

*Studie* | Dezember 2021

# Ein nachhaltiges Mobilitätssystem für alle – 8 Thesen für den Weg in die digitalisierte Verkehrswende

Eine Studie im Auftrag von  
Huawei Technologies Deutschland GmbH



---

*Thorsten Koska*  
*Paul Schneider*  
*Alina Wetzchewald*  
*Dr.-Ing. Stephan Ramesohl*

---

**Herausgeber:**

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH  
Döppersberg 19  
42103 Wuppertal  
www.wupperinst.org

**Autorinnen und Autoren:**

Thorsten Koska  
E-Mail: [thorsten.koska@wupperinst.org](mailto:thorsten.koska@wupperinst.org)

Paul Schneider  
Alina Wetzchewald  
Dr.-Ing. Stephan Ramesohl

Die Autorinnen und Autoren bedanken sich bei René Arnold (Huawei) für wertvolle Hinweise und Kommentare.

Diese Studie ist ein Ergebnis des Projekts „Shaping the Digital Transformation – Digital solution systems for the sustainability transition“ im Auftrag von

Huawei Technologies Deutschland GmbH  
Hansaallee 205  
40549 Düsseldorf

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Bitte den Bericht folgendermaßen zitieren:

*Wuppertal Institut (2021). Ein nachhaltiges Mobilitätssystem für alle – 8 Thesen für den Weg in die digitalisierte Verkehrswende: Studie im Rahmen des Projekts „Shaping the Digital Transformation“.*

Wuppertal, Dezember 2021

Dieses Werk steht unter der Lizenz „Creative Commons Attribution 4.0 International“ (CC BY 4.0).

Der Lizenztext ist abrufbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## Executive Summary

Der Verkehrssektor ist ein Schlüssel für den Erfolg der deutschen Klimaschutzstrategie. Doch in keinem anderen Sektor fallen Wunsch und Wirklichkeit auf dem Weg zur Klimaneutralität so weit auseinander wie hier. Mit 146 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten lag der Verkehrssektor im Jahr 2019 immer noch auf dem Emissionsniveau von 1990. Eine nachhaltige Reduktion der Treibhausgasemissionen braucht einen leistungsfähigen Umweltverbund aus Fuß- und Radverkehr, öffentlichem Nah- und Fernverkehr zusammen mit innovativen Mobility-as-a-Service (MaaS) Angeboten, eine klare Abkehr vom Verbrennungsmotor, sowie einen grundsätzlichen Wandel erlernter Mobilitätsroutinen.

Für alle diese notwendigen Voraussetzungen spielt Digitalisierung eine zentrale Rolle. Digitalisierung wirkt auf den drei Ebenen **Improve - Convert- Transform**, die als integrierter Ansatz den Rahmen unseres Projekts „Shaping the Digital Transformation – Digital solution systems for the sustainability transition“ bilden. Konkrete Ansatzpunkte der Digitalisierung zur Erreichung der Klimaziele im Verkehrssektor sind:

### ■ Improve

**Digitalisierung verbessert die Nutzbarkeit umweltfreundlicher Mobilitätsangebote:** Smartphones und Apps bieten einen ständig verfügbaren Zugang zu Routenplanung und Buchung, der Mobilitätsdienste auch barrierefrei nutzbar macht. Digitale und teilweise mit künstlicher Intelligenz unterstützte Systeme optimieren die Verfügbarkeit und passgenaue Bereitstellung von Angeboten unterschiedlicher Anbieter.

**Mobilitätsdaten ermöglichen die Verkehrsplanung und Verkehrsoptimierung in Echtzeit:** Aktuell setzen Verkehrsplanungen noch viel zu oft auf veralteten Befragungsdaten oder lückenhaften Verkehrsmessungen auf. Die konsequente Nutzung von Big Data und künstlicher Intelligenz zur Verkehrsoptimierung kann insbesondere zusätzliche Emissionen, die bei Staus und der Parkplatzsuche anfallen, vermeiden.

**Virtuelle Mobilität vermeidet Verkehr:** Mobiles Arbeiten und Videokonferenzen statt täglichem Pendeln und langen Dienstreisen vermeiden klimaschädliche Emissionen.

### ■ Convert

**Gemeinsam genutzte Daten und digital vernetzte Systeme ermöglichen den nachhaltigen Umweltverbund aus Fuß- und Radverkehr, öffentlichem Nah- und Fernverkehr sowie MaaS Angeboten:** Lokale und regionale Tarifgrenzen, uneinheitliche Buchungssysteme und fragmentierte Datenstrukturen prägen heutige Mobilitätsdienste. Doch nur die nahtlose Buchung und Nutzung der angebotenen Dienste kann eine echte Alternative zum privaten Pkw darstellen.

**Standards für Datenstrukturen, Datenströme und Datenschnittstellen sind die Grundvoraussetzung für nachhaltige Tür-zu-Tür Mobilität für alle:** Nur durch Standardisierung werden passgenaue Mobilitätslösungen auch in der Fläche möglich.

**Nicht falsch abbiegen:** Alle neuen Lösungen müssen mit Blick auf eventuelle Rebound-Effekte kritisch hinterfragt werden. So sollten sowohl autonome Pkw als auch on-demand Fahrdienste zuvorderst für MaaS-Angebote eingesetzt werden, die substantiell die Belegung des eingesetzten Fahrzeugs erhöhen.

## ■ Transform

**Digitalisierung ermöglicht die Koordination der Verkehrswende:** Die umfassende Transformation hin zum nachhaltigen Umweltverbund muss langfristig geplant und dynamisch angesteuert werden. Das erfordert aktuelle und detaillierte Daten, die Fähigkeit zur Analyse und Modellierung von Entwicklungen, zur Bewertung und Prognose der Effekte von Maßnahmen wie auch zur zeitnahen Steuerung des Wandels in komplexen Mobilitätssystemen im Sinne der Smart City.

**Die digitale Verkehrswende braucht fundamentale Veränderungen in der Finanzierung des Umweltverbunds und eine Absage an die Privilegierung des privaten Pkw:** Letztlich hängt die Nutzung der Potenziale der Digitalisierung für eine nachhaltige Verkehrswende von politischen Rahmenbedingungen ab. Die kleinteilige und komplexe Subventionslogik des öffentlichen Verkehrs muss aufgebrochen, neu gedacht und die Finanzierung nachhaltiger Mobilität gestärkt werden. Neben einem attraktiven Alternativangebot ist weiterhin erforderlich, durch konkrete Maßnahmen die bisherige Privilegierung des privaten Pkw-Verkehrs abzubauen und dadurch Straßenraum und Finanzierung der nachhaltigen Verkehrswende zuzuführen.

Die positiven Effekte der Digitalisierung auf der Ebene „Improve“ werden heute schon in vielen Einzelfällen genutzt. Es bedarf jedoch einer konsequenten Skalierung, um die hier noch schlummernden Potenziale zu erschließen. Die Ebene „Convert“ fasst weitergehende Potenziale zusammen, die durch die Vernetzung, Integration und Standardisierung von Mobilitätsangeboten möglich sind. Hier besteht noch erheblicher Nachholbedarf und nur durch eine konsequente Flankierung und Unterstützung durch die Politik können die systemischen Effekte der Digitalisierung in Form neuer Angebote, Geschäftsmodelle und Standards zur Entfaltung kommen. Entscheidend ist dabei, die finanziellen und regulatorischen Leitplanken für ein Hochfahren des Umweltverbunds in Abstimmung mit einer gleichzeitigen schrittweisen Eingrenzung des Pkw-Verkehrs zu setzen. Um letztlich das Zielbild eines tiefgreifenden Wandels im Sinne der Stufe „Transform“ zu erreichen, ist daher ein fundamentales Umdenken in Politik und Gesellschaft gefordert. Digitalisierung ist auch hier Voraussetzung für die Strategie- und Handlungsfähigkeit der Politik wie auch für die Etablierung einer neuen Mobilitätskultur, die erlernte Routinen und Statussymbole hinterfragt.

Die Entwicklungsperspektiven sind deutlich sichtbar, die Aufgaben für die neue Bundesregierung sind klar beschrieben. Der am 24.11.2021 vorgestellte Koalitionsvertrag der Partner der künftigen Ampel-Koalition stellt sich diesen Herausforderungen und formuliert den Anspruch, " ... die 2020er Jahre zu einem Aufbruch in der Mobilitätspolitik nutzen und eine nachhaltige, effiziente, barrierefreie, intelligente, innovative und für alle bezahlbare Mobilität ermöglichen". Einige Eckpunkte dieser Studie sind dabei konkret benannt wie z.B. zur Bereitstellung von Mobilitätsdaten, die Weiterentwicklung des Datenraums Mobilität oder auch die Förderung von digitalen Mobilitätsdiensten oder intermodalen Verknüpfungen sowie eine langfristige Strategie für autonomes und vernetztes Fahren im öffentlichen Verkehr.

Für den Erfolg einer umfassenden Verkehrswende für eine nachhaltige Mobilität müssen die skizzierten Maßnahmen des Koalitionsvertrags konkret ausgearbeitet, ergänzt und engagiert umgesetzt werden. Der vorliegende Bericht möchte Anstöße für diesen Weg liefern und neue Impulse für eine klimaschonende und nachhaltige Verkehrswende in Deutschland setzen.

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>Executive Summary</b>	<b>3</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>Ausgangslage und Aufgabe</b>	<b>10</b>
<b>Zielbild</b>	<b>12</b>
<b>Improve - Digitale Anwendungen führen zu punktuellen Verbesserungen der Mobilität</b>	<b>14</b>
These 1:    Zugänglichkeit und Qualität bestehender Verkehrssysteme durch die Digitalisierung verbessern	14
These 2:    Verfügbare Mobilitätsdaten für Verkehrsplanung und -steuerung nutzen	16
These 3:    Verkehrsaufkommen durch virtuelle Mobilität reduzieren!	17
<b>Convert - Neue Angebote, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen</b>	<b>19</b>
These 4:    Angebote des Umweltverbunds vernetzen und intermodalen Verkehr erleichtern	19
These 5:    MaaS flächendeckend ausrollen – auf Basis klarer Standards	22
These 6:    Nicht falsch abbiegen - Fehlentwicklungen erkennen und vorbeugen!	24
<b>Transform – Eine umfassende Verkehrswende ermöglichen</b>	<b>25</b>
These 7:    Finanzierung des Umweltverbundes auf neue Füße stellen	27
These 8:    Umweltverbund attraktivieren, Privilegien privater Autos abbauen: ein regulativer Rahmen ist notwendig	28
<b>Fazit</b>	<b>31</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>33</b>

## Abkürzungsverzeichnis

BaSt	Bundesanstalt für Straßenbau
Kfz	Kraftfahrzeug
MaaS	Mobility-as-a-Service
MDM	Mobilitäts Daten Marktplatz
MIV	Motorisierte Individualverkehr
NFC	Near Field Communication
Pkw	Personenkraftwagen
StVO	Straßenverkehrsordnung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr

## Danksagung

Die Autorinnen und Autoren bedanken sich ganz herzlich bei allen Teilnehmenden des Workshops “Digital Transformation für eine Verkehrswende” am 29.09.2021. Deren Impulse und Diskussionen lieferten eine wertvolle Grundlage für diesen Bericht. Teilgenommen haben: Dr. René Arnold (Huawei), Christian Berkes (FH Potsdam), Sandro Berndt-Tolzmann (Bundesanstalt für Straßenbau), Dr. Jutta Deffner (Institut für sozial-ökologische Forschung), Dr. Jürgen Gies (Deutsches Institut für Urbanistik), Markus Jackenkroll (Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg), Alexander Kaas Elias (Verkehrsclub Deutschland), Katharina Klaas (Verkehrsclub Deutschland), Gregor Kolbe (Verbraucherzentrale Bundesverband) Philipp Kosok (Agora Verkehrswende), Benedikt Lahme (door2door), Prof. Dr. Stephan Rammner (Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung), Daniel Rieger (Naturschutzbund Deutschland) und Dr. Christian Schlosser (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Von Seiten des Wuppertal Instituts nahmen Dr.-Ing Stephan Ramesohl, Alyssa Gunnermann und Joscha Wirtz (Forschungsbereich Digitale Transformation) sowie Thorsten Koska und Paul Schneider (Forschungsbereich Mobilität und Verkehrspolitik) teil.

Die Verantwortung für Inhalt und Aussagen des Berichts liegt dabei ausschließlich bei den Autorinnen und Autoren.

## Einleitung

Die Europäische Union hat sich für das Jahr 2050 das ehrgeizige Ziel der Klimaneutralität gesetzt, das Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom April 2021 fordert wirksamere und vor allem zeitnahe Anstrengungen der Politik und die neue Bundesregierung wird diese Aufgabe zu einem Schwerpunkt ihres Handelns machen müssen. Klimaschutz und die Suche nach Wegen in eine klimaneutrale Zukunft werden die zentralen Themen der kommenden Jahre sein.

Dabei besteht hoher Zeitdruck - die Anstrengungen zur Senkung der Treibhausgasemissionen müssen deutlich beschleunigt werden, um das verschärfte Ziel einer Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 in Deutschland zu erreichen. In allen zentralen Handlungsbereichen von Wirtschaft und Gesellschaft - den sogenannten Transformationsarenen - steht damit ein tiefgreifender ökologischer Systemwandel an.

Digitalisierung ist eine Erfolgsvoraussetzung für diesen ökologischen Wandel. Digitale Technologien und Anwendungen ermöglichen, gegenwärtige Verfahren, Prozesse und Strukturen zu verbessern (**Improve**) oder erste Schritte in eine neue Ausrichtung von Geschäftsmodellen oder Rahmenbedingungen zu gehen (**Convert**). Gleichzeitig muss die Digitalisierung aber auch für einen weitergehenden Umbau von Wirtschaft und Wertschöpfung sowie für die ökologische Neuorientierung von Gesellschaft und Lebensstilen wirksam werden (**Transform**) (Abbildung 1). Gerade diese letzte Wirkungsebene wird entscheidend für den Erfolg des ökologischen Wandels sein, sie muss daher stärker in den Fokus der Debatte rücken. Diese drei Wirkungsebenen sind miteinander verknüpft, beeinflussen sich gegenseitig und müssen mit einem ganzheitlichen Ansatz adressiert werden.

Es gilt, die kurzfristig realisierbaren Potenziale der Optimierung heute zu erschließen und gleichzeitig damit zu beginnen, die Voraussetzungen für einen tiefergehenden Wandel von Strukturen und Rahmenbedingungen in Wirtschaft und Gesellschaft zu gestalten.

