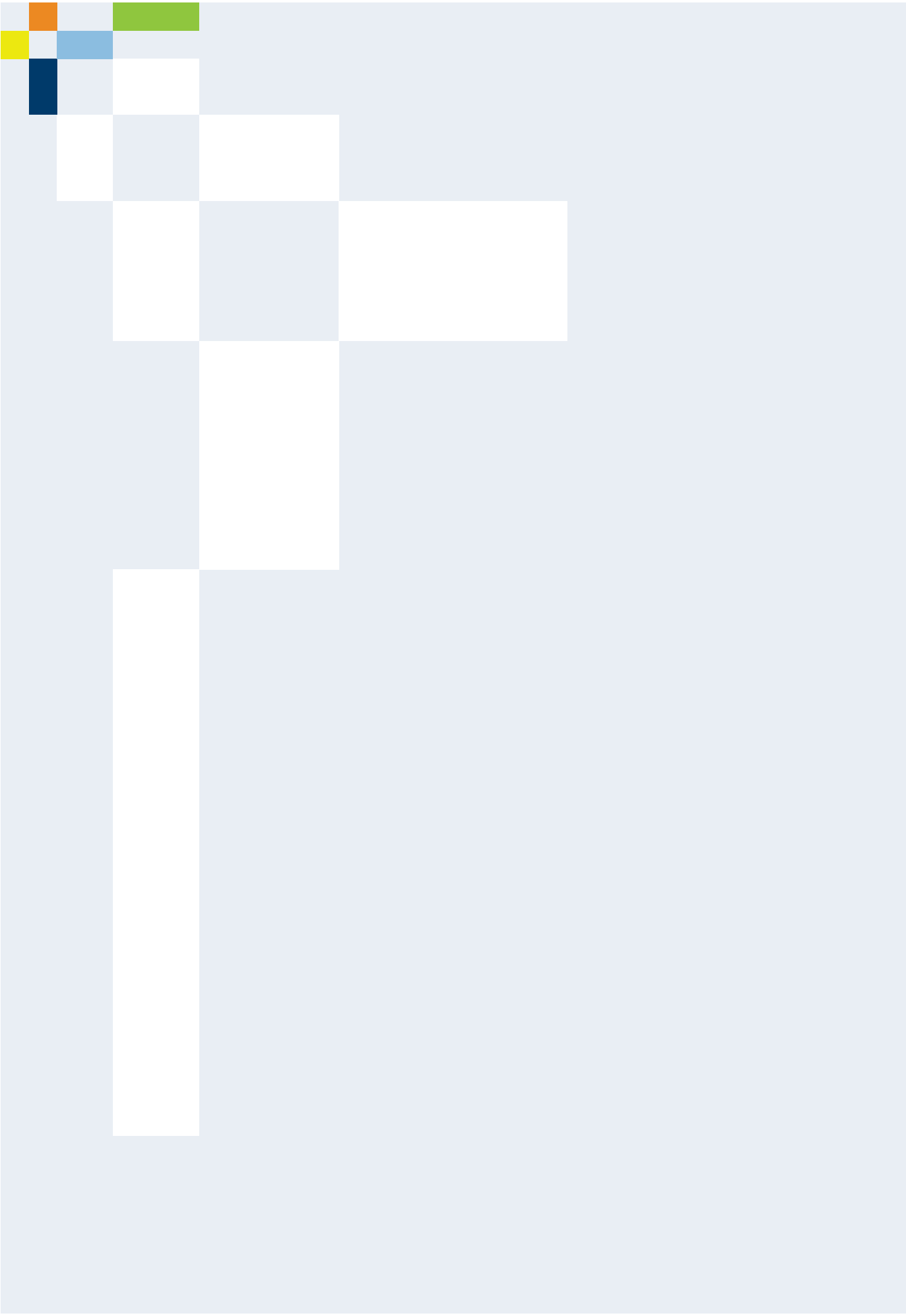




Zwischenbericht Neue autoMobilität II

Kooperativer Straßenverkehr und intelligente
Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft

acatech (Hrsg.)



Zwischenbericht Neue autoMobilität II

Kooperativer Straßenverkehr und intelligente
Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft

acatech (Hrsg.)



Inhalt

Projekt	4
1 Einleitung	7
2 Zielbild 2030+ und Vertiefungsthemen	9
2.1 Intelligente Verkehrssteuerung	9
2.2 Kooperativer Mischverkehr	11
2.3 Verkehrsinfrastruktur und Interoperabilität	12
3 Partizipation der Gesellschaft	15
4 Zukunftsbilder der Mobilität	19
5 Handlungsfelder	29



Projekt

Projektleitung

- Prof. Dr. Karsten Lemmer, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR)/acatech

Projektgruppe

- Dr. Till Ackermann, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)
- Dr. Uwe Becker, Technische Universität Braunschweig
- Prof. Dr. Manfred Broy, Technische Universität München
- Christian Brunkhorst, IG Metall
- Michael Bültmann, HERE Deutschland GmbH
- Philipp Dahl, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut (EMI)
- Prof. Dr. Werner Damm, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Bernd Fastenrath, HERE Deutschland GmbH
- Jann Fehlauer, DEKRA Automobil GmbH
- Bernhard Fehr, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Prof. Dr. Gerhard Fettweis, Technische Universität Dresden
- Martin Fränzle, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg / OFFIS
- Jürgen Hasler, Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)
- Kirstin Hegner, Digital Hub Mobility/UnternehmerTUM
- Dr. Tobias Hesse, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Prof. Dr. Andreas Jain, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
- Henry Kuhle, Verband der Automobilindustrie (VDA)
- Barbara Lausmann, Deutsche Bahn AG
- Prof. Dr. Markus Maurer, Technische Universität Braunschweig
- Susanne Ernst, Technische Universität Braunschweig
- Jan Richelmann, Technische Universität Braunschweig
- Felix Grün, Technische Universität Braunschweig
- Christopher Plachetka, Technische Universität Braunschweig
- Wiebke Metzler, Siemens AG
- Prof. Dr. Katharina Morik, Technische Universität Dortmund
- Dr. Gerd Neumann, DEKRA Automobil GmbH
- Philipp Niermann, Verband der Automobilindustrie (VDA)
- Stephan Pfeiffer, ioki/Deutsche Bahn AG
- Wolfram Pfister, Deutsche Bahn AG
- Dr. Uwe Pützschler, Nokia Solutions and Networks Deutschland GmbH
- Petra Richter, Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)
- Dr. Lutz Rittershaus, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- Jan Schepmann, Verband der TÜV e.V. (VdTÜV)
- Dr. Klaus Scheuerer, BMW Group
- Frank Schneider, Verband der TÜV e.V. (VdTÜV)
- Christoph Schroth, BMW Group
- Dr. Johannes Springer, T-Systems International GmbH
- Joerg Tegtmeier, Robert Bosch GmbH
- Dr. Chung-Anh Tran, Deutsche Bahn AG
- Prof. Dr. Klaus Vieweg, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Dr. Jan Henrik Voß, Siemens AG
- Dr. Ralf Wörner, Hochschule Esslingen/Daimler AG
- Olaf Zinne, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI)
- Marcus Zwick, Siemens AG

Projektkoordination

- Lennart Schultz, acatech Geschäftsstelle
- Dr. Tobias Hesse, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Projektlaufzeit

15.01.2018–30.06.2019

Finanzierung

Das Projekt wird anteilig vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

acatech dankt außerdem den folgenden Unternehmen für ihre finanzielle Unterstützung:

- BMW Group
- Deutsche Bahn AG
- HERE Deutschland GmbH
- Robert Bosch GmbH
- Siemens AG



1 Einleitung

Chronische Staus, Verkehrslärm in den Städten, Luftverunreinigungen, die starke Inanspruchnahme des öffentlichen Raumes durch Kraftfahrzeuge und oftmals unzureichender öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) – all dies sind, perspektivisch betrachtet, vermeid- und lösbare Probleme. Elektromobilität, Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung und innovative Mobilitätskonzepte legen schon heute den Grundstein der Vision eines zukünftigen Verkehrssystems, in dem deutlich weniger Ressourcen verbraucht, Raum und sogar Fahrzeuge benötigt und vorhandene Infrastrukturen effizienter genutzt werden. Gleichzeitig kann das zukünftige Verkehrssystem die Mobilitätsbedürfnisse wesentlich bedarfsgerechter und effizienter bedienen. Nie standen die Chancen so gut wie heute, ein nachhaltiges Verkehrssystem Wirklichkeit werden zu lassen.

Mit Blick auf die Urbanisierung und den sich abzeichnenden demografischen Wandel sind beträchtliche Umstellungen notwendig, wie das Beispiel München zeigt: Mit heute 1,5 Millionen Einwohnern werden in München bis zum Jahr 2030 rund 300.000 zusätzliche Menschen leben. Bislang kommt ungefähr ein Kraftfahrzeug auf je zwei Einwohner. Sollte dieses Verhältnis auch in Zukunft bestehen bleiben, werden im Jahr 2030 in der Stadt München 150.000 zusätzliche Fahrzeuge unterwegs sein. Unter heutigen Gegebenheiten wäre dies nicht möglich. Schon heute rangiert die Stadt unter den 25 staureichsten Städten der Welt. Soll dem Verkehrsinfarkt entgegengewirkt werden, muss ein intelligentes Zusammenspiel mit dem ÖPNV sicherstellen, dass es bei neuen Mobilitätsformen, etwa automatisierten vernetzten Shuttles oder Carsharing, nicht zu Rebound-Effekten und einem Mehr an Personenkraftverkehr kommt, sondern neue Mobilitätslösungen die verschiedenen Verkehrsmittel intelligenter kombinieren und genau auf den Bedarf der Verkehrsteilnehmenden zuschneiden.

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Schauplatz sind die ländlichen Regionen. Während in den Ballungsgebieten die Anzahl der Einwohnerinnen und Einwohner um bis zu zwanzig Prozent steigen wird, werden die ländlichen Regionen, vor allem in den neuen Bundesländern, mit einem großflächigen Rückgang von bis zu einem Viertel der jetzigen Bevölkerung zu kämpfen haben. Der Anteil der über Achtzigjährigen in unserer Gesellschaft wird sich mehr als verdoppeln – vor allem auf dem Land. Hier ist der Automatisierungstrend gesellschaftspolitisch besonders interessant: Die ländlichen Regionen könnten durch eine bessere regionale

Verkehrsversorgung und -anbindung wieder attraktiver werden. Möglich wäre dies mit einem intelligent eingebundenen ÖPNV, durch die engere und komfortablere Verknüpfung verschiedener Verkehrsträger sowie durch Technologien, die die Fahrerin oder den Fahrer bis hin zum völlig autonomen Fahren entlasten. Der Trend des Zuzugs in die Städte und deren „Speckgürtel“ könnte womöglich sogar abgeschwächt werden.

Technologische Innovationen bieten Antworten auf viele der aktuellen Fragen und Herausforderungen. Elektromobilität, Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung sowie deren Verbindung in neuen Mobilitätskonzepten und innovativen Geschäftsmodellen, insbesondere Shared Mobility, sind die Wegbereiter eines an den individuellen Mobilitätsbedürfnissen orientierten Verkehrssystems. Sie treiben die Veränderung unserer Mobilität voran. In diesem Sinne versteht acatech sie als Treiber des Wandels unseres Mobilitätssystems. acatech beschreibt diesen Prozess mit dem in diesem Sinne vor allem deskriptiv gebrauchten Begriff „Mobilitätswende“. Gleichzeitig soll der Begriff verdeutlichen, dass dieser Wandel Lösungspotenziale für Probleme im Verkehrssektor eröffnet. Nachhaltigkeit und erhöhte Umwelt- und Klimaverträglichkeit, Energieeffizienz und Sicherheit sind wichtige Parameter, anhand derer sich das Gelingen der Transformation unseres Verkehrssystems beurteilen lässt. Dafür ist es jetzt erforderlich, die technologischen Treiber der Mobilitätswende, welche bisher nebeneinander identifiziert und eher getrennt betrachtet wurden, stärker zusammenzudenken und in integrativen Ansätzen und ganzheitlichen Konzepten zu kombinieren. Weiterhin gilt es, die technischen Entwicklungen auf ein nachhaltiges Mobilitätssystem auszurichten und sinnstiftend in die bestehenden Leitbilder der Verkehrs-, Raum- und Stadtplanung einzufügen. Während das alte Leitbild der auto-gerechten Stadt den Siedlungsraum vorrangig an der störungsfreien Nutzung des Autos ausgerichtet hat, können und sollten die genannten technologischen Trends zu neuen Mobilitätskonzepten verbunden werden, die am Leitbild der menschengerechten Stadt ausgerichtet sind. Dies gilt gleichermaßen für ländliche Siedlungsräume. Es geht nicht nur um die Organisation von Mobilität, sondern vielmehr um die Gestaltung von Wohn- und Lebensräumen, zu der die Mobilitätsversorgung wesentlich gehört. Zum einen müssen bedarfsgerechte und bezahlbare Mobilitätslösungen für sämtliche Verkehrsteilnehmenden in der Stadt und auf dem Land auf umweltschonende und effiziente Weise zur Verfügung gestellt werden, zum anderen müssen diese Bedarfe selbst gesteuert werden können. Insbesondere Geschäftsmodelle zur gemeinsamen Nutzung von Fahrzeugen als Alternative zum Privatbesitz (Shared Mobility) sowie die Potenziale offener Standards und Schnittstellen in digitalen Systemen



(Stichwort: Plattform-Ökonomie) können hier eine unterstützende Rolle spielen. Eine wesentliche Bedeutung wird auch der Stärkung des öffentlichen Verkehrs zukommen, indem neue Mobilitätsformen in den ÖPNV eingebunden werden. Integrierte Mobilitätskonzepte werden entwickelt, die klassische modale Trennung zwischen individuell-privater und öffentlicher Mobilität löst sich zunehmend auf.

Unabhängig davon, wie konkrete Lösungen im Detail aussehen, zeichnet sich jetzt schon ab, welche Akteure besonders eingebunden werden sollten, um dem Ziel eines nachhaltigen und an den Mobilitätsbedürfnissen aller Verkehrsteilnehmenden orientierten Verkehrssystems der Zukunft näher zu kommen. In den Blick geraten hier besonders die Städte und Kommunen sowie die kommunalen Verkehrsbetriebe. Im Zuge der digitalen Vernetzung und damit einhergehenden datenbasierten Dienstleistungen werden sie zu Schlüsselakteuren der Mobilitätswende. Gleichzeitig bieten ihnen die Mobilitätstrends ganz neue Chancen, ihrem Auftrag der öffentlichen Daseinsvorsorge gerecht zu werden. Denn Mobilität ist ein Grundbedürfnis der Menschen. Die Transformation der Mobilität ist offen für politische Gestaltung. Die technologischen Wegbereiter eröffnen neue Möglichkeiten und Entscheidungsspielräume. Diese müssen letztlich gesellschaftlich diskutiert, abgewogen und politisch entschieden werden. Der regulatorische Rahmen sollte vielversprechende Technologien fördern und bewusst so steuern, dass die gesellschaftspolitischen Ziele erreicht werden.

