

# Digitalisierung und Automatisierung im Verkehr

Ein regulativer Rahmen für eine nachhaltige  
Entwicklung



Für Mensch & Umwelt

Umwelt   
Bundesamt

# Impressum

## Herausgeber

Umweltbundesamt  
Fachgebiet I 2.1  
Postfach 14 06  
06813 Dessau-Roßlau  
Tel.: +49 340-2103-0  
buergerservice@umweltbundesamt.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

## Autoren

Dr. Tim Albrecht | fairkehr Verlags GmbH, Bonn  
Benjamin Kühne | fairkehr Verlags GmbH, Bonn  
Björn Verse | Umweltbundesamt I  
Fachgebiet 2.1 Umwelt und Verkehr

Unter Mitarbeit von  
Annett Steindorf und Martyn M. J. Douglas | Umweltbundesamt I  
Fachgebiet 2.1 Umwelt und Verkehr

Projektnummer: 173679

Die Texte basieren zu großen Teilen auf den Publikationen:  
Thaller et al.: Abschlussbericht Digitalisierung im Verkehr.  
Potenziale und Risiken für Umwelt und Klima, UBA 2023,  
3716 58 1030  
Bruns et al.: Abschlussbericht Digitalisierung im Verkehr.  
Vorschläge für Regelungskonzepte und Rahmenbedingungen  
zur Realisierung einer nachhaltigen Mobilität, UBA 2023,  
3718 58 1000

## Redaktion

fairkehr Verlags GmbH, Bonn  
Benjamin Kühne

## Satz und Layout

Mike Communications, Köln

## Publikationen als PDF

[www.umweltbundesamt.de/publikationen](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen)

**Bildquelle Titel:** HOCHBAHN

Stand: Februar 2023

ISSN 2363-832X



# **Digitalisierung und Automatisierung im Verkehr**

**Ein regulativer Rahmen für eine nachhaltige  
Entwicklung**



# Inhalt

	<b>Einleitung</b>	
	Digitale, automatisierte und vernetzte Mobilität in Richtung Umwelt- und Klimaschutz steuern . . . . .	6
<b>1</b>	<b>Entwicklungslinien</b>	<b>8</b>
	A) Automatisiertes, vernetztes Fahren im motorisierten Individualverkehr . . . . .	9
	B) Automatisiertes, vernetztes Fahren im öffentlichen Verkehr . . . . .	11
	C) Digitale, multi- und intermodale Mobilitätsangebote und -plattformen . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Chancen und Risiken der Digitalisierung im Verkehr</b>	<b>15</b>
	Verschiedene Szenarien: Wie werden wir 2040 mobil sein? . . . . .	16
	Verkehrsaufkommen und Nachhaltigkeit . . . . .	17
	Teilhabe an multi- und intermodaler Mobilität . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Regulierungsrahmen für die Digitalisierung im Verkehr</b>	<b>20</b>
	Eine integrierte Verkehrsplanung als Basis . . . . .	22
	<b>Baustein 1:</b> Zulassung automatisierter Fahrzeuge . . . . .	24
	<b>Baustein 2:</b> Begrenzung negativer Effekte des automatisierten Fahrens . . . . .	26
	<b>Baustein 3:</b> Stärkung des Umweltverbundes . . . . .	28
	<b>Baustein 4:</b> Digitale Infrastruktur . . . . .	30
	<b>Baustein 5:</b> Mobilitätsplattformen & Mobility-as-a-Service . . . . .	31
	<b>Quellenverzeichnis</b> . . . . .	<b>33</b>

# Digitale, automatisierte und vernetzte Mobilität in Richtung Umwelt- und Klimaschutz steuern

## Themen, Spannungsfeld und Lösungsansätze im Überblick

Die Digitalisierung im Verkehr ist allgegenwärtig: Digitale Applikationen auf Smartphones informieren in Echtzeit über Verbindungen, Verspätungen und Ausfälle im Nah- und Fernverkehr und ermöglichen die einfache Buchung von Tickets. Digitale Navigationsgeräte und Assistenzsysteme in Kraftfahrzeugen gehören mittlerweile zur Standardausstattung. Sie liefern nicht nur Stauinformationen und schlagen je nach Bedarf optimierte Routen vor, sondern beeinflussen zukünftig auch durch die Vernetzung mit anderen Fahrzeugen den Verkehrsfluss.

Gleichzeitig schreiten die technologischen Entwicklungen beim automatisierten Fahren weiter voran. Bereits in diesem Jahr werden erste Fahrzeuge mit Level-4-Automatisierung (siehe S. 9) für den Einsatz im On-Demand-Verkehr auf unseren Straßen erprobt. Diese Fahrzeuge kommen gänzlich ohne Fahrer\*in aus, werden aber vorerst mit Begleitperson an Bord unterwegs sein.

Die digitale Transformation verändert den Lebensalltag und die Mobilität vieler Menschen und erfasst Planungs- und Infrastrukturen sowie Geschäftsmodelle: Während moderne Kommunikationssoftware und Arbeitsformen wie Homeoffice und Co-Working lange Wege zur Arbeit unnötig machen, werden stattdessen mehr und längere Wege in der Freizeit zurückgelegt. Gleichzeitig zeichnet sich eine Plattformisierung im Verkehr ab. Innovative Start-ups und etablierte Verkehrsunternehmen entwickeln digitale Mobilitätsplattformen, auf denen verschiedene Verkehrsmittel und neue Mobilitätsdienste wie Sharing- und Pooling-Angebote zur Buchung bereitstehen. Das Versprechen, dass eine App alle Verkehrsmittel bündelt und den Nutzer\*innen Mobilität aus einer Hand anbietet, bleibt bislang aber noch unerfüllt.

Längst ist ein „digitaler Raum“ im Verkehr entstanden, in dem Daten der Infrastruktur, der Fahrzeuge und der Nutzer\*innen mit unterschiedlicher Tiefe, Auflösung und oft in Echtzeit erzeugt werden. Diese größer werdende Mobilitätsdatenspur kann wieder-

um zur Planung und Steuerung des Verkehrs weiterverwertet und genutzt werden.

### Digitalisierung im Verkehr – Treiber der Verkehrswende?

Die zuvor genannten Entwicklungen sollen die Mobilität nachhaltiger machen und ein wesentlicher Treiber der Verkehrswende sein. Deshalb sind die Digitalisierung und Automatisierung des Personenverkehrs oftmals zentrale Bausteine lokaler, nationaler und internationaler Strategien für eine nachhaltige Mobilität und den Wandel des Verkehrssystems. So versprechen digitale Mobilitätsdienstleistungen wie Sharing- und Pooling-Konzepte, längerfristig den privaten Pkw-Besitz überflüssig zu machen.

Besonders schillernd ist die Vision von hoch automatisierten und vernetzten Flotten, deren elektrische Fahrzeuge nicht nur emissionsfrei sind, sondern auch die Flächeninanspruchnahme, den Fahrzeugbedarf und damit Ressourcen- und Energieverbrauch künftig drastisch reduzieren sollen. Zudem besteht die Hoffnung, durch automatisiert fahrende Fahrzeuge Zugangsbarrieren für Menschen zu beseitigen und die gesellschaftliche Teilhabe durch Mobilität zu steigern.

Offen ist jedoch, ob digitale Mobilitätsdienste und vernetzte automatisierte Fahrzeuge zur Einsparung von Flächen, Ressourcen und Energie und damit zum Umwelt- und Klimaschutz beitragen. So bestehen Unsicherheiten bei der zukünftigen Nutzungsakzeptanz und den notwendigen Technologiekosten für die digitale Um- und Ausrüstung der Fahrzeuge und Infrastruktur. Zudem könnte durch den Wegfall des Fahrers oder der Fahrerin und damit der Personalkosten automatisiertes Fahren individuelle Mobilität nicht nur komfortabel, sondern über weite Distanzen preisgünstiger gestalten.

Es zeichnet sich ein Spannungsfeld ab: Werden automatisierte Fahrzeuge zukünftig den ÖPNV ergänzen und so den etablierten Umweltverbund aus Bussen, Bahnen, Rad- und Fußverkehr langfristig stärken? Oder werden „Robotaxis“ den Individualverkehr so



Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes HEAT (Hamburg Electric Autonomous Transportation) ist ein automatisierter Kleinbus der Hamburger Hochbahn unterwegs. Foto: HOCHBAHN

komfortabel und günstig machen, dass sie ökologischere Verkehrsmittel verdrängen und dadurch das motorisierte Individualverkehrssystem mit seinem Flächen-, Ressourcen- und Energiebedarf zementieren?

### Intelligenter Instrumentenmix für eine Verkehrswende

Um die digitale Transformation im Verkehr in Richtung Nachhaltigkeit, Umwelt- und Klimaschutz zu lenken, ist ein intelligenter Instrumentenmix nötig, der die passenden rechtlichen sowie ökonomischen und planerischen Rahmenbedingungen enthält. Es gilt diesen regulativen Rahmen vorausschauend zu setzen, um frühzeitig die notwendige ökologische Lenkungswirkung zu erzeugen und Fehlentwicklungen zu vermeiden

In Kapitel 1 der Broschüre werden die wesentlichen Entwicklungen und Anwendungsfälle der Digitalisierung im Verkehr dargestellt und ihre Chancen sowie Risiken für eine nachhaltige Mobilität beschrieben. In

Kapitel 2 werden auf Basis von unterschiedlichen Entwicklungsszenarien die Auswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens auf das Verkehrssystem, die Emissionen und Umwelteffekte vorgestellt. In Kapitel 3 werden ein regulativer Gesamtrahmen und das Zusammenspiel von verschiedenen regulatorischen Instrumenten und Bausteinen dargestellt, um die Digitalisierung im Verkehr in Richtung Nachhaltigkeit und Umwelt- und Klimaschutz zu lenken.

# 1

## Entwicklungslinien

**Dieses Kapitel stellt drei Anwendungsfälle für digitale Technologien im Verkehr vor. Die drei Unterkapitel beschreiben sie, ihre technologischen Grundvoraussetzungen und die benötigte Infrastruktur. Zudem wird erklärt, welche Stakeholder in den drei Bereichen an Bord geholt werden müssen.**



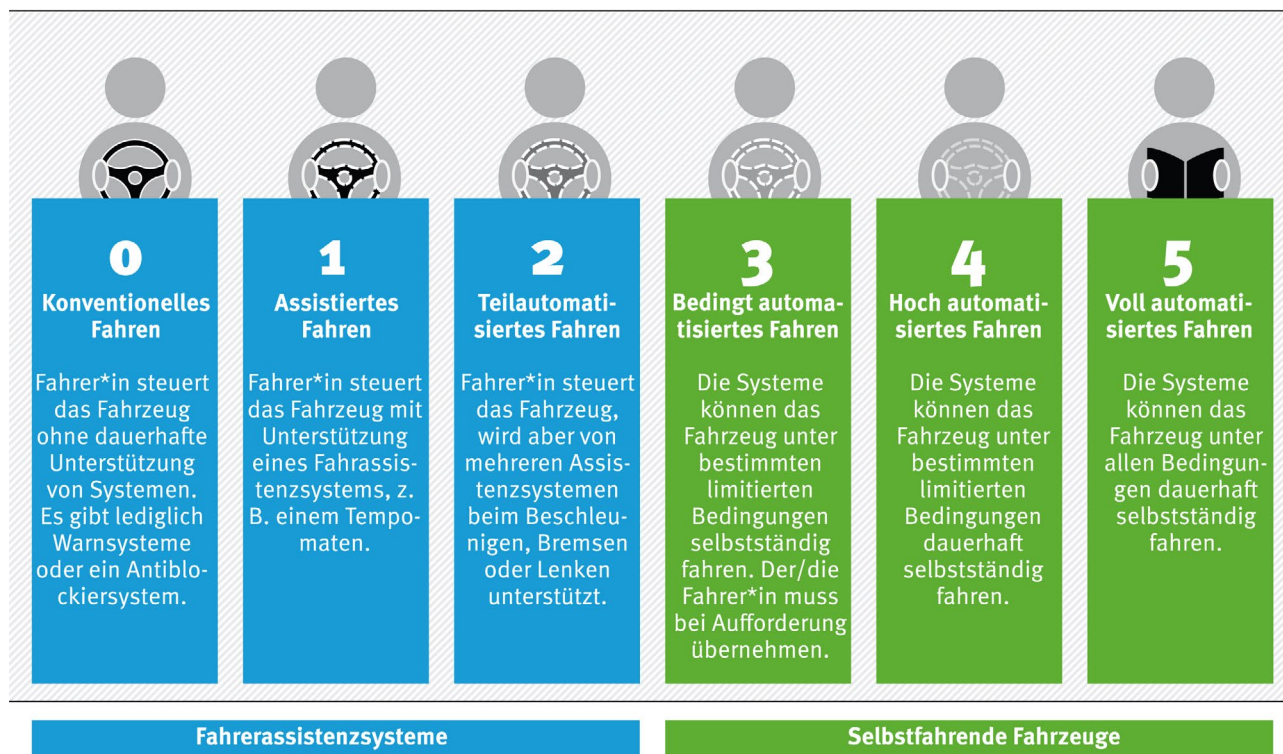


## A) Automatisiertes, vernetztes Fahren im motorisierten Individualverkehr

### Automatisierungsstufen und Anteile am Fahrzeugbestand: So könnte die Automobilität im Jahr 2040 aussehen

Abbildung 1

#### Die Automatisierungsstufen im Verkehr (SAE-Level)



Die in Abbildung 1 dargestellten Automatisierungsstufen gelten sowohl für den öffentlichen Verkehr als auch für private Fahrzeuge.