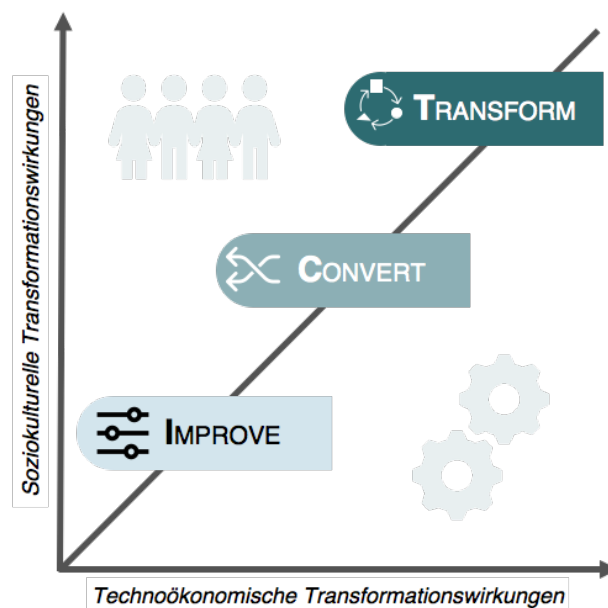


Abbildung 1: Wirkungsebenen der Digitalisierung für die Nachhaltigkeitstransformation (Quelle: Eigene Darstellung)



Hier setzt das Projekt “Digitalisierung gestalten - Transformation zur Nachhaltigkeit ermöglichen” im Auftrag von Huawei Technologies Deutschland an. Innerhalb des Projekts werden die besonderen Transformationspotenziale der Digitalisierung herausgearbeitet und für Deutschland am Beispiel der ausgewählten Handlungsfelder Mobilität, Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) sowie Landwirtschaft und Ernährung diskutiert (Wuppertal Institut, 2021).

Dieser Bericht adressiert das erste Handlungsfeld (Mobilität) und widmet sich damit einer Transformationsarena mit besonderen Herausforderungen. Gerade im Verkehrssektor ist die Lücke zwischen dem auf hohem Niveau stagnierenden Status quo der Treibhausgasemissionen, den absehbaren Trends und den politisch definierten Nachhaltigkeitszielen besonders groß. Im Folgenden werden die Aufgaben für eine klimaschonende Verkehrswende im Personenverkehr skizziert und in das Zielbild einer intelligenten, vernetzten, attraktiven und klimaschonenden Mobilität im Umweltverbund übersetzt.

Dieses Zielbild lässt sich nur mit Hilfe der Digitalisierung realisieren. Digitale Technologien, neue Geschäftsmodelle und soziale Innovationen müssen zusammenwirken - unterstützt durch eine Verkehrspolitik, die Rahmenbedingungen und Anreize für diesen Wandel gestaltet und die Voraussetzungen schafft, dass digitale Lösungen ihre Wirkung entfalten können. Hier besteht Handlungsbedarf.

Der vorliegende Bericht möchte Anstöße für diesen Weg liefern und neue Impulse für eine klimaschonende und nachhaltige Verkehrswende in Deutschland setzen. Er basiert auf den Ergebnissen eines interdisziplinären Workshops unter dem Titel “Digital Transformation für eine Verkehrswende” mit Expertinnen und Experten aus Forschung, Zivilgesellschaft, Behörden und Privatunternehmen (siehe Danksagung). Die Workshop-Diskussion wird dabei um aktuelle Erkenntnisse der Forschung zu den politischen, organisatorischen und technischen Rahmenbedingungen für eine ökologisch wirksame und gleichzeitig sozial ausgewogene Verkehrswende erweitert.

## Ausgangslage und Aufgabe

Der Verkehrssektor ist in Deutschland mittlerweile für etwa 20 % der nationalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Dieser Anteil ist in den vergangenen Jahren gestiegen, da der Verkehrssektor, anders als die anderen Sektoren, seit 1990 keinen Beitrag zum Klimaschutz geleistet hat. Das muss sich ändern: das aktualisierte Klimaschutzgesetz definiert einen klaren Reduktionspfad der sektoralen Treibhausgasemissionen von 164 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Jahr 2019<sup>1</sup> (UBA, 2021) über 85 Mio. t. im Jahr 2030 (BMU, 2021) hin zu einer allgemeinen Treibhausgasneutralität in 2045.

Die Sondereffekte der COVID-19-Pandemie ermöglichten zwar eine temporäre Erfüllung der Sektorziele im Jahr 2020 - der aktuelle, von der Bundesregierung auf Grundlage einer EU-Verordnung in Auftrag gegebene Projektionsbericht zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in den einzelnen Sektoren macht jedoch wenig Hoffnung für die kommenden Jahre: bis zum Jahr 2030 wird auf Grundlage der bis in den Sommer 2021 beschlossenen Maßnahmen lediglich ein Rückgang der Treibhausgasemissionen um 23 Prozent gegenüber 1990 erwartet (Repenning et al., 2021). Somit sind die derzeit geplanten sowie schon umgesetzten Maßnahmen nicht einmal dazu geeignet, die Hälfte des im Klimaschutzgesetz verankerten Ziels von 48% Emissionsreduktion im Verkehrssektor bis 2030 zu erreichen. Gegenüber der Lücke zwischen Ziel und Ambition im Verkehrssektor (52% des Zieles werden laut Prognose erreicht) schneiden Energie (75% Zielerfüllung), Industrie (82%), der Gebäudesektor (84%) und die Landwirtschaft (89%) deutlich besser ab (Eigene Berechnungen auf Grundlage von UBA, 2021 und Repenning et al., 2021).

Kurzum: kein anderer Sektor ist weiter von einer Erreichung seiner Ziele entfernt. Das Zwischenziel, die Emissionen binnen einer Dekade nahezu zu halbieren, zeigt die Größe der Herausforderung - sie kann nur durch eine grundlegende Transformation des Verkehrssystems gemeistert werden.

Im Mittelpunkt steht dabei der Verkehr mit Personenkraftwagen (Pkw), der mit über 60% den größten Anteil der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen in Deutschland verursacht (Sach et al., 2021). Hinzu kommen die hohen Flächen- und Ressourcenverbräuche für Straßen und Fahrzeuge mit weitergehenden Umweltfolgen.

Die Erreichung der Klimaschutzziele wird daher maßgeblich davon abhängen, dass es uns gelingt, auch im Straßenverkehr in den nächsten Jahren die Weichen für deutliche Emissionsminderungen zu stellen. Diese Aufgabe wird immer dringender, denn das Niveau der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist bedenklich stabil: die umfangreichen Verbesserungen der letzten Jahre im Bereich Motoren und Abgasreinigung wurden durch den Trend zu größeren Fahrzeugen und einen Anstieg der Verkehrsleistung überkompensiert. In der Konsequenz lagen die Emissionen des Verkehrssektors im Jahr 2019 mit 146 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten noch exakt auf dem Stand von 1990 (BMU, 2021), während die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Pkw-Verkehrs zwischen 1995 und 2019 sogar um 5,1 % angestiegen sind (UBA, 2021). Dabei trägt der Personenverkehr zu fast zwei Dritteln, der Güterverkehr zu rund einem Drittel zu den Emissionen bei. Das vorliegende Papier fokussiert daher auf die Herausforderungen und Lösungsansätze im Personenverkehr.

-----

<sup>1</sup> Im Jahr 2020 lagen die Emissionen des Verkehrssektors mit 145 Mio. t. unter der Zielvorgabe von 150 Mio. t. (Bundesregierung, 2021). Da die Werte für 2020 jedoch durch die Verkehrseinschränkungen während der COVID-19-Pandemie stark gedämpft wurden, werden hier die Emissionen des Jahres 2019 als Referenzen verwendet.

Das Ziel ist somit eine umfassende Verkehrswende (Hochfeld et al., 2017; Hennicke et al. 2021), die auf drei strategischen Säulen aufbaut:

- Erstens ist eine **Reduzierung von Verkehren** notwendig, dafür müssen Anzahl und Länge von Wegstrecken sinken. Gelingen kann dies durch dichtere Raum- und Siedlungsstrukturen sowie durch virtuelle Mobilität – etwa durch den Ersatz von Berufsverkehren und Dienstreisen durch Homeoffice und digitale Meetings.
- Zweitens bedarf es einer **Verkehrsverlagerung** von klimaschädlichen Verkehrsmitteln auf den Umweltverbund aus Fuß- und Radverkehr, öffentlichem Nah- und Fernverkehr sowie flexiblen Sharing-Lösungen. Hierzu ist eine Attraktivitätssteigerung dieser Verkehrsmittel insbesondere gegenüber dem privat genutzten Auto und die Verbesserung der Nutzungsfreundlichkeit, z.B. durch digitale Services zur einfachen Reiseplanung und -buchung, notwendig.
- Und drittens geht es um eine **Verbesserung der Verkehrsmittel** selbst – neben einer Steigerung der Effizienz ist eine Antriebswende unverzichtbar. Im Pkw-Bereich kann dies vor allem durch eine Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge und deren intelligente Einbindung ins Stromsystem gelingen. Hierfür bilden Smart Grids die Grundvoraussetzung<sup>2</sup>.

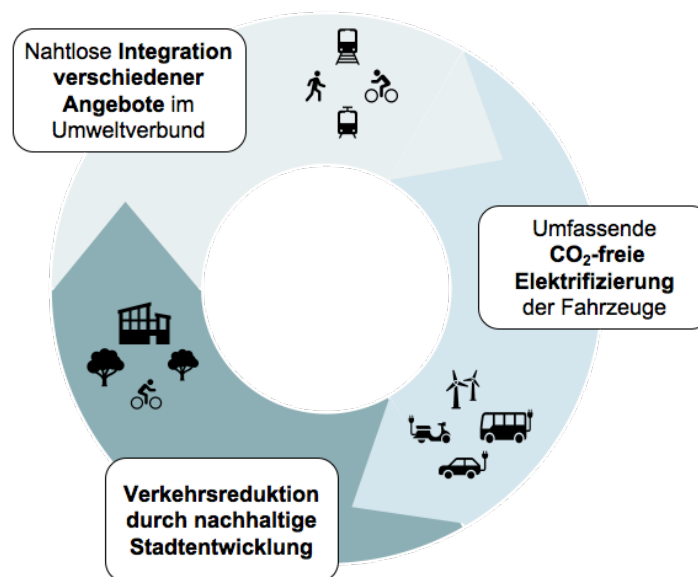


Abbildung 2: Eckpunkte für nachhaltige Mobilität im Personenverkehr (Quelle: Eigene Darstellung)

Eine Verkehrswende, die die gesetzten Klimaziele im Rahmen der kurzen Umsetzungsfristen erreichen will, bedarf einer Kombination aller genannten Strategien mit dem Ziel der grundlegenden Transformation unseres bislang stark automobilzentrierten Mobilitätssystems. Damit ist die Verkehrswende auch eine große wirtschafts- und sozialpolitische Aufgabe, denn mehr als 1 Mio. Arbeitsplätze sind mit der Automobilwirtschaft verknüpft und unter aktuellen Bedingungen sind viele Verkehrsteilnehmende noch auf das Auto angewiesen.

<sup>2</sup> Jedoch wird ein Wechsel zur Elektromobilität das Problem alleine nicht lösen können. Denn der für eine zügige Umstellung der derzeitigen Pkw-Flotte auf Elektrofahrzeuge notwendige Energie-Mehrbedarf von ca. 18,4 % der derzeitigen Nettostromerzeugung würde die Notwendigkeit der Nutzung fossiler Brennstoffe substanziell verlängern und auch die politische Abhängigkeit von Gaslieferungen erhöhen (Schmidt, 2020).

Hierbei ist zu beachten, dass sich die Ausgangslage zwischen ländlichen Räumen und stärker verdichteten Gebieten stark unterscheidet. Während in städtischen Gebieten oft eine gute Anbindung an den öffentlichen Fernverkehr gegeben ist und Sharing- sowie Mobility-as-a-Service-Angebote (MaaS) schon heute durch private Akteure bereitgestellt werden, stecken Alternativen zum (eigenen) Pkw auf dem Land noch in den Kinderschuhen. Besonders dort benachteiligt die derzeitige Abhängigkeit von privaten Pkw wesentliche Teile der Bevölkerung. Ländlich wohnende Menschen ohne eigenes Auto, Kinder und Jugendliche oder visuell eingeschränkte Menschen sind in einem System privater Automobilität in ihrer Bewegungsfreiheit substanziell eingeschränkt. Radfahrer\*innen und zu Fuß Gehende werden im Straßenverkehr gegenüber dem Auto benachteiligt, sie haben weniger Verkehrsraum zur Verfügung und die Rad- und Fußwege sind lückenhaft und oftmals nicht sicher gestaltet. Daher sind sie einem besonderen Unfallrisiko ausgesetzt, was das Radfahren und zu Fuß gehen für viele Menschen zusätzlich unattraktiv macht. Weitere Gesundheitsschäden entstehen durch Feinstaub- und Lärmbelastung, dies betrifft häufig gerade Wohngebiete mit sozial und wirtschaftlich schlechter gestellten Personen (UBA, 2020). Eine nachhaltige Verkehrswende verspricht, auch in diesen Bereichen die Lebensqualität und Mobilitätsangebote für Alle zu verbessern.

## Zielbild

Die Transformationsaufgabe ist damit klar beschrieben: wir brauchen ein **intelligentes Verkehrssystem, das den Menschen klimaschonende Verkehrsangebote zur Verfügung stellt**. Neben der Verkehrsvermeidung und der Antriebswende bedeutet dies vor allem: der Motorisierte Individualverkehr (MIV) mit dem privat genutzten Auto muss so weit wie möglich auf den Umweltverbund von klimaschonenden Mobilitätsangeboten verlagert werden, d.h. auf das Zusammenspiel von Fuß- und Radverkehren mit einem besser ausgebauten, pünktlicheren öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und einer leistungsfähigen Bahn im Fernverkehr.

Diese Verkehrsmittel benötigen eine flexible Ergänzung, als Bindeglied und für Wege auf der „letzten Meile“, wo der Öffentliche Verkehr nicht hinkommt: dies gelingt einerseits durch passgenaue Sharing-Angebote verschiedener Fahrzeuge wie E-Scooter, (Lasten-)Fahrräder oder Autos und andererseits durch flexible On-Demand-Ridepooling Angebote. Beide Verbinden die Vorteile individueller und kollektiver Mobilität – sie bieten den Komfort kurzer Wege bzw., je nach Ausgestaltung, auch eines Tür-zu-Tür Service und senken die negativen Auswirkungen durch einen erhöhten Nutzungsgrad der Fahrzeuge (Bauer et al., 2020; Purr et al., 2019).