Neben den unmittelbaren gesellschaftlichen Zielen spielen auch wirtschaftliche Belange eine wichtige Rolle. Deutschland hat als weltweit führender Forschungs- und Entwicklungsstandort für Fahrzeugtechnologien die Innovationen bei automatisiertem und digital vernetztem Fahren sowohl auf der Straße als auch auf der Schiene maßgeblich vorangetrieben. Auch bei den rechtlichen Rahmenbedingungen für die Entwicklung, Erprobung und Einführung von Technologien des automatisierten und vernetzten Fahrens hat Deutschland eine weltweite Spitzenposition inne. Die Bundesregierung bekennt sich in ihrem Koalitionsvertrag mit gutem Grund für die umfängliche Unterstützung der Mobilität 4.0. Sie hat die Chancen eines digitalisierten Verkehrssystems erkannt und will auch zukünftig eine Vorreiterrolle

bei den Rahmenbedingungen einnehmen. Doch der internationale Wettbewerbsdruck ist hoch und andere Länder treiben die praktische Umsetzung massiv voran. Nun kommt es darauf an, auch hierzulande die flächendeckende Erprobung und Markteinführung umzusetzen und mit entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen zu ermöglichen: Der europäische Binnenmarkt ist für die deutschen Leitanbieter von zentraler Bedeutung, um das notwendige systemische Wissen weiter auszubauen. Mit der Vernetzung innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs wachsen zudem einige der wichtigsten deutschen Leitbranchen enger zusammen, nämlich die Automobil-, Elektro-, Bahn-, Infrastruktur-, Software- und Telekommunikationsindustrie. Zur flächendeckenden Einführung eines automatisierten, vernetzten und intermodalen Verkehrssystems sowie zur Schaffung eines Leitmarkts für vernetzte und automatisierte Mobilität ist eine strategische und konzertierte Aktion aller beteiligten Branchen, Forschungs- und Verwaltungseinrichtungen erforderlich.

Der vorliegende Zwischenbericht des Projekts möchte einen Beitrag zu einer Vision leisten, die eine nachhaltige und an den individuellen Bedürfnissen orientierte Mobilität mit dem Anspruch einer gesteigerten Lebensqualität in menschengerechten Siedlungsräumen verbindet. Er steckt das Arbeitsfeld ab, welches das Vertiefungsprojekt *Neue autoMobilität II – Kooperativer Straßenverkehr und intelligente Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft* anschließend detailliert erarbeiten wird. Resultate des Vertiefungsprojekts werden in Form einer ausführlicheren acatech STUDIE veröffentlicht (voraussichtlich im Juni 2019).

Im Folgenden wird das Zielbild für die automatisierte vernetzte Mobilität der Zukunft im Hinblick auf drei Vertiefungsthemen genauer betrachtet: intelligente Verkehrssteuerung, kooperativer Mischverkehr sowie Verkehrsinfrastruktur und Interoperabilität (Kapitel 2). Über diese eher technische Dimension hinaus wird die gewichtige Dimension gesellschaftlicher Beteiligung und Akzeptanz eigens thematisiert (Kapitel 3). Sodann illustrieren Zukunftsbilder der Mobilität mögliche Anwendungen und systemische Zusammenhänge (Kapitel 4). Abschließend werden prioritäre Handlungsfelder abgeleitet, die den weiteren Forschungs- und Maßnahmenbedarf zur Verwirklichung der Mobilität der Zukunft aufzeigen.

2 Zielbild 2030+ und Vertiefungsthemen

Die bereits im Vorgängerprojekt *Neue autoMobilität. Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft* (05/2015 bis 12/2016) aufgezeigten Chancen des automatisierten und vernetzten Fahrens bleiben weiterhin wichtige Zielgrößen:

Die Neue autoMobilität

- soll die Lebensqualität für Nutzerinnen und Nutzer und vom Verkehr Betroffene wie zum Beispiel Anwohnerinnen und Anwohner erhöhen,
- sie soll älteren und mobilitätseingeschränkten Menschen mehr soziale Teilhabe am gesellschaftlichen Leben ermöglichen,
- sie soll die Verkehrssicherheit erhöhen und der „Vision Zero“ eines Straßenverkehrs ohne Verkehrstote näherkommen
- und sie soll in Verbindung mit innovativen Geschäftsmodellen eine gute Wettbewerbsposition deutscher Hersteller und Anbieter im internationalen Vergleich einnehmen.

Insgesamt sollen neue Technologien des automatisierten vernetzten Fahrens die großen Potenziale für einen gesellschaftlichen Mehrwert realisieren, etwa bei der Stauvermeidung, der Energieeinsparung sowie der Verringerung von Unfällen und Emissionen.

Im Sinne eines ganzheitlichen, integrativen Ansatzes für die Mobilität der Zukunft ist es wichtig, diese Zielgrößen mit dem Leitbild des menschengerechten Siedlungsraums zu verbinden. Dies erfordert auch die Gestaltung eines menschengerechten Verkehrs. Die Vision zielt darauf ab, sowohl in urbanen als auch in ländlichen Gebieten den Konflikt zwischen verfügbarer Mobilität und lebenswertem Umfeld aufzulösen. Neue Möglichkeiten durch automatisierte vernetzte Fahrzeuge, neue Nutzungsarten dieser Fahrzeuge mit neuen Angeboten im Nahverkehr und neue Verkehrsmanagement-Optionen ermöglichen unter anderem insbesondere in urbanen Räumen Verkehrsflächen umzuwidmen. Somit kann der Flächenanteil besonders für den parkenden PKW-Verkehr reduziert werden und es bleibt mehr Verkehrs- und Lebensraum für Fußgängerinnen und Fußgänger, Radfahrerinnen und Radfahrer, Anwohnerinnen und Anwohner sowie Geschäfte.

Um dies alles zu erreichen und gleichzeitig das Mobilitätsbedürfnis der Menschen zu befriedigen, sind städtebauliche,

verkehrstechnische und ökonomische Maßnahmen notwendig, die sowohl die bessere Steuerung des Mobilitätsverhaltens als auch die Etablierung neuer Geschäftsmodelle ermöglichen. Ein Ziel sollte sein, dass automatisierte vernetzte Fahrzeuge nicht einfach aktuelle Fahrzeuge ersetzen, sondern dass im systemischen Zusammenwirken der Technologien durch datengetriebene Lösungen und steuernde politische Maßnahmen Vorteile für Mobilität und Lebensqualität realisiert werden.

Die folgenden Abschnitte beschreiben das allgemeine Zielbild in den Bereichen der intelligenten Verkehrssteuerung (Abschnitt 2.1), der Gestaltung eines kooperativen Mischverkehrs unterschiedlich automatisierter und vernetzter Verkehrsteilnehmender (Abschnitt 2.2) sowie der Bedarfe und Voraussetzungen für eine unterstützende, interoperable Infrastruktur (Abschnitt 2.3).

2.1 Intelligente Verkehrssteuerung

Ein zentraler Kern für den kooperativen Verkehr der Zukunft ist eine ganzheitliche, intelligente Verkehrssteuerung. Die geplante Innovation betrifft sowohl den Personen- als auch den Güterverkehr und berücksichtigt sowohl Straßen- als auch Schienenverkehr und Anbindungen beispielsweise an den Luftverkehr. Alle Verkehrs- und Mobilitätssteuersysteme können aus digitalen Verkehrsleitzentralen überblickt und im Bedarfsfall integriert gesteuert werden. Allerdings erfolgt dies im Rückgriff und unter Koordination vieler selbstorganisierter, dezentraler Kooperationen, lokaler Optimierungen und einer hohen Automatisierung der Verkehrssteuerung. Dadurch kann beispielsweise eine Kommode den Verkehr effektiv beeinflussen, ohne Flexibilität im Straßenverkehr einzubüßen oder Limitationen in der Skalierbarkeit bezüglich der Größe des gesteuerten Systems zu erfahren. Die dafür notwendigen Daten werden unter Wahrung des Datenschutzes aller Beteiligten durch einen neutralen Datentreuhänder bereitgestellt. Dies erlaubt zusätzlich den diskriminierungsfreien Zugang für Mobilitätsdienste von Drittanbietern.

Während die Technologien der Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen maßgeblich zu einer erhöhten Sicherheit im Straßenverkehr beitragen können, ist es das Kernziel einer neuen, intelligenten Verkehrssteuerung, die Effizienz des Verkehrs zu erhöhen, ohne die Verkehrssicherheit zu beeinträchtigen und ohne die Vorteile neuer automatisierter vernetzter Fahrzeuge zu reduzieren. Die Verkehrssteuerung gewährleistet dabei zugleich die Resilienz des Verkehrssystems gegenüber Störungen oder gar möglichen Angriffen.



Prognosebasierte Steuerung

Mithilfe von infrastrukturbasierter Sensorik sowie der Sensorik der automatisierten und vernetzten Fahrzeuge und vernetzter anderer Verkehrsteilnehmender ist eine massiv verteilte und hochgenaue Lageerfassung möglich. Dadurch können zum Beispiel die aktuelle Verkehrslage, aktuelle Reisezeiten und der Status der Logistikketten flächendeckend exakt bestimmt werden. Zusätzlich erlaubt diese Erfassung, lokale Vorkommnisse zu klassifizieren und ihre Auswirkungen auf die erwartete Verkehrslage simulationsbasiert vorherzusagen. Dies deckt sowohl kleinere Störungen zum Beispiel durch Parken in der zweiten Reihe ab als auch größere Störungen durch eine erhöhte Mobilitätsnachfrage aufgrund von Großveranstaltungen oder auch Streckensperrungen. Neben der Steuerung des motorisierten Verkehrs können hier auch andere transporteffiziente und umweltfreundliche Optionen wie Fußwege oder Fahrräder einbezogen werden.

Die Priorisierung von Einsatzkräften und öffentlichem Verkehr ist direkt in die Gesamtverkehrssteuerung integriert. Dadurch kann die Verkehrssteuerung prädiktive Gegenmaßnahmen integriert und simulationsbasiert planen, auf Basis von Simulationen und realen Messungen stetig weiter lernen und eine effektive Optimierung umsetzen. In diesem Zusammenhang werden beispielsweise Routenempfehlungen integriert, aber auch Kapazitätssteuerungen, indem die Anzahl der Fahrstreifen pro Richtung angepasst wird, oder auch Vorgaben für koordinierte Ampelsteuerungen sowie Vorgaben für lokale Kooperationen.

Die intelligente Verkehrssteuerung kann sogar über den Verkehr hinaus einen Zusatznutzen erzielen. So ist beispielsweise eine Vernetzung mit dem Energie(netz)management möglich. Durch die mögliche räumliche und zeitliche Steuerung von Energienachfrage und -angebot aus dem Verkehr, beispielsweise durch die Festlegung, wann Elektrofahrzeuge einer bestimmten Flotte an welcher Stelle laden, kann die Verkehrssteuerung einen wichtigen Beitrag in der Sektorenkopplung Energie und Verkehr leisten.

Güterverkehr

Im Bereich des Güterverkehrs geht es darum, Logistikprozesse in das Verkehrsmanagement zu integrieren sowie den Umbau des Logistiknetzes konsequent weiterzuverfolgen. Das Logistiknetz besteht (auch) in Zukunft aus großen regionalen Hubs, die über automatisierte Verladeterminale an das Fernbahnnetz angeschlossen sind, aus lokalen Hubs, zwischen denen fahrerlose LKWs die Güter umverteilen, und lokalem Verteilverkehr.

Letzterer kann beispielsweise durch automatisierte Elektrofahrzeuge erfolgen, die leise verstärkt nachts Waren anliefern. In urbanen Umgebungen können Hubs und Lieferfahrzeuge firmenübergreifend genutzt werden. So wird vermieden, dass mehrere Fahrzeuge jeweils einzelne Pakete anliefern und unnötigen Verkehr produzieren. Zusätzlich werden auch nicht motorisierte Lieferoptionen wie Lastenfahrräder gezielt eingesetzt.

Die stärkere Integration der Logistikprozesse in das Verkehrsmanagement und unter Berücksichtigung aller Verkehrswege bietet einen großen Vorteil: Sehr genaue Verkehrslageinformationen und Fahrzeitenprädiktionen erlauben eine exakter geplante Ankunftszeit und die effiziente Organisation von automatisiert fahrenden Kolonnen (Platoons) insbesondere auf Autobahnen. Die Kolonnen können aus vollständig fahrerlosen LKWs oder aus hoch- oder vollautomatisierten Fahrzeugen bestehen, die miteinander vernetzt sind und in engem Abstand hintereinander herfahren. Möglicherweise bewirken diese Anreize im Gegenzug auch verstärkte Möglichkeiten, die räumliche und zeitliche Verkehrsnachfrage durch den Güterverkehr stärker zu steuern, um die Auslastung der Verkehrsinfrastruktur zu verbessern.

Personenverkehr

Die intelligente Mobilitätssteuerung im Personenverkehr zeichnet sich insbesondere durch neue Angebotsformen im öffentlichen Verkehr ab. Insbesondere die Tarifstruktur und technische Abrechnung ist so weit vereinfacht, dass die Kundin oder der Kunde nicht mehr über die Auswahl und den Kauf des richtigen Tickets nachdenken muss. Es werden verstärkt „Mobilitätsabos“ angeboten, die die beliebige Nutzung mehrerer Mobilitätsformen erlauben.

Zur Ergänzung des Regelbetriebs des straßen- und schienengebundenen öffentlichen Nahverkehrs mit Bussen, Straßenbahnen, U-Bahnen und S-Bahnen werden Flotten aus öffentlichen und mit dem ÖPNV kooperierenden privaten automatisierten und vernetzten Fahrzeugen betrieben. Mobilitätsanbieter steuern sie intelligent nach der erwarteten Nachfrage und planen Routen und Fahrzeiten flexibel nach dem Bedarf der Nutzerinnen und Nutzer. Um Einsatzgebiet und nachgefragte Wege effizient abzudecken, erfolgt eine Koordination zwischen allen Mobilitätsanbietern.

Je nach „Mobilitätsabo“ beziehungsweise Preisbereitschaft und Zeitbudget können Fahrzeuge exklusiv als Taxi oder gemeinsam mit anderen genutzt werden. Dabei sind nach Bedarf sehr unterschiedlich gestaltete Fahrzeugkonzepte möglich. Bei passender Ausstattung können möglicherweise auch Privatleute ihre

eigenen Fahrzeuge zu bestimmten Tageszeiten dem Flottenbetrieb zur Verfügung stellen. Ein Mobilitätsanbieter hat dadurch die Möglichkeit, seine Flotte und sein Angebot zu erweitern, der Fahrzeugeigentümer kann über eine Entlohnung sein Fahrzeug wirtschaftlicher halten.

Ökonomische Steuerungsmechanismen

Intelligentes Verkehrsmanagement hat nicht nur eine technologische, sondern auch eine ökonomische Dimension, die in einem digitalisierten Verkehrssystem einfacher und zielgerichteter möglich wird. Mobility Pricing im vernetzten Verkehr – ob fix, nach festen Kriterien variierend oder dynamisch – eröffnet dabei Chancen, Anreize so zu setzen, dass gewünschtes Mobilitätsverhalten unterstützt und negative Effekte vermieden werden. Bei den Optimierungszielen des Verkehrsmanagements wird so nicht nur die kurzfristige Verkehrslage berücksichtigt. Durch ökonomische Steuerungsmechanismen können gerade auch die gewünschten mittel- und langfristigen Effekte erzielt werden, etwa die Steigerung der Attraktivität von bestimmten (Stadt-)Räumen und die Förderung alternativer Verkehrsmittel. Ökonomische Instrumente wie Road Pricing und Parkraumbewirtschaftung geben dem öffentlichen Raum, der unter dem Leitbild der „autogerechten Stadt“ (fast) kostenfrei zur Verfügung gestellt wird, einen angemessenen Preis. Dadurch haben solche Instrumente das Potenzial, die Flächenproduktivität insbesondere in Städten zu erhöhen. Sie machen Verkehrslagedaten nutzbar für die Gestaltung einer bedarfsgerechten Mobilität, die zugleich im Einklang mit der Lebensqualität insbesondere in größeren Zentren und Städten steht. Da fahrerlose Fahrzeuge, die von mehreren Nutzerinnen und Nutzern geteilt werden, nicht mehr ungenutzt dort parken müssen, wo die Menschen aussteigen, könnten in der Stadt im Rahmen der Stadt- und Regionalplanung neue Konzepte für das Verkehrswege- und Parkraummanagement entwickelt werden. Beispielsweise könnten Parkplätze abgebaut und teilweise etwa durch Parks ersetzt werden. Zugleich kann das lokale Lademanagement für Elektrofahrzeuge in das Parkraummanagement integriert werden. Allerdings werden anstelle von Parkplätzen Übergabepunkte, etwa für geteilte Fahrzeuge, und entsprechende Raumbedarfe nötig sein.

