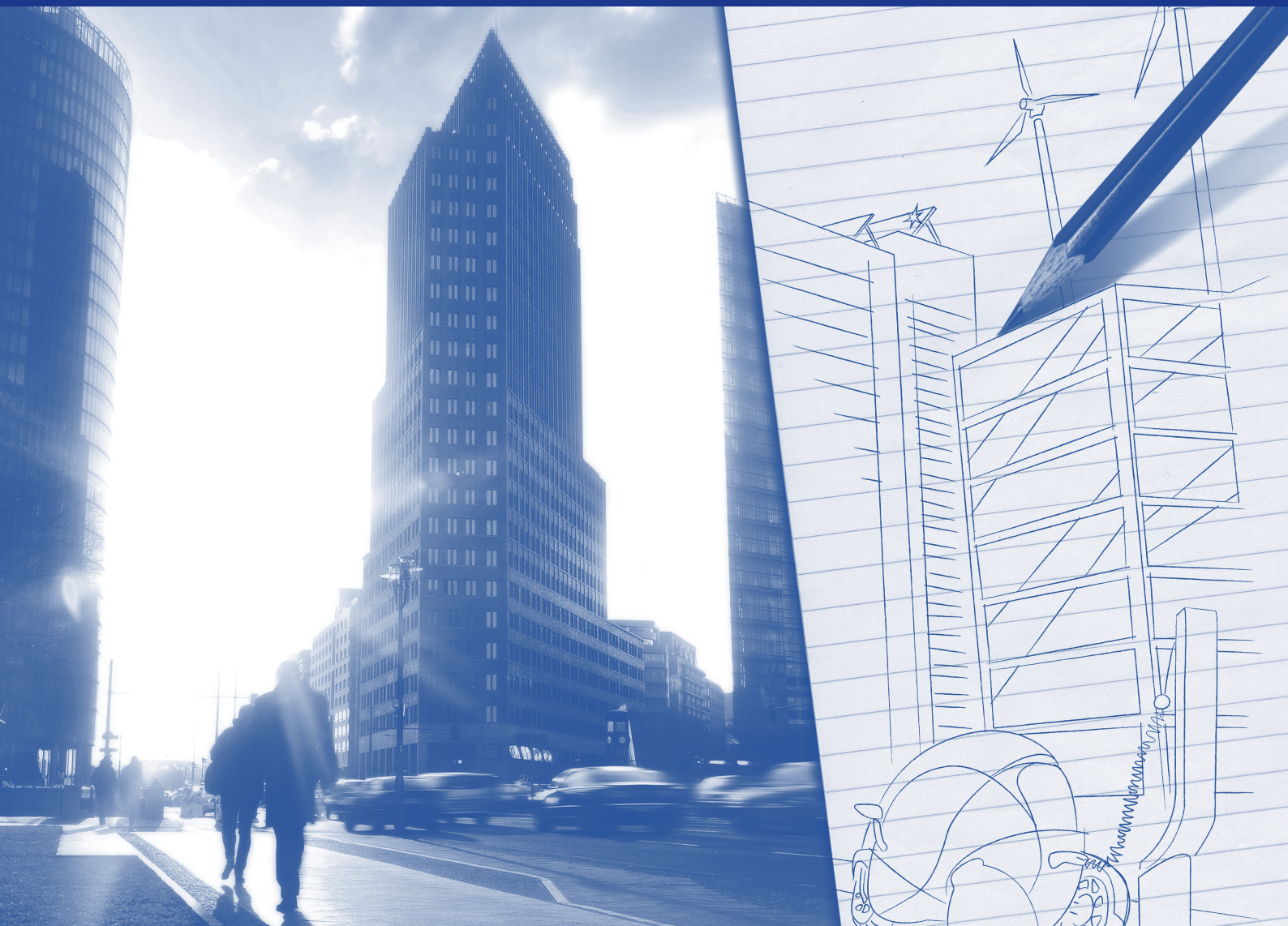


## Meilensteine auf dem Weg zur nachhaltigen urbanen Mobilität



# >> ROADMAP – ELEKTROMOBILE STADT

# **ROADMAP – ELEKTROMOBILE STADT**

## **Meilensteine auf dem Weg zur nachhaltigen urbanen Mobilität**

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
in Stuttgart

Gefördert durch:  
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)  
im Rahmen des Förderprogramms „Elektromobilität in Modellregionen“



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
1.1	Elektromobilität als zentraler Baustein urbaner Mobilität .....	6
1.2	Städte als Katalysatoren für Innovationen auf dem Weg zur Elektromobilen Stadt ....	7
<b>2</b>	<b>Methodische Grundlagen</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Roadmap Elektromobile Stadt</b> .....	<b>9</b>
3.1	Heute: Elektromobilität in Modellregionen, -projekten & Schaufenstern .....	11
3.2	2020: E-Flotten-Stadt .....	13
3.3	2030: Vernetzte intermodale Stadt .....	16
3.4	2040: Gemeinschaftliche Stadt .....	19
3.5	2050: Elektromobile Stadt .....	21
<b>4</b>	<b>Fazit und Ausblick</b> .....	<b>24</b>
	<b>Verwendete Literatur</b> .....	<b>26</b>

# 1 Einleitung

Wachsende Menschenströme durch Städte zu leiten ist seit jeher die große Herausforderung für urbane Räume. Viele Versuche, Verkehr und Stadt zu integrieren, haben zu hoher Lärmbelastung, Luftverschmutzung und wachsenden Autokolonnen geführt. Das städtische Leben mit einem hohen Verkehrsaufkommen und den damit einhergehenden Beeinträchtigungen von Umwelt, Gesundheit und Lebensqualität gehört für uns heute zur Normalität. Gleichzeitig erleben wir derzeit einen Aufbruch in mehreren Technologiebereichen und Wirtschaftssektoren, den es so bisher noch nicht gegeben hat, und der die Möglichkeit zu einer nachhaltigen Umformung städtischer Mobilitätssysteme beinhaltet. Automobilhersteller entwickeln und produzieren erste Elektrofahrzeuge, die in Zukunft das Bild der Straße stark beeinflussen werden. Die Energiewende richtet Deutschland langfristig auf das Ziel der Bedarfsdeckung mit Erneuerbaren Energien aus. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien haben die Möglichkeit der Vernetzung von Menschen und Dingen sowie die Mobilisierung des Internets einen neuen Innovationsschub ausgelöst.

Gemeinsam betrachtet halten wir hiermit bereits das Zukunftspotential für systemübergreifende und ganzheitliche Lösungsansätze in der Hand, die wir benötigen um einerseits die Herausforderungen von Klimawandel, steigender Urbanisierung und Verknappung von Ressourcen zu meistern, und andererseits unsere Städte mit intelligenten Mobilitätssystemen leiser, sauberer und lebenswerter zu gestalten.

Seit einigen Jahren ist Elektromobilität als Zukunftslösung für städtische Räume durch die Förderprogramme der Bundesregierung stärker in den Fokus gerückt. Mittlerweile ist klar, dass sich diese Antriebstechnologie in absehbarer Zeit etablieren und die Zukunft unserer Mobilitätssysteme entscheidend mit beeinflussen wird. Umso wichtiger ist es, von Anfang an das volle Potential der Elektromobilität zu erkennen und in ihr nicht nur einen Austausch der Antriebstechnologie zu sehen. Historische Entwicklungen in unseren Städten haben uns gezeigt, dass wir Systeme nicht getrennt voneinander entwickeln dürfen, wenn wir eine größtmögliche Effizienz und Funktionalität erhalten möchten. Mobilität stellt einen zentralen Bestandteil unserer Gesellschaft, unserer Lebens-, Arbeits- und Freizeitwelt dar. Um mit weniger Verkehr eine ausreichende, sichere, zuverlässige und bezahlbare Mobilität zu gewährleisten und die Lebensqualität in Städten nachhaltig zu steigern, ist deshalb ein strukturelles Umdenken gefragt, das Elektromobilität als einen wichtigen Baustein in einem größeren System von Energienetzwerken, Informations- und Kommunikationstechnologien, Ladeinfrastruktur sowie Arbeits- und Lebenswelt begreift.