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an SAE International 2018, Umweltbundesamt

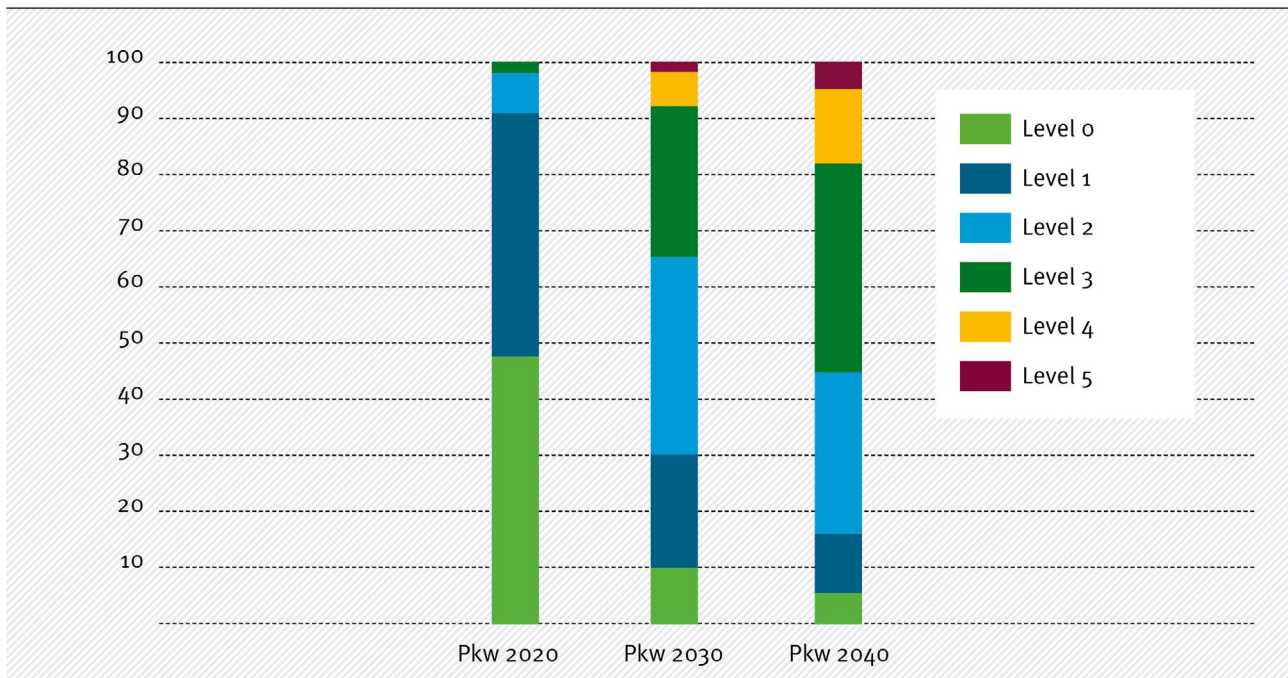
Das automatisierte und vernetzte Fahren stellt eine wesentliche Entwicklung im Zuge der Digitalisierung im Verkehr dar. Diese wird aller Voraussicht nach zu deutlichen Veränderungen des Nutzerverhaltens im Personenverkehr führen, neue Geschäftsmodelle im Bereich der Mobilität ermöglichen und sich somit erheblich auf unser Verkehrssystem auswirken.

Bereits heute unterstützen viele Fahrzeuge die Fahrer\*innen bei einzelnen Aufgaben, im Kfz-Bereich zum Beispiel bei Lenkung (z. B. Spurassistent), Beschleunigung und Verzögerung (z. B. Abstandsregeltempomat) oder Überwachung der Fahrumgebung (z. B. Parkassistent). Es ist aber absehbar, dass es noch lange dauern wird, bis der Straßenverkehr zu einem großen Teil fahrerlos funktioniert. Expert\*innen prognostizieren für das Jahr 2040 einen weltweiten Anteil von hoch automatisch oder voll automatisch fahrenden Pkw von 19 Prozent (Quelle: Lichtblau et al. 2021).

In der internationalen Forschung hat sich eine Nomenklatur etabliert, nach der sechs Stufen der Automatisierung unterschieden werden (SAE-Level [Society of Automotive Engineers], siehe Abb. 1). Diese reichen von Stufe 0 (nicht-automatisiert) bis Stufe 5 (voll automatisiert). Ab SAE-Level 3 (bedingtes automatisches Fahren) spricht man nicht mehr von Fahrerassistenzsystemen, sondern von selbstfahrenden Fahrzeugen. Auf dieser Stufe wird das Fahrzeug von automatisierten Systemen gesteuert – allerdings nur unter bestimmten, klar umrissenen Bedingungen. Außerdem muss der menschliche Fahrer nach Aufforderung durch das System bereit sein, jederzeit die Steuerung zu übernehmen. Eine solche Anwendung ist zum Beispiel auf einer abgetrennten Autobahnspur denkbar. SAE-Level 4 umfasst vor allem drei Anwendungsfälle: den Autobahnpielen, bei dem das Auto Fahrten auf der Autobahn selbstständig übernehmen kann. Den Citypielen, bei dem das Auto in solchen Städten, Quartieren oder suburbanen Räumen

Abbildung 2

**Anteil der Automatisierungsstufen in der weltweiten Pkw-Flotte bis 2040**



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Lichtblau et al. 2021, Umweltbundesamt

selbstständig fahren kann, in denen die entsprechende physische Infrastruktur, eine geeignete Topografie und digitale Karten vorhanden sind. Und das Automated Valet Parking: Die Fahrerin bzw. der Fahrer steuert den Pkw bis zur Einfahrt des Parkhauses bzw. -platzes und steigt dort aus dem Auto aus, das dann selbstständig einen freien Stellplatz sucht und einparkt.

Auf SAE-Level 5 ist das fahrerlose Fahren erreicht, das keinerlei menschliches Eingreifen mehr erfordert. Eine zunehmende Automatisierung verlangt einen immer höheren Vernetzungsgrad zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und digitalen Netzwerken. Die Bereitstellung von Daten und Informationen in Echtzeit

bildet die Grundlage für optimale Entscheidungen der beteiligten Menschen oder Komponenten.

Besonders hohe Anforderungen an automatisierte und vernetzte Fahrzeuge stellt der Mischverkehr mit nicht vernetzten Fahrzeugen, Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen dar. Bereits heute sind Level-4-Fahrzeuge in der Lage, auch komplexe Fahrsituationen im Mischverkehr zu bewältigen. Allerdings verhalten sich diese Fahrzeuge sehr konservativ. Dies ließe sich beispielsweise durch gesonderte, dedizierte, störungsarme Fahrspuren für Robotaxis ändern – aufgrund des knappen Raums in unseren Städten ist das ein unwahrscheinliches Szenario.

**Die Stakeholder – Akteure und Betroffene**

- ▶ Öffentliche Hand
- ▶ Kommunen
- ▶ Bürger\*innen
- ▶ Autofahrer\*innen
- ▶ Vulnerable Verkehrsteilnehmer\*innen
- ▶ Auto- und Technologiebranche
- ▶ Unternehmen aus dem Bereich Ridehailing/-sharing/-pooling

## B) Automatisiertes, vernetztes Fahren im öffentlichen Verkehr

Die wichtigsten Anwendungsfälle für automatisierte Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr kompakt zusammengefasst



Deutschlandpremiere: Die Nürnberger U-Bahn ist seit dem 15. März 2008 dauerhaft fahrerlos unterwegs. Foto: Markus Spiske/unsplash.com

Im öffentlichen Verkehr (ÖV) sind viele verschiedene Anwendungsfälle für automatisierte Verkehrsmittel denkbar: vom voll automatisierten, eng getakteten U-Bahn-System bis hin zum Ridesharing-Dienst, der seine Fahrgäste in automatisierten Kleinbussen ans Ziel bringt. Im Folgenden stellen wir die fünf wichtigsten Anwendungsfälle vor:

### 1. Die Automatisierung bestehender ÖV-Systeme

In diesem Fall werden bereits vorhandene öffentliche Verkehre fahrerlos abgewickelt. Für Kraftfahrzeuge reicht dafür häufig eine Level-4-Automatisierung aus, da beispielsweise Busse auf festen Routen unterwegs sind und zum Teil Busspuren vorhanden sind. Da Schienenfahrzeuge in der Regel auf abgegrenzten Trassen fahren statt im Mischverkehr mit Pkws, Fahrrädern und Co., sind Bahnsysteme deutlich leichter zu automatisieren als Kfz-Verkehre. Bei Bahnen spricht

man statt von SAE-Leveln von Grades of Automation (GoA). Hier gibt es nur fünf Stufen (Grades; 0–4) und mit Stufe vier ist die vollständige Automatisierung bereits heute erreicht. Vorteile der Automatisierung sind unter anderem, dass die benötigten Sicherheitsabstände zwischen den Fahrzeugen geringer werden und so die Kapazität der Trasse steigt – oder anders ausgedrückt: Auf demselben Schienenabschnitt oder derselben Busspur können gleichzeitig mehr Bahnen bzw. Busse fahren als zuvor.

### 2. Der teilweise Ersatz bestehender Linienverkehre

Busse und Bahnen, die über eine schwache Auslastung verfügen – beispielsweise im ländlichen Raum oder in den Tagesrandzeiten – können durch automatisierte Kleinbusse ersetzt werden, die im Linienverkehr zwischen festen Haltestellen unterwegs sind. Diese Kleinbusse können dann sogar enger getaktet

fahren als die größeren Fahrzeuge. Dadurch sinkt die Wartezeit der Fahrgäste, während die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs steigt. Je nach Umgebung werden Fahrzeuge mit SAE-Level 4 oder 5 benötigt.

### 3. Die Ausweitung des bestehenden ÖV-Systems:

In diesem Fall können zusätzlich zu herkömmlichen Bus- und Bahnlinien weitere Linien mit automatisierten Fahrzeugen eingerichtet werden. Beispielsweise durch eine ergänzende Bahnlinie auf einer speziell für unbemannte Bahnen ausgerichteten Schienentrasse oder ein zusätzliches System. Auch eine Taktverdichtung oder eine Ausweitung der Betriebszeiten mit automatisierten Fahrzeugen ist denkbar. Aufgrund des Liniencharakters der Angebote ist in vielen Fällen das SAE-Level 4 ausreichend.

### 4. Die gezielte Ergänzung des übergeordneten ÖV-Systems („Feeder“)

Mithilfe automatisierter und vernetzter Fahrzeuge können in den kommenden Jahren neue Verkehrsangebote entwickelt werden. So können Ridesharing-Dienste oder Shuttleservices Wohngebiete in Stadtrandlage oder suburbane Räume erschließen, die bisher unzureichend oder gar nicht an den ÖP(N)V angebunden sind. Die neuen Angebote können eine Zubringerfunktion zu S-Bahn-, U-Bahn- und Straßenbahnhaltestellen sowie Bahnhöfen übernehmen. Ridesharing-Dienste (auch Ridepooling genannt) sind Sammelfahrdienste, die bei Bedarf gerufen werden können und virtuelle Haltestellen (auf einer Online-Karte markierter Einstiegspunkte) sowie ÖPNV-Haltestellen auf einer flexiblen Route verbinden. Eine Software plant und optimiert die Routen

der Fahrzeuge und führt so die Fahrgäste zusammen. Da die Fahrzeuge nicht auf festen Routen unterwegs sind, wird eine Level-5-Automatisierung benötigt.

### 5. Die ÖV-Erschließung im ländlichen Raum

In besonders dünn besiedelten ländlichen Räumen ist auch eine vollständige Erschließung ganzer Gebiete mit kleinen, automatisierten Straßenfahrzeugen und ein Anschluss an den ÖP(N)V benachbarter Gebiete denkbar. Damit diese Aufgabe in Zukunft von automatisierten Fahrzeugen übernommen werden kann, ist allerdings ein sehr hoher Automatisierungsgrad nötig (SAE-Level 5, starke Vernetzung mit der Umgebung).

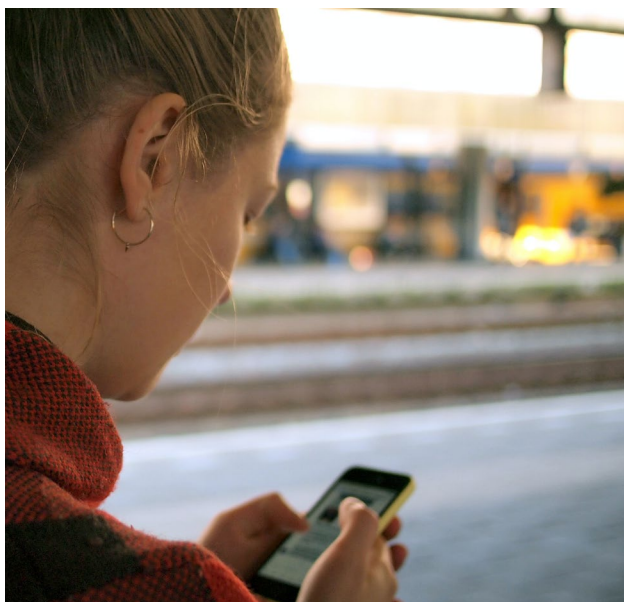
Das Rückgrat des öffentlichen Verkehrs bleiben in den genannten Anwendungsfällen Linienverkehre mit Bussen und Bahnen. Eine vollständige Umstellung des ÖPNV auf automatisierte Ridesharing-Dienste in Ballungsgebieten und Großstädten ist nicht sinnvoll. Denn das Straßennetz hat vielerorts keine ausreichende Kapazität, um den zusätzlichen Verkehr aufzunehmen. Zudem würde der Energiebedarf steigen.

## Die Stakeholder – Akteure und Betroffene

- ▶ Bürger\*innen als Fahrgäste
- ▶ Verkehrsunternehmen und Stadtwerke als ÖPNV-Anbieter
- ▶ Kommunen als Eigentümer von Verkehrsunternehmen und Stadtwerken sowie Co-Finanzierer des ÖPNV
- ▶ Verkehrsverbünde
- ▶ Private Mobilitätsanbieter
- ▶ Taxi-Branche
- ▶ Autoindustrie
- ▶ Bahnunternehmen, insbesondere die Deutsche Bahn
- ▶ Bund und Länder

## C) Digitale, multi- und intermodale Mobilitätsangebote und -plattformen

### Alle Mobilitätsangebote aus einer Hand: die Voraussetzungen für multi- und intermodale Mobilität



Das Smartphone ist eine Schlüsseltechnologie, die multi- und intermodale Mobilitätsplattformen erst möglich macht. Ein Zugang zu den Angeboten muss aber ohne Smartphone möglich sein.  
Foto: Daria Nepriakhina/unsplash.com

Vor der Fahrt in die Stadt am Smartphone checken, ob die S-Bahn pünktlich kommt, ein Leihfahrrad für den Weg zur Haltestelle buchen, zum Standort navigieren, losradeln und vor dem Umsteigen in die Bahn noch schnell eine Fahrkarte aufs Handy ziehen – digitale Mobilitätsplattformen haben das Planen von Wegen und das Buchen und Bezahlen von Mobilitätsdienstleistungen und geteilten Angeboten deutlich vereinfacht. An dieser Stelle betrachten wir zwei Arten von Mobilitätsplattformen und wie sie genutzt werden können:

**1. Multimodale Plattformen** ermöglichen vor allem den Vergleich verschiedener Verkehrsmittel. Sie beantworten Fragen wie: Wie lange brauche ich für den Arbeitsweg, wenn ich Bus und Bahn, das Leihfahrrad oder den E-Roller nehme, und was kosten mich die einzelnen Optionen? Wer verschiedene Verkehrsmittel verknüpfen will, muss die Teilstücke separat planen und mehrere einzelne Buchungen vornehmen.