Solche digital vernetzte Angebote können verschiedene Funktionen erfüllen, für die heute oft nur das eigene Auto genutzt werden kann: Ridepooling-Dienste ermöglichen Wege in dünn besiedelten Gegenden und am Stadtrand, wo Busse und Bahnen nur sporadisch fahren, ebenso wie in Randzeiten, etwa am späten Abend oder am Wochenende. Mit ihnen kann auch der Transport kleiner Kinder komfortabel organisiert werden. Sharing-Angebote helfen, gelegentliche Wege zuverlässig ohne eigenes Auto zu erledigen: Per Carsharing zum Möbelhaus, zu Verwandten oder ins Naherholungsgebiet, mit dem Leihfahrrad abends aus der Stadt nach Hause oder vom Bahnhof in der fremden Stadt zum dienstlichen Termin und mit dem Sharing-Lastenrad zum Großeinkauf.

Um die Nutzung all dieser Verkehrsmittel und ihrer Kombination attraktiv zu machen, sind nahtlose Wegekettens „aus einem Guss“ notwendig – schließlich ist es ein derzeit stark wahrgenommener Vorteil des privaten Autos, ohne den Blick auf Fahrpläne, kompliziertes Umsteigen und Wartezeiten von A nach B zu kommen. Hierzu können Mobilstationen als Mobilitäts-Hubs mit Umsteigemöglichkeiten zwischen den Verkehrsmitteln sowie integrierte Apps und

Buchungsplattformen dienen, die unkomplizierte Informationen und die Buchung einer Wegekette unabhängig von den jeweiligen Einzelanbietern möglich machen.

Ein digital verdichteter und integrierter „Umweltverbund“ macht es möglich, ohne eigenes Auto in der Stadt, aber auch in ländlichen Regionen unterwegs zu sein, indem ein äquivalentes, dem privaten Pkw gleichwertiges Verkehrssystem geschaffen wird.

Das öffentliche Verkehrssystem, das gerade auf dem Land bislang nur eine Basismobilität im Sinne der elementaren Daseinsvorsorge bietet, wird dadurch zu einer vollwertigen Alternative zum eigenen Auto und kann dadurch Menschen zum Umstieg bewegen. Es geht also nicht nur darum, zum Beispiel morgens und mittags einen Schulbus anzubieten, sondern über den gesamten Tag Mobilitätsangebote mit passgenauen Routen, Fahrplänen und Takten bereitzustellen. Wenn der Grundstein für diese umfassende Alternative gelegt ist, lässt sich auch eine Beendigung der Privilegien für das private Auto überzeugend vermitteln. Erst in dieser Kombination von Attraktivierung des nachhaltigen und De-Attraktivierung des nicht nachhaltigen Verkehrs, von Push und Pull, lässt sich eine Verkehrswende effektiv umsetzen.

Eine Herausforderung besteht darin, das oben skizzierte neue Mobilitätssystem zügig, zuverlässig, koordiniert sowie zu geringen Kosten aufzubauen und dabei die Bedürfnisse der verschiedenen Bevölkerungsgruppen zu berücksichtigen – alt und jung, in Stadt und Land, allein oder mit Kindern, mit hohen oder niedrigen Einkommen.

Hier muss auch die Digitalisierung ansetzen. Konkret muss die Digitalisierung des Verkehrssektors eine neue Qualität umweltfreundlicher Angebote und Lösungen ermöglichen, die einer privaten Pkw-Nutzung entspricht oder diese sogar übersteigt. Das Ziel ist die sogenannte funktionale Äquivalenz und ein vergleichbarer sozialer Status neuer Mobilitätsangebote - nur so lässt sich die erforderliche Verbreitung und Skalierung dieser Angebote erreichen. Neben neuartigen On-Demand- und Sharing-Angeboten ist hierfür entscheidend, dass die verschiedenen Angebote von öffentlichen wie privaten Mobilitätsdienstleistern übergreifend kombiniert werden können und anwendungsfreundlich gestaltet sind.

Im Sinne des integrierten Ansatzes **Improve – Convert – Transform** skizzieren die nachfolgenden Kapitel die Möglichkeiten und Hindernisse für die Nutzung der Digitalisierung für eine umfassende Verkehrswende.

## Improve - Digitale Anwendungen führen zu punktuellen Verbesserungen der Mobilität

Die heutige Verbreitung von Smartphones sowie des mobilen Internets ermöglichen punktuelle Verbesserungen in vielen mobilitätsrelevanten Prozessen. Diese Optimierungen legen den Grundstein, auf dem neue Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen sowie ein umfassender gesellschaftlicher Wandel aufbauen können. Die nachfolgenden drei Thesen machen deutlich, wie stark die Möglichkeiten der Digitalisierung den Mobilitätsbereich schon heute verändert haben. Gleichzeitig zeigen die Thesen noch unerschlossene Verbesserungsoptionen, die als sogenannte "Low-Hanging-Fruits" kurzfristig erreichbar sind.

Hierbei wird der Blick zunächst auf die Optimierung bestehender Mobilitätssysteme gerichtet. Anschließend werden Planungsprozesse in den Blick genommen, da sie die Angebotsseite des Mobilitätssystems grundlegend strukturieren. Zuletzt wird darauf eingegangen, wie die Notwendigkeit von Fahrten - also die Nachfrageseite - sowie die Nutzbarkeit der Reisezeit durch digitale Entwicklungen verändert werden.

### These 1: Zugänglichkeit und Qualität bestehender Verkehrssysteme durch die Digitalisierung verbessern

Öffentlich zugängliche Mobilitätsdienstleistungen profitieren schon heute substantziell von der Verbreitung von Smartphones, mobilem Internet, öffentlichem WLAN und leicht zu bedienenden Apps. Im Vergleich zu früheren Zeiten, in denen Reisen hauptsächlich anhand analoger Fahrpläne sowie den Besuch in Reisebüros geplant bzw. gebucht wurden, ermöglichen mobiles Internet und digitale Bedienoberflächen heute unvergleichlich bessere Informations- und Buchungsmöglichkeiten. Reisen können spontaner geplant, gebucht oder auch vorausschauend umgeplant werden. Hierbei wurden z. B. in den letzten Jahren immer mehr Tickets mit dem Handy gebucht (vgl. Abbildung 3). Dies senkt die Zugangshürden für die Nutzung des klassischen ÖPNV und ermöglicht einen einfacheren Umgang mit Änderungen im geplanten Reiseverlauf, etwa aufgrund von Verspätungen oder Ausfällen.

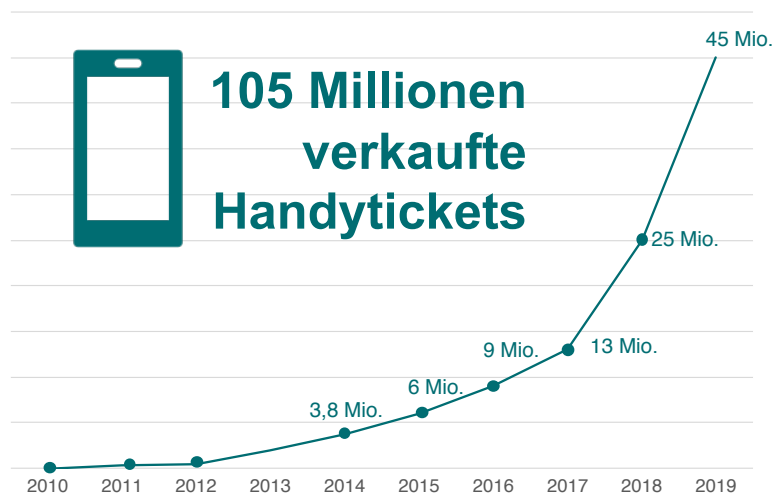


Abbildung 3: Entwicklung des Verkaufs von Handytickets bei der Deutschen Bahn. (Quelle: Deutsche Bahn, 2019)

Zudem ermöglichen die bei vielen Mobilitätsanbietern parallel eingeführten Informationssysteme mit Datenaustausch auf Basis von API-Schnittstellen und Open Data auch intermodale Reiseketten, da eine Informationsbeschaffung für die unterschiedlichen Strecken als Ganzes, ortsunabhängig und in Echtzeit möglich ist. Die Umsetzung dieser Fortentwicklung gelingt manchen Mobilitätsdienstleistern besser als anderen. Einfach zu erreichende Verbesserungen sind diesbezüglich insbesondere mit Blick auf die Informationsangebote der lokalen Verkehrsverbände denkbar, da diese aufgrund der jeweils exklusiven Bedienung abgegrenzter Raumeinheiten nicht in Konkurrenz stehen und meist in kommunalem Besitz befinden.

Auch Buchungs- und Zugangssysteme sind teilweise schon digitalisiert. Im klassischen Car-sharing beispielsweise sind heute, anstelle aufwendiger analoger Technik inklusive Schlüssel und Tresor, digitale Zugänge üblich. Fahrradverleihsysteme sowie E-Scooter-Sharing konnten erst auf Basis von Zugängen mit dem Smartphone in anwendungsfreundlicher Form etabliert werden. Weiteres Entwicklungspotenzial für niedrigschwellige Lösungen liegt beispielsweise in QR-Codes oder NFC-Zugängen.

Über das bereits erreichte Niveau hinaus sind jedoch bereits heute viele Verbesserungen möglich, um die Zugänglichkeit und Qualität dieser Verkehrssysteme zu verbessern. Auf Basis individueller Nutzungsprofile kann zum Beispiel der Nutzungskomfort digitalisierter Routing-Apps und Fahrplanauskünfte weiter gesteigert werden. Individuelle, tageszeitabhängige Geschwindigkeiten beim Gehen oder Radfahren sowie routinemäßige Stopps an gewissen Orten können beispielsweise genutzt werden, um Wegekettensysteme weiter zu optimieren und einen noch komfortableren Service zu ermöglichen.

Daten können also helfen, Angebote zu verbessern. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass derzeit noch nicht alle potenziellen Nutzer\*innen von diesen Angeboten und Daten erfasst werden. Derzeit werden beispielsweise MaaS-Angebote insbesondere von jüngeren, männlichen Personen genutzt, die sich in urbanen Räumen bewegen (Rambol Mobility, 2021). Mit Blick auf Gender liegt dies nicht primär an einer abweichenden Nutzung moderner Technik, sondern vor allem an abweichenden Nutzungsprofilen (z. B. Kindertransport) und der unterschiedlichen Wahrnehmung sozialer wie physischer Risiken (ebd.). Da die Affinität zur Nutzung neuer, z. T. als kompliziert empfundener Technik jedoch alters- und milieuspezifisch unterschiedlich stark ausgeprägt ist, sind weitere Vereinfachungen des Zugangs und der Nutzung sinnvoll, um Barrieren abzubauen und breitere gesellschaftliche Gruppen zu erreichen. Für die Entwicklung neuer Produkte und Infrastrukturen muss die bestehende Datenbasis daher kritisch hinterfragt und gezielt mit Informationen zu den bisher nicht ausreichend repräsentierten gesellschaftlichen Gruppen angereichert werden.

Die Aufgabe ist, Anreize für die Entwicklung von inklusiven MaaS-Angeboten für breite Bevölkerungsschichten zu schaffen. Daher sollten Sharing- bzw. MaaS-Angeboten beispielsweise in das Angebotsspektrum von Sozialtickets integriert werden. Auch ist eine breite Integration von Zahlungsmöglichkeiten sinnvoll, um die Nutzung digitaler Mobilitätsangebote auch für Menschen ohne Kreditkarte oder PayPal-Konto zu ermöglichen.

Zugänglichkeit muss also breit gedacht werden. Derzeit sind viele physische und digitale Systeme auch für Menschen mit Einschränkungen noch nicht barrierefrei zugänglich. Die Digitalisierung kann hier zu Fortschritten beitragen, indem sie eingeschränkte Personen einerseits über die Barrierefreiheit physischer Systeme informiert (z. B. über die Existenz und Funktionsfähigkeit von Aufzügen). Dazu kann die Nutzung von Bilderkennung, Sprachassistenten, Leichter Sprache und Text-to-Speech-Systemen die Zugänglichkeit dieser Informationen deutlich erhöhen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt zur Verbesserung der Zugänglichkeit des Umweltverbundes liegt in einer Minimierung des notwendigen kognitiven Aufwandes. Die Nutzung öffentlicher Mobilität sollte intuitiv und niedrigschwellig sein. Hierfür ist u.a. die Fehlertoleranz digitaler

Systeme zentral. Die Suche nach Reisezielen kann beispielsweise durch die Integration von Orten öffentlichen Interesses in Zieldatenbanken vereinfacht werden, Fehlerkorrekturen und die Suche nahegelegener oder zuvor gewählter Ziele sollten integriert werden. Leichtere Nutzbarkeit führt gleichzeitig zu selbstverstärkenden Effekten: Je öfter Systeme genutzt werden, je einfacher und standardisierter die verwendeten Tools, wie z.B. QR-Codes, desto vertrauter die Abläufe, desto geringer die Hürden und desto wahrscheinlicher zukünftige Nutzungen.

Auch mit Blick auf den Fuß- und Radverkehr ermöglicht die Digitalisierung Verbesserungen. Die Einführung digitaler Meldestellen für Verkehrsbehinderungen durch falsch parkende Autos kann beispielsweise ein Schritt zur Erhöhung der Sicherheit im Fuß- und Radverkehr darstellen. Dieser Weg wird schon heute von einigen Kommunen beschritten. Auch mangelhafte Straßenbeläge oder Verunreinigungen von Haltestellen und Fahrzeugen des ÖPNV können durch digitale Meldesysteme schneller erfasst und beseitigt werden. Wichtig sind hierbei digital unterstützte Automatisierungen der Abläufe, damit eine zeitnahe Bearbeitung der Anfragen ohne Überlastung der Verwaltung sichergestellt werden kann.

Eine wesentliche Voraussetzung für den Umstieg vom Pkw in öffentliche Verkehrsmittel ist die Leistungsfähigkeit dieser Angebote, insbesondere des Schienenpersonenverkehrs. Hier kann die Nutzung digitalisierter Leitsysteme, wie ETCS 3.0 im Schienenverkehr, eine weitaus bessere Auslastung der bestehenden Infrastruktur ermöglichen. Durch die digitale Steuerung und Kommunikation von Schienenfahrzeugen und -infrastrukturen können Züge in dichtem Abstand verkehren und schneller Ausweichkapazitäten zugewiesen bekommen. Dies verspricht eine deutliche Steigerung der Kapazitäten von Schienennetzen. Damit können Verspätungen reduziert und so die Reisequalität des öffentlichen Personenverkehrs verbessert werden. Zugleich werden relativ kurzfristig zusätzliche Kapazitäten für eine Angebotsverdichtung frei, mit der eine steigende Nachfrage bedient werden kann. In diesem Kontext sind insbesondere Projekte interessant, die ohne oder mit geringen infrastrukturellen Nachrüstungen auskommen. So kann der langwierige, teure und problematische Neubau zusätzlicher Schieneninfrastruktur auf das wirklich notwendige Maß begrenzt werden. Diese Verbesserungen sind keine Utopie, sondern bereits Realität - allerdings nicht überall, sondern erst in einzelnen erfolgreichen Anwendungsfällen und Pilotprojekten. Daher sollte die Diffusion erfolgreicher digitaler Lösungen gefördert und wenn notwendig durch Standards festgeschrieben werden. So können einfach erreichbare Verbesserungen von Zugänglichkeit und Qualität bestehender Verkehrssysteme durch die Digitalisierung bestmöglich ausgeschöpft werden.

