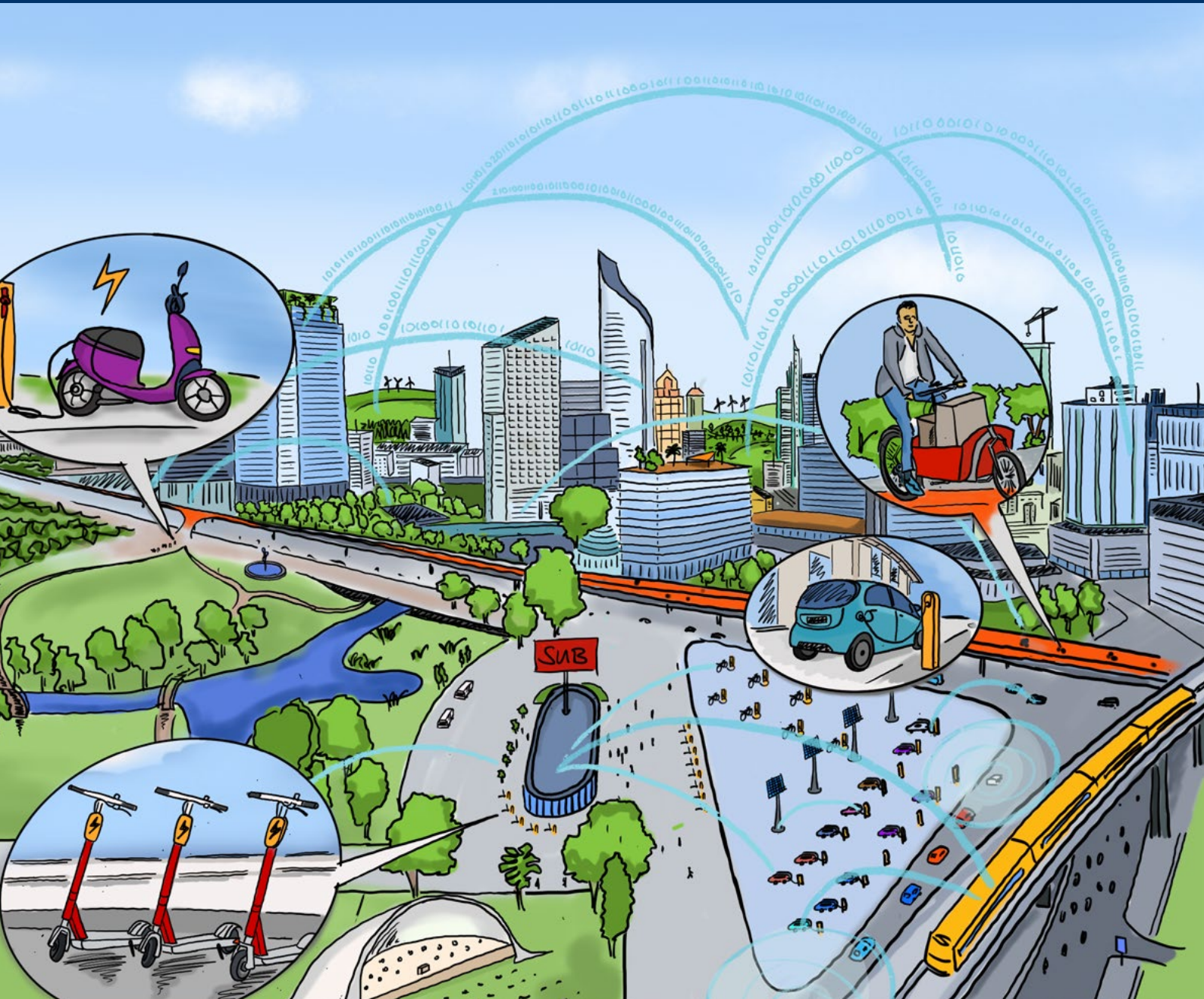


THESEN ZU ENTWICKLUNG UND FORSCHUNG IM PERSONENVERKEHR BIS 2030



EINFÜHRUNG UND ZIELE

Unsere Mobilität wandelt sich rapide, insbesondere im städtischen Umfeld. Inwieweit neue Mobilitätsangebote, der Umbau von Siedlungsräumen, die weitere Digitalisierung oder automatisiertes Fahren die großen Herausforderungen des Verkehrsbereichs erfüllen können, ist jedoch nicht gewiss. Herausforderungen des Klimawandels und hohe Opferzahlen unter Radfahrerinnen und Radfahrern unterstreichen Ziele wie Klimaneutralität und „Vision Zero“ bezüglich der Verkehrssicherheit. Finanzielle Restriktionen von Kommunen und Verkehrsteilnehmenden, die Auswirkungen der Corona-Pandemie und eine wachsende Zahl älterer und mobilitätseingeschränkter Personen erfordern intelligente Technologien, neue Dienstleistungen und eine ausgewogene verkehrspolitische Strategie. Aufgrund der Dringlichkeit dieser Herausforderungen müssen Politik, Gesellschaft, Unternehmen, Verkehrsdienstleister und die Wissenschaft eng kooperieren.

Mit dem vorliegenden Thesenpapier zur Personenmobilität 2030 stellt die AG *People Mobility* des Fraunhofer-Leitmarkts Mobilitätswirtschaft mögliche Entwicklungen des Mobilitätssektors im kommenden Jahrzehnt dar und entwickelt hieraus Handlungsempfehlungen an Politik und Unternehmen. Die relevanten Handlungsfelder gliedern sich in die Bereiche:

- 1 Wirtschaft, Gesellschaft und Politik
- 2 Digitalisierung und Daten
- 3 Neue Fahrzeugkonzepte und Automatisierung
- 4 Vernetzung und Verkehrsmanagementtechnologien
- 5 Nutzerorientierte Angebote und Dienstleistungen

Die einzelnen Themenfelder sind in Form einer sog. Backcasting-Betrachtung in drei Abschnitten ausgehend von einem Zielzustand 2030 aufgebaut:

- Die Themen werden zunächst mit einem *Picture of the Future* aus Sicht des Jahres 2030 eingeführt. Dies umreißt exemplarisch einen wünschenswerten, aber durchaus erreichbaren Zustand des Mobilitätsmarktes und dessen Umfeld in Deutschland.

- Der *Way to Go* beschreibt anschließend die notwendigen Schritte, um von heute, 2021, zum *Picture of the Future 2030* zu gelangen. Die Thesen beleuchten explizit die Möglichkeiten und die Vernetzung der wesentlichen Akteure der Mobilitätswende: Mobilitätswirtschaft, Technologiehersteller, öffentliche Hand sowie Wissenschaft und Forschung.

- Der *Current Status* gibt einen kurzen Überblick über den aktuellen Stand von Forschung und Technologie aus Sicht der beteiligten Fraunhofer-Institute. Die diesbezüglichen Kompetenzen sowie Referenzprojekte sind am Ende des Papiers im Anhang „Kompetenzen / Leistungsangebot der beteiligten Fraunhofer-Institute“ zusammengefasst.

Dieses Thesenpapier richtet sich sowohl an die Industrie, an Verkehrsunternehmen und Kommunen als auch an die Politik und Forschung. Nur durch innovative und kooperative Lösungen lässt sich die Mobilitätswende unter Wahrung der drei klassischen Säulen einer nachhaltigen Entwicklung – *Ökonomie, Ökologie und soziale Gerechtigkeit* – im Rahmen der 17 UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung wirkungsvoll weiterentwickeln.

WEGE ZU EINER NACHHALTIGEN UND INNOVATIVEN MOBILITÄT 2030

In der Zeit bis 2030 gehen wir von einem weitgehenden Wandel auf dem Mobilitätsmarkt aus. Welche Auswirkungen sich daraus ergeben, hängt entscheidend davon ab, welche Mobilitätsformen sich in Zukunft durchsetzen und wie Forschung, Wirtschaft und Wissenschaft kooperieren, um die Mobilität der Zukunft in Städten und Regionen zu gestalten. Sowohl soziale, ökologische, wirtschaftliche als auch technologische Regelungen und Anreize nehmen dabei Einfluss auf die Entwicklungen innerhalb der Mobilitätswirtschaft.

Die Transformation des Mobilitätsmarktes zeichnet sich durch eine aktiv gestaltende Politik aus, welche einen Rahmen für die Entfaltung und Entwicklung nachhaltiger Mobilitätslösungen bietet. Hierzu gehören sichere digitale Infrastrukturen und ein effizientes Management aller Verkehrssysteme. Unter diesen Bedingungen etablieren sich vernetzte, emissionsfreie und sichere Fahrzeugkonzepte neben starken Angeboten aus ÖPNV, Sharing-Diensten sowie Rad- und Fußverkehr. Vorrangige Zielgrößen sind dabei Klimaneutralität, Verkehrssicherheit, Teilhabe sowie Lebensqualität in Städten und Regionen. Daten als Wertschöpfungsfaktor, Datenschutz, Innovation und die Entfaltung wirtschaftlicher Möglichkeiten unterstützen schließlich das Gelingen der Mobilitätswende entscheidend.

Um dieses *Picture of the future* zu erreichen, ist gemeinsames Handeln von Unternehmen, Forschung und der öffentlichen Hand unerlässlich. Angestrebt wird eine gesamteuropäische Mobilitätsstrategie, die sowohl Qualität, Effizienz und Nachhaltigkeit aller Mobilitätsangebote, sowie die übergreifenden Ziele zur Integration benachteiligter Bevölkerungsgruppen, Beschäftigung, Wohlstand und Innovation in der EU miteinander verknüpft und fördert. Einige der Schritte auf diesem Weg, dem *Way-to-Go*, sind hier auf Grundlage der nachfolgenden Abschnitte dargestellt.

Unternehmen:

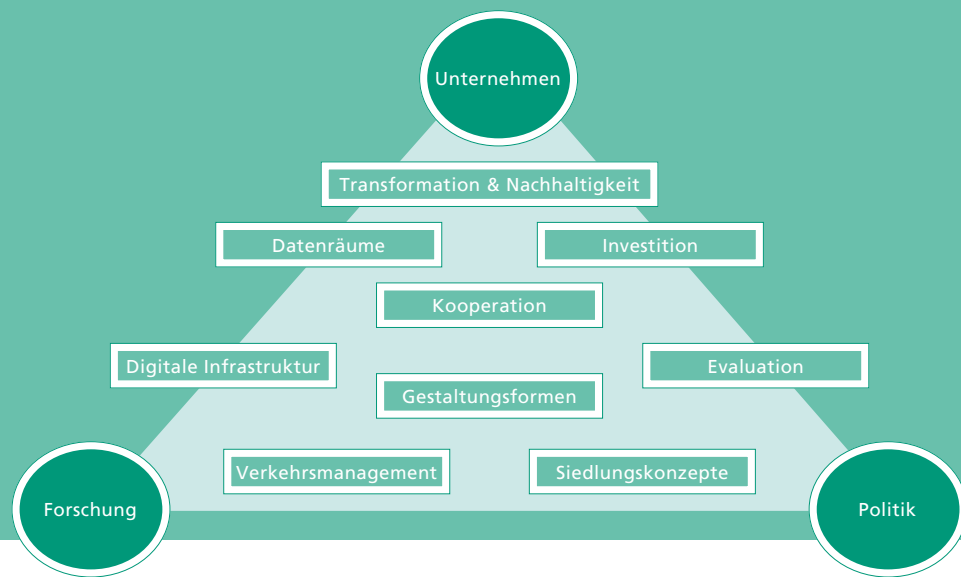
Ein Schlüssel für die sichere Kooperation von Unternehmen, Menschen und öffentlicher Verwaltung sind **Datenräume für die Mobilitätswirtschaft**. Diese sollten für alle kritischen Geschäftsbeziehungen aufgebaut und an den Grundprinzipien

Datensparsamkeit, Sicherheit und Konsistenz ausgerichtet werden.

Unternehmen bewegen sich vielfach innerhalb von gewachsenen Strukturen. Diese bedürfen der aktiven Transformation, um die Mobilitäts- und Lebensmodelle des 21. Jahrhunderts zu ermöglichen. Traditionelle Unternehmen müssen sich dazu neu orientieren, und unter anderem in **Kooperation statt Konkurrenz** auf dem Mobilitätsmarkt denken, **ortsspezifische Konzepte** vernetzen und **Nachhaltigkeitsgesichtspunkte** in den Fokus nehmen. Ein wichtiger Anhaltspunkt hierfür ist die Schaffung **durchgängiger digitaler Angebote** entlang der Servicekette sowie der Einbezug innovativer Mobilitätsformen wie Sharing-Angebote und autonome Fahrzeugkonzepte, um sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken und zu erhalten.

Forschung und Entwicklung:

Die Entwicklung, Erprobung und Evaluierung **neuer Gestaltungsformen** und Geschäftsmodelle von Mobilitätssystemen zum Nutzen von Anbietern und Gesellschaft stellt eine zentrale Säule der zukunftsorientierten Mobilitätsforschung dar. Die Forschung bildet an der Stelle zudem den zentralen Anlaufpunkt zur Schaffung erforderlicher Grundlagen für Wirtschaft und Politik, denn die tiefe und weiter voranschreitende Digitalisierung der Mobilitätssysteme benötigt **international gültige Standards und Normen** für zukunftsfeste digitale Infrastrukturen und ein **datenorientiertes Ökosystem**.