2.2 Kooperativer Mischverkehr

Der Straßenverkehr der Zukunft ist nicht nur vernetzt und automatisiert, sondern auch kooperativ. Durch Vernetzung und Kommunikation der Fahrzeuge untereinander und mit der

Infrastruktur entstehen neue Möglichkeiten des Zusammenwirkens. Durch das Zusammenwirken ergeben sich Vorteile für die einzelne Verkehrsteilnehmerin beziehungsweise den einzelnen Verkehrsteilnehmer oder den Gesamtverkehr. Beispielsweise kann eine Verkehrsteilnehmerin einen entgegenkommenden Linksabbieger vorlassen, ohne Zeit oder Energie zu verlieren: Wenn die Fahrerin weiß, dass sie ohnehin an der nächsten Ampelkreuzung warten muss oder dass sie trotz kurzfristiger Tempodrosselung die nächste grüne Ampel rechtzeitig erwischt, kann sie das dem betreffenden Linksabbieger rechtzeitig signalisieren und ihn abbiegen lassen. So werden ungenutzte Optimierungspotenziale des heutigen Verkehrs aktivierbar.

Die Kooperation beschränkt sich nicht nur auf speziell ausgestattete Fahrzeuge, sondern bezieht alle Fahrzeuge von manuell bis automatisiert genauso ein wie die lokale Infrastruktur, Fußgängerinnen und Fußgänger sowie Radfahrerinnen und Radfahrer. Automatisierte Fahrzeuge müssen dabei die Verhaltensweise von menschlichen Fahrerinnen und Fahrern und anderen Verkehrsteilnehmern interpretieren und mit ihnen verständlich interagieren können, um sicher im Verkehr zu kooperieren. Die Kooperation beinhaltet auch Schienenfahrzeuge im gleichen Verkehrsraum, wie beispielsweise Straßenbahnen. Ziel ist ein kooperativer Mischverkehr aller Verkehrsteilnehmer, der eine einfache Einführungs- und Migrationsphase für neue Fahrzeuge erlaubt.

Gemeinsame Fahrmanöver

Automatisierung und Vernetzung stellen die Basis für neue kooperative Funktionen dar, welche die Sicherheit und den Verkehrsfluss weiter verbessern können. Fahrzeuge kommunizieren und kooperieren miteinander sowie mit der lokalen Infrastruktur, mit Hintergrunddiensten und anderen Verkehrsteilnehmern. Eine erste Beispielanwendung ist die automatisierte Kolonnenfahrt zwischen vernetzten Fahrzeugen im Güter- oder auch Personenverkehr, um beispielsweise außerhalb der Stadt den Windwiderstand zu reduzieren. Fahrzeuge kooperieren untereinander weiterhin, um beispielsweise kooperative Fahrstreifenwechsel oder ein Linksabbiegen in Kooperation mit dem Gegenverkehr abzustimmen und zu vereinfachen. Fahrzeuge kooperieren mit lokaler Infrastruktur wie beispielsweise Ampelanlagen, um die Grünphasen für die Gesamtheit gerade kreuzender Verkehrsteilnehmer zu optimieren. Dabei werden der Kreuzungsdurchfluss und die Verlustzeit unter Berücksichtigung aller Fahrzeuge sowie kooperativer Fahrzeugmanöver optimiert. Fahrzeuge und Infrastruktur teilen dabei nicht nur Sensordaten für ein verteilt erfasstes, gemeinsames Umfeldmodell, sondern verhandeln verbindliche



gemeinsame Manöver durch verlässliche Absprachen. Durch die schnelle und zuverlässige Kommunikation können sogar koordinierte Ausweichmanöver mehrerer kooperativer Fahrzeuge in Notfallsituationen durchgeführt werden.

Diese kooperativen Manöver können teilweise auch in einem Mischverkehr mit nicht automatisierten oder vernetzten Fahrzeugen realisiert werden, da sich auch menschliche Fahrerinnen und Fahrer kooperativ verhalten können und beispielsweise das Einscheren bei einem Fahrstreifenwechsel ermöglichen. Im Rahmen der Planung und Durchführung kooperativer Manöver im Mischverkehr wird daher immer auch die Kommunikation und Interaktion mit menschlichen Verkehrsteilnehmenden integriert. In der Manöverplanung werden alle Verkehrsteilnehmenden je nach Ausstattungsgrad mit entsprechenden Unsicherheiten und Sicherheitsabständen berücksichtigt.

Empathische Automation

Gerade an Kreuzungen zahlt es sich aus, dass die neuen Fahrzeuge „empathisch“ sind. Sie können sowohl bei den Nutzerinnen und Nutzern innerhalb der Fahrzeuge als auch bei anderen Verkehrsteilnehmern typische Verhaltensweisen erkennen, den physischen, kognitiven und emotionalen Zustand von Fahrerinnen oder Fahrer abschätzen und die Auswirkungen des Fahrzeugverhaltens antizipieren. Erfasst werden die entsprechenden Daten beispielsweise über Bilderkennung oder Nutzerin und Nutzer initiieren selbst die Auswertung und übertragen auf freiwilliger Basis die eigenen physiologischen Messdaten.

Die Fahrzeuge selbst können durch diese „Empathie“ als Teil eines sozialen Systems agieren und lernen, sich unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Verhaltensweisen anzupassen. Das eigentliche Lernen erfolgt zunächst nicht während der Fahrt. Vielmehr werden Daten gesammelt und nach der Fahrt durch maschinelle Lernalgorithmen ausgewertet, um das Verhalten weiter zu verbessern. In einem ausführlich getesteten und abgesicherten Rahmen können aber auch während der Fahrt bereits adaptiv Parameter verändert werden, um das Fahrzeugverhalten sofort auf Nutzerin/Nutzer und Umgebung anzupassen.

Standards für Kooperation

Einheitlich definierte Kooperationslevel sowie Kooperations- und Interaktionsmuster zur Kommunikation mit Menschen und anderen Fahrzeugen ermöglichen ein verlässliches und intuitives

Zusammenspiel aller Beteiligten. Die Optimierung dieses Zusammenspiels erfolgt sowohl nach lokalen als auch nach systemischen Kriterien, um die beste Lösung für einen Großteil der Beteiligten zu erzielen. So könnte es beispielsweise bei dichtem Verkehr hilfreich sein, die Anzahl der Fahrstreifenwechsel zu verringern und unnötige Wechsel zu vermeiden. In Extremsituationen könnte sogar die genaue Bewegung von Fahrzeugen aus der Verkehrsleitzentrale vorgegeben werden, um Sicherheit und Verkehrsfluss zu gewährleisten.

2.3 Verkehrsinfrastruktur und Interoperabilität

Erst im Zusammenspiel mit einer zukunftsweisenden Verkehrsinfrastruktur können Automatisierung, Vernetzung und intelligente Mobilitätssteuerung ihr volles Potenzial ausspielen. Diese Infrastruktur setzt sich zum einen aus Straßenbau und Verkehrstechnik zusammen mit den eigentlichen Verkehrswegen, Leit-einrichtungen und Schutzsystemen. Zum anderen besteht sie aus der digitalen Verkehrsinformations- und Kommunikationsinfrastruktur. Wesentlich ist, dass Normen und Standards jetzt und zukünftig die Interoperabilität zwischen vorhandenen und neu hinzukommenden Fahrzeugen gewährleisten (Rückwärtskompatibilität bei zentralen Diensten).

Digitaler Verkehrsraum

Der Verkehrsraum muss in Zukunft verlässlich und nachhaltig digital in einer Art von „digitalem Zwilling“ abgebildet werden (ähnlich der Begriffsbildung im Bereich von Industrie 4.0), damit neue Steuerungsalgorithmen und automatisierte Fahrzeuge sinnvoll genutzt werden können. Diese digitale Abbildung kann vereinfacht in statische (Verkehrswege und Infrastruktur) und dynamische (Verkehrsteilnehmer und veränderliche Rahmenbedingungen) Anteile gegliedert werden. Dabei sind weitere Differenzierungen wie beispielsweise in quasistatische Anteile bezüglich Fahrbahnzustand oder Baustellen denkbar.

Dieser „digitale Zwilling“ des Verkehrsraums wird anhand der Vielzahl von verfügbaren Informationen und Sensordaten gewonnen. Insbesondere statische (und quasistatische) Anteile werden in verteilten Hintergrundsystemen der Verkehrsinformations-Infrastruktur bereitgehalten. Dies beinhaltet digitalisierte Pläne zum Beispiel vom Katasteramt oder von Straßenverkehrsbehörden, aber auch Satellitendaten sowie Luftaufnahmen aus Flugzeugen und bodennahem Flugverkehr. Darüber hinaus werden Aktualisierungen aus

der Umfelderkennung von Fahrzeugen gewonnen, die als Teil von Beförderungs- und Transportflotten ohnehin regelmäßig das Straßennetz abdecken. Weitere Datenquellen sind Sensoren von vorhandenen Straßenbahnen und Zügen, sowie manuell gemeldeter Korrekturbedarf durch Fußgängerinnen und Fußgänger, Anwohnerinnen und Anwohner oder interessierte Mitbürgerinnen und Mitbürger.

All diese Informationen werden in der ausgebauten Verkehrsinformations-Infrastruktur entweder dezentral oder zentral bewertet und fusioniert. Entscheidend ist, dass so nicht nur stets der aktuelle genaue Zustand des Verkehrsraumes bekannt ist, sondern dass auch alle geplanten Änderungen wie etwa Baustellen bereits vorher als Plan in der digitalen Repräsentation hinterlegt sind. Dadurch sind die Auswirkungen bereits im Vorfeld bekannt. Ein angepasstes Verkehrsmanagement, das solche Änderungen in aktuelle Routenplanungen integriert, sorgt dafür, dass keine akuten Verkehrshindernisse mehr den Verkehr behindern.

Die Verkehrsinfrastruktur der Zukunft unterstützt und ergänzt auch die dynamische Umfelderkennung der Fahrzeuge: Das geschieht durch die Fusion verfügbarer Sensordaten aus Fahrzeugen sowie durch eigene infrastrukturseitige Sensoren an bestimmten Schwerpunkten. So erweitert die Verkehrsinfrastruktur beispielsweise an komplizierten Kreuzungen hochverfügbar das Sichtfeld der Fahrzeuge und schafft durch Redundanz eine höhere Sicherheit im Straßenverkehr. Dies ermöglicht es den Fahrzeugen, vorausschauend zu fahren und beispielsweise nicht einsehbare Straßen schnell und sicher zu passieren oder veränderliche Hindernisse und plötzlich auftauchende Verkehrsteilnehmende schon früher und umfassender zu berücksichtigen.

Neben Fahrzeugen und infrastrukturbasierter Sensorik ist es in Zukunft auch denkbar, örtlich vorhandenen bodennahen Flugverkehr zur Ergänzung der Lageerkennung zu integrieren. Dies könnte beispielsweise in Sondersituationen der Fall sein wie bei kurzfristig geplanten Großveranstaltungen, Unfällen ohne infrastrukturseitig sichergestellte Abdeckung, bei fehlender Datenverfügbarkeit durch Fahrzeuge; auch bei noch unzureichenden Ausstattungsraten oder kaum motorisierten Verkehrsteilnehmenden vor Ort.

Virtuelle Schilder

Auf Basis der notwendigen Digitalisierung der Infrastruktur können völlig neue Freiheitsgrade in der Verkehrssteuerung erschlossen werden. So könnte insbesondere langfristig die physische Verkehrsinfrastruktur teilweise zurückgebaut und durch eine rein

virtuelle Repräsentation ersetzt werden. Dies ermöglicht es, die Fahrbahnfläche flexibler nach Bedarf zu nutzen und beispielsweise im Tagesverlauf die Nutzung nach Fahrtrichtungen zu variieren oder lokal Fahrstreifenbreiten auf Werte unterhalb der Regelquerschnitte anzupassen, sodass im Fall temporärer Engpässe kein Stau entsteht. Durch virtuelle Schilder oder Lichtsignale können – ähnlich wie mit den bereits heute eingesetzten Wechselverkehrszeichen – lokale Regeln nach Bedarf an Störungen im Verkehrssystem angepasst werden: zum Beispiel, um eine höhere Resilienz zu erreichen oder Passagiere ungestört ein- oder aussteigen zu lassen oder das Be- und Entladen einzelner Waren am Straßenrand zu ermöglichen. Jede oder jeder Verkehrsteilnehmende sieht nur noch den für sie/ihn individuell notwendigen beziehungsweise hilfreichen Anteil von Verkehrszeichen oder Hinweisschildern. Kommunen sparen Geld für die Instandhaltung des zurückgebauten Anteils. Die besten Möglichkeiten virtueller Verkehrsinfrastruktur im Rahmen eines kooperativen Mischverkehrs mit nicht ausgestatteten Fahrzeugen, Radfahrerinnen und Radfahrern, Fußgängerinnen und Fußgänger sind noch Gegenstand weiterer Forschung. Denkbar ist beispielsweise ab einer gewissen Durchdringungsrate die Nutzung von ausgestatteten Fahrzeugen zur ergänzenden Kommunikation durch ihr Verhalten sowie Anzeigen oder Projektionen außen am Fahrzeug. Die einfachsten Umsetzungsmöglichkeiten rein virtueller Verkehrszeichen ergeben sich in Bereichen, in denen eine Vollausstattung zumindest mit (teilweise nachrüstbarer) Kommunikationstechnik erreicht werden kann (siehe Erlebnisräume in Kapitel 3) beziehungsweise dort, wo Verkehrsteilnehmende wie Fußgängerinnen oder Radfahrer Vorrang haben.

Kommunikation und Interoperabilität

Im Mobilitätssystem der Zukunft sind alle Verkehrswege nahezu lückenlos mit einem hybriden Netz aus lokaler Vernetzung, Mobilfunk und auch Satellitenkommunikation abgedeckt. Die Kommunikationsnetze ermöglichen eine robuste Vernetzung für verlässliche Kommunikation, Kooperation und Koordination im Verkehr. Vernetzt werden die Verkehrsteilnehmer miteinander sowie mit lokal koordinierenden Komponenten, übergreifenden Steuerungs- und Verwaltungsstellen in Hintergrundsystemen sowie mit Systemen in anderen Sektoren (als der Mobilität). Mit der Richtlinie zur Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr, der Europäischen Strategie für kooperative, intelligente Verkehrssysteme (C-ITS) durch die EU-Kommission und den entsprechenden Inhalten des dritten Mobilitätspaketes „Europa in Bewegung“ wurden dafür bereits wichtige Grundsteine gelegt.



