

# NEUE MOBILITÄT

EIN AUSBLICK ZUR URBANEN MOBILITÄT IN VIER DEKADEN  
RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DAS VERBUNDPROJEKT





# NEUE MOBILITÄT

## EIN AUSBLICK ZUR URBANEN MOBILITÄT IN VIER DEKADEN

Rahmenbedingungen für das Verbundprojekt

»Gemeinschaftlich-e-Mobilität: Fahrzeuge, Daten und Infrastruktur (GeMo)«  
(Märkte von übermorgen)

### **An dem Projekt sind folgende Fraunhofer-Institute beteiligt:**

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS

Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI

Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik ESK

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

## **Impressum**

*Dieser Bericht entstand im Rahmen des Projekts »Gemeinschaftlich-e-Mobilität: Fahrzeuge, Daten und Infrastruktur (GeMo)«. Das Projekt wird durch die Fraunhofer-Gesellschaft im Rahmen des Programms »Märkte von übermorgen« gefördert.*

### **An dem Projekt sind folgende Fraunhofer-Institute beteiligt:**

*Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS  
Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI  
Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik ESK  
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE  
Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO*

### **Autoren des Berichts**

*Dominik Noeren (Fraunhofer ISE)  
Stefan Reichert (Fraunhofer ISE)  
Stefan Tönjes (Fraunhofer IVI)  
Thomas Ernst (Fraunhofer IAO)*

### **Anschrift der Redaktion**

*Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE  
Heidenhofstraße 2  
79110 Freiburg  
Telefon +49 761 4588-5150  
Fax +49 761 4588-9342  
info@ise.fraunhofer.de  
www.ise.fraunhofer.de*

*Titelbild © mickey hoo – Fotolia.com*

*www.ise.fraunhofer.de  
© Fraunhofer ISE  
Freiburg, 2013*

## **Alle Rechte vorbehalten**

*Dieses Werk ist einschließlich all seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung der Redaktion unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in dieser Studie berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.*

<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
<b>Szenenbild heute</b>	<b>8</b>
<b>Szenenbild 2020</b>	<b>10</b>
<b>Szenenbild 2030</b>	<b>12</b>
<b>Szenenbild 2040</b>	<b>14</b>
<b>Literatur und Quellen</b>	<b>16</b>
<b>Technologie-Glossar</b>	<b>17</b>
<b>Das Projekt »Gemeinschaftlich-e-Mobilität (GeMo)«</b>	<b>18</b>

**HEUTE**  
**2020**  
**2030**  
**2040**



# EINLEITUNG

Beeinflusst durch den demographischen Wandel (Alterung der Gesellschaft und Rückgang der Geburtenrate), eine zunehmende Verstädterung und neue technologische Trends ist ein Umdenken in vielen Bereichen der Mobilität zu erkennen. Während jüngere Generationen durch Car-Sharing und Autovermietungen vom Pkw-Besitzer zum Pkw-Nutzer werden, zeichnet sich bei älteren Generationen ein stärkerer Bedarf nach den eigenen vier Rädern ab. Städtische Ballungsgebiete bieten zunehmend bessere öffentliche Fortbewegungsmöglichkeiten an und Innenstädte werden verstärkt autofrei, während die ländlichen Regionen häufig mit einem schrumpfenden Angebot des ÖPNV (öffentlicher Personennahverkehr) zu kämpfen haben. Ökologische und ökonomische Aspekte bringen neue Technologien (z. B. Elektromobilität) und Mobilitätskonzepte (z. B. Mikromobilität) ins Gespräch und auf die Straßen. Neue IKT (Informations- und Kommunikationstechnologien) ermöglichen in naher Zukunft erstmals die Realisierung intermodaler Reiseketten, einer Verknüpfung aus individuell, öffentlich und gemeinschaftlich genutzten Mobilitätsressourcen mit hohem Nutzeranspruch an Zuverlässigkeit im Alltag.

Im Zuge dieser neuen Entwicklungstrends wurde im Jahr 2012 das Forschungsprojekt »Gemeinschaftlich-e-Mobilität GeMo« im Rahmen der Fraunhofer-Förderung »Märkte von übermorgen« initiiert. In einem Konsortium von sechs Fraunhofer-Instituten werden relevante Bausteine für die konzeptionelle und technologische Verbindung der Themen »urbane intermodale Mobilität« und »batterieelektrische emissionsarme Mobilität« entwickelt.

Um die Rahmenbedingungen, die Technologien und Potenziale für diese Forschungsansätze für die kommenden drei Dekaden anschaulich darzustellen, wurden aus einer umfangreichen Studienanalyse Trends zusammengetragen. Der vorliegende Bericht stellt die Entwicklung in den folgenden genannten Bereichen im Verlauf von heute bis 2040 dar.

- Gesellschaft und Stadt
- Mobilität und Verkehr
- Energie und Ladeinfrastruktur
- IKT und Daten

Als Grundlage dienten primär die im Anhang genannten Studien aus unterschiedlichen Quellen, die mit eigenen Annahmen ergänzt und angepasst wurden. Der Fokus des Berichts liegt auf der Entwicklung der Elektromobilität sowie der zukünftigen Realisierung derzeitiger ökologischer und intermodaler Mobilitätskonzepte. Er wird ergänzt durch technologische Trends in den angrenzenden Bereichen. Es werden die Rahmenbedingungen für relevante Technologiestränge heute und in den Jahren 2020, 2030 und 2040 aufgezeigt sowie Szenenbilder für die Mobilität in diesen Dekaden beschrieben.

Als Keimzelle für die »neue Mobilität« werden in diesem Bericht Großstädte (>100 000 Einwohner) mit ihrem angrenzenden Einzugsgebiet angesehen. Deutschland wird exemplarisch herangezogen. Dennoch werden globale Trends, die sich regional und vor allem national in ihren Ausprägungen stark unterscheiden, dargestellt.