## **These 2: Verfügbare Mobilitätsdaten für Verkehrsplanung und -steuerung nutzen**

Digitale Endgeräte sowie die zunehmende Sensorik in Fahrzeugen liefern große Mengen qualitativ hochwertiger und räumlich präziser Mobilitätsdaten. Die Navigationsangebote großer Digitalkonzerne bieten heute schon den Zugang sowohl zu Echtzeitdaten als auch zu Prognosen kommender Verkehrslagen. Für die Verkehrsplanung werden solche Daten jedoch vielfach noch nicht genutzt. Oft basiert die Planung neuer Verkehrswege oder umfassender Mobilitätskonzepte noch auf Verkehrszählungen, die anhand einzelner Zählstationen oder auf Grundlage teils Jahre alter Befragungen generiert werden.

Digitalisierung ermöglicht eine neue Qualität der Verkehrsdaten hinsichtlich Aktualität, Prognose, Granularität, Vernetzung und Analyse - diese Potenziale müssen von der Verkehrsplanung viel konsequenter mitgedacht und genutzt werden. So werden beispielsweise auch kleinräumige und situationsbezogene Auswertungen möglich, anhand derer deutlich kleinräumigere Planungsgrundlagen geschaffen werden können (z. B. mit Blick auf den Modal Split). Das ermöglicht sowohl eine bedarfsgerechtere Planung als auch eine präzisere Evaluation



durchgeführter Veränderungen. Zudem erlaubt die Nutzung von Echtzeitdaten eine dynamische Anpassung an Nachfrageverschiebungen (etwa durch Großveranstaltungen oder Wetterlagen). Auch eine weitere Optimierung des Verkehrsflusses, beispielsweise durch eine dynamische und auf den Umweltverbund ausgerichtete Taktung von Ampelschaltungen, ist in diesem Kontext denkbar.

Die Vorteile sind leicht ersichtlich, doch die Umsetzung solcher Lösungen hängt an unterschiedlichen Hemmnissen. Vielfach mangelt es den Kommunen an Personalkapazitäten und Kompetenzen sowohl für eine eigenständige Datenauswertung als auch für die qualifizierte Nutzung von entsprechenden zentralen Dienstleistungen. Zudem ist der Preis, den Anbieter solcher Daten wie Digitalkonzerne, Mobilfunkprovider oder App-Anbieter verlangen, für finanziell schwache Kommunen eine Hürde. Letzlich ist die Aufbereitung dieser Daten oft aufwändig und es ist Vorsicht geboten bezüglich der Datenqualität, deren Aussagekraft und datenschutzrechtlichen Aspekten (EBP 2017: III). Open-Source-Daten, die mittels öffentlich betriebener Mobilitätsapps generiert oder durch entsprechende Datenregulierung von allen Betreibern verfügbar gemacht werden, könnten hier eine Lösung sein.

Die Optimierung von Verkehrsflüssen ist ein weiterer relevanter Einsatzbereich von Echtzeitdaten in der Verkehrsorganisation. Durch die laufende Auswertung von Verkehrsströmen und durch die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur können Verkehrsleitsysteme dazu beitragen, die vorhandenen Ressourcen optimal auszulasten und Staus zu reduzieren. Hierzu werden u. a. dynamisch angepasste Ampelschaltungen, die situative Zuweisung von Fahrspuren für verschiedene Fahrtrichtungen, Umleitungsempfehlungen und temporäre Straßensperrungen beitragen, die teilweise bereits heute eingesetzt werden. Darüber hinaus kann eine zukünftig denkbare Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation Verkehrsflüsse glätten und kurzzeitig dichteren Verkehr ohne Stau ermöglichen. Parksuchverkehre können durch digitale Parkraummanagementsysteme reduziert werden, wenn verfügbare Parkplätze per App oder Navi angesteuert werden.

Allerdings sind diese Optimierungsmaßnahmen ein zweischneidiges Schwert – indem sie kurzfristig die Kapazität von Verkehrsinfrastrukturen steigern und damit den Raumwiderstand senken, induzieren sie mittel- und langfristig zusätzlichen Verkehr. Damit kann die Verkehrsflussoptimierung einen klassischen Reboundeffekt auslösen, der ähnlich dem Ausbau von Straßen wirkt und die Attraktivität der Automobilität weiter steigert, bis die Straßen schließlich erneut unter einer Überlastung leiden – nur auf höherem Niveau, mit mehr Autoverkehr. Produktiv im Sinne einer Verkehrswende kann die Optimierung von Verkehrsflüssen daher vor allem dann angewandt werden, wenn sie mit einer Umverteilung des Straßenraums zulasten des Autoverkehrs einhergeht – weniger Fahrstreifen und weniger Parkplätze können dann durch eine solche Optimierung auch ohne einen Verkehrskollaps eingerichtet werden, um mehr Raum für Rad- und Fußverkehr zu gewinnen (vgl. These 8).

### **These 3: Verkehrsaufkommen durch virtuelle Mobilität reduzieren!**

In Adaption eines Bonmots der Energiepolitik lässt sich konstatieren: “Die beste Mobilität ist die, die keinen Verkehr verursacht”. Im Fokus der letzten These zu Verbesserungen in der Mobilität durch die Digitalisierung stehen daher Schritte, die das Verkehrsaufkommen reduzieren. Im Sinne der Trias Vermeiden - Verlagern - Verbessern (Hennicke et al., 2021: 233) sollte diese Möglichkeit stets mitgedacht werden.

Sowohl unsere Bedürfnisse nach Mobilität als auch die Art ihrer Befriedigung sind stark von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig. Während das Pendeln in der Vergangenheit beispielsweise fest zum Ablauf eines “normalen” Arbeitstages gehörte, zeigt die COVID-19-Pandemie, dass bezüglich der Zahl regelmäßiger Pendelfahrten für viele Erwerbstätige

ein großer Spielraum besteht. Zwar ermöglichen digitale Technologien schon seit längerem eine zunehmende räumliche und somit auch zeitliche Flexibilisierung der Arbeit. Doch während digitalisierungsaffine Gruppen und Unternehmen diese Chancen schon seit geraumer Zeit nutzen, führte erst die COVID-19-Pandemie zu einer weitgehenden Verbreitung der für das mobile Arbeiten notwendigen Fähigkeiten, Technologien und vor allem auch organisatorischen Voraussetzungen wie Betriebsvereinbarungen, Arbeitszeitregelungen usw. Der Nutzen dieser Veränderungen für die Verkehrswende ist vielfältig. Zunächst kann ein substanzieller Teil der Arbeitswege eingespart werden (Lambrecht et al., 2021). Zudem kann ein bewusster Einsatz von Telearbeit in den Morgen- oder Nachmittagsstunden durch eine Verminderung und zeitliche Verlagerung von Pendlerströmen dazu beitragen, die Rush-Hour zu entzerren. Neben einer Senkung staubedingter Emissionen könnte dies auch bei der Abmilderung von Kapazitätsengpässen im ÖPNV helfen, die im Falle einer breit angelegten Verlagerung vom MIV zum Umweltverbund absehbar sind. Zudem kann die zeitliche Flexibilisierung des Weges zur Arbeit auch das Pendeln per Rad unterstützen, wenn Radfahrer\*innen Regenphasen mit Hilfe von Regenradar und Telearbeit gezielt umgehen und auf den Wechsel zum Auto verzichten können. Diesbezügliche Ansätze können im Rahmen des betrieblichen wie kommunalen Mobilitätsmanagements vorangetrieben werden. In der betrieblichen Mobilität kann zudem ein Teil der vormals als notwendig erachteten Dienstreisen durch virtuelle Meetings und Onlinekonferenzen ersetzt werden – damit können nicht nur die vielfach langen Wege in der Dienstreisemobilität, sondern auch die dafür benötigte Arbeitszeit eingespart werden.

Doch das Potenzial der Digitalisierung zur Verkehrsvermeidung reicht weit über Arbeitswege hinaus. Digitale Technologien ermöglichen eine ortsunabhängige Besorgung von Alltagserledigungen, etwa das Downloaden digitaler Rezepte statt des Ganges zum Arzt oder das Erledigen von Behördengängen über das Internet. Da diese Dienstleistungen häufig den Transfer intimer Daten sowie eine Identifikation berechtigter Personen voraussetzen, ist hierfür ein hohes Datenschutzniveau und sichere Authentifizierungsmechanismen gepaart mit einem niedrigschwelligem technischen Zugang wichtig. Egal ob Hausarzt, Amt oder Arbeitgeber - Anbieter- und Anwender\*innen entsprechender digitaler Technologien können die resultierende Verkehrsreduktionen aktiv ermitteln und z. B. im Rahmen eines betrieblichen Nachhaltigkeitsmanagements oder ihres Marketings nutzen.

Zudem sollte verstärkt in den Blick genommen werden, dass sich die Nutzungsmöglichkeiten für die Zeit während der Fahrt im Zuge der Digitalisierung substanziell verändert haben. Abgesehen von klassischen "Nebentätigkeiten" während des Unterwegsseins wie dem Entspannen oder Musikhören sind heute auch Arbeiten, Surfen oder Telefonieren üblich. Wenn sowohl die digitale Ausstattung (schnelles und sicheres Internet), wie auch die Inneneinrichtung (Strom, Ablagemöglichkeiten, Schalldämmung) und Atmosphäre (Ruhe, Privatsphäre) gegeben sind, kann die räumliche und zeitliche Beschränkung der Arbeitsmöglichkeiten in öffentlichen Verkehrsmitteln abgeschwächt werden. Dies kann ein Vorteil für die Verkehrswende sein - etwa wenn Arbeitnehmer\*innen und Arbeitgeber\*innen dadurch die längere Anfahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln gegenüber privaten Pkw oder Flugreisen akzeptieren.

Gleiches gilt allerdings auch für autonome Fahrzeuge, die nicht mehr aktiv gesteuert werden müssen - in diesem Falle einer breiten Nutzung derart ausgestatteter, autonomer Fahrzeuge im privaten Bereich sind auch substanzielle Reboundeffekte wahrscheinlich. Denn einerseits könnten die eben beschriebenen Vorteile zu einer Präferenzierung des digitalisierten Individualverkehrs gegenüber dem klassischen ÖPNV führen, andererseits werden weitere Einsatzzwecke für Privatautos denkbar, etwa wenn autonome Fahrzeuge bei knappen Parkplätzen stundenlang in der Nähe ihrer Besitzer\*innen um den Block fahren, um jederzeit verfügbar zu sein. Bei einer möglichen künftigen Zulassung autonomer Fahrzeuge sind diese Reboundeffekte zu bedenken – und ein Vorrang für den Einsatz autonomer Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr und im Ridepooling zu erwägen, um die Ziele der Verkehrswende erreichen zu können (vgl. These 6).

## Convert - Neue Angebote, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen

Für eine umfassende Verkehrswende reichen punktuelle Verbesserungen des Verkehrs und der Mobilität durch digitale Anwendungen nicht aus. Vielmehr gilt es mit Hilfe digitaler Lösungen neue Mobilitätsangebote, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen zu entwickeln, die dem bestehenden Mobilitätssystem zu einer neuen Qualität verhelfen und so eine attraktive Alternative zum motorisierten Individualverkehr schaffen.

Das übergeordnete Ziel ist dabei, die Potenziale digitaler Anwendungen dazu zu nutzen, um eine funktionale Äquivalenz zwischen dem Umweltverbund und dem motorisierten Individualverkehr herzustellen. Wenn die Kombination aus Fußwegen und eigenem Fahrrad, Öffentlichen Verkehrsmitteln, Sharing- und On-Demand-Mobilitätsangeboten dafür sorgt, dass die Wege nicht lang dauern, sichere Anschlüsse ohne lange Suche funktionieren und ein Weg von A nach B damit insgesamt einfach und komfortabel für alle wird, kann der Umweltverbund eine gleichwertige Alternative zum Auto werden.

Im Sinne des Strategieelements Convert werden die vorher diskutierten Optimierungspotenziale um Ansätze ergänzt, die Voraussetzungen für integrierte Gesamtlösungen im Umweltverbund schaffen. Die Digitalisierung macht es einfacher, bestehende Verkehrsmittel nahtlos miteinander zu verknüpfen, sodass intermodale Reiseketten realisierbar werden, die es zuvor nicht gab bzw. die im Vergleich zum Automobil zu unattraktiv waren. Zugleich ermöglicht sie neue Mobilitätsangebote, wie free-floating-Sharingsysteme und On-Demand-Verkehre, die einen wichtigen Baustein für einen solchen komfortablen Umweltverbund bilden.

Die Voraussetzung für derartige integrierte digital-unterstützte Mobilitätslösungen ist die Nutzung von Daten. Während es für die Mobilitäts- und Verkehrsplanung nicht zwingend notwendig ist, sensible personenbezogene Daten zu verarbeiten, profitieren individuell zugeschnittene Angebote und Lösungen von genau diesen Informationen, z.B. zu Tagesroutinen, Schrittgeschwindigkeiten, bevorzugten Wegen, etc. Die Entwicklung neuer Mobilitätskonzepte muss daher das Innovationspotenzial datenbasierter Services ausschöpfen und gleichzeitig im Sinne des Datenschutzes die Kosten und den Nutzen der Verwendung personenbezogener Daten abwägen und eine verantwortungsvolle Nutzung sicherstellen. Hier können neuere technische Entwicklungen von algorithmischen Verfahren der Anonymisierung oder auch von dezentralen Lösungen der künstlichen Intelligenz zur Vereinbarkeit von Datenschutz und Servicequalität beitragen. Bei Konzepten des sogenannten federated learnings wird die Datenanalyse auf den Endgeräten der Nutzer\*innen durchgeführt. Die Vorteile von KI-basierten Services können also genutzt werden ohne dass sensible Daten übertragen werden müssen.

Nachfolgend werden drei zentrale Lösungsansätze dargestellt, die die einzelnen Bausteine zu einem qualitativ neuen und ökologisch nachhaltigerem Gesamtsystem integrieren.

