harrison Pete (2017): Low-carbon cars in Germany: A summary of socio-economic impacts, Cambridge. Online: <https://www.camecon.com/wp-content/uploads/2017/10/Low-carbon-cars-in-Germany-Final-Technical-Report.pdf>
- Heinen, Eva, Bert van Wee, and Kees Maat. 2010. "Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature." Transport Reviews 30 (1): 59–96. doi:10.1080/01441640903187001.
- Hietanen, Sampo (2014): Mobility as a Service – european model of digital era transport. Online: <http://merjakyllonen.fi/merja/wp-content/uploads/2015/10/Hietanen-ITS-Finland.pdf>.

- Hoeren, Thomas (2018): Ein Treuhandmodell für Autodaten? – der 3 63a StVG und die Datenverarbeitung für Kraftfahrzeuge mit hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion, in: NVZ 2018, online: https://www.itm.nrw/wp-content/uploads/Thomas-Hoeren_%c2%a7-63a-StVG-und-die-Datenverarbeitung-bei-Kraftfahrzeugen-mit-hoch-oder-vollautomatisierter-Fahrfunktion.pdf
- Hunsicker, Frank/Knie, Andreas (2019): Antrag für einen Testbetrieb in Südwestfalen, Berlin/Siegen (unv.).
- Hunsicker, Frank/Knie, Andreas/Lobenberg, Gernot/Lohrmann, Doris/Meier, Ulrike/Nordhoff, Sina/Pfeiffer, Stephan (2017): Pilotbetrieb mit autonomen Shuttles auf dem Berliner EUREF-Campus – Erfahrungsbericht vom ersten Testfeld zur integrierten urbanen Mobilität der Zukunft. In: Internationales Verkehrswesen (69) 3/2017, Bayersbronn.
- ICCT (2018): EUROPEAN VEHICLE MARKET STATISTICS Pocketbook 2018/19, online: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Pocketbook_2018_Final_20181205.pdf
- ICCT (2019): FROM LABORATORY TO ROAD, A 2018 UPDATE OF OFFICIAL AND “REAL-WORLD” FUEL CONSUMPTION AND CO₂ VALUES FOR PASSENGER CARS IN EUROPE, online: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Lab_to_Road_2018_fv_20190110.pdf
- IKEM (2017): Bericht zum Workshop „ZULASSUNG VON FAHRERLOSEN FAHRZEUGEN“, online: https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2017/12/Bericht_Workshop_Zulassung_IKEM.pdf
- InnoZ (Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel), Der Mobilitätsmonitor Nr. 4 April 2017 in: Internationales Verkehrswesen (69) 2/2017.
- ISI (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung) (2019):Energie- und Treibhausgaswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr, Beitrag zur Wissenschaftlichen Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, Karlsruhe, online: <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2019/energie-treibhausgaswirkungen-vernetztes-fahren.pdf>
- ISV (Institut für Straße- und Verkehrswesen an der Universität Stuttgart) (2016): Megafon – Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflottendes oeffentlichen Nahverkehrs, Schlussbericht, online: https://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/publikationen/downloads/MEGAFON_Abschlussbericht_V028_20161212.pdf
- ITF (2015): Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic, Paris.
- ITF (2016): Shared Mobility. Innovation for liveable cities. Online: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/shared-mobility-liveable-cities.pdf>
- ITF (2018): Shared Mobility. Simulations for Dublin. Online: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/shared-mobility-simulations-dublin.pdf>
- Jittrapirom, Peraphan/Caiati, Valeria/Feneri, Anna-Maria/Ebrahimigharehbaghi, Shima/Alonso-González, María J./ Narayan, Jishnu (2017): Mobility as a Service: A Critical Review of Definitions, Assessments of Schemes, and Key Challenges, in: Urban Planning, Vol. 2, Issue 2, p. 13–25. Online: https://www.researchgate.net/publication/318208676_Mobility_as_a_Service_A_Critical_Review_of_Definitions_Assessments_of_Schemes_and_Key_Challenges
- KCW (2018): Wie kann ein umweltorientiertes Recht der Personenbeförderung aussehen? Vortrag von Lea Reglin beim Fachgespräch des Umweltbundesamts „Wie kann das Nachhaltigkeitspotenzial des ÖPNV ausgeschöpft werden? – Entwicklung eines umweltorientierten Rechts der Personenbeförderung“, Berlin 21.9.2018.
- Knie (1997): Eigenraum und Eigenzeit: Zur Dialektik von Mobilität und Verkehr, in: Soziale Welt, 47. Jg., Heft 1, S. 39-55.
- Knie, Andreas (2019): Heimliche Revolution auf den Straßen, in: Tagesspiegel Background Mobilität und Transport, 26.2.2019