In ihrem „Weißbuch Verkehr“ geht die Europäische Kommission davon aus, dass PKW, die mit konventionellem Kraftstoff betrieben werden, im Jahr 2050 im städtischen Verkehr vollständig durch Fahrzeuge mit alternativen Antriebstechnologien und Kraftstoffen ersetzt sein werden. Bei alternativen Antriebskonzepten spielt die Elektromobilität eine ganz besondere Rolle, da neben der Emissionsfreiheit und Lärmreduzierung vor Ort bei der Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energien zudem eine CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität gewährleistet werden kann. Darüber hinaus können elektrische Fahrzeuge als Speichermedium im Energiesystem eingebunden werden und bieten im urbanen Raum bereits heute umfassende Einsatzpotenziale. Auf dieser Grundlage beschreibt die vorliegende Roadmap die Vision einer Elektromobilen Stadt im Jahr 2050 mit dem Fokus auf einem rein elektrischen Stadtverkehr sowie die wichtigen Meilensteine auf dem Weg dorthin und die Herausforderungen, um dieses Ziel zu erreichen.

## 1.1

### Elektromobilität als zentraler Baustein urbaner Mobilität

Mehr als die Hälfte aller mit dem Auto zurückgelegten Wege liegen innerhalb einer Distanz von fünf Kilometern und mehr als 30% der Autofahrten enden bereits nach zwei Kilometern [vgl. Infas; DLR, 2010]. Dies zeigt, dass ein wesentlicher Teil der Mobilität der Menschen in einem nahen Umfeld und damit vor Ort innerhalb der Städte und Gemeinden stattfindet. Dies bedeutet umgekehrt jedoch, dass auch der Großteil der (meist negativen) Auswirkungen von Mobilität und Verkehr, wie Lärm, Verschmutzung und Unfälle, ebenfalls vor Ort spürbar ist.

Elektromobilität als wichtiger Bestandteil einer nachhaltigen urbanen Mobilität der Zukunft kann heute schon Treiber und Impulsgeber sein, um unsere bisherigen Konzepte und Lösungen zu überdenken und Wege für die Mobilität in der Stadt der Zukunft aufzuzeigen. Die Elektromobilität stellt nicht das Bedürfnis des Menschen nach individueller und motorbetriebener Mobilität in Frage, sondern bietet vielmehr die einmalige Chance, die Art und Weise, wie sich Menschen individuell und motorisiert fortbewegen, zu ändern und zudem die bereits bestehende klassische (leitungsgebundene) Elektromobilität im Öffentlichen Verkehr zu ergänzen. Dabei steht dem derzeit größten Vorteil von Elektrofahrzeugen, der lokalen Emissionsfreiheit, ein entscheidender Nachteil gegenüber: geringe Reichweiten. Der urbane Raum stellt somit einen idealen Anwendungsfall für die elektromobile Fortbewegung dar, da hier standardmäßig ein hoher Mobilitätsbedarf mit geringen Fahrdistanzen korreliert. Derzeit wird der Kompetenzaufbau im Bereich Elektromobilität insbesondere auf dem Gebiet der fahrzeugbezogenen Technologieentwicklung vorangetrieben. Doch Städte und Gemeinden, Stadtplaner, Architekten, Wohnungsbaugesellschaften, Energieversorger und der öffentliche Nahverkehr stehen vor einem ähnlich großen Wandel wie die Automobilindustrie: im Zuge einer umweltgerechten und nachhaltigen Entwicklung müssen sie urbane Mobilität verstärkt in städtische Systeme integrieren. Elektromobile Fahrzeugkonzepte ermöglichen und erfordern somit eine Neupositionierung der Stadtgestaltung und eine Vernetzung unterschiedlicher Technologiefelder. Das volle Potential von Elektromobilität kommt dann zum Tragen, wenn die herkömmliche Herangehensweise, Mobilität als von der Stadtentwicklung getrennten Sektor zu behandeln, durch eine vernetzte und systemische Sicht abgelöst wird (Abbildung 1). Als integrierte Bestandteile einer zukunftsfähigen, lebenswerten und umweltfreundlichen Stadt können Elektrofahrzeuge ihre Stärken voll ausspielen: sie sind schnell, leise, klein und flexibel. Heutige Nachteile wie Reichweite, Preis oder Verfügbarkeit werden dabei gleichzeitig durch eine intelligente Vernetzung aufgehoben.

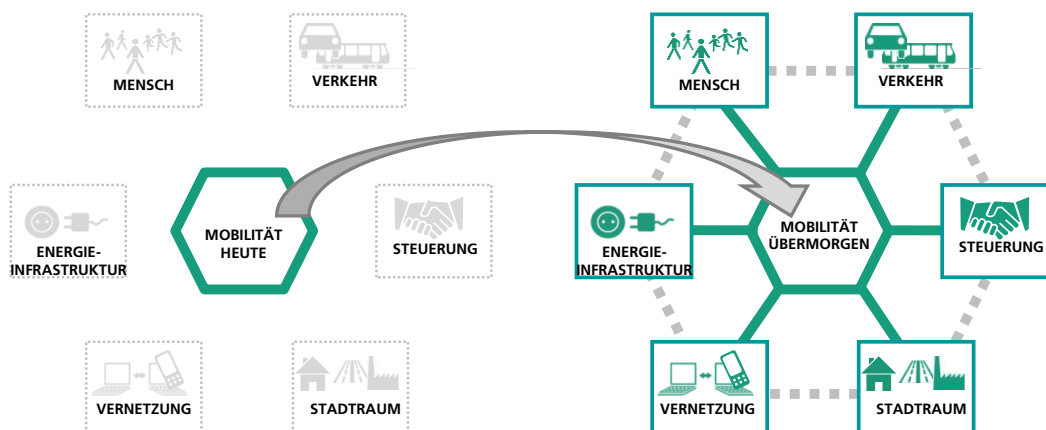


Abbildung 1: Vernetzung unterschiedlicher Technologie- und Handlungsfelder als Kernherausforderung für zukünftige urbane Mobilität

## 1.2

### Städte als Katalysatoren für Innovationen auf dem Weg zur Elektromobilen Stadt

In Deutschland leben heute rund 50% der Bevölkerung in städtischen oder dicht besiedelten Gebieten, weitere 35% leben in halbstädtischen Räumen, und die Zahl der urbanen Bevölkerung wächst weiter [vgl. Statistisches Bundesamt, 2010]. Das Anwachsen des Verkehrsaufkommens sowie der Ausbau der Infrastruktur stoßen dabei zum einen an finanzielle Grenzen, viel mehr jedoch - und das insbesondere in Städten und verdichteten Räumen - an physische, ökologische und soziale Grenzen. Häufig fehlt schlichtweg auch die nötige Fläche um die Infrastruktur nach alten Mustern an das Verkehrsaufkommen anzupassen. Diese Situation der Flächenknappheit und Flächenkonkurrenz, komplementiert durch gesellschaftliche und ökologische Aspekte, wie die Minimierung von Emissionen und Lärm sowie die Reduktion von Verkehrsstress und die Steigerung der Lebensqualität in den Städten, erfordert einen neuartigen Umgang mit dem Thema Mobilität. Gerade Städte und verdichtete Räume haben mit kurzen Wegen und der Möglichkeit eines dichten Netzes an öffentlichen Verkehrsmitteln günstige Voraussetzungen, um im Bereich der Mobilität neue nachhaltige Konzepte vor Ort umzusetzen und von fossilen Kraftstoffen unabhängig zu werden. Deutschland als hochurbanisierter Raum kann dabei als „Living Lab“ einer nachhaltigen Mobilität eine Vorreiterrolle im Sinne eines Leitmarktes und eines Leitbieters übernehmen.