### **These 4: Angebote des Umweltverbunds vernetzen und intermodalen Verkehr erleichtern**

Obwohl viele digitale Innovationen darauf abzielen, Menschen die Befriedigung ihrer Bedürfnisse komfortabler und einfacher zu ermöglichen, ist die Umstellung der eigenen Mobilitätsroutine auf neue Mobilitätsangebote mit kognitivem Aufwand verbunden. Die ungewohnte Informationssuche, Planung und Auseinandersetzung mit unbekanntem Angeboten, Tools und Verfahren ist anstrengend. Dies kann zu einem zentralen Hemmnis werden. Während die Nutzung eines Privatautos durch zunehmende Technologisierung wie bspw. Navigationssysteme

oder Einparkassistenten immer einfacher wird, ist der Organisationsaufwand im Bereich von MaaS-Systemen aufgrund mangelnder Integration der Systeme noch recht hoch. Die Nutzung unterschiedlicher Apps für die Buchung verschiedener Abschnitte einer intermodalen Wegekette, das Finden verfügbarer Angebote, Preisvergleiche auf verschiedenen Websites oder die Tarifsuche im Öffentlichen Verkehr sind im Alltag zeitaufwendig und lästig. Nutzende wollen flexibel und spontan unterwegs sein, ohne zuvor Plattformen zu vergleichen und verschiedene Verkehrsmittel selbstständig verknüpfen zu müssen.

Um die Einzellösungen zu einem intuitiv nutzbaren Gesamtsystem zu integrieren, sind für einen einfachen Zugang zur Mobilität folgende Verknüpfungen fundamental:

- **Bündelung von Daten und Datenzugriff:** Einheitliche Standards für die Dateneinspeisung und der Zugriff auf kollektive Buchungssysteme sowie auf Echtzeitinformationen bezüglich aller Mobilitätsangebote senken die Kosten und ermöglichen auch kleineren Anbieter\*innen konkurrenzfähige Angebote. Hier spielt die Politik schon derzeit eine unterstützende Rolle. Nach EU-Recht (Delegierte Verordnung 2017/1926 müssen die Mobilitätsanbieter statische und, je nach nationaler Ausgestaltung, auch dynamische Reise- und Verkehrsdaten bereitstellen. In Deutschland ist die Lieferung dynamischer Daten laut Personenbeförderungsgesetz verpflichtend, allerdings hat das BMVI die diesbezüglichen Rechtsverordnungen noch nicht erlassen, sodass derzeit noch kein umfassender Datensatz besteht. Mit der im September 2021 beschlossenen Mobilitätsdatenverordnung (BMVI, 2021) werden Daten zu Fahrplänen, Routen und Ticketpreisen deutschlandweit künftig auf einer Plattform, dem Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM), verfügbar gemacht. Einer niedrighschwelligigen Bereitstellung der Mobilitätsdaten stehen derzeit besonders drei Aspekte entgegen. So können Datenanbieter laut der Delegierte Verordnung 2017/1926 eine nicht weiter spezifizierte, "angemessene" Gebühr für die Nutzung ihrer Daten durch Dritte verlangen. Zudem wird das Ausbleiben von Datenlieferungen nicht sanktioniert und Daten können im Deutschen Mobilitäts Daten Marktplatz als „nicht öffentlich recherchierbar“ eingestellt werden. Für unambitionierte Mobilitätsdienstleister und Akteure mit Interesse an proprietären Plattformen sind daher noch einige Schlupflöcher offen. Die beschlossenen Regelungen sollten weiterentwickelt werden, um eine bessere Datennutzung zu ermöglichen – etwa durch Rechte zur Datenanalyse und -aggregation, zu verpflichtenden Qualitätsstandards der gelieferten Daten, etwa mit Blick auf Aktualität und verzögerungsfreier Bereitstellung, um auf diese Weise ein level playing field aller Mobilitätsanbieter zu erreichen.
- **Integrierte Informations- und Buchungsportale:** Möchte eine Kund\*in einen Weg von A nach B planen, sollten die Informationen aller für diesen Weg relevanten und verfügbaren Verkehrsmittel in einer Informationsplattform angeboten werden. Sind mehrere Informationsdienste für die Routenplanung notwendig, bedeutet dies einen zusätzlichen Aufwand, was die Attraktivität des Systems reduziert. Durch die oben aufgeführte Bündelung von Daten wird es möglich, integrierte Mobilitätsauskünfte für ÖV und MaaS-Angebote zu schaffen. Eine wirkliche Komfortsteigerung entsteht jedoch erst dann, wenn auch die einfache Möglichkeit der Buchung verschiedener Angebote über ein gemeinsames Buchungsportal besteht. Müssen für einen Weg unterschiedliche Portale verwendet werden, wird auch hierdurch die Attraktivität des Systems reduziert. Über die Datenbereitstellung hinaus ist daher eine Pflicht zur Integration in eine gemeinsame Buchungsplattform sinnvoll, bei der die Interessen der unterschiedlichen Mobilitätsanbieter an einer direkten Kundenbindung mit dem öffentlichen Interesse eines einfach nutzbaren integrierten Buchungssystems abgewogen werden müssen. Idealerweise entstehen auf dieser gemeinsamen Basis geteilter Daten und digitaler Lösungen wie Buchungs- und Zahlungsdienste bundesweit nutzbare Plattformen, die alle vorhandenen Mobilitätsangebote bündeln, verkehrsmittelübergreifende Buchungsprozesse ermöglichen, datensicher, barrierefrei und intuitiv bedienbar sind. Über die

offensichtlichen Vorteile hinsichtlich der Nutzung können solche Plattformen auch neuen Schub in den Wettbewerb bringen, da die öffentliche Bereitstellung zentraler Bausteine auch kleinen Unternehmen die Chance bietet sich am Markt mit ihren Lösungen zu platzieren.

- **Einheitliche Ticket- und Tarifsysteme:** Mit vernetzten Buchungssystemen geht die Vereinheitlichung von Ticket- und Tarifsystemen einher. Nutzende möchten sich nicht mit Tarifstrukturen auseinandersetzen und Zeit investieren, sondern mit einem Klick eine Buchung mit dem entsprechenden Ticket durchführen - egal welches Verkehrsmittel genutzt wird und wohin die Reise geht. Dabei gilt es sowohl die unterschiedlichen Mobilitätsdienste in ein Tarifsystem zu integrieren, als auch die unterschiedlichen Tarifsysteme über die Stadt-, Regions- und Landesgrenze hinweg zu verknüpfen. Neben einer integrierten Buchbarkeit, die für alle Nutzenden relevant ist, bestehen jedoch in verschiedenen Gruppen unterschiedliche Bedarfe: einige Nutzende präferieren Pay-per-use Systeme, da sie ihnen die Nutzung eines Angebotes ohne laufende Kosten ermöglichen. Andere Personen präferieren Zeitkarten oder Abo-Modelle, die einer spontanen und regelmäßigen Nutzung entgegenkommen. In diesem Kontext könnte die Einführung neuer "Mobilitätspakete" geprüft werden, die z. B. monatlich verfügbare Kilometer für verschiedene Sharing-Angebote ebenso wie für On-Demand basierten ÖPNV beinhalten.
- **Digitale und physische Verknüpfung der Mobilitätsangebote:** Zeit ist ein wesentlicher Faktor in der Mobilität, der häufig ein zentrales Entscheidungskriterium für oder gegen Verkehrsmittel ist. Um eine attraktive Alternative zum privaten Pkw zu bieten, sind Reisezeiten im Umweltverbund so kurz wie möglich zu gestalten. Das bedeutet auch, dass Umstiege schnell und unkompliziert erfolgen. Zum einen müssen - wie zuvor bereits erläutert - die unterschiedlichen Mobilitätsangebote digital verknüpft werden, sodass Reiseinformationen verkehrsmittelübergreifend abgerufen werden können. Die Umstiege sollten konkretisiert werden, indem notwendige Informationen bereitgestellt werden, etwa Gleis- und Haltestellenangaben, Kartenansichten und Routenvorschläge oder Augmented Reality-Wegweisungen in mobilen Apps. Zum anderen ist auch eine physische Verknüpfung der Mobilitätsangebote wichtig. Beispielsweise können Mobilstationen an wiedererkennbaren Orten verschiedene Verkehrsangebote gezielt mit Dienstleistungen des täglichen Bedarfs bündeln. So können hier ebenfalls Smartlocker oder Paketstationen bereitgestellt werden. So wird der Umstieg auf den Umweltverbund attraktiver.

Die Digitalisierung ermöglicht damit nicht nur die Weiterentwicklung von Mobilitätsangeboten selbst, sondern bietet auch Technologien, um die Verknüpfung und Integration von Mobilitätsangeboten voranzutreiben. Es gilt, diese Potenziale zu nutzen, die Vorteile von punktuellen Verbesserungen auf eine neue Ebene zu heben und im Sinne einer Verkehrswende durch eine Integration und Vernetzung von Mobilitätsangeboten ein attraktives Alternativangebot zum privaten Pkw zu schaffen.

Das Fehlen von Erfahrungswissen, das im Fall des Automobilverkehrs und der Nutzung des klassischen Umweltverbundes breit verankert ist, führt zu einer geringen Toleranz der Nutzenden gegenüber Systemfehlern und zum schnellen Abbruch des Versuches ein alternatives Angebot zu nutzen. Intuitive Bedienoberflächen sowie einfache Registrierungs-, Informations- und Buchungsprozesse sind daher ein zentraler Baustein, den die Digitalisierung im Prozess der Erweiterung und Vereinfachung des Umweltverbundes beitragen kann. Bei der Unterstützung des Übergangs von alten in neue Mobilitätsroutinen spielt das Erlernen neuer Praktiken eine große Rolle. "Ausprobierprogramme" können helfen, interessierten Personen ein Gefühl für das Angebot zu ermöglichen und aus Routinen auszubrechen. Neue Angebote können beispielsweise durch Anreize wie Freifahrten, Mitnahmemöglichkeiten am Wochenende für Abonnenten o. Ä. gefördert werden.

## These 5: MaaS flächendeckend ausrollen – auf Basis klarer Standards

Das Angebot an öffentlichem Verkehr und Sharing-Mobilität unterscheidet sich heute massiv zwischen Stadt und Land. In den meisten großen Städten ist bereits ein attraktives öffentliches Mobilitätsangebot vorhanden. Die primäre Funktion von Mobility-as-a-Service-Angeboten (MaaS) liegt hier in der Ergänzung des konventionellen ÖPNV, z. B. in Gebieten mit geringer ÖPNV Abdeckung, in nachfrageschwachen Zeiten oder zur Anbindung an die nächste Haltestelle (erste und letzte Meile). So können MaaS-Angebote den ÖPNV in der Stadt dort unterstützen, wo er heute noch Schwächen aufweist. In vielen Städten ist bereits heute eine ausreichende Nachfrage eine kommerziell tragfähige Nutzung von MaaS- und Sharing-Angeboten zu erwarten. Damit werden sie zu lukrativen Experimentierräumen für MaaS-Angebote, die von unterschiedlichen Anbietern entwickelt, erprobt und optimiert werden. Allerdings besteht gerade hier die Gefahr der Kannibalisierung des Umweltverbundes durch neue Mobilitätsangebote. Das geschieht, wenn nicht vorrangig die Autofahrenden zur Zielgruppe der neuen Mobilitätsangebote werden, sondern ÖPNV-Nutzer oder Fahrradfahrende. In Städten gilt es somit MaaS-Angebote als Ergänzung zum bestehenden Mobilitätsangebot zu etablieren und nahtlos zu integrieren, sodass eine funktionale Äquivalenz zum privaten Pkw überall erreicht ist.

In ländlichen Gebieten sind die Ausgangsbedingungen hingegen meist weniger günstig. Schon die grundlegende Daseinsvorsorge mit elementaren Verkehrsverbindungen ist ein zentrales Problem für die öffentlichen Verkehrsbetriebe und den konventionellen ÖPNV. Hinzu kommt, dass in ländlichen Gebieten häufig eine kritische Masse an Nutzenden fehlt, sodass es sich für private Mobilitätsanbieter nicht lohnt, ihre Dienste auch im ländlichen Raum anzubieten. Im ländlichen Raum ist demnach die Gewährleistung der Daseinsvorsorge durch die Implementierung und öffentliche Förderung von grundlegenden MaaS-Angeboten das vorrangige Ziel, bevor eine substantielle Verkehrswende möglich wird. Gleiches gilt oft im suburbanen Raum oder in kleinen und mittelgroßen Städten.

Eine Verkehrswende ist nicht nur punktuell in Vorreiterstädten oder Städten mit guten Ausgangsbedingungen umzusetzen, sondern flächendeckend als Gesamtsystem. Die Verkehrswende erfordert somit die Skalierung und Verbreitung von innovativen Lösungen - und Skalierung erfordert die Standardisierung und Kompatibilität von Lösungen.

Üblicherweise entwickeln sich Innovationen in kleinen Marktnischen, werden erprobt, weiterentwickelt, optimiert und haben dann, im Idealfall, die Möglichkeit sich am Markt zu etablieren. Fortschritt ist auf Innovationen angewiesen, sodass Experimenten und dem Ausprobieren, dem Erfolg und dem Scheitern von Projekten eine zentrale Bedeutung zukommt. Die Durchführung unterschiedlicher Pilotprojekte und dadurch entstehende Einzellösungen ist somit gewollt und ein wichtiger Entwicklungsschritt.

Ab einem gewissen Entwicklungspunkt ist es jedoch notwendig die Einzellösungen in ein Gesamtsystem zu überführen und ein flächendeckendes Upscaling zu initiieren. Für dieses Upscaling ist eine Kompatibilität der Einzellösungen essenziell – im Idealfall unterstützen und verstärken sich kompatible Einzellösungen von Beginn an und führen zur Integration immer weiterer Systemteile. Dieses Upscaling ist jedoch darauf angewiesen, dass die Einzellösungen kompatibel sind und sich zu einem Gesamtsystem integrieren lassen - und sich idealerweise gegenseitig verstärken. Derzeit bremsen inkompatible Einzellösungen jedoch eine flächendeckende Dynamik der Verkehrswende aus und erzeugen Barrieren, da die einzelnen Systeme an ihren Systemgrenzen enden. Herausforderungen für die Integration sind das starke Konkurrenzdenken von privaten Mobilitätsdienstleistungen, aber auch Hemmnisse in etablierten Tarif- und Abrechnungsstrukturen. Daher kann nicht allein auf die Kooperation der Mobilitätsanbieter und Verkehrsunternehmen gesetzt werden. Vielmehr sind zentrale Steuerung und Standardisierung durch die Politik unter Einbeziehung relevanter Akteure notwendig.