- Knie, Andreas und Ruhrort, Lisa (2019): Die Neuordnung des öffentlichen Verkehrs – Grundsätze für eine neue zukunftsorientierte Regulierung im Personenbeförderungsgesetz (PBefG), Manuskript /Non-Paper
- Klenke, Dietmar (1995): „Freier Stau für freie Bürger“. Die Geschichte der bundesdeutschen Verkehrspolitik, Darmstadt.
- Kraftfahrtbundesamt (2018): Jahresbilanz der Neuzulassungen, Flensburg 2018, online: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/n_jahresbilanz.html
- Lange, Steffen und Tilman Santorius (2018): Smarte Grüne Welt? Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit, München.
- Laux, Philipp (2017): Autonome Fahrzeuge und Datenschutzrecht –Ein Überblick, in: Hageböling, Lothar (Hg.): Mobilitätswende in Deutschland. Perspektiven und rechtliche Herausforderungen, Berlin, S. 81-94.
- Leich, Gregor and Bischoff (2018): Should autonomous shared taxis replace buses? A simulation study, Conference Contribution, in: conference proceedings to be published in Transportation Research Procedia, online: <https://svn.vsp.tu-berlin.de/repos/public-svn/publications/vspwp/2018/18-05/LeichBischoff2018DRTLlastMileHeiligensee.pdf>
- Lim, Hannah Y. (2018): Autonomous Vehicles and the Law: Technology, Algorithms, and Ethics. Edward Elgar Publishing.
- Litman, Todd (2018): Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning , Victoria Transport Policy Institute, 28. 11. 2018, online: <https://www.vtpi.org/avip.pdf>
- Loske, Reinhard (2018): Klimafreundliche Mobilität für alle. Wo bleibt die Verkehrswende? in: Neue Gesellschaft/Frankfurter Hefte, Heft 4/2018.
- Maurer, Markus et al (2015): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Heidelberg: Springer. Online als PDF: <https://www.daimler-benz-stiftung.de/cms/forschung/autonomes-fahren-villa-ladenburg/320-autonomes-fahren-technische-rechtliche-und-gesellschaftliche-aspekte.html>
- Nagel, Kai et al. (2018): Simulationsbasierte Analyse der Wirkungen von Flotten autonomer Fahrzeuge auf städtischen Verkehr, VSP working paper 18-06, online: <https://svn.vsp.tu-berlin.de/repos/public-svn/publications/vspwp/2018/18-06/NagelEtcFlottenAutonomerFahrzeuge-2018-05-16.pdf>
- Notz, Jos Nino (2017): DIE PRIVATISIERUNG ÖFFENTLICHEN RAUMS DURCH PARKENDE KFZ Von der Tragödie einer Allmende – über Ursache, Wirkung und Legitimation einer gemeinwohlschädigenden Regulierungspraxis, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung, TU Berlin, Discussion Paper 2017(1), https://www.ivp.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Dokumente/Discussion_Paper/DP10_Notz_Privatisierung_%C3%B6ffentlichen_Raums_durch_parkende_Kfz.pdf.
- NPE (Nationale Plattform Elektromobilität) (2016): Arbeitsplatzeffekte einer umfassenden Förderung der Elektromobilität in Deutschland, Berlin. Online: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Arbeitsplatzeffekte_NPE_AG6_2016_bf.pdf
- Randelhoff, Martin (2015): Vergleich unterschiedlicher Flächeninanspruchnahmen nach Verkehrsarten, online: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/78246/analyse/flaechenbedarf-Pkw-fahrrad-bus-strassenbahn-stadtbahn-fussgaenger-metro-bremsverzoeigerung-vergleich>
- Rammler, Stephan (2017): Volk ohne Wagen. Streitschrift für eine neue Mobilität, Frankfurt am Main.
- Rechtin, Mark (2018): Why the Autonomous-Car Society is Still Decades Away, , online: www.motortrend.com/news/tapping-the-bakes...
- Reidl, Andrea (2016): Eine Bank zum Mitnehmen, in: Die Zeit v. 22.2. 2016 online: <https://www.zeit.de/mobilitaet/2016-02/mitfahrbank-land-mitfahrgelegenheit-pedelec>