**2. Bei intermodalen Plattformen** verknüpft ein Algorithmus verschiedene Verkehrsmittel und berechnet automatisch beispielsweise die schnellste oder die günstigste Wegekette ans Ziel. Die Nutzer\*innen

können alle Fahrzeuge und Fahrkarten in einem Vorgang buchen und bezahlen. Wenn intermodale Angebote so weit entwickelt sind, dass sie öffentlich zugängliche Mobilitätsangebote als integrierte Dienstleistung verfügbar machen, spricht man auch von Mobility-as-a-Service (MaaS).

Vor allem intermodale Mobilitätsplattformen können die Attraktivität der einzelnen Verkehrsangebote deutlich steigern. Das gilt im Vergleich zum privaten Pkw sowie für spezielle Verkehrszwecke wie den wöchentlichen Großeinkauf oder den nächtlichen Heimweg von einer Party.

In Deutschland stehen derzeit vor allem multimodale Plattformen zur Buchung unterschiedlicher Verkehrsmittel zur Verfügung. Zwar können über manche Apps auch intermodale Wegeketten mit unterschiedlichen öffentlichen Verkehrsmitteln – beispielsweise Bus und Fernzug – gebucht werden, aber Angebote wie E-Scooter oder Leihfahrräder für die erste und letzte Meile sind in vielen Fällen nicht abgedeckt. Das hat vor allem drei Gründe:

- ▶ Fehlende Umsteigepunkte, an denen der klassische öffentliche Linienverkehr mit anderen Verkehrsmitteln und -angeboten verknüpft werden kann
- ▶ Fehlende Verkehrsangebote
- ▶ Fehlender Austausch von Mobilitätsdaten, die für den Betrieb von Mobilitätsplattformen benötigt werden

#### Mangel an Infrastruktur und Mobilitätsdaten

Derzeit mangelt es nicht nur an Verkehrsangeboten. Vielerorts fehlen auch infrastrukturelle Vernetzungspunkte wie Mobilitätsstationen, an denen ÖPNV-Haltestellen mit Sharing-Angeboten, Parkplätzen und Fahrradabstellanlagen verknüpft sind. Zudem scheitert die Vernetzung unterschiedlicher Mobilitätsangebote in Deutschland daran, dass bei den erforderlichen technischen Hintergrundsystemen erheblicher Ausbau- bzw. Harmonisierungsbedarf besteht. Dies gilt insbesondere für Datenplattformen, auf denen die erforderlichen Mobilitätsdaten abgerufen werden

können. Auch fehlen bestimmte Daten, die für multi- bzw. intermodale Mobilitätsangebote erforderlich sind. Hierzu zählen insbesondere Fahrplansolldaten, Echtzeitdaten, Vertriebsdaten und Mobilitätsdaten aus ländlichen Regionen.

Es gibt derzeit zahlreiche Initiativen zur Verbesserung des Datenangebotes und der Datenvernetzung, beispielsweise die im Juli 2022 gestartete Mobilithek des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) oder der Mobility Data Space der DRM Datenraum Mobilität GmbH. In den kommenden Jahren ist daher mit einer deutlichen Verbesserung der Verfügbarkeit von Mobilitätsdaten zu rechnen. Zahlreiche rechtliche Fragen, insbesondere im Hinblick auf Bereitstellungs- bzw. Erhebungspflichten sowie den Datenzugang für Dritte, und Finanzierungsfragen sind aber noch zu klären.

Um die Fahrgastzahlen des öffentlichen Verkehrs deutlich zu steigern, ist eine Kombination von zwei Faktoren nötig: Es müssen möglichst flächendeckend Verkehrsangebote wie beispielsweise Leihfahräder zur Verfügung gestellt werden, die an Umsteigepunkten direkt mit Bussen und Bahnen verknüpft sind. Und technische Hintergrundsysteme und Endnutzeranwendungen wie beispielsweise Smartphone-Apps müssen eine möglichst einfache Planung, Buchung und Bezahlung von Wegekettens von Tür zu Tür ermöglichen. Denn erst durch die Kombination beider Faktoren entsteht für zahlreiche Menschen eine attraktive Alternative zum privaten Pkw.

### Digitale Navigations-, Auskunft- und Buchungssysteme

Mit einfachen digitalen Servicedienstleistungen kann die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs und der E-Mobilität deutlich gesteigert werden. Auch der Parksuchverkehr, der in unseren Städten einen zum Teil beträchtlichen Anteil am Gesamtverkehr ausmacht, kann reduziert werden. In der Regel kommen auch hier Apps für Smartphones zum Einsatz. Die Anbieter von Servicedienstleistungen greifen grundsätzlich auf die gleichen technischen Hintergrundsysteme zurück wie die Anbieter von Mobilitätsplattformen oder sie sind sogar mit diesen identisch. Folgende Servicedienstleistungen stehen bereits zur Verfügung:

- ▶ Platzreservierung im ÖV
- ▶ Auslastungsinformation zu Zügen und Waggons
- ▶ Informationen zur Verkehrssituation (aktuelle Verbindungen, Verspätungen, Staus etc.)
- ▶ Parkplatzvermittlung per App (für Fahrräder oder Autos)
- ▶ Anzeige/Buchung von Ladestationen für E-Autos

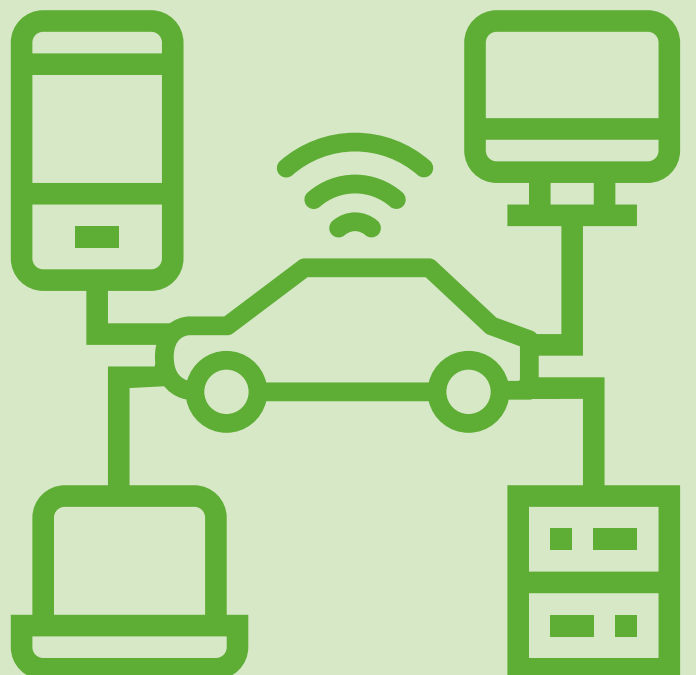
## Die Stakeholder – Akteure und Betroffene

- ▶ Bürger\*innen als Nutzende
- ▶ Verkehrsunternehmen und Stadtwerke als ÖPNV-Anbieter
- ▶ Verkehrsverbände
- ▶ Bahnunternehmen, insbesondere die Deutsche Bahn
- ▶ Unternehmen, die Mobilitätsplattformen anbieten
- ▶ Datenplattformen wie die Mobilithek bzw. die dahinterstehenden Organisationen wie das BMDV als Anbieter von Mobilitätsdaten
- ▶ Die Bundesländer als Co-Finanzier des Schienenpersonennahverkehrs
- ▶ Kommunen als Co-Finanzier des ÖPNV und Eigentümer von Parkplätzen
- ▶ Unternehmen, die Parkhäuser betreiben
- ▶ Energieunternehmen, Stadtwerke und Automobilunternehmen als Anbieter von Ladesäulen für E-Autos

# 2

## Chancen und Risiken der Digitalisierung im Verkehr

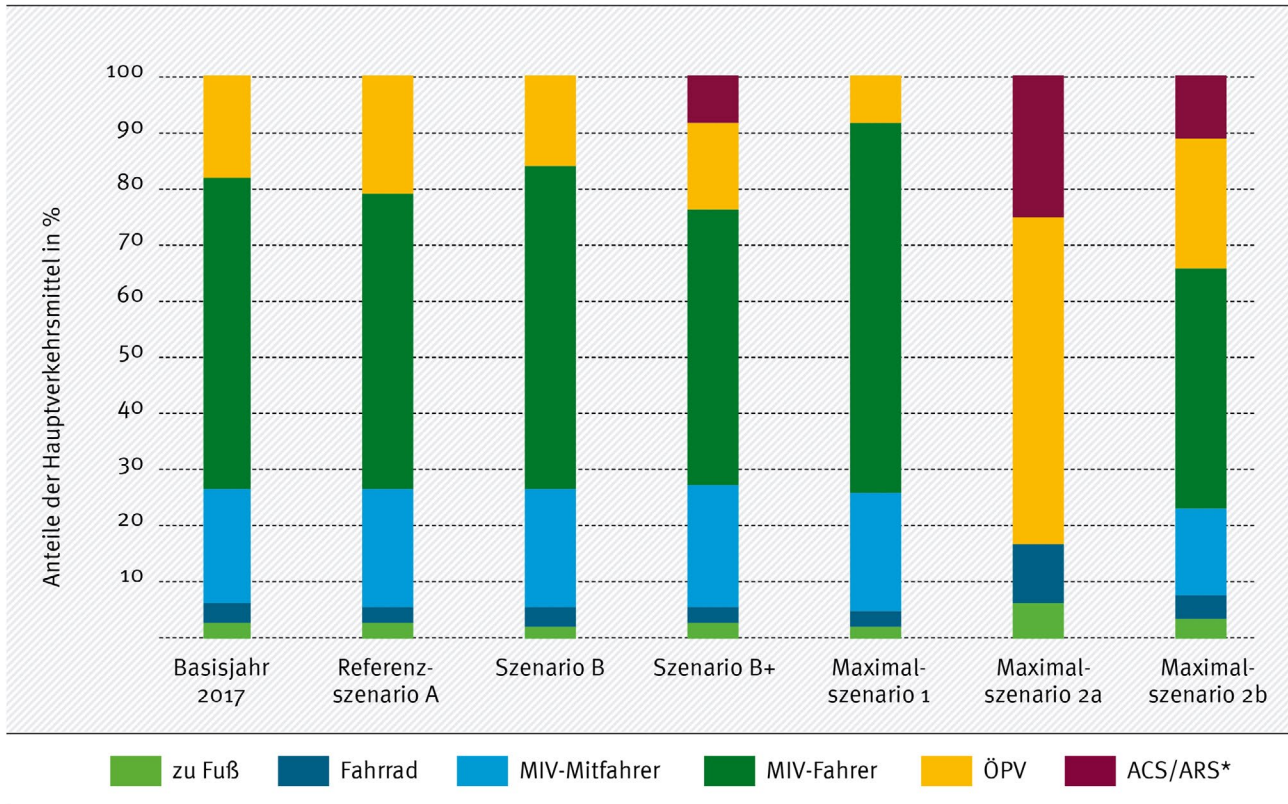
**Dieses Kapitel betrachtet anhand von Szenarien für das Jahr 2040, welche Auswirkungen die Einführung automatisierter und vernetzter Fahrzeuge auf den Modal Split, die Verkehrsleistung, den Energiebedarf, die Sicherheit im Straßenverkehr und die Auslastung der Infrastruktur haben könnte.**



## Verschiedene Szenarien: Wie werden wir 2040 mobil sein?

Abbildung 3

### Szenarien: Anteile der Hauptverkehrsmittel an den Personenkilometern im Jahr 2040



\* ACS/ARS: automatisierte Car- und Ridesharing-Angebote

Quelle: Thaller et al. 2023

Um die Auswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens auf den Modal Split zu beurteilen, haben die Autor\*innen der UBA-Studie „Digitalisierung im Verkehr – Potenziale und Risiken für Umwelt und Klima“ drei Entwicklungspfade mit insgesamt acht verschiedenen Szenarien entwickelt. Die Szenarien unterscheiden sich vor allem durch unterschiedliche Einsatzzwecke der automatisierten und vernetzten Fahrzeuge sowie deren Anteile an der gesamten Pkw-Flotte. In der hier vorliegenden Fachbroschüre betrachten wir nur die Szenarien für das Jahr 2040, da sich die Szenarien für das Jahr 2030 nur geringfügig vom Basisjahr 2017 unterscheiden.

**Entwicklungspfad A** legt folgende Annahme zugrunde: Im Jahr 2040 sind noch keine Fahrzeuge mit Automatisierungslevel 4 oder 5 (siehe S. 9) für den privaten Erwerb verfügbar und es gibt keine mit der Umgebung vernetzten Fahrzeuge im privaten Pkw-Bestand. Auch automatisierte Car- und Ridesharing-Angebote (ACS/ARS) sind nicht verfügbar. Jedoch ist der Anteil der

Fahrzeuge mit Automatisierungsstufe 2 und 3 am privaten Pkw-Bestand gestiegen. In diesem Szenario gibt es abgesehen von einer geringfügigen Zunahme des öffentlichen Personenverkehrs (ÖPV) auf Kosten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) keine nennenswerte Verschiebung beim Modal Split (vgl. Thaller et al. 2023).