Dabei erfordert die **Kommunikation** zwischen Menschen, Fahrzeugen und Infrastrukturen verlässliche Bandbreiten, Sicherheit in der Nachrichtenübermittlung sowie die Realisierung von Echtzeitprozessen.

Auf dem Weg zum **vollautomatisierten Fahren** werden Infrastrukturen Teile der Fahraufgaben unterstützen, assistieren bzw. gänzlich übernehmen. Deshalb und durch die weitere Verbreitung vernetzter und neuer Mobilitätssysteme sind perspektivisch neue Verkehrsmanagementkonzepte sowie Anpassungen und Erweiterungen der **Backend-, Cloud- und Edge-Cloud-Systeme** erforderlich. Der Aufbau und Betrieb von **Reallaboren** eignet sich sowohl für Test und Eruerung der Verkehrssicherheit in Hinblick auf autonome Fahrzeugkonzepte als auch darüber hinaus zur Erforschung zukunftsweisender und **klimaschonender Antriebssysteme und Energiearten** für die Mobilität der Zukunft.

Um die Führungsrolle der europäischen Verkehrswirtschaft weltweit zu sichern, muss die Innovationskraft von Forschungsunternehmen in ganz Europa unter anderem durch deren **Vernetzung** gesteigert werden.

Politik:

EU, Bund und Länder können Mobilitätsinnovationen durch die Gestaltung **entwicklungsfreundlicher Rahmenbedingungen** direkt unterstützen. Wege, um Innovationen aus der Wissenschaft in die Anwendung zu bringen, führen über die **Förderung von Kooperationen** aller Beteiligten aus Unternehmen, Forschung und öffentlicher Verwaltung. Grundlage hierfür können und werden Daten sein, die nach **europäischen Standards**, auf Grundlage von europäischen Beschlüssen, aufbereitet werden.

Insbesondere die lokale und regionale Politik besitzt eine große Gestaltungsmacht gegenüber neuen und innovativen Mobilitätsformen und beim **Neudenken von Siedlungskon-**

zepten, sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum. Auch dem **Rad- und Fußverkehr** kommt an der Stelle eine immer bedeutendere Rolle zu. Der Einfluss lokaler und regionaler Politik sollte bestmöglich ausgeschöpft werden, um den **Wettbewerb der besten Konzepte** zum Wohle aller zu befeuern. Die Wirkungen neuer Konzepte müssen hierzu **ehrlich evaluiert** und zu deren Verbesserung genutzt werden. Die politische Unterstützung von Wirtschaft und Wissenschaft, beispielsweise durch die Förderung eines breitflächigen Ausbaus flexibler und vernetzter Mobilitätsangebote dienen dem Zweck, die Entwicklung und Nutzung innovativer Betriebs- und Geschäftsmodelle zu fördern und somit die Weichen für eine zukunftsweisende, nachhaltige und bedarfsorientierte Mobilität zu stellen.

Schließlich formen Infrastrukturinvestitionen die physischen Rahmenbedingungen der zukünftigen Mobilität. Hervorzuheben sind hier **Investitionen** in digitale Infrastrukturen, in nachhaltige Energiesysteme sowie in moderne und lebenswerte Stadt- und Raumstrukturen. Die Rolle öffentlicher Straßenbetreiber wird sich dabei in Richtung von **Serviceprovidern** wandeln. Hierfür bedarf es einer konzentrierten Strategie der Politik, den flächendeckenden **Aufbau von Zugangspunkten** und **großangelegten Testfeldern** zu forcieren, um die Verknüpfung diverser Dienste und Services zu ermöglichen und intermodale Reiseketten dadurch einfach und effektiv nutzbar zu machen. **Demonstratoren, Pilotprojekte und Testfelder** in enger Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Wissenschaft sind hierfür unerlässlich.

Die vielfältigen Maßnahmen hin zu einer innovativen und nachhaltigen Mobilität in Städten und Regionen bedürfen einer **koordinierten Strategie von Unternehmen, Politik und Forschung**. Dies gilt für die ausgewählten Aktionsfelder wie auch für deren Zusammenspiel.

Themenfeld 1: Wirtschaft, Gesellschaft und Politik



AUJ	HJI	WWE	PLD	EER	QRT	OPY
1.822 (-35)	20.369 (+580)	890 (-20)	6.350 (-200)	10.985 (+580)	665 (-15)	6.800 (-115)
MBC	LJH	MJB	PON	NFR	UGH	OMJ
3.605 (+210)	9.542 (-128)	2.609 (+35)	7.654 (+169)	6.522 (+122)	1.632 (-56)	3.652 (+182)
YBV	QMN	MMJ	IIT	KLM	CCX	EMH
3.204 (-33)	5.211 (+156)	7.100 (-60)	7.150 (-150)	782 (+74)	1.901 (+101)	3.280 (-120)
MBB	WFF	HJM	QLC	LSD	SDH	GHS
3.320 (-120)	712 (+12)	134 (-15)	2.022 (-18)	631 (+40)	6.287 (-57)	12.680 (+330)

A	AUJ	1.822	12.349.000
B	EJK	3.680	238.681.000
C	HPL	1.062	85.678.000
D	KEE	485	8.369.000
E	NAH	8.569	189.301.000
F	QOP	6.402	102.698.000
	TIK	890	24.697.000
	WIG	6.280	76.002.000
	AHD	2.436	57.610.000

THEMENFELD 1: WIRTSCHAFT, GESELLSCHAFT UND POLITIK

(1) Picture of the Future und Thesen

Der Einsatz digitaler Dienste, neuer Geschäftsmodelle und innovativer Technologien in der Mobilität sowie in anderen Lebensbereichen formt die Erwartungen und Bedürfnisse von Menschen, Unternehmen und der Politik. Der stetige gesellschaftliche Wandel setzt sich bis ins Jahr 2030 und darüber hinaus fort. Treiber sind neue Technologien und Angebotsformen in allen Lebensbereichen, sowie zunehmend sichtbare Veränderungen auf den Gebieten Demografie, Wirtschaft, Politik und Umwelt in Deutschland und weltweit.

Der Mensch steht im Zentrum regionaler Mobilitätspolitik. Nach dem "Ausflug" zur autogerechten Stadt hat sich die Mehrzahl der Siedlungsräume in Richtung Lebensqualität und Nachhaltigkeit entwickelt. Dabei werden Mobilität, Digitalisierung und Automatisierung, Umwelt sowie Raum- und Flächen-gestaltung vernetzt gedacht. Unternehmen sowie die weiter zunehmende Zahl älterer Menschen einerseits und umweltbewusster Menschen andererseits profitieren hiervon deutlich. Durch einen Anstieg aktiver Mobilität steigen die Gesundheit und Lebenserwartung der Bevölkerung als auch die Umsätze in Handel und Dienstleistung.

Ganzheitliche Ansätze der Mobilitätsgestaltung. Die Realisierung smarter und nachhaltiger Lebensräume ist über eine Kombination aus Push- und Pull-Maßnahmen gelungen. Flächendeckendes und stringentes Parkraummanagement oder City-Maut-Systeme und die Neuverteilung von Verkehrsflächen zugunsten des nichtmotorisierten Verkehrs und neuer Mobilitätskonzepte sind bundesweit in der Umsetzung. Gleichzeitig wurden ländliches, kommunales und betriebliches Mobilitätsmanagement deutlich ausgebaut, ein rechtlicher und finanzieller Vorrang für nachhaltige Mobilität festgeschrieben und neue Mobilitätsangebote und Dienstleistungen entlang gesellschaftlicher Bedarfe geschaffen.

Neue Mobilität ist bunt. Die Mobilitätsangebote in Städten und ländlichen Regionen haben sich bis 2030 erfolgreich den teils widersprüchlichen Herausforderungen von Verfügbarkeit, Flexibilität, Nutzerfreundlichkeit, Bezahlbarkeit, Barrierefreiheit, Sicherheit und Nachhaltigkeit angenommen. Eine Vielzahl unterschiedlicher und miteinander verknüpfter Mobilitätsdienste bildet die individuellen Wünsche und Anforderungen einer zunehmend pluralistischen Gesellschaft ab. On-Demand- und Sharing-Dienste werden durch leistungsfähige Massenverkehrsmittel und ein intelligentes Management des Verkehrs ergänzt. Mobilitätsangebote sind von Ort zu Ort unterschiedlich ausgestaltet und schaffen damit ein hohes Maß an lokaler Identifikation. Hierfür kooperieren Hardware- und Dienstleistungsanbieter aus verschiedenen Branchen technologieoffen und transparent untereinander und mit der öffentlichen Hand.

Politik im Dialog. Politik und Verwaltung reagieren zügig und auf Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Herausforderungen einer umfassenden Mobilitätswende. Hierfür werden ausreichend finanzielle und personelle Ressourcen bereitgestellt. Zwischen Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft ist bis 2030 ein breiter Dialog zu effektiven Lösungen für alle beteiligten Akteure erfolgt.

Neue Akteure und Geschäftsmodelle. Die Landschaft der Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen und Technologien hat sich bis 2030 weiter verändert. Internationale Unternehmen adressieren die unmittelbaren Erwartungen der Menschen. Die Politik nimmt in diesem Umfeld die längerfristigen Bedürfnisse von Nutzenden und Gesellschaft in den Blick. Klare Regeln in den Bereichen Datenschutz, Arbeitsschutz, Barrierefreiheit und Angebotsqualität haben eine Balance zwischen Innovation und Nachhaltigkeit geschaffen. Dies fordert Unternehmen heraus, bietet jedoch gleichzeitig ein verlässliches Umfeld.

Innovation gestalten. Die Konzepte für lebenswerte Siedlungsräume und nachhaltige Unternehmen sind bekannt. 2030 werden diese breitflächig umgesetzt. Start-Ups und



kleine Unternehmen erhalten umfassende Unterstützung für die Entwicklung und Markteinführung innovativer Produkte und Dienstleistungen. Für große Unternehmen und Verwaltungen stehen Instrumente zu einem wirkungsvollen Change-Management zur Verfügung. Durch innovationsoffene regulatorische und finanzielle Rahmenbedingungen wuchs das Engagement aller Akteure zur Erprobung von Konzepten für tiefgreifende Veränderungen im Verkehr deutlich.

(2) Way to Go und offene Forschungsfragen

Zur nachhaltigen Mobilität in Städten, Regionen und Unternehmen besteht ein breites Wissen um gute Lösungen, deren Umsetzung jedoch durch vielfältige Hemmnisse ausgebremst wird. Zu deren Überwindung müssen innovationsfreundliche Strukturen in Verwaltung und Wirtschaft aufgebaut, bestehendes Wissen vertieft und für die praktische Umsetzung aufbereitet werden. Ansätze hierzu berücksichtigen die variierenden Bedürfnisse, Einstellungen und Werte in der Bevölkerung wie auch die individuelle Offenheit und Entwicklungsgeschwindigkeit von Behörden und Unternehmen.

Kooperative Strategien fördern. Städte und Gemeinden müssen über Verwaltungsgrenzen hinweg zusammenarbeiten und einen abgestimmten Plan für ihre Entwicklungen aushandeln. Die Ausrichtung von Gesetzen, Regulierungen, Investitionen, Fördermaßnahmen und Kommunikationsstrategien müssen alle betroffenen Politikbereiche berücksichtigen. Die Wissenschaft kann hierbei durch die Einordnung und Bewertung der Wirksamkeit potenzieller Maßnahmen unterstützen.

Neue Mobilitätssysteme kontinuierlich analysieren. Die Auswirkungen neuer Mobilitätssysteme auf das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung, auf Unternehmen und auf die Entwicklung von Gemeinden und Regionen muss aufmerksam beobachtet, sorgfältig analysiert, umfassend bewertet und anschaulich aufbereitet werden. Über zentrale Akteure wie Bund, Länder oder die kommunalen Spitzenverbände müssen

Analysen und *Lessons Learned* in Anwendungswissen und entsprechende Instrumente überführt werden, die die Politik und Verwaltung vor Ort bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen unterstützen. Die Wissenschaft spielt an dieser Stelle in den Bereichen Sozial-, Wirtschafts- und Verkehrsforschung eine zentrale Rolle.

Siedlungskonzepte neu denken. Die Neuverteilung des öffentlichen Raums und die Implementierung umfassender Maßnahmen zur nachhaltigen Mobilität erfordern neue Konzepte und gangbare Transformationspfade. Bestehende gute Lösungen wie Stadtarchitektur und Flächenmanagement müssen beispielsweise über Exkursionen oder Akademien in die Gemeinden und Regionen gebracht und mit Beratung begleitet werden. Spitzenverbände, Städtenetzwerke oder die Wissenschaft können hier durch Weiterbildungsangebote nennenswerte Beiträge leisten.

