

acatech

HORIZONTE

Transformation der Mobilität



Was ist Mobilität und warum ist das Thema wichtig?

Wodurch verändern sich Mobilität und Verkehr?

Von Kopenhagen bis Singapur: der globale Blick

Wie geht es weiter?

 acatech

DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Die acatech HORIZONTE untersuchen bedeutende Technikfelder, die sich deutlich am Horizont abzeichnen, deren Auswirkungen aber noch geklärt werden müssen. Die Ausgaben der HORIZONTE werden von unabhängigen, interdisziplinären Arbeitsgruppen mit Mitgliedern aus Wissenschaft und Wirtschaft erarbeitet.

Die acatech HORIZONTE fundieren und fördern das Verständnis und die Diskussion über neue Technologien. Sie öffnen gesellschaftliche Gestaltungsräume, definieren politische Handlungsfelder und tragen auf diese Weise bei zu einer vorausschauenden innovationspolitischen Willensbildung.

acatech **HORIZONTE**

Transformation der Mobilität





Vorwort

Mobilität war und ist aufs engste mit der menschlichen Entwicklung verbunden. Ohne leistungsfähige Systeme für den Transport von Menschen und Gütern wären die modernen Industriegesellschaften undenkbar. Mobilität bestimmt den Alltag unserer Gesellschaft, ermöglicht aber auch eine Teilhabe am sozialen Leben und ist eine Grundvoraussetzung für eine hohe Lebensqualität.

Verkehr hat allerdings auch unerwünschte Begleiterscheinungen. Viele derzeitige Verkehrsmittel verursachen Lärm, Schadstoffe und Verkehrsunfälle, die Verkehrsinfrastrukturen beanspruchen häufig wertvolle Fläche und zerschneiden Landschaften. Und der moderne Verkehr benötigt Energie, die bisher weitgehend durch erdölbasierte Kraftstoffe geliefert wird. Daher ist der Verkehrssektor zusammen mit Wohnungswirtschaft und Industrie ein wesentlicher Verursacher von klimaschädlichen Treibhausgasen.

Verkehr und Mobilität müssen daher in naher Zukunft möglichst vollständig auf nachhaltige Energieträger umgestellt werden. Unter Einbeziehung von digitalen Lösungsansätzen entstehen derzeit jedoch völlig neue Mobilitätsoptionen. Wir erleben

also einen fundamentalen Wandel unserer Verkehrssysteme und unseres Mobilitätsverhaltens. Individualisierung, neue Technologien, die digitale Transformation, Urbanisierung und ökologische Ziele bestimmen die Mobilität von morgen. Wir stehen am Beginn einer multi-modalen „Neo-Mobilität“. Einfache Extrapolationen von der Vergangenheit in die Zukunft sind daher nicht ausreichend. Bei der Bewertung unterschiedlicher Lösungen müssen die zugrunde liegenden Prämissen und Zielkonflikte transparent formuliert und immer wieder überprüft werden.

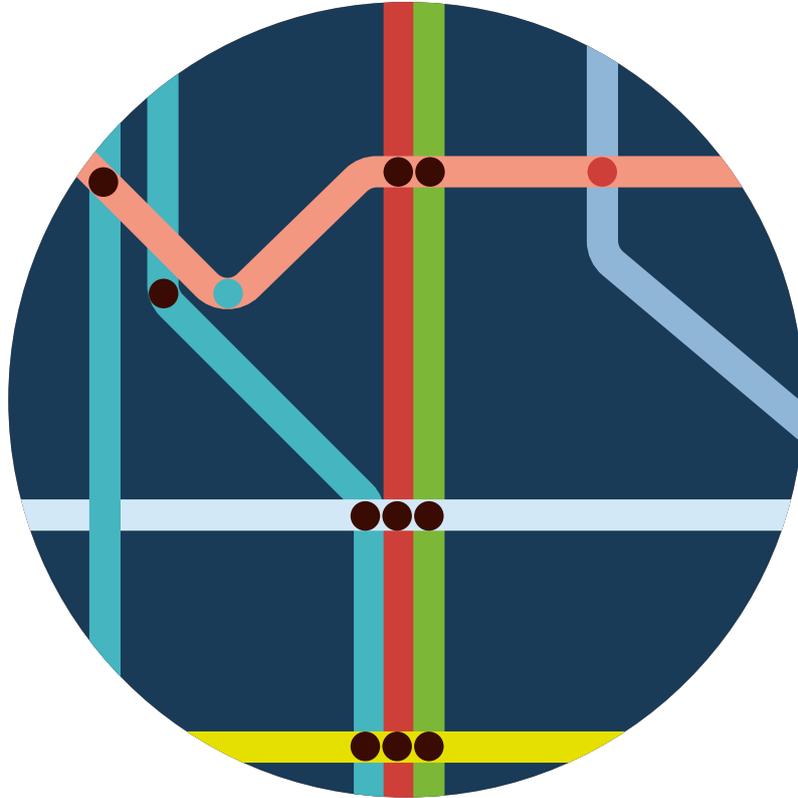
Diese komplexe Transformation des Mobilitätssystems allgemein verständlich zu machen und die Menschen mitzunehmen auf dem Weg in eine attraktive, lebenswerte Zukunft, ist Ziel der vorliegenden Publikation. In zehn Kernbotschaften und vier Kapiteln werden Herausforderungen, Potenziale und Lösungsansätze für ein innovatives Mobilitätssystem der Zukunft diskutiert. Dabei steht der Mensch im Mittelpunkt – technologische, ökonomische, ökologische und soziale Aspekte werden gleichermaßen betrachtet.

Wir hoffen, Ihnen damit einige Anregungen geben zu können, und wünschen viel Spaß mit der Lektüre!

Karl-Heinz Streibich
Präsident

Prof. Dr. Jan Wörner
Präsident

Prof. Dr. Thomas Weber
Vizepräsident



Inhalt

Zehn Kernbotschaften zur Mobilität	6
1 Was ist Mobilität und warum ist das Thema wichtig?	8
2 Wodurch verändern sich Mobilität und Verkehr? Wo liegen Herausforderungen und Potenziale?	12
2.1 Der Klimawandel: auf der Suche nach nachhaltigen Lösungen für die Zukunft	14
2.2 Mit Digitalisierung zur Transformation der Mobilität	22
2.3 Land und Stadt: die Verbindung zweier Welten	26
2.4 Warenverkehr und Logistik neu gedacht	32
3 Von Kopenhagen bis Singapur: der globale Blick	36
4 Wie geht es weiter?	40
4.1 Die Rolle des Einzelnen: zuschauen oder mitmachen?	43
4.2 Die Wirtschaft: das Gesamtpaket zählt	43
4.3 Wissenschaft und Wissen für alle	45
4.4 Die Politik: „Transformation by Design“	46
Mitwirkende	51
Literaturverzeichnis	52

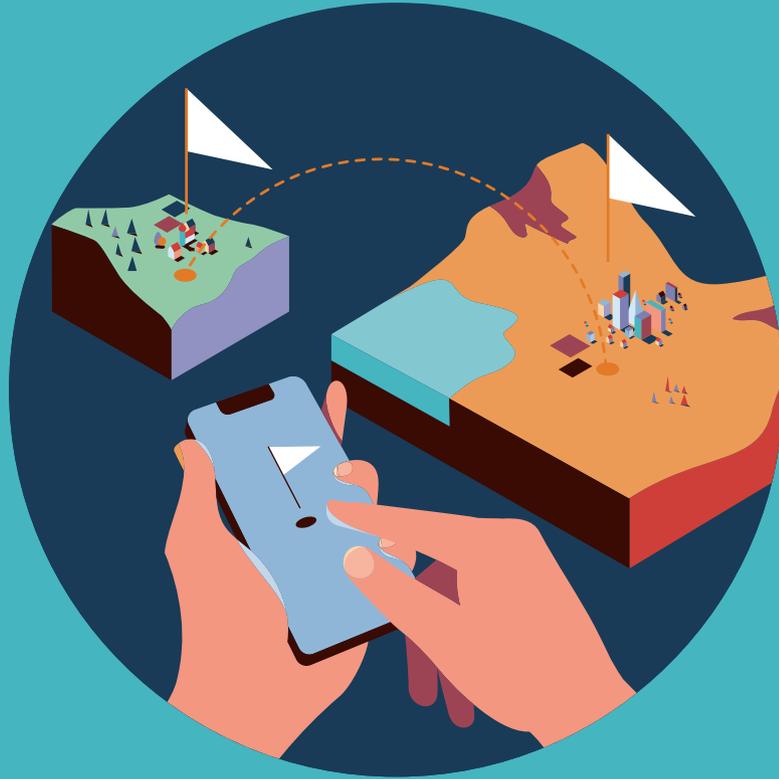
Zehn Kernbotschaften zur Mobilität

- 1.** Mobilität ist viel mehr als nur die Möglichkeit, sich fortzubewegen. Sie hilft dabei, Bedürfnisse wie Wohnen, Bildung, Ernährung, Arbeit und Freizeit zu erfüllen, und ermöglicht den Austausch mit anderen Menschen. Mobilität bedeutet somit **Teilhabe am Leben**.
- 2.** Selbst wenn wir uns nicht bewegen, erzeugen wir Verkehr, indem wir etwa Güter online bestellen: Immer mehr **Waren und Personen** werden weltweit bewegt und bewegen sich.
- 3.** Verkehr ist also (mit)verantwortlich für Staus und Lärm in den Städten, in denen weltweit immer mehr Menschen leben, verschmutzte Atemluft, mehr Verkehrsinfrastruktur sowie weniger Natur und Lebensraum – und nicht zuletzt für den **Klimawandel**.
- 4.** Den Verkehr „auszuknipsen“ oder einzuschränken, ist keine Option; einfach so weitermachen geht aber ebenso wenig. Wir brauchen **neue Mobilitätskonzepte**, die den Verkehr von Personen und Gütern umweltfreundlicher machen und für Stadt und Land attraktiv sind. Denn gerade auf dem Land sind viele Menschen auf das Auto angewiesen.
- 5.** Diese **Balance zwischen Umwelt, Verkehr und Mobilität** herzustellen, zählt zu den großen Herausforderungen der heutigen Zeit. Denn wir stehen **jetzt** vor der **großen Frage, wie wir in Zukunft leben wollen**.

6. Mobilität ist, wie wir uns fortbewegen; Mobilität ist aber auch, wie wir Siedlungen und Städte planen. Würde man **Stadt- und Verkehrsplanung** nicht länger getrennt, sondern **zusammen denken**, ließen sich dadurch erheblich Verkehr einsparen und gleichzeitig die Mobilitätsverhältnisse verbessern.
7. Wir befinden uns bereits in einer **gewaltigen Transformation** der Mobilität. Dabei sind Digitalisierung, grüne Energien, Ausbau der Schiene, des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) und der Fahrradwege sowie neue (Antriebs-)Technologien und Geschäftsmodelle entscheidende Hebel, um diese Transformation zu meistern. Das können Elektromobilität (E-Mobilität), Wasserstofftechnologien, Power-2-X oder Sharing-Plattformen sein. **Innovationen** und Umwelttechnologien haben zudem das Potenzial, neue Arbeitsplätze zu schaffen.
8. Gerade für Menschen, die körperlich in ihrer Mobilität eingeschränkt sind oder in abgelegenen Regionen leben, eröffnen Zukunftstechnologien, etwa automatisiertes Fahren oder On-Demand-Konzepte, neue **bedarfsgerechte Möglichkeiten, mobil zu sein**.
9. Dabei sind **Daten das A und O**. Unternehmen, Politik, Behörden, Wissenschaft und Einzelne, die Mobilitätsdaten nutzen, können jetzt das Teilen von Daten neu denken und die Spielregeln für einen **gemeinsamen Datenraum** festlegen; dieser ermöglicht Technologie und neue Geschäftsmodelle, schützt aber zugleich private und kritische Informationen.
10. Ohne die **Menschen** geht es nicht: Nur wenn möglichst viele auf den Innovationszug aufspringen, **offen sind für Veränderungen** und durch nachhaltiges Handeln ihre Marktmacht als Konsumierende nutzen, wird es gelingen, unsere Mobilität zukunftsorientiert zu gestalten.

1

Was ist Mobilität und warum ist das Thema wichtig?



Der Begriff Mobilität ist den meisten Menschen geläufig. Was uns dabei als Erstes in den Sinn kommt, ist oft das Auto, die Bahn, das Fahrrad oder das Flugzeug. Dabei ist Mobilität viel mehr. Was steckt also dahinter? Wen betrifft sie, und warum ist sie heute wichtiger denn je? **Kapitel 1** gibt einen Überblick.

Mobilität stammt vom lateinischen „mobilitas“ und bedeutet Beweglichkeit. Sie ist jedoch **viel komplexer und umfassender als die Fähigkeit, sich räumlich fortzubewegen**. Jede und jeder von uns ist täglich mobil, um sich zu ernähren, zur Arbeit zu fahren, Arzttermine wahrzunehmen, sich zu bilden oder zu reisen. Selbst wenn wir uns nicht bewegen, sind wir „mobil“, indem wir etwa online bestellen oder an Video-Calls teilnehmen. Wer mobil ist, kann also tägliche, überlebenswichtige Grundbedürfnisse erfüllen und mit anderen Menschen interagieren. Mobilität betrifft uns somit alle, denn sie bedeutet **Teilhabe am Leben** und an der Gesellschaft.

„Mobilität ist die Voraussetzung, um Bedürfnisse wie Sicherheit, Wohnen, Bildung, Ernährung und Arbeit zu erfüllen. Verkehr ist die konkrete Umsetzung, also sich von A nach B bewegen.“*

Im Laufe der Geschichte hat die Mobilität den Menschen stets geprägt. Das erste Schaubild in Kapitel 1 gibt hierzu einen Überblick. Wohlgemerkt ermöglicht sie jedoch nicht nur Teilhabe, Fortschritt und Freiheit. Im Umkehrschluss kann eingeschränkte Mobilität auch zu sozialer Ungleichheit, Ausgeschlossenheit und Unfreiheit führen. Zudem haben Mobilität und Verkehr, wie wir sie heute nutzen, gravierende **Folgen für Klima und Umwelt** (siehe Kapitel 2.1).

Wir stehen deshalb jetzt vor der großen Frage, wie wir in Zukunft leben wollen: Wie kann es gelingen, **Verkehr und Mobilität grundlegend zu transformieren, ohne die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen außer Acht zu lassen**? Da Mobilität nicht naturgegeben ist, sondern vom Menschen „gemacht“, liegt es auch in unserer Hand, diese neu zu gestalten. Die nachfolgenden Kapitel beleuchten, wie das in Zukunft aussehen könnte.

Was ist Verkehr und was Mobilität?

Obwohl es Verkehr und Mobilität schon immer gab, sind die Begriffe relativ neu. Im 19. Jahrhundert bedeutete Verkehr den gesellschaftlichen Umgang von Menschen in Form von sozialen Beziehungen. Erst seit dem 20. Jahrhundert verstehen wir darunter den **Transport von Waren und Personen**; heute fällt darunter auch der **Austausch von Informationen in Form von Daten**. Das Wort Mobilität ist sogar noch jünger: Es entstand in den siebziger Jahren aus dem Wort Automobil – der Duden definierte es damals als geistige und soziale Beweglichkeit. Heute drückt es die Fähigkeit aus, in unserem **Alltagsleben notwendige Einrichtungen** leicht erreichen zu können. Eine allgemeingültige Definition fehlt allerdings bis heute.¹

„Nachhaltige Mobilität bedeutet **möglichst viele Möglichkeiten und Freiheiten der Alltagsgestaltung mit möglichst wenig Verkehrsaufwand und möglichst geringen negativen Folgen für die Umwelt**.“

* Einige ausgewählte Kerngedanken der Befragten sind im Text als anonymisierte Zitate aufgeführt.

Mobilität gestern, heute und morgen

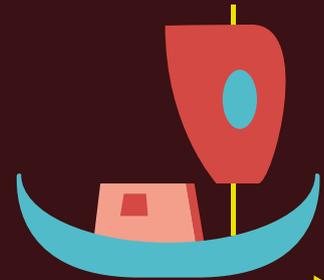
Mobilität hat im Laufe der Geschichte den Menschen und seine Lebensart stets geprägt – räumlich, also über den Transport von Waren und Menschen, und geistig. So verbinden wir heute Mobilität auch mit dem Ideal gesellschaftlicher Teilhabe und sozialer Gleichheit.