**Entwicklungspfad B** (Szenarien B und B+) legt folgende Annahme zugrunde: Die Automatisierung ist im Vergleich zum Entwicklungspfad A bereits deutlich weiter vorangeschritten und Fahrzeuge der Automatisierungsstufen 4 und 5 sind auch für Privatpersonen verfügbar. Die hohen Preise sind im Jahr 2040 bereits so stark gefallen, dass der Anteil an vernetzten Fahrzeugen im privaten Pkw-Bestand relativ hoch ist. Im Szenario B+ sind die Anteile der verschiedenen Automatisierungsstufen am privaten Pkw-Bestand identisch mit **Szenario B**. Der Unterschied liegt allerdings darin, dass im **Szenario B+** ACS und ARS verfügbar sind. In Szenario B wächst der Anteil des



MIV auf Kosten des ÖPV. In Szenario B+ verringert sich der MIV-Anteil zugunsten des automatisierten Car- oder Ridesharings (vgl. Thaller et al. 2023).

In den **Maximalszenarien 1, 2a und 2b** betrachten die Autorinnen und Autoren der Studie, wie sich eine 100%ige Automatisierung mit SAE-Level 5 bei vollständiger Vernetzung sowohl privater als auch geteilter Fahrzeuge auf den Verkehr auswirken könnte:

- **Maximalszenario 1:** Private Fahrzeuge und der klassische ÖPV sind vollständig automatisiert und vernetzt, es gibt kein automatisiertes Car- oder Ridesharing. Die Folge ist ein sehr hoher MIV-Anteil bei geringen Anteilen des ÖPV sowie des Rad- und Fußverkehrs (vgl. Thaller et al. 2023).
- **Maximalszenario 2a:** Der klassische ÖPV sowie Car- oder Ridesharing sind zu 100 Prozent automatisiert und vernetzt, aber es gibt keine automatisierten Privatfahrzeuge. Die Folge ist ein sehr hoher ÖPV-Anteil, ein deutlich erhöhter Anteil von Rad- und Fußverkehr und ein Anteil des ACS/ARS von rund 25 Prozent (vgl. Thaller et al. 2023).
- **Maximalszenario 2b:** Private Fahrzeuge, der klassische ÖPV und automatisierte Car- oder Ridesharing-Angebote sind vollständig automatisiert und vernetzt und existieren nebeneinander. Die Folge ist ein MIV-Anteil, der deutlich geringer ausfällt als im Basisjahr 2017. Der Anteil des ACS/ARS liegt bei zehn Prozent, der ÖPNV-Anteil steigt um rund fünf Prozentpunkte, Rad- und Fußverkehr steigen leicht an (vgl. Thaller et al. 2023).

## Verkehrsaufkommen und Nachhaltigkeit

Ohne politische Rahmensetzung ist die Gefahr groß, dass das fahrerlose Fahren zu einer höheren Verkehrsleistung im Pkw-Verkehr führt (vgl. Agora Verkehrswende 2020a nach Bruns et al. 2023). Das belegt sowohl das Szenario B als auch das Maximalszenario 1. Die offensichtlichsten Folgen wären die Zunahme des Verkehrsaufkommens und erhöhte Bedarfe an Energie und Ressourcen für Mobilität sowie damit einhergehende Folgen für Menschen, Klima und Umwelt.

Die Zunahme des MIV in diesen Szenarien hat mehrere Gründe: Zum einen wird das Fahren komfortabler. Denn wer im automatisierten Auto unterwegs

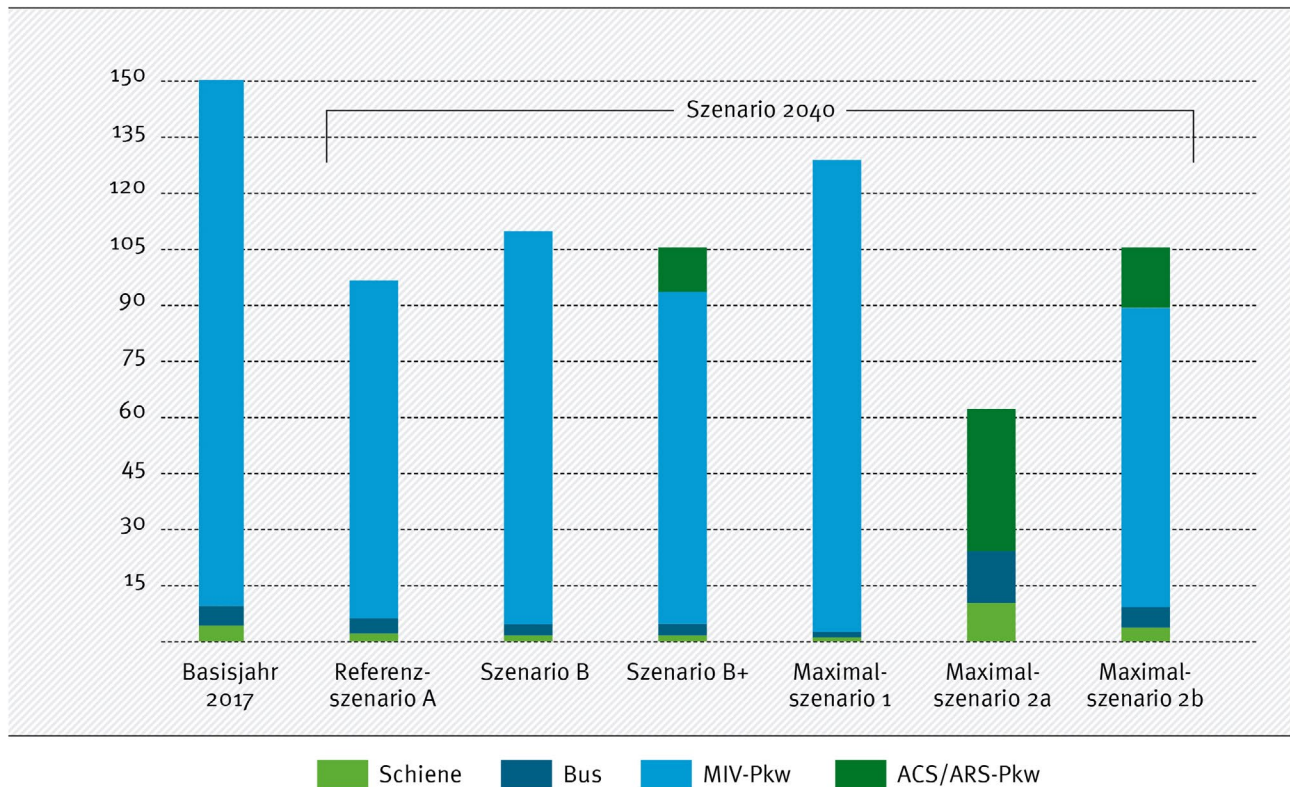
ist, muss nicht selbst steuern und kann stattdessen lesen, arbeiten oder einen Film schauen. Zudem können Personengruppen Level-5-Fahrzeuge nutzen, die derzeit nicht fahren können, dürfen oder wollen: beispielsweise Kinder und Jugendliche, körperlich eingeschränkte Personen oder ältere Menschen (vgl. Anderson et al. 2014, Trommer et al. 2016, Zmud et al. 2017 nach Bruns et al. 2023). Die Fahrzeuge können auch mehrere Fahrtwünsche zeitversetzt erfüllen: Beispielsweise indem sie zwei Personen aus einem Haushalt nacheinander zur Arbeit bringen – den Lehrer um 7:30 Uhr in die Schule und die Ingenieurin um 9 Uhr ins Büro. Hinzu kommen Leerkilometer zwischen den aufeinanderfolgenden Fahrten.

Eines der wichtigsten Instrumente zur Steuerung des MIV ist das Parkraummanagement. Durch das Verknappen von Stellplätzen und das Erheben von Parkgebühren können Kommunen den Pkw-Verkehr in Quartieren mit hohem Verkehrsaufkommen deutlich reduzieren. Dieses Steuerungsinstrument könnte durch die Verbreitung von hoch automatisierten Fahrzeugen ins Leere laufen. Denn diese können selbstständig und fahrerlos zu weit entfernten kostenfreien Parkplätzen fahren oder einfach in der Nähe des Abholortes auf der Straße kreisen. Hier bedarf es rechtlicher Regelungen, die entsprechende Praktiken unterbinden. Es könnte beispielsweise vorgeschrieben werden, dass die Fahrzeuge automatisch zum nächstgelegenen digital gemeldeten freien Parkplatz fahren müssen.

Heute benötigen Forschungsfahrzeuge teilweise genauso viel Energie für die Automatisierung wie für den Antrieb selbst. Der Strom wird für die Sensorik, die Kühlung der Sensorik, die Aktorik (Umwandlung von Signalen in Bewegung) und die Datenverarbeitung sowie für die Ausstattung der Infrastruktur benötigt (vgl. Gawron et al. 2018, Lee & Kockelman 2019, Agora Verkehrswende 2020b nach Bruns et al. 2023). Durch die Automatisierung der Mobilität kann nur eine Reduktion des Energiebedarfs erreicht werden, wenn der zusätzliche Energiebedarf der IT-Systeme mehr als kompensiert wird (vgl. auch Agora Verkehrswende 2020b).

Abbildung 4

Treibhausgas-Emissionen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent



Quelle: Thaller et al. 2023

Die Automatisierung des motorisierten Straßenverkehrs kann für einen besseren Verkehrsfluss sorgen. Gerade auf Autobahnen und Bundesstraßen kann das Windschattenfahren in der Kolonne Energie sparen, und geringere Abstände zwischen den Fahrzeugen können die Kapazität des Straßennetzes erhöhen – allerdings erst dann, wenn ca. 80 Prozent der Fahrzeuge automatisiert sind. Zudem können Fahrzeuge – entsprechende Regulierung vorausgesetzt – so programmiert werden, dass sie außerorts energieoptimale Geschwindigkeiten von 70 bis 90 km/h fahren. Eine Kombination dieser Effekte reicht allerdings nicht aus, um den Energiebedarf der IT-Systeme und eine Zunahme des MIV auszugleichen.

Um ohne gesetzliche Verbote von privaten Pkw das Verkehrsaufkommen und somit den Bedarf an Antriebsenergie zu reduzieren, ist es notwendig, dass die Verkehrswende gelingt und Menschen vom MIV auf die Verkehrsmittel des Umweltverbundes umsteigen statt umgekehrt. Daher braucht es neue Verkehrsangebote wie autonomes Car- und Ridesharing. Das

belegen die Szenarien aus der Studie „Digitalisierung im Verkehr“ eindeutig. Chancen für eine Reduktion der individuellen Pkw-Nutzung und einen mittel- bis langfristigen Rückgang des Fahrzeugbesitzes bieten die fahrerlosen Fahrdienste aber nur in Kombination mit Mobility-as-a-Service-Plattformen (Kapitel 1C, S. 13 und vgl. Fagnant & Kockelman 2015, VDA 2015, OECD & ITF 2016, Friedrich & Hartl 2016, Chen et al. 2016, nach Bruns et al. 2023) und Push-Maßnahmen zur Reduzierung des Pkw-Verkehrs, wie beispielsweise zeitliche und räumliche Einfahrverbote für bestimmte Zonen oder ein Parkraummanagement. Diese Chancen können aber nur genutzt werden, wenn Fahrten mit solchen Fahrdiensten in einem ausreichenden Maß gebündelt und die Angebote den ÖPV-Linienverkehr auf der ersten und letzten Meile ergänzen bzw. zum Lückenschluss im ÖPNV-Netz eingesetzt werden. Wenn sie stattdessen als preisgünstige Taxis Wegekettten vollständig oder überwiegend abdecken, besteht die Gefahr, dass sie den ÖPV-Linienverkehr kannibalisieren oder dass Menschen sie

nutzen, statt mit dem Fahrrad zu fahren oder kürzere Wege zu laufen.

Digitale Anwendungen für zusätzliche mobilitätsbezogene Servicedienstleistungen (Kapitel 1C, S. 13) können positive Effekte haben, indem sie beispielsweise den ÖPV mit Sitzplatzbuchungen komfortabler machen oder indem eine Applikation zur Parkplatzsuche den Parksuchverkehr reduziert. Voraussetzung für einen positiven Zielbeitrag ist aber, dass entsprechende Apps die Attraktivität des privaten Pkw nicht in einem Maß erhöhen, das zu einer Nachfragesteigerung führt. Hier können Kommunen mit den Möglichkeiten der Parkraumbewirtschaftung bzw. Regelungen zur Parkplatzsuche gegensteuern.

### **Teilhabe an multi- und intermodaler Mobilität**

Wie in Kapitel 1C beschrieben, haben Smartphone-Apps den Zugang zu Sharing-Fahrzeugen und Ridesharing-Diensten, die Planung von Wegen und das Buchen und Bezahlen von ÖPV-Fahrkarten in den letzten Jahren deutlich vereinfacht. Dennoch darf das Smartphone nicht die einzige Möglichkeit sein, um Zugang zu diesen Mobilitätsangeboten und -dienstleistungen zu erhalten. Denn sonst besteht das Risiko, dass Menschen ohne Smartphone ausgeschlossen werden. Die Autor\*innen einer Studie zur Akzeptanz von Mobility-as-a-Service (vgl. Bizgan et al. 2020) plädieren daher dafür, telefonische Auskunft- und Buchungsoptionen für MaaS anzubieten. Zudem müssen Online-Plattformen mit Screenreadern kompatibel und die Schriftgröße anpassbar sein, damit auch Menschen mit einer Sehbehinderung nicht von der Nutzung ausgeschlossen werden.