Beteiligungsformate digitalisieren. Mobilität greift in viele Bereiche der Gestaltung des öffentlichen Raums sowie des privaten und wirtschaftlichen Lebens ein. Dialogprozesse müssen alle Akteure erreichen und zeitnahe Lösungen mit einem breiten Konsens entwickeln. Hierfür bieten sich beispielsweise digitale Formate mit plastischen Darstellungen neuer Situationen oder Gaming-Elementen an. Mit einer Kooperation aus Informatik, Stadt- und Sozialforschung kann die Wissenschaft helfen, effiziente Dialog- und Kommunikationsverfahren zu konzeptionieren, zu entwickeln und zu erproben.

Innovationsförderung intensivieren. Neue Technologien und Dienstleistungen brauchen Freiraum und Ressourcen zur Entfaltung. Die Demonstration und Markteinführung neuer Produkte vom Mikromobil über Vernetzungsplattformen bis hin zu fahrerlosen Fahrzeugen muss durch vielfältige Testfelder und Sondergenehmigungen erleichtert werden. Neben gesetzlichen Regelungen und der Finanzierung durch die Politik kann die Wissenschaft durch Kooperationen und Entwicklungsleistungen die Innovationsfähigkeit der deutschen Mobilitätswirtschaft tatkräftig unterstützen.



Rahmenbedingungen anpassen. Die geltenden Richtlinien zum europäischen Datenschutz und zum Arbeitsrecht sind gute Grundlagen für eine ausgewogene Entwicklung des Mobilitätssektors. Mit Blick auf dessen Effizienz und Nachhaltigkeit bedarf es jedoch weiterer Bestimmungen, etwa zur Pooling-Quote, der Integration von Ridesharing in den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) oder für die Nutzung des öffentlichen Raums. Es müssen aber auch passende Rahmenbedingungen für Unternehmen geschaffen werden, damit diese die neuen Geschäftsmodelle im Realbetrieb testen können. Die Forschung kann hier mit detaillierten Analysen und Modellen helfen, die Auswirkungen unterschiedlicher Rahmenbedingungen abzuschätzen und zu evaluieren.

„Koopetition“ ermöglichen. Um neue On-Demand- und Sharing-Mobilitätslösungen als Ergänzung des Öffentlichen Personennahverkehrs im Sinne von *Mobility-as-a-Service* (MaaS) zu entwickeln und dabei wirtschaftliche Tragfähigkeit sicherzustellen, sind neue Formen der Kooperation und Konkurrenz („Koopetition“) notwendig. Einzelne Angebote können erst in ihrer Vernetzung eine attraktive und flächendeckende Alternative zum motorisierten Individualverkehr (MIV) bieten. Wertschöpfung kann dabei entsprechend nicht mehr als individuelles Ziel des einzelnen Unternehmens im Fokus stehen, sondern muss wettbewerbliche Barrieren überwinden und als gemeinschaftliche Zielsetzung anleitend sein. Die anwendungsorientierte Forschung kann an dieser Stelle auch die Wirtschaft unterstützen, mögliche Wertschöpfungspotentiale aufzuzeigen und entsprechende Maßnahmen zu identifizieren.

(3) Current Status, unser Ausgangspunkt

Die Mobilitätswirtschaft befindet sich in einem Umbruch. Neue Akteure wollen innovative Angebote platzieren, etablierte Unternehmen richten sich neu aus. Dabei spielen sowohl der Trend Nachhaltigkeit aber auch die neuen Möglichkeiten, welche die Digitalisierung mit sich bringt, eine große Rolle. Mit der Nationalen Plattform Mobilität (NPM), der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) und der „*Knowledge and Innovation Community ,Urban Mobility‘*“ greifen Bundesregierung und EU die Relevanz integrierter Ansätze für eine klimaneutrale und attraktive Mobilität auf. Mit dem Nationalen Radverkehrsplan 3.0 und Mobilitätsstrategien durch Länder und Kommunen finden die Wege einer Mobilitätswende Eingang in die politische Praxis. Innovationen über Modellprojekte und Forschungsmittel, unter anderem über das neu gegründete Deutsche Zentrum Mobilität der Zukunft (DZM), bilden hierbei einen wesentlichen Baustein für zukunftssichere Konzepte. Dennoch stellen die Motivation lokaler Akteure, der Einbezug von Verkehrswirtschaft und Start-Ups und wirksame Beteiligungsformate weiterhin eine herausfordernde Aufgabe dar.

In vielen Bereichen bieten die Institute der Fraunhofer-AG *People Mobility* Forschungsbereiche, Methoden und Werkzeuge, welche die Anpassung unserer Mobilitätssysteme an die gesellschaftlichen Prozesse im Wandel begleiten können. Themenfelder wie Strategiebildung und Roadmapping, Innovationsforschung und Nachhaltigkeit fließen unter anderem in die Forschungsprogramme von EU, Bund, Ländern und Unternehmen ein. Details zu den Aktivitäten und zu laufenden Forschungsarbeiten der Institute finden sich im Anhang.



THEMENFELD 2: DIGITALISIERUNG UND INTELLIGENTE NUTZUNG VON DATEN

1) Picture of the Future und Thesen

Im Jahr 2030 haben physische Verkehrssysteme ein nahezu vollständiges Abbild in der digitalen Welt. Innovationen rund um Fahrzeuge, Infrastrukturen und im Verkehrsumfeld, aber auch die Verfügbarkeit weiterer Sensordaten ermöglichen neue Geschäftsmodelle. Die durchgängige digitalisierte Anbindung der Angebote aus dem Öffentlichen Verkehr sowie der Angebote der privaten Mobilitätswirtschaft in standardisierten Datenräumen ermöglichen eine intelligente Vernetzung der Mobilitätsangebote. Standardisierte und akzeptierte Architekturen zum sicheren und souveränen Datenaustausch führen zur Verfügbarkeit wirtschaftlich interessanter interner und externer Daten und erschließen das Potenzial für eine flexible und nachfrageorientierte Optimierung des gesamten Mobilitätsangebots in Echtzeit. Mittels künstlicher Intelligenz (KI) bilden laufend erstellte Datenauswertungen die Grundlage für selbststeuernde Verkehrssysteme, Prognosen zum Mobilitätsbedarf und stark automatisierte Planungs- und Abrechnungsprozesse. Die verkehrsträgerübergreifenden Mobilitätsangebote können damit kundenorientiert und wirtschaftlich betrieben werden, sowohl im ländlichen als auch im urbanen Raum.

Verteilte und vernetzte Datenlandschaft für Mobilitätsanwendungen. Aktuelle Daten zur Verkehrssituation werden kontinuierlich von Fahrzeugen, Passagieren und smarten Infrastruktureinrichtungen wie Ampelanlagen, Parkraumanzeigen oder Zählstellen erfasst und stehen in eigens dafür entwickelten Datenräumen zur Verfügung. Die Kosten und Komplexität bei der Integration und Pflege dieser Massendaten aus unterschiedlichen Datenbanken und Sensorsystemen werden von verschiedenen Akteuren aus dem Mobilitätsbereich getragen. Die Qualität, Integrität und Sicherheit dieser Datenbestände wird durch einheitliche Schnittstellen und automatisierte Prüfalgorithmen sichergestellt. So wird allen Nutzerinnen und Nutzern ein zuverlässiger und wirtschaftlicher Einsatz der verteilten Datenquellen im eigenen Unternehmen ermöglicht.

Präskriptive Analyse von Echtzeitdaten. Diese Datenlandschaft stellt die Grundlage dar, um die Effizienz des Verkehrssystems bei gleichzeitiger Optimierung der Auslastungssituation zu steigern. Mittels Algorithmen und KI-Ansätzen können durch die kontinuierliche und automatische Verarbeitung von Daten unter anderem Entscheidungsoptionen für die Verkehrsmittelwahl vorgeschlagen, sich abzeichnende Staustellen frühzeitig umfahren oder Situationen mit hohen Unfallrisiken minimiert werden. Über die durchgängige mobile Netzabdeckung sind alle Mobilitätsressourcen und deren Zustände jederzeit abrufbar. Beispielsweise ist die Verfügbarkeit und der Standort von allen Sharing-Fahrzeugkategorien, von Scootern bis hin zu geteilten Bussen, oder aber auch die Auslastung der Infrastruktur, von Straßen, Parkraum sowie auch der Besetzungsgrad von Fahrzeugen bekannt. Aber auch die Verfügbarkeit von weiteren Verkehrsdaten ist durch die intelligente Vernetzung der Fahrzeuge in Echtzeit verfügbar. Auch sicherheitsrelevante Daten wie der aktuelle Straßenzustand, der Verkehrsfluss oder Verkehrshindernisse sind immer für alle Verkehrsteilnehmer ersichtlich. Die Verfügbarkeit dieser Echtzeitdaten wird durch permanent und zuverlässig verknüpfte und ständig verfügbare Datennetze ermöglicht. Daten sind damit die Grundlage für individuell optimierte, innovative Dienste, Wertschöpfung und Fortschritte bei Effizienz, Komfort, Personalisierung und Sicherheit im Bereich der Mobilität. Die besonderen Anforderungen an den Datenschutz und die informationelle Selbstbestimmung sind gelöst und werden durch unabhängige Stellen verifiziert und garantiert.

Mobilitätsplattformen mit Skaleneffekten. Die Anbieter von Mobilitätsplattformen sind im Jahr 2030 vor allem aufgrund ihrer vollständig digitalisierten und automatisierten und damit direkt wertschöpfenden Prozesse erfolgreich. Physisches Kapital wie Fahrzeuge und Infrastruktur werden nachfrage- und kapazitätsabhängig von regionalen Systempartnern zur Verfügung gestellt. Diese Aufstellung ist für die überregionalen Plattformbetreiber eine Voraussetzung für ein skalierbares Geschäftsmodell. Die regionalen Partner konzentrieren sich



hingegen auf die optimierte Bereitstellung von Fahrzeugkapazitäten, Flotten sowie dem diesbezüglichen Einsatz von Wartungs- und Servicepersonal.

Reiseprofil der Fahrgäste als Differenzierungsmerkmal.

Mobile Apps und KI kommen zum Einsatz, um die Fahrgäste, ihre Präferenzen und Erfahrungen entlang des gesamten Fahrtwegs zu dokumentieren und automatisiert auszuwerten. Das geschieht sowohl auf dem täglichen Weg zur Arbeit oder zur Schule als auch auf längeren und unregelmäßigen Strecken. Dabei wird zwischen privaten und Geschäftsreisen differenziert und damit die daraus erstellten Profile den diesbezüglichen Präferenzen zugeordnet. Nutzerprofile sind dabei jedoch in der Hand der Personen, denen diese Daten gehören. Auch hier hat Datensouveränität und -sicherheit höchste Priorität. Die Nutzenden entscheiden selbst, wer welche Daten zur Optimierung des eigenen Reisekomforts oder zur Optimierung der Mobilitätsressourcen oder -kosten verwenden darf. Die individuellen Anforderungen bzgl. Barrierefreiheit, Ruheräumen, Medienversorgung oder Essensgewohnheiten können so berücksichtigt und die Komfort – und Dienstleistungsqualität während der Fahrt gesteigert werden.

(2) Way to Go und offene Forschungsfragen

Um ein zunehmendes Mobilitätsbedürfnis mit gleichzeitig sinkendem Ressourcenverbrauch zu verbinden, sind neben modernen und effizienten Fahrzeugflotten auch stark vernetzte Mobilitätslösungen und eine intelligente Verknüpfung interner und externer Daten unabdingbar. Das Ziel ist eine daten- und vernetzungsbasierte, dezentral organisierte, flexible und agile Planung und Steuerung des Verkehrssystems. Die Grundlage dafür liegt in einer nahtlosen und direkten Erfassung des physischen Verkehrsgeschehens in digitaler Form.

Digitalisierung der Verkehrsinfrastruktur. Die Schaffung einer digitalen Verkehrsinfrastruktur ermöglicht die Überwachung des Verkehrsgeschehens in Echtzeit und die Kommunikation von Fahrzeugen, Passagieren und Verkehrssystemen. Grundlage hierfür ist neben einer breiten Nutzung von Sensorik und Bilderkennungssystemen vor allem die notwendige Kommunikationsinfrastruktur, etwa in Form der Mobilfunkstandards 5G und 6G. Ergänzend zur Verkehrsstärke und einer Klassifizierung von Fahrzeugen können so auch Fließgeschwindigkeiten, Rückstaulängen sowie Unfälle ermittelt und direkt in die aktuelle Verkehrsplanung einbezogen werden.

Vernetzte Datenräume für die Mobilitätswirtschaft.

Mit dem *Datenraum Mobilität* entsteht ein dezentraler und offener Datenraum, der über den souveränen und sicheren Austausch die Erschließung von Infrastruktur-, Verkehrs- als auch sensibler Mobilitätsdaten ermöglicht sowie existierende Datenplattformen miteinander vernetzt. Über den so entstehenden Datenraum können die Akteure im Mobilitätssektor gleichberechtigt frei verfügbare oder auch kostenpflichtige Daten beziehen, mit eigenen Daten veredeln, weiterverkaufen oder für ihre Geschäftsmodelle nutzen. Dafür sind die Spielregeln festzulegen und eine sichere und zweckmäßige Nutzung der Daten zu ermöglichen. Voraussetzung dafür ist eine zielgerichtete Förderung von neuen Akteuren sowie einheitliche Rahmenbedingungen für den Besitz, Zugriff und die Auswertung von aktuellen und flächendeckenden Mobilitätsdaten auf nationaler und europäischer Ebene. Die nationalen Zugangspunkte für Mobilitätsdaten sind dafür weiter voranzutreiben und mit den europäischen Partnern abzustimmen. Testfelder wie ein *Mobility Data Space*, die eine diesbezügliche Demonstration ermöglichen, können die Entwicklung fördern und Vertrauen schaffen.