# SZENENBILD HEUTE

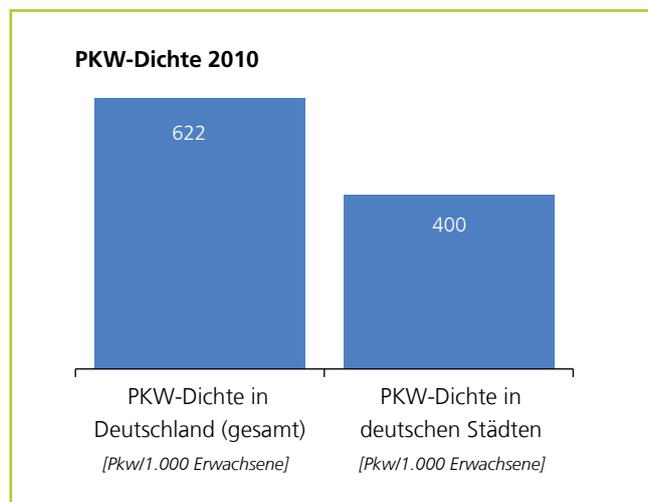
Im Vergleich zu anderen Ländern Europas ist Deutschland dicht besiedelt. Deutsche Städte haben über die letzten Jahre zumeist eine Zunahme der Bevölkerung erfahren. Stadtgrenzen weiten sich aus. Trotz Trendänderung – weg von der »Autogerechten Stadt« der sechziger Jahre hin zur »Stadt der kurzen Wege« – ändern sich die gewachsenen Stadtstrukturen nur langsam.

Erkennbar ist jedoch, dass die Fahrzeugdichte in den Städten deutlich geringer ist, als in Vororten oder ländlichen Strukturen. Wohnt etwa jeder dritte Deutsche in einer Großstadt, so ist nur ca. jedes sechste Fahrzeug hier verortet. Mobilitätsformen wie der öffentliche Verkehr entlasten die Straßen (Modal Split innerorts liegt bei ca. 15 %). Einige Wege werden auch mit Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt. Der Trend zur Mobilität als Service (z. B. durch Car-Sharing) ist bisher noch im Entstehen. Erste Fahrzeugflotten zur gemeinschaftlichen Nutzung sind in deutschen Städten vorhanden. Innovative Mobilitätslösungen und smarte Verkehrsführung bilden aber die ersten Ansätze hierzu.

Alternative Antriebe wie Hybrid- und rein batterieelektrische Fahrzeuge kommen zögerlich auf den Markt. Benzin- und Dieselfahrzeuge machen noch gute 95 % Marktanteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) auf deutschen Straßen aus. Hemmnis für eine höhere Marktdurchdringung der Elektromobilität sind vor allem eine geringe Marktverfügbarkeit an Fahrzeugen, eine begrenzte Reichweite, lange Ladedauer und der hohe Anschaffungspreis, der durch die Treibstoffeinsparungen noch nicht ausgeglichen werden kann. Der Fahrzeugkauf wird politisch, z. B. durch die Einführung von Umweltzonen in Städten, forciert.

Der Anteil an erneuerbaren Energien in Deutschland liegt mit über 20 % auf Rekordniveau. Die Energiewende ist politisch und gesellschaftlich beschlossen, folglich der Weiterausbau über die nächsten Dekaden gesetzt. In Verbindung mit der Elektromobilität kann somit erstmals ein nahezu CO<sub>2</sub>-neutraler MIV entwickelt werden. Heute erlauben Elektrofahrzeuge – sofern nicht die eigene PV-Anlage den Strom liefert – jedoch nur lokal emissionsfreie Mobilität und die CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch Elektrofahrzeuge fallen noch recht gering aus (gemäß deutschem Energiemix umgerechnet ca. 100g/km).

Die Ladeinfrastruktur für die wenigen zugelassenen Elektrofahrzeuge und Plug-In-Hybride beschränkt sich primär auf normale Schuko-Steckdosen. Meist wird die Ladung in der heimischen Garage durchgeführt. Höhere Ladeleistungen – und somit kürzere Ladedauer – sind an vereinzelt öffentlichen und halböffentlichen Ladesäulen zu finden. Durch die nach und nach stattfindende Standardisierung der Stecker sind die Weichen für einen folgenden Ausbau gestellt. Das induktive Laden (berührungsfreies Laden der Fahrzeuge ohne Kabel) wird als eine wichtige Schlüsseltechnologie angesehen, jedoch bisher nur in einzelnen forschungsnahen Projekten umgesetzt.



*In deutschen Städten besitzen deutlich weniger Personen ein eigenes Fahrzeug. Daher ist die Pkw-Dichte in Städten geringer als auf dem Land. Im deutschen Durchschnitt kommen ca. 622 Pkw auf 1.000 Erwachsene.*



© SP-PC - Fotolia.com

Auch die Informations- und Kommunikationstechnologie bereichert den Mobilitätssektor. Zum einen wird durch Navigationssysteme die Streckenführung für jedermann erleichtert. Zum anderen werden hierüber neue Mobilitätskonzepte erleb- und steuerbar. Fahrplanauskünfte, Echtzeitinformationen, Navigation und Buchungssysteme sind über Smartphones für den Nutzer verfügbar. Die hinterlegten Datenbankarchitekturen der Fahrplan- und Mobilitätssysteme sind heute allerdings meist noch proprietär und nicht kombiniert auslesbar. Mit einer Marktsättigung von ca. 25 % und einer weiter steigenden Tendenz zeichnen sich Smartphones als der zukünftige Informationsträger der näheren Zukunft ab. Mittels Cloud-Computing werden Daten und Dienste immer und überall zur Verfügung gestellt, sodass die Menge und Geschwindigkeit mobil übertragener Daten stark zugenommen hat.