In Bezug auf die Kommunikation muss der Blick auch auf die Gestaltung der Interaktion des automatisierten Fahrzeuges mit nicht automatisierten und nicht motorisierten Verkehrsteilnehmenden gerichtet werden. Ziel ist eine fast universelle Interoperabilität: Diese ist entscheidend für die sichere und gut koordinierte Kooperation von immer wieder neuen, innovativen und sich stets weiterentwickelnden Fahrzeugen. Zur Interoperabilität von Fahrzeugfunktionen, Infrastrukturanteilen, Mobilgeräten und allen weiteren Komponenten des Verkehrssystems muss die Gesamtheit aller Systemkomponenten berücksichtigt werden. Dies erfordert eine intensive gemeinsame Arbeit aller am Mobilitätssystem Beteiligten. Die Herausforderungen in diesem Bereich lassen sich beispielsweise an den jahrzehntelangen Arbeiten der Einführung des europaweiten Zugsicherungssystems ETCS3 ablesen. Gleichzeitig bietet dieser Erfahrungsschatz mögliche Lösungsansätze für den Straßenverkehr. Im Idealfall basiert die Mobilität der Zukunft auf einer „Plug-In-Architektur“, die eine fähigkeitsbasierte Integration neuer Systemkomponenten und Fahrzeuge ermöglicht, auf offenen Modellierungs- und Austauschformaten (wie zum Beispiel OpenDrive oder OpenScenario) für die digitale Repräsentation sowie auf standardisierten Kommunikationsprotokollen für eine integrierte, hybride Kommunikation aller verfügbaren Kommunikationskanäle. Im Interesse der Straßenverkehrssicherheit müssen insbesondere alle Funktechnologien störungsfrei miteinander funktionieren und interagieren.

Security und Safety

Nahezu alle Bereiche des Zielbildes in den Abschnitten 2.1 bis 2.3 sind nur realisierbar, wenn das Fundament der Vernetzung, der digitalen Repräsentation und Informationsinfrastruktur eine genügende IT-Sicherheit bietet. Durch die neuen kooperativen Fähigkeiten steigt die technische Komplexität des Verkehrs gerade in urbanen Anwendungsszenarien deutlich an. Durch die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander sowie mit der Infrastruktur gilt es Fahrzeuge und Infrastruktur auf einem der Bedrohung angemessenen Niveau gegen Angriffe abzusichern. Das Verkehrssystem mit den vernetzten Fahrzeugen und Infrastrukturkomponenten wird möglicherweise zu einer gefährdeten Infrastruktur und erfordert nicht nur den Schutz der persönlichen Daten, sondern auch den Schutz vor Cyber-Attacken. Es bedarf daher besonderer Security-Anforderungen für die vernetzten Fahrzeuge sowie die Verkehrsinformations- und Kommunikationsinfrastruktur als Teil des Verkehrssystems. Diese Security-Anforderungen müssen bereits während der Entwicklung sowohl im Fahrzeug als auch in allen anderen Komponenten des vernetzten Verkehrssystems betrachtet und realisiert werden (Security & Privacy-by-Design). Erst ausreichende Security-Maßnahmen ermöglichen den verlässlichen Datenaustausch zwischen allen Teilnehmern des Verkehrssystems, der kooperative Funktionen erlaubt und damit auch die Verkehrssicherheit (Safety) erhöht. So können dann beispielsweise Fahrzeuge, die zum Beispiel spielende Kinder wahrnehmen, diese Informationen mit anderen nahen Fahrzeugen, für die dies relevant sein könnte, verlässlich teilen und so zur Absicherung von Verkehrsteilnehmern aktiv beitragen.

3 Partizipation der Gesellschaft

Technologien des vernetzten und insbesondere des automatisierten und autonomen Fahrens sowie neue Mobilitätskonzepte müssen in mancherlei Hinsicht erst noch zur Marktreife gebracht werden. Eine der größten Herausforderungen liegt jedoch nach Meinung von Expertinnen und Experten in der Frage, ob unsere Gesellschaft die technologischen Entwicklungen und die damit verbundenen Veränderungen auch im individuellen Mobilitätsverhalten mittragen und sie annehmen wird. Eine so gravierende Änderung unseres Mobilitätssystems, wie sie dieser Zwischenbericht skizziert – insbesondere hinsichtlich des Mischverkehrs mit unterschiedlich automatisierten bis gar nicht automatisierten Verkehrsteilnehmenden –, wird nur gemeinsam mit den Bürgerinnen und Bürgern als Nutzerinnen und Nutzern beziehungsweise Anwenderinnen und Anwendern funktionieren. Hier braucht es innovative Partizipationsansätze, in denen neue Mobilitätsanwendungen und -systeme gemeinsam gestaltet und erprobt werden können.

Transparenz und Technikmündigkeit

Die Akzeptanzforschung zum automatisierten und vernetzten Fahren hat wichtige Erkenntnisse zu Tage gefördert. Insbesondere in Deutschland waren potenzielle Nutzerinnen und Nutzer wiederholt mehrheitlich kritisch eingestellt, die Kontrolle an das Fahrzeug abzugeben. Im Unterschied etwa zu China scheint hierzulande die Technologiebegeisterung und -offenheit wesentlich geringer ausgeprägt zu sein. Die Akzeptanz neuer Technologien ist demzufolge eine ernst zu nehmende Herausforderung, will man die Chancen des automatisierten Fahrens und eines vernetzten Verkehrssystems nutzen.

Andererseits ergeben differenzierte Umfragen, mit niedrigschwelligeren Fragen zur Einstellung gegenüber automatisiertem Fahren, dass auch in Deutschland durchaus eine mehrheitliche Bereitschaft zum Testen autonom fahrender Fahrzeuge gegeben ist, etwa via Carsharing. Daraus ließe sich ableiten, dass es zwar durchaus ernst zu nehmende Vorbehalte gibt, allerdings auch ein großes Potenzial, diese auszuräumen.

Diesen Faden aufgreifend, ist es ein Anliegen des vorliegenden Zwischenberichts (wie auch von acatech als technikwissenschaftlicher Akademie), aufzuzeigen, dass neben der Frage der Akzeptanz durch Nutzerinnen und Nutzer oder Kundinnen und Kunden auch das berechnete Interesse technikmündiger Bürgerinnen und Bürger an Transparenz und Partizipation bei der Gestaltung eines zentralen Themenfeldes wie der Mobilität berücksichtigt werden sollte (Akzeptabilität). Während Akzeptanz die empirisch gemessene Bereitschaft der Menschen bezeichnet, eine Technik in ihrem Umfeld zu tolerieren, meint der Begriff der Akzeptabilität ein an Werten orientiertes Urteil über die Akzeptanzwürdigkeit einer Technologie unter Abwägung ihrer Vor- und Nachteile. Statt um Akzeptanzbeschaffung muss es also darum gehen, so über vernetztes automatisiertes Fahren zu informieren, dass eine sachgerechte öffentliche Beurteilung der Technologie für jeden an der Debatte Beteiligten möglich wird. Es bedarf einer breiten Aufklärung über die Chancen, aber auch Risiken des automatisierten Fahrens sowie klarer rechtlicher Rahmenbedingungen mit eindeutigen Verantwortlichkeiten, auch in Haftungsfragen. Zu empfehlen wäre eine technikbezogene Kommunikation, die nicht lediglich ein Ad-hoc-Instrument zur Akzeptanzbeschaffung sein kann, sondern die Bürgerinnen und Bürger, Nutzerinnen und Nutzer und Betroffenen zur Technikmündigkeit befähigt. Beim vernetzten automatisierten Fahren bieten sich dafür gute Möglichkeiten.

Darüber hinaus bietet ein Co-Creation-Ansatz interessante Möglichkeiten, neue Mobilitätsangebote gemeinsam mit Bürgerinnen und Bürgern zu diskutieren und zu entwickeln, die ihr Mobilitätsbedürfnis und die Gegebenheiten vor Ort am besten kennen. Bürgerinnen und Bürger können mit einer gut informierten Meinung, wie das Mobilitätsangebot aussehen müsste und was optimiert werden könnte, wertvolle Impulse für die Gestaltung der Zukunft der Mobilität geben. Auf diese Weise ließen sich Design Thinking und Akzeptanz „by design“ verbinden.

Die öffentliche Diskussion über tödliche Unfälle mit automatisierten Fahrzeugen in den USA zeigt, dass beide Aspekte – Technikmündigkeit und Transparenz (Akzeptabilität) sowie Nutzerakzeptanz – wesentliche Bestandteile einer gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema sind. Bürgerinnen und Bürger, Kinder und Senioren, Fahrradfahrerinnen und Berufspendler, Einwohner und vom Verkehr Betroffene gehören zu den Zielgruppen, welche es dabei zu erreichen gilt. Ein Top-down-Ansatz hat nicht nur wenig Aussicht auf Erfolg – er könnte die Einführung des vernetzten automatisierten Fahrens sogar ernsthaft gefährden.



Verortung im gesellschaftspolitischen Gesamtbild

Noch bevor es um Akzeptanzfragen oder die prinzipielle Bereitschaft der Kontrollübergabe geht, ist die Grundfrage der Einbindung des vernetzten und automatisierten Fahrens in das gesellschaftspolitische Zielsystem zu beantworten. Die identifizierten technologischen Treiber sollten so miteinander kombiniert werden, dass sie zur Lösung der Probleme im Verkehr beitragen. Luftreinhaltung, CO₂-Einsparung, Emissionsvorteile beziehungsweise lokale Emissionsfreiheit (etwa durch rein batterieelektrische Fahrzeuge schon heute möglich) und Energieeffizienz, aber auch neue Lösungen, die die Mobilitätsbedürfnisse des Einzelnen noch individueller bedienen können, insbesondere im ländlichen Raum und für mobilitätseingeschränkte Menschen, – all dies sind überzeugende Argumente für innovative Mobilitätstechnologien. Wenn automatisiertes und vernetztes Fahren frühzeitig im Rahmen integrierter Verkehrskonzepte entwickelt wird, dann kann Skepsis schnell der Begeisterung weichen. Denn viele (potenzielle) Nutzerinnen und Nutzer und Bürgerinnen und Bürger sind dann für technische Neuerungen, wenn sie im Einklang mit gesellschaftlichen Werten wie Umweltschutz oder Gerechtigkeit stehen. Wenn parallel zur persönlichen Erfahrung des autonomen Fahrens über mögliche und tatsächliche gesellschaftliche Verbesserungen informiert werden kann, könnte diese Aufklärung auf fruchtbaren Boden fallen. Die Nutzerin und der Nutzer können sich dann selbst ein an Werten orientiertes Urteil über die Akzeptanzwürdigkeit der Technologie unter Abwägung der Vor- und Nachteile bilden. Anstrengungen für Akzeptanzbeschaffung wären damit überflüssig.

Erlebnissräume

Entscheidend für den gesellschaftlichen Dialog ist die transparente und partizipative Entwicklung und Umsetzung in Erlebnissräumen vor Ort. Studien bestätigen, dass das Ausprobieren der Schlüssel ist, um Kunden von den Vorteilen des autonomen Fahrens zu überzeugen. Eine große Mehrheit würde autonome Fahrzeuge eher nutzen, wenn das autonome Fahrzeug unter realen Bedingungen präsentiert würde, beispielsweise bei einer Probefahrt oder im Rahmen von Miet- oder Sharing-Fahrzeugen.

Eine weitere Möglichkeit zur Erprobung ist die Einführung von Testfeldern, wie etwa die als „Digitales Testfeld Autobahn“ eingerichtete A9, und von Sonderzonen sowie von wissenschaftlich begleiteten Reallaboren (Living Labs). Über erste Erprobungen von Funktionen des automatisierten Fahrens hinaus wären nun entsprechend einem integrativen Ansatz

komplexere systemische Reallabore nötig, in denen eine intelligente Mobilitätssteuerung eingerichtet und der Infrastrukturausbau für einen digitalisierten Verkehrsraum vorgenommen werden kann. In abgegrenzten Begegnungszonen könnten Menschen kooperatives Fahren erproben, erlernen und sich ein eigenes Bild davon machen. Auf diese Weise könnte der technische Fortschritt beschleunigt und gleichzeitig mit einer Förderung der gesellschaftlichen Diskussion und Information verbunden werden.

Vertrauen

Ein wichtiger Aspekt bei der Wahrnehmung des automatisierten Fahrens ist das Thema Vertrauen. Durchgängig zieht sich durch die Umfrageergebnisse an erster Stelle die Befürchtung, dass bei automatisiert fahrenden Fahrzeugen die Sicherheit nicht gewährleistet ist. Diese wird durch teilweise tödlich verlaufende Unfälle in den USA bestärkt. Dies steht im Kontrast zur Vision Zero, dem großen Versprechen und der lohnenswerten Vision eines Straßenverkehrs ohne Verkehrstote, der sich auch die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag verpflichtet sieht. Testgelegenheiten für Bürgerinnen und Bürger würden es hier ermöglichen, persönliche Erfahrungen zu sammeln und Vertrauen wachsen zu lassen.

Vertrauen betrifft jedoch nicht nur die Fahrzeugtechnologie, sondern auch die Systeme, in welche diese Technologie eingebettet ist, sowie die dafür maßgeblichen Akteure. Neben den Automobilherstellern sind nun auch Mobilitätsdienstleister auf das Vertrauen potenzieller Kunden angewiesen. Was die Akzeptanz und Annahme automatisierter Fahrfunktionen und nutzerorientierter individueller Mobilitätsservices betrifft, sollten alte und neue Akteure in diesem Feld alles daran setzen, zur Vertrauensbildung beizutragen.

Ethische Grundsätze beim Einsatz von Algorithmen und künstlicher Intelligenz

Die unabhängige Ethikkommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren“ hat zwanzig ethische Regeln vorgelegt. Kernaussage des Berichts der Ethikkommission ist, dass die Zulassung automatisierter und vernetzter Fahrsysteme unter Berücksichtigung von Sicherheit, menschlicher Würde, persönlicher Entscheidungsfreiheit und Datenautonomie ethisch verantwortbar sei. Der Einsatz dieser Systeme ist sogar ethisch und gesellschaftlich geboten, wenn dadurch Potenziale zur Schadenminimierung genutzt werden können. Die Bundesregierung hat im August 2017 einen

Maßnahmenplan zur Schaffung von Ethikregeln für Fahrcomputer beschlossen, auf dessen Grundlage sie die Weiterentwicklung der Technologie vorantreibt. Der Schutz von Menschen genießt demnach absoluten Vorrang. Technisch unvermeidbare Restrisiken stehen einer Einführung des automatisierten Fahrens bei Vorliegen einer grundsätzlich positiven Risikobilanz jedoch nicht entgegen.