Datenorientiertes Ökosystem. Für die nahtlose Mobilität von Haustür zu Haustür ist eine Zusammenarbeit des öffentlichen Sektors in Gestalt von ÖPNV-Unternehmen



und Infrastrukturbetreibern mit privaten Akteuren wie Fahrzeugverleihern oder Taxidiensten notwendig. In diesem unternehmensübergreifenden „Ökosystem“ werden neben Asset-getriebenen Lösungsanbietern auch Softwareentwickler, Telekommunikationsunternehmen und Finanzdienstleister eine bedeutende Rolle spielen. Einheitliche Schnittstellen und eine verlässliche Datensouveränität sind für das gegenseitige Vertrauen ebenso unerlässlich wie ein Erlösmodell, das neben der reinen Transportleistung auch Mehrwerte aus den Daten selbst generiert. Die Politik muss mit entsprechenden Rahmenbedingungen sicherstellen, dass ein fairer und gesellschaftlich akzeptierter Datenhandel erfolgen kann. Mit einem „Marktplatz“ soll damit eine Übermacht von einzelnen Marktteilnehmern verhindert und insbesondere auch kleineren und lokalen Wirtschaftsakteuren eine faire Marktteilnahme ermöglicht werden.

Grundprinzip Datensparsamkeit, Sicherheit und Konsistenz. Auch im Mobilitätsbereich ist die Sammlung von Daten, deren Vorhaltung, Analyse, Verwertung und Löschung mit erheblichen Kosten verbunden. Aus diesem Grund ist für alle Akteure des Mobilitätssystems die Entwicklung und Implementierung eines „Data-Life-Cycle“-Management-Prozesses wichtig. Eine Roadmap mit datengetriebenen Lösungen im Mobilitätsbereich kann zusammen mit entsprechenden Implementierungsprojekten und der Evaluierung des Kundennutzens sicherstellen, dass die jeweils notwendigen Daten für die Anwendung verfügbar sind, dabei aber keine unnötigen „Datenwüsten“ entstehen.

(3) Current Status, unser Ausgangspunkt

Die Europäische Kommission fordert in der Richtlinie über offene Daten und Informationen des öffentlichen Sektors aus dem Jahr 2019 einen offenen Zugang zu öffentlichen Mobilitätsdaten. Der Mobilitätsdatenmarkt (MDM) der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) stellt den Startpunkt zur Bereitstellung vornehmlich straßenverkehrsbezogener Daten dar. Während einzelne Städte und Verkehrsverbünde ebenfalls Vorreiter in der Bereitstellung von öffentlichen Daten sind, agieren die privatwirtschaftlichen Akteure eher vorsichtig beziehungsweise konkret produktorientiert und nach marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Das BMVI ist insbesondere mit dem Förderprogramm „mFund“ seit einigen Jahren intensiv dabei, Mobilitäts- und Verkehrsdaten zu erschließen und datenbasierte Geschäftsmodelle zu fördern. Diese fließen teilweise in den MDM oder die „mCloud“ ein. Als vielversprechender Ansatz eines neutralen Marktplatzes für Mobilitätsdaten wird von Seiten des BMVI die Idee der Akademie für Technikfolgenabschätzung (acatech) vorgebracht, mit Unterstützung durch Institute der Fraunhofer-Gesellschaft einen Mobilitätsdatenraum (DRM) auf Basis der Technologie der DataSpaces aufzubauen. Die Automobilhersteller aber auch der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV) haben teils auch eigene Datenplattformen, die jedoch über Konnektoren an den DRM angeschlossen werden.

Die Institute der Fraunhofer-Allianz AG People Mobility forschen im Bereich der Identifikation und Bewertung von Digitalisierungsansätzen unter anderem zu Roadmaps für deren Anwendung und der Priorisierung von Anwendungsfällen. Aktuelle Themen in der Entwicklung von Datenräumen sind die semantische Datenannotation und Wissensgraphen. Prognose- und Optimierungsmethoden umfassen „Predictive“ und „Prescriptive Analytics“ sowie „Machine Learning“ in verteilten Systemen. Details zu den Aktivitäten und zu laufenden Forschungsarbeiten einzelner Fraunhofer-Institute finden sich im Anhang.



THEMENFELD 3: NEUE FAHRZEUGKONZEPTE

(1) Picture of the Future and Thesen

Das Verständnis von individueller Mobilität hat sich im Jahr 2030 grundlegend verändert. Der Fahrkomfort, das Sicherheitsempfinden und die Verfügbarkeit von Automobilen für alle Bevölkerungsschichten haben durch Mikromobile und automatisierte Fahrzeuge deutlich zugenommen. Intelligente Systeme zum Verkehrsmanagement nutzen Echtzeit-Verkehrsdaten und sorgen für einen weitgehend flüssigen Verkehrsfluss bei gleichzeitiger Optimierung des Energiebedarfs. Auch abseits vom Auto sind elektrische Antriebe weit verbreitet und ermöglichen ein nahtloses Zurücklegen der letzten Meile. Bestandsfahrzeuge mit konventionellem verbrennungsmotorischem Antrieb tanken zu einem großen Anteil synthetisch erzeugte Kraftstoffe. In die Innenstädte dürfen sie aufgrund des lokalen Schadstoffausstoßes aber nicht mehr fahren und sind daher weitestgehend nur noch in Vororten und ländlichen Regionen zu finden.

Lokal integrierte Fahrzeugkonzepte und Angebotsformen. Mobilitäts- und Fahrzeugsysteme für den öffentlichen Personennah- und Fernverkehr stehen in einem besonderen Spannungsfeld. Mobilität wird 2030 als Grundbedürfnis verstanden, die von der öffentlichen Hand für jede und jeden und barrierefrei bei angemessenen Kosten sichergestellt werden muss. Für den urbanen Raum, gerade in Ballungszentren, werden die bestehenden guten Beispiele moderner Fahrzeug- und Angebotskonzepte breitflächig umgesetzt. Die in der Vergangenheit meistvernachlässigten Randbezirke und ländlichen Räume wurden durch flexible und lokal angepasste Konzepte weitgehend überwunden. Attraktivität, Kapazität und Verfügbarkeit sowohl im urbanen als auch ländlichen Raum sind dabei wesentliche Aspekte, die mit dem Umbau unserer Mobilitätssysteme einhergehen.

Alternative Antriebstechnologien: Elektrisch betriebene Fahrzeuge leisten 2030 einen maßgeblichen Beitrag zur Reduktion der Belastungen aus dem Verkehrsbereich auf globaler Ebene durch weniger Treibhausgase und lokal durch weniger Luftschadstoffe und Lärm. Auf kurzen und mittleren Strecken wird ein Großteil der Fahrten vollelektrisch absolviert. Der Fahrzeugbestand in Deutschland weist einen hohen und kontinuierlich steigenden Anteil an batterie- und brennstoffzellenbetriebenen Fahrzeugen auf. Insbesondere der Schwerlastverkehr wird dabei von einem anwendungsfall-abhängigen Mix der verschiedenen Antriebssysteme geprägt, wobei die Brennstoffzelle im Überlandverkehr eine entscheidende Rolle einnimmt. Produktion und Lebenszyklus alternativer Antriebe und Kraftstoffe sind weitgehend treibhausgasneutral. In der Automobilindustrie liegt der Marktfokus der Fahrzeughersteller neben der Antriebstechnologie vor allem im Bereich der Assistenz-, Informations- und Kommunikationsfunktionen.

Automatisiertes Fahren. Hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge der Stufen 4 und 5 stellen 2030 einen nennenswerten und zunehmenden Anteil der Neuzulassungen im PKW-Bereich dar. Die Fahrzeit im Auto kann von den Fahrgästen für Freizeit-, (Weiter-)Bildungs- und berufliche Aktivitäten genutzt werden. Sicherheit und Energieeffizienz werden vom Fahrgast als selbstverständlich wahrgenommen, Differenzierungsmerkmale für die Automobilhersteller liegen im Fahrkomfort und den Multimediaangeboten. Im urbanen Verkehr werden zunehmend auch „Robotaxis“ und automatisierte Kleinbusse eingesetzt, die den ÖPNV entlasten, ergänzen, flexibilisieren und somit insgesamt attraktiver machen. Auch straßengebundene Lieferroboter zeigen sich in verschiedenen Bauformen und Anwendungsfällen, von kleinen Kurierrobotern bis hin zur fahrenden Paketstation.



Zweckkonzipierte Fahrzeuge. Insbesondere Fahrzeuge für Mobilitäts- und Logistikdienstleistungen werden 2030 auf Basis von modularen Architekturen und Baukastensystemen sowie durch 3D-Druckfertigung von Bauteilen nutzungsspezifisch hergestellt. So können Batteriekapazitäten optimal genutzt, Gewichte reduziert und Bauteile lebensdaueroptimiert ausgelegt werden, was zu einer ganzheitlich erhöhten Nachhaltigkeit der Mobilität beiträgt. Anforderungen aus der Kreislaufwirtschaft werden bedarfsgerecht berücksichtigt. Insgesamt setzen die Konzepte auch auf völlig neuartigen Bauartformen auf, die auf Nischenanwendungen hin optimierte Fahrzeuge ermöglichen. Ebenso wurden bis 2030 die Fahrzeugkonzepte für den öffentlichen Personennah- und Fernverkehr bis hin zur Erschließung der dritten Dimension neu gedacht.

Resiliente Systeme. Bis zum Jahr 2030 haben disruptive Ereignisse aus Wirtschaft, Gesundheit und Umwelt signifikant zugenommen und deren Wirkung auf unsere Gesellschaft und insbesondere auf die Mobilität können nur noch mit größerer Unsicherheit vorhergesagt werden. Die Sicherstellung der Resilienz der Mobilitätskonzepte und -systeme stellt daher eine zunehmend große Herausforderung dar. Die gegenwärtige Corona-Pandemie zeigt, dass sich Mobilitätsanforderungen und -bedürfnisse schlagartig ändern können. In der jetzigen Situation kann ein stärkerer Wechsel hin zum Individualverkehr und ein höheres Bedürfnis nach persönlichem Schutz beobachtet werden, mit der Folge, dass die Auslastung öffentlicher Verkehrsmittel signifikant reduziert wurde. Dies spielt auch noch 2030 eine Rolle. Die Fähigkeit, mit disruptiven Ereignissen umgehen zu können, wird bei der Konzeption von Mobilitäts- und Fahrzeugsystemen zunehmend berücksichtigt,

wobei größere Unsicherheiten bei den Anforderungsprofilen jedoch bestehen bleiben.

Mikromobilität im Alltagsverkehr. Auch die Diversität sowie das generelle Aufkommen von kleineren Fahrzeugen unterhalb der Automobile ist rasant angestiegen. Lieferfahräder, Mikromobilität, aber auch geschlossene Kabinenfahrzeuge der Sub-A-Kategorie bilden bedarfsgerechte, individuelle Mobilitätslösungen für urbane Anwendungsgebiete, wobei der enge, städtische Park- und Straßenraum effizienter genutzt werden kann. Vor allem in den Stadtzentren kommen zunehmend Sonderparkflächen und -fahrspuren auf, die exklusiv von Leichtfahrzeugen genutzt werden können.

Urban Air Mobility. zunehmend vollautomatisierte Flugtaxi werden in großen Städten bereits vereinzelt im Linienverkehr auf Strecken zu besonderen Destinationen wie Flughäfen oder Messegeländen erfolgreich vornehmlich in Pilotanwendungen betrieben. Die Flugtaxi sind dabei für die gemeinschaftliche Nutzung von 4 bis 10 Passagieren ausgelegt und verbinden die Destinationen mit den Stadtzentren, wobei die frühen urbanen Landeinfrastrukturen an zentralen Mobilitätsknoten wie Bahnhöfen zu finden sind. Teilweise werden Flugtaxi auch bereits für touristische Flüge oder als Ersatz von Fährverbindungen eingesetzt, wobei touristische Flüge vorwiegend nur über unbewohnten Gebieten zugelassen sind. Im urbanen Raum zeigen sich freifliegende Personen-Drohnen vor allem in Bezug auf Blaulichtanwendungen als Rettungsflyer, Polizei- oder FeuerwehrsUPPORT. Darüber hinaus sind unterschiedliche Größen und Klassen von unbemannten funktionalen Drohnen am urbanen Himmel zu sehen – neben Sensordrohnen zur Luftüberwachung werden dabei auch Lieferdrohnen für die Zustellung sehr eiliger Güter eingesetzt.