Der Standardisierungsbedarf wird an folgenden drei Beispielen deutlich:

- **Hausanschluss Mobilität bzw. Mobilitätsgarantie:** Um eine funktionale Äquivalenz des Umweltverbundes zum privaten Automobil herzustellen und eine substantielle Verkehrswende zu erwirken, sind aktuelle Bedienstandards im Hinblick auf Mindestangebote und die Bedienfrequenz (den Takt) nicht ausreichend. Notwendig ist daher die Definition von Angebotsstandards, die differenziert nach räumlicher Situation ein hohes Versorgungsniveau für Mobilitätsangebote des Umweltverbunds schaffen. Diese sollten für den öffentlichen Verkehr, für Mobility-as-a-Service-Angebote sowie für ausgewählte Sharing-Angebote (etwa Car- und Bikesharing) festgelegt werden, idealerweise bundesweit. Das Angebotsniveau ist so auszurichten, dass es eine wirkliche Alternative zum privaten Pkw darstellt – sowohl in der Stadt als auch auf dem Land. Wenn Angebote aufgrund von Störungen oder Verspätungen nicht genutzt werden können, werden den Nutzenden ohne Mehrkosten adäquate Alternativen bereitgestellt. Damit ist es möglich, den Bürger\*innen ein Verkehrssystem zu bieten, das als „Hausanschluss Mobilität“ (Schwedes & Daubnitz, 2011) oder als „Mobilitätsgarantie“ (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2021) bezeichnet werden kann.
- **Standardisierung von Schnittstellen:** Für einen flächendeckenden Einsatz von MaaS Angeboten gibt es keine One-Size-Fits-All-Lösung. Für unterschiedliche Kontexte und lokalen Herausforderungen sind unterschiedliche Lösungen notwendig. Allerdings müssen diese nicht separat neu erfunden werden. Vielmehr könnten in einer Art Baukastensystem Musterlösungen für verschiedene Raumstrukturen und für besondere Herausforderungen bereitgestellt werden. Diese haben standardisierte und interoperable Schnittstellen, wodurch die Implementierung und Vernetzung erleichtert werden. Das führt auch zu einer einfacheren Nutzung und einer größeren Akzeptanz der Angebote.
- **Standardisierung von Koordinierungsstellen:** Für einen gelingenden Datenaustausch sind klare Prozesse und Zuständigkeiten notwendig. So kann das Vertrauen der öffentlichen und privaten Akteure gestärkt und deren Kooperationsbereitschaft erhöht werden. Diese Aufgabe könnte durch eine oder mehrere Koordinierungsstellen übernommen werden, die bestehende Daten bündeln und weitere Akteure vom Potenzial der Datenbereitstellung begeistern. Die BaSt könnte eine solche Funktion übernehmen.

Aktuell ist eine Vielfalt an individualisierten Lösungen und Entwicklungsstadien zu beobachten. Die anstehende Umsetzung von neuen, digitalen Mobilitätslösungen und Verkehrssystemen bietet ein Möglichkeitsfenster, um diese Einzellösungen zu vernetzen und so ein Gesamtsystem zu etablieren. Dazu ist der Austausch von Entscheidungsebenen und Fachplanungen in Politik und Verwaltung zu intensivieren. Handlungsstrategien sind somit sowohl vertikal in den Kommunen, als auch horizontal mit höheren Ebenen in Einklang umzusetzen. Es gibt bereits Ansätze, z. B. im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND des Bundesverkehrsministeriums, die Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich von digital datenbasierten Anwendungen für die Mobilität 4.0 zu bündeln. Für ein ganzheitliches Systemdesign und eine erfolgreiche Vernetzung von Bausteinen ist eine weiterführende Bestandsaufnahme aller Aktivitäten und ihrer Schnittstellen erforderlich. Basierend auf einer umfassenden Bestandsaufnahme könnten dann zentral die Einzelaktivitäten in ein ganzheitliches System integriert werden.

Durch die Ermöglichung bundesweit interoperabler und für Nutzende, Anbietende und Aufgabenträger einfache gestalteter Prozesse sowie Interfaces und Datenschnittstellen kann die Zugänglichkeit und Skalierbarkeit digitaler Angebote für die Verkehrswende stark gesteigert werden. Aufgrund der geringen Grenzkosten der Skalierung digitaler Systeme kann hier eine große Stärke der Digitalisierung zum Tragen kommen.

## These 6: Nicht falsch abbiegen - Fehlentwicklungen erkennen und vorbeugen!

Die Digitalisierung bietet große Chancen für eine Verkehrswende. Gleichzeitig können innovative Lösungen auch dazu führen, dass das private Auto begünstigt wird oder dass im Zuge von Rebound-Effekten mehr Verkehr entsteht. Derartige Fehlentwicklungen gilt es frühzeitig zu erkennen und vorzubeugen, um das Ziel einer Verkehrswende nicht zu gefährden. Mögliche Fehlentwicklungen werden nachfolgend durch drei Beispiele verdeutlicht:

- **Autonomes Fahren - Chance für die Verkehrswende nur als öffentliches Verkehrsmittel.** Das autonome Fahren wird stetig weiterentwickelt, erprobt und als Verkehr der Zukunft kommuniziert. Es bietet zahlreiche Vorteile für den Nutzenden, in dem die Zeit im Fahrzeug zur freien Verfügung steht, der Verkehrsfluss optimiert werden kann und dadurch Fahrzeiten reduziert werden oder auch Parkvorgänge verlagert werden können. Diese Vorteile steigern die Attraktivität des MIV und machen es zu einer deutlich komfortableren Lösung als beispielsweise den ÖPNV. Führt autonomes Fahren allerdings dazu, dass die Menschen in Zukunft alleine in den autonomen Fahrzeugen pendeln und ggf. durch den erhöhten Komfort weitere Strecken auf sich nehmen, so führt dies möglicherweise zu mehr Verkehr durch zusätzliche Fahrten und längere Fahrtstrecken (Agora Verkehrswende 2020). So wird das Autofahren zum Beispiel attraktiver, wenn autonome Fahrzeuge allein nach einem Parkplatz suchen – während der Fahrer bereits sein Ziel erreicht hat. Eine solche Entwicklung ist mit den Zielen einer notwendigen Verkehrswende nicht zu vereinen. Das heißt nicht, dass autonomes Fahren grundsätzlich schädlich ist. Es bietet enorme Chancen für eine Verkehrswende, indem autonome Fahrzeuge als öffentliche Verkehrsmittel fungieren, die Fahrten intelligent bündeln und durch einen hohen Besetzungsgrad die pro-Kopf Emissionen senken und den Straßenraum entlasten. Durch den Wegfall von Fahrpersonal können im Vergleich zu herkömmlichen Mobilitätsdiensten Kosten reduziert werden, was den Betrieb wirtschaftlich attraktiv macht und es der öffentlichen Hand ermöglicht, mit dem gleichen Mitteleinsatz ein deutlich höheres Angebotsniveau zu erreichen. Das Beispiel autonomes Fahren macht deutlich, dass sowohl Chancen als auch Risiken geboten werden. Beides muss erkannt werden und die neue Technologie frühzeitig so eingesetzt werden, dass sie zu einer Verkehrswende beiträgt.
- **On-Demand Verkehr nur in geteilter Nutzung:** Ähnlich wie beim autonomen Fahren ist auch bei der Nutzung von On-Demand Verkehr ein hoher Besetzungsgrad anzustreben. Praxisbeispiele zeigen bereits, wie sog. Ridehailing, also ein Bedarfsverkehr mit privaten Fahrzeugen, der einzelne Passagiere befördert zu einer deutlichen Zunahme der innerstädtischen Verkehre führen kann (Baltic et al., 2019). Zum einen besteht das Risiko, dass der öffentliche Verkehr kannibalisiert wird, d.h. Nutzende von öffentlichen Verkehrsmitteln auf Ridehailing verlagert werden. Zum anderen generiert das Ridehailing, durch Anfahrt und ggf. Rückkehr zu einem Abstellplatz, oft einen erheblichen Teil an Leerfahrten (Schaller, 2021). Das hat zur Folge, dass der motorisierte Verkehr zunimmt. Die Chance von On-Demand Diensten für die Verkehrswende liegt daher in zwei Bereichen: Zum einen in der geteilten Nutzung von On-Demand Diensten, etwa in Form von kleinen Minibussen oder London-Cabs, die entlang einer Route mehrere Fahrten kombinieren. Zum anderen sind On-Demand Dienste in das bestehende Mobilitätsangebot zu integrieren und als Ergänzung vor allem in nachfrageschwachen Räumen oder in Schwachlastzeiten zu sehen.



## Transform – Eine umfassende Verkehrswende ermöglichen

Die Thesen zu den Wirkungsebenen **Improve** und **Convert** haben gezeigt, wie das bestehende Verkehrssystem optimiert werden kann und wie neue Mobilitätsangebote, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen zu einem schrittweisen Wandel der Mobilität führen können. Damit dieser Wandel zielgerichtet verläuft und durch ihn eine treibhausgasneutrale Mobilität für Alle (vgl. Hennicke et al., 2021) erreicht werden kann, müssen digitalisierungsbaasierte Verbesserungen sowie veränderte Rahmenbedingungen und Geschäftsmodelle zu einem umfassenden Wandel der Alltagsmobilität führen - sowohl in der Stadt, als auch auf dem Land.

Durch neue Mobility-as-a-Service-Angebote und die Vernetzung dieser Angebote untereinander sowie mit anderen Bausteinen des Umweltverbundes entsteht ein Mobilitätssystem, in dem nahezu nahtlose Wegekettensysteme auch ohne eigenes Auto möglich und für die Nutzer\*innen attraktiv werden. Ein Upscaling dieser Systeme zusammen mit dem öffentlichen Verkehr hin zu einem dichtgetakteten und engmaschigen Angebot sowie ein Ausrollen in die Fläche auch jenseits der großen Städte macht diese Angebote für nahezu alle Menschen verfügbar. Wenn der Auf- und Ausbau dieses neuen Mobilitätssystems durch den Abbau von Privilegien für klimaschädliche Mobilitätsformen wie dem individuell genutzten Pkw flankiert wird, können auf diese Weise heutige, autozentrierte Mobilitätsmuster transformiert werden – zusammen mit einem neuen Mobilitätssystem entstehen so eine neue Mobilitätskultur und neue Mobilitätsroutinen. Auch dann wird es noch individuell genutzte Autos geben – für manche Wegekettensysteme sind diese immer noch im Vorteil, und auch das individuelle Bedürfnis, seinen Status mit einem eigenen Fahrzeug auszudrücken, ist nicht ganz verschwunden. Aber die Anzahl privat genutzter Pkw kann deutlich zurückgehen.

Der folgende Ausblick verdeutlicht, wie diese Mobilität im Jahr 2035 aussehen könnte.

Elma, 65, lebt in einem Vorort von München. Um neue Blumenerde bei einem Baumarkt zu besorgen nutzt sie ihren Mobilitätstoken (gespeichert in einer App auf dem Handy oder als Transponder) zunächst zur Entriegelung eines Pedelecs, das sie sich an einer von fünf Verleihstationen im Ort besorgen kann. Nach erfolgreichem Einkauf ruft Elma über ihre Lieblingsapp entweder ein On-Demand-Fahrzeug mit entsprechender Transportkapazität oder tauscht, je nach Umfang ihres Einkaufes, ihr E-Bike gegen ein E-Lastenrad. Dafür braucht sie nicht lange suchen – verschiedene Sharing-Verkehrsmittel stehen an wichtigen Verkehrszielen und an jeder Straßenecke in großer Zahl zur Verfügung. Später macht sie sich auf den Weg, Freunde zu besuchen. Ein Ridepooling-Dienst, den sie mit einer App bucht, ist innerhalb von 10 Minuten bei ihr an der Straßenecke und bringt sie zur wenige Kilometer entfernten S-Bahn-Station, an der dank des neu ausgebauten Angebots viertelstündlich eine Bahn fährt. Sie braucht keinen Fahrschein zu kaufen – das Ein- und Aussteigen aus der Bahn erkennt ihr Mobilitätstoken und rechnet diese automatisch ab – je nachdem, welches Mobilitätspaket Elma im Voraus gebucht hat. Die Kosten sind dabei gering – die hohe Nutzungsdichte der Angebote und die öffentlichen Zuschüsse für nachhaltige Mobilitätsangebote ermöglichen erschwingliche Angebote.

Egal ob Lastenrad, Rufbus oder Zug, Elma entriegelt und bezahlt alle Verkehrssysteme mit einem gemeinsamen Zugangssystem, dem physischen oder digitalen Mobilitätstoken. Bei dessen Ausstellung konnte Elma entscheiden,

ob sie ihre personenbezogenen Daten nur bei ihrem Mobilitätsdienstleister hinterlegt (zur Gewährleistung von Schadensersatzansprüchen und zur Strafverfolgung) oder ob bzw. welche ihrer personenbezogenen Daten und Mobilitätsroutinen sie mit einem bzw. allen Mobilitätsanbieter\*innen teilt - im Gegenzug kann sie einen Rabatt auf den Ticketpreis erhalten. Ebenso kann Elma über die Nutzung ihrer Daten zur Personalisierung ihrer Reisevorschläge entscheiden. Da sie nicht aus einer nahezu unübersehbaren Zahl von Optionen wählen will, ergibt es für sie Sinn, ihre Mobilitätsapp zu individualisieren und einzustellen welche Verkehrsmittel sie gerne nutzt, wie viel Zeit sie für den Wechsel von Verkehrsmitteln mindestens benötigt usw.

Ihr Sohn Hamsa hingegen geht einen Schritt weiter. Er entscheidet sich dafür sein bisheriges Mobilitätsverhalten automatisiert analysieren zu lassen. Daher weiß der Algorithmus genau, wie lange Hamsa zur nächsten Bahnstation braucht und auch, dass er gerne mal einen Sprint einlegt um die Bahn noch zu erwischen.

Hamsa und Elma sind schnell und bequem, zukunftsgerichtet und nachhaltig unterwegs. Warum Onkel Joseph noch ein Auto besitzt verstehen sie nicht. Und auch Joseph kommt langsam ins Grübeln: Als er neulich bei einem Date im Café von seinem Auto erzählte, schlug ihm statt eines breiten Lächelns die blanke Verwunderung entgegen. Schnell versicherte sich sein Gegenüber, dass sie den angedachten Kurzurlaub nach Usedom trotz Josephs Faszination für den Pkw per Zug antreten – schließlich wollen sie den Urlaub doch schon am Morgen entspannt mit Piccolo vor dem Panoramafenster beginnen, statt stundenlang auf die Fahrbahn achten zu müssen.