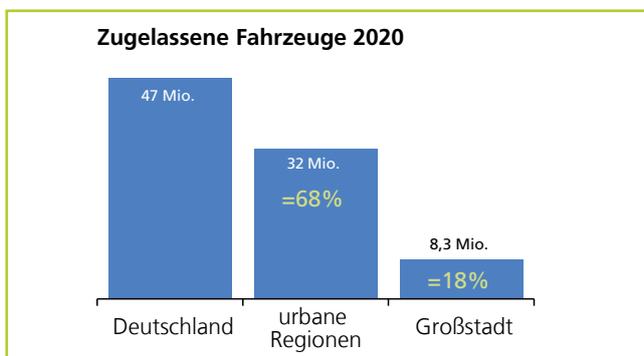
#### **Individuelle Erfahrungen von Familie Schmidt:**

Herr Schmidt wohnt in dem kleinen Ort Wohndorf im Umland von Neustadt. Die etwas günstigeren Mietpreise außerhalb der Stadt haben ihn zu dieser Wohnortwahl bewegt. Für seinen täglichen Weg zur Arbeit in die Stadt nimmt er seinen privaten Pkw. Da er eine grüne Plakette hat, kommt er mit dem Auto bis in die innerstädtische Umweltzone. Die alltäglichen Pendlerstaus auf den Straßen um und in der Stadt rauben ihm manchmal sowohl kostbare Zeit als auch Nerven. Seine Freundin fährt mit einem vergünstigten Studenten-Ticket mit der Bahn an die Uni in Neustadt. Am Samstag fahren die beiden häufig mit Bus und Bahn zum Einkaufsbummel, denn die Suche nach teuren Parkplätzen ist meist anstrengender als die Fahrt in den überfüllten Bahnen. Aktuelle Abfahrtszeiten können sie per Smartphone abrufen. Seit ihrem letzten Stadtbummel fallen ihnen immer häufiger Mieträder und kleine Fahrzeuge von Car-Sharing-Anbietern auf. Am Bahnhof kann man seit einiger Zeit auch ein Pedelec mieten, das will Herr Schmidt beim nächsten Mal ausprobieren.

# SZENENBILD 2020

Der demographische Wandel in der deutschen Gesellschaft schreitet voran. Trotz des Bevölkerungsrückgangs im erwerbstätigen Alter bleibt Deutschland wirtschaftlich stark. Dieser Trend ist auch in der Mobilität zu spüren. Der Urbanisierungsgrad steigt weiter. Besonders wirtschaftlich schwächere Gegenden sind von der Landflucht betroffen. Wirtschaftlich starke Städte und Regionen erfahren weiterhin einen Zustrom der Bevölkerung.

Die deutsche Gesellschaft ist sehr mobil. Deutschlandweit bleibt die Pkw-Dichte auf dem Niveau der vorhergehenden Jahre, sinkt aber merklich in Großstädten.

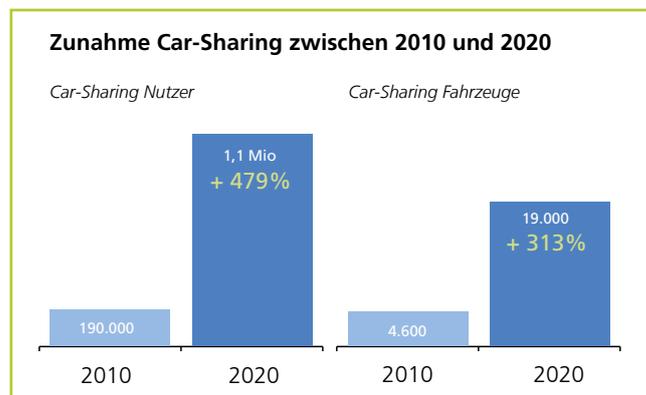


Die Anzahl privater Pkw in Deutschland pendelt sich 2020 bei etwa 47 Mio. ein. Davon werden ca. 32 Mio. Fahrzeuge in urbanen Räumen genutzt. In den für das Projekt GeMo relevanten Großstädten ab 100.000 Einwohnern sind lediglich 8 Mio. Pkw angemeldet, was zu einer geringen Pkw-Dichte von 380 Pkw pro 1000 Erwachsenen führt.

Insbesondere ältere Menschen fühlen sich nach wie vor auf ein eigenes Auto angewiesen; verstärkt im ländlichen Bereich. Andererseits nimmt die Anzahl junger Städter mit eigenem Pkw ab. Erste Städte in Deutschland führen eine City-Maut ein und bieten neben Restriktionen für emissionsintensive Pkw verschiedene Anreize für emissionsarme und gemeinschaftlich genutzte Mobilität. Im urbanen Bereich zeichnen sich zunehmend intermodale Tür-zu-Tür-Mobilitätskonzepte basierend auf gemeinschaftlicher Fahrzeugnutzung und öffentlichem Verkehr ab, was zu einer Entlastung der Straßen

in Ballungsgebieten führt. Durch einheitliches Ticketing sowie einfache und nutzerfreundliche Services auf Smartphones hat der öffentliche Nahverkehr einen starken Kundenzulauf zu verzeichnen. Car-Sharing ist zu einer nennenswerten Größe und einem dynamischen Markt mit über 1 Mio. Nutzern angewachsen und wird durch private Fahrzeuge ergänzt, sodass etwa 60 Personen gemeinschaftlich ein Leihfahrzeug nutzen. Hier entstehen auch städtische »Mobilitäts-Hubs« an denen intermodale Mobilität realisiert wird. Auch ein erweitertes Angebot elektrischer Mikromobilitätskonzepte (z. B. Pedelecs, Segways) prägt das deutsche Stadtbild.

Elektroautos sind inzwischen – insbesondere durch stark gesunkene Batteriepreise und Weiterentwicklungen dieser jungen Technologie – zu nahezu vergleichbaren Preisen wie konventionelle Fahrzeuge zu erwerben. Hohe Ölpreise und steuerliche Vorzüge begünstigen die Elektromobilität weiter und sorgen für einen wachsenden Absatzmarkt. Hybridfahrzeuge profitieren ebenfalls von den technischen Verbesserungen und finanziellen Vorteilen und haben sich daher gut etablieren können.



Sowohl bei den Nutzern als auch bei den Car-Sharing Fahrzeugen ist ein starker Anstieg in Deutschland zu verzeichnen. Dieser findet primär in urbanen und stadtnahen Gebieten statt. Während sich 2010 ca. 40 Nutzer ein Fahrzeug teilen, so kommen 2020 bereits knapp 60 Nutzer auf ein Sharing-Fahrzeug.