- Rodier, Caroline (2018): The Effects of Ride Hailing Services on Travel and Associated Greenhouse Gas Emissions, UC Davis April 2918, online: https://ncst.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2016/07/NCST-TO-028-Rodier_Shared-Use-Mobility-White-Paper_APRIL-2018.pdf
- Ruhrort (i. E.): Transformation im Verkehr? Erfolgsbedingungen verkehrspolitischer Maßnahmen im Kontext veränderter Verhaltens- und Einstellungsmuster. Dissertationsschrift, einger. bei der Fak.I der TU Berlin a, 29.9.2017.
- SAE International (2018): New SAE International Standard J3016, online: <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>
- Schaller, Bruce (2018): The New Automobility: Lyft, Uber and the Future of American Cities, Schaller Consulting, 25.7.2018, online: <http://www.schallerconsult.com/rideservices/automobility.pdf>
- Schönduwe, Robert/Martin Lanzendorf (2014): Mobilitätsverhalten von Heranwachsenden und Möglichkeiten zur Bindung an den ÖPNV: eine Synthese des Forschungsstandes von deutschsprachiger und internationaler Forschungsliteratur. Arbeitspapiere zur Mobilitätsforschung Nr. 1. Frankfurt a.M.
- Schwedes, Oliver (2014): Das Leitbild der integrierten Verkehrspolitik – Teil der Lösung oder Teil des Problems?, in: ders. (Hg), Öffentliche Mobilität. Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung, Opladen, S. 145-167.
- UBA (Umweltbundesamt) (2017): Die Stadt für Morgen: Umweltschonend mobil – lärmarm – grün – kompakt – durchmischt, Dessau, online: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-stadt-fuer-morgen-umweltschonend-mobil-laermarm>
- UBA (Umweltbundesamt) (2018): Übersicht zur Entwicklung der energiebedingten Emissionen und Brennstoffeinsätze in Deutschland 1990-2016, Dessau, online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/energiebedingte_emissionen_u_brennstoffeinsaetze_in_d_1990-2016.pdf
- Uber Corp. (2019): Press Release, San Francisco
- VDA (Verband der Deutschen Automobilindustrie) (2015): Automated Driving, Frankfurt am Main, online: <https://www.vda.de/en/topics/innovation-and-technology/automated-driving/automated-driving.html>
- VDV (2015): Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge. Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen, Positionspapier November 2015, Köln. Online: <https://www.vdv.de/position-autonome-fahrzeuge.pdf>
- VDV (2019): Statistik 2017, Köln, online: <https://www.vdv.de/vdv-statistik-2017.pdf>
- Wagner Udo, Schade Wolfgang, Sievers Luisa, Berthold Daniel, Doll Claus, Hartwig Johannes, Mader Simon (2018): Status-quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität. Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe. Online: https://www.m-five.de/pdf/m-five_isi_nachhaltige_mobilitaet_80223.pdf
- Werner, Jan (2017): Willigen Kommunen den Weg zur Verkehrswende frei machen – so kann es gehen. Präsentation bei der Fachkonferenz „Verkehrswende und Straßenverkehrsrecht“, Berlin, 1.7.2017. Online: https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Verkehrspolitik/Strassenverekehrrecht_20160601_WErner_kcw_-_Willigen_Kommunen_Weg_fre_i_machen.pdf
- Winter, Konstanze, Oded Cats, Gonçalo Correia, Bart van Arem (2018): Performance analysis and fleet requirements of automated demand-responsive transport systems as an urban public transport service, in: International Journal of Transportation Science and Technology 7 (2018) 151–167.
- Wirtschaftswoche (2019): Eine Stadt sagt Uber und Lyft den Kampf an, vom 10.3 2919, online: <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/ride-austin-eine-stadt-sagt-uber-und-lyft-den-kampf-an/24085230.html>

Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages (2017): Dokumentation: Beschäftigungswirkungen eines Strukturwandels der Automobilindustrie in Richtung Elektromobilität, Berlin 2017. Online:

Wolf, Ingo (2015): Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent, in: Maurer et al. (Hg.), S. 102-122.

Wolmar, Christian (2018): Driverless Cars: On a Road to Nowhere, London.