Mobilität ist (idealerweise) ...

... Versorgung mit Gütern und Daten

Boote, die auf Flüssen fahren, gibt es schon in Mesopotamien. Das ermöglicht den Transport von **Personen** und **Waren**.



6. Jahrtausend v. Chr.

Die **Eisenbahn** revolutioniert den Transport von **Gütern**, **Personen** und Informationen; **Fahrrad** und **Auto** leiten den **Individualverkehr** ein. Mit der Industrialisierung entstehen Fabriken; Menschen sichern erstmals ihr tägliches Überleben außerhalb ihrer Dorfgemeinschaft: **Mobilität wird zur Notwendigkeit des modernen sozialen Lebens**.



19. Jahrhundert

Autos und **Passagierflugzeuge** werden massentauglich. Verkehrsnetze, Straßenregeln und Autobahnen entstehen. Menschen reisen nicht mehr nur aus Notwendigkeit oder zu Handelszwecken, sondern auch zum touristischen Vergnügen. **Reisen**, das bislang den Eliten vorbehalten war, wird zum **Konsumgut**.



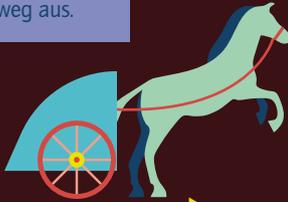
20. Jahrhundert

... gesellschaftliche
Teilhabe

... Austausch von Wissen,
Ideen & Erfahrungen

... soziale
Gleichheit

Rad und **Wagen** breiten sich von Mesopotamien schnell über alle **Kulturkreise** und Weltregionen hinweg aus.

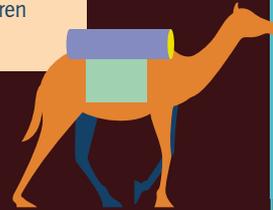


4. Jahrtausend v. Chr.

Beginn der **Seidenstraße**, die sich im Laufe der Jahrhunderte als **größte Handelsroute** über verschiedene Kulturen hinweg etabliert.



5. Jahrhundert v. Chr.



Das **Straßennetz des Römischen Reichs** weist Merkmale eines **modernen Verkehrssystems** auf. Von Rom aus zentral geplant und instand gehalten, erstreckt es sich von Europa über Kleinasien bis Nordafrika.

2. Jahrhundert

Die **Dampfschiffahrt** erlaubt Unabhängigkeit von Wind und Rudern. Das ermöglicht eine **genauere Zeit- und Routenplanung**.



18. Jahrhundert

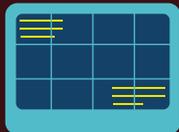
Hochseeschiffahrt und **Kompassnavigation** ermöglichen die Entdeckung Amerikas. Dies ist der Anfang eines **globalen Handelssystems**.



15. Jahrhundert



Virtuelle Mobilität: Das Internet wird für alle zugänglich; die **Datenmobilität** wird **revolutioniert**. Klimawandel und digitale Technologien leiten eine grundlegende Transformation der Mobilität ein.



21. Jahrhundert



Erreichung der **Klimaziele**. Verkehr ist digital, automatisiert und vernetzt. Der Mix aus Innovationen, Antriebstechnologien und Mobilitätsangeboten aus einer Hand macht Mobilität **nachhaltiger, flexibler, inklusiver**.



2050

Quelle: eigene Darstellung

2

Wodurch verändern sich Mobilität und Verkehr? Wo liegen Herausforderungen und Potenziale?

Klimawandel, Urbanisierung und Digitalisierung treiben die Transformation der Mobilität voran. Sie sind zugleich Herausforderung und Chance, um einen Neustart zu wagen. **Kapitel 2** beleuchtet Zukunftsszenarien, die heute schon erprobt und zum Teil heiß diskutiert werden.



2.1 Der Klimawandel: auf der Suche nach nachhaltigen Lösungen für die Zukunft

„Wir brauchen neue Technologien, die es möglich machen, dass wir uns umweltschonend fortbewegen.“

In den vergangenen Jahren haben wir ein **massives Verkehrswachstum** erlebt: **Immer mehr Waren und Personen** werden bewegt und bewegen sich. Auch leben **immer mehr Menschen in Städten**: Bereits heute sind es weltweit 55 Prozent, bis 2050 werden es voraussichtlich rund 70 Prozent sein.⁴ In Deutschland leben aktuell über 75 Prozent der Gesamtbevölkerung in Städten.^{2,a} All dies macht sich bemerkbar im zunehmenden Verkehr, in der Lärmbelastung, in der Atemluft, in der intensiven Beanspruchung von Natur und Lebensraum durch die Verkehrsinfrastruktur und im Klimawandel. So ist Verkehr für ein Viertel der europäischen Treibhausgasemissionen verantwortlich und einer der wesentlichen Verursacher für die Luftverschmutzung der Städte.⁵ Spätestens hier ist klar: **Umweltschäden und Klimawandel** stellen Europa und die Welt vor enorme Herausforderungen.⁶

„Ein Pkw mit Verbrennungsmotor fährt in Deutschland durchschnittlich 15.000 Kilometer im Jahr.⁷ Das entspricht einem CO₂-Ausstoß von 3 Tonnen im Jahr. Zum Vergleich: Beim Langstreckenflug Deutschland–Australien (15.000 Kilometer) beträgt der CO₂-Ausstoß knapp 3,2 Tonnen, allerdings pro Fluggast.“^{8,b}

Die Europäische Union und auch Deutschland haben sich deshalb dem **Pariser Klimaabkommen** angeschlossen und streben Treibhausgasneutralität an, um die Erderwärmung möglichst auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen.¹⁰ Allerdings erreichen wir die **Klimaziele in Summe** nur, wenn **alle Sektoren ihren Beitrag leisten**. Das betrifft auch den Verkehrssektor, der nach Energiewirtschaft und Industrie der drittgrößte Sektor bei der Emission von Treibhausgasen ist.⁶ Diesen einfach runterzufahren oder auszuknipsen, ist keine Option, wenn wir den Menschen ermöglichen wollen, weiterhin mobil zu sein. Es geht eher darum, den Verkehr zu reduzieren und mit **immer mehr sauberen Technologien** treibhausgasneutral zu gestalten.

Das zweite Schaubild gibt einen Einblick in einige mögliche Energieträger und Technologien von heute und morgen, deren Potenziale und Herausforderungen Fachleute aus aller Welt erproben und diskutieren.

Europäischer Green Deal: auf dem Weg zum ersten klimaneutralen Kontinent?

Haben Sie schon vom europäischen Green Deal gehört? Das ist eine Art **Fahrplan für eine nachhaltige EU-Wirtschaft**. Dabei geht es um eine neue Strategie, die Europa zu einem umweltschonenden, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaftsmodell verhelfen soll, das **für alle gerecht und inklusiv gestaltet ist**. Keine leichte Aufgabe! Das ehrgeizige Ziel lautet, bis 2050 treibhausgasneutral und damit erster klimaneutraler Kontinent der Welt zu werden.⁹ Deutschland geht sogar einen Schritt weiter: Mit einer Änderung des Klimaschutzgesetzes will die Bundesregierung das Ziel der Treibhausgasneutralität bereits bis 2045 verankern (Stand Mai 2021).

- a Rund 27 Prozent der Deutschen wohnen in mittelgroßen Städten mit 20.000 bis 100.000 Einwohnern und rund 31 Prozent in Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohnern.³
- b Für dieselbe Strecke mit dem Zug beträgt der CO₂-Ausstoß in Deutschland 534 Kilogramm pro Fahrgast.
- c Die Herstellung von CO₂-neutralem Wasserstoff und besonders CO₂-neutralen E-Fuels erfordert nach jetzigem Stand der Technik einen sehr hohen Aufwand an ökologisch erzeugtem Strom.
- d Für Elektrofahrzeuge gibt es bereits heute ein breites Modellangebot; sie tragen erheblich zur Emissionsreduktion im Verkehrssektor bei. Für bestehende Verbrennungsfahrzeuge bieten sich außerdem E-Fuels für eine klimaschonende Mobilität an. Diese formen erneuerbaren Strom über ein chemisches Verfahren in Flüssigkraftstoffe um, bei deren Verbrennung jedoch weiterhin Stickoxide freigesetzt werden. Wasserstoff gehört außerdem in die Zukunft. Bislang ist der Produktionsprozess für sauberen Wasserstoff noch sehr aufwendig. Entsprechende Fahrzeuge, die den Wasserstoff mithilfe einer Brennstoffzelle in Strom umwandeln, der wiederum einen Elektromotor antreibt, sind bislang noch nicht in ausreichender Menge vorhanden.¹²

„Wir dürfen Technologien nicht am Menschen vorbeientwickeln. Sie müssen für alle zugänglich und bezahlbar bleiben.“

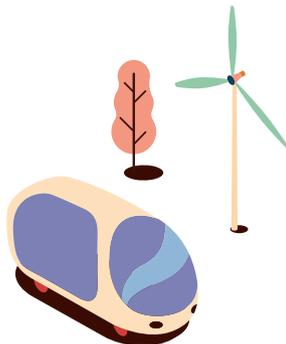
Ein Beitrag zur Umwelt: Energie und Verkehr gemeinsam denken

Umweltprobleme lassen sich nur lösen, wenn wir Energie und Verkehr zusammenbringen. So wird **elektrischer Strom zum wichtigsten Energieträger für zukünftige Fahrzeuge**, entweder direkt in batterieelektrischen Antrieben oder indirekt über die elektrolytische Erzeugung von synthetischen Kraftstoffen, sogenannten E-Fuels, und Wasserstoff^c und die Verwendung sogenannter Brennstoffzellen. Einen **Beitrag zum Klimaschutz** können solche „lokal emissionsfreien Fahrzeuge“ aber nur leisten, wenn der **Strom für den Verkehr regenerativ erzeugt** wird. Die zunehmend auf Wind und Sonne basierende Stromerzeugung ist aber wetterabhängig und damit unstetig. Daher wird an manchen Tagen mehr Strom erzeugt als nachgefragt, zuweilen wird aber auch zu wenig „grüner Strom“ erzeugt. Mit der voranschreitenden Energiewende entsteht also die Notwendigkeit, Stromnachfrage und -angebot flexibel und intelligent aufeinander abzustimmen. Das gesteuerte sowie das bidirektionale Laden von Elektrofahrzeugen sowie der Einsatz von Wasserstoffspeichern könnten genau diese Flexibilitätsoptionen liefern. Die **Sektoren Verkehr und Energie ergänzen einander** auf diese Weise und wachsen durch die sogenannte Sektorenkopplung zusammen.¹¹

„E-Mobilität und Hybrid-Antriebe sind bei leichten Fahrzeugen schon heute Realität und am weitesten entwickelt. Wasserstoff und E-Fuels sind in Zukunft bei Luftverkehr, Schiff, Bahn, Trucks und gegebenenfalls Pkw denkbar: Es wird ein Nebeneinander mehrerer Technologien sein.^d Dafür brauchen wir aber Technologieoffenheit.“

Rebound-Effekt: wenn der Schuss nach hinten losgeht

Viele vertrauen darauf, dass technologische Innovationen das Allheilmittel sein werden, um die Klimaziele zu erreichen. Das ist aber oft nicht der Fall, wie der sogenannte Rebound-Effekt zeigt: Ein modernes Auto verbraucht bei gleicher Leistung weniger Kraftstoff im Vergleich zu älteren Modellen. Das kann sich aber auf das Fahrverhalten auswirken. Gerade weil das Auto weniger verbraucht, werden Wege öfter mit dem Auto zurückgelegt, längere Strecken gefahren. Gleichzeitig werden immer schwerere und größere Fahrzeuge immer beliebter. Die Folge: **Technologische Effizienz kann zu indirektem Mehrverbrauch führen.**¹³ Obwohl die Fahrzeuge deutlich effizienter geworden sind, befinden wir uns in Deutschland im Verkehrssektor⁹ aufgrund dieser vielfältigen Effekte immer noch auf dem Emissionsniveau von 1990.¹⁰ Es geht also auch darum, **bewusster zu konsumieren** und die Frage zu stellen, was wirklich notwendig ist.



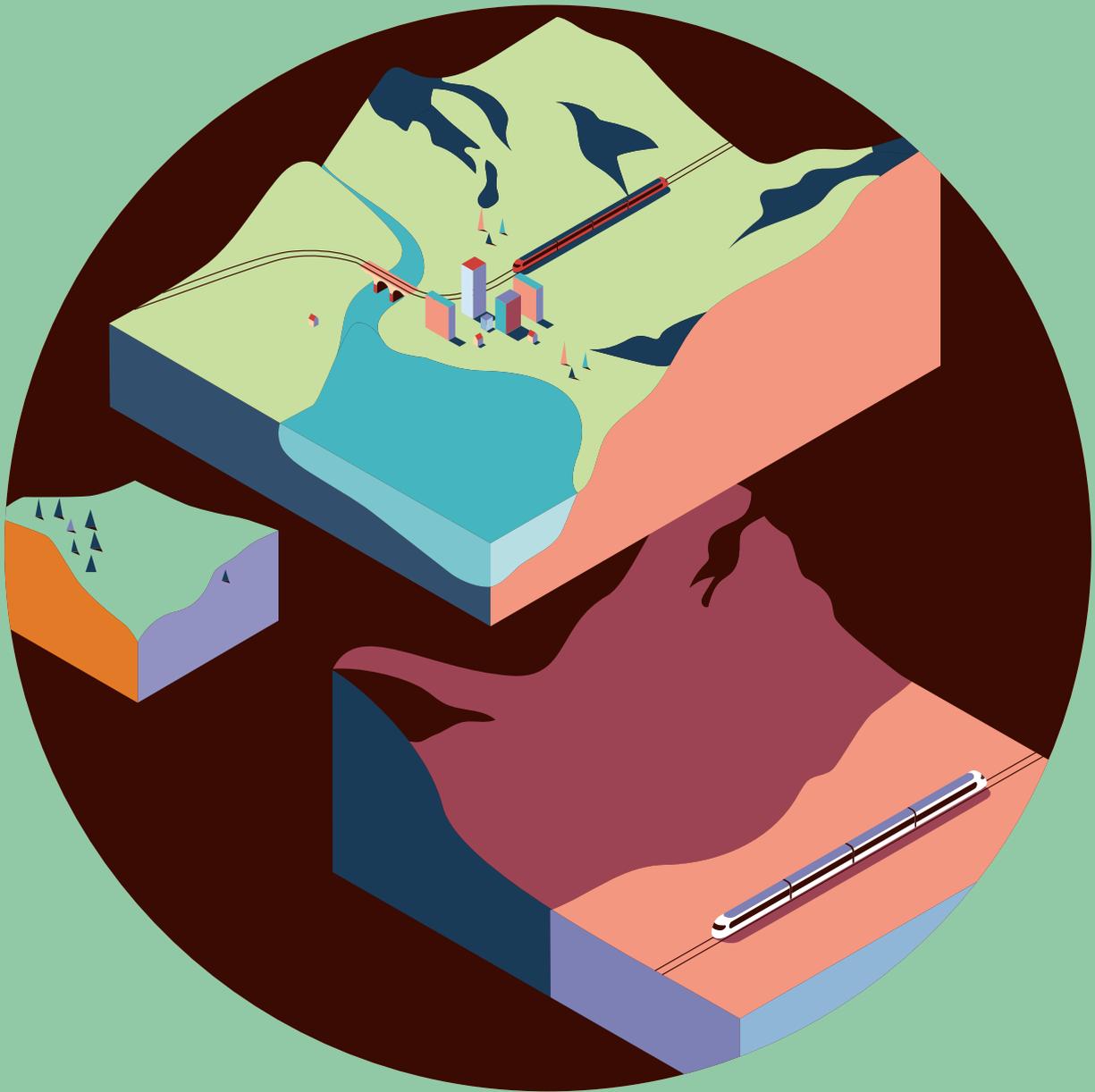
Mehr Schienenverkehr? Eine Frage an die Gesellschaft und Europa

Wenn wir alle Mobilität umweltfreundlicher gestalten wollen, sollten wir mehr Güter- und Personenverkehr auf die Bahn verlagern. Dafür ist es wiederum notwendig, den Schienenverkehr auszubauen, zu modernisieren und zu digitalisieren. Das geht nur, wenn **alle europäischen Länder an einem Strang ziehen**: Es ergäbe wenig Sinn, den Schienenverkehr in Österreich zu modernisieren, wenn dann beispielsweise die Schienennetze in Deutschland oder Italien nicht mehr kompatibel wären.