Eine App und ein Token kann dafür ausreichen, alle Mobilitätsdienstleistungen zu nutzen. Ob in der Stadt oder auf dem Land - dank On-Demand-Fahrzeugen und Sharingangeboten sind Mobilitätshubs und Bahnlinien in greifbare Nähe gerückt. Diese neuen Qualitäten des Umweltverbundes macht den Abschied vom privaten Pkw leicht und ermöglichen ungewohnte Mobilität für Personen die zuvor durch Automobilabhängigkeit von individueller Entfaltung und gesellschaftlicher Teilhabe ausgegrenzt waren. Der Wettbewerb zwischen verschiedenen Mobilitätsanbietern findet im Rahmen des „level playing field“ der offenen Schnittstellen von integrierten Mobilitätsplattformen statt. So werden zwar nicht alle Angebote auf jeder Plattform verfügbar, es wird jedoch möglich, dass MaaS-Anbieter\*innen den Nutzenden eine Übersicht über alle Angebote liefern.

Um diese Vision eines nachhaltigen digitalen Mobilitätssystems zu verwirklichen sind Rahmenbedingungen notwendig, die den Horizont einzelner Teilsysteme des Verkehrs überschreiten und das Verkehrssystem als Ganzes betreffen. Und auch über das Verkehrssystem hinaus sind strukturelle Veränderungen nötig, etwa in Stadtplanung und Raumordnung oder der Kompetenz- und Finanzverteilung zwischen den politischen Ebenen von Kommunen, Ländern, Bund bis zur EU. Diese Rahmenbedingungen werden in den abschließenden drei Thesen skizziert – mit Blick auf die Finanzierung des Umweltverbundes, die regulativen Rahmenbedingungen und den Wandel der Mobilitätskultur.

Die vorangehenden Thesen zeigen deutlich, dass die notwendigen Veränderungen eine tiefgreifende Transformation des Status quo erfordern. Für diesen umfassenden Prozess sind sowohl unmittelbar mit der Digitalisierung zusammenhängende Neuerungen (vgl. Thesen 1-6) als auch Veränderungen des regulatorischen Rahmens (vgl. Thesen 7 und 8) notwendig. Auch wenn diese regulatorischen Veränderungen primär Gegenstand des gesellschaftlichen Aushandlungsprozesses sind, so basieren diese Strategien doch immer auf Annahmen und Abschätzungen über die Auswirkungen der zu treffenden Entscheidungen. Die Verkehrswende ist wie die Aufgaben in anderen Transformationsarenen ein komplexer Transformationsprozess, der über einen längeren Zeitraum getrieben, gesteuert und immer wieder auch nachjustiert werden muss. Das erfordert eine neue Qualität politischen Handelns, die durch Digitalisierung ermöglicht und gestärkt wird. Folgende Aspekte sind von besonderer Bedeutung:

Die Gewinnung, Vernetzung und Analyse großer Datensätze ermöglicht den Einbezug von empirischer Evidenz in politischen und planerischen Entscheidungen sowie deren kontinuierliches, zeitnahes Monitoring (z. B. zu den Auswirkungen einer City-Maut oder Veränderungen der Nutzung des Schienensystems). Zweitens ermöglichen Simulationen, z. B. im Rahmen des Agent-based-modelling, die realitätsnahe Überprüfung der Auswirkung potenzieller Maßnahmen (z. B. beim Ausbau von Infrastrukturen.). So kann die Szenario- und Prognosefähigkeit der Politikberatung gesteigert und Maßnahmen vorausschauender geplant werden. Schließlich ermöglichen Echtzeitdaten den zeitnahen Eingriff in Verkehrsprozesse im Sinne einer Smart City. So können unerwünschte Zustände und Entwicklungen schon in ihrer Entstehung entdeckt und adressiert bzw. schnell behoben werden.

Digitale Lösungen ermöglichen also ein besseres Verständnis des Wandels von komplexen Mobilitätssystemen und stärken damit die Strategie- und Handlungsfähigkeit der Politik und öffentlichen Akteuren. Das ist eine Erfolgsvoraussetzung im Zusammenspiel mit der Neuausrichtung der regulatorischen wie finanziellen Rahmenbedingungen, die im Folgenden adressiert werden.

## **These 7: Finanzierung des Umweltverbundes auf neue Füße stellen**

Eine Verkehrswende, die über punktuelle Verbesserungen hinausgeht und die eine funktionale Äquivalenz des Umweltverbundes gegenüber dem Auto schafft, erfordert hohe Investitionen – insbesondere in Regionen mit mäßigen oder schlechten Ausgangsbedingungen, aber auch in den Städten. Investitionen sind notwendig, um das bestehende System des öffentlichen Verkehrs zu erweitern, Schienen- und Straßenbahnnetze auszubauen, Busse, Bahnen, Shuttles und Sharing-Fahrzeuge anzuschaffen, Haltestelle und Bahnhöfe zu erweitern und attraktiver zu gestalten, Mobilstationen zum Umstieg zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln zu errichten und nicht zuletzt auch um digitale Infrastrukturen aufzubauen: Mobilfunknetze, kommunizierende Verkehrsinfrastrukturen, Datenplattformen. Zugleich sind nicht unerhebliche Betriebskosten notwendig, um hochwertige, dicht getaktete öffentliche Verkehre anzubieten, Sharing-Dienste und On-Demand-Verkehre zu betreiben. Das betrifft insbesondere die Übergangsphase, in der die Nutzungsintensität erwartbar noch gering ist. Erst diese Investitionen und Aufwendungen für den Betrieb schaffen ein öffentliches Verkehrssystem, das eine attraktive Alternative zum privaten Pkw bietet und dessen Subventionsbedarf durch zunehmende Nutzung sinkt.

Mit Blick auf die Finanzierung neuer Angebote muss zwischen der teils rentablen Bedienung städtischer Räume und der weitaus größeren Zahl an Konstellationen unterschieden werden, die nicht wirtschaftlich darstellbar sind – insbesondere in nachfrageschwachen Räumen. Aus rein privatwirtschaftlicher Perspektive kann das notwendige Mobilitätsangebot für die

Verkehrswende daher nicht aufgebaut werden. Es bedarf vielmehr einer öffentlichen Finanzierung – je nach Rentabilität und räumlichem Kontext in unterschiedlichem Ausmaß.

Derzeit wird der öffentliche Verkehr in Deutschland im Rahmen eines komplexen Zuwendungssystems durch Bund, Länder und Kommunen finanziert. Hinter diesen Zuwendungen steht zumeist die Sicherstellung der Daseinsvorsorge im Bereich Mobilität, welche im Aufgabenbereich der Kommunen liegt. Der Bereich der Mobilität ist jedoch nicht überall als Pflichtaufgabe der Daseinsvorsorge verankert. Zudem erfordert die Etablierung einer funktionalen Äquivalenz von ÖV zum MIV in der Fläche erhebliche Ausgabensteigerungen, da sich die zu schaffenden Dienstleistungen in den meisten Fällen nicht kostendeckend umsetzen lassen. Daher sollten einerseits konkrete, über die Daseinsvorsorge hinausgehende Versorgungsziele und -mittel definiert und gesetzlich verankert werden. Hierzu gehört insbesondere die Integration von Bestellverkehren und Sharing-Angeboten.

Andererseits sollte die öffentliche Finanzierung durch eine grundlegende Reform neu geordnet werden. Erst zusätzliche Bundeszuschüsse nicht nur für Investitionen, sondern auch für den Betrieb ermöglichen es Ländern und Kommunen, flächendeckende Angebote zu schaffen, die die angestrebte Angebotsqualität gewährleisten. Neben diesen ergänzenden Bundeszuschüssen und den weiterhin bestehenden Finanzierungsquellen bietet eine Verkehrserzeugungsabgabe eine sinnvolle Ergänzung, die nicht nur ergänzende Mittel verfügbar macht, sondern eine Lenkungswirkung in Richtung Verkehrsvermeidung und Verlagerung hat: So zahlen etwa Arbeitgeber, deren Mitarbeiter lange Strecken mit dem Auto fahren müssen mehr als jene, die durch ihre Standortwahl kurze Wege möglich machen und über Mobilitätsmanagement die Beschäftigten von der Nutzung Rad und ÖPNV überzeugt haben.

Im Zuge der Finanzierungsreform sollten auch die im Sinne der Verkehrswende einzuführenden neuen Pflichtaufgaben verbindlich vorgeschrieben werden.

Hierbei ist zu beachten, dass MaaS-Systeme aus betriebswirtschaftlicher Perspektive durch die Interaktion mehrerer, teils bisher konkurrierender, Akteur\*innen gekennzeichnet sind – Kommunen als Auftraggeber oder Besteller, Verkehrsunternehmen des ÖPNV, Betreiber von MaaS-Diensten, Daten- und Serviceanbieter und einige mehr. MaaS-Angebote sind folglich „Multi-Stakeholder-Unternehmungen“, deren neue und teils herausfordernde Geschäftsmodelle es erforderlich machen, Finanzierungswege neu zu denken. Abgesehen von rein öffentlich betriebenen und finanzierten Modellen sind auch Kooperationen zwischen privaten und öffentlichen Anbietern sowie teilweise auch rein privat-wirtschaftlich betriebene Modelle denkbar.

## **These 8: Umweltverbund attraktivieren, Privilegien privater Autos abbauen: ein regulativer Rahmen ist notwendig**

Das aktuelle, auf den MIV zentrierte Verkehrssystem hat sich pfadabhängig entwickelt: Neue Straßen, Parkplätze und Vergünstigungen für das Auto haben dessen Nutzung begünstigt, entsprechende Mobilitätsroutinen geprägt und Entscheidungen beeinflusst – nicht nur in der Wahl des Verkehrsmittels, sondern auch bei der Wahl des Wohnortes, des Arbeitsplatzes, der Schule oder Hochschule. Diese Mobilitätsroutinen und -entscheidungen ändern sich erst, wenn veränderte Rahmenbedingungen die Grundlagen des etablierten Mobilitätsverhaltens substanziell erschüttern (Rid et al., 2018: 25).

Solch disruptive Momente werden über eine reine Angebotsorientierung nicht erreicht. Selbst die ambitionierte Zielsetzung einer funktionalen Äquivalenz zwischen MIV und ÖPNV kann – ohne begleitende Push- und Pull-Maßnahmen – nicht für eine breite Transformation des Mobilitätssystems im Sinne der Verkehrswende sorgen. Der Autoverkehr genießt eine Reihe von

Privilegien. Er verfügt über den größten Teil des auf ihn zugeschnittenen Straßenraums, Parkplätze für Anwohner\*innen sind – ganz oder nahezu – kostenfrei, der Löwenanteil der Verkehrsinvestitionen gilt dem Straßenverkehr und etliche Subventionen – von der Pendlerpauschale über das Dienstwagenprivileg bis zur Dieselsubvention – kommen dem Autoverkehr zugute. Flankierend zum Ausbau des Umweltverbunds braucht es daher eine Veränderung des ordnungsrechtlichen Rahmens, der preislichen Anreize durch Steuern und Gebühren für den MIV und der Raum-, Stadt- und Verkehrsplanung. Zudem muss auch die symbolisch-emotionale Ebene adressiert werden.

Relevante Grundlagen für das Handeln vor Ort werden dabei auf Bundes- oder Landesebene gelegt. Zur Neuordnung des Straßenraumes ist es notwendig, verbindliche Qualitätsstandards für Rad- und Fußwege festzulegen, die Planung von Radwegen zu vereinfachen und Einschränkungen für den Kfz-Verkehr zu erleichtern. Durch Änderungen in der StVO können Parkplätze im Straßenraum einfacher zu Abstellanlagen für das Rad, zu Grünflächen und Ruhezeiten oder zu Mobilstationen umgewandelt werden. Eine Regelgeschwindigkeit von 30 km/h in Städten steigert die relative Attraktivität des Radverkehrs und entspannt den Verkehrsfluss. Auch für MaaS-Angebote sind bundesweite Regeln relevant – etwa durch eine Verpflichtung von Mobilitätsdienstleistern zur Ermöglichung anbieterübergreifender Ticketbuchungen und zum Einhalten von Angebotsstandards. Zudem sollten Kommunen einen geeigneten Rahmen zur Preisgestaltung für den Autoverkehr erhalten, etwa zur Erhöhung von Parkgebühren und zur Einführung einer City-Maut. In einem anschließenden Schritt könnten erfolgreiche Ansätze für alle Kommunen verpflichtend beschlossen werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich Ansätze für ländliche und städtische Räume stark unterscheiden können. Parkraumbewirtschaftung wird im ländlichen Raum ebenso wenig eine Rolle spielen wie Bürgerbusse in der Stadt. Daher sollte der ordnungsrechtliche Rahmen mit Blick auf verschiedene räumliche Situationen überprüft werden.

Ein Gesamtrahmen ist notwendig, damit diese komplexen Änderungen von Ordnungsrecht, Verkehrsplanung und preislichen Anreizen sinnvoll zusammenwirken und keine widersprüchlichen Anreize setzen, damit der Aufbau neuer Mobilitätsangebote und die De-Attraktivierung des alten Verkehrssystems zeitlich und in ihrer Wirkung koordiniert werden können. Dieser Gesamtrahmen sollte in einem Bundesmobilitätsgesetz mit einer Roadmap für die Verkehrswende geschaffen werden.

Eine umfassende Verkehrswende hin zu einer nachhaltigen Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen ist ein tiefgreifender Wandel, für den die notwendigen strukturellen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen. Die beiden vorangegangenen Thesen sind dafür zentrale Ansatzpunkte. Für eine erfolgreiche Transformation unseres Mobilitätssystem muss allerdings noch breiter gedacht werden – auch unser Verhalten und Einstellungen zur Mobilität müssen sich neu ausrichten.

Nicht nur Raumstrukturen, Verkehrsangebote, Kosten und Zeitaufwände entscheiden über das Mobilitätsverhalten. Mobilitätseinstellungen werden auch auf einer symbolisch-emotionalen Ebene durch unterschiedliche sozio-kulturelle Aspekte geprägt. Hierbei spielt die Repräsentation des sozialen Status durch Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel ebenso eine Rolle wie unterschiedliche persönliche Affinitäten zu Privatheit und Öffentlichkeit, die Bedeutung und Möglichkeit körperlicher Bewegung, die wahrgenommene Verhaltenskontrolle oder die Neigung zur Nutzung digitaler Schnittstellen. All diese Aspekte werden unterhalb der Schwelle bewusster Wahrnehmung beeinflusst, beispielsweise durch mediale Vorbilder, Werbung und die Wahrnehmung der Alltagswelt. Hier kann und muss angesetzt werden – diese Einstellungen und Normen zu adressieren spielt für eine Transformation des Mobilitätssystems eine wichtige Rolle.