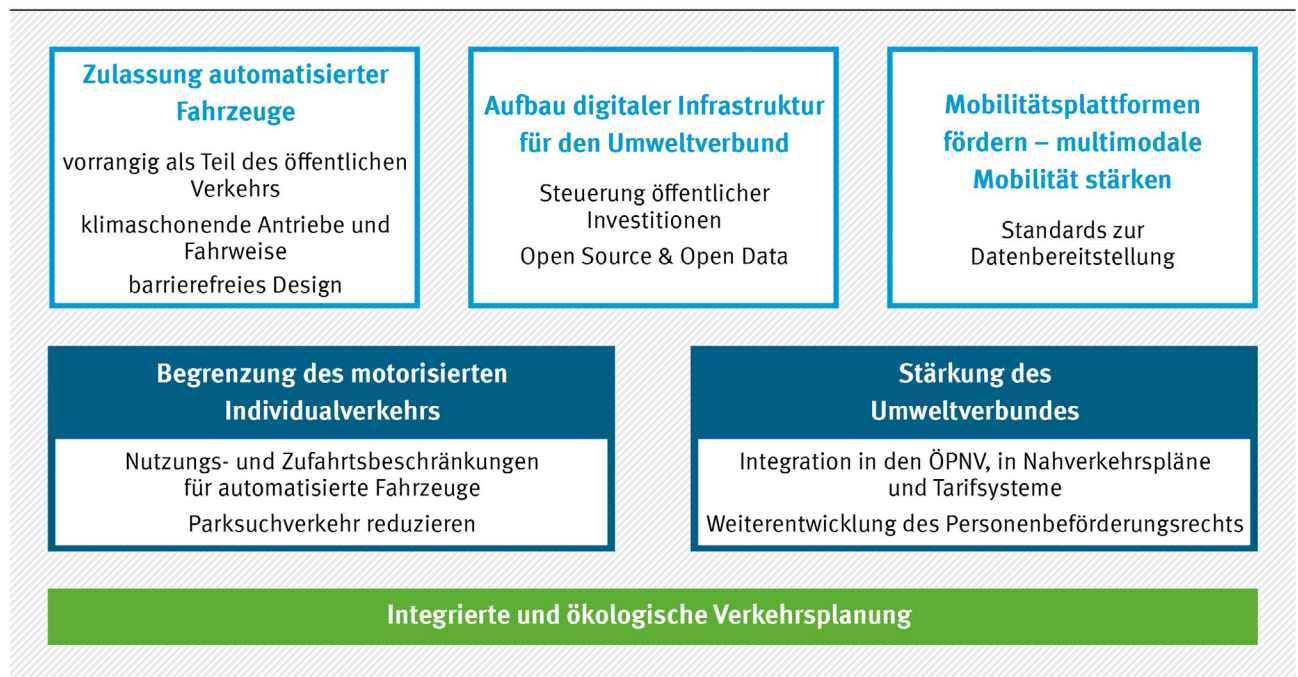
# 3

## Regulierungsrahmen für die Digitalisierung im Verkehr

**Ausgehend von den Chancen und Risiken einer zunehmenden Digitalisierung im Verkehr betrachtet dieses Kapitel rechtliche Änderungsbedarfe und notwendige Anpassungen im Regulierungsrahmen.**



Abbildung 5

**Digitalisierung und Automatisierung im (öffentlichen) Personenverkehr nachhaltig gestalten**

Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Der Verkehr muss flächeneffizienter, sauberer und nachhaltiger werden. Bislang konnte der Verkehrssektor in Deutschland keinen großen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Während der Ausstoß von Treibhausgasen von 1990 bis 2022 sektorübergreifend um 40,4 Prozent reduziert werden konnte, sind die Emissionen des Verkehrssektors lediglich um 9,1 Prozent zurückgegangen (nach Korrektur einer Untererfassung von 635 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in der Küsten- und Binnenschiffahrt). Ein Großteil der Effizienzgewinne durch technische Innovationen ist durch Reboundeffekte wie mehr Verkehr oder größere Pkw zunichtegemacht worden. Es bedarf daher einer Überarbeitung des Rechtsrahmens, um Bund, Ländern und Kommunen einen Instrumenten- und Maßnahmenmix an die Hand zu geben, mit dem sie den Verkehrssektor an übergeordneten Zielen wie der Steigerung der Verkehrssicherheit, dem Umwelt- und dem Klimaschutz ausrichten können.

Die Digitalisierung und die Automatisierung des Verkehrs verstärken den seit Langem bestehenden Reformbedarf. Beide Entwicklungen müssen daher dringend reguliert werden. Sonst besteht die Gefahr, dass die in Kapitel 2 dargelegten Chancen verspielt werden und die Risiken eintreten. Aufgrund der Kompetenzverteilung im föderalen Staat ist es Aufgabe

des Bundes, diese Regulierung als koordinierender Akteur und Gesetzgeber voranzutreiben.

Bei der Reform des Rechtsrahmens sind folgende Punkte zu beachten:

- ▶ Im Personenverkehr muss der Umweltverbund aus Fußverkehr, Radverkehr und öffentlichem Verkehr konsequent gegenüber dem MIV bevorzugt und gestärkt werden.
- ▶ Automatisierte Fahrzeuge dürfen nur dann zugelassen werden, wenn die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer\*innen – insbesondere der Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen – gewährleistet ist.
- ▶ Zusätzliche Energiebedarfe der erforderlichen Technik, sowohl in den Fahrzeugen als auch für die Infrastruktur, müssen durch die entstehenden Einsparungen überkompensiert werden.
- ▶ Mit Blick auf die digitale Infrastruktur für das automatisierte und vernetzte Fahren sowie für digitale Anwendungen für den Verkehrsmittelzugang ist die rechtliche Vorgabe von Standards relevant, die wir auf den folgenden Seiten näher beleuch-



Nach Abschluss einer zweijährigen Implementierungsphase, die 2023 beginnt, sollen 15 hoch automatisierte SUV mit SAE-Level 4 in On-Demand-Verkehre in Darmstadt und im Kreis Offenbach integriert werden. Foto: Mobileye

ten. Für Entscheidungen über den Aufbau bzw. die Förderung entsprechender digitaler Infrastrukturen durch die öffentliche Hand bedarf es zunächst eines gesellschaftlichen Konsenses.

Auf Ebene der Maßnahmen müssen die spezifischen Einzelfälle bewertet werden, wobei die Vor- und Nachteile für die ökologische Nachhaltigkeit zu berücksichtigen sind.

- ▶ Neue Mobilitätsangebote, wie beispielsweise fahrerlose Fahrdienste und digitale Plattformen zur Vermittlung von Mobilitätsangeboten, müssen

darauf ausgerichtet sein, inter- und multimodale Mobilität zu fördern. Sie dürfen keinesfalls zu einer weiteren Steigerung des motorisierten Verkehrs beitragen.

Akteure wie der Bund, die Länder, die Kommunen und ihre Behörden können jeder für sich genommen lediglich einzelne Teilaspekte der im Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit erforderlichen Regulierung vornehmen. Diese ist daher kein Selbstläufer, sondern bedarf zueinander konformer Ziele für eine nachhaltige Entwicklung im Verkehr und letztlich auch eines konzertierten Vorgehens bei der Festlegung und Umsetzung der konkreten Maßnahmen.

Die zuständigen Stellen müssen einen gemeinsamen Weg für die Regulierung von digitalen Lösungen finden, bevor die Verkehrsmärkte einen Entwicklungspfad einschlagen, der den Zielen im Klimaschutz widerspricht. Dazu müssen sowohl horizontal über die verschiedenen Rechtsgebiete als auch vertikal über die verschiedenen Gesetzgebungsebenen (EU, Bund und Länder) Zielkohärenz geschaffen, Zielkonflikte identifiziert und weitestgehend aufgelöst werden.

Nachfolgend werden konkrete Bausteine für einen konsistenten Regulierungsrahmen für eine nachhaltige Digitalisierung und Automatisierung im Personenverkehr vorgestellt.

## Eine integrierte Verkehrsplanung als Basis

### Eine integrierte Verkehrsplanung richtet die Ausgestaltung des Verkehrsangebotes und der -infrastruktur an ökologischen und gesellschaftlichen Zielen aus

Im Personenverkehr ist damit zu rechnen, dass das automatisierte und vernetzte Fahren ohne Regulierung zu einer Zunahme des motorisierten Verkehrs führt. Hierfür sind vor allem private Autofahrten sowie automatisierte Robotaxis und damit verbundene Leerfahrten zwischen den Fahrtwünschen verantwortlich (siehe Kapitel 2, S. 15 ff.). Mit Blick auf den Klima- und Umweltschutz ist eine motorisierte individuelle Mobilität allerdings nur in begrenztem Ausmaß ökologisch nachhaltig zu bewältigen und muss daher dringend reduziert werden.

Die Ausgestaltung der Verkehrsinfrastruktur und der Mobilitätsangebote muss dafür durch eine integrierte Verkehrsplanung, die an ökologischen und gesellschaftlichen Zielen ausgerichtet ist, unterstützt werden. Beispiele für diese Ziele sind eine Verbesserung der Mobilität bei weniger Pkw-Verkehr durch die Stärkung des Umweltverbundes, eine Steigerung der Verkehrssicherheit, eine Verbesserung der Luftqualität und eine Verringerung des Verkehrslärms.

Eine solche integrierte Verkehrsplanung betrachtet auf horizontaler Ebene alle Verkehrsmittel gemeinsam und auf vertikaler Ebene stimmen Bund, Länder und Kommunen ihre Maßnahmen aufeinander ab, um das bestmögliche Gesamtergebnis zu erzielen. Die vertikale Koordination über die verschiedenen Ebenen hinweg muss vom Bund ausgehen. Zudem gilt es, die Arbeitsprozesse der Behörden, die Verkehr planen und regeln, etwa Straßenverkehrs-, Tiefbau- und Bauordnungsämter, zu digitalisieren und zu vernetzen, um deren Prozesse zu beschleunigen.

Um im Falle des automatisierten und vernetzten Fahrens ein bestmögliches, klimaverträgliches Ergebnis zu erzielen, sind zielgerichtete, aufeinander abgestimmte Maßnahmen nötig, beispielsweise Zufahrtsbeschränkungen für Robotaxis und private (automatisierte) Pkw in überlasteten Quartieren, bei gleichzeitigem Ausbau des ÖPNV-Angebotes und der Radverkehrsinfrastruktur sowie einer Bepreisung von Leerfahrten. Eine digitale Kartografie kann zudem dabei helfen, dynamische Änderungen im Fahrgebiet zu erfassen, um automatisierte Flotten im ÖV entsprechend aus der Betriebszentrale zu steuern. Die nötigen gesetzlichen Reformen und Maßnahmen stellen wir in den Bausteinen 1 bis 5 auf den folgenden Seiten vor.

## Rechtliche Anknüpfungspunkte



- ▶ Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG)
- ▶ „Leitlinien der Union für den Aufbau eines trans-europäischen Verkehrsnetzes“ (Verordnung (EU) Nr. 1315/2013)
- ▶ Richtlinie 2008/96/EG über ein Sicherheitsmanagement für die Straßenverkehrsinfrastruktur in der Neufassung durch Richtlinie (EU) 2019/1936
- ▶ Straßengesetze des Bundes und der Länder
- ▶ Nahverkehrsplanung und Ausgestaltung des ÖPNV durch die jeweiligen Aufgabenträger, Nahverkehrsgesetze der Länder
- ▶ Landesfinanzierung von Verkehrsaufgaben der Kommunen, Bundesfinanzierung von Verkehrsaufgaben der Länder und Kommunen nach Art. 106a GG und Art. 125c Abs. 2 GG (RegG und GVFG)

## Instrumente und Maßnahmen



- ▶ Erstellen und Umsetzen von Lärmaktionsplänen, Umweltzonen, Luftreinhalteplänen
- ▶ Förderung von personellen und finanziellen Ressourcen zur Entwicklung von Verkehrsentwicklungsplänen und Sustainable Urban Mobility Planning (SUMP)
- ▶ Anschließen eines Governance-Prozesses zwischen Bund, Ländern, Kommunen, Fahrzeugherstellern, Technologie-Unternehmen und Verbänden, um gemeinsam Chancen, Risiken, Kosten und Nutzen für Gesellschaft, Unternehmen, Umwelt und Klima zu erörtern
- ▶ Erlass von untergesetzlichen Richtlinien, Publikationen und Empfehlungen in Ergänzung zu bestehenden Rechtsvorschriften zur integrierten Planung
- ▶ Ressortübergreifende Koordination in der Kommune für eine verkehrliche Gestaltung, die die zielgerichtete Verlagerung vom MIV in den Umweltverbund befördert – z. B. im Rahmen eines kommunalen Mobilitätsmanagements
- ▶ Abstimmung und Umsetzung verfügbarer Maßnahmen der Akteure der öffentlichen Hand, z. B. von Straßenbaulastträgern, Genehmigungsbehörden, Aufsichtsbehörden
- ▶ Gestaltung des öffentlichen Straßenraumes mit einer Zielausrichtung auf Mobilität, Klimaschutz, Energieeffizienz, Verkehrssicherheit, Gesundheitsschutz und die Reduktion verkehrsspezifischer Inanspruchnahme von Flächen
- ▶ Physische Vernetzung des Umweltverbunds (z. B. durch Mobilitätsstationen, Haltestellen, Fahrradparkplätze)

Weitere Informationen unter:

[www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr](http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr)

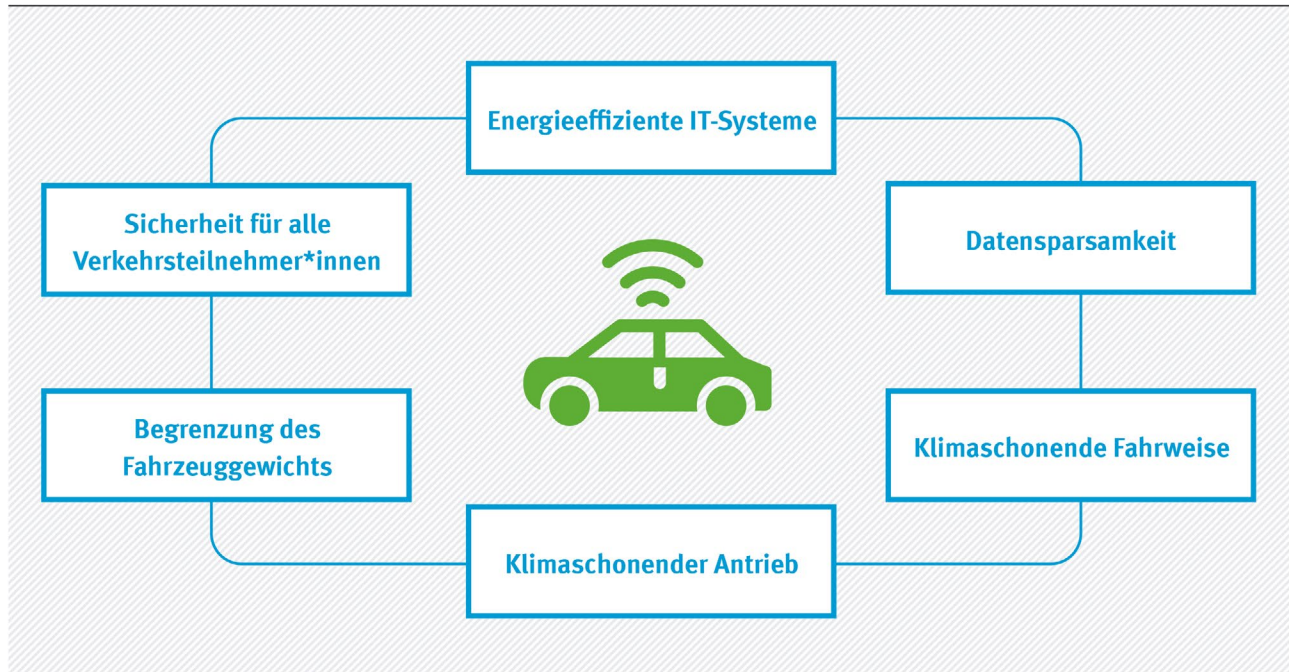
## Baustein 1 Zulassung automatisierter Fahrzeuge

1

Die Zulassung von automatisierten Fahrzeugen sollte eng an einen Einsatz im ÖPNV und die Energieeffizienz der IT-Systeme geknüpft sein

Abbildung 6

### Zulassungsbedingungen für automatisierte Fahrzeuge



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Rechtlich sollte die Zulassung automatisierter Fahrzeuge eng an deren Einsatzzweck geknüpft sein. Die Behörden sollten die Genehmigung vor allem für Fahrzeuge erteilen, die Fahrgäste als Teil des ÖPNV und als Sammelfahrdienste von A nach B bringen.