Hinzu kommt eine **gesellschaftliche Frage**: Wenn es darum geht, neue Bahntrassen zu bauen oder alte Strecken zu reaktivieren, kommt es oft zu Bürgerinitiativen und Protesten, etwa wegen der Lärmbelästigung.¹⁴ Technisch ist in Sachen Lärmschutz heute viel möglich; jetzt ist der Zeitpunkt, dafür Geld in die Hand zu nehmen und gemeinsam mit den Bürgerinnen und Bürgern neue Wege zu ebnen. Schwieriger zu lösen ist allerdings der Zielkonflikt zwischen dem Ausbau des Schienenverkehrs und dem Schutz der lokalen Umwelt.

„Wir brauchen eine europäische Kooperation: Nur wenn alle mitmachen, kann eine Modernisierung des Schienenverkehrs funktionieren.“

- e Das liegt auch daran, dass die Verkehrsleistung von Personen und Gütern weiter ansteigt. Darüber hinaus ist Deutschland ein sogenanntes Transitland mit einem starken Durchreiseverkehr von Personen und Waren. Außerdem haben Reisen, Online-Bestellungen sowie Retouren von bestellten Gütern stark zugenommen. All dies führt zu mehr Verkehr und folglich zu mehr Emissionen. Insgesamt geht es also weit über den Rebound-Effekt hinaus.



Der Klimawandel: auf der Suche nach nachhaltigen Lösungen für die Zukunft

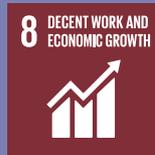
Gütertransport und Verkehr hinterlassen einen erheblichen CO₂-Fußabdruck und tragen so zum Klimawandel bei. Mobilität kann aber auch nachhaltiger sein. Strom aus erneuerbaren Energien, Wasserstoff und Power-2-X gehören zu den sogenannten **sauberen Energieträgern** und Verfahren, an denen **weltweit geforscht** und in die investiert wird.



Europäischer Green Deal: Europa möchte bis 2050 treibhausgasneutral sein.



Mehrere Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen hängen direkt oder indirekt mit der Mobilität von Personen und Gütern zusammen.



Mit einer Änderung des Klimaschutzgesetzes will die Bundesregierung das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 verankern (Stand Mai 2021).

Strom aus erneuerbaren Energien

Strom kennen wir aus der Steckdose. Dennoch fällt es schwer, sich etwas Greifbares darunter vorzustellen. Strom ist aber nichts anderes als Energie. Diese lässt sich auch aus der Natur holen, etwa aus Wind, Wasser oder Sonne, und ist besonders für E-Mobilität interessant.



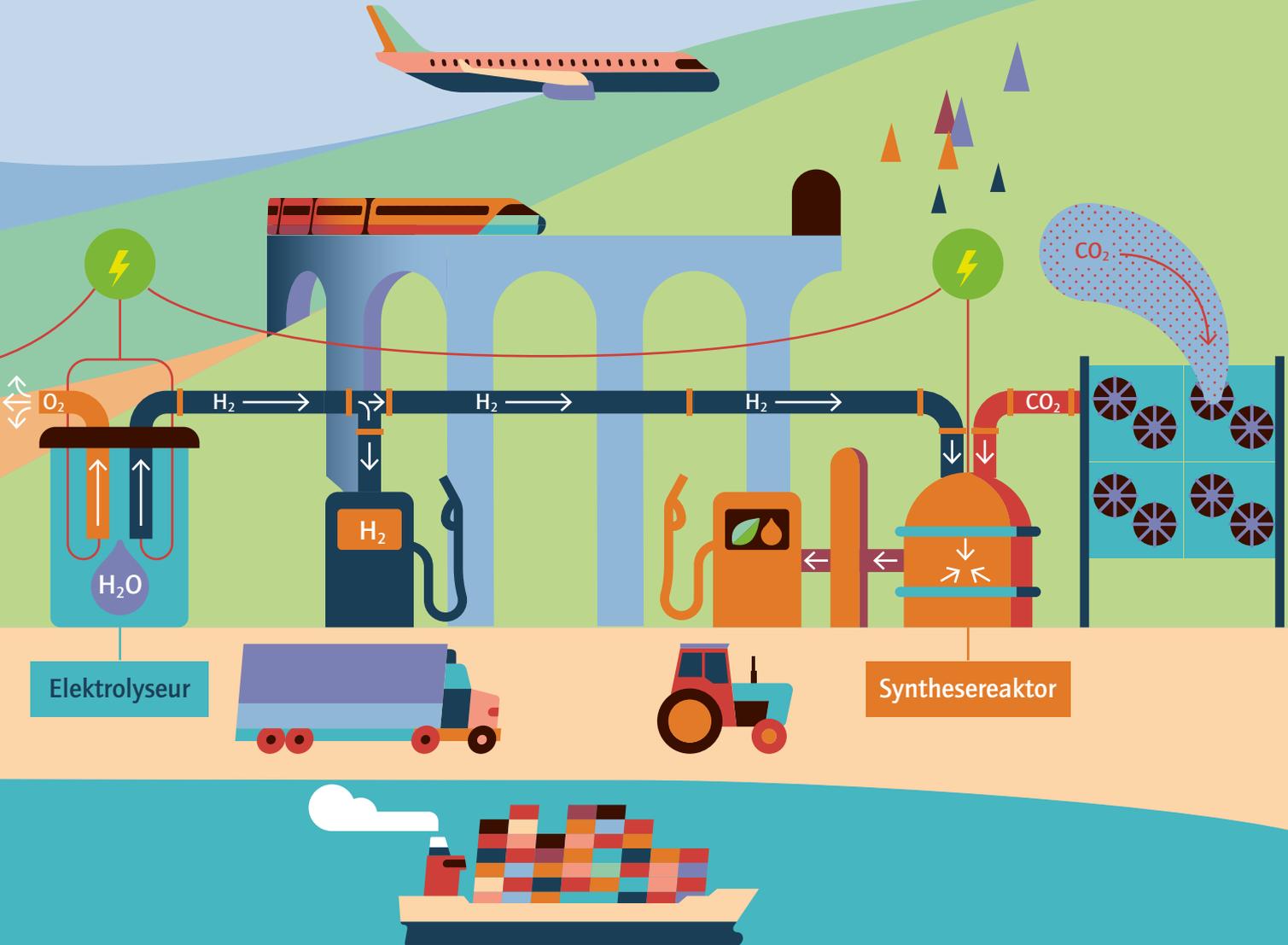
Quelle: eigene Darstellung

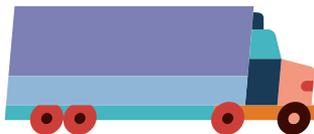
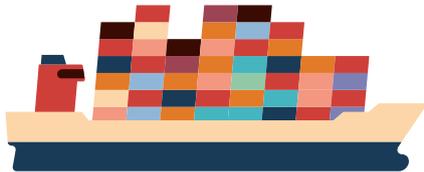
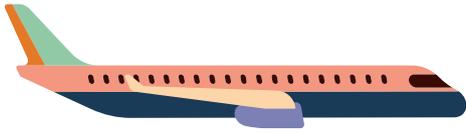
Wasserstoff

Wasser (H_2O) besteht aus Sauerstoff (O_2) und Wasserstoff (H_2). Trennt man den Sauerstoff ab, ist Wasserstoff als Energieträger nutzbar.

Power-2-X

Mithilfe von Strom aus erneuerbaren Energien wird Wasserstoff erzeugt und mit CO_2 verbunden. Endergebnis ist klimaneutrales E-Fuel.





Strom aus erneuerbaren Energien

Strom kennen wir aus der Steckdose. Dennoch fällt es schwer, sich etwas Greifbares darunter vorzustellen. Strom ist aber nichts anderes als Energie. Diese lässt sich auch aus der Natur holen, etwa aus Wind, Wasser oder Sonne, und ist besonders für E-Mobilität interessant.

Wie funktioniert es?

Das Prinzip ist einfach: Wind bewegt Windräder; die Wasserströmung bewegt eine Turbine; ein Generator macht aus Bewegung Strom. Bei Solarstrom ist es noch einfacher: Sonnenlicht trifft auf eine Solaranlage und erzeugt einen Elektronenfluss – also Strom.

Wo liegen die Potenziale?

Bei diesem „sauberen“ Strom fällt im Gegensatz zu fossilen Energien wie Kohle kein CO₂ durch Verbrennung an. Auch E-Mobilität, wie strombetriebene E-Roller oder Busse, wird erst mit sauberem Strom klimafreundlich.

Wie weit sind wir heute?

Wasserkraftwerke gab es bereits im 19. Jahrhundert. Seit der Energiewende gewinnen erneuerbare Energien weiter an Bedeutung, in Deutschland erzeugen sie bereits etwa die Hälfte des Stroms.

Woran hapert es?

Wind, Wasser und Sonne stehen nicht unbedingt dann zur Verfügung, wenn wir sie gerne hätten. Wir sind abhängig von Wetter und Jahreszeit. Das Problem: Strom ist nicht so einfach zu speichern.

Warum nicht einfach Batterien?

Strom lässt sich nur begrenzt in Batterien zwischenspeichern – etwa im Akku eines Smartphones. Möchten wir die heute durch fossile Verbrennung oder Atomenergie rund um die Uhr verfügbare Energie durch erneuerbare Energie ersetzen, wären für die Zwischenspeicherung dieses Stroms so viele Batterien nötig, dass das nicht bezahlbar wäre.

Wasserstoff

Wasser (H₂O) besteht aus Sauerstoff (O₂) und Wasserstoff (H₂). Trennt man den Sauerstoff ab, ist Wasserstoff als Energieträger nutzbar.

Wie funktioniert es?

Über einen Elektrolyseur, eine große Anlage, die Wasser in seine Bestandteile spaltet. Nötig ist dafür Strom – am besten aus erneuerbaren Energien. Erst dann ist das Ergebnis der Elektrolyse grüner, klimafreundlicher Wasserstoff. Dieser kann als Gas oder in gebundener Form transportiert und später wieder in Strom verwandelt werden.

Wo liegen die Potenziale?

Wasserstoff ist eine Lösung, um erneuerbare Energien zu speichern und zu transportieren. Neben Autos ist das insbesondere interessant für schwere Fahrzeuge, Züge, Schiffe und Flugzeuge. Hier stoßen Batterien an ihre Grenzen, weil sie viel mehr Energie erfordern und folglich viel größere, schwerere Batterien nötig wären.

Wasserstoff wird im Auto, Zug oder Flugzeug wieder in Wasser umgewandelt; dabei entsteht Energie, also Strom. Das passiert in einer Brennstoffzelle. Die Vorteile: weniger Lärm, weniger Verschleißteile, keine Abgase.

Wie weit sind wir heute?

Die Technologie gibt es seit über dreißig Jahren. Sie ist heute wieder in aller Munde, da Forschende weltweit auf der Suche nach sauberen Energieträgern sind. Deutschland und andere Länder haben sogar eine eigene Wasserstoffstrategie ausgearbeitet.

Woran hapert es?

Die Technologie ist an sich einfach. Um Wasserstoff im großen Stil über mehrere Branchen hinweg einzusetzen, braucht es aus heutiger Sicht große Importmengen an Wasserstoff. Außerdem ist die Energieeffizienz der Brennstoffzelle niedriger als bei batterieelektrischen Fahrzeugen.

Power-2-X

Mithilfe von Strom aus erneuerbaren Energien wird Wasserstoff mit CO₂ verbunden. Endergebnis ist klimaneutrales E-Fuel.

Wie funktioniert es?

Anhand von Strom aus erneuerbaren Energien (Power) mischt man in sogenannten Synthesereaktoren Wasserstoff mit CO₂, das aus der Atmosphäre stammt. Das Ergebnis ist eine Flüssigkeit (Power-2-Liquid) oder ein Gas (Power-2-Gas). Daraus produzieren Raffinerien dann klimaneutrales E-Fuel.

Wo liegen die Potenziale?

E-Fuel ist vor allem interessant, weil es mit herkömmlichen Dieselaautos und Benzinern und über gewöhnliche Tankstellen funktioniert. Im Idealfall braucht man kein neues Auto, um klimaneutral zu fahren.

Wie weit sind wir heute?

Relativ am Anfang: Noch fehlen energetisch effiziente Verfahren.

Woran hapert es?

Auch hier sind große Mengen an erneuerbaren Energien nötig; die mehrfache Energieumwandlung führt zu Verlusten. Aktuell entstehen bei der Verbrennung von E-Fuel noch Feinstaubpartikel, die die Luft belasten.

2.2 Mit Digitalisierung zur Transformation der Mobilität

„Wir werden in Zukunft einen Mix aus privaten, öffentlichen und sharing-basierten Mobilitätsangeboten haben.“

Die Digitalisierung verändert Mobilität. Schon heute erleichtert sie den Menschen das Leben; so profitieren Autofahrerinnen und -fahrer von Navigationssystemen, Parkhilfen, Sprachsteuerung, Fahrassistenten oder Apps zur Abrechnung von Parkgebühren und Parkplatzreservierungen. Beim ÖPNV können Fahrgäste über Internet oder Apps ihre Fahrt buchen, (online) Fahrtinformationen erhalten und digital bezahlen. Außerdem sind viele neue Sharing-Angebote wie Car-, Bike- und E-Scooter-Verleihsysteme via App nur durch die Digitalisierung möglich.

In Zukunft wird Digitalisierung ein Schlüssel sein, um Mobilität noch deutlich flexibler, bequemer und für alle zugänglich zu machen. Das ist für Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen hilfreich: So können etwa kombinierbare Verkehrssysteme – vom E-Roller über (automatisierte) On-Demand-Shuttle-Busse bis hin zu Tram und Bahn –, die sich alle in einer einzigen App „aus einer Hand“ buchen und unkompliziert bezahlen lassen, einen wichtigen Beitrag leisten. Digitalisierung verbessert damit die Mobilität der und des Einzelnen. Sie hat aber auch das Potenzial, Mobilität umweltfreundlicher und flächensparender zu gestalten, indem sie Verkehrsangebote effizienter bündelt, Staus vermeidet und Verkehr reduziert.¹⁵ Das dritte Schaubild zeigt im Überblick, wie das künftig aussehen könnte.

Gleichzeitig verändert Digitalisierung nicht nur die Art, wie wir uns fortbewegen, sondern auch unser Bedürfnis danach: Home-Office, Video-Calls oder Online-Kurse ermöglichen uns, virtuell mobil zu sein und mit anderen Menschen zu kommunizieren, ohne uns räumlich zu bewegen. Anstelle des Straßenverkehrs erzeugt die virtuelle Mobilität Datenverkehr in Datenräumen. Dafür nötige Computer und Server verbrauchen wiederum Strom. Somit ergibt sich aus dem hohen Energie- und Ressourcenaufwand digitaler Technologien^f ein Handlungsbedarf, den wir heute angehen sollten, um Digitalisierung und Mobilität wirklich umweltfreundlich zu gestalten. Ergo: Digitalisierung ist ein bedeutender Schlüssel, um Mobilität nachhaltiger zu gestalten – vorausgesetzt, die Digitalisierung selbst ist

nachhaltig. Das bedeutet, nicht nur blind zu digitalisieren, sondern von Anfang an zu planen, wie sich der hohe Strombedarf mit sauberen Energien decken lässt.

„Digitalisierung kann eine positive Stütze sein, um den Mobilitätswandel zu meistern, wenn wir sie verantwortungsvoll nutzen. Nachhaltigkeit by Design lautet das Stichwort. Das haben sich heute schon führende Fachleute auf die Fahne geschrieben, sowohl was Hardware als auch was Software angeht.“

Wie sieht automatisierter vernetzter Verkehr ab 2030 aus?