© Tom-Hanisch.de – Fotolia.com

Elektromobilität ist insbesondere in urbanen Ballungsgebieten erfahrbar (in Flotten von Unternehmen, Städten und Car-Sharing-Anbietern), so dass ihre Vorteile für alle Nutzergruppen zugänglich sind.

Durch den weiteren Zubau von erneuerbaren Energien auf einen Anteil von 40 % konnte auch die Elektromobilität ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf ca. 50 g/km (gemäß deutschem Energiemix) reduzieren. Durch gezieltes Lastmanagement mit Elektrofahrzeugen (bevorzugtes Laden zu windstarken und sonnenstarken Zeiten) fällt ihre Umweltfreundlichkeit oft noch besser aus. Die weitere Förderung von ökologischen Aspekten im Energiesektor wurde ebenfalls in der Agenda 2040 festgeschrieben. Sie soll Anreize für eine öko-soziale Marktwirtschaft schaffen. Für die Energie bedeutet dies ein Bonus-system für ökologische Energieproduktion und nachhaltigen Energiekonsum.

Die meisten Engpässe einer öffentlichen und privaten Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge wurden durch einen starken Ausbau beseitigt. Angefangen mit Vertriebskonzepten durch Autohersteller, Verleihladestationen und Night&Charge-Tarifen in öffentlichen Parkhäusern dynamisiert sich auch dieser Markt. Dennoch stellt die leistungsarme Ladung mit 3,5 kW im privaten Bereich über die Hälfte aller Ladepunkte. Induktives Laden unterliegt bisher keiner verbindlichen europäischen Norm und wird somit nur in wenigen Fällen in proprietärer Ausprägung verbaut.

Der IKT-Bereich wird insbesondere durch eine hohe Verfügbarkeit und große Verbreitung von mobilen Endgeräten in Deutschland getragen. Knapp 60 Mio. Smartphones in Deutschland geben nahezu jedem Bürger Zugriff auf öffentliche Services. Orts- und personengebundene Informationen und Angebote sind jederzeit verfügbar. Die Sensorik der kleinen Geräte ist insbesondere um Schnittstellen zu Nutzern und der direkten Umgebung erweitert worden. Mobile Endgeräte sind somit zentrale Schnittstelle für das Handeln der Menschen im Verkehr, für das Einkaufen oder zum Bezahlen (Mobile Payment),

sodass Datenraten drastisch angestiegen und neue Mobilfunkstandards eingeführt worden sind. Im Verkehr sind diese Eigenschaften Grundlage für hilfreiche Anwendungen, wie Augmented Reality (computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung durch Umgebungssensoren) oder Body Area Networks (Überwachung von Körperfunktionen) sowie die Vernetzung dieser intelligenten Systeme zwischen Fahrzeugen. Aber auch die Anpassung der individuellen Einstellungen im Auto sowie die einfache Zahlbarkeit von intermodalen Services werden hierdurch ermöglicht. Fahrzeuge können bereits serienmäßig freie Parklücken finden und selbstständig einparken.

#### **Individuelle Erfahrungen von Familie Schmidt:**

Herr und Frau Schmidt haben vor ein paar Jahren ihre Mietwohnung in Wohndorf aufgegeben und sind in ein nettes Wohnviertel nach Neustadt gezogen. Sie haben mittlerweile zwei kleine Kinder.

Frau Schmidt hat nach ihrem Studium einen attraktiven Job in der Stadtmitte bekommen und fährt zu ihrer Arbeitsstelle meist mit dem Fahrrad oder dem Bus. Von einer Freundin wurde sie vor kurzem auf eine App hingewiesen, die ihr eine individuelle Mitfahrt anbietet. Herr Schmidt arbeitet halbtags in einem großen Unternehmen am Stadtrand und nimmt für den täglichen Weg zur Arbeit gern den öffentlichen Nahverkehr, wobei er das attraktive Jobticket seines Arbeitgebers nutzt, das ihm ebenso Sharing-Fahrzeuge zu besonderen Konditionen anbietet. Die Buchung und Authentifizierung der Sharing-Fahrzeuge läuft unkompliziert über sein Smartphone. Auch gibt es ihm morgens stets den schnellsten Weg zur Arbeit aus. Auf dem Heimweg holt Herr Schmidt die Kinder ab und nimmt daher gerne ein größeres Fahrzeug mit Kindersitzen aus dem Sharing-Pool. Als privaten Pkw hat sich Familie Schmidt vor vier Jahren für ein Hybrid-Modell entschieden. Sie nutzen ihn meist nur für weitere Fahrten und teilen ihn zeitweise mit ihren Nachbarn.

# SZENENBILD 2030

Während wirtschaftlich schwache Regionen sowohl im ländlichen als auch urbanen Raum eher schrumpfen, wachsen die wirtschaftlich starken Ballungszentren weiter an. Knapp 80 % der Bevölkerung wohnen in urbanen Gebieten. Der allgemeine Trend der Überalterung der Gesellschaft der vergangenen Jahre hält nach wie vor an. Der Wandel hin zu einer ressourcenschonenden und öko-sozialen Marktwirtschaft steht mehr und mehr im Blickfeld der Gesellschaft und der Politik.