(2) Way to Go und offene Forschungsfragen

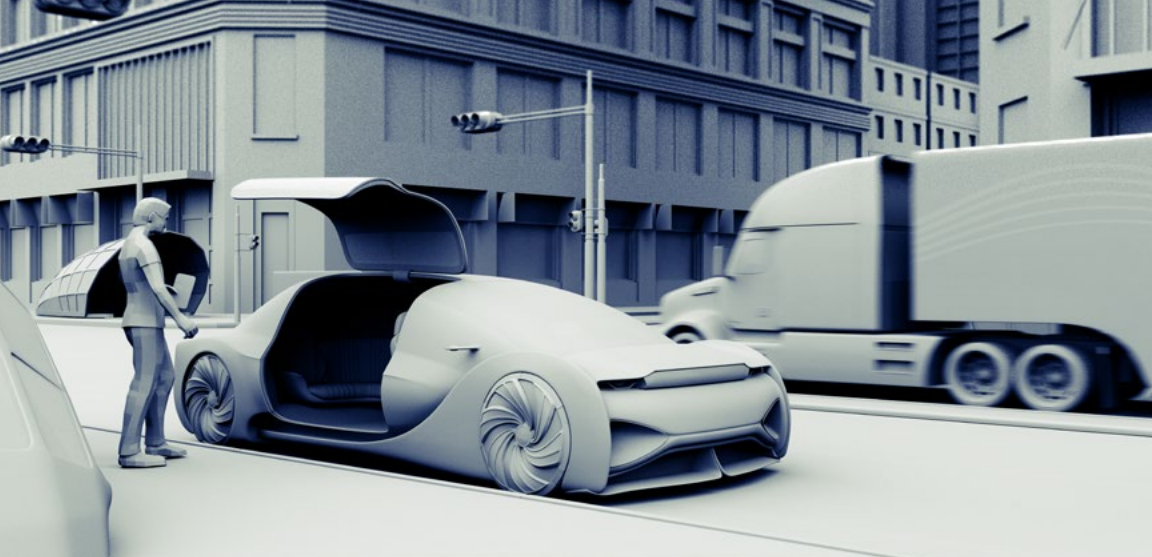
Das Etablieren der beschriebenen, hohen Diversität an verschiedenen Fahrzeugkonzepten muss durch eine grundsätzliche Veränderung im Denken der Bevölkerung in Bezug auf ihr Mobilitätsverhalten einhergehen. Dabei müssen die Nutzerinnen und Nutzer als handelnde Individuen den persönlichen Wunsch des eigenen, möglichst alles könnenden Privatfahrzeuges zugunsten einer effizienten Nutzung gemeinsamer Mobilitätsressourcen weitgehend aufgeben – Fahrzeuge werden vom Prestigeobjekt zum sinnvoll genutzten und konzipierten Gebrauchsgegenstand. Entsprechende Veränderungen müssen dabei auch durch eine bewusste Gestaltung und Erforschung technologischer Aspekte begleitet werden.

Regionale Fahrzeugkonzepte und Angebote entwickeln.

Konzepte für den öffentlichen Personennah- und Fernverkehr müssen regionale Besonderheiten berücksichtigen, was zu einer hohen Variantenvielfalt und zu individuellen, nur bedingt übertragbaren Lösungen führen wird. Während beispielsweise im asiatischen Raum Städte auf dem Reißbrett neu konzipiert oder umgestaltet werden, finden sich in Deutschland und Europa vornehmlich über Jahrhunderte gewachsene Strukturen, die schwer auf neue Mobilitätsbedürfnisse angepasst werden können. So werden für Zonen ohne Individualverkehr Lösungen regional unterschiedlich ausfallen. Während der öffentliche Personenverkehr in neu entstehenden Städten unterirdisch realisiert werden kann, müssen für gewachsene Strukturen gänzlich neue Mobilitäts- und Fahrzeugkonzepte entwickelt werden, die den begrenzten Raum optimal und effizient ausnutzen.

Aufbau von nachhaltigen Energieinfrastrukturen. Als wesentlicher Treiber eines tiefgreifenden Mobilitätswandels gilt das zunehmende Nachhaltigkeitsbewusstsein unserer Gesellschaft. Dabei müssen entsprechende neue Verkehrsmittel zwingend mit regenerativ erzeugbarer Energie betrieben werden, um glaubwürdig zu sein und eine gesellschaftliche Akzeptanz zu erfahren. Mit zunehmender Verbreitung neuer Fahrzeugkonzepte muss daher auch ein begleitender Aufbau von Infrastrukturen erfolgen. So müssen zum einen genügend Ladepunkte und Tankmöglichkeiten für elektrische oder wasserstoffbetriebene Fahrzeuge aufgebaut und vorgehalten, als auch eine regenerative Erzeugung von Strom, Wasserstoff aber auch von synthetischen Kraftstoffen gewährleistet werden. Einen wesentlichen Katalysator-Effekt kann dabei die sichtbare, dezentrale Erzeugung von Strom beitragen, beispielsweise durch die Ausstattung von Bushaltestellen mit induktiven Lademöglichkeiten und Solarpanels.

Umgestaltung der Verkehrsinfrastrukturen. Neben den Energieinfrastrukturen müssen auch die eigentlichen Verkehrsinfrastrukturen wie Straßen oder Bahnhöfe proaktiv umgestaltet werden, um die Adoption neuer Fahrzeugkonzepte zu fördern. Bannzonen für verbrennungsmotorische Fahrzeuge und große LKW können dabei einen starken Effekt hervorrufen, müssen aber durch positiv wirkende Veränderungen begleitet werden. Beispielsweise können innerstädtische Sonderfahrspuren die Attraktivität von Leichtfahrzeugen erhöhen oder der Aufbau und die nutzerfreundlichere Gestaltung intermodaler Knotenpunkte vorangetrieben werden, etwa durch Anbindung von Mikromobilitätshubs und Warteplätzen für On-Demand-Angebote oder durch den Aufbau von Flug-taxi-Landepunkten mit hoher Leuchtturmwirkung.



Akzeptanzbildung für automatisierte Verkehrsträger.

In Bezug auf das vermehrte Aufkommen automatisierter Verkehrsträger, wie Flug- oder Roboter-Taxis aber auch Lieferrobotern und funktionalen Flugdrohnen, müssen akzeptanzhebende und -fördernde Maßnahmen in den Einsatz kommen. Dabei muss zum einen gewährleistet werden, dass Nutzerinnen und Nutzer solchen Mobilitätsträgern vertrauen, diese sich zum anderen aber auch homogen in einen Mischverkehr mit konventionellen Verkehrsmitteln und -teilnehmenden integrieren. Der Gestaltung von Interaktionslösungen sowohl für Passagiere wie auch für andere Verkehrsteilnehmende kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu.

Innovative Konzepte für zukunftsfähige Mobilitäts- und Fahrzeugsysteme.

Systemische Lösungen für die Transformation des Transportsektors erfordern, aber ermöglichen auch gänzlich neue Mobilitäts- und Fahrzeugsysteme. Dabei müssen Lösungen unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit, Resilienz, Attraktivität und Kosten konzeptionell neu gedacht werden. Vornehmlich gilt es nach Konzepten zu suchen, den zur Verfügung stehenden Raum optimal und effizient für hohe Kapazitäten auszunutzen, sei es für Personen- oder Gütertransport. Ebenso müssen Lösungen für den ländlichen Raum betrachtet werden.

(3) Current Status, unser Ausgangspunkt

So gut wie alle Fahrzeughersteller bieten heute verschiedene digitale Fahrzeugdienste und alternative Antriebe an. Die rein batterieelektrische Energiespeicherung scheint dabei aktuell die wirtschaftlichste und bezüglich der Gesamtenergiebilanz die effizienteste Alternative darzustellen. In der Kategorie der PKW werden hauptsächlich Fahrerassistenzsysteme weiterentwickelt, um Komfort und Sicherheit zu verbessern. Viele Fahrzeughersteller probieren auch verschiedene Geschäftsmodelle

im Umfeld der „Sharing Mobility“ aus, woraus auch Ideen für neue Fahrzeugkonzepte entstehen. Mit Kleinbussen werden teilautonome Funktionen getestet und weiterentwickelt, und in Testfeldern wird die Integration in den Verkehr und die Akzeptanz von „People Movern“ untersucht. Auch im Umfeld der Mikromobilität verändern neue Fahrzeugkategorien wie elektrisch unterstützte Scooter oder Fahrräder das Mobilitätsverhalten. Die Verkehrsinfrastrukturen werden auf deren Zukunftsfähigkeit geprüft und erste Anpassungen vorgenommen. In Testfeldern und Pilotprojekten werden automatisierte Fahrzeuge optimiert und die Wechselwirkung mit anderen Verkehrsteilnehmern untersucht.

Die Institute der Fraunhofer-Allianz AG People Mobility arbeiten im Umfeld neuer Fahrzeugkonzepte unter anderem in Projekten, die sich mit der Entwicklung von neuen Konzepten für den Innenraum, aber auch mit der Automatisierung beschäftigen. Die Akzeptanz und die Untersuchung von Anforderungen auf Nutzerseite sind dabei ein wesentlicher Aspekt. Technologisch wird das Zusammenspiel verschiedener Sensoren einschließlich der Nutzung von Echtzeitdaten auch in Bezug auf Verkehrssituationen untersucht. In einigen Forschungsprojekten werden Erfahrungen bezüglich der Rolle und Bedeutung von Mikromobilen gesammelt und mit den Städten diskutiert. Dabei werden auch Empfehlungen für die Entwicklung von neuen „kleinen“ Fahrzeugen generiert, aber auch für „E-Kick-Scooter“, Lastenräder oder Pedelecs werden Anwendungsfelder im urbanen Raum untersucht und eine sichere Integration in den Stadtverkehr vorgebracht. Weitere Beispiele von Kompetenzen und Referenzen dazu finden sich im Anhang.

THEMENFELD 4: VERNETZUNG UND VERKEHRSMANAGEMENTTECHNOLOGIEN

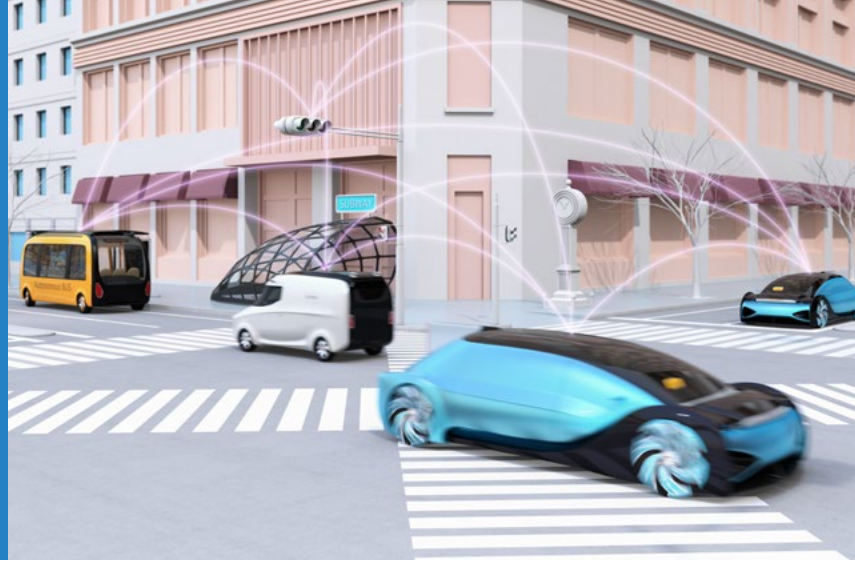
(1) Picture of the Future and Thesen

Intelligente und an den persönlichen Vorlieben orientierte Reiseassistenten werden im Jahr 2030 eine flexible, zuverlässige und effiziente Wahl der Verkehrsmittel und Umsteigepunkte ermöglichen. Dies gilt sowohl auf dem Weg zur Arbeit innerhalb einer Stadt oder einem Ballungsgebiet als auch für Fernreisen auf nationaler und internationaler Ebene. Die Basis hierfür sind selbstlernende Systeme, die auf diverse unterschiedliche Datenquellen zugreifen und daraus Empfehlungen für eine der aktuellen Verkehrssituation angepasste und ressourcenschonende Routenführung entwickeln. Alle Vorgänge rund um Information, Buchung, Navigation und Abrechnung sind automatisiert, der Nutzerin und dem Nutzer jederzeit transparent und möglichst aus einer Hand verfügbar. Eine sichere Vernetzung zwischen Verkehrsteilnehmenden untereinander sowie zwischen Verkehrsteilnehmenden und der Infrastruktur ermöglicht die Realisierung umfangreicher Cloud-Services für ein effizientes automatisiert-vernetztes Fahren im komplexen verkehrlichen Umfeld. Verkehrsmanagementtechnologien werden für die ganzheitliche Koordinierung und Steuerung von CCAM (cooperative, connected and automated Mobility) sowie für vernetzt-assistiertes und Infrastruktur-gesteuertes Fahren eingesetzt.