Wie Verkehr der Zukunft aussehen kann, zeigt Ihnen die acatech **STUDIE Neue autoMobilität III!** Zwölf Zukunftsbilder beschreiben die technologischen Möglichkeiten einer intelligenten Verkehrssteuerung und neuer Kooperationsformen zwischen automatisierten und nicht automatisierten Verkehrsteilnehmenden unter dem Gesichtspunkt der gesellschaftlichen Partizipation und ethischer Fragen.¹⁸



„Mit intelligenter Ampelschaltung oder intelligenter Parkplatzsuche könnten Fahrzeuge viel besser im Flow fahren;⁹ so ließe sich viel Verkehr in der Innenstadt einsparen. Ich schätze, wir sind erst am Anfang von dem, was technisch möglich ist.“

Daten: das A und O der Digitalisierung

Daten, Privatheit und Sicherheit sind in Deutschland und Europa ein hohes Gut. **Daten** sind gleichzeitig der **Schlüssel für innovative und digitale Mobilitätsangebote**. Deshalb ist jetzt der richtige Zeitpunkt, sich als Gesellschaft gemeinsam die Spielregeln für einen Mobilitätsdatenraum zu überlegen, der sowohl **innovative Mobilitätsservices ermöglicht als auch private und kritische Informationen schützt**. Allerdings werden die besten Spielregeln allein nicht viel bringen, wenn die Potenziale, die Daten und Digitalisierung für Gesellschaft und Industrie bieten, ungenutzt bleiben. Hier sind alle Spieler und Spielerinnen gefragt: Institutions- und branchenübergreifend müssen private und öffentliche Mobilitätsanbieter und Infrastrukturbetreiber, von der Automobilwirtschaft über die IT-Branche bis hin zu Politik und Gesellschaft, kreativ sein, Innovationen anwenden und neue, nutzerfreundliche und nachhaltige Mobilitätsangebote vorantreiben. Wenn Sie mehr dazu erfahren wollen, schauen Sie in den von acatech mitgetragenen **Datenraum Mobilität!**¹⁷



„Über neunzig Prozent¹⁹ der Verkehrsunfälle haben mit menschlichen Fehlern zu tun. Neue Technologien wie Fahrerassistenzsysteme bis hin zum automatisierten Fahren könnten diese Zahl erheblich reduzieren.“

- f** Schätzungen einer Studie zufolge können bei fortschreitender Digitalisierung die **Herstellung und der Betrieb von Endgeräten** (etwa Smartphones oder Computer) sowie der Betrieb der Rechenzentren und der Netzinfrastruktur deutschlandweit jährlich zwischen **16 und 22 Megatonnen CO₂-Emissionen verursachen**. Schätzungsweise haben **digitale Technologien** jedoch auch das **Potenzial, rund fünfmal so viel CO₂ einzusparen**, wie sie selbst verursachen. Im **Bereich Mobilität ließen sich bis 2030** durch die Digitalisierung geschätzt bis zu **28 Megatonnen CO₂ einsparen**.¹⁶ Das ist fast so viel, wie eine Stadt wie Berlin in einem ganzen Jahr ausstößt!
- g** Auch hier sind Rebound-Effekte zu befürchten: Verbesserungen im Verkehrsfluss machen Autofahren attraktiver. Das führt zu mehr Autos, und der „Vorteil“ ist dahin. Derselbe Rebound-Effekt kann noch schärfer beim Parken eintreten: Leichteres Finden von Parkplätzen erhöht sehr schnell die Anzahl der Fahrzeuge, die dann nur so lange besser parken können, bis es der Mehrverkehr wieder erschwert. Neue Technologien können also die Umwelt entlasten – vorausgesetzt, sie werden sinnvoll und bedacht eingesetzt. Bei dieser Überlegung sind die Nachteile eines vermehrten Verkehrs durch die Vorteile eines besseren, saubereren und sichereren Verkehrs auszubalancieren.

Mit Digitalisierung zur Transformation der Mobilität

Verkehr ist für ein Viertel der gesamten CO₂-Emissionen der EU verantwortlich, von denen der Großteil auf den Straßenverkehr entfällt. Digitalisierung und neue Technologien können dabei helfen, in Zukunft Verkehr und Mobilität nachhaltiger und inklusiver zu gestalten.

Vernetzte Fahrzeuge

Automatisierte Fahrzeuge kommunizieren in Echtzeit miteinander und mit ihrem Umfeld. Das gesamte Verkehrssystem ist intelligent vernetzt: Ampeln und digitalisierte Fahrspurmarkierungen steuern die Verkehrsströme, um Staus zu vermeiden.



Mobilität-on-Demand

Es entstehen neue Geschäftsmodelle, die auf Nutzen statt Besitzen setzen: Mobilität wird mit Car-Sharing und Ride-Sharing immer mehr zum Service. Das ermöglicht auch Menschen ohne Auto sowie älteren Personen, zum Arzt oder zum Supermarkt zu fahren.



Bahnhöfe werden zu Mobilitäts-Hubs

mit Park-and-Ride-Parkplätzen, Servicestationen für Leih-E-Roller, E-Scooter, Leihfahrräder, automatisierte E-Busse und mit direkter Schienenanbindung in die Stadt. Alles in einer einzigen App gebündelt! Die App gilt für ländliche Regionen und für die Stadt. Mobilität wird vernetzt, einfach und bequem.



Quelle: eigene Darstellung

Energie und Mobilität gekoppelt

Die Photovoltaik-Anlage auf dem Hausdach produziert Strom für das E-Auto. Dieses dient gleichzeitig als mobiler Stromspeicher, der den überschüssigen Strom wieder an das Smart-Home zurückgibt. Das spart erheblich Energiekosten und macht E-Mobilität flexibler. Großflächig angewandt könnte das eine Lösung sein, um erneuerbare Energien zu speichern.



Mobilitäts-Cloud

Sie ist die Voraussetzung für Digitalisierung: Unternehmen, Behörden, Städte, Kommunen, öffentliche Mobilitätsanbieter und Bürgerinnen teilen und nutzen ihre Daten in einer gesicherten Mobilitäts-Cloud. Die Daten sind anonymisiert, Privatsphäre und kritische Unternehmensinformationen geschützt.



Digitale Souveränität

Deutsche und europäische Start-ups und Unternehmen können jetzt verstärkt daran arbeiten, weltweit Umwelt- und Technologiestandards „Made in Europe“ zu setzen. Europa hat die Möglichkeit, eigene Datenräume und Infrastrukturen zu schaffen und sich wirtschaftlich und technisch unabhängiger zu machen.

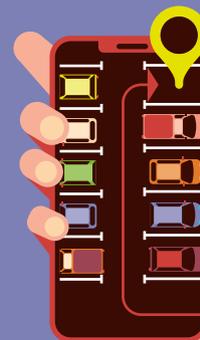
Sicherheit

In den Gehstöcken älterer oder blinder Menschen und in Kinderhelmen befinden sich Sensoren. Diese senden ein Signal an die Fahrzeuge, sobald jemand auf der Straße stürzt. Auch das Fahren selbst wird sicherer: Fahrzeuge kommunizieren miteinander, scannen ihre Umgebung und können mögliche Unfälle rechtzeitig vermeiden.



Intelligente Parkanlagen

Über App erhalten Autofahrende Informationen über Verfügbarkeit und Preis des Parkplatzes und werden zum idealen Parkplatz geleitet. Das spart Zeit, vermeidet Staus und vor allem CO₂-Emissionen.



2.3 Land und Stadt: die Verbindung zweier Welten

„Verkehrsplanung war bisher immer Ingenieurssache. Aus diesem Silo müssen wir raus und unbedingt Verkehrsplanung mit Raum- und Stadtplanung zusammen denken.“

Was noch vor fünfzig Jahren eine gute Idee war, nämlich die (damals laute) Fabrik vom (damals ruhigen) Wohnort zu trennen, ist heute nicht mehr zeitgemäß: Obwohl viele Menschen nicht mehr in Fabriken, sondern in Büros arbeiten, müssen viele von ihnen trotzdem **weite Distanzen zurücklegen**, um zur Arbeit, zum Arzt oder zum Einkaufen zu fahren, und **verursachen dadurch immer mehr Verkehr**. Dabei ist eine **strikte Trennung zwischen Wohn- und Gewerbegebieten nicht mehr notwendig** – auch deshalb, weil moderne Fabriken längst leiser, sauberer, kleiner und umweltgerechter sein können. Solche neuen, kleinen und smarten Fabriken ermöglichen es schon heute, unsere **Produktionsstrukturen radikal neu zu denken**: weg von der Produktion in konzentrierten Industriegebieten, hin zu **dezentraler Produktion in Mischgebieten**, die ländliches Wohnen mit Jobs in den Fabriken der Zukunft verbinden. Ein solcher Strukturwandel wäre eine **Win-win Situation für Stadt und Land**: Die Städte, die momentan aufgrund veralteter Stadtplanung häufig unter Lärm, Staus und Luftbelastung leiden, würden verkehrstechnisch entlastet und könnten **Industriegebiete** in dringend benötigte **Wohngebiete umwandeln**. Und die **ländlichen Regionen** würden durch neue, **gut bezahlte Arbeitsplätze** an Attraktivität gewinnen.

„Wir legen heutzutage im Alltag zunehmend längere Strecken zurück. Das bedeutet aber nicht, dass wir mehr vom Leben haben.“

Auch in der **Schiene steckt eine Menge Potenzial**: Gelingt es, alte Bahnstrecken zu reaktivieren und den Nahverkehr ins Ländliche besser auszubauen, um auch Randgebiete anzuschließen, ließen sich Land und Stadt besser verbinden sowie der **Verkehr erheblich reduzieren** und sauberer gestalten. Allerdings wird, zumindest in naher Zukunft, der Nahverkehr nicht jedes kleine Dorf abseits der Ballungsgebiete erreichen. Die verbleibenden Lücken könnten mancherorts Busse oder Sammeltaxis überbrücken. So etwas gibt es übrigens schon!²⁰ Jeder einzelne Baustein zählt.

Während aber weltweit immer mehr einkommensschwache Menschen in den Städten an lärmbelasteten Straßen leben, sind sie auf dem Land abgeschottet, sofern sie sich kein Auto leisten können. Denn außerhalb des Stadtgebiets gibt es, selbst in Deutschland, oft keine Alternative zum Auto. **Entfernungen können also zu sozialer Ungleichheit und „Mobilitätsarmut“²¹ führen**. So darf lebenswerte Mobilität nicht aussehen; Mobilität darf kein Elitentema sein.

Das vierte Schaubild illustriert, wie man **Stadt-, Raum- und Verkehrsplanung besser zusammen denken** könnte, um dem entgegenzuwirken. Das fünfte Schaubild zeigt, warum es wichtig ist, neue Konzepte zu entwickeln, die auf das **ländliche Umfeld** ausgerichtet sind und sich an den **Bedürfnissen der dort lebenden Menschen** orientieren.

„Wir dürfen den ländlichen Raum nicht mit der urbanen Brille betrachten: Wir brauchen dort ganz andere Konzepte als in der Stadt, die sich viel besser an Bedürfnisse und Umfeld der ländlichen Bevölkerung anpassen.“

Mobilitätsmonitor: die Sicht der Bevölkerung stets im Blick

Wie wirkt sich die Corona-Krise auf das Mobilitätsverhalten der Deutschen aus? Wie ist es um die Akzeptanz der Elektromobilität in der Bevölkerung bestellt? Bleiben Klima- und Umweltschutz wichtige Anliegen? Der **jährlich durchgeführte Mobilitätsmonitor hilft** uns, bei der zukünftigen Gestaltung des Mobilitätssystems die **Sicht und Bedürfnisse der Bevölkerung im Blick** zu behalten. Beim Thema Elektromobilität gibt es enorme Unterschiede zwischen der Realität und der Wahrnehmung der Bürgerinnen und Bürger. Wir sind aufgefordert, besser und verständlicher zu kommunizieren und die Öffentlichkeit noch stärker in die Transformationsprozesse der Mobilität einzubeziehen. So ergab der Mobilitätsmonitor, dass für **59 Prozent der Bevölkerung Umwelt- und Klimaschutz zu den besonders dringlichen politischen Anliegen** zählen, dass 61 Prozent den öffentlichen Nahverkehr fördern wollen, aber doch die Mehrheit zumindest der Autofahrenden den Pkw weiterhin für unverzichtbar hält. Immerhin etwa ein Viertel der Befragten wollen auch nach den Beschränkungen durch „Corona“ öfters mit dem Fahrrad fahren oder zu Fuß gehen. Neugierig geworden? Dann werfen Sie einen Blick in den von acatech mitinitiierten „Mobilitätsmonitor“!²²



„Während wir in der Stadt extrem viel Verkehr haben, ist zwanzig Kilometer außerhalb nichts mehr los. Ohne Auto sind die Menschen auf dem Land oft abgehängt; das darf so nicht sein.“

Frauen in Bewegung

Haben Sie schon einmal darüber nachgedacht, was **Gender mit Mobilität** zu tun hat? Tatsächlich ist **Verkehrsplanung** nicht genderneutral, sondern **spiegelt oft den männlichen Blick auf die Welt** wider.²³ Das hängt damit zusammen, dass in der Vergangenheit hauptsächlich Männer Städte und Verkehr geplant haben. Das Ergebnis: **Städte und Infrastrukturen** sind für das Auto optimiert und **entsprechen oft nicht den Bedürfnissen von Frauen**. Denn während Männer weltweit traditionell mit dem Auto geradlinig zu ihrer Arbeitsstelle und wieder zurück fahren, sind Frauen öfters zu Fuß oder mit dem Rad unterwegs und nutzen öffentliche Verkehrsmittel. Sie legen im Laufe des Tages mehrere kürzere Wege zurück, um Einkauf, Kinderbetreuung und Job zu verbinden. **Schlechte Busverbindungen, fehlende Aufzüge oder Radwege und auch die Gefahr von sexualisierter Gewalt** in der U-Bahn oder in dunklen Straßen und Parks stellen Frauen auf der ganzen Welt nicht nur vor logistische Probleme. Sobald sich übrigens die Stadt- und Verkehrsplanung mehr an den Bedürfnissen von Frauen ausrichtet, profitieren auch andere Gruppen wie Senioren oder Menschen mit körperlicher Einschränkung. Es ist also an der Zeit, sich über **Bedürfnisse und unterschiedliches Mobilitätsverhalten** Gedanken zu machen und routinemäßig mitzudenken!

Land, Stadt und Verkehr gemeinsam planen

Inklusive Mobilität bedeutet, die unterschiedlichen Bedürfnisse von Frauen und Männern aus Land und Stadt in den Mittelpunkt zu stellen. Erst dann ist es sinnvoll, **Verkehr, Land und Stadt um diese Bedürfnisse herum** zu planen.

Offenheit für Neues

Städte, Kommunen und Landkreise arbeiten Hand in Hand bei der Planung neuer Wohnviertel und neuer Mobilitätskonzepte. Auch der Staat ist offen für Neues, indem er Baugesetze aktualisiert.

Mehr Nähe, kürzere Wege

Städte und ländliche Gebiete werden ganzheitlich und integrativ gestaltet. Arztpraxen, Apotheken, Einkaufsmöglichkeiten, Kultur und Arbeit sind zu Fuß oder mit dem Fahrrad erreichbar.

Quelle: eigene Darstellung



Reallabor: Bürgerbeteiligung

Mit Frauen und Männern aus Stadt und Land sind im Vorfeld viele Gespräche zu führen. Gemeinsam werden neue Mobilitätskonzepte getestet, die zu ihren Bedürfnissen passen.

Stadt und Land als ein (Mobilitäts-)Raum

Alte Bahnstrecken werden wo immer möglich reaktiviert, öffentliche Verkehrssysteme ausgebaut. Stadt und Land sind nicht länger getrennt, sondern kompatibel miteinander verbunden. Wer will, kann am Wochenende mit dem Auto zur Erholung aufs Land fahren oder einen Ausflug in die Stadt machen.

Lebenswerte Wohngebiete

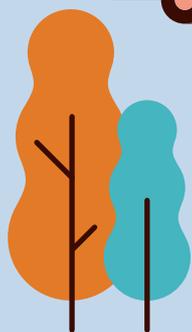
Es entstehen neue, schöne Wohngebiete mit mehr Grünflächen, Fußgängerzonen, Fahrradwegen und Parks. Die Menschen erholen sich besser und gewinnen an Lebensqualität.