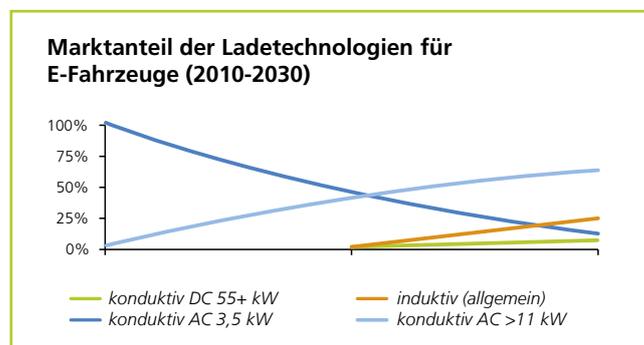
Trotz Vielfalt an Kommunikationskanälen, entstehender virtueller Realität und zunehmender flexibler Arbeitsmodelle und Telearbeit bleibt die Mobilität der Deutschen auf einem hohen Niveau. Die Anzahl der angemeldeten Pkw bleibt landesweit in etwa konstant, nimmt in den Städten jedoch weiterhin ab. Gesetzte Trends einer stärkeren Nutzung des öffentlichen Verkehrs und neuer Verkehrskonzepte, aber auch eine zunehmende Flotte an Mikromobilen gestalten das Stadtbild. Insbesondere Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren sind in den Innenstädten durch die verschärften Restriktionen wie Umweltzonen und City-Maut sowie Anreize für emissionsfreie Mobilität deutlich zurückgegangen. Radwege, Kleinmotorwege sowie Modelle der gemeinschaftlichen Nutzung von Fahrzeugen werden weiter ausgebaut.

Die Gesellschaft und das Leben in den Städten sind heute stark durch Kommunikation und Vernetzung geprägt. Im Mobilitätsbereich werden hierdurch viele Synergien geschaffen und Potenziale gehoben. So wurde hierdurch z. B. eine fließende und nahtlose Mobilität zwischen der Kernstadt und ihrem Umland geschaffen.

Das Konzept der Intermodalität – die Nutzung mehrerer, unterschiedlicher Verkehrsträger in einer Mobilitätskette – wird durch die weitergeführte Integration der Informations- und Kommunikationstechnologie für den Nutzer deutlich erleichtert und vorangetrieben. Mobilitätsentscheidungen werden nutzerspezifisch, unterstützt durch einen intelligenten Mobilitäts-Assistenten, getroffen. An zentralen Knoten- und Umsteigepunkten in der Stadt besteht ein breites Angebot an

Mobilitätsdienstleistungen und Möglichkeiten der Verknüpfung von öffentlichem Verkehr und Individualmobilität. Pkw fahren inzwischen halbautonom und sind nur sehr eingeschränkt auf die Interaktion mit dem »Fahrer« angewiesen.

Wasserstofffahrzeuge sind erstmals in signifikanter Größenordnung mit ca. 6 % vertreten. Möglich wird diese Entwicklung durch den Ausbau und Umbau der konventionellen Tankstellen, die nun auch eine Wasserstoffinfrastruktur bereitstellen; häufig über dezentrale Elektrolyse, wenn Windparks in der Nähe sind.



Mit der Zunahme von Elektrofahrzeugen müssen sich auch die Ladetechnologien und die bereitgestellte Ladeinfrastruktur weiterentwickeln. Im Schaubild sind die nennenswerten Anteile der unterschiedlichen Technologien anteilig gelistet.

Während Wasserstofffahrzeuge primär für längere Strecken eingesetzt werden, sind nach wie vor 60 % der rein elektrischen und hybriden Fahrzeuge in Städten zu finden. Jeder siebte Pkw in Deutschland ist bereits ein Elektro- oder teilelektrisches Fahrzeug.

Der Anteil der erneuerbaren Energien ist insgesamt auf knapp 70 % angestiegen. Die Ökologie ist in der deutschen Energieversorgung gesetzt und verliert an Medien- und Marketingtauglichkeit. Stattdessen sind Lastmanagement und Speicherung zu aktuellen Themen geworden. Was die Energieversorgung des gewachsenen Anteils der



© Christian Nitz - Fotolia.com

Elektromobilität anbelangt, so sind der größte Teil der 6 Mio. Elektrofahrzeuge bidirektional angebunden, beziehen ihre Energie primär zu produktionsstarken Zeiten und können in Engpässen im Versorgungsnetz rückspeisen. Somit wirkt sich die Elektromobilität auch positiv auf die Versorgungssicherheit aus. Die überwiegende Anzahl an einphasigen, leistungsarmen Ladestationen wurde in den letzten 10 Jahren nahezu gänzlich durch leistungsstarke Ladepunkte ausgetauscht. Ein DC-Schnellladenetz ermöglicht an den wichtigsten Mobilitätshubs und Tankstellen die Nachladung sogar innerhalb weniger Minuten. Durch die Standardisierung der induktiven Ladepunkte, sowie ihrer erfolgreichen Integration in den öffentlichen Raum, hat sich diese Technologie schnell verbreitet, wodurch auch die Kosten gesenkt und auf viele Fahrzeuge umgelegt werden können. Erste stark frequentierte Strecken werden mit induktiven »Ladespuren« ausgestattet, um die mobile induktive Ladung zu etablieren.

Dass die Informations- und Kommunikationstechnologie all diese Lebensbereiche und Mobilitätsdienste stark erleichtert, liegt aufgrund der Entwicklung der letzten Jahre auf der Hand. Verstärkt wird die Umgebung über Sensorik erfasst. Fahrzeuge und weitere technische Gegenstände, sogar manche Kleidungsstücke, sind über Embedded Systems gesteuert und in einem »Internet der Dinge« miteinander vernetzt. Handlungsempfehlungen werden in Echtzeit ausgegeben, die Umgebung situativ an die Bedürfnisse des Nutzers angepasst. Daten werden automatisch zum Verständnis durch Maschinen und Systeme aufbereitet, freie Frequenzräume automatisch zur Datenübertragung genutzt. Im Bereich Security gelten biometrische Authentifizierungsverfahren zum Alltag. All diese Aspekte werden auch in der Mobilität verstärkt eingesetzt. Der nahezu gesättigte Markt mobiler Endgeräte hat derweil den privaten Personal Computer (PC) endgültig verdrängt.

Erste Anwendungen im Bereich des hochautonomen Fahrens für einfache, sich wiederholende und voll-vernetzte Strecken sind umgesetzt. Das Fahrzeug kann einfache Situationen selbständig analysieren und zum Supermarkt fahren.