Individualisierte, bedarfsangepasste Mobilitäts- und Logistikangebote. Die digitale Vernetzung von privaten und öffentlichen Mobilitätsangeboten über digitale Plattformen ist die Grundlage für das MaaS-Konzept. Mit einer einzelnen Nutzerschnittstelle ist intermodale Mobilität entsprechend den individuellen Bedarfen planbar, buchbar und bezahlbar. Daten der verschiedenen Anbieter, zum Beispiel zur Verfügbarkeit, zu Fahrplänen und Kosten sind über offene und standardisierte Schnittstellen verfügbar. Die Flexibilität, die in der Gegenwart im Wesentlichen durch den Individualverkehr mit eigenen Fahrzeugen erreicht wird, wird durch intelligente Algorithmen unter Nutzung dieser Daten für viele andere Mobilitätsangebote möglich. Das Paketvolumen hat in den vergangenen Jahren weiterhin kontinuierlich zugenommen. Im Gegensatz zur

früher sehr strikten Trennung von Personen- und Güterverkehr verschwimmt diese Grenze auf der letzten Meile zusehends. Mobilitätsstationen sind nicht nur physische Umsteigepunkte zwischen den einzelnen Verkehrsträgern im Personenverkehr, sondern auch Mikrohub für die Paketdienstleister. Von hier aus übernehmen bei entsprechenden Sendungen die Paketkunden selbst oder auch Nachbarn oder Kollegen die Überbrückung der letzten Meile bis an die Haustür oder ins Büro. Entsprechende Anreize und die Sicherstellung der Zuverlässigkeit werden durch eine für alle Beteiligten transparente Service-App gewährleistet.

Umweltorientierte Verkehrsplanung und Verkehrsmanagement. Verkehrs- und Umweltdaten werden zusammen mit anonymisierten Nutzerdaten als zentrale Grundlage für eine an Nachhaltigkeitszielen orientierte Verkehrsplanung genutzt. Mithilfe der datenbasierten Verkehrsmodellierung und -simulation kann die Wirkung von zukünftigen Mobilitätsmaßnahmen auf Mobilitätsverhalten, Verkehr und Luftqualität in der Planungsphase bewertet und entsprechend berücksichtigt werden. Umweltorientiertes Verkehrsmanagement und Routing im Straßenverkehr sind durch die Integration und Nutzung von Verkehrsdaten, Meteorologie- und Umweltdaten sowie ergänzende Daten, beispielsweise zu Veranstaltungen oder Baustellen, realisiert und haben den Verkehr weitgehend optimiert. Als Datenquellen werden unter anderem Sensoren eingesetzt, zum Beispiel zur Echtzeiterfassung von Verkehrslage, Luftqualität oder Beschaffenheit der Verkehrsinfrastruktur. Die Datenverfügbarkeit ermöglicht unter anderem ein flächendeckendes kooperatives Fahren und somit eine optimierte und ressourcenschonende Nutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur. Informationen werden in Echtzeit in Routingsysteme integriert und über multiple Schnittstellen wie Navigationssysteme, Apps und digitale Straßenschilder kommuniziert. Entsprechend der Verkehrs- und Luftqualitätsdatenlage können Verkehrssignale intelligent gesteuert, die Straßenraumnutzung flexibel angepasst, oder bestimmte Verkehrsteilnehmende priorisiert werden.



Digitalisierung und Vernetzung. Die Fortschritte im Rahmen der Digitalisierung und Vernetzung der letzten zehn Jahre sind gigantisch. Wurde im Jahr 2020 noch von Mobilfunktechnologien wie 5G oder 6G gesprochen, so bieten die aktuellen Mobilfunkgenerationen komplett neue „Key Performance Indikatoren“ (KPI) und Services. Diese ermöglichen nun einen latenzarmen, sichereren und garantierten Austausch von Informationen mit Backend- und Cloud-Systemen. Eine flächendeckende Netzabdeckung gewährleistet ein lückenloses Monitoring von Verkehrsteilnehmenden sowie die Möglichkeit des Remote-Operating. Über „Cellular Vehicle-to-Everything“ (C-V2X) oder „ETSI ITS G5“, das heißt über die direkte Kommunikation, werden umfassend neue Services wie Manöverkoordinierungen für komplexe Kreuzungs- und Abbiegesituationen angeboten. Durch die intelligente Nutzung der Kommunikationstechnologien wird erstmalig die Redundanz des Informationsaustauschs zur Übermittlung sicherheitskritischer Applikationen, beispielsweise für teleoperiertes Fahren, möglich. Heute steht somit nicht mehr der reine Informationsaustausch mittels V2X-Kommunikation im Vordergrund, sondern die direkte Nutzung dieser Informationen für automatisiert-vernetzte Assistenz- und Steuerungsfunktionen wie zur Steuerung zentral koordinierter Platoons.

Smarte Infrastruktur und Verkehrsmanagement. Die klassischen Aufgaben der Infrastruktur und des Verkehrsmanagements haben sich komplett verändert. Waren es vor zehn Jahren noch reine Detektionsaufgaben der Infrastruktursensorik für das Monitoring im Verkehrsmanagement, so steht das Verkehrsmanagement aktuell vor komplett neuen Herausforderungen. So wurde die smarte Sensorik derart erweitert, dass ein funktional sicheres Detektieren von Verkehrsteilnehmenden als Grundlage der Koordinierung der Verkehre aus dem Verkehrsmanagement heraus möglich ist. Hier sind die Backend-Systeme komplett überarbeitet und bieten die Möglichkeit eines Echtzeitzugriffs. Viele Applikationen sind in Cloud-

und Edge-Cloud-Dienste verlagert. Die Systeme sind auf die Richtlinien für kritische Infrastruktur abgestimmt und bieten einen sicheren, kontrollierten und schnellen Datenzugriff. Die Simulation von Verkehrssystemen auf Basis von Echtzeit-Verkehrnetzmodellen ermöglicht einen aufkommensabhängigen Betrieb des öffentlichen Verkehrs und die Realisierung von dynamischen und individualisierten Mobilitätsangeboten. Infrastrukturelle „Flaschenhälse“ werden durch rechtzeitige Kommunikation der aktuellen Verkehrssituation und das Angebot alternativer Verkehrsmittel entschärft. Staubedingte Verzögerungen und Wartezeiten können damit größtenteils vermieden oder zumindest deutlich reduziert werden.

(2) Way to Go und offene Forschungsfragen

Neue Technologien im Bereich Kommunikation und Vernetzung sind verfügbar. Das Internet of Things (IoT) ist auch im Bereich der Verkehrsmanagementtechnologien allgegenwärtig. Die Ausrichtung der Aufgaben des Verkehrsmanagements hat sich vom reinen Monitoring und der Informationsbereitstellung hin zur direkten Steuerung von Verkehrsteilnehmenden und den direkten Eingriff in Fahr- und Assistenzfunktionen gewandelt.

Neue Mobilitäts- und Logistikkonzepte erfordern neue Verkehrsmanagementkonzepte. Individualverkehr wird zukünftig öffentlicher und Öffentlicher Verkehr individueller. Diese zunehmende Verschneidung der Mobilitätsangebote durch einen grundlegenden Wandel auf Basis der Vernetzung und Automatisierung führt auch zu neuen Verkehrsmanagementstrategien. Die integrale Betrachtung der unterschiedlichen Verkehrsarten im Rahmen der Verkehrssteuerung und des Verkehrsmanagements wird vor wesentlich komplexeren Optimierungsproblemen stehen. Die erweiterten Anforderungen an die Backendsysteme hinsichtlich Sicherheit, Echtzeitfähigkeit und Datenverfügbarkeit stellen viele Betreiber und auch Systemanbieter vor zunächst große Herausforderungen. Logistikanbieter werden auf umfassende Services des Verkehrsmanagements zurückgreifen. Diese konzeptionelle und



funktionale Neuausrichtung wird Hauptaufgabe der kommenden Jahre werden.

Straßenbetreiber werden Serviceprovider. Die Aufgabengebiete des Straßenbetreibers als Daten- und Serviceprovider für beispielsweise neue *Cooperative Intelligent Transport Systems* (C-ITS)-Services wie GLOSA (Ampelphasenassistent) oder PVD (Verkehrslage über vernetzte Fahrzeuge) sind völlig neue Herausforderungen. Hierfür ist ein grundlegender Kompetenzaufbau in den entsprechenden Behörden notwendig, was oft auch mit einer Umstrukturierung einhergehen wird. Dabei ist zu beachten, dass komplett neue Geschäftsmodelle entstehen werden, in denen der Straßenbetreiber nicht allein die Sicherung der Mobilitätsbedürfnisse als öffentliches Grundinteresse erfüllt, sondern mit Hilfe seiner Services und Daten am Markt einen Gegenwert erzielen kann. Die informativen, assistierenden oder steuernden Services werden grundlegender Baustein einer umweltbewussten integralen Verkehrsplanung sowie eines emissionsadaptiven Verkehrsmanagements.

Kommunikation erfordert Sicherheit. Die Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmenden sowie zwischen Verkehrsteilnehmenden und der Infrastruktur bilden die Voraussetzung der Digitalisierung des Verkehrs. Dabei stehen im Bereich der zentralen Kommunikation über 5G/6G die neuen Leistungsmerkmale wie die Zusicherung von Bandbreiten, Latenzen und auch Netzabdeckung im Vordergrund. Im Bereich der Nahkommunikation via ETSI ITS G5 oder C-V2X ist es die Vertrauenswürdigkeit der Nachrichten, welche über eine zu entwickelnde Signatur und einen Abgleich über eine zu realisierende europäische Public Key Infrastructure (PKI) sichergestellt werden soll.

Infrastruktur übernimmt Teile der Fahraufgaben. Die ISAD (Infrastructure support level for automated driving) zeichnet bereits heute eine Art Roadmap ab und zeigt, was die Infrastruktur zukünftig leisten muss. Der stufenweise Ausbau der Datengrundlagen, das Ausrollen der Vernetzung und die Erweiterung der Informationsgrundlage erfordern grund-

legend funktional sichere Komponenten im Bereich Sensorik, Kommunikation und Datenhaltung. Die Absicherung und Lizenzierung dieser Komponenten der kritischen Infrastruktur wird Aufgabe der nächsten Jahre werden. Nur so wird automatisiert-assistiertes Fahren in kooperativen Korridoren zukünftig möglich werden.

(3) Current Status, unser Ausgangspunkt

Die technischen Vorgaben bzgl. der neuen Generation von 3GPP-Mobilfunkstandards sind Mitte 2021 weitgehend gesetzt. Im Bereich Fahrzeugvernetzung liegt der Fokus dabei auf dem C-V2X-Standard, auf dessen Basis sich Fahrzeuge untereinander, aber auch mit zu Fuß Gehenden, der Verkehrsinfrastruktur und dem Internet verbinden können. Während auf EU-Ebene an der Definition von C-ITS und deren Sicherheit gearbeitet wird, wird auch in Deutschland auf eine starke Vernetzung der Fahrzeuge mit der Infrastruktur und entsprechende Sensorik gesetzt.

Die Institute der Fraunhofer-Allianz AG People Mobility begleiten diesen Prozess unter anderem durch die Evaluation von Geschäftsmodellen, der Simulation von Anwendungsfällen sowie der Entwicklung, Erprobung und Implementierung der neuen Standards in Form von Pilotprojekten und Testumgebungen.



THEMENFELD 5: NUTZERORIENTIERTE ANGEBOTE UND DIENSTLEISTUNGEN

(1) Picture of the Future und Thesen

Die Unternehmenslandschaft im Mobilitätssektor hat sich gewandelt und mit ihr das Produkt- und Dienstleistungsportfolio der einzelnen Akteure. Die Grenzen der individuellen und kollektiven Mobilität sind verwischt. Die Ausrichtung der Mobilitätsanbieter folgt den gesellschaftlichen Trends und Kundenbedürfnissen und bedient sich zur Erfüllung der Mobilitätsbedarfe aller an den neuesten technologischen Innovationen.

Aus Verkehrsunternehmen wurden Mobilitätsdienstleister. Klassische Verkehrsunternehmen, die eine einzelne Verkehrsdienstleistung als „Insel-Lösung“ anbieten, gibt es im Jahr 2030 nur noch vereinzelt. Mobilität wird ganzheitlich gedacht, und bei den Betreibern der unterschiedlichen Mobilitätsangebote ist der Konkurrenzgedanke in den Hintergrund gerückt. Stattdessen werden Kooperationen geschlossen, um auf die komplexen Nutzeranforderungen reagieren zu können. Die integrierten Angebote typischer Verkehrsunternehmen oder Verbünde unterscheiden sich oft kaum noch von den Portfolios neuer oder alter Mobilitätsdienste.

Diversifizierung und neue Player am Markt. Der motorisierte Individualverkehr spielt auch 2030 weiterhin eine Rolle im Mobilitätssektor, allerdings in veränderter Form. Die heimische Fahrzeugindustrie konnte das jahrzehntelange Kerngeschäft ergänzen und ihr Produktportfolio diversifizieren. Vernetzte und kommunizierende Fahrzeuge sind längst Normalität geworden, Daten sind der Rohstoff der Mobilität. Daneben etablieren sich Software- und Technologieunternehmen am Markt, die zumeist ohne verkehrsspezifisches Know-how auftreten und daher in Kooperationen mit lokalen Mobilitätsdienstleistern agieren. Von beiden Branchen werden nutzerorientierte und hochindividuelle Mobilitätsdienstleistungen angeboten. Je nach Zahlungsbereitschaft und -möglichkeit der Kunden unterscheiden sich die Angebote im Dienstleistungskomfort und bezüglich der Kosten.