Neue Technologien

Digitalisierung spielt eine wichtige Rolle. Private Unternehmen, Kommunen und Städte bieten flexible Mobilitätsangebote wie Sharing- oder On-Demand-Modelle an, die Verkehr bündeln und reduzieren. Diese sind bezahlbar und bequem, sodass die Menschen sie gerne nutzen.

Weit ab vom Schuss? Innovation klappt auch auf dem Land!

„**Virtuelle Mobilität**“ und Home-Office machen es möglich: Viele Menschen zieht es wieder aufs Land und ins Grüne. Doch sehr rasch sind sie dort weit ab vom Schuss. Vorerst werden die Menschen deshalb weiter auf das Auto angewiesen sein; langfristig braucht es aber **neue Mobilitätskonzepte**, die **spezifisch auf das ländliche Umfeld** zugeschnitten sind.



Das Problem: Knapper Nahverkehr, alternde Gesellschaften

Sich in **ländlichen Regionen fortzubewegen**, ist in fast jedem Land der Welt eine **Herausforderung** – vor allem ohne Auto.

Hinzu kommt: Wir leben länger. In alternden Gesellschaften wie Japan oder Deutschland wird im Jahr 2055 über ein Drittel der Bevölkerung älter als 65 sein. Diese Menschen leben oft auf dem Land und können irgendwann nicht mehr Auto fahren.

Der Zugang zum Nahverkehr ist in abgelegenen Gegenden eingeschränkt. Mit etwas Glück fährt zweimal pro Tag der Bus, noch dazu halb leer.

Hier werden neue, effizientere und **bedarfsgerechtere Mobilitätsangebote** getestet.

Quelle: eigene Darstellung nach Bernhart 2018²⁴



Die Lösung: Mobilität-on-Demand

Elektro-Shuttles haben weder Fahrplan noch Fahrtziele. Sie fahren „on demand“, also auf Abruf, und passen sich der Nachfrage und dem Bedarf der Fahrgäste an. In Zukunft können die Shuttles **automatisiert** fahren; das wird bereits pilotweise in Japan und Deutschland getestet!

Shuttles eignen sich vor allem für kurze Strecken: Die Fahrgäste buchen sie bequem per App oder Telefon und werden zum Bahnhof, Krankenhaus, Einkaufszentrum oder zur Behörde gefahren. Ein **Algorithmus** berechnet in Echtzeit die schnellste und **effizienteste Route**.

Auch die **Schiene wird digital**: Intelligente Fahrzeuge transportieren **Güter und Personen** nach Bedarf: Ein Algorithmus berechnet auch hier in Echtzeit die effizienteste Auslastung des Schienennetzes und passt den Fahrplan ständig neu an. So können viel mehr Züge in kürzeren Taktzeiten fahren.

On-Demand- und Sharing-Konzepte sind ein wichtiger Baustein, um das Angebot spezifisch auf dem Land zu ergänzen. Mobilität wird mehr und mehr zur Dienstleistung: **Mobility-as-a-Service** ist das Stichwort.

Alle gewinnen! Mobilität wird partizipativer und inklusiver

Wer nicht Auto fährt oder aufgrund von Alter oder körperlicher Einschränkung nicht mobil ist, gewinnt durch Mobilität-on-Demand an Autonomie: Sie erlaubt es, öfters aus dem Haus zu gehen, sich mehr zu bewegen und in Kontakt zu bleiben. Kurz: Sie ermöglicht mehr **Teilhabe an der Gesellschaft**.

Ein breiteres Mobilitätsangebot wirkt sich positiv auf die **Gesundheit und Lebensqualität** der Bevölkerung aus.

2.4 Warenverkehr und Logistik neu gedacht

Online bestellen ist einfacher und schneller denn je. In den vergangenen Jahren waren hier gewaltige Zuwächse^h zu verzeichnen: Wir bestellen Waren aus der ganzen Welt, die im Nu bis an unsere Haustür geliefert werden; Transport und Retouren sind für Konsumentinnen und Konsumenten oft kostenlos. Indem wir Waren und Güter aus aller Welt „bewegen“,ⁱ erzeugen wir allerdings immer mehr Verkehr und damit auch CO₂-Emissionen, selbst wenn wir uns selbst dabei nicht bewegen.

„Online-Bestellungen sind Segen und Fluch zugleich: Wenn ich ein paar Schuhe in drei unterschiedlichen Größen online bestelle und zwei davon zurücksende, hat das Folgen für die Umwelt. Vielleicht sind Click-and-Collect und mehr regionaler Handel gute Alternativen?“

Digitale Innovationen können auch hier helfen: Sogenannte Geoinformationssysteme (GIS), eine Art smartes, hochvernetztes GPS, bilden den gesamten Verkehr und die Infrastruktur in Echtzeit virtuell ab und behalten ihn so im Auge. Und zwar indem sie etwa elektrische Lieferfahrzeuge und Lastenräder mit ortsbezogenen Daten unterstützen, um optimale Routen und Zuladungen zu planen, und auf diese Weise Leerfahrten vermeiden. Darüber hinaus helfen sie Autofahrenden dabei, in Echtzeit freie Parkplätze zu finden und zu reservieren.

Mehrere Städte forschen und erproben inzwischen neue, umweltfreundlichere Konzepte, um weiterhin Sendungen auszuliefern, ohne die Innenstädte mit Liefer-Lkw zu verstopfen. So sparen einer Studie²⁷ zufolge neue Zustellverfahren mit der sogenannten Logistik-Tram im Vergleich zu üblichen Wareneinstellungen fast sechzig Prozent CO₂-Emissionen ein! Das sechste Schaubild illustriert, was dahintersteckt.

„Ist es nicht absurd, dass wir in Deutschland italienisches Mineralwasser bestellen, während man im Italienurlaub sieht, dass dort deutsches Sprudelwasser in den Regalen steht?“

Sicher unterwegs mit dem Abbiegeassistenten

Täglich gefährden abbiegende Lkw und Busse Menschen, die zu Fuß oder auf dem Fahrrad unterwegs sind. Dabei kommt es häufig zu Unfällen mit teils tödlichen Folgen. Hier schafft der Abbiegeassistent Abhilfe: Das sind Sensoren, die auf optische oder akustische Signale reagieren und die Lkw-, Tram- oder Busfahrenden in kritischen Verkehrssituationen warnen oder in Zukunft sogar selbstständig bremsen, wenn zum Beispiel ein Fahrradfahrer vorbeifährt. Der Abbiegeassistent kann also Menschenleben retten!²⁹

E-Mobilität auf der Schiene

Wussten Sie, dass bei der Eisenbahn die Elektromobilität schon gelebte Wirklichkeit ist? So fahren S- und U-Bahnen, Fernzüge und Trams bereits zu neunzig Prozent mit Strom. Besonders klimaschonend ist das erst, wenn der Strom nachhaltig ist, also aus Solar-, Wasser- oder Windkraft kommt. Dieser sogenannte grüne Strom macht aktuell sechzig Prozent des Stromanteils bei der Bahn aus.²⁸ Hier steckt also eine Menge Potenzial, um die Klimaziele zu erreichen!

- ^h In den letzten zehn Jahren ist das Online-Geschäft in Deutschland um nahezu 370 Prozent gestiegen.²⁵ Die Verkehrsleistung im Güterverkehr steigt von 437 Milliarden Tonnenkilometer in 2010 auf 607 Milliarden Tonnenkilometer in 2030, also um 39 Prozent.⁴¹
- ⁱ Die Corona-Pandemie hat nochmals gezeigt, wie sehr die Versorgung mit Gütern und Nahrung in Deutschland von globalen Lieferketten und vom internationalen Handel abhängig ist.²⁶



Logistik neu gedacht

Mobilität ist mehr, als sich von A nach B zu bewegen; Mobilität heißt auch, Güter des täglichen Gebrauchs von B zu uns nach A zu bringen. Selbst wenn wir uns also nicht bewegen, erzeugen wir Verkehr, etwa bei Online-Bestellungen aller Art – von Kleidung über Elektronik bis hin zu Nahrung. Diese Online-Geschäfte haben hierzulande in den vergangenen Jahren konstant zugenommen und führen zu mehr Verkehr, Lärm und schlechterer Luft.

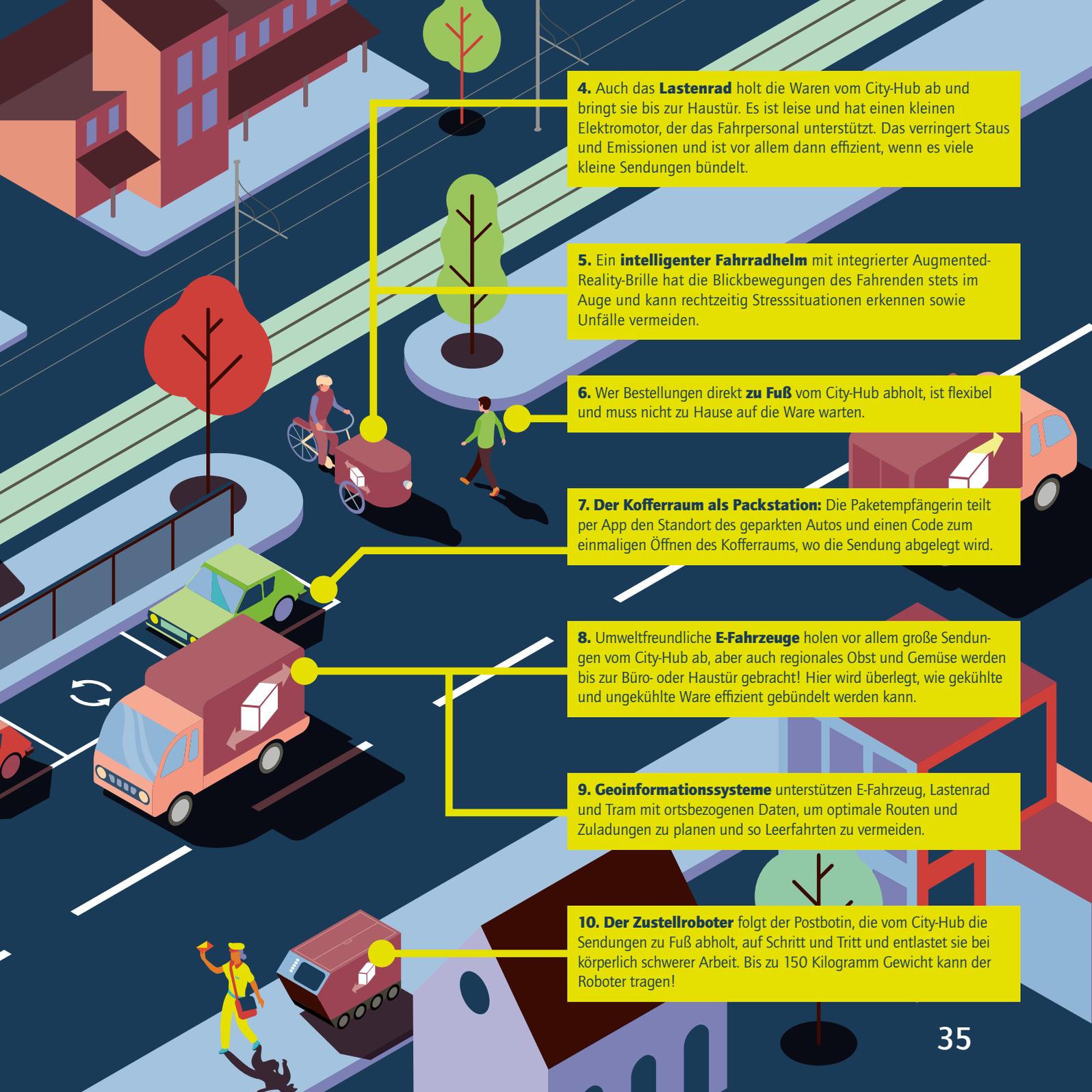
Deutschland experimentiert mit neuen Ideen für die Logistik der Zukunft. Noch ist offen, welche Ideen sich durchsetzen werden und welche auch bezahlbar und effizient sind.

1. City-Hub für die „letzte Meile“: Die letzte Strecke bis zur Haustür ist teilweise sehr aufwendig: Besonders bei Lieferanten, die nur wenige Sendungen bündeln können, muss der Kurierdienst für eine Lieferung manchmal durch die halbe Stadt fahren. Das ist ineffizient und verursacht Verkehr. Hier setzt das City-Hub an, eine Art städtisches Logistikzentrum, das Sendungen sammelt und bündelt. In großen Städten soll es künftig mehrere davon geben.

2. Vom City-Hub holt die Logistik-Tram die Güter ab und nimmt sie auf ihrer regulären Strecke mit, vor allem wenn nur wenige Fahrgäste unterwegs sind. Damit entlastet sie tagsüber die Innenstädte vom Lieferverkehr. Die Logistik-Tram gab es übrigens schon in den dreißiger Jahren!

3. Die Tram liefert die Sendungen an den unterschiedlichen Haltestellen ab, wo sie bis zur Abholung in Containern aufbewahrt werden. So können die Menschen direkt auf dem Heimweg ihre Sendungen mitnehmen. Das ist bequem und praktisch!

Quelle: eigene Darstellung



4. Auch das **Lastenrad** holt die Waren vom City-Hub ab und bringt sie bis zur Haustür. Es ist leise und hat einen kleinen Elektromotor, der das Fahrpersonal unterstützt. Das verringert Staus und Emissionen und ist vor allem dann effizient, wenn es viele kleine Sendungen bündelt.

5. Ein **intelligenter Fahrradhelm** mit integrierter Augmented-Reality-Brille hat die Blickbewegungen des Fahrenden stets im Auge und kann rechtzeitig Stresssituationen erkennen sowie Unfälle vermeiden.

6. Wer Bestellungen direkt **zu Fuß** vom City-Hub abholt, ist flexibel und muss nicht zu Hause auf die Ware warten.

7. **Der Kofferraum als Packstation:** Die Paketempfängerin teilt per App den Standort des geparkten Autos und einen Code zum einmaligen Öffnen des Kofferraums, wo die Sendung abgelegt wird.

8. Umweltfreundliche **E-Fahrzeuge** holen vor allem große Sendungen vom City-Hub ab, aber auch regionales Obst und Gemüse werden bis zur Büro- oder Haustür gebracht! Hier wird überlegt, wie gekühlte und ungekühlte Ware effizient gebündelt werden kann.

9. **Geoinformationssysteme** unterstützen E-Fahrzeug, Lastenrad und Tram mit ortsbezogenen Daten, um optimale Routen und Zuladungen zu planen und so Leerfahrten zu vermeiden.

10. **Der Zustellroboter** folgt der Postbotin, die vom City-Hub die Sendungen zu Fuß abholt, auf Schritt und Tritt und entlastet sie bei körperlich schwerer Arbeit. Bis zu 150 Kilogramm Gewicht kann der Roboter tragen!

3

Von Kopenhagen bis Singapur: der globale Blick

Der Klimawandel betrifft uns alle. Zahlreiche internationale Ansätze und Pilotprojekte zeigen, wie sich Mobilität neugestalten lässt. Natürlich haben Megastädte wie Mexiko-Stadt oder Jakarta mit ganz anderen Problemen zu kämpfen als eine europäische Kleinstadt; jedes Land befindet sich in einer ganz eigenen Ausgangslage. Modelle sind also aufgrund der unterschiedlichen Umstände nicht per Copy-paste übertragbar. Dennoch zeigen weltweit immer mehr Städte mit individuellen, innovativen Lösungen, dass Nachhaltigkeit mit den richtigen Anreizen möglich ist und sogar die Lebensqualität der Menschen verbessert. Je mehr Städte auf diesen Zug aufspringen, umso mehr nähern wir uns dem Ziel.