Verkehrsdaten werden durch mobile Sender lückenlos erfasst, Verkehrsströme und Fahrpläne in Echtzeit bezüglich der individuellen Reisezeiten optimiert und an prognostizierte intermodale Mobilitätsbedürfnisse angepasst.

#### **Individuelle Erfahrungen von Familie Schmidt:**

Familie Schmidt fühlt sich im modernen Wohnviertel von Neustadt nach wie vor sehr wohl. Die Straßen sind verkehrsberuhigt und private Fahrzeuge sind selten, auf jeden Fall aber elektrisch und somit leise. Seit fünf Jahren dürfen Fahrzeuge in ihrem Viertel nämlich nur noch elektrisch fahren. Auch in der Innenstadt sind hohe Mautgebühren für Verbrenner eingeführt worden. Die meisten ihrer Nachbarn fahren mit den Urban-Comms (kleine Dreiräder die führerlos zu angegebener Zeit vorfahren) an den nahegelegenen Mobility-Hub und steigen dort in die Bahn um, die im dreiminuten-Takt fährt. Herr Schmidt genießt es, seinen täglichen Weg zur Arbeit recht flexibel zu gestalten. So kombiniert er je nach Bedarf unterschiedliche Verkehrsmittel. Die stetigen Echtzeitinformationen zur Verkehrslage und weiteren relevanten Informationen über das Smartphone erleichtern seinen mobilen Alltag dabei enorm. Frau Schmidt nimmt für gelegentliche Erledigungen oder Besorgungen nach Feierabend immer häufiger das attraktive Car-Sharing-Angebot ihrer Firma in Anspruch und lässt den Familien-Elektro-Pkw stehen. Im Leihfahrzeug fühlt sie sich schnell heimisch: Nach einer Anmeldung am Fahrzeugcomputer mit ihrem Fingerabdruck werden automatisch Spiegel, Sitz und Klimaanlage eingestellt; auch die Lieblingsmusik aus der Cloud läuft bereits im Auto. Ihr privates Fahrzeug nimmt auch an einem Car-Sharing-Dienst teil und wird somit anderen Fahrern zur Verfügung gestellt. Ein induktiver Ladepunkt teilen sie sich mit drei Nachbarn, denn öffentliche Ladepunkte sind flächendeckend verfügbar.

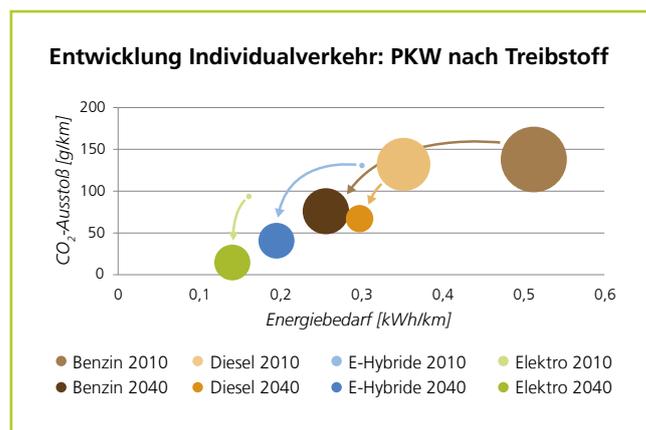
# SZENENBILD 2040

Die soziodemographischen Trends der letzten Jahre werden weiter fortgeschrieben. Der Strukturwandel in den prosperierenden Ballungszentren wird deutlich erkennbar. Vielerorts bietet der urbane Raum eine attraktive Mischung der Funktionen Wohnen, Arbeiten, Versorgen und Freizeit. Durch den Rückbau vieler innerstädtischer Verkehrsbrachen konnte Raum für Nachverdichtung und eine nachhaltige Stadtgestaltung gewonnen werden. Das gesellschaftliche Denken grenzt sich zunehmend von einer reinen Wachstumsgesellschaft ab und schließt Aspekte der unmittelbaren Lebensqualität in die Wohlstandsindikatoren ein. Die Agenda 2040 wurde erfolgreich umgesetzt, sodass öko-soziale Aspekte die Nation prägen. Der Stadtraum erfährt nach und nach eine Umgestaltung und der Umbau zur kompakten Stadt der kurzen Wege mit hoher Funktionsmischung schreitet voran.

Urbane Mobilität ist inzwischen zu großen Teilen emissionsfrei. Der überwiegende Teil des Verkehrs in den Städten entfällt auf gemeinschaftlich genutzte Fahrzeuge und Mobilitätsangebote. Hierdurch wird mehr Mobilität mit weniger Verkehr ermöglicht. Öffentliche Angebote sind individualisiert und passen sich den Passagierwünschen an. Der Individualverkehr ist insbesondere im mikromobilen Bereich vielschichtig angewachsen und mit dem öffentlichen Angebot in Echtzeit vernetzt. Autonomes Fahren macht den Nutzer in den verschiedensten Bereichen zum Passagier.

Elektrofahrzeuge machen knapp 60 % in Städten, bundesweit ca. 1/3 aus. Insbesondere in Innenstädten werden die konduktiven Ladesäulen wieder zurückgebaut und durch induktive Systeme ersetzt. Durch den erfolgreichen Ausbau von mobilen induktiven Ladesystemen an Lichtsignalanlagen und auf »Ladespuren« können Batteriekapazitäten verkleinert, zum Teil durch Supercaps ersetzt und Gewicht und Kosten von rein urbanen Fahrzeugen reduziert werden.

Lastmanagement und netzstützende Maßnahmen sind bei dem aktuellen Anteil von über 80 % erneuerbarer Energien in der deutschen Stromerzeugung essenziell und nahezu der gesamte wachsende elektrische Fuhrpark unterstützt diese Anforderungen. Insbesondere durch den starken urbanen Zubau von gebäudeintegrierter Photovoltaik sind regionale Zwischenspeicher bedeutend geworden. Gemeinsam leisten hier die Elektromobilität, die Wasserstoffproduktion durch Elektrolyse und die thermische Umnutzung ihre Anteile.