Die öffentliche, insbesondere auch mediale Debatte wurde lange Zeit beherrscht von der Frage, wie mit ethischen Dilemmata umgegangen werden solle, also Verkehrssituationen, in denen das Fahrzeug unvermeidlich Personen schädigt und nur die Wahl zwischen verschiedenen Personen hat. Die Grundsätze der Ethikkommission zeigen, dass Fragen dieser Art anhand unseres Ethikverständnisses nicht zugunsten bestimmter Personengruppen entschieden werden können. Es ist zugleich ein wichtiges, vertrauensbildendes Signal der Ethikkommission, den Vorrang des Schutzes von Menschenleben zu untermauern und unmissverständlich zu verbieten, Menschenleben gegeneinander aufzurechnen. Das Dilemma Beispiel verweist vielmehr auf den wichtigen Bereich der ethisch einzuhegenden Entwicklung von Algorithmen. Gerade weil die Diskussion ethischer Gesichtspunkte zentral hinsichtlich der transparenten Umsetzung des automatisierten und vernetzten Fahrens ist, sollte sie intensiv zur Algorithmenethik geführt werden. Von Belang sind hier nicht nur ethische Fragen im engeren Sinne, sondern ganz allgemein das Thema algorithmengestützter Entscheidungsfindung. Da selbstlernende Systeme (künstliche Intelligenz) nicht vorhersehbar reagieren, müssen die zugrunde liegenden Algorithmen validiert und zertifiziert werden. Zudem ist heute nahezu unbekannt, wie KI-Systeme genau lernen. Es stellt sich die Herausforderung, in Zukunft nicht nur zu wissen, ob beispielsweise ein komplexes automatisiertes Fahrzeug bremst, sondern warum es bremst. Selbstlernende Systeme müssen jederzeit sicher und beherrschbar bleiben. Resultate von Bevölkerungsumfragen zeigen: Automatisiert getroffene Entscheidungen sollten klar als solche gekennzeichnet, nachvollziehbar und für zukünftige Entscheidungsmuster korrigierbar sein. Nötig sind unbedingte Grundsätze und konkrete Regeln, die für Entwickler und Betreiber entsprechender Systeme gelten. Die Ethikkommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren“ hat dazu bereits wichtige Regeln diskutiert und vorgeschlagen. Fragen dieser Art sollten jedoch nicht nur Programmiererinnen und Programmierern und Expertengremien anvertraut werden, sondern ebenso Gegenstand einer transparenten gesellschaftlichen Partizipation sein. Diese sollte nicht nur auf nationaler Ebene, sondern auch im europäischen und internationalen Kontext stattfinden. Hierzu hat die von Deutschland geführte Task Force on Ethical Aspects of Connected and Automated Driving wichtige Vorschläge erarbeitet. Diese werden

im weiteren Prozess auf EU-Ebene umgesetzt. Neben der reinen Forschung und Anwendung bedarf es klarer Regeln, Normen und Standards, um eine sichere, diskriminierungsfreie und datenschutzrechtliche Anwendung der KI und selbstlernender Systeme sicherzustellen.

Auch der Aspekt Datensouveränität spielt in das Thema algorithmengestützte Entscheidungsfindung und künstliche Intelligenz in vernetzten Verkehrssystemen hinein, da das Anlernen der Systeme mit Daten wesentlicher Bestandteil und damit Grundvoraussetzung für die Anwendung von KI ist. Grundproblematik hierbei ist, dass diese sogenannten Trainingsdaten immer nur die Vergangenheit abbilden. Daten müssen deswegen regelmäßig aktualisiert werden, damit auf Dauer die Algorithmen und damit die Entscheidungen, die durch sie gefällt werden, auf einem aktuellen Sicherheitsniveau sind. Datenvielfalt und deren Verfügbarkeit, Datensouveränität, aber auch der Datenschutz gewinnen durch KI eine noch zentralere Bedeutung. Umfragen zufolge hat ein Großteil der Bürgerinnen und Bürger große Vorbehalte, dass ihre personen- oder anwendungsbezogenen Daten an Unternehmen weitergegeben werden, die zur Realisierung ihrer Dienstleistungen künstliche Intelligenz einsetzen. Vorbehalte und Wünsche diesbezüglich sollten im Rahmen eines gesellschaftlichen Dialoges ernst genommen werden.

Automatisierung und Arbeitswelt

Wie viele andere Branchen ist auch die Arbeitswelt im Personen- und Gütertransport von der Digitalisierung und Automatisierung betroffen. Verkehrsbetriebe und Speditionen beklagen einen hohen Fahrermangel und sehen langfristig im automatisierten Fahren eine wichtige Lösung dieses Personalproblems. Auf der anderen Seite bedeuten die hier behandelten technologischen Innovationen für Fahrerinnen und Fahrer im Güter- und Personen-transport eine Veränderung und unter Umständen auch eine Gefahr ihres Arbeitsplatzes: eine Veränderung, weil etwa LKW-Fahrerinnen und -Fahrer in autonomen Fahrzeugen künftig Kapazitäten für andere Tätigkeiten gewinnen. So könnten sie Dispositions- und Verwaltungsaufgaben erledigen, während das Fahrzeug selbstständig fährt – zum Beispiel angeschlossen an einen Konvoi mehrerer miteinander vernetzter LKWs (Platooning). Langjährige Kraftfahrerinnen und -fahrer stellt dies vor die Herausforderung einer beruflichen Weiterentwicklung. Gleichzeitig birgt diese Veränderung die Chance, den Nachwuchs an Kraftfahrerinnen durch attraktive neue Berufsbilder, etwa des Konvoipiloten oder des fahrenden Disponenten, sogar leichter ansprechen und gewinnen zu können. Wenn deutsche Anbieter früh



neue Lösungen in den Markt bringen können, könnte ihnen dies Wettbewerbsvorteile bringen, die sich in wachsenden Marktanteilen und möglicherweise neuen Arbeitsplätzen auszahlen könnten. Begleitet von frühzeitigen Weiterbildungsangeboten für qualifiziertere Mitarbeitende könnte die Branche die Digitalisierung sozialverträglich gestalten.

Langfristig bedeutet die Einsparung von Personal für Logistikunternehmen jedoch auch eine reizvolle Einsparung eines gewichtigen Kostenanteils – und damit eine Gefahr für bisherige Arbeitsplätze. In Bezug auf gesellschaftliche Chancen und Herausforderungen sollte dieses Berufsfeld deshalb frühzeitig in die Planungen einbezogen werden, um einerseits Respekt und

Anerkennung zu gewährleisten und andererseits Horizonte und Perspektiven für die Betroffenen zu eröffnen. Es geht bei der Ersetzung von Fahrerinnen und Fahrern nicht nur um Verschiebungen auf anonymen Arbeitsmärkten und entsprechend notwendige sozial- und arbeitsmarktpolitische Anpassungen. Menschen sind in sehr persönlicher Art von dem sich ankündigenden Strukturwandel betroffen. Damit die Technikskepsis gegenüber der Digitalisierung der Gesellschaft in diesen konkreten Fällen nicht sogar bestätigt wird, müssen konkrete Lösungen gefunden werden. Auch das Thema „lebenslanges Lernen“ gewinnt vor dem Hintergrund der Digitalisierung in diesem Feld zunehmend an Bedeutung.

4 Zukunftsbilder der Mobilität

Gerade vor dem Hintergrund einer notwendigen breiten gesellschaftlichen Diskussion und Partizipation bei dem Thema vernetzte und automatisierte Mobilität sollten technologische Innovationen konkret benannt und anschaulich beschrieben werden. Das Zielbild und die genannten Vertiefungsthemen des Projekts *Neue autoMobilität II* werden dazu in Zukunftsbildern veranschaulicht. Dabei geht es um die Beschreibung von „möglichen“ zukünftigen Mobilitätsanwendungen und von Funktionen des vernetzten und automatisierten Fahrens aus verschiedenen Perspektiven. Eine Behauptung, dass sie eine wahrscheinliche Entwicklung darstellen würden, ist damit explizit nicht verbunden. Insbesondere geben die Zukunftsbilder eine konkretere Vorstellung davon, was es heißt, die Zukunft der Mobilität ganzheitlich, integrativ und systemisch zu denken. Die dahinterstehenden Forschungsbedarfe werden in einer sich anschließenden STUDIE detailliert erarbeitet.¹

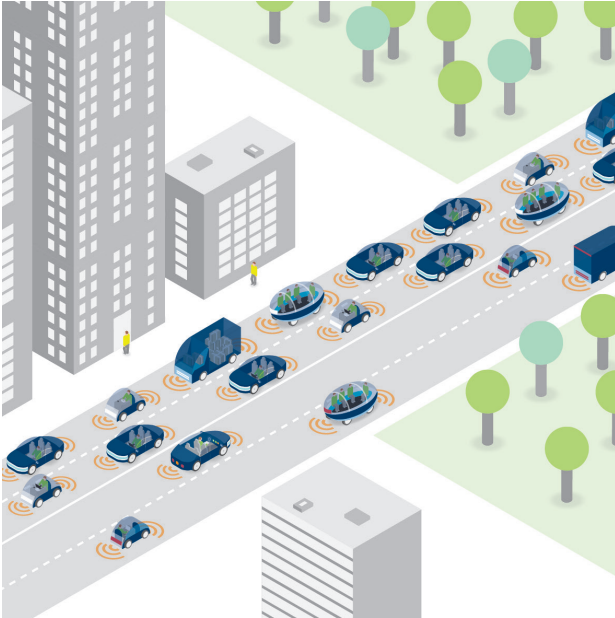
Zukunftsbild der Mobilität 1



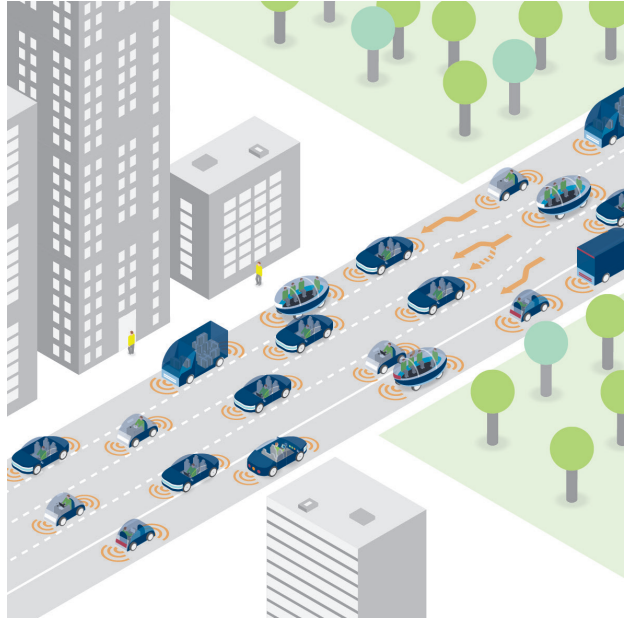
1.1 Überwachung der intelligenten Verkehrs- und Energienetzsteuerung

Lea ist Systemadministratorin in der Verkehrs- und Energiemanagementzentrale einer süddeutschen Großstadt. Als mit dem Ausbau der Elektromobilität den Batterien der Fahrzeuge eine immer wichtigere Rolle im Energienetz zuteilwurde, hat die Stadtverwaltung sich entschieden, die früheren Bereiche Verkehrsinformation und Energieversorgungscoordination zusammenzuführen. Dabei setzt die Kommune konsequent auf offene Standards und Schnittstellen, um eine problemlose Zusammenarbeit mit anderen Diensteanbietern zu ermöglichen. Als Systemadministratorin hat Lea die Aufgabe, die autonome Steuerung von Verkehrs- und Energieflüssen innerhalb der Kommune kontinuierlich daraufhin zu überprüfen, ob Entscheidungsregeln verändert oder erweitert werden müssen.

¹ | Die den Zukunftsbildern zugrunde liegenden Funktionen und Perspektiven wurden in einem Expertenworkshop identifiziert und in einzelnen UserStories entwickelt. Sie wurden anschließend vom Redaktionsteam dieses Zwischenberichts zu systemischen Zukunftsbildern der Mobilität kombiniert und weiterentwickelt.



1.2.1 Vorher: Verkehr ohne digitale dynamische Verkehrsbeschilderung



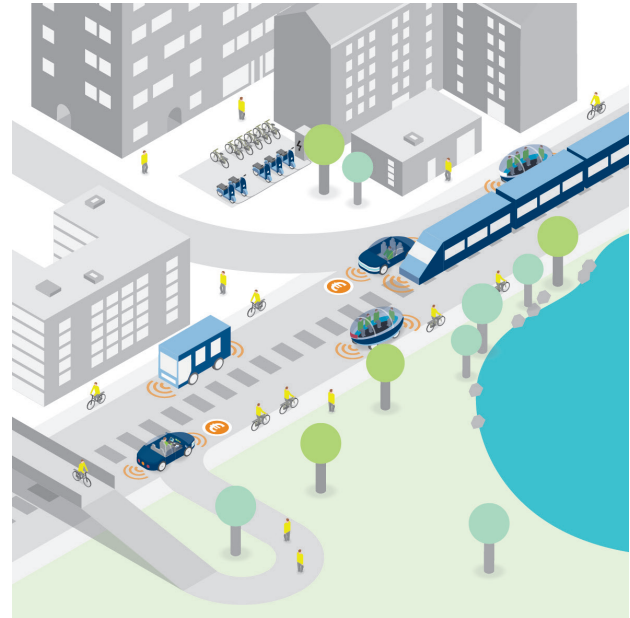
1.2.2 Nachher: Verkehr mit digitaler dynamischer Verkehrsbeschilderung

Zu Leas Aufgabengebiet zählt insbesondere die Überwachung der korrekten Funktion der digitalen Verkehrsbeschilderung in der Südstadt. Hier hat die Kommune begonnen, in einem Modellversuch die bisherige Beschilderung vollständig digital abzubilden und wo möglich zurückzubauen. Die Einsparung von Kosten für die Instandhaltung der Beschilderung ist dabei nur ein Nebeneffekt. Vor allem hat die Kommune damit erreicht, den

Verkehr dynamischer zu steuern und somit zu verflüssigen. So entstehen in der morgendlichen Rushhour zusätzliche Fahrstreifen, indem sie verengt werden. Da sich der Verkehr hier ohnehin langsamer bewegt, lässt sich dies gut organisieren. Auch Fahrstreifen mit freien Kapazitäten stadtauswärts können für stadteinwärts fließenden Verkehr einbezogen werden.



1.3.1 Vorher: Keine ökonomische Verkehrssteuerung



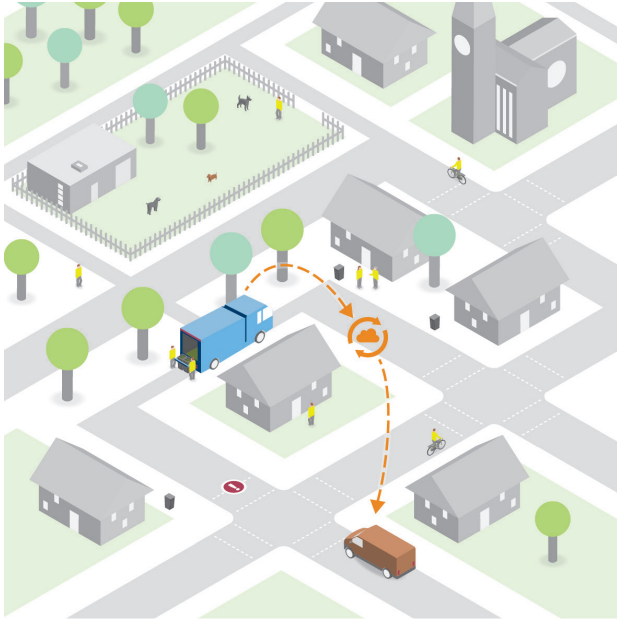
1.3.2 Nachher: Verkehrssteuerung durch Mobility Pricing

Als pendelnde Arbeitnehmerin profitiert Lea ganz persönlich vom neu eingeführten Mobility Pricing in ihrer Stadt: Seitdem Fahrzeuge auf den besonders überlasteten Strecken zu Stoßzeiten eine Befahrungsgebühr entrichten müssen, hat sich die Verkehrssituation völlig verändert. Viele Verkehrsteilnehmende haben ihr Mobilitätsverhalten angepasst und sind auf andere Wege oder andere Verkehrsmittel ausgewichen oder teilen sich Fahrzeuge. Die teilweise Automatisierung von Straßenbahn- und U-Bahnlinien brachte mehr Flexibilität. So können beispielsweise zu Stoßzeiten automatisierte Zusatzfahrzeuge fahren, ohne dass kurzfristig fehlende Fahrer ein Hindernis sind. Auch Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber haben zu einer

Entspannung der Verkehrssituation beigetragen, indem sie Anwesenheitszeiten flexibel gestalten. Frühere permanente Stauzonen, etwa entlang der Straße am Seeufer, sind nun ganztagig befahrbar. Zwar gab es vor der Einführung große Vorbehalte gegen diese Maßnahme: Politikerinnen und Politiker fürchteten die neue, teilweise unpopuläre Maßnahme, von vielen Bürgerinnen und Bürgern wurde sie als unsozial abgelehnt. Nach einem umfassenden Dialogprozess mit den Bürgerinnen und Bürgern, in denen auch Simulationen und Erfahrungen aus anderen Städten gezeigt wurden, hat sich der Stadtrat zu einem Pilotversuch durchgerungen, der gut funktionierte und auch Rücksicht auf sozial Bedürftige nahm.