Bislang sind automatisierte Fahrzeuge in erster Linie im Rahmen von Experimenten in einem eng kontrollierten Rahmen im Straßenverkehr eingesetzt – beispielsweise als Shuttlebusse, die mit einem Tempo von 20 km/h die Teilnehmenden von einer S-Bahn-Haltestelle auf einer wenig befahrenen Route zu einem Veranstaltungsgelände bringen. Bevor sich die automatisierten Fahrzeuge außerhalb von Tests unter herkömmliche Pkw, Busse oder Fahrräder mischen dürfen, muss zunächst die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer\*innen gewährleistet sein – inklusive Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen. Dies erfordert insbesondere, dass das technische System selbstständig oder in Interaktion mit anderen Fahr-

zeugen und der Infrastruktur Personen und Objekte erkennen und Gefahrensituationen vermeiden kann.

Bei potenzieller Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer\*innen müssen die Fahrzeuge angemessen reagieren. Im Mischverkehr sollten sich nicht automatisierte und automatisierte Fahrzeuge auf geeignete Weise vernetzen können, beispielsweise durch die Nachrüstung bzw. den Einbau von entsprechenden Fahrzeugkomponenten sowie durch die Vermittlung visueller oder hörbarer Signale an die Person hinter dem Steuer. Dass Fußgänger\*innen und Fahrradfahrer\*innen ein technisches Gerät in der Tasche haben müssen, das mit automatisierten Pkw, Bussen oder Lkw kommuniziert, darf allerdings keine Voraussetzung für das Funktionieren des Systems sein.



### Energieeffizienz als Zulassungsvoraussetzung

Des Weiteren sollte die Energieeffizienz ein Kriterium für die Zulassung automatisierter Fahrzeuge sein. Dabei ist nicht nur relevant, dass im Fahrzeug ein treibhausgasneutraler, beispielsweise batterieelektrischer, Antrieb verbaut ist. Sondern es entstehen auch zusätzliche Energiebedarfe durch IT-Systeme im Fahrzeug, die bei der Bewertung der Energieeffizienz berücksichtigt und möglichst gering gehalten werden müssen. Zudem spielt auch die von den Herstellern in ihre Fahrzeuge einprogrammierte Fahrweise eine Rolle. Diese sollte energiesparend sein. Auch die Erhebung und Verarbeitung von Daten benötigt Energie. Daher sollten die Systeme – vom Datenschutz einmal abgesehen – nur solche Daten der Nutzenden erfassen, die für die Sicherheit und Fahrfunktion relevant sind.

Um dem zusätzlichen Energiebedarf durch die Automatisierung sowie durch mögliche Leerfahrten für die Parkplatzsuche oder zum nächsten Nutzer zu kompensieren, kann der Gesetzgeber beispielsweise eine Begrenzung des Fahrzeuggewichts vorschreiben.

### Rechtliche Anknüpfungspunkte



- ▶ Rechtsakte der EU und der UNECE
- ▶ Richtlinie 2010/40/EU (sog. Intelligente-Verkehrssysteme-Richtlinie) und auf dieser beruhende delegierte Verordnungen der Europäischen Kommission
- ▶ Fahrzeugzulassungsrecht und Straßenverkehrsrecht (StVG und darauf beruhende Verordnungen)

### Instrumente und Maßnahmen

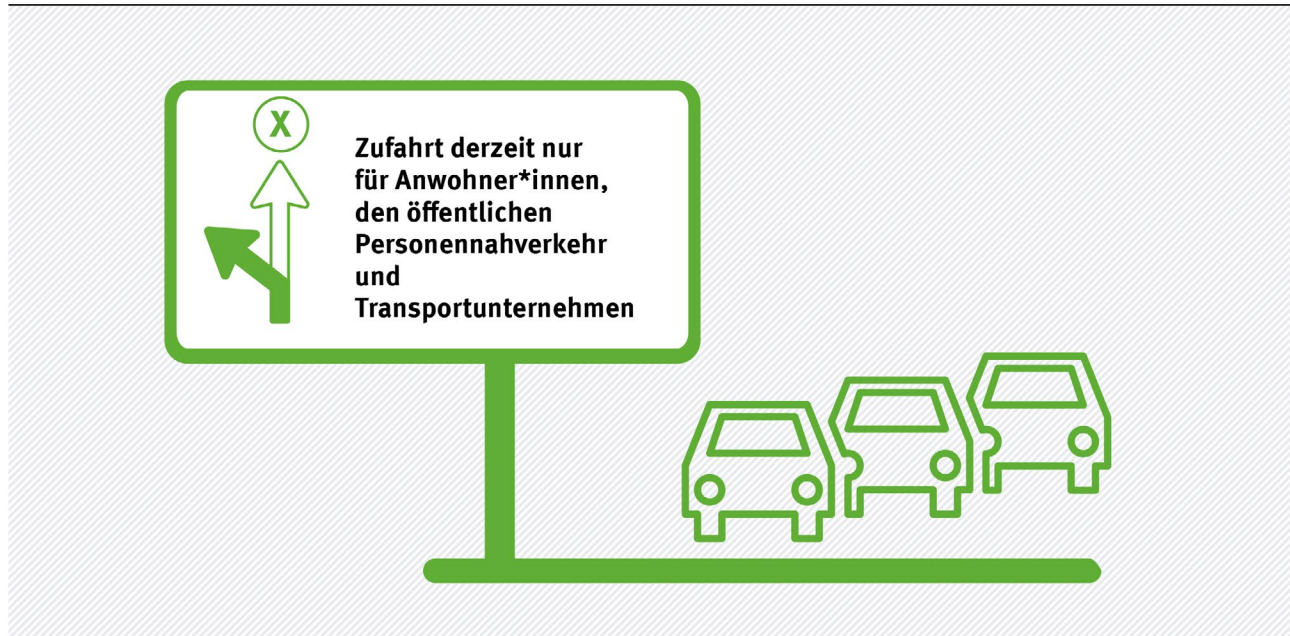


- ▶ Vorgaben zur Begrenzung des Fahrzeuggewichts
- ▶ Zulassung nur vollständig funktionierender digitaler Systeme, die die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer\*innen – inklusive Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen – gewährleistet
- ▶ Festlegung geeigneter Standards für das sichere Linksabbiegen von automatisierten Fahrzeugen
- ▶ Vorgaben für technische Standards zur Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmer\*innen – inklusive Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen – z. B. Vorfahrt gewähren, Signalisierung von Parkplatzsuchfahrten, Ein- und Ausstiegen, Fahrgastwechsel
- ▶ Vorgaben bzw. Anreize zur Entwicklung energieeffizienter Fahrzeuge und Komponenten für die Automatisierung (wie Sensorik, Aktorik oder Bildverarbeitung)
- ▶ Vorgaben für eine effiziente Erhebung und Verarbeitung von Informationen, z. B. Datensparsamkeit, prioritäre/ausschließliche Sammlung und Nutzung von sicherheits- und verkehrsrelevanten Daten
- ▶ Vorgabe der Programmierung und Umsetzung umwelt- und Klimaschutzorientierter Fahrweisen, die durch Automatisierung und Vernetzung möglich werden
- ▶ Vorgaben zur Definition der Zielfunktion beim vernetzten Fahren und bei einem zentral mitgesteuerten System auch unter ökologischen Gesichtspunkten
- ▶ Vorgabe von Anforderungen an die Nachhaltigkeit der Antriebe

**Baustein****2****Begrenzung negativer Effekte des automatisierten Fahrens**

**Verkehr gezielt steuern, um Gebiete mit hohem Verkehrsaufkommen und Wohnquartiere zu entlasten**

Abbildung 7

**Räumliche und zeitliche Zufahrtsbeschränkungen**

Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Wird das automatisierte Fahren nicht reguliert, ist mit einer erheblichen Zunahme des Pkw-Verkehrs zu rechnen, beispielsweise durch Leerfahrten (siehe Kapitel 2, S. 15). Darunter würden die Verkehrssicherheit und die Luftqualität leiden, der Verkehrslärm würde zunehmen. Zudem wäre es klima- und umweltschädlich sowie ressourcen- und flächenintensiv. Flächen sind in unseren Städten ein knappes Gut, und der fließende und ruhende Autoverkehr beansprucht schon heute übermäßig viele. Doch nicht nur für adäquate Fuß- und Radwege fehlt oft der Platz. Häufig bleibt wenig Raum, beispielsweise für Außengastronomie, spielende Kinder oder besonders für Pflanzen mit ihrer Schlüsselrolle für die Klimafolgenanpassung von Städten. Daher gilt es, den Straßenquerschnitt neu aufzuteilen. Um dieses Ziel zu erreichen, muss das Verkehrsaufkommen reduziert werden. Heute gehören das Verknappen von Parkplätzen und das Erheben von Parkgebühren für Kommunen zu den wichtigsten Maßnahmen, um den Kfz-Verkehr und den damit verbundenen Flächenbedarf zu begrenzen. Auch für automatisierte Fahrzeuge kann das Parkraummanagement eine Steuerungsfunktion bieten – zugleich ist es

ein zweiseitiges Schwert: Wenn Abstellmöglichkeiten fehlen, könnten die Nutzer\*innen von fahrerlosen Fahrzeugen diese einfach in der Nähe ihres Aufenthaltsortes herumkreisen und sich zu einem späteren Zeitpunkt abholen lassen. Derartiges Vorgehen ist zu verhindern.

Solchen und ähnlich gelagerten Risiken kann die öffentliche Hand mit verschiedenen Maßnahmen entgegenwirken: Kommunen können in der Bauleitplanung die Anzahl der Parkplätze reduzieren und gleichzeitig Leerfahrten bepreisen oder beispielsweise Fahrzeugen das Einfahren in bestimmte Stadtgebiete verwehren, wenn die Mitfahrenden zuvor keinen Parkplatz vor Ort gebucht haben. Zudem sind temporäre, durch Wechselverkehrszeichen angezeigte Zufahrtsbeschränkungen für (automatisierte) private Pkw zu Straßen oder Quartieren denkbar, die durch den Autoverkehr überlastet sind. Hierzu müsste allerdings zunächst eine Rechtsgrundlage geschaffen werden, beispielsweise durch die Ergänzung des § 45 Abs. 1 StVO durch eine zusätzliche Nummer 7, die den Straßenverkehrsbehörden erlaubt, bestimmte

Fahrzeugarten von der Nutzung einer Straße oder eines Gebietes auszuschließen, um den Verkehr zu reduzieren. Damit diese neue Nummer 7 nicht von § 45 Abs. 9 Satz 3 StVO blockiert wird, muss dieser aufgehoben werden.

Ob eine Zone überlastet ist, sollte im Ermessen der Straßenverkehrsbehörde liegen. Diese könnte sich bei ihrer Entscheidung nach Vergleichswerten von ähnlichen Straßen, der Sicherheit und den Planungsvorgaben der Gebietskörperschaften (z. B. Nahverkehrspläne, Verkehrsentwicklungspläne oder – soweit anwendbar – Klimamobilitätspläne) richten. Entsprechende Kompetenzen könnten der Behörde über eine Anpassung der Verwaltungsvorschrift zur StVO (VwV-StVO) eingeräumt werden. Städte und Gemeinden müssten zudem festlegen, wer jederzeit zufahrtberechtigt ist, etwa Ärztinnen und Ärzte, die Post oder Anwohner\*innen, die eine Abstellmöglichkeit für ihr Fahrzeug vor Ort haben. Eine Einschränkung des Pkw-Verkehrs darf allerdings nicht die Erreichbarkeit eines Quartiers oder einer Straße durch die Bürger\*innen einschränken. Daher müssen Kommunen sicherstellen, dass die Zonen mit Zufahrtsbeschränkungen gut an Bus- oder Bahnlinien angeschlossen sind und am Rand der Gebiete Stellplätze für Pkw vorhanden sind.

Eine analoge Möglichkeit, unerwünschten Durchgangsverkehr durch Wohnquartiere zu vermeiden, ist der aus Barcelona bekannte Ansatz der Superblocks. Dort wird Autos das Durchqueren von Wohnquartieren durch das Einrichten von Einbahnstraßen oder das Aufstellen von Pollern und Pflanzkübeln unmöglich gemacht. Für Fußgänger\*innen und Radfahrer:innen bleibt das Quartier durchlässig. Eine gezielte Förderung von fahrerlosen Elektroautos könnte beispielsweise dazu führen, dass sich mehr Menschen einen privaten Pkw kaufen, statt den Umweltverbund zu nutzen. Gleiches gilt für digitale Anwendungen, die die Attraktivität privater Pkw-Fahrten oder die Nutzung von wenig beförderungseffizienten Fahrdiensten stabilisieren oder erhöhen. Selbst eine effiziente Flächennutzung durch automatisierte Fahrzeuge, die mit geringeren Abständen fahren, kann zu Rebound-Effekten führen. Denn wenn sich durch weniger Staus die Fahrzeiten mit dem Auto verringern, steigen womöglich mehr Menschen in den Pkw. Bei einer entsprechenden Entwicklung müsste also zugleich die Fläche für oder die Nutzung durch den MIV begrenzt werden.