Der Individualverkehr hält seinen hohen Anteil an der Mobilität in Deutschland. Jedoch verringert sich bei allen Antriebsarten und Treibstoffen der spezifische Energiebedarf (horizontale Achse), der CO<sub>2</sub>-Ausstoß (vertikale Achse) und es verschieben sich die Anteile an der Mobilität (Größe der Blase).



© iStock - Fotolia.com

Viele dieser Aspekte werden erst durch die verstärkte Nutzung von IKT möglich. Dabei ist die Interoperabilität der genutzten Systeme (On-Board-Unit, Cloud, Infrastruktur, Sensorik) im Verkehr gewährleistet, Datenmengen und Übertragungsgeschwindigkeiten haben nochmals um ein Vielfaches zugenommen, Genauigkeiten von Ortserfassung und Zuordnungen sowie Sicherheitsaspekte und Nutzbarkeit haben in den letzten Jahren ebenso große Fortschritte gemacht. Der Abgleich von 3D-Stadtmodellen erfolgt in Echtzeit über die Sensorik in allen Fahrzeugen. Somit liegen alle Verkehrsinformationen und sicherheitsrelevanten Aspekte für das autonome Fahren redundant in Modellen vor. Zwar nimmt die virtuelle Welt inzwischen einige Funktionen der früheren realen Welt ein, dennoch ist Mobilität ungebrochen ein Grundbedürfnis, das nicht an Nachfrage einbüßt.

#### **Individuelle Erfahrungen von Familie Schmidt:**

Nachdem ihre Kinder nun aus dem Haus sind, sind Herr und Frau Schmidt in einen Vorort von Neustadt gezogen. Ein eigenes Auto haben und brauchen die beiden schon seit einer Weile nicht mehr. Auch der Vorort ist über den öffentlichen Verkehr sehr gut mit der Stadt sowie dem Umland vernetzt. Fahrpläne und Umstiege können sie sogar selbst mit ihrem Smartphone beeinflussen. Darüber hinaus können die beiden sehr flexibel das vielfältige Angebot der örtlichen Mobilitätsanbieter nutzen, wodurch ihnen stets das Fahrzeug vor Ort zur Verfügung gestellt wird, das sie gerade benötigen. Die gesamten Mobilitätsketten sind inzwischen vollständig barrierefrei. Dazu gehören auch die induktiven Ladestraßen, die inzwischen bundesweit nutzbar sind und die Schnellladestellen entlasten. Die genutzte Mobilität, ob mit dem Hybridbus, der Bahn, Miet-Pkw, City-Micro-Mobil oder Sharing-Pedelec rechnen sie komfortabel über ihre Mobilitätskarte ab. Ihre Kinder studieren in internationalen Universitäten in virtuellen Studenten-Studios. Viele Arbeitsplätze sind inzwischen ebenfalls zeitlich und räumlich flexibel gestaltet und reduzieren damit das Mobilitätsaufkommen und vor allem Stoßzeiten.

# LITERATUR UND QUELLEN

---

## Die folgende Literatur bildet gemeinsam mit eigenen Annahmen die Grundlage des Berichts:

---

BMU, BMWi: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin, 2010.

BMWi: Breitbandstrategie der Bundesregierung, Berlin, 2009.

Clearwater: Mobile Computing Sector Report, 2011.

DLR, Fraunhofer ISE, IFHT, FGH: Perspektiven von Elektro-/Hybridfahrzeugen in einem Versorgungssystem mit hohem Anteil dezentraler und erneuerbarer Energiequellen, BMWi Schlussbericht, 2012.

DLR, Fraunhofer IWES, IFNE: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, BMU Leitstudie, 2010.

DLR, Fraunhofer IWES, IFNE: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, BMU Leitstudie, 2011.

e-mobil BW GmbH, Fraunhofer IAO, Ministerium für Finanzen und Wirtschaft BW, WRS: Strukturstudie BWe mobil 2011, Stuttgart, 2011.

Frost & Sullivan: Car-Sharing – der Weg in eine grünere Zukunft, Frankfurt am Main, 2010.

Götz, Konrad/Sunderer, Georg/Birzle-Harder, Barbara/Deffner, Jutta: Attraktivität und Akzeptanz von Elektroautos, Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main, 2011.

ifmo: Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2030, München, 2010.

infas, DLR: Mobilität in Deutschland 2008, Bonn und Berlin, 2010.

Kley, Fabian: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, 2011.

Hacker, Florian/Harthan Ralph/Kasten Peter/Loreck Charlotte/Zimmer Wiebke: Marktpotential und CO<sub>2</sub>-Bilanz von Elektromobilität, Öko-Institut e.V., Berlin, 2011.

Schraven, Sebastian: Techno-ökonomische Bewertung induktiver Lademöglichkeiten für Elektrofahrzeuge, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, 2010.

Statistisches Bundesamt: Bevölkerung Deutschlands bis 2060, Wiesbaden, 2009.

TRAMP, Difu, IWH, omniphon, TU Dresden: Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050, Magdeburg, 2006.

# TECHNOLOGIE-GLOSSAR

## **Autonomes Fahrzeug, autonomes Fahren**

Derartige Fahrzeuge können mithilfe von Sensorik und der Interoperabilität relevanter Komponenten (On-Board Unit, Cloud und Infrastruktur) ohne menschliche Unterstützung ihre Umgebung wahrnehmen, ihre Position bestimmen, ein Ziel ansteuern und Kollisionen auf dem Weg vermeiden.

## **Car-Sharing**

Car-Sharing ist die gemeinschaftliche, kurzzeitige Nutzung von Teilautos einer betreiberseitig organisierten Fahrzeugflotte in vorwiegend städtischen Räumen.

## **Cloud-Computing**

Cloud-Computing umschreibt den Ansatz, abstrahierte IT-Infrastrukturen (z. B. Rechenkapazität, Datenspeicher, Netzwerkkapazitäten oder auch fertige Software) dynamisch an den Bedarf angepasst über ein Netzwerk zur Verfügung zu stellen.