Die Aufgabe berührt damit psychologische, soziale und kulturelle Aspekte, die über reine Mobilitätsfragen hinausgehen und im Rahmen dieser Studie nicht weitergehend diskutiert werden können. Es ist allerdings offensichtlich, dass auch an dieser Stelle die Digitalisierung helfen kann, Herausforderungen und Möglichkeiten der Kommunikation, Informationsvermittlung, der zielgerichteten Anstöße zur Verhaltensänderung durch transparentes und wertebasiertes Nudging sowie der Mobilisierung von Zielgruppen durch Challenges oder Gamification zu adressieren.

Mobilitätsroutinen zu verändern ist ein "dickes Brett". Hierfür bedarf es zielgruppenspezifischer Strategien sowie eines langen Atems. Der Handlungsbedarf ist groß, die "harten" technischen und infrastrukturellen Strategien einer Verkehrswende mit "weichen", d.h. vor allem kommunikations- und interaktionsbezogenen Maßnahmen zu kombinieren und so an möglichst vielen Stellen unseres Alltagslebens, im Beruf oder in der Freizeit, Impulse zur Verhaltensänderung und zum Routinenwechsel zu setzen.

## Fazit

Eine fundamentale Verkehrswende ist für die Bewältigung der Klimakrise unverzichtbar. Um den Verkehr treibhausgasneutral zu gestalten und die enormen Energiebedarfe unserer Mobilität zu verringern, müssen dabei alle verfügbaren Strategien – Verkehr reduzieren, Verkehr auf einen neuen, erweiterten Umweltverbund verlagern und die Verkehrsmittel durch Effizienzsteigerung und erneuerbare Antriebe zu verbessern – konsequent umgesetzt werden.

Eine solche Verkehrswende erfordert eine Abkehr von bisherigen Pfadabhängigkeiten, die mit dem autozentrierten Verkehrssystem verbunden sind.

Hierzu ist eine grundlegende Transformation notwendig, die eine nachhaltige Alternative schafft: Ein neues Mobilitätssystem, das gleiche Mobilität bei weniger Verkehr ermöglicht – gestützt durch digitale Angebote virtueller Mobilität. Und einen neuen Umweltverbund, der durch die intelligente Kombination von neuen Mobilitätsdiensten mit Bus und Bahn, Fuß- und Radverkehr eine nahtlose Mobilität ermöglicht. Mit flächenhaft verfügbaren Ridepooling-Diensten, Sharing-Angeboten und Mobilstationen, die intermodal vernetzt sind und aus einer Hand gebucht werden können, lassen sich Wege verlässlich, komfortabel und barrierefrei zurücklegen. Auf diese Weise kann dieser neue Umweltverbund attraktiver als das eigene Auto werden.

Möglich ist dies jedoch nur, wenn die richtigen Rahmenbedingungen gesetzt werden.

Die Transformation und Gestaltung eines vernetzten Systems durch einen Solution Mix (viele Ansatzpunkte und Stellschrauben) erfordert auf miteinander abgestimmte, vernetzte Politikansätze, einen intelligenten Policy Mix. Mit Blick auf den Beitrag der Digitalisierung hat dieser Bericht die hierfür nutzbaren Ansätze durch die Trias Improve, Convert und Transform beschrieben. Dabei bauen die Ansätze integriert aufeinander auf: Eine umfassende Transformation (Transform) ist notwendig, aber Weg dahin besteht aus vielen kleinen Schritten (Improve), die so ausgestaltet sein sollten, dass sie sich kein Wildwuchs bildet, sondern sich die Schritte gegenseitig unterstützen und ergänzen und zu einem qualitativen Wandel (Convert) des Verkehrssystems führen. Um die strukturellen Umbrüche zu flankieren, ist in dieser Phase des Wandels eine koordinierte öffentliche Unterstützung notwendig, um die Ausgestaltung des neuen Verkehrssystems durch rechtliche Rahmenbedingungen, anspruchsvolle Standards und notwendige Finanzierung zu begleiten.

Im letzten Jahrzehnt hat sich eine Vielzahl digitalisierungsbasierter Innovationen tief in unseren Alltag verwurzelt. Die zentrale Herausforderung besteht nun in deren Vernetzung und einer Vereinfachung der Nutzung. Um dies zu erreichen, ist ein gemeinsamer Datenraum entscheidende Voraussetzung. Während konventionelle Geschäftsmodelle häufig auf einer exklusiven Datennutzung durch einzelne Akteur\*innen aufbauen, müssen Daten über Mobilitätsangebot und -nachfrage in Zukunft für alle Mobilitätsdienstleister\*innen zur Verfügung stehen. Hierbei sollte Interoperabilität verpflichtend werden, damit die Information über und die Buchung von vielfältigen Angeboten auf einer Plattform nach Wahl der Nutzenden möglich wird. Dies schafft einerseits die Basis für einen kompetitiven Mobilitätsmarkt, erhöht den Nutzungskomfort durch einheitliche Zugangs- und Bezahlssysteme und verhindert die Monopolisierung von Marktstrukturen.

Angebotsstandards, die bundesweit ein attraktives Mobilitätsangebot in Stadt und Land garantieren, flankieren den koordinierten Aufbau neuer öffentlicher Verkehrssysteme und MaaS-Angebote. Akteure sind hierbei sowohl die öffentliche Hand und konventionelle Verkehrsunternehmen als auch neue Mobilitätsanbieter. Eine Herausforderung besteht darin, effiziente und finanzierbare Geschäfts- und Kooperationsmodelle zu entwickeln, die den Aufbau dieser Angebote in der begonnenen Dekade ermöglichen.

Hierzu sind Finanzierungsmodelle notwendig, bei denen sowohl private wie auch öffentliche Mittel gezielt für die Verkehrswende zum Einsatz kommen – deren Entwicklung und Durchsetzung im Interessengeflecht verschiedener politischer Ebenen und Mobilitätsanbieter ist eine Herausforderung, die bereits jetzt angegangen werden muss, um die Transformation in Bewegung zu setzen.

Die hier skizzierte Verkehrswende ist ein orchestrierter Wandel im Zusammenspiel von privaten wie öffentlichen Akteure, von unternehmerischen Initiativen unter Nutzung öffentlich bereitgestellter Infrastrukturen und Vorleistungen und der Ausschöpfung digitaler Innovationspotenziale - sowohl im Rahmen der Hochskalierung umweltfreundlicher Mobilitätsalternativen wie auch im schrittweisen Eingrenzen des motorisierten Individualverkehrs.

Die Entwicklungsperspektiven sind deutlich sichtbar, die Aufgaben für die neue Bundesregierung sind klar beschrieben. Der am 24.11.2021 vorgestellte Koalitionsvertrag der Partner der künftigen Ampel-Koalition stellt sich diesen Herausforderungen und formuliert den Anspruch, " ... die 2020er Jahre zu einem Aufbruch in der Mobilitätspolitik nutzen und eine nachhaltige, effiziente, barrierefreie, intelligente, innovative und für alle bezahlbare Mobilität ermöglichen". Einige Eckpunkte dieser Studie sind dabei konkret benannt wie z.B. zur Bereitstellung von Mobilitätsdaten, die Weiterentwicklung des Datenraums Mobilität oder auch die Förderung von digitalen Mobilitätsdiensten oder intermodalen Verknüpfungen sowie eine langfristige Strategie für autonomes und vernetztes Fahren im öffentlichen Verkehr.

Für den Erfolg einer umfassenden Verkehrswende für eine nachhaltige Mobilität müssen die skizzierten Maßnahmen des Koalitionsvertrags konkret ausgearbeitet, ergänzt und engagiert umgesetzt werden. Der vorliegende Bericht möchte Anstöße für diesen Weg liefern und neue Impulse für eine klimaschonende und nachhaltige Verkehrswende in Deutschland setzen.



## Literaturverzeichnis

- Agora Verkehrswende (2020). *Die Automatisierung des Automobils und ihre Folgen. Chancen und Risiken selbstfahrender Fahrzeuge für nachhaltige Mobilität*. <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/die-automatisierung-des-automobils-und-ihre-folgen/>
- Baltic, T., Cappy, A., Hensley, R., & Pfaff, N. (2019). *How sharing the road is likely to transform American mobility*. McKinsey. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/how-sharing-the-road-is-likely-to-transform-american-mobility>
- Bundesregierung (2021). *Treibhausgasbilanz - Deutschland bleibt im Klimaschutz auf Kurs*. Website. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/klimaschutzziel-2020-erreicht-1876954>
- Bauer, U., Bracher, T., & Gies, J. (2020). *Ein anderer Stadtverkehr ist möglich. Neue Chancen für eine krisenfeste und klimagerechte Mobilität*. Agora Verkehrswende. [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2020/Covid19\\_Stadtverkehr/Agora-Verkehrswende\\_Ein-anderer-Stadtverkehr-ist-moeglich\\_1-1.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2020/Covid19_Stadtverkehr/Agora-Verkehrswende_Ein-anderer-Stadtverkehr-ist-moeglich_1-1.pdf)
- BMU (2021). *Treibhausgasemissionen in Deutschland sinken weiter - BMU-Infografik*. Website. <https://www.bmu.de/MD1485>
- BMVI (2021). *Mobilitätsdatenverordnung, Stellungnahmen der Verbände*. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Gesetze-19/mobilitaetsdatenverordnung.html?nn=382740>
- Deutsche Bahn (2019). *10 Jahre DB Navigator: 105 Millionen Handy-Tickets*. Website. [https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart\\_zentrales\\_uebersicht/10-Jahre-DB-Navigator-105-Millionen-Handy-Tickets--4714210](https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/10-Jahre-DB-Navigator-105-Millionen-Handy-Tickets--4714210)
- EBP (2017). *Big Data und Crowd Data für die Berliner Stadtentwicklungsplanung. Bericht im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen der Stadt Berlin*. Zürich/Berlin: EBP Schweiz AG/EBP Deutschland GmbH. [https://stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten\\_stadtentwicklung/big-data/downloads/big-data\\_crowd-data\\_berlin.pdf](https://stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/big-data/downloads/big-data_crowd-data_berlin.pdf)
- Hennicke, P., Koska, T., Rasch, J., Reutter, O., & Seifried, D. (2021). *Nachhaltige Mobilität für alle. Ein Plädoyer für mehr Verkehrsgerechtigkeit*. München: Oekom Verlag. <https://doi.org/10.14512/9783962388072>
- Hochfeld, C., Jung, A., Klein-Hitpaß, A., Maier, U., Meyer, K., & Vorholz, F. (2017). *12 Thesen zur Verkehrswende (Kurzfassung)*. Agora Verkehrswende. [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12\\_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen-Kurzfassung\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen-Kurzfassung_WEB.pdf)
- Lambrecht, Udo, Kräck, Jan, & Dünnebeil, Frank (2021). *Homeoffice und Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen. Potenziale zur Minderung der Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Corona-Krise*. ifeu paper 04/2021. [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-Workingpaper\\_4-\\_21\\_-\\_Mobiles\\_Arbeiten\\_und\\_Videokonferenzen.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-Workingpaper_4-_21_-_Mobiles_Arbeiten_und_Videokonferenzen.pdf)
- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2021). *ÖPNV-Strategie 2030 für Baden-Württemberg Gemeinsam die Fahrgastzahlen im ÖPNV verdoppeln*. Entwurf, Stand: 29.09.2021. [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Datseiten/PDF/2109\\_29\\_Entwurf\\_%C3%96PNV-Strategie2030\\_Anh%C3%B6rung.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Datseiten/PDF/2109_29_Entwurf_%C3%96PNV-Strategie2030_Anh%C3%B6rung.pdf)
- Purr, K., Günther, J., Lehmann, H., & Nuss, P. (2019). *Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität*. RESCUE Studie Nr. 36. Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- Rambol Mobility (2021). *Gender and (Smart) Mobility*. Green Paper 2021. Rambol. [https://ramboll.com/-/media/files/rgr/documents/markets/transport/g/gender-and-mobility\\_report.pdf?la=en](https://ramboll.com/-/media/files/rgr/documents/markets/transport/g/gender-and-mobility_report.pdf?la=en)

- Repenning, J., Harthan, R.O., Blanck, R., Böttcher, H., Braungardt, S., Bürger, V., Emele, L., u. a. (2021). *Projektionsbericht 2021 für Deutschland gemäß den Vorgaben der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz*. Berlin, Karlsruhe, Braunschweig, Eberswalde, Hamburg: Öko Institut, Fraunhofer ISI, IREES GmbH, Thünen Institut. [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/projektionsbericht\\_2021\\_bf.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/projektionsbericht_2021_bf.pdf)
- Rid, W., Parzinger, G., Grausam, M., Müller, U., & Herdtle, C. (2018). Potenziale von (E-)Carsharing. In: Rid, W., Parzinger, G., Grausam, M., Müller, U., & Herdtle, C. (Hrsg.): *Carsharing in Deutschland: Potenziale und Herausforderungen, Geschäftsmodelle und Elektromobilität*, S. 21–44. Wiesbaden: Springer Fachmedien. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-15906-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-15906-1_4)
- Sach, T., Breischlag, L., Bruhin, L., Kerres, P., Lotz, B., & Oppermann, L. (2021). *Klimaschutz in Zahlen: Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik*. Ausgabe 2021. BMU. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz\\_zahlen\\_2021\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_zahlen_2021_bf.pdf)
- Schaller, B. (2021). *Can sharing a ride make for less traffic? Evidence from Uber and Lyft and implications for cities*. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.12.015>
- Schmidt, U. (2020). *Elektromobilität und Klimaschutz: Die große Fehlkalkulation*. Kiel Policy Brief 143. Kiel Institut für Weltwirtschaft (ifw) [https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/-ifw/Kiel\\_Policy\\_Brief/2020/KPB\\_143.pdf](https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/-ifw/Kiel_Policy_Brief/2020/KPB_143.pdf).
- Schwedes, O. & Daubnitz, S. (2011). Hausanschluss Mobilität Erfahrungen und Potenziale von Erreichbarkeitsplanung. Verbraucherzentrale Bundesverband (VZBV). [https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/Hausanschluss\\_Mobilitaet\\_vzbv\\_2012.pdf](https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/Hausanschluss_Mobilitaet_vzbv_2012.pdf)
- UBA (2020). *Umweltgerechtigkeit – Umwelt, Gesundheit und soziale Lage*. Website. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/umweltgerechtigkeit-umwelt-gesundheit-soziale-lage>
- UBA (2021). *Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland in Abgrenzung der Sektoren des Klimaschutzgesetzes*. Excel-Datenband. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2021\\_03\\_10\\_trendtabellen\\_thg\\_nach\\_sektoren\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2021_03_10_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx)
- Wuppertal Institut (2021). *Digitalisierung gestalten – Transformation zur Nachhaltigkeit ermöglichen*. Studie im Rahmen des Projekts Shaping the Digital Transformation. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. [https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/Shaping-DIT\\_de.pdf](https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/Shaping-DIT_de.pdf)