Kopenhagen: Bike Capital

„Kopenhagen hat es geschafft, mit einem großen Maß an Legitimität, Pluralismus und Partizipation gemeinsam mit der Bevölkerung die Stadt neu zu gestalten.“

Wie wäre es, wenn das Auto nicht mehr das Transportmittel der Wahl in einer Stadt wäre? Diese Frage können die Bürgerinnen und Bürger von Kopenhagen beantworten. Denn sie leben in der **ersten echten Radmetropole Europas, wenn nicht der Welt**. Dafür verantwortlich sind eine Reihe von Maßnahmen: Auf breiten, mehrspurigen Radwegen, die baulich von den Autospuren getrennt sind, fühlen sich sowohl langsame als auch schnelle Radfahrer und Radfahrerinnen sicher. Überall gibt es Fahrradbrücken mit schönen Aussichtspunkten, Fahrradautobahnen für Berufspendelnde, Service-Stationen mit Luftpumpen und Wasserspendern, eigene Parkhäuser für Fahrräder, Fußstützen an Ampeln und Mülleimern sowie die grüne Welle in der Innenstadt. Im Winter werden sogar die Radwege immer zuerst geräumt – noch vor den Autospuren. Mit dem Fahrrad zu fahren, ist also komfortabler, gesünder, meist schneller und kostet weniger. Das hat so gut geklappt, dass der Begriff „to copenhagenize“ in der Stadtplanung mittlerweile ein geflügeltes Wort ist. Es bedeutet, **eine Stadt zentral um den Fahrradverkehr herum zu planen**. Fun Fact: Dänemark hat sogar eine eigene offizielle Cycling Embassy!³⁰

„E-Bikes machen den Umstieg auf den Fahrradverkehr auch in hügeligen Städten möglich.“

Singapur: Garden City

Singapur hat ein **besonderes Rezept für nachhaltigen, effizienten Verkehr**: Der südostasiatische Stadtstaat hat bereits in den 80ern eine Obergrenze für Fahrzeuglizenzen eingeführt. Diese Grenze wurde 2018 erreicht; seitdem werden neue Autos nur zugelassen, wenn dafür ein altes abgemeldet wird. Wer eine Lizenz hat, zahlt außerdem zusätzlich eine City-Maut. Seit seiner Unabhängigkeit 1965 kämpft der Inselstaat mit wenig Fläche, einer wachsenden Bevölkerung, dichtem Verkehr und einer hohen Umweltverschmutzung. Da das Auto die flächenintensivste Form des Verkehrs ist, entschied die Stadt, dass sie ihre **Fläche für Parks und grüne Wohnflächen** nutzen möchte, die teilweise sogar **auf rückgebauten Straßen** entstehen. Singapur verfügt zudem über eines der besten und **modernsten Nahverkehrssysteme der Welt**, das aus der City-Maut mitfinanziert wird. Wer braucht dort noch ein Auto, wenn die nächste Metrostation nur fünf Minuten entfernt ist? Und wer vermisst viel befahrene Straßen, wenn er stattdessen durch einen Park mit frischer Luft spazieren kann? Nicht umsonst bezeichnet sich Singapur selbst als „Garden City“ und hat es in den letzten Jahren an **die Spitze der „grünsten“ Städte der Welt** geschafft.³¹

„Städte wie Paris oder Wien zeigen, dass wir motorisierte Verkehrsleistung in urbanen Gebieten deutlich einsparen können. Das hat keine negativen gesellschaftlichen Folgen, sondern steigert in vielerlei Hinsicht sogar die Attraktivität der Standorte.“^{32, j}

j In Deutschland leben aktuell über 75 Prozent der Gesamtbevölkerung in Städten.² Rund 27 Prozent der Deutschen leben in mittelgroßen Städten mit 20.000 bis 100.000 Einwohnern und rund 31 Prozent in Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohnern.³

Lagos: ein Leben im Stau – ein Blick in eine andere Realität

Dreißig Stunden pro Woche – so sieht aus Sicht mancher Europäerinnen ihre künftige Arbeitswoche aus. Eine traurige Realität ganz anderer Art verbinden damit die Menschen in Lagos: Sie verbringen diese Zeit jede Woche **im Stau!** Das ist etwa zehnmal so viel wie in Los Angeles. Trotzdem zieht es immer mehr Menschen nach Lagos, meist auf der Suche nach Arbeit. Sie fliehen auch vor Armut, Naturkatastrophen, Terror und Hunger. Das macht die Stadt mit ihren heute schon zweiundzwanzig Millionen Einwohnern zur Metropole, die weltweit am schnellsten wächst und nach Schätzungen **im Jahr 2100 die größte Stadt des Planeten** sein wird.⁴² Die Folgen von schnellem Wachstum und berhastetem Ausbau: Überlastete Infrastruktur, chaotischer Verkehr, schlecht gebaute und zu wenig Straßen, Stromausfälle und nicht funktionierende Ampeln. Neue Viertel entstehen willkürlich, statt geplant zu werden, Straßen, die nur als Nebenstraßen gedacht waren, sind plötzlich wichtige Verkehrsadern; **auf allen Ebenen läuft das Wachstum dem kontrollierten Ausbau davon.**

Krankheiten aufgrund von Umweltverschmutzung, Verletzungen bei Verkehrsunfällen und psychische Belastung sind der Preis, den die Bevölkerung dafür täglich zahlen muss. Um zumindest der **alarmierenden Zahl der Verkehrstoten** Herr zu werden, verbot die Regierung vor kurzem Motorad-taxis und motorisierte Dreiräder. Diese sogenannten Okada und Keke waren jedoch für viele, vor allem ärmere, der einzige Weg, durch das Chaos zur Arbeit zu kommen. Hunderttausende Pendler sind nun davon betroffen, viele haben ihre Jobs verloren oder müssen jetzt zu Fuß zur Arbeit gehen.⁴³ Das zeigt: **ohne Alternativen sind Verbote zwecklos.** Von öffentlichem Nahverkehr und Fahrradschnellwegen wie in Singapur und Kopenhagen können die Menschen in Lagos derweil nur träumen. Wer Glück genug hat und mit dem Auto fahren kann, steht immer noch im Stau. Dreißig Stunden die Woche. So viel Zeit muss in Lagos leider sein.

Peking: Vom Fahrrad zum Auto – und wieder zurück?

In Peking ist ein Fahrrad umgefallen. Auch wenn mit dieser Redewendung Bedeutungslosigkeit ausgedrückt werden soll, ist Verkehr in Peking ein Thema, dem die **Regierung eine sehr große Bedeutung** zuweist: Denn die Volksrepublik ist das Land mit dem **größten Ausstoß von Treibhausgasen weltweit**, zehn Prozent entfallen dabei auf den Verkehrssektor.⁴⁴ Galt Peking bis Ende der Neunziger Jahre noch als Fahrradmetropole, gehören Auto und Eigentumswohnung, getrieben durch Wirtschaftswachstum und Wohlstand, mittlerweile zu den Must-Haves auf dem Heiratsmarkt. Entsprechend hoch ist die Zahl der Autos und die Länge der Staus. Kommt es zu Straßenbauarbeiten, ist Geduld angesagt: Im Jahr 2010 bildete sich auf der Autobahn nach Peking ein zehn Tage dauernder Stau!⁴⁵

Staus, Lärm und Luftverschmutzung verringern die Lebensqualität der Pekingener Bevölkerung. Es gibt Tage, an denen die Behörden „Smog-Alarm“ ausrufen müssen: von Geschäften und Schulen über Autobahnen bis hin zur Industrie – die ganze Stadt macht dicht. Diese reale Bedrohung betrifft alle, das hat die Regierung längst erkannt. Ähnlich wie Europas Green Deal, spricht China von einer **„kologischen Zivilisation“** und arbeitet kräftig auf dieses Ziel hin. So zählt die **Peking Metro** zu den längsten der Welt, auf den Straßen findet man immer mehr **emissionsfreie Fahrzeuge**, das **Bike-Sharing** Angebot boomt. Übrigens: Fahrrad, Auto und öffentliche Verkehrsmittel kann man in Peking per App unter dem Motto „Mobility-as-a-Service“ kombinieren! Die App soll auch Einzelne dazu ermutigen, möglichst CO₂-neutral unterwegs zu sein. Führt man mit dem Fahrrad, mit dem Bus oder geht zu Fuß, wird man mit Coupons belohnt, etwa für den öffentlichen Nahverkehr. Eine reine Fahrradstadt wird Peking wohl nicht mehr. Mit einem **Mix aus verschiedenen Maßnahmen und Technologien** erhofft sich die Stadt jedoch etwas Licht am Ende des (Smog-) Tunnels.

„Nur durch ein Bündel von Maßnahmen mit klaren, längerfristigen Zielen und die Einbindung der Bevölkerung und aller Beteiligten lässt sich eine lebenswerte ‚Stadt der Zukunft‘ gestalten. Auf diese Weise hat Peking es geschafft, die Luftqualität in den letzten Jahren deutlich zu verbessern.“

4

Wie geht es weiter?

Wie geht es weiter? Welche aktive Rolle können Einzelne, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik spielen? Fest steht: Eine Transformation der Mobilität kann nur gesamtgesellschaftlich gelingen. Selbst wenn dieser Transformationsprozess sehr umfangreiche, komplexe Schritte erfordert, die hier nur angedeutet werden können, geben das **vierte Kapitel** und das letzte Schaubild Anstöße zum Nachdenken und vielleicht sogar zum Handeln.



Ideen für die Zukunft: Debattenraum für Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft

Die **Transformation der Industrie ist bereits in vollem Gange**. Unternehmen weltweit und auch in Deutschland arbeiten mit Hochdruck daran, die **neuen Trends der Mobilität** voranzutreiben: **Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Daten, E-Mobilität, Connectivity, Sharing und automatisiertes Fahren**. So ist die hoch modernisierte, saubere, leise und umweltfreundliche Fabrik der Zukunft teilweise schon heute Realität – die Mobilität der Zukunft ist im Entstehen.

Doch wie gelingt der **schwierige Balanceakt zwischen Ökologie, Ökonomie und Sozialem**? Ziel ist es, am Innovationsstandort Europa und in Deutschland eine industrielle Wertschöpfung aufzubauen, die ökologisch tragfähig, global wettbewerbsfähig und sozial abgedeckt ist, um weiterhin für Wohlstand zu sorgen. In Deutschland gibt es eine Plattform, auf der **Fachleute aus Zivilgesellschaft, Verbänden, Wissenschaft, Industrie und Politik in einem Debattenraum** zusammenkommen und in sechs Arbeitsgruppen ganzheitlich diskutieren, wie dieses Ziel erreicht werden kann^k:

Klimaschutz im Verkehr: Wie können wir unsere Mobilität erhalten, ohne dem Klima zu schaden? Das kann nur über einen Mix aus verschiedenen (weitgehend) treibhausgasneutralen Lösungen gelingen.

Alternative Antriebe und Kraftstoffe: Welche Rolle spielt die E-Mobilität? Auf welche alternativen Antriebe, Kraftstoffe und Infrastrukturen sollten wir setzen? E-Mobilität hat schon heute und in Zukunft eine zentrale Hebelwirkung in der Mobilitätswende. Aber auch andere vielversprechende alternative Antriebe und Kraftstoffe können eine wichtige Rolle spielen.

Digitalisierung: Welche Potenziale haben Daten und Digitalisierung? Schon heute unterstützen uns digitale Lösungen etwa in Form von Mobilitätsapps oder Fahrerassistenzsystemen. Künftig können sie dabei helfen, den Personen- und Warenverkehr insgesamt sicherer, effektiver und nachhaltiger zu gestalten.

Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandorts: Wie schaffen wir es, im globalen Wettbewerb unseren Mobilitäts- und Produktionsstandort zu sichern? Ein großes Potenzial liegt in der Batteriezellenherstellung, um auch nach dem Ende der Verbrennungsmotoren die Produktionsstandorte in Europa zu erhalten. Aber auch neue Geschäftsmodelle wie das Batterie-Recycling sind vielversprechend. Die berufliche Bildung und Qualifizierung im Mobilitätssektor muss sich den Herausforderungen des Technologiewandels anpassen. Schon heute sind den Menschen digitale Kompetenzen zu vermitteln, um sie auf die Arbeit von morgen vorzubereiten.

Sektorkopplung: Woher bekommen wir die saubere Energie, damit E-Mobilität und neue Antriebe überhaupt funktionieren und klimaneutral sind? Das geht nur, wenn wir Verkehrs- und Energienetze gemeinsam denken und miteinander koppeln.

Standardisierung: Wie schaffen wir es, dass die einzelnen Bestandteile in einem einheitlichen Gesamtsystem funktionieren, sodass zum Beispiel das E-Fahrzeug mit der Ladeinfrastruktur kompatibel ist? Dazu benötigen wir eine Roadmap für internationale Standards und Normen.

Wenn Sie mehr dazu erfahren wollen, werfen Sie einen Blick in die von acatech unterstützte Nationale Plattform Zukunft der Mobilität!³³

„Mobilität der Zukunft ist mehr als Auto. Gleichzeitig ist das neu gedachte Auto integraler Bestandteil, um den Verkehr der Zukunft zu gestalten.“



4.1 Die Rolle des Einzelnen: zuschauen oder mitmachen?

„Jede und jeder ist Vorbild, jeder ist Baustein.“

Worum geht es nochmal? Um Mobilität. Sie betrifft uns alle, schließlich geht es um unsere Bedürfnisse und Wünsche, um die Frage, wie wir uns fortbewegen und in welcher Art von Städten und Wohnquartieren wir leben möchten. Daher ist es naheliegend, dass **wir als Gesellschaft über die Zukunft der Mobilität gemeinsam nachdenken** und entscheiden können.

Was bedeutet das für mich? Ich muss meine Stimme als Frau oder Mann, als ältere oder jüngere Person, als auf dem Land oder in der Stadt Lebende für Politik und Wirtschaft stärker hörbar machen und bewusst handeln: Hier sind wir als **Bürger und Bürgerinnen selbst gefragt, aktiv mitzumachen** und offen zu sein für Innovationen und Veränderungen. Denn die besten neuen Technologien und Techniken werden sich nicht durchsetzen, wenn sie kaum genutzt werden oder gar auf Ablehnung stoßen.

Und wie geht das? Als Konsumierende haben wir eine Marktmacht, sonst gäbe es wohl keine Biosupermärkte. Es geht also um Angebot und Nachfrage. **Über unsere Nachfrage gestalten wir den Markt mit:** Entscheiden wir uns für nachhaltigere Produkte? Bestellen wir online, oder kaufen wir in der Nachbarschaft ein? Buchen wir eine Fern- oder eine Regionalreise? Kaufen wir uns ein kleineres oder ein größeres, ein elektrisches oder ein konventionell betriebenes Fahrzeug? Nutzen wir mehr Sharing-Modelle sowie das Fahrrad und den ÖPNV? Beteiligen wir uns an Social-Media-Diskussionen oder in Partizipations- und Dialogformaten? **Jede Entscheidung ist eine Stimme!** All dies funktioniert selbstverständlich nur dann, wenn es attraktive alternative Angebote gibt und es gelingt, die Menschen für Neues zu begeistern. Und hier kommen Wirtschaft und Politik ins Spiel.

„Es gibt viele attraktive Wege, um CO₂ einzusparen, die unser Alltagsleben verbessern statt verschlechtern.“

4.2 Die Wirtschaft: das Gesamtpaket zählt

Der Klimawandel: Wir stehen mit dem Rücken zur Wand. Der menschengemachte Klimawandel verändert so ziemlich alles (siehe Kapitel 2.1). Den Verkehrssektor und auch alle anderen **Sektoren wie Industrie oder Energie neu und gemeinsam zu denken, ist kein Nice-to-have, sondern ein Must-have.** Diese neue Realität zu verstehen und anzuerkennen, ist eine Aufgabe für alle und für die gesamte Wirtschaft.

Doppelt herausgefordert durch Asien und die USA.³⁴ Deutsche Autos und deutsches Engineering hatten lange die Nase vorn. Inzwischen ist der Veränderungsdruck enorm: Das große Geld mit der Nutzung von Daten wird häufig im Silicon Valley verdient; China produziert die meisten E-Autos. Beide Bereiche sind für die globale Wettbewerbsfähigkeit ausschlaggebend. Schließlich geht es darum, wer als Erstes internationale Standards etwa bei der Ladeinfrastruktur von E-Mobilität (und dem dazugehörigen grünen Strom) durchsetzt, um den Heimatmarkt und auch andere Weltmärkte zu bedienen. Es geht aber auch um begehrte natürliche Ressourcen wie Lithium oder Kobalt für die Entwicklung neuer Batterietechnologien. Auch hier prescht China rasch und entschieden vor. **Die Zukunft der deutschen und der europäischen Automobil- und Verkehrswirtschaft hängt aber stark davon ab, wie gut hierzulande Digitalisierung, Vernetzung und das Erschließen neuer Technologiefelder gelingen.**

„Im asiatischen Kontext sind Daten etwas, womit man Effizienz und Komfort steigert, was Spaß macht; das hat bei automatisierten Systemen eine sehr hohe Bedeutung. In den USA sind Daten etwas, was man sehr gut monetarisieren kann. In Europa denken wir beim Thema Daten als Erstes an Datenschutz.“

k Die Ergebnisse der Beratungen gehen dann als Handlungsempfehlungen an die deutsche Bundesregierung.