## **Induktives Laden**

Induktives Laden ermöglicht die Ladung eines Elektrofahrzeugs durch den kabellosen Energietransfer. Der Komfort des Nutzers kann durch diesen autonomen Ladevorgang erheblich gesteigert werden.

## **Intermodaler Verkehr**

Intermodale Verkehrskonzepte verknüpfen verschiedene Verkehrsträger, wie Individualverkehr, ÖPNV und Car-Sharing, innerhalb einer Reisekette.

## **MIV**

Motorisierter Individualverkehr; Kraftfahrzeuge zur individuellen Fortbewegung (z. B. Pkw und Krafträder)

## **Modal Split**

Modal Split ist die statistische Verteilung des Verkehrsaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel (Modi), wie z.B. Pkw, ÖPNV, Fahrrad etc.

## **ÖPNV**

Öffentlicher Personennahverkehr; Personenverkehr als Teil des öffentlichen Verkehrs (ÖV)

# DAS PROJEKT »GEMEINSCHAFTLICH-E-MOBILITÄT (GEMO)«

Die urbane Mobilität der Zukunft wird ein Mobilitätssystem sein, welches durch die gemeinschaftliche Nutzung von (Elektro-)Mobilitätsressourcen gekennzeichnet ist. Dabei sind unter Mobilitätsressourcen sowohl die Fahrzeuge und die Ladeinfrastruktur, aber auch die mobilitätsrelevanten Daten und Dienste zu verstehen.

Im Zuge dieser neuen Entwicklungstrends wurde im Jahr 2012 das Forschungsprojekt »Gemeinschaftlich-e-Mobilität GeMo« im Rahmen der Fraunhofer-Förderung »Märkte von übermorgen« initiiert. In einem Konsortium von sechs Fraunhofer-Instituten werden relevante Bausteine für die konzeptionelle und technologische Verbindung der Themen »urbane intermodale Mobilität« und »batterieelektrische emissionsarme Mobilität« entwickelt.

Das Projekt GEMO führt erstmals drei Entwicklungstrends der Mobilität konsequent zusammen:

- Die informatorische Vernetzung unterschiedlicher Verkehrsträger, Nutzer sowie der Infrastruktur ermöglicht eine komfortable intermodale Nutzung in einem Mobilitätssystem und macht Mobilität intelligent.
- Elektromobilität ist die Antriebsart der Zukunft und wird sich aufgrund ihrer lokalen Emissionsfreiheit im urbanen Raum durchsetzen. Prognosen, wie beispielsweise von der EU, gehen davon aus, dass im Jahre 2050 in allen Städten Europas rein elektrisch gefahren werden wird.
- Die gemeinschaftliche Nutzung ermöglicht die Einsparung von Ressourcen (Raum, Rohstoffe, Geld) und ist damit die Mobilitätsart der Zukunft. Sie funktioniert daher gerade und aufgrund der erforderlichen hohen Nutzerdichte besonders gut im urbanen Raum.

Damit definiert das Projekt ein neues Forschungsfeld »Gemeinschaftlich genutzte (Elektro-) Mobilitätsressourcen«.

Im Rahmen des Projektes werden neben der generellen Aufbereitung und Erschließung des neuen Forschungsfeldes erste technische Lösungen für diese gemeinschaftlich genutzten Mobilitätsressourcen entwickelt. Dabei konzentriert sich das Konsortium auf die Beforschung der energetischen und informationstechnischen Schnittstellen zwischen Nutzern, Fahrzeugen und Infrastrukturen. Die Entwicklung von Lösungen für diese Schnittstellen wird als zentral für das Gesamtsystem gemeinschaftlich genutzter (Elektro-)Mobilitätsressourcen angesehen.

Folgende Entwicklungsschwerpunkte werden verfolgt:

- Ressource Fahrzeuge: On-Board-Unit, als fahrzeugintegrierte Telematikeinheit, in der alle Kommunikationsströme zusammenlaufen und welche ein Elektrofahrzeug gemeinschaftlich nutzbar macht.
- Ressource Infrastruktur: Induktives Ladesystem, welches in den urbanen Raum integrierbar ist und komfortables und schnelles Laden ermöglicht.
- Ressource Daten und Dienste: Mobilitätsdaten-Cloud, zur Aggregation und Bereitstellung aller mobilitätsrelevanter Daten über definierte Schnittstellen, sowie darauf aufbauende Mobilitätsdienste.

Für weitere Informationen besuchen Sie auch die Projekt-homepage: [www.gemo.fraunhofer.de](http://www.gemo.fraunhofer.de)



Diese Veröffentlichung entstand im Projekt »Gemeinschaftlich-e-Mobilität«. An dem Projekt sind folgende Institute beteiligt:

**Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik ESK**

Hansastraße 32, 80686 München  
Geschäftsfeld Automotive  
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Josef Jiru  
[www.esk.fraunhofer.de](http://www.esk.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS**

Kaiserin-Augusta-Straße 31  
10589 Berlin  
Abteilung Electronic Government and Applications  
Ansprechpartner: Benjamin Dittwald, M.Sc.  
Abteilung Modellieren und Testen von System- und Dienstlösungen  
Ansprechpartner: Dipl.-Inform. Nikolay Tcholtchev  
[www.fokus.fraunhofer.de](http://www.fokus.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO**

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Geschäftsfeld Mobilitäts- und Stadtsystem-Gestaltung  
Ansprechpartner: Dipl.-Wi.-Ing. Florian Rothfuss  
[www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE**

Heidenhofstraße 2  
79110 Freiburg  
Abteilung Intelligente Energiesysteme  
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. (FH) MSc Dominik Noeren  
Abteilung Leistungselektronik  
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Stefan Reichert  
[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS**

Nordostpark 93  
90411 Nürnberg  
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Jochen Seitz  
[www.iis.fraunhofer.de](http://www.iis.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI**

Zeunerstraße 38  
01069 Dresden  
Abteilung Intermodale Verkehrsinformations- und Managementsysteme  
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Stefan Tönjes  
[www.ivi.fraunhofer.de](http://www.ivi.fraunhofer.de)