Innovative Verkehrsmittel und veränderte Nutzungsformen. Der Mobilitätsmarkt bietet neue und innovative Verkehrsmittel an, welche die individuellen Bedarfe der Nutzerinnen und Nutzer adressieren. Geteilte Nutzungsformen haben sich mit neuen Verkehrsmitteln nach dem Beispiel des Car- und Bike-Sharing auch im ländlichen Raum etabliert. Die kollektive Verkehrsmittelnutzung hat von einer abnehmenden Bedeutung des motorisierten Individualverkehrs profitiert und wurde in den letzten Jahren individueller, flexibler und somit auch nutzerorientierter. Die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum ist signifikant gestiegen, da sich mehr Menschen zu Fuß und mit dem Fahrrad fortbewegen.

Sharingmobility ist Standard im urbanen Raum. Durch die steigende Anzahl an Mobility Hubs oder Mobilitätspunkten, insbesondere im urbanen Raum, sind viele verschiedene „Sharingmobility“ Angebote für die meisten Nutzer in unmittelbarer Reichweite, unabhängig von der Fahrzeugkategorie. Dabei haben sich viele verschiedene Sharing-Varianten wie „peer-to-peer“-Carsharing etabliert. Auch das organisierte Mitnehmen, die Kombination aus Car-Sharing und Mitnahme oder auch das Teilen von Fahrdiensten sind je nach Nutzerin/Nutzer und Mobilitätszweck etablierte Mobilitätsdienstleistungen. Dabei verschwimmen auch die Grenzen zwischen „Ridehailing“, „Ridepooling“ oder „Carsharing“. Die Flottenanbieter haben sich für das Zeitalter der autonomen Fahrzeuge aufgestellt und werben mit verschiedenen Preismodellen und Angeboten um die Kunden.

Multimodalität und Mobility-as-a-Service als Basis. Monomodale Fortbewegung wurde größtenteils durch multi- und intermodale Angebote abgelöst. Die Mobilitätsstationen sind die Basis eines multimodalen, als MaaS ausgelegten Mobilitätskonzepts. Die physischen Knotenpunkte bündeln verschiedene Mobilitätsangebote und ermöglichen einen aufeinander abgestimmten, nahtlosen Umstieg zwischen den Verkehrsmitteln. Die Nutzerin/der Nutzer organisiert, bestellt und bezahlt die Mobilität über digitale Dienste, die alle Möglichkeiten bereithalten. Das System wird softwareseitig über die App



des jeweiligen Mobilitätsvertragspartners zugänglich. Darüber werden sämtliche Mobilitätsangebote und Funktionen bereitgestellt, die die Reisekette umfassen: Auskunft, Buchung, Bezahlung und fußläufige Navigation beim Umstieg. Die praktikable und zeiteffiziente Nutzung mehrerer Verkehrsmittel und Anbieter innerhalb eines Weges durch die hardware- und softwareseitige Vernetzung der vorhandenen Angebote bildet 2030 das Grundgerüst von Mobilitätssystemen im urbanen und ländlichen Raum.

Heterogene Kundengruppe der Mobilitätsdienstleister.

Die Sensibilität für die Notwendigkeit einer nachhaltigeren Gestaltung der Mobilität hat in den letzten Jahren zugenommen. Arbeitgeber verwenden im Jahr 2030 standardmäßig Mobilitätsbudgets als Incentive und erlauben Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aller Hierarchiestufen einen kostenfreien bzw. ermäßigten Zugriff auf das bunte Mobilitätsportfolio. Das Nachhaltigkeitsbewusstsein ist hoch, und Dienstwagen sind ein Nischenphänomen geworden – auch, weil die Kosten für die meisten Unternehmen nicht mehr tragfähig sind. Auch die Flächeninanspruchnahme, zum Beispiel durch Parkraum, spielt hierbei eine Rolle. Längeres Parken in unmittelbarer Nähe eines hochfrequentierten Zielorts ist nur noch selten oder zu entsprechenden Preisen möglich. Die besonderen Bedürfnisse Mobilitätseingeschränkter Personen finden in den neuen Mobilitätskonzepten absolute Berücksichtigung – barrierefreie Mobilität ist in Deutschland flächendeckend verfügbar.

(2) Way to Go und offene Forschungsfragen

Neue Mobilitätskonzepte, bestehend aus neuen Fahrzeugkonzepten und Nutzungsformen, werden bereits in zahlreichen Forschungsprojekten pilotiert. In der Praxis werden vielerorts neue Konzepte in das bestehende Verkehrssystem überführt. Allerdings bietet der rechtliche Rahmen noch keine idealen Voraussetzungen für die optimale Integration neuer Mobilitätskonzepte.

Kooperation statt Konkurrenz auf dem Mobilitätsmarkt.

Der Mobilitätsmarkt besteht bereits heute nicht mehr nur aus Unternehmen, die ursprünglich aus dem Verkehrssektor stammen. Es etablieren sich zahlreiche Akteure aus der Technologie- und Softwarebranche, die zusätzliches Know-how mitbringen, und darauf abzielen, in Kooperation mit Verkehrsunternehmen die veränderten Nutzerbedarfe besser bedienen zu können. Andererseits können die neuen Akteure die Wettbewerbssituation auf dem Mobilitätsmarkt zum Teil verschärfen. Da die neuen Player auf dem Markt häufig wenig bis keine Erfahrung in verkehrsplanerischer Hinsicht mitbringen, werden Kooperationen erforderlich, um beide Disziplinen nutzbringend und zielorientiert zu verknüpfen und innovative, nachfrageorientierte Mobilitätsdienstleistungen zu generieren.

Unternehmen orientieren sich neu. Die heimische Fahrzeugindustrie steht vor der Herausforderung, den Fokus nicht mehr ausschließlich auf ihre Kernkompetenz, den Fahrzeugbau, zu richten, sondern stattdessen neue Geschäftsfelder zur Entwicklung datenbasierter, vernetzter Mobilitätssysteme aufzubauen. Alte Strukturen müssen aufgebrochen und zusätzliches Know-how aufgebaut werden. Im klassischen ÖPNV-Markt stehen Verkehrsunternehmen vor der Herausforderung, das sogenannte „one face to the customer“ zu erhalten und mit Kooperationen etwaige Konkurrenzsituationen mit neuen Playern aus dem Software- und Technologiesektor zu umgehen.

Forcierung neuer Gestaltungsformen der Mobilität.

Geteilte Nutzungsformen finden heute überwiegend im urbanen Umfeld Anwendung. Um den ländlichen Raum mit der „shared mobility“ zu erschließen, sollten weitere Verkehrsmittel wie E-Bikes oder Mikromobile eingesetzt werden. Die für den städtischen Bereich etablierten Systeme sollten bezüglich der ländlichen Rahmenbedingungen, die sich beispielsweise durch zersiedelte Strukturen auszeichnen, abgestimmt und in konfigurierter Weise Anwendung finden. Pilotprojekte können dabei als Einstieg dienen, um die Bedarfe der Nutzerinnen und Nutzer zu identifizieren und die möglichen Mobilitätsformen



zu erproben. Auch der klassische ÖPNV muss sich an den veränderten Nutzeranforderungen orientieren und Fahrzeuggestaltung, Anbindung und Taktung entsprechend anpassen. Zur Steigerung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum ist die Flächenaufteilung für die einzelnen Verkehrsteilnehmenden anzupassen. Eine Aufwertung des öffentlichen Raums fördert Lebensqualität und ist gleichzeitig eine Einladung, sich häufiger und länger zu Fuß oder auch mit dem Fahrrad fortzubewegen.

Vernetzung ortsspezifischer Konzepte. Zur Etablierung von MaaS-Konzepten ist die infrastrukturelle Bereitstellung von Mobilitätsstationen notwendig. Für die multi- und intermodale Fortbewegung sind außerdem sämtliche Mobilitätsangebote in einer Smartphone-App zu integrieren. Aufgrund der hohen Einwohnerdichte im urbanen Umfeld ist eine flächendeckende Umsetzung von MaaS-Anwendungen dort vergleichsweise einfach. Da sich Mobilität aber nicht auf die Grenzen einer Stadt beschränkt, ist es essentiell, dass die Verkehrsunternehmen gemeinsam mit der lokalen Verwaltung eine überregionale Vernetzung erreichen. Im Zuge dessen sollten auch ländliche, meist nachfrageschwache Regionen einbezogen werden. Eine überregionale Abstimmung der Mobilitätsangebote ermöglicht praktikable und zeiteffiziente intermodale Reiseketten zwischen den verschiedenen Raumstrukturen und Verbundorganisationen.

Orientierung an Nachhaltigkeitsgesichtspunkten. Umwelt und Nachhaltigkeit dominieren konkrete Entscheidungen nicht immer, allerdings zunehmend stark. Dieses Bewusstsein sollte für das Marketing geteilter und vernetzter Mobilitätsformen durch die Mobilitätsdienstleister genutzt werden. Neue Kundengruppen können durch maßgeschneiderte Lösungen erschlossen und bedient werden, beispielsweise über Arbeitgeber durch die Entwicklung und Etablierung eines betrieblichen Mobilitätsmanagements.

(3) Current Status, unser Ausgangspunkt

Mobilität erlebt derzeit einen Umbruch – von der motorisierten Individualmobilität hin zur intermodalen und vernetzten Mobilität, die sich entlang spezifischer Kundenbedarfe gestaltet. Den divergierenden Nutzergruppen – von Pendlern über Mobilitätseingeschränkte bis hin zu Schulkindern – werden im Sinne von MaaS unterschiedliche Mobilitätsformen über einzelne Anwendungen hinweg angeboten. Ein einheitlicher Standard ist hier allerdings noch nicht absehbar, und auch eine intermodale Preisauskunft über mehrere Anbieter oder Städte hinweg ist derzeit in Deutschland nur ein Wunschscenario. Um entsprechend der Bedarfe auch über aktuelle „MaaS-Inseln“ hinaus alles planen buchen und bezahlen zu können, werden Anstrengungen unternommen, diese Funktionen über einen Datenaustausch übergreifend zu ermöglichen. Diese Entwicklung wird derzeit über verschiedene Initiativen vorangetrieben. So wird unter anderem mit der MaaS Alliance und der Knowledge and Innovation Community (KIC) „Urban Mobility“ auf europäischer Ebene die Entwicklung nutzerorientierter und vernetzter Mobilitätsysteme gefördert. Im Netzwerk mit internationalen Partnern aus Politik, Verwaltung, Industrie und Forschung werden dabei divergierende Nutzerbedarfe identifiziert und entsprechende Angebote pilotiert. Neben den internationalen und nationalen Initiativen stellt die Zusammenarbeit mit heterogenen Akteuren auf lokaler und regionaler Ebene einen zentralen Hebel dar, um stakeholderübergreifende und bedarfsspezifische Mobilitätsangebote zu forcieren und somit Mobilität nachhaltig zu verändern.

Die Institute der Fraunhofer-Allianz AG People Mobility bieten Ideen, Methoden und Werkzeuge, welche die Weiterentwicklung unserer Mobilitätssysteme in Richtung Mobility-as-a-Service ermöglichen. Themenfelder wie Nutzeranalysen, Wertschöpfungsmodellierung und Dienstleistungsforschung fließen unter anderem in die F&E-Programme von EU, Bund, Ländern und Unternehmen ein. Details zu den Aktivitäten und zu laufenden Projekten und Forschungsarbeiten der Institute finden sich im Anhang.