Was wird aus den Beschäftigten? Der Verkehrssektor¹ ist in der deutschen Wirtschaft tief verwurzelt. Schätzungsweise sind hier bis zu **4,4 Millionen⁶ Menschen direkt beschäftigt.**^m Es ist also nachvollziehbar, dass die Menschen einer grundlegenden Transformation im Verkehrsbereich mit Sorge entgegensehen. Die Art zu produzieren und uns fortzubewegen wird sich genauso ändern wie die Arbeitsprofile und Anforderungen an Millionen von Mitarbeitenden.³⁶ Sich schon **jetzt auf die Arbeit von morgen vorzubereiten**, die Menschen weiterzubilden und Vertrauen zu schaffen, ist eine gewaltige Aufgabe, bei der Unternehmen, Betriebsräte und die Belegschaft Hand in Hand agieren sollten.

„Die deutsche Industrie und die Betriebsräte in der Mobilitätsbranche sind viel offener und weiter, als man denkt; sie arbeiten sogar eng mit Umweltverbänden zusammen.“

Der Purpose: Nachhaltigkeit wird das „New Normal“. Die genannten Herausforderungen bieten Chancen, um einen Neustart zu wagen. Das geht vor allem nachhaltig, wenn Umwelt, Ökonomie und Soziales im Einklang sind und wenn Sicherheit und Lebensqualität der Menschen im Mittelpunkt stehen (siehe Kasten „Europäischer Green Deal“, Kapitel 2.1). Gerade mit hohen, **verlässlichen Qualitäts- und Umweltstandards „Made in Europe“**, die den Schutz sowohl privater als auch vertraulicher Firmendaten garantieren, können sich Europa und Deutschland **weltweit positionieren**.

„Wir werden die Klimaziele nur erreichen, wenn es neben neuen technischen Lösungen auch zu einem Umdenken kommt. Diese Transformation kann faszinieren; das funktioniert vor allem über attraktive Angebote und Anreize.“

Das Gesamtpaket zählt. Den Wert schafft nicht nur das alleinstehende Produkt, also das Auto, der Zug oder das E-Bike, sondern auch die Dienstleistung um das Produkt herum. So können Sharing-Geschäftsmodelle oder Recycling-Services von E-Batterien spannende Konzepte für die Zukunft sein! Der Clou dabei ist, **aus Produkt und Dienstleistung, Software und Hardware mithilfe von Daten ein Gesamtpaket zu schnüren:** Denn ein einzelner E-Roller (als Produkt) würde die meiste Zeit nur ungenutzt in der Garage stehen. Ist derselbe E-Roller (über eine

Software) in ein Datensystem eingebettet, könnten ihn mehrere Menschen per Handy bequem finden, buchen und viel effizienter nutzen.

„Wenn ich mein Auto nur eine Stunde am Tag fahre, steht es die restlichen 23 Stunden in der Garage herum. Es ist viel effizienter, das Auto mit anderen zu teilen. Das kann über Mieten oder Sharing funktionieren oder auch über ganz neue Konzepte, die noch gar nicht existieren.“

Alle sind gefragt, sich zu überlegen, wie sie dieses Gesamtpaket am besten nutzen. Das bedeutet, über den eigenen Tellerrand hinauszuschauen: Werden etwa die Kräfte von **öffentlichen und privaten Anbietern⁹ zu neuen „Mobilitätspaketen“** koordiniert, profitiert die Kundschaft von **flexibleren Verkehrsangeboten aus einer Hand**. Diese Angebote kombinieren Zug oder Tram mit Car-Sharing und On-Demand-Shuttles bei einem einzigen Unternehmen. Gelingt es, **Mobilität ganzheitlich, als Rundum-Paket** zu verstehen, lassen sich neue, innovative Felder erschließen. Dabei entstehen langfristig neue Jobs in den Bereichen Umwelt- und neue Antriebstechnologien, E-Batterien, Ladeinfrastruktur⁹, Software, Daten- und Technologieplattformen sowie Mobilitätsdienstleistungen. Diese übergreifende Aufgabe betrifft gleichermaßen die etablierte Verkehrsindustrie, öffentliche und private Mobilitätsanbieter, Städte, Kommunen und Gemeinden, die großen Herstellfirmen von Automobilen und Schienenfahrzeugen, Zulieferbetriebe, kleine und mittelständische Unternehmen sowie Start-ups: **Jetzt ist die Zeit, sich neu zu erfinden!**

„Wir müssen uns von der Fixierung auf die Hardware lösen, denn die Musik spielt auch in der Software. Hier dürfen wir das Potenzial der Daten nicht verschenken.“

4.3 Wissenschaft und Wissen für alle

Wo stehen wir? Die deutsche und europäische **Wissenschaft ist hervorragend aufgestellt und international vernetzt**. Das betrifft Forschende und Fachleute aus den Ingenieurwissenschaften, den Verkehrswissenschaften und der Stadtplanung.

Woran hapert es? Bisher steht **jeder Bereich für sich selbst**: Motorenentwicklung war traditionell reine Ingenieurssache; Stadtplanung war etwas für Architekturschaffende und Planerinnen und Planer. Das galt bisher auch für Wissenschaft und Wirtschaft, zuweilen zwei verschiedene Welten. Auch die Gesellschaft war bislang nicht direkt einbezogen und konnte ihre Wünsche und Bedarfe nicht frühzeitig einbringen.

Mobilität ganzheitlich denken. Das bedeutet, **interdisziplinär zu denken**: Wissenschaft und Wirtschaft⁹, Fachleute und Expertenteams aus Land-, Stadt- und Verkehrsplanung sind zusammenzubringen; Studiengänge aus den Technik- und Sozialwissenschaften sind besser zu verzahnen.

Wissen für alle. Das Fachwissen ist vorhanden. **Wissenschaft darf aber kein Elitentema, Wissen kein Privileg sein**. Experimentierräume und Reallabore (siehe Kapitel 4.4) mit Bürgerinnen, Bürgern und Stakeholdern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sind eine gute Möglichkeit, dieses Wissen **leicht verständlich zu vermitteln und auch (schneller) in die Anwendung** zu bringen. Andernfalls läuft der öffentliche Diskurs Gefahr, das Thema weniger fachlich und faktenbasiert, sondern emotional aufgeladen zu führen.

-
- l** Hierunter fallen Produktion, Handel und Instandhaltung von Fahrzeugen, die mit 57 Prozent den größten Teil der Wertschöpfung in verkehrsbezogenen Wirtschaftsbereichen ausmachen. Es folgen Verkehrsdienstleistungen (mit 40 Prozent) sowie die Bereiche Kraftstoffe und Infrastruktur (mit 3 bis 4 Prozent).⁶
 - m** So befindet sich die deutsche Automobilindustrie in einem langfristigen Strukturwandel und Transformationsprozess, der Unternehmen, Regionen, Beschäftigte und den gesamten Produktionsstandort Deutschland vor große Herausforderungen stellt.³⁵
 - n** Das kann ein vielfältiges Angebot sein, das verschiedene Unternehmen erbringen. Denkbar ist in Zukunft auch, die klassischen beiden Bereiche des öffentlichen und privaten Verkehrs zu neuen „Mobilitätsgesellschaften“ zusammenzuschließen, die Rundum-Mobilitätsangebote bereitstellen.
 - o** Einer Studie zufolge könnte allein durch den Aufbau der **Ladeinfrastruktur** zur Beladung der E-Autos in den **nächsten 10 Jahren ein Personalvolumen von 255.000 Fachkräften** entstehen.³⁷
 - p** Das kann etwa in Form gemeinsamer Beratungs- und Stakeholderforen passieren.

„Es geht um die grundsätzliche Frage, wie wir Umwelt und Mobilität miteinander harmonisieren. Hier ist die Forschung ein wichtiger Schmierstoff.“

„Europa ist Weltmeister in der Analyse und Zielsetzung; in der Umsetzung sind wir bestenfalls im Mittelfeld.“

4.4 Die Politik: „Transformation by Design“

Primat der Politik: Mit Blick auf Wachstum und Wohlstand hat die europäische und deutsche Politik das Auto und eine autozentrierte Verkehrsplanung jahrzehntelang gefördert. Ein grundlegendes Umdenken und Umplanen lässt sich nicht einfach von heute auf morgen herbeizaubern. Voraussetzung ist jedoch, dass die Politik jetzt diese Transformation „by Design“³⁴ moderiert, (mit-)steuert und den richtigen Rahmen setzt. Wie?

Klimaschädliches Verhalten sollte einen Preis haben. Europa und Deutschland haben bereits Hand angelegt. So ist der **EU-Emissionshandel**³⁸, der den Ausstoß von CO₂ reguliert und begrenzt, das **Herzstück des europäischen Klimaschutzes**. Allerdings gilt er bislang nur für die Sektoren Energie, energieintensive Industrie und (teilweise) für den kommerziellen Flugverkehr. Deutschland geht seit 2021 sogar einen Schritt weiter und bepreist zusätzlich die Sektoren Verkehr und Wärme.¹⁰

Innovationen attraktiv machen: Die Politik fördert bereits einen **Mix aus Innovationen** in den Bereichen neue Umwelt- und Antriebstechnologien wie E-Mobilität, Wasserstoff, E-Fuels und die dazugehörigen Infrastrukturen, aber auch neue digitale Geschäftsmodelle.⁹ Wichtig ist, der Kundschaft und dem Markt **weiterhin Freiheiten zu lassen, damit sich die Technologien frei entwickeln** können und wettbewerbsfähig bleiben.¹ Wie brisant dabei das Thema Daten ist (siehe Kapitel 2.2), zeigt die neue Datenstrategie. Diese soll einen politischen Rahmen schaffen und Chancen aufzeigen, wie wir als Gesellschaft Daten am besten nutzen können.³⁹

„Die Politik kann einen innovationsfreundlichen Rahmen schaffen, ohne sich zu konkret auf einzelne Technologien festzulegen.“

⁹ Siehe hierzu Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung.¹⁰
^r Allerdings ist es insbesondere am Anfang wichtig, gezielte Anreize zu setzen, etwa über Förderung von E-Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur.

Offenheit für Neues: Bürgerbeteiligung im Reallabor

Wussten Sie, dass das Reallabor Hamburg ein Experimentierraum für Innovationen im Bereich digitale Mobilität ist? **Hier soll die Bevölkerung selbst über die Mobilität der Zukunft entscheiden.** So können Einwohnerinnen und Einwohner verschiedene Technologien und Verkehrsangebote im Alltag erproben und ihre Erfahrungen und Bedenken in einen Dialog einbringen. Gleichzeitig **helfen Reallabore der Politik zu verstehen, welche Regeln und Gesetze die digitale Welt von morgen braucht.** Wenn Sie mehr dazu erfahren wollen, besuchen Sie die von acatech unterstützte Nationale Plattform Zukunft der Mobilität!⁴⁰



Von der autoorientierten zur menschenzentrierten Mobilität: Verkehrs-, Stadt- und Raumplanung kommen erst zusammen, wenn qualifizierte Fachleute das Thema mit Zukunftsvision vorantreiben und wenn das Gesetz dies auch ermöglicht. Der Ball liegt daher auch bei der Politik, Verkehrsplanung und Baugesetzgebung zu modernisieren und an die heutigen Bedürfnisse von Land und Stadt, von Jung und Alt, von Frau und Mann anzupassen. Reallabore sind bereits ein wichtiger Schritt, denn dort wird außerhalb der bestehenden Gesetze Innovation getestet, um mehr über die notwendigen Regularien zu erfahren und die Bevölkerung von Anfang an einzubeziehen.

Das funktioniert eben nicht nur über Vorschriften. So lehnen viele Menschen auf dem Land, die auf das Auto angewiesen sind, Fahr- oder Parkverbote ab. **Erst durch attraktive Alternativen**, die die Menschen gerne und ohne Zwang nutzen, **erhält das Neue eine Chance:** mehr Fahrrad- und Fußgängerwege, bessere Schienenanbindung ländlicher Regionen, umweltfreundlichere Autos, mehr Nutzen statt Besitzen, bequeme, bezahlbare Mobilitätsangebote, ruhigere, familienfreundliche Wohngebiete mit Spielplätzen, Parks und Grünflächen, kürzere Distanzen, weniger Verkehr, mehr Nähe und mehr Luft zum Atmen und schließlich **mehr Zeit, mehr Lebensqualität, mehr Bewegungsfreiheit, mehr Mobilität.**

„Wir müssen akzeptieren, dass eine Ökonomie nur dann erfolgreich ist, wenn sie nachhaltig ist. Dazu brauchen wir einen gesunden Mix aus Regulierung und Anreizen.“

„Es geht nicht darum, den Menschen etwas zu nehmen, sondern uns allen etwas zurückzugeben.“

Die Transformation zu einer neuen Mobilität: Wo wollen wir hin?

Mobilität ist Teilhabe am Leben, sie betrifft jede und jeden. Die Transformation der Mobilität ist somit eine gesamtgesellschaftliche Transformation, die ein grundlegendes Umdenken aller erfordert. Die Richtung ist klar, der Weg in Ansätzen beschrieben, bis zum Ziel ist es aber noch weit.



Offenheit für Innovationen & Innovationsmix:

skalierbare, bezahlbare Mobilitätsangebote

Fixierung auf bestimmte Technologien

Klimaziele & neuer Purpose: Nachhaltigkeit als "New Normal": Umweltfreundliche Technologien

Klimaschädliches Verhalten

Digitalisierung als technologischer Treiber & sicherer Mobilitätsdatenraum

Digitalisierung nicht flächendeckend, schlummernde Datensätze



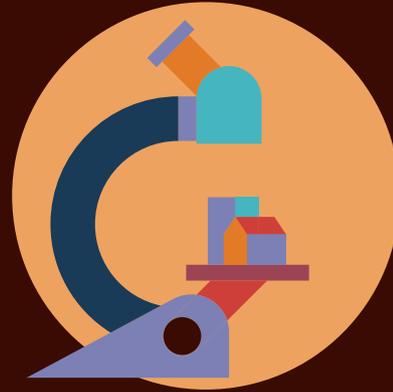


Mobilität ganzheitlich: Fachkräfte aus Ingenieurwesen, Architektur und Sozialwissenschaft planen Lebensräume und Verkehr gemeinsam; Ausbau der Schiene

— **Mobilität fragmentiert:** Verkehrs-, Stadt- und Raumplanung getrennt

Mobilität gebündelt als **Rundum-Paket**, neue Sharing- und On-Demand-Geschäftsmodelle

— Mobilitätsangebote **vereinzelt**



Reallabore: Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft testen gemeinsam Innovationen

— **Transformation „von oben“**

Mobilität für alle, gesellschaftliche Mobilität: Bedürfnisse von Frau und Mann, Jung und Alt, Land und Stadt frühzeitig einbeziehen

— **Mobilität für wenige**, vorbei an den Bedürfnissen der Allgemeinheit





Mitwirkende

Gesamtleitung acatech HORIZONTE:

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Vizepräsident acatech,
Seniorprofessor Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn

Leitung Innovationsforum:

Prof. Dr. Martina Schraudner, Vorstandsmitglied acatech, Leiterin
Fraunhofer Center for Responsible Research and Innovation

Projektgruppe Transformation der Mobilität:

Das acatech Präsidium hat für diese HORIZONTE-Ausgabe eine unabhängige Projektgruppe aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft berufen. Die Inhalte der Publikation wurden durch die Projektgruppe festgelegt und spiegeln nicht die Meinung des acatech Präsidiums wider. acatech dankt der Projektgruppe sehr herzlich für ihre Mitarbeit und für die geführten Interviews! Im Einzelnen waren dies:

Michael Bültmann, Geschäftsführer, HERE Deutschland GmbH & Co. KG

Stefan Gerwens, Leiter Ressort Verkehr, ADAC e.V.