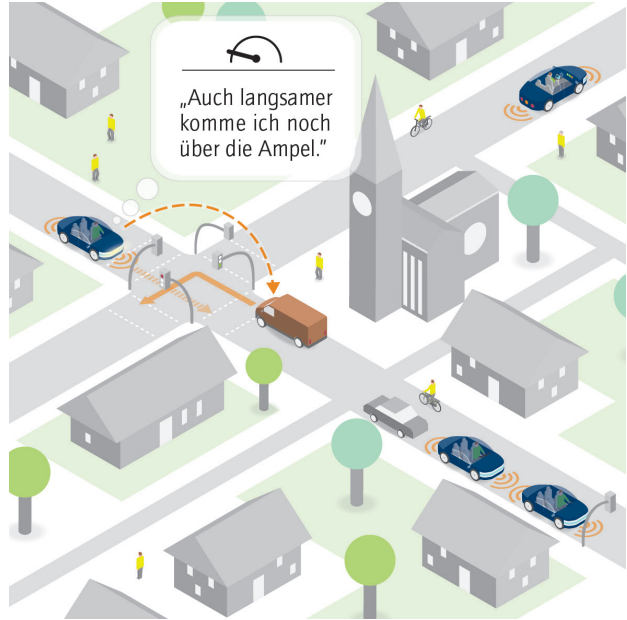


Zukunftsbild der Mobilität 2



2.1 Echtzeitinformationen zur Verkehrslage

Autonom fahren? Für Hundetrainer Finn war dies mit seinem mittlerweile Oldtimer-Status besitzenden Kastenwagen in einer 100.000-Einwohner-Stadt im Osten Deutschlands lange keine Option. Seitdem sein Wagen aber mit einem kleinen Einbaugerät Signale der automatisierten und vernetzten Fahrzeuge empfangen kann, die immer mehr in der Stadt unterwegs sind, machen ihm die vielen Fahrten deutlich mehr Spaß. Blockaden durch die Müllabfuhr in den kleinen, kurvigen Einbahnstraßen sind kein Problem mehr, seitdem Verkehrsleitdienste solche Störungen berücksichtigen und rechtzeitig Empfehlungen, etwa für geeignetere Routen, geben.



2.2 Kooperationsmanöver beim Linksabbiegen

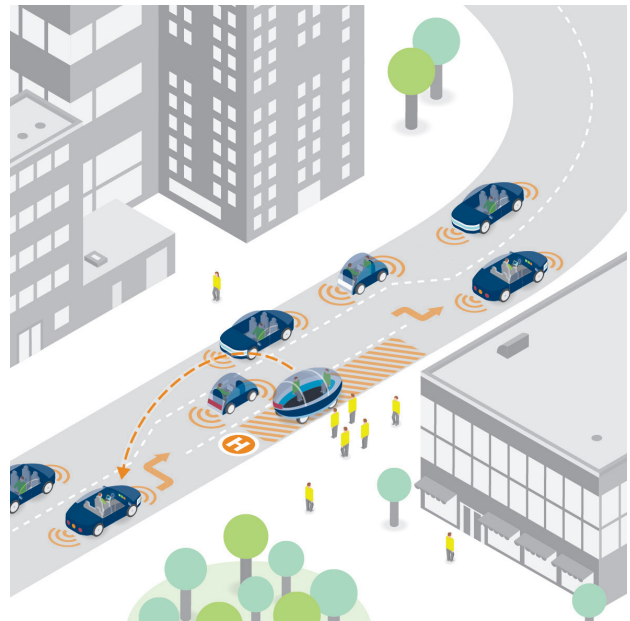
Wenn er an einer Ampel auf dem Linksabbieger-Fahrsstreifen steht, geben die entgegenkommenden „Neuen“ Finn oftmals die Vorfahrt und zeigen dies durch fokussierte Lichtsignale an. Für die Fahrgäste in den autonomen Fahrzeugen entsteht kein Nachteil, weil ihr Fahrzeug „weiß“, dass es trotz leichter Tempodrosselung immer noch bei Grün über die Ampel kommt und bei schnellerer Fahrt ohnehin bei der nächsten roten Ampel abbremsen müsste. Und Finn ist gern bereit, die „Neuen“ seinerseits zu respektieren, wenn diese vielleicht einmal etwas „zu korrekt“ fahren. Besonders angenehm findet es Finn, dass die „Neuen“ sich intuitiv einfügen. Durch eine klar gestaltete Interaktion nach immer gleichen Prinzipien – sei es mit Anzeigen, Lichtsignalen oder einem eindeutigen Verhalten – versteht er immer, was die Fahrzeuge vorhaben oder ihm vorschlagen. Er kann jetzt viel besser abschätzen als früher, was gerade sicher ist und welche Manöver in einer bestimmten Situation nicht sinnvoll sind. Die Fahrt durch die Stadt ist zu einem ganz anderen Erlebnis geworden, seitdem das Miteinander durch Funktionen des kooperativen Fahrens gestärkt wurde.

Zukunftsbild der Mobilität 3



3.1 Routeninformation für intermodales Reisen und Ticket-erwerb aus einer Hand

Michelle ist mittlerweile schon seit dreißig Jahren im Außendienst unterwegs – an fünf Tagen die Woche, quer durch die Republik. Früher verbrachte Michelle dabei die meiste Zeit auf der Autobahn. Der Weg vom Bahnhof oder Flughafen zu den Kunden in den Industriegebieten am Stadtrand wäre für Michelle einfach zu aufwendig gewesen. Dies hat sich schlagartig geändert, als die neuen Plattformdienste entstanden: Informationen über verschiedene Reiserouten und Verkehrsmittel, Abfahrtszeiten und Ticketerwerb aus einer Hand und auf Knopfdruck!



3.2 Flexible On-Demand-Shuttles halten an virtuellen Haltestellen

Zur gleichen Zeit haben die Kommunen ihr ÖPNV-Angebot weiterentwickelt und durch flexible On-Demand-Straßen-Shuttles ergänzt und bieten so eine Alternative zum eigenen Auto. Diese Shuttles sind rund um die Uhr im Einsatz und halten an virtuellen Haltestellen, die im 200-Meter-Abstand über das ganze Bediengebiet verteilt sind und bei Nachfrage flexibel aktiviert und genutzt werden können. Den nachfolgenden Fahrzeugen wird das Haltemanöver vorzeitig angekündigt, sodass diese rechtzeitig das Hindernis umfahren können und nicht zum Stehen gezwungen werden. Dadurch, dass Fahrgäste „gepoolt“ werden, ergeben sich günstige, ÖPNV-ähnliche Preise. Weil die Shuttles die Fahrgäste zum nächsten ÖPNV-Knotenpunkt bringen und diese von dort per Bus oder Bahn ihre Fahrt fortsetzen, werden die Innenstädte nicht unnötig mit zusätzlichen Fahrzeugen verstopft.

Selbst wenn Michelle sich an dunklen Winternachmittagen vom Kundentermin auf den Heimweg macht, fühlt sie sich im fahrerlosen Shuttle sicher aufgehoben: Maßnahmen wie eine persönliche Anmeldung aller Mitfahrerinnen und Mitfahrer und die jederzeit auf Zuruf verfügbare „Remote-Assistenz“ von Mitarbeitenden aus den Mobilitätszentralen der Anbieter haben zu einem hohen Vertrauen beigetragen.



Zukunftsbild der Mobilität 4



4.1.1 Vorher: Unproduktive Flächennutzung



4.1.2 Nachher: Verkehrsreduzierung durch Sharing-Flotten und menschengerechte Flächenumnutzung

Christian ist schon seit 25 Jahren Inhaber eines Lokals in der südlichen Innenstadt einer mittelgroßen Stadt in Nordrhein-Westfalen. Das Quartier ist geprägt von Altbauten der 1920er Jahre, die zumeist als Wohnhäuser dienen. Zahlreiche Restaurants und kleinere Ladengeschäfte verteilen sich über das gesamte Quartier. Anwohnerinnen und Anwohner sowie Gewerbetreibende unterstützten die Wahl als Pilotquartier für automatisierte Mobilität. Der Parkraum wurde in Tiefgaragen verlegt, an der Oberfläche konnten zwischen den Wohnhäusern Grünflächen für die Bewohnerinnen und Bewohner angelegt werden. Die Nutzung der Garagen ist exklusiv automatisierten Fahrzeugen vorbehalten, unter anderem den Fahrzeugen einer Carsharing-Flotte, die von den Bewohnerinnen und Bewohnern des Quartiers genutzt wird. Automatisiertes Parken gestattet es, den Garagenraum besonders effizient zu nutzen und Ein- oder Ausstiegspunkte sowie Parkplätze räumlich zu trennen. Christian nutzt die Flotte, um seine Gäste vom Bahnhof am Rande des Quartiers abholen zu lassen. Die Wagen kommen von selbst zu den angeforderten Haltepunkten im Quartier vorgefahren. Die Straßen sind seitdem weitgehend frei von parkenden Autos, die gewonnenen Flächen können dadurch produktiver genutzt werden, zum Beispiel als Flaniermeilen oder Spielstraßen.



4.2 Valet-Parking und produktivere Flächennutzung

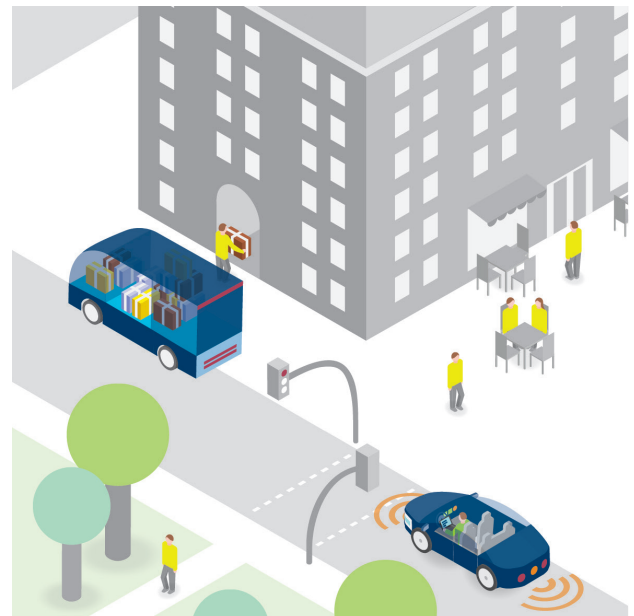


4.3.1 Paketzulieferung I: Logistik-Hubs außerhalb der Städte



4.3.2 Paketzulieferung II: Gebündelte Auslieferung

Besondere Regeln gelten auch für den Lieferverkehr. Früher hatten in zweiter Reihe haltende LKWs in den engen Straßen ein Durchkommen erschwert. Da die parkenden Autos auf den Seitenstreifen verschwunden sind, können die Straßen auch dann noch passiert werden, wenn Christians Lieferant kurzzeitig vor dem Lokal halten muss. Was die Paketzulieferung betrifft, hat sich die Anwohnerschaft auf einen Anbieter geeinigt, der als Zusteller auf der „letzten Meile“ mithilfe von Lastenfahrrädern und seiner teils autonomen und elektrisch angetriebenen Flotte sämtliche Warenlieferungen in Privathaushalte tätigt. So wird eine Vielzahl von Lieferfahrzeugen für jeweils wenige Pakete im Quartier vermieden. Viele Anwohnerinnen und Anwohner stellen dem Zusteller auch ausgewählte Aufenthaltsdaten zur Verfügung, mit denen er die Auslieferungszeitpunkte anpasst.



4.3.3 Paketzulieferung III: Ein Anbieter als Zusteller auf der letzten Meile



Zukunftsbild der Mobilität 5



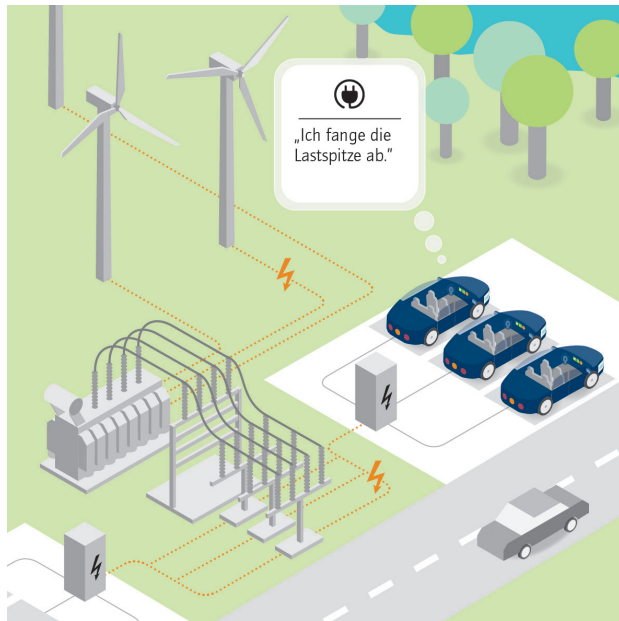
5.1 Integriertes Mobilitätskonzept für Touristen und davon überzeugte Inselbewohner

Als niedergelassene Ärztin ist Stefanie an zwei Tagen in der Woche auf der Ostseeinsel Rügen und auf dem angrenzenden Festland unterwegs im Rahmen der Hausbesuche. Früher wäre dies für sie schwierig gewesen, da gerade während der Ferienmonate und zu Stoßzeiten der Verkehr auf der Insel gestockt hat. Die Situation hat sich sehr verändert, als die Inselkommunen neue, integrierte Verkehrskonzepte erprobten. Auf einem ehemaligen Werftgelände auf dem Festland richteten sie Parkplätze für mit eigenem PKW anreisende Touristen und einen Umsteigebahnhof ein. Der touristische Personenverkehr auf der Insel wird nur noch über elektrische geteilte Fahrzeuge, ÖPNV-On-Demand-Shuttles sowie Leih-Elektro-Roller und Mietfahrräder abgewickelt. Auch viele Inselbewohnerinnen und -bewohner verzichten auf ihren PKW vor Ort und stellen ihn ebenfalls auf dem Festlandparkplatz ab, nachdem ihnen eine langfristige ÖPNV-Versorgung zu attraktiven Konditionen verbindlich zugesichert werden konnte. Mit einem Mobilitätspass und der dazugehörigen Seamingless-App ihrer Gemeinde können sie nunmehr Fahrräder, Elektro-Scooter und -Roller, Elektrofahrzeuge, ÖPNV-Shuttles sowie Busse und Straßenbahnen einfach und nahtlos miteinander kombinieren.