## Rechtliche Anknüpfungspunkte



- ▶ Verkehrsrechtliche Anordnung nach Straßenverkehrsrecht (StVG und auf dem StVG beruhende Verordnungen)
- ▶ StVO, insbesondere § 45
- ▶ VwV-StVO, z. B. §§ 39 bis 43
- ▶ Erweiterung des Anwendungsbereiches der §§ 1d bis 1l StVG i. V. m. AFGBV – Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs- und Betriebsverordnung (Berücksichtigung Klimaschutz)

## Instrumente und Maßnahmen



- ▶ Erweiterung des Anwendungsbereiches des Straßenverkehrsrechts auf ökologische Ziele mit entsprechender Anordnungsbefugnis (Anpassung des § 6 Abs. 1 StVG und des § 45 StVO)
- ▶ Einfügung der Ermächtigungsgrundlage von Nutzungs- und Zufahrtsbeschränkungen für privat genutzte (automatisierte) Fahrzeuge in überlasteten Gebieten oder zu bestimmten Zeiten durch die Einfügung einer neuen Nr. 7 in § 45 Abs. 1 StVO
- ▶ Bevorzugung des fließenden (Auto-)Verkehrs beenden, § 45 Abs. 9 Satz 3 StVO aufheben
- ▶ Exklusive Nutzung des öffentlichen Straßenraums für automatisierte Straßenfahrzeuge im ÖV – unter Ausschluss des motorisierten Individualverkehrs – auf geeigneten Strecken bzw. zu geeigneten Zeiten
- ▶ Regelungen für den maximalen Parkplatzsuchradius beim automatisierten Valet Parking, beim City Pilot und bei Level-5-Anwendungen
- ▶ Fahrleistungsabhängige Abgabe für Wege ohne Personen
- ▶ Gebote/Verbote für Ein- und Ausstiege in nachfragestarken Räumen, um Verkehrsbehinderungen durch eine hohe Anzahl an anhaltenden Fahrzeugen an „Hotspots“ und Konflikte mit dem Umweltverbund zu verhindern

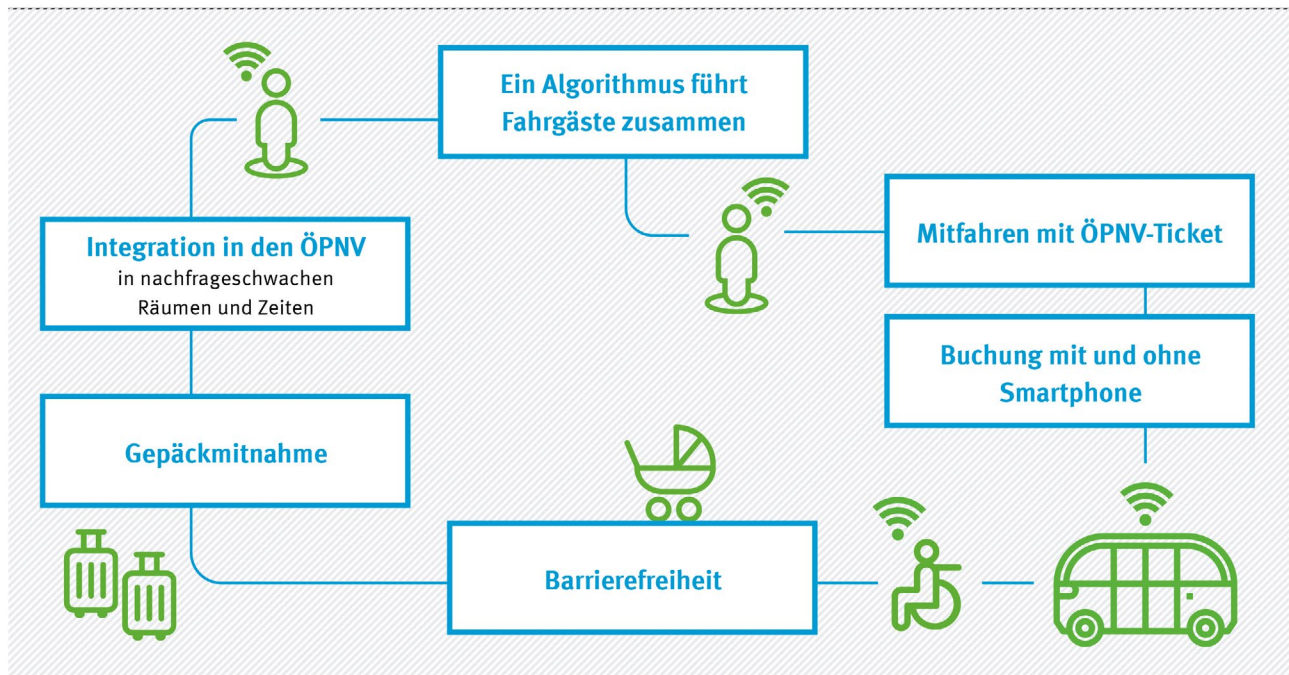
## Baustein 3 Stärkung des Umweltverbundes

# 3

So kann die Integration des automatisierten Fahrens in den ÖPNV gelingen

Abbildung 8

### Ridesharing im ÖPNV-Standard



Um allen Menschen Zugang zu ermöglichen, müssen automatisierte Ridesharing-Angebote barrierefrei sein.

Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Die Digitalisierung im Verkehr bietet die Chance, den Umweltverbund gezielt zu stärken, dadurch den Autoverkehr zu reduzieren und den Menschen so die gleiche Mobilität wie heute zu ermöglichen. Gleichzeitig würden das Klima geschont und die Verkehrssicherheit sowie die Luftqualität erhöht werden. Verkehrslärm, Flächen- und Ressourcenbedarf würden reduziert.

Um den Umweltverbund zu stärken, müssen Bund, Länder und Kommunen ein bundesweites, lückenloses öffentliches Verkehrssystem im Fern- und Nahverkehr schaffen, das gut mit den Rad- und Fußverkehrsnetzen verknüpft ist. Das Rückgrat des Systems bilden auch in Zukunft Busse und Bahnen, welche zunehmend automatisiert fahren werden und die durch automatisierte Sammelfahrdienste im ÖPNV-Standard ergänzt werden.

ÖPNV-Standard bedeutet, dass die Sammelfahrdienste mit Fahrscheinen für die entsprechende Tarifzone

genutzt werden dürfen und dass niemand von der Nutzung ausgeschlossen wird. So muss es für Menschen ohne Smartphone Alternativen zur Buchung per App geben, die Fahrzeuge müssen für mobilitätseingeschränkte Personen zugänglich sein, und Familien müssen den Kinderwagen mitnehmen können. Auch der Transport von Gepäck und Fahrrädern sollte möglich sein. Außerdem ist es wichtig, dass die Sammelfahrdienste ihre Fahrgäste in Tagesrandzeiten zuverlässig befördern und nicht nur in den lukrativen Hauptverkehrszeiten.

In nachfrageschwachen Gebieten und Zeiten ist ein eigenwirtschaftlicher Betrieb von automatisierten Sammelfahrdiensten nicht immer möglich. Zudem stoßen die Bündelung von Fahrten und die Vermeidung von Leerfahrten manchmal an ihre Grenzen. Dennoch kann es sinnvoll sein, ein Angebot zu schaffen, beispielsweise, um Menschen in ländlichen Räumen unabhängiger vom privaten Pkw zu machen und sie so vom Kauf eines Zweitwagens abzuhalten.

Hier gibt es verschiedene Optionen: Entweder schafft die öffentliche Hand eigene Sammelfahrdienste als Teil des ÖPNV-Angebots oder sie setzt Anreize für kommerzielle Betreiber, ein Angebot einzurichten. Das wäre beispielsweise möglich, indem Konzessionen für lukrative Bedienungsgebiete in Bündeln mit weniger attraktiven Gebieten im ländlichen Raum vergeben werden. In den lukrativen, meist dichter besiedelten Gebieten bestünde dann aber das Risiko einer Kannibalisierung des Umweltverbundes.

Kommerzielle öffentlich zugängliche Fahrdienste haben häufig hohe Zugangshürden. Oft können sie nur von Menschen genutzt werden, die ein Smartphone und eine Kreditkarte haben, ein Kundenkonto erstellen und ein gewisses Mindestalter haben. Sie sind daher nicht ohne Weiteres deckungsgleich mit ÖPNV-Angeboten. Hier muss der Staat den Anbietern Vorgaben machen, um die ÖPNV-Qualität sicherzustellen.

### Rechtliche Anknüpfungspunkte



- ▶ Landesfinanzierung von Verkehrsaufgaben der Kommunen, Bundesfinanzierung von Verkehrsaufgaben der Länder und Kommunen nach Art. 106a GG und Art. 125c Abs. 2 GG (RegG und GVFG)
- ▶ Verkehrsgewerberecht, insbesondere Personenbeförderungsrecht
- ▶ Nahverkehrsplanung und Ausgestaltung des ÖPNV durch die jeweiligen Aufgabenträger, Nahverkehrsgesetze der Länder

### Instrumente und Maßnahmen



- ▶ Schaffung eines bundesweiten, flächendeckenden, dicht getakteten öffentlichen Verkehrssystems, in dem Sammelfahrdienste Zubringer für Busse und Bahnen sind; konsequente Weiterentwicklung der Angebotsqualität in den Verkehrsnetzen für den Umweltverbund (analog zu den „Richtlinien für integrierte Netzgestaltung“, RIN 08 der FGSV).
- ▶ Vorgaben zur Sammlung von Fahrgästen (Bevorzugung von Ridesharing gegenüber kommerziellem Ridehailing)
- ▶ Zugang für alle, z. B. für Menschen im Rollstuhl, Familien mit Kinderwagen oder Pendler\*innen mit Fahrrädern
- ▶ Schaffung von Buchungsmöglichkeiten ohne Smartphone und Bezahlungsmöglichkeiten ohne Kreditkarte
- ▶ Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Einsatz von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen
- ▶ Förderungen für Angebote, beispielsweise über Konzessionsmodelle in nachfrageschwachen Räumen
- ▶ Kommunikations- und Informationsmaßnahmen, die die Akzeptanz des öffentlichen Verkehrs erhöhen

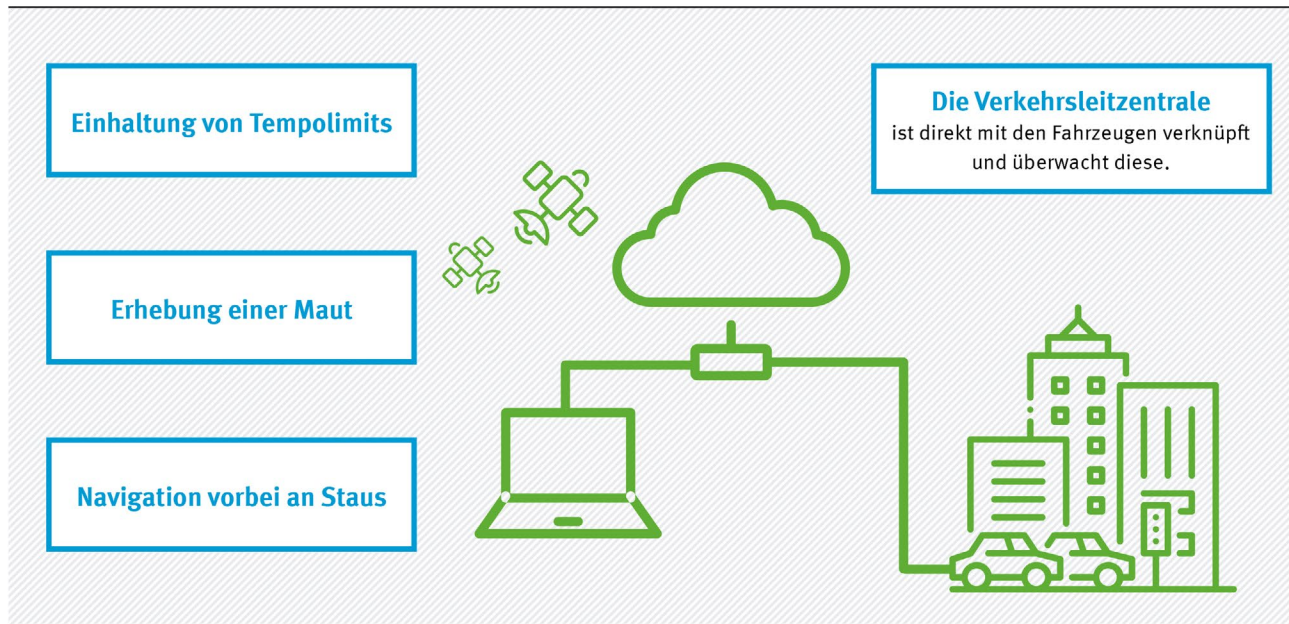
## Baustein 4 Digitale Infrastruktur

4

Beim Aufbau einer digitalen Infrastruktur für automatisierte und vernetzte Fahrzeuge muss der Fokus auf die Bedürfnisse des Umweltverbundes gelegt werden

Abbildung 9

### Steuerung von Fahrzeugen durch digitale Infrastruktur



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Die öffentliche Hand sollte die Auf- und Umrüstung der notwendigen Verkehrsinfrastruktur für das automatisierte und vernetzte Fahren nur dann durch Investitionen oder Fördergelder vorantreiben, wenn dafür ein gesellschaftlicher Konsens besteht und die Infrastruktur vor allem für ein nachhaltiges Verkehrsmanagement genutzt werden kann. Letzteres kann beispielsweise eingesetzt werden, um

- ▶ die Einhaltung der Straßenverkehrsregeln durchzusetzen,
- ▶ um eine Maut für das Fahren auf bestimmten Straßenkategorien oder in bestimmten Zonen zu erheben und dadurch einen finanziellen Anreiz zum Umstieg auf den Umweltverbund zu schaffen,
- ▶ die Verkehrssteuerung automatisierter Fahrzeuge durch eine übergeordnete Betriebszentrale zu übernehmen, die eine ökologisch nachhaltige Fahrweise fördert, oder

- ▶ durch eine vorgeschlagene Routenwahl gezielt bestimmte Straßen und Gebiete zu entlasten.