Die Erkenntnisse einer im Rahmen der Begleitforschung der Modellregionen durch das Fraunhofer IAO durchgeführten Städtebefragung zeigen, dass die drei Bereiche Umwelt, Verkehr und Wirtschaft die Hauptmotive dafür liefern, warum sich Städte im Bereich der Elektromobilität verstärkt engagieren. Neben den klimapolitischen Zielen steht bei den befragten Städten vor allem die Reduktion der lokalen Emissionen (Luftschadstoffe und Lärm) im Vordergrund. Im verkehrlichen Bereich wird mit dem Thema Elektromobilität ein Aufschwung alternativer Verkehrskonzepte verbunden. Als Konsens wird jedoch deutlich, dass durch elektrischen Verkehr allein bei weitem nicht alle Verkehrsprobleme gelöst werden. Eine Verknüpfung mit dem ÖPNV sowie Sharing-Konzepten wird als elementarer Bestandteil der Elektromobilität gesehen. Als weiteres Motiv wird die Steigerung der Standortqualität angegeben, sowohl als Wirtschafts- als auch als Wohnstandort. Das Image und die Vorbildfunktion von Städten werden zudem als weitere wichtige Motive genannt.

Wenn in den Städten bereits erste Elektrofahrzeuge zum Einsatz kommen, geschieht dies überwiegend in Fuhrparkflotten, im städtischen Wirtschaftsverkehr sowie im Zusammenhang mit touristischen Angeboten. Dabei werden unterschiedlichste Fahrzeugkonzepte, vom Pedelec über Segway und E-Roller bis hin zum E-Pkw und E-Kleintransporter eingesetzt. Die Sichtbarkeit der Elektromobilität ist dabei den Städten sehr wichtig. Erste Konzeptentwicklungen zur Einführung der Elektromobilität werden häufig in Verbindung mit bestehenden Entwicklungsplänen im Bereich Verkehr und Umwelt vorangetrieben; Elektromobilität kann hierbei einen wichtigen Baustein darstellen. Die Entwicklung von Leitfäden wird als nützliches und notwendiges Instrument gesehen, etwa um eine einheitlichere Vorgehensweise zu erlangen. Das Thema der Vernetzung wird von den befragten Städten ebenfalls als sehr wichtig und zentral beschrieben. Zum einen geht es hierbei um die Vernetzung der einzelnen Akteure in der Stadt selbst (Verwaltung, Energieversorger/Stadtwerke, Unternehmen, Hochschulen und Forschung), zum anderen um die Vernetzung mit anderen Städten/Gemeinden und dem Umland, um von einem gegenseitigen Austausch zu profitieren und um über die Stadtgrenzen hinausreichende Konzepte zu entwickeln.

Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse aus der Städtebefragung findet sich in einer weiteren Veröffentlichung des Fraunhofer IAO im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung der Modellregionen Elektromobilität.

## 2 Methodische Grundlagen

Vor dem Hintergrund des Übergangs von fossiler zu post-fossiler Mobilität werden alle Prozessbeteiligten mit grundlegenden Veränderungen ihrer Rahmenbedingungen konfrontiert. In einem Umfeld von Wirtschaft, Politik, Umwelt und Gesellschaft sind neue technische Lösungen und Zielsetzungen gefragt, die unserer Gesellschaft helfen, zukünftige Probleme zu vermeiden und neue Chancen und Potenziale zu eröffnen.

Als Grundlage für solche Zukunftsplanungen diente bisher häufig ein lineares Bild der Zukunft. Planbarkeit wird seit Anfang der Moderne an die Voraussetzung geknüpft, komplexe Zusammenhänge mathematisch abzubilden und die Zukunft im Modell zu simulieren. Dennoch war und ist es ab einem gewissen Zeitpunkt schwierig bis unmöglich, belastbare Vorausrechnungen über langfristige komplexe Entwicklungen zu treffen. Wir wissen zum Beispiel, dass es beim Wettergeschehen etwa fünf bis sechs Tage sind, nach denen die Ausgangssituation nicht mehr entscheidend für den aktuellen Zustand ist, weil die zwischenzeitlich aufgetretenen Störungen mit ihrem Einfluss dominieren.

Bei Querschnittsinnovationen wie urbaner Elektromobilität, welche neben technologischen auch organisatorische, prozessuale, gesellschaftliche, politische und marktwirtschaftliche Dimensionen innehaben, lässt sich die Komplexität einer solchen Veränderung sehr gut erahnen. Wie sieht die Elektromobile Stadt im Jahr 2050 aus und in welchen Entwicklungszyklen bzw. Schritten kommen wir dahin? Zur Beantwortung dieser zentralen Leitfragen als Grundlage für eine Roadmap Elektromobile Stadt wurden in Gesprächen mit Kommunalvertretern sowie Experten und Fachleuten unterschiedlicher Technologiebereiche im Rahmen der Begleitforschung der Modellregionen Elektromobilität Einschätzungen und Erwartungen zur zukünftigen Entwicklung ermittelt und diese mit Methoden der Szenario-Entwicklung zu einer Roadmap als mögliche Leitlinie zusammengeführt.