5.2 Vollautomatisiertes Gepäck-Shuttle

Eine andere Hürde waren die Bedenken von Hoteliers und Vermietenden von Ferienunterkünften. Diese fürchteten, dass viele Reisende – zumal ältere Menschen oder Familien – auf den Komfort, das Reisegepäck im eigenen PKW zu transportieren, nicht verzichten würden. Diese Bedenken zerstreuten sich, als Varianten der vollautomatisierten Shuttles für Gepäcktransport preiswerten und zuverlässigen Parkplatz-zu-Haus-Service organisierten. Die Kombination aus Personen- und Transport-Shuttles erwies sich für die Fahrgäste als ebenbürtiger Ersatz für den mit Urlaubsgepäck gefüllten Kofferraum des eigenen Autos.



5.3 Sektorkopplung von Energie und Verkehr – Elektrofahrzeug als mobiler Stromspeicher

An den Tagen, wo Stefanie Sprechstunden in ihrer Praxis hat, ist ihr Fahrzeug als autonomes medizinisches Einsatz-Shuttle ohne sie unterwegs. An den lokalen Mobilitätsanbieter angeschlossen kann ihr Fahrzeug auf diese Weise Patientinnen und Patienten aus dem Umkreis zu ihr in die Praxis befördern. An Tagen, an denen der Wind stärker weht als sonst und der regionale Energieerzeuger Kapazitätsspitzen der Windkraftwerke abbauen möchte, hilft ihr Elektrofahrzeug zusammen mit anderen Elektrofahrzeugen als mobiler Stromspeicher aus.

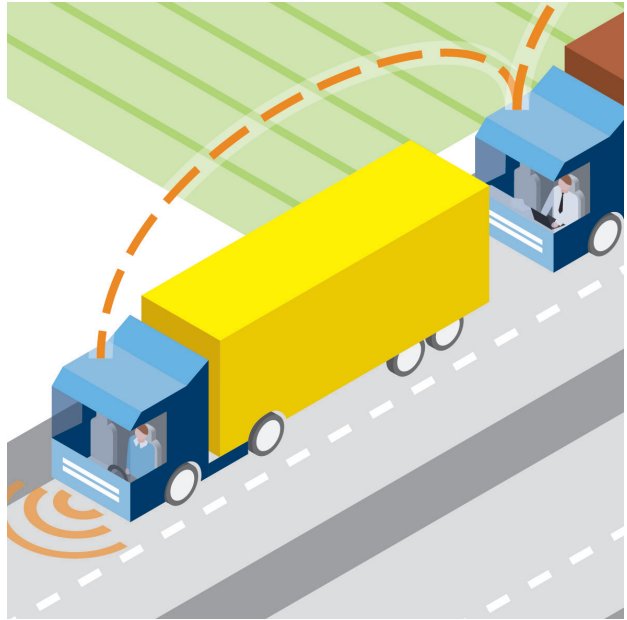


Zukunftsbild der Mobilität 6



6.1 Platooning im automatisierten und vernetzten Güterverkehr

Manuel ist Geschäftsführer eines mittelständischen Transportdienstleisters mit Sitz in Aachen. Er hat den Betrieb von seinem Vater übernommen und frühzeitig in eine hochautomatisierte Güterverkehrsflotte investiert. Seine Fernverkehrsflotte ist mit der neuesten Platooning-Technologie ausgestattet. Die LKWs können dabei die Transportstrecke auf der Autobahn in hochautomatisierten Konvois bewältigen. Die Fahrerinnen oder der Fahrer an der Spitze übernimmt in diesem Fall die Steuerung – alle anderen können die Hände vom Steuer nehmen und sich anderen Tätigkeiten widmen. Da die Flotte aus nur wenigen Fahrzeugen besteht, verabreden sich Manuels freiberuflich angestellte Fahrerinnen und Fahrer mit anderen Lastkraftwagen zu Konvois. Fahrzeugtyp und Unternehmen spielen dabei keine Rolle. Die Bildung zu einem Platoon geschieht fast von selbst über einen Plattformdienst, die Führung des Gespanns ändert sich regelmäßig, sodass jeder davon profitiert.



6.2 Neue Berufsbilder im automatisierten und vernetzten Güterverkehr

Durch den hochautomatisierten Güterverkehr ist es Manuel möglich, die variablen Kosten deutlich zu senken und umweltfreundlicher zu transportieren. Platooning spart Kraftstoff und senkt damit sowohl Treibstoffkosten als auch den Ausstoß von CO₂. Bei der Maut wird dies durch eine Reduzierung der Gebühren belohnt. Das bekommt auch der Kunde durch eine deutliche Preisreduzierung positiv zu spüren und es entspricht auch den neuesten Umweltstandards. Zusätzlich können seine Fahrerinnen und Fahrer während des Platooning Dispositions- und Verwaltungsaufgaben erledigen. Das spart erhebliche Personalkosten. Positiv wirkt sich dies auch auf den Arbeitsmarkt der Berufskraftfahrerinnen und -fahrer aus. Die zusätzlichen, anspruchsvollen Aufgaben haben den Beruf attraktiver gemacht. Nicht nur die Vergütung ist entsprechend gestiegen, auch das Image des „Konvoipiloten“ sowie des „fahrenden Disponenten“ sorgt für hohe Ausbildungszahlen. Der Fahrermangel ist für Manuel ebenso wie die gestiegene Güternachfrage im Stückgutverkehr kein Problem mehr.

5 Handlungsfelder

Die Handlungsempfehlungen, die das Vorgängerprojekt erarbeitet hat, bleiben weiterhin aktuell. Vor dem Hintergrund des hier entwickelten Zielbildes und seiner spezifischen Vertiefungsthemen hat acatech zusammen mit den Projektpartnern außerdem weitere wesentliche Handlungsfelder identifiziert. Diese sollten vor allem von politischer Seite, aber auch von Wirtschaft und Gesellschaft adressiert werden, um das gemeinsame Ziel einer bedarfsgerechten und zukunftsorientierten Mobilität zu realisieren. Die folgenden Handlungsfelder sind allgemein gehalten und werden im Rahmen der geplanten acatech STUDIE konkretisiert.

Erlebnisräume für gesellschaftlichen Dialog und Innovationen schaffen

Der Übergang zu neuen automatisierten Mobilitätssystemen kann nur gelingen, wenn dieser von einem breiten gesellschaftlichen Dialog begleitet wird. Dazu zählt die Öffnung von Innovationsprozessen, indem künftige Nutzerinnen und Nutzer einbezogen werden. Zusätzlich zu den wichtigen bestehenden Testfeldern sollten **Erlebnisräume für eine breite Öffentlichkeit** geschaffen werden. Diese haben nicht nur informierenden Charakter, sondern können die Begeisterung für Zukunftstechnologien der automatisierten Mobilität wecken. Sie erlauben die gemeinsame Gestaltung neuer Verkehrssysteme und Verkehrskonzepte, zum Beispiel Lösungen für Sharing-Angebote, die dann auch als dem Privatwagen ebenbürtig empfunden werden. Für einen solchen Erlebnisraum sollte insbesondere eine gemeinsame Stadt- und Verkehrsplanung vorgenommen werden.

Erlebnisräume dienen auch der beschleunigten Innovation.

Aus Sicht der Fahrzeughersteller müssen Prototypen im öffentlichen Raum erprobt werden können. Hierzu bedarf es gesonderter Experimentierklauseln beziehungsweise Ausnahmeregelungen für den öffentlichen Raum und ausreichend regulatorischer Freiheiten, um partiell beispielsweise von Straßenverkehrszulassungsordnung, Straßenverkehrsordnung oder vom Personenbeförderungsgesetz abweichen zu können. Es ist zu begrüßen, dass die Bundesregierung dies in ihrem Koalitionsvertrag vorsieht.

In solchen Erlebnisräumen werden auch Aspekte wie die Digitalisierung von Infrastruktur (wie „virtuelle“ Spurführung), Kooperation im lokalen Lieferverkehr, aber auch Konzepte zur Neuverteilung und Umwidmung von Verkehrsflächen mit

Partnern aus Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft gemeinsam durchgespielt und getestet. Der Zugang zu einem Erlebnisraum kann auf bestimmte Fahrzeugtypen oder Mobilitätsangebote beschränkt werden, um deren Leistungsfähigkeit unter Partizipation aller Bürgerinnen und Bürger zu erforschen. Erlebnisräume könnten auch einen **geeigneten Rahmen** bieten, um innovative **ökonomische Steuerungskonzepte** wie Mobility Pricing zu erproben.

Der gesellschaftliche Dialog sollte auch die Chancen und Risiken aufzeigen, die mit der Automatisierung des Verkehrssystems einhergehen. Verbraucherschutz, gesellschaftliche Interessen im Umgang mit Daten, Arbeitnehmerbelange und Gesundheitsaspekte sind hier wichtige Themen. Zu diesem Zweck könnten neue Demonstrationsmethoden und Simulationen genutzt werden, um Veränderungen im Straßenbild, im Verkehrssystem und Nutzererlebnis zu veranschaulichen.

Kommunen stärken und zukunftsfähig machen

Kommunen gewährleisten öffentliche Infrastrukturen und sind dadurch in besonderem Maß auf eine **funktionierende Datenbasis** angewiesen. Insbesondere müssen Kommunen auf Trends wie die zunehmende Urbanisierung oder den Bevölkerungsrückgang in den ländlichen Regionen reagieren. Lösungen aus dem Feld der automatisierten Mobilität können ihnen und den meist unter kommunalem Dach operierenden ÖPNV-Betreibern dabei helfen. Um handlungsfähig zu bleiben, müssen Kommunen auf regionaler Ebene **eigene Datenquellen erschließen, Informationssysteme zusammenführen und nutzbar machen**. Die Verkehrsdaten aus ÖPNV, autonomem und nicht autonomem Fahren sowie der infrastrukturseitigen Sensorik sollten in den Verkehrsleitzentralen gespeichert und verarbeitet werden. Hier können auch freiwillig von Bürgerinnen und Bürgern zur Verfügung gestellte Daten einfließen. Die Verordnung der EU-Kommission zur **Bereitstellung EU-weiter multimodaler Reiseinformationssysteme** kann für neue Mobilitätskonzepte genutzt werden, die vor allem die Verkehrsprobleme der Städte angehen. Ihre Umsetzung sollte insbesondere mit Blick auf die Kommunen und ihre Bedarfe vorangetrieben werden.

Um ihrer neuen Rolle als zentrale Akteure innerhalb automatisierter Mobilitätssysteme gerecht zu werden, brauchen die Kommunen **gut ausgebildetes und entsprechend gut bezahltes Personal** mit der nötigen Digitalisierungsexpertise. Weiterhin sollte der Zugang zu vorhandenen **Förderangeboten verbessert und ausgebaut werden**, damit die Förderprogramme von



Kommunen gezielt zum Ausbau und zur Verknüpfung von Informationssystemen genutzt werden können.

Für den Ausbau digitaler Infrastrukturen ist es außerdem notwendig, dass Kommunen bei Beschaffungen und Updates konsequent auf etablierte, **offene Daten- und Schnittstellen-Standards** setzen und die **anbieteroffene Erweiterbarkeit von Systemen** sicherstellen. Dadurch werden die Kommunen weniger abhängig von einzelnen Unternehmen und können leichter neue Mobilitätsanbieter und -angebote integrieren. Hilfreich wären weiterhin **Beratungsangebote und Dialogformate**, in deren Rahmen sich kommunale Vertreter über **Best Practices** informieren und austauschen könnten.

Digitale Datentreuhänder entwickeln

Vollautomatisierte beziehungsweise autonome Fahrzeuge sind nicht länger nur Hardware, sondern vielmehr eine Komponente eines digital vernetzten Mobilitätssystems. Durch die digitale Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur können zum einen Verkehrssicherheit und -effizienz verbessert werden. Zum anderen sind neue Dienstleistungen möglich, die das Potenzial haben, den traditionellen Mobilitätsmarkt weitreichend zu verändern. Der Mehrwert bei Verkehrssicherheit und neuen Dienstleistungen basiert auf einer Vielzahl von Daten, die durch Nutzung und Betrieb von vernetzten Fahrzeugen in einem digitalen Mobilitätsumfeld entstehen. **Daten, die dem gesellschaftlichen Gemeinwohl dienen und beispielsweise für die Steigerung der Verkehrssicherheit notwendig sind, sollten von jeder und jedem Verkehrsteilnehmenden bereitgestellt werden müssen.** Diese werden unter anderem von anderen Fahrzeugen oder in der Verkehrsleitzentrale benötigt. Darüber hinausgehende Datenübertragung ist freiwillig und darf nur mit Einwilligung der Fahrzeughalterin beziehungsweise des Fahrzeughalters erfolgen.

Um einen authentischen und diskriminierungsfreien Zugang zu den Fahrzeugdaten sicherzustellen, können **cloudbasierte neutrale Datentreuhänder (Data Trust Center)** in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Datentreuhänder bieten die Möglichkeit, einen großen und wettbewerbsoffenen Mobilitätsmarkt zu etablieren, in dem alle Dienstleister und Drittanbieter eine gleichwertige, angemessene und diskriminierungsfreie Ausgangslage für ihre wirtschaftliche Existenz haben.

Als Teil der Kommunikationsinfrastruktur für die Fahrzeugflotte dient der Datentreuhänder der sicheren, datenschutzkonformen

und neutralen Speicherung von Daten, die in Fahrzeugen generiert wurden und für verschiedene Zwecke im Sinne des Gemeinwohls sowie der Fahrzeughalterin oder des Fahrzeughalters verwendet werden sollen.

Verkehrsträger vernetzen und in einem Verkehrssystem zusammenführen

Motorisierter Individualverkehr, Güter- und Lieferverkehr, ÖPNV und Schienenfernverkehr, Fußgängerinnen und Fußgänger sowie Fahrräder sollten zu einem aufeinander abgestimmten Verkehrssystem zusammengeführt werden. Dazu gehört eine leichtere intermodale Verkehrsmittelnutzung, also die **Erleichterung von physischen Umsteigesituationen sowie von Übergängen zwischen den Verkehrsträgern in Fahrtenplanung, -buchung und -bezahlung.**

Ein anderer Aspekt ist die **bedarfsgerechte Parallelführung von Personenbeförderung und Gütertransport.** Um dies zu erreichen, benötigt es eine bedarfsgerechte Steuerung des Verkehrsverhaltens durch technische Instrumente, ökonomische Steuerungsmaßnahmen, Parkraumbewirtschaftung und die gezielte Weiterentwicklung von Sharing-Modellen und integrierten Mobilitätsangeboten.

Im Zuge einer sich verändernden Nutzung von Verkehrsträgern muss außerdem über **Neuverteilungen von Verkehrsflächen nach Produktivitätsaspekten** nachgedacht werden. Ziel der Neuverteilung sollte sein, dass neue Verkehrsträger sich nicht gegenseitig behindern, sondern effizient ineinandergreifen. Dazu sind flexibel nutzbare Flächen für bedarfsgerechte Übergabepunkte nötig.