Vor der Einführung eines digitalen Verkehrsmanagements ist zu klären, wer sachlich und örtlich für die Finanzierung, den Aufbau und den Betrieb der erforderlichen digitalen Infrastruktur verantwortlich ist. Das ist nicht einfach, da die digitale Infrastruktur eng mit Gemeinde-, Kreis-, Land- und Bundesstraßen verbunden ist, die entsprechend in der Zuständigkeit der Kommunen, der Länder bzw. des Bundes liegen. Hier spricht vieles dafür, eine übergeordnete, zentrale Stelle einzurichten.

Zusätzlich zur Aufgabenabgrenzung innerhalb der öffentlichen Hand ist der genaue Aufgabenbereich im Verhältnis zu den Betreibern automatisierter Fahrzeuge festzulegen. Es bedarf einer genauen Abgrenzung zwischen der technischen Aufsicht, der Betriebszentrale des Betreibers, die operativ ins Fahrzeug hereinspricht, und der übergeordneten öffentlichen digitalen Infrastruktur.

## Rechtliche Anknüpfungspunkte



- ▶ Straßengesetze des Bundes und der Länder

## Instrumente und Maßnahmen



- ▶ Ausbau einer adäquaten Mobilfunkinfrastruktur, insbesondere 5G.
- ▶ Keine öffentlichen Investitionen in eine digitale Infrastruktur, die vor allem oder ausschließlich dem motorisierten Individualverkehr zugutekommt

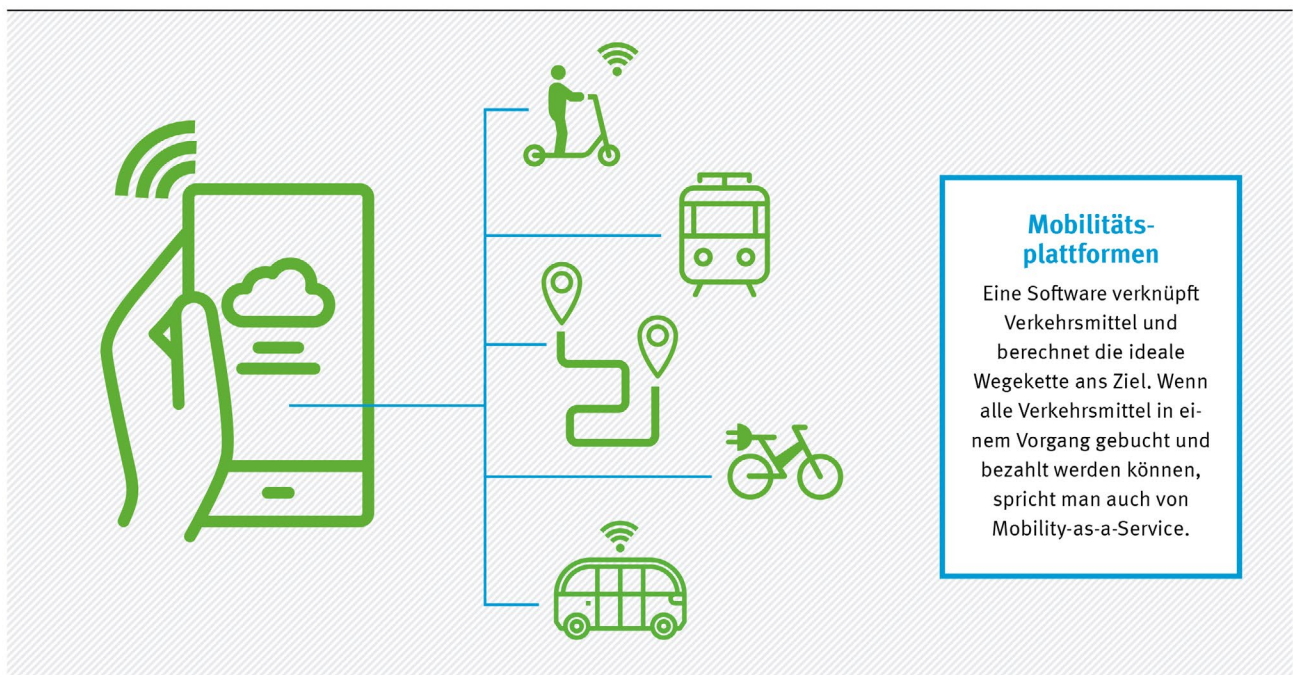
## Baustein 5

### Mobilitätsplattformen & Mobility-as-a-Service

Mobility-as-a-Service durch einheitliche Standards und Schnittstellen sowie Open-Data- und Open-Source-Ansätze zur Datenbereitstellung ermöglichen

Abbildung 10

#### Buchungsplattformen für multi- und intermodale Mobilität



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Für unsere Smartphones steht eine große Auswahl von Mobilitäts-Apps zum Download bereit. Hinter diesen Apps verbergen sich neue digitale plattformbasierte Geschäftsmodelle. Sie bündeln und erleichtern den Zugang zu einer Vielzahl von Verkehrsmitteln – vom Leihfahrrad über Bus und Bahn bis hin zum Ridesharing-Fahrzeug.

Insbesondere dann, wenn die Anbieter ihre Produkte zu „Mobility-as-a-Service“-Plattformen (MaaS, vgl. Entwicklungslinie C, S. 13) weiterentwickeln, mit denen man einfach ganze Wegeketten mit verschiedenen Verkehrsmitteln planen und buchen kann, besteht die Chance, Verkehr vom MIV auf den Umweltverbund zu verlagern. Dadurch können digitale Mobilitätsplattformen zum Klimaschutz, zur Flächen-

und Ressourcenschonung sowie zur Luftreinhaltung und zum Lärmschutz beitragen. Längerfristig könnte durch MaaS auch der individuelle Besitz und das Eigentum an ressourcen- und energieintensiven Privatfahrzeugen obsolet werden.

Um MaaS-Anwendungen zu ermöglichen, muss der Austausch einer Vielzahl von Mobilitätsdaten gewährleistet werden, insbesondere Fahrplansolldaten, Echtzeitdaten, Vertriebsdaten und Mobilitätsdaten aus ländlichen Regionen. Initiativen zur Verbesserung des Datenangebotes und der Datenvernetzung gibt es bereits, beispielsweise die Mobilthek des BMDV oder den Mobility Data Space der DRM Datenraum Mobilität GmbH. In den kommenden Jahren ist daher mit einer Verbesserung der Datenlage zu rechnen. Zahlreiche rechtliche Fragen, insbesondere im Hinblick auf Bereitstellungs- bzw. Erhebungspflichten sowie den Datenzugang für Dritte und Finanzierungsfragen sind aber noch zu klären (siehe auch S. 14).

Wenn digitale Mobilitätsplattformen jedoch die Attraktivität einer privaten Pkw-Nutzung steigern (z. B. durch die Vermittlung privater Parkplätze zur Untermiete) oder die Nutzung eines wenig beförderungseffizienten Mobilitätsangebotes erhöhen (z. B. taxiähnliche Fahrdienste), wirken sie der erforderlichen Verkehrsverlagerung in den Umweltverbund entgegen. Daher tragen sie nicht per se zur ökologischen Nachhaltigkeit im Verkehr bei, sondern nur dann, wenn sie einschlägige Kriterien erfüllen.

### Rechtliche Anknüpfungspunkte



- ▶ Regionalisierungsgesetz
- ▶ Verkehrsgewerberecht, insbesondere Personenbeförderungsrecht
- ▶ Nahverkehrsplanung und Ausgestaltung des ÖPNV durch die jeweiligen Aufgabenträger, Nahverkehrsgesetze der Länder
- ▶ Mobilitätsdatenverordnung gemäß Personenbeförderungsgesetz

### Instrumente und Maßnahmen



- ▶ Beschränkungen der Vermittlung von Mobilitäts- bzw. zusätzlichen Servicedienstleistungen, die dauerhafte Effekte auf die ökologische Nachhaltigkeit haben
- ▶ Vermeidung einer Verlagerung von Rad- und Fußverkehr in den plattformvermittelten motorisierten Verkehr (insbesondere taxiähnliche Fahrdienste) z. B. durch Vorgabe von Mindesttransportweiten
- ▶ Verhinderung der Vermittlung privater Parkplätze durch digitale Applikationen
- ▶ Festlegung des Verhältnisses von Mobilitätsanbietern und Betreibern bzw. Vermittlern auf Mobilitätsplattformen
- ▶ Verhinderung einer marktbeherrschenden Position eines oder weniger, insbesondere privatwirtschaftlicher Betreiber von Mobilitätsplattformen zur Vermeidung von Transportpreis- oder Angebotsvorgaben der Plattformbetreiber an die Anbieter
- ▶ Gleichberechtigter Zugang: Mobilitätsvermittlung auch auf analoge Weise
- ▶ Vergabe von Lizenzen/Konzessionen oder öffentliche Bestellung von Mobilitätsplattformen
- ▶ Standardisierung von Kommunikationstechnik und von Nachrichtenprotokollen sowie von verbindlicher Koordination zwischen automatisierten Fahrzeugen (Interoperabilität)
- ▶ Verbindliche Standards für Schnittstellen (Datenaustauschformate und -protokolle) und Frequenzbändern (Standardisierung für die Software, Typenzulassung für fahrzeugseitige Hardware)
- ▶ Ermöglichung von Open-Data- und Open-Source-Ansätzen bei Datenbereitstellung und -austausch: Gewährleistung von barriere- und diskriminierungsfreier Vermittlung von Mobilitätsdienstleistungen und Ermöglichung von Weiternutzung und -analyse der generierten Daten für nicht-kommerzielle, gemeinwohlorientierte Zwecke, wie z. B. nachhaltigkeitsorientierte Infrastruktur- und Verkehrsplanung
- ▶ Datensparsamkeit: Es werden ausschließlich sicherheits- und verkehrsrelevante Daten gesammelt







## Quellenverzeichnis

- Agora Verkehrswende (2020a): Auto tankt Internet: Auswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens auf den Energieverbrauch von Fahrzeugen, Datenübertragung und Infrastruktur.
- Agora Verkehrswende (2020b): Die Automatisierung des Automobils und ihre Folgen. Chancen und Risiken selbstfahrender Fahrzeuge für nachhaltige Mobilität.
- Anderson, J. M.; Nidhi, K.; Stanley, K. D.; Sorensen, P.; Samaras, C. & Oluwatola, O. A. (2014): Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers [Online], Santa Monica, Rand Corporation, [www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR443-2.html](http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-2.html).
- Bizgan, Lore; Hollings, Polly; Reynolds, Matt (2020): Mobility as a Service – Acceptability Research, Department for Transport.
- Bruns, F.; Straumann, R.; Nobis, C.; Winter, M.; Kolarova, V.; Karl, A.; Burgdorf, C.; Werner, J.; Frölicher, J.; Regling, L. (2023): Abschlussbericht Digitalisierung im Verkehr. Vorschläge für Regelungskonzepte und Rahmenbedingungen zur Realisierung einer nachhaltigen Mobilität, Umweltbundesamt (Hrsg.), 3718 58 1000**
- Chen, T. D.; Kockelman, K. M. (2016): „Management of a Shared Autonomous Electric Vehicle Fleet: Implications of Pricing Schemes“, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2572, No. 1, S. 37–46.
- Fagnant, D. J.; Kockelman, K. (2015): Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 77, S. 167–181.
- Friedrich, M.; Hartl, M. (2016): MEGAFON – Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflotten des öffentlichen Nahverkehrs: Schlussbericht
- Gawron, J. H.; Keoleian, G. A.; Kleine, R. D. de; Wallington, T. J.; Kim, H. C. (2018): Life Cycle Assessment of Connected and Automated Vehicles: Sensing and Computing Subsystem and Vehicle Level Effects, Environmental science & technology, Vol. 52, No. 5, S. 3249–3256.
- Lee, J.; Kockelman, K. M. (2019): Energy implications of self-driving vehicles, 98th Annual Meeting of the Transportation Research Board in Washington, DC. 2019.
- Lichtblau, K.; Kempermann, H.; Bähr, C.; Ewald, J.; Fritsch, M.; Kohlisch, E.; Zink, B.; Albert, F.; Herrmann, F.; Stegmüller, S.; Bickenbach, D.; Lämmer-Gamp, T.; Vogelskamp, S. A. (2021): Zukunft der Automobilwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Status quo, Trends, Szenarien, im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.
- OECD; ITF (2016): Shared Mobility: Innovation for Livable Cities.
- SAE International (2018): Surface vehicle recommended practice – Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. USA; J3016\_201806.
- Thaller, C.; Blechschmidt, J.; Deineko, E.; Fremder, L.; Galich, A.; Hettich, G.; Kirsten, S.; Liedtke, G.; Winkler, C.; Vortisch, P.; Zeidler, V.; Heidt, C.; Helms, H.; Kraeck, J. (2023a): Abschlussbericht Digitalisierung im Verkehr. Potenziale und Risiken für Umwelt und Klima, Umweltbundesamt (Hrsg.), 3716 58 1030**
- Trommer, S.; Kolarova, V.; Fraedrich, E.; Kröger, L.; Kickhöfer, B.; Kuhnimhof, T.; Lenz, B.; Phleps, P. (2016): Autonomous Driving: The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour. ifmo – research institute of BMW.
- VDA (2015): Automatisierung. Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. VDA Magazin. VDA – Verband der Automobilindustrie e. V.
- Zmud, J.; Green, L.; Kuhnimhof, T.; Le Vine, S.; Polak, J.; Phleps, P. (2017): Still going ... and going: the emerging travel patterns of older adults. Ifmo – research institute of BMW.



► **Unsere Broschüren als Download**  
Kurzlink: [bit.ly/2dowYYI](https://bit.ly/2dowYYI)

 [www.facebook.com/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)  
 [www.twitter.com/umweltbundesamt](https://www.twitter.com/umweltbundesamt)  
 [www.youtube.com/user/umweltbundesamt](https://www.youtube.com/user/umweltbundesamt)  
 [www.instagram.com/umweltbundesamt/](https://www.instagram.com/umweltbundesamt/)