Prof. Dr. Dietmar Göhlich, Professor für Produktentwicklung und Mechatronik, Sprecher des Forschungscampus Mobility2Grid, Technische Universität Berlin (**Projektgruppenleiter**)

Prof. Dr. Helmut Holzapfel, Leiter Zentrum für Mobilitätskultur

Prof. Dr. Stephan Rammler, Wissenschaftlicher Direktor, IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung Berlin

Prof. Dr. Corinna Salander, Direktorin, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt

Dr. Jörg Salomon, Vice President GoGreen & Fahrzeugtechnik, Deutsche Post DHL Group

Prof. Dr. Thomas Weber, Vizepräsident acatech

Christine Weis-Hiller, Leiterin des Geschäftsbereichs Verkehrs- und Bezirksmanagement, Mobilitätsreferat, Landeshauptstadt München

Inhaltliche Konzeption, Interviews, Erstellung Text und Grafiken:

Christina Müller-Markus, acatech Geschäftsstelle, HORIZONTE (federführende Autorin)

David Gierscher, acatech Geschäftsstelle, HORIZONTE

Marco Mitrovic, acatech Geschäftsstelle, HORIZONTE

Mit Unterstützung durch:

Annette Wiedemann, acatech Geschäftsstelle, HORIZONTE (Kommunikation)

Iris Michalik, acatech Geschäftsstelle, HORIZONTE

Laura Grewe, acatech Geschäftsstelle, HORIZONTE

Sebastian Wölfle, acatech Geschäftsstelle, HORIZONTE

Literaturverzeichnis

- 1 Holzapfel, H. (2020): *Urbanismus und Verkehr. Beitrag zu einem Paradigmenwechsel in der Mobilitätsorganisation*. 3. Auflage. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.
- 2 Zukunftsinstitut (2021): *Urbanisierung: Die Stadt von morgen*. Online verfügbar unter <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/urbanisierung-die-stadt-von-morgen/>, zuletzt geprüft am 22.02.2021.
- 3 Bangel, C. (2017): *Stadt, Land, Vorurteil*. Zeit Online. Online verfügbar unter <https://www.zeit.de/feature/deutsche-bevoelkerung-stadt-land-unterschiede-vorurteile>, zuletzt geprüft am 19.03.2021.
- 4 United Nations Department of Economic and Social Affairs (2018): *68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN*. Online verfügbar unter <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>, zuletzt geprüft am 13.01.2021.
- 5 European Commission: *Transport emissions*. A European Strategy for low-emission mobility. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/clima/policies/transport_en, zuletzt geprüft am 13.01.2021.
- 6 Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz im Verkehr“ (2019): *WEGE ZUR ERREICHUNG DER KLIMAZIELE 2030 IM VERKEHRSSSEKTOR*. Zwischenbericht 03/2019. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Online verfügbar unter <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/03/NPM-AG-1-Wege-zur-Erreichung-der-Klimaziele-2030-im-Verkehrssektor.pdf>, zuletzt geprüft am 18.01.2021.
- 7 Statista (2021): *Fahrleistung der Pkw in Deutschland im Jahr 2019*. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/246069/umfrage/lauffleistung-privater-pkw-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 08.03.2021.
- 8 Quarks, Westdeutscher Rundfunk Köln (WDR) (2019): *CO₂-Rechner für Auto, Flugzeug und Co*. Wie viel CO₂ setzt du frei? Online verfügbar unter <https://www.quarks.de/umwelt/klimawandel/co2-rechner-fuer-auto-flugzeug-und-co/#rechner12>, zuletzt geprüft am 08.03.2021.
- 9 Europäische Kommission: *Ein europäischer Grüner Deal*. Erster klimaneutraler Kontinent werden. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de, zuletzt geprüft am 18.01.2021.
- 10 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2019): *Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf>, zuletzt geprüft am 13.01.2021.
- 11 Göhlich, D., Raab, A. (2021): *Mobility2Grid - Sektorenübergreifende Energie- und Verkehrswende*. Springer Verlag.
- 12 Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Arbeitsgruppe 2 „Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität“ (2019): *ELEKTROMOBILITÄT. BRENNSTOFFZELLE. ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE - EINSATZMÖGLICHKEITEN AUS TECHNOLOGISCHER SICHT*. 1. KURZBERICHT DER AG 2. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Online verfügbar unter <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/11/NPM-AG-2-Elektromobilit%C3%A4t-Brennstoffzelle-Alternative-Kraftstoffe-Einsatzm%C3%B6glichkeiten-aus-technologischer-Sicht.pdf>, zuletzt geprüft am 02.03.2021.
- 13 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2019): *Rebound-Effekte*. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/oekonomische-rechtliche-aspekte-der/rebound-effekte>, zuletzt geprüft am 10.02.2021.
- 14 Süddeutsche Zeitung (2021): *Bahn legt Vorschlag für Trassenneubau im Inntal vor*. Online verfügbar unter <https://www.sueddeutsche.de/bayern/bahn-rosenheim-bahn-legt-vorschlag-fuer-trassenneubau>

im-inntal-vor-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-210412-99-176770, zuletzt geprüft am 13.04.2021.

15 Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Arbeitsgruppe 3 (2019): *Digitalisierung für den Mobilitätssektor. ERSTER ZWISCHENBERICHT ARBEITSGRUPPE 3*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Online verfügbar unter <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/03/NPM-AG-3-Digitalisierung-f%C3%BCr-den-Mobilit%C3%A4tssektor.pdf>, zuletzt geprüft am 02.03.2021.

16 Bitkom e.V. (2020): *Digitalisierung kann fast die Hälfte zu den deutschen Klimazielen beitragen*. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitalisierung-kann-fast-die-Haelfte-zu-den-deutschen-Klimazielen-beitragen>, zuletzt geprüft am 08.02.2021.

17 Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) (2020): *Datenraum Mobilität*. Online verfügbar unter <https://www.acatech.de/projekt/datenraum-mobilitaet/>, zuletzt geprüft am 15.01.2021.

18 Lemmer, K. (2019): *Neue autoMobilität II*. Kooperativer Straßenverkehr und intelligente Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech). Online verfügbar unter <https://www.acatech.de/publikation/neue-automobilitaet-ii/>, zuletzt geprüft am 25.01.2021.

19 Runter vom Gas – Eine Verkehrssicherheitskampagne von Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V. (2020): *Die häufigsten Unfallursachen*. Online verfügbar unter <https://www.runtervomgas.de/ratgeber-und-service/unfallursachen/die-haeufigsten-unfallursachen/> zuletzt geprüft am 28.01.2021.

20 Löwa, M. (2018): *Mobil auf dem Land: Die große ADAC Umfrage*. ADAC. Online verfügbar unter <https://www.adac.de/verkehr/standpunkte-studien/mobilitaets-trends/monitor-land/>, zuletzt geprüft am 02.03.2021.

21 European Platform on Mobility Management (EPOMM) (2019): *Was ist Mobilitätsarmut?* Online verfügbar unter <http://www.epomm.eu/newsletter/v2/eupdate.php?nl=0419&lan=de>, zuletzt geprüft am 02.03.2021.

22 Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) (2020): *Mobilitätsmonitor 2020*. Online verfügbar unter <https://www.acatech.de/medien/mediathek/mobilitaetsmonitor-2020/>, zuletzt geprüft am 12.02.2021.

23 Bellmann, F., Ypma, L., Polack, D. (2020): *Women move differently - what everyone working in mobility should know*. World Economic Forum. Online verfügbar unter <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/mobility-in-2020-a-female-perspective/>, zuletzt geprüft am 26.01.2021.

24 Bernhart, W. (2018): *Autonomous vehicles breathe new life into rural communities*. Roland Berger. Online verfügbar unter <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Reconnecting-the-rural-Autonomous-driving.html>, zuletzt geprüft am 23.02.2021.

25 Poleshova, A. (2020): *E-Commerce-Umsatz mit Waren in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2019*. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/71568/umfrage/online-umsatz-mit-waren-seit-2000/>, zuletzt geprüft am 11.02.2021.

26 Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) (2020): *Resiliente und nachhaltige Lebensmittelversorgung*. Die Corona-Krise und weitere Herausforderungen. Online verfügbar unter <https://www.acatech.de/publikation/resiliente-und-nachhaltige-lebensmittelversorgung/>, zuletzt geprüft am 19.03.2021.

27 Schocke, K.-O., Schäfer, P., Höhl, S., Gilbert, A. (2020): *LastMile Tram*. Empirische Forschung zum Einsatz einer Güterstraßenbahn am Beispiel Frankfurt am Main. Frankfurt University of Applied Sciences, Research Labor for Urban Transport (ReLUT). Online verfügbar unter https://www.frankfurt-university.de/fileadmin/standard/Hochschule/Fachbereich_1/FFin/Neue_Mobilitaet/Veroeffentlichungen/2020/Abschlussbericht_LastMileTram.pdf, zuletzt geprüft am 18.01.2021.

- 28** Allianz pro Schiene: *Elektromobilität: Die Mobilität von morgen schon heute auf der Schiene*. Online verfügbar unter <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/umwelt/elektromobilitaet/>, zuletzt geprüft am 09.02.2021.
- 29** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2021): *Aktion Abbiegeassistent*. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Abbiegeassistent/aktion-abbiegeassistent.html>, zuletzt geprüft am 05.03.2021.
- 30** Cycling Embassy of Denmark (2021). Online verfügbar unter <http://www.cycling-embassy.dk/>, zuletzt geprüft am 25.01.2021.
- 31** Alonso, T. (2020): *Success story: the transformation of Singapore into a sustainable garden city*. Tomorrow Mag. Online verfügbar unter <https://www.smartcitylab.com/blog/urban-environment/singapore-transformation-garden-city/>, zuletzt geprüft am 25.01.2021.
- 32** Jones, P. (2014): *The evolution of urban mobility: The interplay of academic and policy perspectives*. IATSS Research, 38(1):7-13.
- 33** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2021): *Nationale Plattform Zukunft der Mobilität*. Online verfügbar unter <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/>, zuletzt geprüft am 18.02.2021.
- 34** Bormann, R., Fink, P., Holzapfel, H., Rammler, S., Sauter-Servaes, T., Tiemann, H., Waschke, T., Weirauch, B. (2018): *Die Zukunft der deutschen Automobilindustrie*. Transformation by Design oder by Disaster? Friedrich-Ebert-Stiftung. Online verfügbar unter <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/14086-20180205.pdf>, zuletzt geprüft am 13.01.2021.
- 35** Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (BPA) (2020): *4. Spitzengespräch der Konzertierten Aktion Mobilität - „Transformation unterstützen, Wertschöpfungsketten stärken“*. Pressemitteilung 410. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/4-spitzengespraech-der-konzertierten-aktion-mobilitaet-transformation-unterstuetzen-wertschoepfungsketten-staerken-1815818>, zuletzt geprüft am 02.03.2021.
- 36** Nationale Plattform Zukunft der Mobilität Arbeitsgruppe 4 – „Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung“, Fokusgruppe Strategische Personalplanung und -entwicklung (2020): *1. ZWISCHENBERICHT ZUR STRATEGISCHEN PERSONALPLANUNG UND -ENTWICKLUNG IM MOBILITÄTSSSEKTOR*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Online verfügbar unter <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/03/NPM-AG-4-1-Zwischenbericht-zur-strategischen-Personalplanung-und-Entwicklung-im-Mobilit%C3%A4tssektor.pdf>, zuletzt geprüft am 17.02.2021.
- 37** Bundesverband eMobilität e.V. (2019): *BEM Pressemitteilung: BEM-Prognose Arbeitsmarkt*. Online verfügbar unter <https://www.bem-ev.de/bem-pressemitteilung-bem-prognose-arbeitsmarkt/>, zuletzt geprüft am 25.01.2021.
- 38** European Commission: *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en, zuletzt geprüft am 20.01.2021.
- 39** Die Bundesregierung (2021): *Deutschland als Vorreiter bei Innovationen*. Bundesregierung beschließt Datenstrategie. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/datenstrategie-beschlossen-1842786>, zuletzt geprüft am 11.02.2021.
- 40** Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2020): *Startschuss für ReallabHH: Hamburg erprobt die digitale Mobilität von Morgen im Alltag*. Online verfügbar unter <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/news/startschuss-fuer-reallabhh-hamburg-erprobt-die-digitale-mobilitaet-von-morgen-im-alltag/>, zuletzt geprüft am 15.01.2021.
- 41** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2014): *Verkehrsverflechtungsprognose 2030*. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/verkehrsverflechtungsprognose-2030-zusammenfassung-los-3.pdf>, zuletzt geprüft am 31.05.2021

42 Akorede, S. (2019): Employees in Lagos are stressed, burned out and exhausted because of 'hellish traffic'. CNN. Online verfügbar unter <https://edition.cnn.com/travel/article/traffic-stress-lagos-nigeria/index.html>, zuletzt geprüft am 01.06.2021

43 Dörries, B. (2020): Motor aus. Warum viele Nigerianer neuerdings zur Arbeit laufen müssen. Süddeutsche Zeitung. Online verfügbar unter <https://www.sueddeutsche.de/politik/verkehr-motor-aus-1.4819346>, zuletzt geprüft am 01.06.2021

44 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ): Deutsch-chinesische Zusammenarbeit für klimafreundlichen Verkehr. Online verfügbar unter <https://www.giz.de/de/weltweit/34150.html>, zuletzt geprüft am 01.06.2021

45 BBC (2010): Thousands of vehicles stuck in 120km China traffic jam. Online verfügbar unter <https://www.bbc.com/news/world-asia-pacific-11168622>, zuletzt geprüft am 01.06.2021

acatech –

Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

Weitere Informationen unter www.acatech.de.

HERAUSGEBER:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

ADRESSEN STANDORTE**Geschäftsstelle**

Karolinenplatz 4

80333 München

T +49(0)89 / 520309-0

F +49(0)89 / 520309-900

Hauptstadtbüro

Pariser Platz 4a

10117 Berlin

T +49(0)30 / 2063096-0

F +49(0)30 / 2063096-11

Brüssel-Büro

Rue d'Egmont / Egmontstraat 13

B-1000 Brüssel

T +32(0)2 / 2 13 81-80

F +32(0)2 / 2 1381-89

horizonte@acatech.de

<https://www.acatech.de/horizonte>

Empfohlene Zitierweise:

acatech (Hrsg.): Transformation der Mobilität (acatech HORIZONTE),
München 2021

Redaktionelle Bearbeitung:

Elisabeth Grenzebach

Lektorat:

Lektorat Berlin

Layout, Satz und Illustrationen:

Joseph & Sebastian – Grafikdesign, München

Druck:

Kern GmbH, Bexbach

Vorstand i. S. v. § 26 BGB:

Karl-Heinz Streibich, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Prof. Dr.-Ing.
Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. Reinhard F. Hüttl (Amt ruht derzeit), Dr.
Stefan Oschmann, Dr. Reinhard Ploss, Prof. Dr. Christoph M. Schmidt,
Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Martina
Schraudner

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
• 2021

Mehr zu acatech HORIZONTE Transformation der Mobilität, inklusive Grafiken, finden Sie unter:

<https://www.acatech.de/projekt/acatech-horizonte-mobilitaet/>



München 2021

acatech HORIZONTE ISSN 2625-9605

Wer an Mobilität denkt, denkt oft zuerst an das Auto, das Fahrrad, den Bus oder die Bahn. Dabei ist Mobilität viel mehr: Sie ermöglicht uns, in die Arbeit, zum Einkaufen oder zum Arzt zu fahren, Freunde zu treffen und unsere Kinder in die Schule zu bringen. Sie ist also auch Teilhabe am Leben. Gleichzeitig erzeugen wir dadurch Verkehr, und das wiederum hat schwere Folgen für die Umwelt. Wie lässt sich eine Mobilität gestalten, die auf die Bedürfnisse aller Menschen eingeht und gleichzeitig dazu beiträgt, die Klimaziele zu erreichen? Welche Rolle spielen dabei Technologien und neue Mobilitätsmodelle, die mehr auf Nutzen statt Besitzen setzen? Was können wir von der Fahrradhauptstadt Kopenhagen über moderne Stadtplanung lernen? Diesen und weiteren spannenden Fragen widmet sich die vorliegende HORIZONTE-Ausgabe.