Infrastrukturen koordiniert ausbauen

Für die weiteren Ausbaustufen eines automatisierten Verkehrssystems ist zwingend erforderlich, eine **vollständige Netzabdeckung entlang aller Verkehrswege** zu erreichen. Dazu müssen komplementäre Technologien wie lokale Vernetzung oder Satellitenkommunikation etabliert und Funklücken im Mobilfunknetz geschlossen werden. Neben der informations- und kommunikationstechnischen Infrastruktur ist ein **integrierter Ausbau der straßenbaulichen und verkehrstechnischen Infrastruktur** notwendig. Hierzu sollten Fördermaßnahmen und Planungsinstrumente die Baulastträger von Bund, Ländern, Kreisen und Kommunen unterstützen. Um eine effektive und effizientere

Finanzierung, Steuerung und Kontrolle von Investitionen im Bereich der automatisierten Mobilität zu ermöglichen, sollten geeignete **Koordinationsmechanismen** geschaffen werden, die die Akteure der Kommunen, Länder und des Bundes enger vernetzen. Auch optimierte einheitliche Verfahren für lokale und bundesweite Ausnahmegenehmigungen für das Inverkehrbringen innovativer Verkehrsmittel wären hilfreich.

Die Kommunen benötigen **Beratungs- und Förderangebote**, um den Infrastrukturausbau zu planen und umzusetzen. Als besonderes Problem sind hier mangelnde **Planungskapazitäten** zu adressieren, welche Kommunen trotz vorhandener finanzieller Mittel daran hindern, politisch beschlossene Bau- und Infrastrukturmaßnahmen durchzuführen.

Safety, Security und Resilienz gewährleisten

Das Verkehrssystem ist ein wichtiges Rückgrat unserer mobilen Gesellschaft. Der **Schutz automatisierter vernetzter Mobilitätssysteme vor Schäden** durch Fehler, Unfälle, technische Ausfälle, Katastrophen und kriminelle oder terroristische Übergriffe muss oberste Priorität erhalten. Dies beinhaltet neben seit Langem adressierten Aspekten der Verkehrssicherheit (**Safety**) zunehmend wichtige **Security**-Aspekte. In einem vernetzten Verkehrssystem stellt eine angemessene Cyber-Sicherheit eine essenzielle Grundlage dar, um das Vertrauen der Nutzerinnen und Nutzer zu erhalten, eine sichere Datenkommunikation und -verarbeitung und damit die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Neben dem Schutz unserer Daten geht es bei automatisierten vernetzten Fahrzeugen und vielen integrierten Systemen insbesondere um den Schutz vor Cyber-Angriffen, die direkten physischen oder großen wirtschaftlichen Schaden hervorrufen können, beispielsweise durch absichtlich provozierte Unfälle oder Staus.

Security-Maßnahmen tragen damit auch einen wesentlichen Teil zur **Resilienz des Gesamtsystems Verkehr** bei. Ein resilientes Verkehrssystem kann aus Fehlern, Unfällen, Angriffen oder Naturkatastrophen resultierende Störungen oder (Teil-)Ausfälle „absorbieren“ und sich so anpassen, dass eine weitere (möglicherweise verringerte) Funktionsfähigkeit erhalten bleibt. Insbesondere zukünftige Organisationsprinzipien der zentralen, dezentralen und selbstorganisierten Koordination kooperativer Fahrzeuge müssen auch mit dem Ziel der Resilienz erarbeitet und mit Cyber-Security und Safety-Aspekten zusammengedacht werden.

Funktionierendes Zusammenspiel ermöglichen (Interoperabilität)

Das Zusammenspiel von Komponenten innerhalb der offenen Struktur eines automatisierten Verkehrssystems kann nur dann gelingen, wenn erweiterbare Architekturen entstehen und Schnittstellen hinreichend standardisiert sind. Für die Anfangsphase der Automatisierung im Mobilitätssystem bedeutet dies, dass insbesondere Hersteller **auf Etablierung weithin akzeptierter Standards hinwirken** müssen, bevor erste Produkte auf den Markt gebracht werden. Darüber hinaus sollte Deutschland insbesondere eine **Vorreiterrolle bei der internationalen Standardisierung für zukünftige kooperative Fahrfunktionen** einnehmen und auch Standards für die weitere Integration aller Systeme zu einer koordinierten, kooperativen Mobilität vorausschauend entwickeln.

Die Markteinführung von automatisierten Mobilitätssystemen ist mit einer **Übergangsphase des Mischverkehrs** möglich. Um reibungslosen Mischverkehr und erfolgreiche Migration zu ermöglichen, müssen einheitliche, generische **Interaktions- und Kooperationsprinzipien** zwischen Fahrzeugen, Fahrerinnen, Infrastruktur, Fußgängern und Radfahrern erarbeitet und angewendet werden. Dies bezieht sich sowohl auf das generierte Verhalten der Fahrzeuge und die dahinterliegenden Steuerungsalgorithmen als auch auf die explizite Interaktion durch Anzeigen oder akustische und haptische Signale. Die Interaktion muss so einfach und intuitiv verständlich gestaltet sein, dass sicherheitskritische Missverständnisse im Zusammenspiel aller Verkehrsteilnehmender vermieden werden.

Vorausschauend in Forschung investieren

Aktuell liegt insbesondere in der europäischen Forschungsförderung, aber auch in vielen Anteilen der nationalen Förderung im Bereich des Verkehrs ein starker Fokus auf Anwendungs-forschung, Pilotierung und Markteinführung. Dies ist sehr wichtig und geeignet, um weit entwickelte Technologien im Bereich des automatisierten, vernetzten Fahrens schneller in den Markt zu bringen und mit der international hohen Dynamik in diesem Bereich Schritt zu halten.

Allerdings besteht die Gefahr, dass sich dadurch der Forschungsfokus aller beteiligten Einrichtungen erheblich zur Anwendung aktueller Technologien verschiebt. Dadurch könnten gerade künftig wichtige Themen zu wenig Aufmerksamkeit erfahren: Wie sollen die künftig vorhandenen automatisierten,



vernetzten Fahrzeuge miteinander kooperieren? Was ist die beste Balance zwischen zentraler Koordination und dezentraler Selbstorganisation? Wie müssen Stadtentwicklung und neue Angebotsformen im ÖPNV mit verkehrstechnischen Maßnahmen und einer integrierten Verkehrssteuerung im Detail zusammenspielen, um Lebens- und Verkehrsqualität zu optimieren?

Gerade bei der hohen Dynamik im Bereich der Digitalisierung, Vernetzung und Automatisierung sollten auch in Zukunft **Forschungsprogramme** aufgelegt werden, **die einen längeren Horizont haben und nicht vorrangig auf eine unmittelbare Verwertung zielen**. So sind zum einen die Herausforderungen der Kooperation innerhalb eines zukünftigen Mischverkehrs unterschiedlich bis gar nicht automatisierter Verkehrsteilnehmer weiter zu explorieren. Zum anderen muss auch die Grundlagenforschung konsequent weitergeführt werden können. Von neuen Sensorprinzipien über lernende Verfahren in der Datenverarbeitung, künstlicher Intelligenz und neuen Kommunikationstechnologien bis hin zur Resilienz des Verkehrssystems erfordert der Wirtschaftsstandort Deutschland auch in Zukunft stetige Innovationen.

Wirtschaftsstandort stärken und europäisch verankern

Technologien der automatisierten vernetzten Mobilität sind für den Wirtschaftsstandort Deutschland von strategischer Bedeutung. Sie bergen große Potenziale für Wachstum und Beschäftigung. **Bestehende Kompetenzen im Fahrzeugbau** sind deshalb zu **erhalten** und um **neue Kernkompetenzen im digitalen Bereich** zu **ergänzen**. Im internationalen Wettbewerb sollte Deutschland Vorreiter bei der Etablierung von **KI-Systemen** sein, **die Anforderungen von Safety und Security gerecht werden**. Die geplante Strategie der Bundesregierung in puncto künstliche Intelligenz sowie die Konzipierung einer KI-Referenzdatenbank, mit der KI-Systeme in Mobilitätsanwendungen trainiert werden können, sind zu begrüßen. Im globalen Wettbewerb sollte **künstliche Intelligenz** darüber hinaus von Beginn an **europäisch im digitalen Binnenmarkt gedacht und begleitet** werden.

Weiterhin ist es wichtig – gerade auch hinsichtlich Daten, etwa von Mobilitätsdiensten, und Algorithmenethik –, **faire Wettbewerbsbedingungen auf Plattformmärkten** zu sichern und Monopolisierungstendenzen entgegenzuwirken. Generell ist darauf zu achten, die Rahmenbedingungen so anzulegen, dass sich unternehmerische Aktivitäten wirkungsvoll entfalten können. Deutschland als innovationsstarkes Land sollte auf nationaler, europäischer und globaler Ebene seiner Verantwortung als Vorreiter intelligenter Mobilität gerecht werden. Dazu zählt auch der Einsatz für eine strategischere Ausrichtung der Wettbewerbs- und Außenwirtschaftspolitik der EU und ein klares Bekenntnis für ein offenes, multilaterales Handelssystem.



acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech vertritt die deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu unterstützen und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um den Diskurs über technischen Fortschritt in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft darzustellen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; das Präsidium, das von den Mitgliedern und Senatoren der Akademie bestimmt wird, lenkt die Arbeit; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten vor allem aus der Industrie, aus der Wissenschaft und aus der Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin und einem Büro in Brüssel vertreten.

Weitere Informationen unter www.acatech.de



Herausgeber:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2018

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0)89/52 03 09-0
F +49 (0)89/52 03 09-900
info@acatech.de
www.acatech.de

Hauptstadtbüro
Pariser Platz 4a
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0
F +49 (0)30/2 06 30 96-11

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel (Belgien)
T +32 (0)2/2 13 81-80
F +32 (0)2/2 13 81-89

Vorstand i.S.v. § 26 BGB: Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Karl-Heinz Streibich, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier,
Prof. Dr. Reinhard F. Hüttel, Prof. Dr. Hermann Requardt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier

Empfohlene Zitierweise:

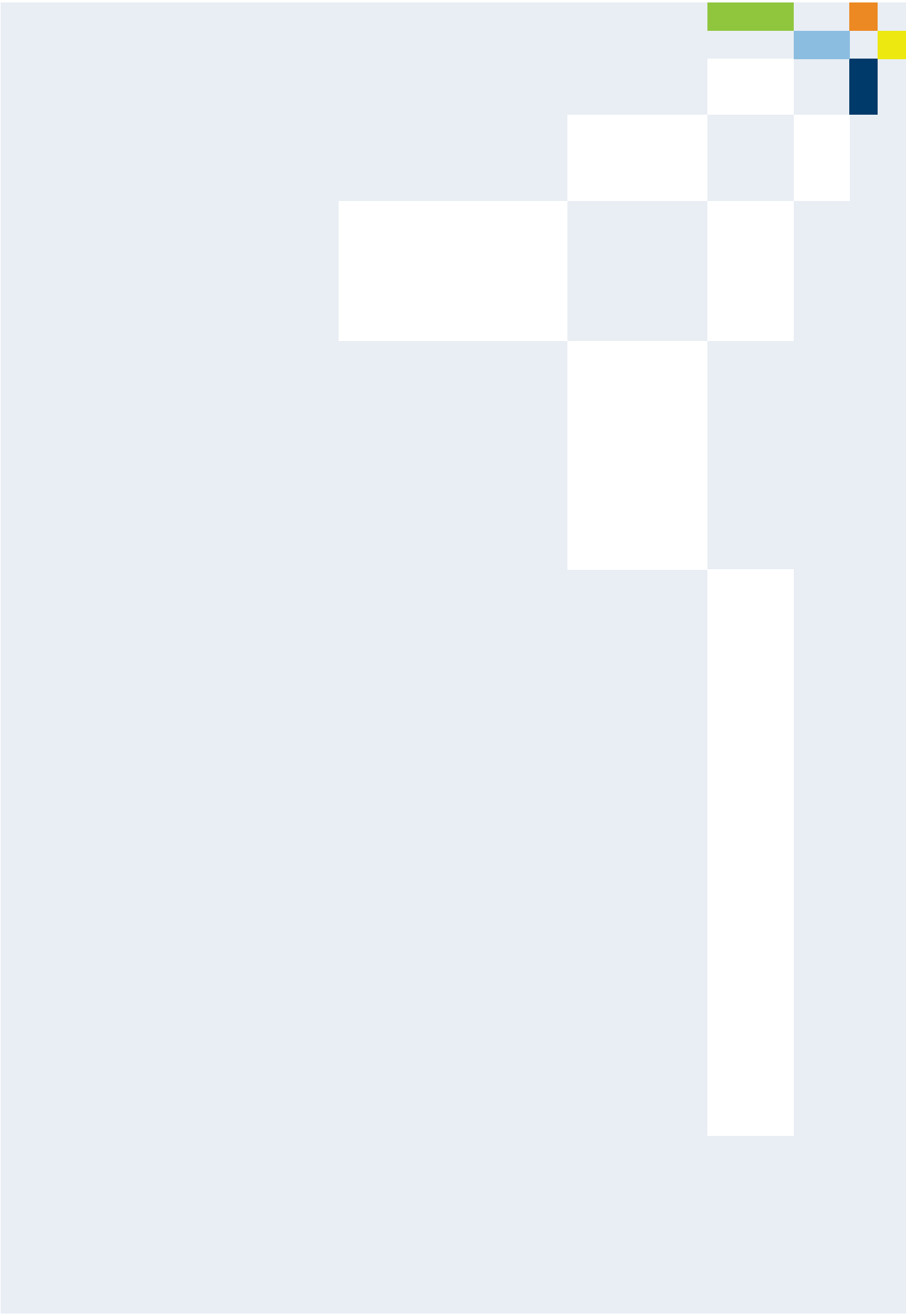
acatech (Hrsg.): *Zwischenbericht Neue Automobilität II. Kooperativer Straßenverkehr und intelligente Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft*, München 2018.

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 • 2018

Koordination: Lennart Schultz, Dr. Tobias Hesse
Redaktion: Dr. Ralf Grötter, Alrun Straudi
Lektorat: Lektorat Berlin, Berlin
Layout-Konzeption: Groothuis, Hamburg
Visualisierung der Zukunftsbilder der Mobilität:ognito gestaltung, Berlin
Konvertierung und Satz: Fraunhofer IAIS, Sankt Augustin

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.acatech.de





Verkehrspolitik in Deutschland ist zu einem Top-Thema der Berichterstattung geworden. Vor dem Hintergrund der aktuellen Herausforderungen und der vielversprechenden technologischen Trends, insbesondere der Automatisierung und Vernetzung, stellt sich die Frage: Wie gestalten wir den Verkehr der Zukunft? Das acatech Projekt *Neue autoMobilität II* möchte einen Beitrag zur Vision des Verkehrs der Zukunft leisten: orientiert an den individuellen Bedürfnissen der Nutzerinnen und Nutzer, nachhaltig und klimaschonend sowie eingefügt in das Leitbild menschengerechter Siedlungsräume auf dem Land und in der Stadt.

Dieser Zwischenbericht umreißt ein Zielbild für den automatisierten und vernetzten Verkehr des Jahres 2030+ mit den Schwerpunkten intelligente Verkehrssteuerung, kooperativer Mischverkehr und dafür benötigte Verkehrsinfrastrukturen. Dabei ist die Einbeziehung der Gesellschaft unerlässlich und elementarer Bestandteil einer Mobilitätsstrategie. Sechs Zukunftsbilder der Mobilität demonstrieren, wie ein ganzheitlicher, integrativer und systemischer Ansatz aussehen könnte. Prioritäre Handlungsfelder stecken das Arbeitsfeld ab, das eine folgende acatech STUDIE vertiefen wird.