AUSGEWÄHLTE KOMPETENZEN IM FRAUNHOFER-LEITMARKT MOBILITÄTSWIRTSCHAFT, AG PEOPLE MOBILITY

Institut	Leistungsangebot	
Fraunhofer IAO	Forschungsfelder	Geschäftsmodelle und Strategien für die Mobilitätswende, Digitalisierung, Daten und Datenräume, Mobilitätssysteme, Nachhaltigkeit, Fahrzeugtechnologien, Vernetzung, Verkehrsplanung und -management, Mobility as a Service (MaaS)
	Kompetenzen	<p>Modellierung von Wertschöpfungspotenzialen</p> <p>Mobilitätskonzeptentwicklung für Unternehmen [1]</p> <p>Wirkungsanalyse von Verkehrs-/ Mobilitätsmaßnahmen [2]</p> <p>Verkehrs- und Emissionsmodellierung für Städte und Regionen</p> <p>Akzeptanzanalysen und Marktprognosen [3, 4, 5]</p> <p>Bewertung von MaaS-Komponenten und Systemplanung [6, 3, 9]</p> <p>Nutzeranalysen für bedarfsorientierte Produkt- und Infrastrukturgestaltung [6, 7, 8, 9]</p> <p>Partizipative Innovationsprozesse [5]</p> <p>Nutzerorientierte Gestaltung innovativer Fahrzeugkonzepte [10, 5]</p> <p>Technologievorauschau und Szenarien [4, 11, 12]</p> <p>Wissenstransfer [13]</p>
Fraunhofer IIS	Forschungsfelder	Adaptive Systeme, Kommunikationssysteme, Lokalisierung und Vernetzung, Smart Sensing and Electronics, Supply Chain Services, Digitale Transformation
	Kompetenzen	<p>Datengetriebene Geschäftsmodelle [14]</p> <p>Analyse und Management von Business Ökosystemen [15]</p> <p>Datenbasierte Trendforschung</p> <p>Digitale Reifegradmessung</p> <p>Anwendungsmapping [16]</p> <p>Entwicklung von Datenräumen [17]</p> <p>Prognose- und Optimierungsmethoden [16]</p> <p>Versorgungskonzepte für den ländlichen Raum [17]</p> <p>Kognitive Sensorik und Sensorsystemlösungen [19]</p> <p>Nutzerintegrierte Entwicklung und Evaluation von technischen Lösungen</p> <p>Hybride Vernetzungstechnologie</p> <p>Breitbandige Fahrzeug-Bordnetzkonzepte [18]</p> <p>Vernetzte Mobilität – Fahrzeugkommunikation [19]</p>

Institut	Leistungsangebot	
Fraunhofer IML	Forschungsfelder	Geschäftsmodelle und Strategien für die Mobilitätswende, Konzepte für Digitalisierung, Daten und Datenräume, neue Mobilitätssysteme, Nachhaltigkeit, Vernetzung und Automatisierung, Verkehrsplanung und Parkraummanagement
	Kompetenzen	Regionale und betriebliche Mobilitätskonzeptentwicklung [20, 21] Maßnahmen- und Strategieentwicklung nachhaltiger Mobilität Nutzerbasierte Datenerhebungsmethoden (Mobilitätsverhalten, -anforderungen, -bedürfnisse) [22] Anforderungs- und Akzeptanzanalysen Datengetriebene Geschäftsmodelle [23, 24] Evaluation technischer Lösungen / Interdisziplinäre Betrachtung von Mobilitätsinnovationen Machbarkeits- und Potentialanalysen Markt-, Trend- und Innovationsforschung Entwicklung digitalisierter Lösungen für die Personenmobilität [25]
Fraunhofer ISI	Forschungsfelder	Geschäftsmodelle und Strategien für die Mobilitätswende, Vernetzung, Digitalisierung, Automatisierung und Mobilitätssysteme, Mobility as a Service (MaaS), Fahrzeug- und Antriebstechnologien, Marktpotenziale, ökonomische und soziale Effekte, Nachhaltigkeit und Technikfolgenabschätzung, Transformation und Unternehmensstrategien.
	Kompetenzen	Akzeptanz- und Sozialforschung [23] Akteurs-, Trend- und Szenarioanalyse [24] Innovationsforschung [25] Markt- und Nachfragepotenziale [26] Angebotsstrukturen und Geschäftsmodelle [27] Technikfolgenabschätzung [28, 29, 30] Ökonomische Analysen und Bewertung Modellentwicklung und Simulation Maßnahmenevaluierung und Strategiebildung [29, 31] Klima- und Nachhaltigkeitspolitik [29, 32] Mobilitätsbildung und Wissenstransfer [27, 32]

Institut	Leistungsangebot	
Fraunhofer IVI	Forschungsfelder	Intelligente Verkehrs- und Mobilitätssysteme, Daten und Datenräume, Vernetzung, Kooperation, Positionierung, Fahrzeug- und Antriebstechnologien, Automatisierung, Assistenz
	Kompetenzen	Sichere, plattformübergreifende Mobilitätsdatenräume [36] Analyse von Immissions-, Wetter, und Verkehrsdaten, Modellbildung, Bewertung verkehrsbeschränkender Maßnahmen [42] Datensysteme und Assistenz Verkehrszustandsidentifikation und kognitive Sensorik [37] Vernetzte Mobilität, Fahrzeugkommunikation und Kooperation [38] Intelligente Verkehrssysteme (IVS) [39] Positionierung und Lokalisierung Innovative Fahrzeug- und Antriebskonzepte [40], [41] Digitale Geschäftsprozesse
Fraunhofer LBF	Forschungsfelder	Digitalisierung, Daten- und Datenräume, Mobilitätssysteme, Nachhaltigkeit, Fahrzeugtechnologien, Vernetzung
	Kompetenzen	Digitale Zwillinge für Fahrzeuge Erfassung und Analyse von Betriebsdaten Innovative Fahrzeugkonzepte [41] Zuverlässigkeit und funktionale Sicherheit [10] Leichtbaulösungen [5] Konzepte für Kreislaufwirtschaft [34] Noise, Vibration and Hardness (NVH) [35] Aktor- und Sensortechnologien

REFERENZPROJEKTE

- [1]** Mobilitätskonzeptentwicklung für Unternehmen, <https://www.muse.iao.fraunhofer.de/de/projekte/mobilitaet-neu-denken.html>
- [2]** Umsetzungsbegleitung von nachhaltigen und kooperativen Mobilitätskonzepten im ländlichen Raum, <https://www.iao.fraunhofer.de/de/forschung/mobilitaets-und-innovationssysteme/kooperative-mobilitaetskonzepte-im-laendlichen-raum.html>
- [3]** Bewertung von Mobility-as-a-Service-Komponenten und Systemplanung, [MaaS_together – Fraunhofer IAO](#)
- [4]** Vision PI – Modulare Individualmobilität der Zukunft: [Flexibel und individuell: Fraunhofer-Team entwickelt visionäres Fahrzeugkonzept](#)
- [5]** ALLIANCE – Affordable Lightweight Automobiles Alliance, <http://lightweight-alliance.eu/>
- [6]** Akzeptanzstudie RoboCab – Roboter-Taxis aus Sicht der Nutzer: [Robocabs: Die Mobilität der Zukunft? – Fraunhofer IAO](#)
- [7]** Akzeptanzstudie »Mobility Trends« Bereit für die Mobilitätstrends der Zukunft? – Fraunhofer IAO [Bereit für die Mobilitätstrends der Zukunft? – Fraunhofer IAO](#)
- [8]** Akzeptanzstudie FlyingCab – Flugtaxis aus Sicht der Nutzer: Akzeptanzstudie FlyingCab: [Akzeptanzstudie FlyingCab: Wenn Taxis den Luftraum erobern – Fraunhofer IAO](#)
- [9]** Forschungsprojekt zur Verbesserung der Ladequalität von Elektrofahrzeugen durch systematische Analyse von Fehlerursachen in der Wirkkette, <https://www.now-gmbh.de/projektfinder/wirkkette-laden/>
- [10]** VV Methoden – Verifikations- und Validierungsmethoden automatisierter Fahrzeuge im urbanen Umfeld, <https://www.vv-projekt.de/>
- [11]** Innovationsnetzwerk FutureCar – Innovationschancen auf dem Weg zur nachhaltigen und digitalisierten Mobilität: [Future Car \(fraunhofer.de\)](#)
- [12]** Quo Vadis 3D Mobilität – Technologischer Reifegrad der Urban Air Mobility: [3 D-Mobilität: Realitätscheck für Flugtaxis – Fraunhofer IAO](#)
- [13]** New Mobility Academy, <https://www.muse.iao.fraunhofer.de/de/projekte/new-mobility-academy.html>
- [14]** 5G Mobix – Internationale 5G-Anwendungsfälle im Kontext des autonomen Fahrens – <https://www.5g-mobix.com/>
- [15]** Urban Smart Park – Fahrzeugautomatisierung als Wegbereiter für zukünftige kundenorientierte parkbezogene Dienstleistungen – <https://www.urbansmartpark.com/>
- [16]** Energieeffiziente Fahrplanoptimierung im Nürnberger U-Bahn-Verkehr – <https://www.scs.fraunhofer.de/de/referenzen/vag-fahrplanoptimierung.html>
- [17]** MobiDig – Mobilität digital Hochfranken – <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/mobilitaet-digital-hochfranken-mobidig.html>
- [18]** Modelisar – Systemdesign für die Automobilindustrie – <https://www.eas.iis.fraunhofer.de/de/anwendungsfelder/mobilitaet/modelisar.html>
- [19]** C-V2XSim – Simulation von V2X-Use cases in 5G Netzwerken – <https://www.iis.fraunhofer.de/en/ff/kom/mobile-kom/simulation.html>
- [20]** Masterplan Mobilität – Green City Düsseldorf – https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/Masterplaene-Green-City/duesseldorf.pdf?__blob=publicationFile
- [21]** Mobilität neu denken – Pilotprojekt für ko-kreative Infrastrukturentwicklung am Beispiel eines Mobilitätskonzeptes für die Entwicklungsregion Bayerischer Wald – <https://www.eiturbanmobility.eu/moby-helping-cities-assess-e-micromobility/>
- [22]** AI-TraWell – Entwicklung eines von künstlicher Intelligenz betriebenen Dialogsystems für personalisierte Reisealternativen – <http://www.ai-trawell.eu/>

- [23] Acatech Datenraum Mobilität – wissenschaftliche Begleitung und Beratung bei der technischen Konzeption und der UseCase Entwicklung
- [24] MOBY – Analyse und Optimierung der Integration von Mikromobilen in bestehende Verkehrssysteme – <https://www.eiturbanmobility.eu/moby-helping-cities-assess-e-micromobility/>
- [25] DigiSEV – Entwicklung eines digitalisierten Prozesses zur Abwicklung kurzfristiger Schienenersatzverkehrsleistungen – https://www.iml.fraunhofer.de/de/abteilungen/b3/Projektzentrum_Verkehrslogistik_Prien/Referenzen/DigiSEV.html
- [26] Kundenakzeptanzforschung sowie Elektromobilität und Stadt, <https://www.now-gmbh.de/projektfinder/sozialwissenschaftliche-begleitforschung/>
- [27] Leistungszentrum Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe: Urbane Mobilität im Wandel, www.profilregion-ka.de
- [28] Forschungsschwerpunkt Transformations- und Innovationssysteme urbaner Räume, <https://www.isi.fraunhofer.de/de/themen/urbane-raeume.html>
- [29] Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS III) der Bundesregierung, <https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/mks.html>
- [30] Beschäftigungseffekte nachhaltiger Mobilität, http://m-five.de/nationales_projekt05.html
- [31] Energie- und Treibhausgaswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr, https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/energie_und_thg_wirkungen_autonomes_fahren.html
- [32] Nationaler Radverkehrsplan 3.0 der Bundesregierung, <https://www.isi.fraunhofer.de/de/themen/urbane-raeume/meldungen/radverkehrsplan2030.html>
- [33] MobileCityGame, <https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/mobilecitygame.html>
- [34] UpCyclePet – Upcycling von PET, <https://www.lbf.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/upcycling.html>
- [35] LeichtFahr – Optimierter Leichtbau unter Berücksichtigung des Schwingungs- und Akustikverhaltens der Fahrzeugstruktur, <https://leichtfahr.de/>
- [36] Mobility Data Space – Ein sicherer Datenraum für die souveräne und plattformübergreifende Bewirtschaftung von Mobilitätsdaten https://www.ivi.fraunhofer.de/content/dam/ivi/de/dokumente/broschuere/Whitepaper_Mobility_Data_Space_Web.pdf
- [37] Smart Intersection – Intelligente Kreuzung <https://www.cit.fraunhofer.de/de/zentren/fiot/smart-intersection.html>
- [38] C-ROADS Urban Nodes – Europaweit harmonisiert-vernetzter Verkehr <https://www.c-roads-germany.de/>
- [39] Synchroner Mobilität 2023 – Intelligenter, effizienter und vernetzter Verkehr <https://www.ivi.fraunhofer.de/de/forschungsfelder/intelligente-verkehrssysteme/synchrone-mobilitaet.html>
- [40] AutoTram® Extra Grand – Der längste Bus der Welt <https://www.ivi.fraunhofer.de/de/forschungsfelder/fahrzeug-und-antriebstechnik/antriebstechnik/autotram-extra-grand.html>
- [41] Leitprojekt Albacopter – Experimental Vertical Take-Off and Landing Glide, <https://www.lbf.fraunhofer.de/de/projekte/aerodynamische-auslegung-transportdrohne.html>
- [42] Nachhaltige Mobilität - Verkehrsökologie, <https://www.ivi.fraunhofer.de/de/forschungsfelder/intelligente-verkehrssysteme/verkehrsoekologie.html>

Impressum

Strategiepapier zur Entwicklung der Forschungsagenda People Mobility der FhG – Ausblick 2030

Autoren

Dr. Claus Doll
Wolfgang Inninger

Uwe Veres-Homm
Nora Fanderl
Dr. Thomas Otto
Nicole Biedermann
Regina Demtschenko
Prof. Dr. Thilo Bein
Sebastian Stegmüller
Ingrid Nagel

Ansprechpartner

Regina Demtschenko
Telefon: +49 8051 901-115
Fax: +49 8051 901-111

E-Mail: [Regina.Demtschenko@
iml.fraunhofer.de](mailto:Regina.Demtschenko@iml.fraunhofer.de)

Abbildungen © Adobe Stock

Herausgeber

Fraunhofer-Allianz Verkehr
als Fraunhofer-Leitmarkt
Mobilitätswirtschaft

Geschäftsstelle

Fraunhofer-Allianz Verkehr
Allianz-Vorsitzender
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen
c/o Fraunhofer IML
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund