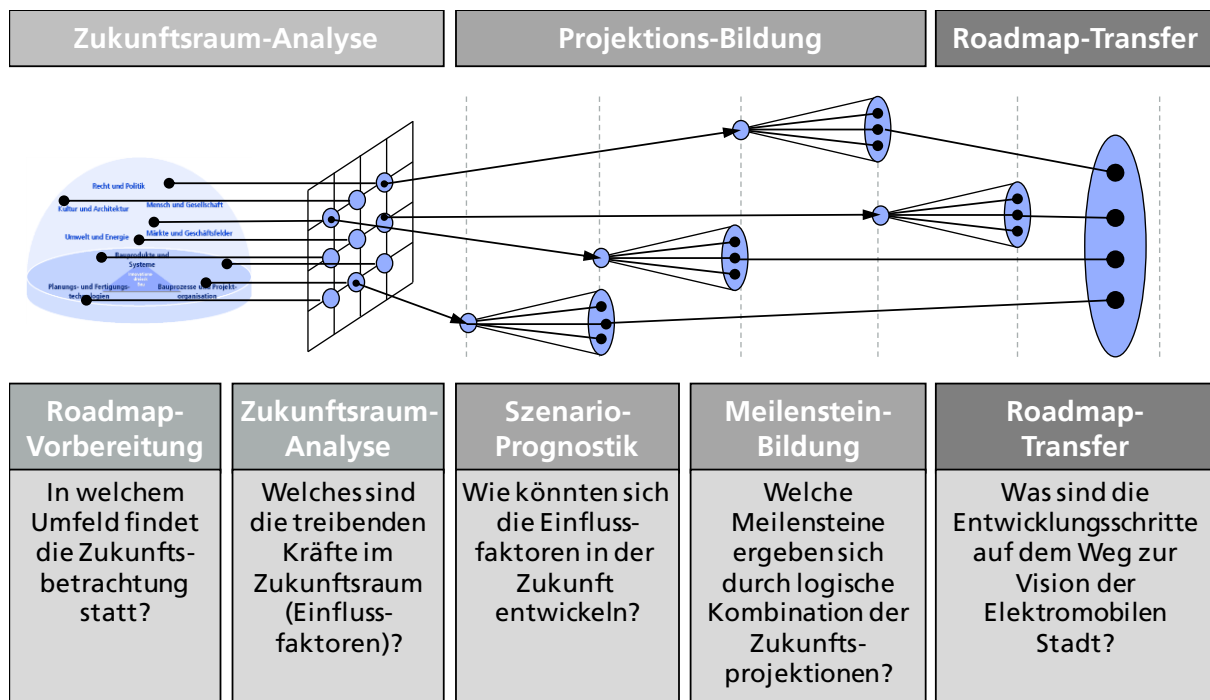


Abbildung 2: Methodik der Roadmap-Entwicklung

### 3 Roadmap Elektromobile Stadt

Die Roadmap „Elektromobile Stadt“ entstand im Rahmen des Förderprogramms „Elektromobilität in Modellregionen“. Das Förderprogramm wurde 2009 als Maßnahme im Rahmen des Konjunkturpakets II der Bundesregierung verabschiedet und hat eine Laufzeit bis Ende 2011. Der Förderschwerpunkt des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ist eine Maßnahme zur Umsetzung des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität. Er trägt dazu bei, Deutschland bis 2020 zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu entwickeln und damit einhergehend eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straßen zu bringen. Die acht Modellregionen fördern mit ihren anwendungsorientierten F&E-Projekten eine zügige Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland mit dem Fokus der alltags- und nutzerorientierten Demonstration. Elektromobilität wird ganzheitlich mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten und einer Vielzahl unterschiedlicher Akteure entwickelt. Kern des Programms ist die Integration der elektrischen Antriebe sowie der Batterietechnologie und ihrer unterschiedlichen Anwendungen in die Mobilitäts-, Raum und Stadtentwicklung. Dies geschieht unter Einbeziehung regionaler Akteure, z. B. Hersteller, Entwickler, Nutzer, Dienstleister, Energieversorger und Stadtwerke bzw. Ladeinfrastrukturbetreiber.

Neben den Vorhaben in den Modellregionen stellen sieben thematisch überregionale Plattformen ein wesentliches Element des Förderschwerpunktes dar. Innerhalb der Plattformen werden die Erfahrungen der Modellregionen zentral gebündelt und miteinander vernetzt. Der intensive Austausch der Projekterkenntnisse durch die Projektpartner schafft eine gute Grundlage für den weiteren Aufbau und Ausbau der Infrastruktur und vermeidet Doppelarbeit. Eine der sieben thematischen Plattformen ist die Plattform „Sozialwissenschaftliche Begleitforschung“. Die Begleitforschung hat zwei Themenschwerpunkte: die Analyse von Kundenakzeptanz sowie den Bereich Elektromobilität und Stadtgestaltung. Die vorliegende Roadmap ist ein Teilergebnis des Themenschwerpunkts Elektromobilität und Stadtgestaltung.

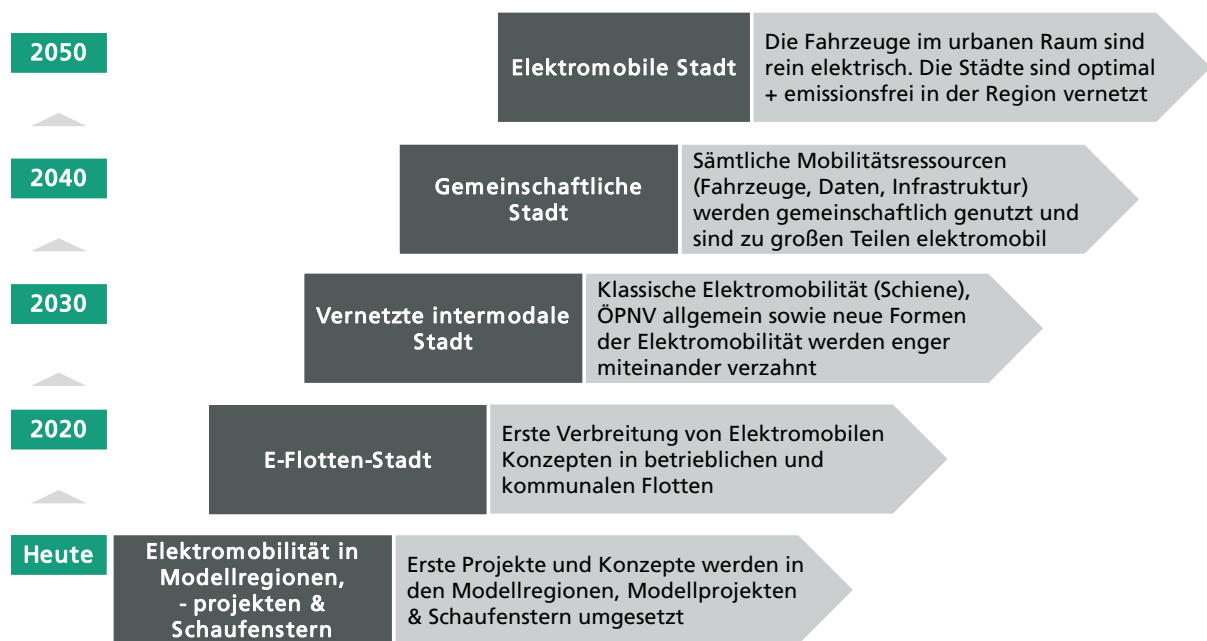


Abbildung 3: Meilensteine von heute bis zur Elektromobilen Stadt

Als Betrachtungszeitraum für die Roadmap Elektromobile Stadt wurde, angelehnt an das „Weißbuch Verkehr“ der Europäischen Kommission, eine Zeitspanne bis 2050 gewählt. Für diesen Zielhorizont wird die Vision der Elektromobilen Stadt als positives und erstrebenswertes Zukunftsbild für die Themenfelder

Mensch/Gesellschaft, Stadtraum, Verkehrsträger, Energie, IKT und Steuerung beschrieben. Die Etappenziele in Dekadenschritten von heute über 2020, 2030, 2040 bis 2050 der Roadmap (Abbildung 3) beschreiben die jeweiligen Meilensteine auf dem Weg zur Vision der Elektromobilen Stadt und zeigen signifikante Wandlungstreiber innerhalb dieser Themenfelder auf.

In einem interdisziplinär besetzten Team des Fraunhofer IAO wurden relevante Einflussbereiche und Einflussfaktoren zum Thema Elektromobilität und Stadt identifiziert und in Form einer Einflussmatrix erfasst (siehe hierzu Abbildung 4). Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse aus der Befragung der Städte in den Modellregionen, dem Ideenwettbewerb und der Konferenz „Vision – Elektromobile Stadt der Zukunft“ im Zuge der Begleitforschung der Modellregionen wurden relevante Merkmalsausprägungen der jeweiligen Themenfelder für die zukünftige Entwicklung von Mobilität im urbanen Raum abgeleitet. Die Weiterentwicklung und Überprüfung gesetzter Merkmalsausprägungen erfolgte durch Auswertung und Abgleich mit existierenden Studien und der thematischen Verdichtung entsprechend der in Abbildung 4 dargestellten Einflussbereiche. Darüber hinaus flossen Ergebnisse aus Experteninterviews mit Vertretern von Städten und kommunalen Betrieben zum Thema Elektromobilität und Stadt im Rahmen der Städtebefragung in die Erstellung der Roadmap mit ein. Aus der Kombination der Zukunftsprojektionen wurden realistische Szenarien für die Beschreibung der Entwicklung bis 2050 entwickelt.

<b>Einflussbereiche</b>	<b>Mensch / Gesellschaft</b>		Wie leben wir, wie bewegen wir uns in der Stadt?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bevölkerungsentwicklung</li> <li>- Mobilitätsverhalten</li> <li>- Umweltbewusstsein</li> <li>- Mobilitätsaufkommen</li> <li>- Urbanisierung</li> </ul>	<b>Einflussfaktoren</b>
	<b>Stadtraum</b>		Wie sieht die Stadtstruktur aus?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauliche Elemente</li> <li>- Infrastruktur</li> <li>- Stadtraumkonzepte</li> <li>- Verkehrskonvergenz</li> <li>- Flächenverbrauch</li> </ul>	
	<b>Verkehrsträger</b>		Womit bewegen wir uns in der Stadt?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modal Split</li> <li>- Fahrzeugtyp</li> <li>- Antriebstechnologie</li> <li>- Batterietechnologie</li> <li>- Fahrzeugnutzungsart</li> </ul>	
	<b>Energie</b>		Wie ist unsere Energieversorgung und Ladeinfrastruktur aufgebaut?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energiemix</li> <li>- Rohölpreis</li> <li>- Strompreis</li> <li>- Netzstruktur</li> <li>- Ladeinfrastruktur</li> </ul>	
	<b>IKT</b>		Wie ist alles miteinander verknüpft?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mobiles Internet</li> <li>- M-to-M Kommunikation (inkl. Abrechnungssysteme)</li> <li>- Telematik</li> <li>- Flottenmanagement</li> </ul>	
	<b>Steuerung</b>		Welche Steuerungselemente und Regulierungen sind relevant?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkehrsorganisation</li> <li>- Regulierung über monetäre Anreize</li> <li>- Regulierung über nicht-monetäre Anreize</li> <li>- Umweltauflagen</li> </ul>	

Abbildung 4: Einflussbereiche und –faktoren im Themenfeld Stadt und Elektromobilität

Die vorliegende Roadmap zeigt dabei Momentaufnahmen aus den jeweils betrachteten Zeitschritten. Im Vordergrund steht eine anschauliche Beschreibung einzelner Systemkomponenten im Bereich Elektromobilität und Stadt, ohne in den einzelnen Einflussbereichen ins Detail zu gehen. Der Schwerpunkt der Beschreibung der zukünftigen Meilensteine liegt dabei nicht allein auf quantitativen Angaben, sondern vielmehr auf den komplementären qualitativen Merkmalsausprägungen.



Fast alle größeren Städte in Deutschland haben sich dem Thema Elektromobilität angenommen und beteiligen sich mitunter sehr aktiv in unterschiedlichen Projekten, um Elektrofahrzeuge auf die Straße zu bringen. Deren Einsatz wird in verschiedenen Bereichen wie dem Personenverkehr, dem innerstädtischen Wirtschaftsverkehr, in der Verknüpfung mit dem ÖPNV und weiteren Mobilitätsangeboten (insbesondere dem Car- und Bike-Sharing) erprobt. Parallel dazu sind in zahlreichen Städten vermehrt öffentliche Ladestationen im Stadtbild wahrnehmbar. Im Projekt „BeMobility“ in Berlin steht beispielsweise die Integration von Elektrofahrzeugen in Car-Sharing-Systeme sowie die Vernetzung mit dem öffentlichen Verkehr im Fokus [vgl. BeMobility, 2011]. Darüber hinaus erfolgt ein Aufbau von Stellplätzen und Ladesäulen an öffentlichen Verkehrsknotenpunkten. Dabei funktioniert das Laden im öffentlichen Bereich weitgehend unproblematisch, als begehrtes Sammlerobjekt erwiesen sich jedoch unverriegelte Ladekabel. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie wird eine einfache Informationsbereitstellung über das öffentliche Verkehrsangebot, Mietautos, Pedelecs und Ladestationen vorangetrieben.

Aktives Engagement zeigt auch die Stadt Ludwigsburg, welche im Projekt „Ludwigsburg elektrisiert“ den Einsatz von Elektrofahrzeugen in der kommunalen Fahrzeugflotte testet und dabei sehr positive Erfahrungen mit der Integration von Elektromobilität in die nachhaltige Entwicklungsstrategie der Stadt gemacht hat. Die Einbindung von Elektrofahrzeugen in den kommunalen Fuhrpark soll für die Zukunft intensiv weiterentwickelt und umgesetzt werden.

In der Hansestadt Hamburg werden mit Hybridfahrzeugen multimodale Mobilitätsangebote im ÖPNV sowie Elektrofahrzeuge im Wirtschaftsverkehr getestet. Bei dem Aufbau der Ladeinfrastruktur wird auf eine dem Stadtbild entsprechende Gestaltung besonders geachtet. Hamburg hat ehrgeizige Ziele und verfolgt bis zum Jahr 2020 das Ziel, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in der Stadt um 40% zu reduzieren, wobei die Elektromobilität eine wichtige Rolle spielen soll [vgl. Elektromobilität Hamburg, 2011].

Der motorisierte Individualverkehr macht heute den weitaus größten Anteil im Modal-Split aus. Zwar ist unter der jungen Bevölkerung in den Städten ein vorsichtiger Trend hin zur Nutzung von Mobilität und weg vom Fahrzeugbesitz zu erkennen, was jedoch die Dominanz des individuellen Fahrzeugbesitzes kaum schmälert [vgl. infas; DLR, 2010]. Gemessen am gesamten Fahrzeugbestand in Deutschland ist die Anzahl batterieelektrischer sowie Hybrid-Fahrzeuge noch sehr gering und beträgt im PKW-Bereich nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes zum Jahresbeginn 2011 2.307 Elektro-PKW sowie 37.256 Hybrid-PKW [vgl. Kraftfahrtbundesamt, 2011], was zusammen etwa 0,1% am Gesamtfahrzeugbestand ausmacht. Elektrofahrzeuge sind im städtischen Straßenbild zwar noch eine Ausnahmeerscheinung, allerdings zieht ihr Einsatz in Städten große Aufmerksamkeit auf sich. Erste elektrische Serienfahrzeuge sind bereits auf dem Markt, die deutschen Automobilhersteller arbeiten an der Markteinführung weiterer Modelle im nächsten oder übernächsten Jahr. Pedelecs sind bereits immer häufiger Teil des Stadtbildes und die Verkaufszahlen in den letzten Jahren stiegen kräftig an. Im Jahr 2010 wurden in Deutschland rund 200.000 Pedelecs verkauft [vgl. ZIV, 2011].

Neue Formen der Mobilität wie das Car- und Bike-Sharing gewinnen weiter an Bedeutung, woraus ein steigendes Interesse der städtischen Bevölkerung an flexiblen Mobilitätsangeboten abzuleiten ist. In der Region Stuttgart formiert sich etwa ein Zusammenschluss aus verschiedenen Unternehmen, der Stadt Stuttgart sowie dem Land Baden-Württemberg, um Car-Sharing mit Elektrofahrzeugen ab 2012 in einem groß angelegten Feldversuch in der Stadt umzusetzen.

Eine öffentliche Ladeinfrastruktur existiert bisher nur an wenigen, aber öffentlichkeitswirksamen Knotenpunkten in den Städten. Ein deutlicher Ausbau der Ladeinfrastruktur ist jedoch auch im Rahmen der Schaufenster Elektromobilität zu erwarten. Als vorrangiges Ausbauziel bei der Ladeinfrastruktur wird allerdings nach wie vor der private und halböffentliche Bereich angesehen, darunter fallen Parkhäuser, P&R-Parkplätze und Firmenparkplätze. Dabei haben bereits heute viele Nutzer von Elektrofahrzeugen die gesamte Energiekette im Blick: Ihnen ist wichtig, auch heute bereits ihren Fahrstrom zu 100% aus erneuerbaren Energiequellen zu beziehen.



Montage- und Prüftechnik bei der Produktion von Elektromotoren [vgl. NPE, 2010a] sowie über eine bedeutende Erhöhung der Stückzahlen und verbesserter Produktionstechnologien von Batterien [vgl. Fraunhofer-ISI, 2010a] konnten die Herstellungskosten für Elektroautos signifikant gesenkt werden. Allerdings ist der Anschaffungspreis für ein Elektrofahrzeug nach wie vor höher als für ein konventionelles Fahrzeug [vgl. DEKRA; IFA, 2009]. Die hohe Auslastung der Elektrofahrzeuge in Flotten und Fuhrparks trägt zu einer schnelleren Amortisation des Anschaffungspreises bei, wodurch die Fahrzeuge hier erstmals rentabel eingesetzt werden. Zudem stehen in hybriden (aus elektrischen und konventionellen Fahrzeugen zusammengesetzten) Fuhrparks Alternativen zur Verfügung, sodass für die spezifischen Fahrten das jeweils passende Fahrzeug ausgewählt werden kann. Auch größere Flotten städtischer Busse, Taxis und Lieferfahrzeuge gelten bei der Einführung alternativer Antriebssysteme als Vorreiter. Innovative Unternehmen und Kommunen spielen in dieser frühen Phase der Implementierung von Elektromobilität eine besondere Rolle - zum einen als Multiplikatoren, zum anderen als Katalysatoren der Elektromobilität [vgl. BMWi; BMU, 2011]. Der Multiplikatoren-Effekt von Unternehmen und Kommunen zeigt sich insbesondere dadurch, dass die Mitarbeiter über ihre Arbeit Kontakt zur Elektromobilität (den Elektrofahrzeugen in den Flotten) bekommen. Unternehmen und Kommunen stellen die elektrischen Flottenfahrzeuge teilweise nach Dienstschluss ihren Mitarbeitern zur Verfügung, damit diese auch im privaten Bereich genutzt werden können. Dies gewährt zudem eine höhere Auslastung der Fahrzeuge und führt durch attraktive Mietmodelle zu einer weiteren Reduktion der Kosten, die Elektrofahrzeuge in einigen Einsatzgebieten bereits ökonomisch wettbewerbsfähig macht.

Der öffentliche Verkehr wird weiter ausgebaut und für den Nutzer durch flexible Preismodelle attraktiver. Neben der stetigen Weiterentwicklung und Effizienzsteigerung der Verbrennungsmotoren gewinnen alternative Antriebskonzepte, vor allem Hybride und reinelektrische sowie Brennstoffzellenfahrzeuge, weiter an Bedeutung [vgl. Fraunhofer-ISI, 2010a]. Grund dafür sind zum einen die Verknappung der Erdölressourcen und die damit verbundenen Preissteigerungen fossiler Kraftstoffe, zum anderen aber auch die Ausdifferenzierung von Entwicklung und Produktion alternativer Antriebe über verschiedene Technologiefelder hinweg. Über 25% der PKW-Neuzulassungen haben elektrische Antriebskomponenten [vgl. Fraunhofer-IAO, 2011]. Gleichzeitig ist eine Fortschreibung des Trends zu beobachten, dass vor allem für die jüngere Generation ein eigenes Auto zunehmend unattraktiver wird und als Statussymbol an Wert verliert. Schärfere Umweltauflagen [vgl. EU-Kommission 2005], die Ausweitung von Umweltzonen und eine in vielen Städten verschärfte Parkraumproblematik verringern die Attraktivität des eigenen Autos in Innenstädten. Das Car-Sharing sowie das Bike-Sharing gewinnen weiter stark an Beliebtheit und werden fester Bestandteil des städtischen Mobilitätsangebots. Die Anzahl der Car-Sharing-Nutzer in Deutschland ist auf über 2 Mio. gestiegen [vgl. Wuppertal Institut, 2007].

Geladen werden die Elektrofahrzeuge mit Strom, der ausschließlich aus erneuerbaren Energien stammt. Dies trägt entscheidend zu einer schlüssigen und glaubwürdigen Umsetzung ganzheitlicher Elektromobilitätskonzepte bei. Rund 35% der Stromerzeugung in Deutschland kommt aus erneuerbaren Quellen [vgl. BMWi; BMU, 2010], gleichzeitig wurden Standards für ein intelligentes Stromnetz auf europäischer Ebene beschlossen [vgl. Europäische Kommission, 2011b] und der Ausbau wichtiger Nord-Süd-Stromtrassen begonnen. Im Bereich der Ladeinfrastruktur steht der Ausbau der privaten und halböffentlichen Systeme im Vordergrund. Neben privaten Stellplätzen wird der Großteil der Ladesäulen auf Firmenparkplätzen und in Parkhäusern und Tiefgaragen umgesetzt [vgl. NPE, 2010b]. Für diese „Hotspots“, an denen mehrere Elektrofahrzeuge an einem Netzanschlusspunkt geladen werden, werden Lastmanagement-Konzepte umgesetzt, die, wie auch die Weiterentwicklung stationärer Speichertechnologien, einen Baustein beim Aufbau eines Smart Grid darstellen. Die Fahrzeughersteller haben sich auf einen europäischen Stecker-Standard und einheitliche Ladeprotokolle geeinigt, was das Anbieter-übergreifende Laden (Roaming) sehr vereinfacht. Bei der im öffentlichen Raum errichteten Ladeinfrastruktur ist die Integration ins Stadtbild ein wichtiges Kriterium; sie ist an zentralen sowie strategisch wichtigen Knotenpunkten lokalisiert. Systeme des induktiven Ladens werden im ÖPNV getestet und einzeln eingesetzt.

Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Fahrerassistenzsysteme spielen im Fahrzeug eine immer wichtigere Rolle [vgl. VDI/ZTC, 2010]. Besonders für Elektrofahrzeuge fördert eine steigende Vernetzung mit dem Nutzer die Akzeptanz. Der Einsatz telematischer Systeme im Bereich des Last- und Güterverkehrs wird verstärkt auf den Einsatz in PKW und kleineren Transportern übertragen, zunächst vor allem in den Bereichen Taxi, ÖV und städtische Logistikdienste [vgl. IBM, 2008]. Die Anzahl von Anwendungen (Apps) auf mobilen Endgeräten mit Mobilitätsbezug nimmt weiter zu und ermöglicht dem Nutzer zunehmend, auch angebotsübergreifende Reiseketten zu planen. Diese erlauben neben der

Navigation und Reiseplanung vor allem für Elektrofahrzeuge einen Datentransfer beispielsweise des Batterieladestandes.

Die Umweltzonen sind deutlich ausgeweitet und die EU-Emissions-Grenzwerte für Neuwagen liegen mittlerweile bei 95g CO<sub>2</sub>/km [vgl. EU-Parlament, 2009]. Als eine Weiterentwicklung der Umweltzone führen immer mehr Städte die „Blaue Plakette“ für Elektro- und Hybridautos ein, um ihre Innenstädte von Emissionen frei zu halten [vgl. Bundesregierung Deutschland, 2011]. Erste Städte in Deutschland führen eine City-Maut ein. All diese Maßnahmen führen dazu, dass Elektroautos nicht nur preislich konkurrenzfähig werden, sondern dass sie auch einen deutlichen Komfortgewinn im Stadtverkehr bedeuten, wodurch der Absatz ansteigt. Um die vorgeschriebenen Flottengrenzwerte für CO<sub>2</sub>-Emissionen einzuhalten, forcieren die Fahrzeughersteller die weitere Entwicklung elektrischer Antriebskonzepte.

An bestehenden Gebäuden und Straßen finden bis 2020 außer additiven Elementen wie PV-Anlagen zur Stromgewinnung oder Stadtraum-integrierter Ladeinfrastruktur keine größeren Veränderungen statt, da Gebäude und Straßen wesentlich längere Innovationszyklen aufweisen als etwa Fahrzeuge. In der Planung und Umsetzung neuer Gebäude, Straßen und Stadtquartiere wird die Elektromobilität als integrierter Bestandteil jedoch bereits häufig berücksichtigt, um vorausschauend zukünftige Bedarfe und Anforderungen insbesondere im Hinblick auf die Ladeinfrastruktur im privaten als auch öffentlichen Bereich erfüllen zu können. Für öffentliche und private Parkraumanbieter gibt es eine Quote für die Errichtung von Ladesäulen.



2030 sind bereits 6 Mio. Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen unterwegs [vgl. NPE; Bundesregierung]. Nachdem sich vor zehn Jahren die Flotten noch fast ausschließlich auf die Ballungsräume bezogen haben, hat Elektromobilität dank einer zunehmenden Verbreitung von Wasserstoffinfrastruktur und maßgeblichen Fortschritten in der Batterietechnologie deutlich an Reichweite gewonnen. In Deutschland existieren mittlerweile ca. 2 Mio. Brennstoffzellenfahrzeuge und mit 2-3€ pro Liter benzinäquivalent liegen die Treibstoffkosten für Wasserstoff knapp unter den Kosten für fossile Treibstoffe [vgl. Grube et al., 2009]. Neben einem sehr gut ausgebauten und dynamisch getakteten ÖPNV und dem städtischen motorisierten Individualverkehr (MIV) mit 35% Anteil an Elektrofahrzeugen [vgl. McKinsey&Company, 2011], wurden eine Vielzahl von kleinräumlichen Lösungen durch Mikromobilität geschaffen, die bestehende Verkehrsträger miteinander vernetzen und auch die letzte Meile bis zur Haustür mit abdecken. Bahnhöfe und -stationen sind wie früher wieder Kathedralen des Fortschritts – heute aber einer vernetzten Mobilität. Sie sind zentrale Knotenpunkte eines schienengebundenen urbanen Mobilitäts- und Stadtlogistiksystems, welches sich tags und nachts synergetisch ergänzt. Unterschiedlichste Ladeinfrastrukturen für jegliche Sharing- und Individualangebote, Warenverteilstationen des öffentlichen Bedarfs und weitere Serviceangebote heben die zentralen Verbindungspunkte zwischen ÖPNV und MIV hervor. Durch die intermodale und bedarfsgerechte Vernetzung der Verkehrsträger hat das zusammenhängende Mobilitätssystem dem bisher dominierten Straßenverkehr den Rang hinsichtlich Attraktivität und Effizienz abgelaufen.

Auch die Gesellschaft und deren Lebensweisen in der Stadt sind im Jahr 2030 hoch vernetzt und auf die perfekte Symbiose zwischen Leben und Arbeiten ausgelegt. Neue Möglichkeiten der Echtzeitkommunikation im Fahrzeug und in öffentlichen Räumen erlauben eine hohe Durchmischung zwischen Privat- und Berufsleben, allerdings unter der Maxime des Wohlbefindens. Wir hetzen nicht wie früher von einem Termin zum nächsten, sondern vernetzen diese optimal, da intermodale Reiseketten – also die Verbindung zwischen den Verkehrsmitteln – im Vordergrund stehen. Durch neue Kollaborationsmodelle einzelner Verkehrsbetriebe bis hin zu virtuellen städtischen Mobilitätsanbietern profitieren auch die Bewohner sehr von ganzheitlichen und individualisierbaren Mobilitätslösungen aus einer Hand.

Mobilität wird nur da abgerechnet, wo sie beansprucht wird und immer im Bezug zur CO<sub>2</sub>-Bilanz der jeweiligen Fortbewegungsart. Dadurch können Städte präzise den Gesamtfußabdruck ihres gesamten Mobilitätsaufkommens erfassen und über dynamische Bepreisung gezielt Anreizsysteme zur Reduktion von Verkehr in Spitzenzeiten einsetzen. City-Maut Systeme sind mittlerweile in einigen deutschen Städten verbreitet [vgl. PWC, 2010]. Das private Automobil verliert weiter als Statussymbol, gerade in Städten aufgrund besserer Angebote durch Intermodalität, behält jedoch seinen Stellenwert als individuelles Verkehrsmittel für Freizeitgestaltung am Wochenende und als digital vernetztes Sharing-Fahrzeug im täglichen Pendelverkehr [vgl. Siemens, 2011b].

In der Stadtentwicklung vollziehen sich die Veränderungen eher unauffällig. Städte bauen bis 2030 primär ihre IT-Infrastruktur bestehend aus einer Vielzahl von intelligenten Sensoren für Lärm-, Emissions-, Bewegungserfassung im Stadtraum und verteilten Steuerungszentren bzw. Leitstellen aus. Insgesamt haben Städte die Informationshoheit über alle Verkehrssysteme und optimieren zusammen mit privaten Mobilitätsanbietern durch Austausch von Echtzeitinformation den täglichen Verkehrsfluss. Parallel zu den zentralen Verkehrssystemen entsteht eine Vielzahl von kleineren dezentralen Angeboten wie Segway-, Pedelec-, und P.U.M.A.-Sharing-Angeboten (P.U.M.A. = Personal Urban Mobility & Accessibility) auf Quartiersebene, die ganze Stadtviertel bedarfsgerecht an den nächsten Verkehrsknoten anschließen. Erste Stadtteile und funktionell beschränkte Räume wie Parkhäuser, Einkaufszentren, Logistikparks etc. implementieren teilautonome Mobilitätssysteme auf Basis von Elektrofahrzeugen. [vgl. Universität Kassel, 2011]. Neue stadtintegrierte Lade- und Entleihstationen ergänzen öffentliche Räume und bieten dadurch einen Kristallisationspunkt für kommerzielle Zusatzangebote wie virtuelle Automaten, die früher noch wahllos in der Stadt verteilt waren. Auch in Sachen Parkraummanagement werden große Anstrengungen unternommen, den hohen Flächenverbrauch zu minimieren und durch die intelligente Integration in baulichen Strukturen der innerstädtischen Parkplatzproblematik entgegenzuwirken. Gerade bei innerstädtischen Revitalisierungsmaßnahmen sind Teillösungen für diese Problematik essentieller Bestandteil der Planungen.

Die Auswirkungen des Umbaus unserer Energieversorgung ist in der Stadt 2030 sehr viel sichtbarer als bisher, die sukzessive Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien hat gerade in Städten durch den Ausbau kleinerer Energienetze auf Quartiersebene ein hohes Maß an dezentralen Lösungen

hervorgebracht. Der Anteil erneuerbarer Energien bei der Stromerzeugung liegt bei 50% [vgl. BMWi; BMU, 2010]. Sowohl der Umbau von Gebäuden hin zu Niederspannung als auch die Einrichtung kombinierter Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen für Strom, Wärme und Kälte in Quartieren bieten große Umsetzungspotenziale, das Thema Elektromobilität in bestehende Infrastrukturen zu integrieren. Neben einer gut ausgebauten und flächendeckenden Ladeinfrastruktur in Städten gibt es mittlerweile auch immer mehr induktive Lademöglichkeiten, die allerdings weniger für Privatfahrzeuge, sondern mehr bei öffentlichen Sharing-Fahrzeugen zum Einsatz kommen. Energiespeichertechnologien sind differenziert und weit verbreitet. Elektro-Fahrzeuge repräsentieren dabei eine wichtige Säule zur Stabilisierung von Angebotsschwankungen im Energienetz einzelner Stadtviertel.



immer stärker beeinflusst [vgl. EU-Kommission, 2009]. Die flexible Kombination verschiedener Verkehrsmittel ist zum Alltag geworden und die Menschen genießen es, unbegrenzt mobil zu sein und gleichzeitig nicht auf saubere, lebenswerte und funktionierende Städte verzichten zu müssen.

Sukzessive erfährt der Stadtraum eine Umgestaltung; der Umbau zur kompakten Stadt der kurzen Wege mit hoher Funktionsmischung schreitet voran. Alle neuen Gebäude werden nach dem Standard von Nullenergie- und Plusenergiehäusern gebaut. Durch die Umgestaltung des Straßenraums sind neue Flächen für Wohn- und Geschäftsräume in attraktiver Lage sowie weitere Grünflächen in der Stadt entstanden. Gemeinschaftlich genutzte Elektromobilität aus erneuerbaren Energien und weitere Anstrengungen im Gebäudesektor und der Energieerzeugung haben dazu geführt, dass mit Freiburg die erste deutsche Großstadt komplett CO<sub>2</sub>-neutral geworden ist. In verdichteten Quartieren mit hoher Funktionsmischung ist Fuß- und Radverkehr zum bestimmenden Mobilitätsmerkmal geworden. Viele Straßen und Plätze in den Innenstädten sind für den Fahrzeug-Verkehr gesperrt und nur dem ÖPNV sowie elektrisch betriebenen Lieferwagen zugänglich.

80% - 90% aller Fahrzeuge in den Städten sind in ein multimodales Mobilitätssystem integriert und werden nach Bedarf genutzt. Dabei sind sie zu 100% batterieelektrisch betrieben und über ein umfassendes Telematik-System per Echtzeit steuer- und buchbar. Durch die überwiegend gemeinschaftliche Nutzung der Mobilitätsressourcen in der Stadt ist eine deutlich höhere Auslastung der unterschiedlichen Verkehrsmittel gewährleistet, was den Preis für Mobilität insgesamt stark reduziert. Die Fokussierung der Industrie auf den elektrischen Antriebsstrang, Batterietechnologien sowie Mobilitätssysteme und -konzepte hat eine große Bandbreite an Innovationen hervorgebracht, wodurch Elektrofahrzeuge mittlerweile deutlich geringere Lebenszykluskosten aufweisen als Verbrenner. Die Geschäftsmodelle der Fahrzeughersteller konzentrieren sich verstärkt auf Mobilitätsdienstleistungen. Der Dieselmotor kommt beinahe nur noch im Güterfernverkehr zum Einsatz, aber auch hier wird Methangas – mittlerweile flächendeckendes Speichermedium für erneuerbare Energien – immer stärker bevorzugt.

In den Städten fahren öffentliche Verkehrsmittel in kurzen Takten auf den Hauptachsen. Nebenstrecken werden vom ÖPNV flexibel mit skalierbaren Fahrzeugkonzepten bedient. Dabei ist der ÖPNV als wichtiger Verkehrslastträger in das multimodale Gesamtsystem integriert.

2040 sind die meisten Städte flächendeckend mit induktiver Ladeinfrastruktur ausgestattet, welche standardmäßig bidirektionales Laden ermöglicht. Dieser Standard wurde durch den hohen Anteil an erneuerbaren Energien (im Durchschnitt 65%) nötig. Jetzt sind alle Elektrofahrzeuge als Stromspeicher und Puffersystem in ein effizientes und hochgradig automatisiertes Lastmanagement eingebunden. Auf Basis eines zentralen Mobilitätssystems kommunizieren die gemeinschaftlich genutzten Fahrzeuge mit den Ladesystemen und führen den Ladevorgang eigenständig durch. Jeder Nutzer kann somit stets auf ein vollgeladenes Fahrzeug zugreifen.

Über intelligente Software und eine standardisierte Car-to-X Schnittstelle ist autonomes Fahren in vielen Situationen zum Standard geworden. Die Strecken zwischen Nutzung und Ladeinfrastruktur werden von den Fahrzeugen autonom zurückgelegt. Im Alltagsbetrieb hat der Fahrer jedoch nach wie vor die Möglichkeit, selbst die Steuerung zu übernehmen. Über leistungsfähige Informations- und Kommunikationstechnologien sind sämtliche Mobilitätsressourcen vernetzt. Der Nutzer erhält dadurch alle relevanten Daten in Echtzeit auf seinen persönlichen Mobilitätsassistenten und ist stets über alle Mobilitätsmöglichkeiten im Bilde. Ein umfassendes Telematik System steuert nicht nur die Auslastung von ÖPNV, gemeinsam genutzten Elektrofahrzeugen und City-Logistik über tageszeitabhängige Preise, es sorgt auch für ein effizientes Routenmanagement innerhalb der Städte. Staus und Verkehrsüberlastung treten hierdurch nicht mehr auf. Die Multimodale Mobilitätskarte ist standardmäßig in die Bankkarte, bzw. den Personalausweis integriert.

Die allermeisten Städte verfügen mittlerweile über ein Stadtmaut-System, welches alle Fahrzeuge elektronisch erfasst und via Internet abrechnet. Nach Tageszeit gestaffelte Preise sorgen für eine ausgewogene Lastverteilung, dabei müssen Privatfahrzeuge und nicht im City-Logistik-System erfasster Güterverkehr eine höhere Maut entrichten. Die gemeinschaftlich genutzten Elektrofahrzeuge entrichten eine niedrige Maut über den Nutzungspreis. Das Konzept der Umweltzonen ist mittlerweile stark modifiziert. Die große Mehrzahl der Fahrzeuge fährt emissionsfrei und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor benötigen eine Einfahrtgenehmigung, um die Stadtgrenze passieren zu dürfen.



Hauptverkehrszeit ist nur noch ein leises Surren zu hören. Alle neueren Gebäude selbst sind Plusenergiegebäude mit entsprechender Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität.

Der Verkehr in der Stadt ist vollständig vernetzt, wodurch der Verkehrsfluss deutlich verbessert und ein Zugewinn an Sicherheit und Lebensqualität geschaffen wurde. Durch die Reduzierung des stehenden wie auch des rollenden, motorisierten Verkehrs in den Innenstädten konnten neue Freiräume und Begegnungsräume geschaffen werden. Mehr grün in der Stadt hat die Lebensqualität der Städte insgesamt deutlich erhöht. Auch die attraktiven Bedingungen für das zu Fuß gehen, mit dem Fahrrad, e-Bike oder Pedelec fahren sowie das Verweilen im öffentlichen Raum führen zu einer Steigerung der Aufenthaltsqualität in den Städten. Im Innenstadtbereich sind nicht genutzte Individualfahrzeuge ausschließlich in Parkgaragen untergebracht und belagern nicht mehr den öffentlichen Raum. Im städtischen Lieferverkehr werden schon lange ausschließlich elektrisch betriebene kleine Lieferfahrzeuge eingesetzt. Der öffentliche Verkehr in der Stadt ist sehr gut ausgebaut und hat eine hohe Auslastung, dabei ist er stark mit allen anderen Mobilitätsangeboten vernetzt. Das Stadtumland ist optimal an die Kernstadt angeschlossen. An intermodalen Umsteige- und Knotenpunkten gibt es ein umfassendes Angebot für gemeinschaftlich genutzte individuelle sowie kollektive öffentliche Verkehrsmittel.

Standardmäßig werden im Jahr 2050 alle Mobilitätsressourcen in der Stadt gemeinschaftlich und intermodal genutzt. Mit der nahezu vollständigen Elektrifizierung der städtischen Mobilität durch Batteriefortschritte und regionale Wasserstoffelektrolyse wurde der fossil betriebene Verbrennungsmotor komplett aus der Stadt verbannt. Des Weiteren hat jeder einen barrierefreien und flexiblen Zugang zu sämtlichen zur Verfügung stehenden Verkehrsmitteln in der Stadt. Die Fahrzeuge bestehen aus weitestgehend recyclebaren Materialien; insgesamt wird deutlich weniger Material benötigt, da Fahrsicherheit durch Fahrassistenzsysteme und autonomes Fahren gewährleistet wird. Leichtbauweise ist zum Standard geworden, wobei die Sicherheitssysteme der Fahrzeuge weiter stark verbessert wurden. Die Unfallzahlen liegen erfreulicherweise mittlerweile bei nahezu null. Die Fahrzeuge sind im Innenraum individuell gestaltbar. Auch hier stellt das mobile Endgerät als persönlicher Mobilitätsassistent den Schlüssel dar, durch den der Nutzer seine persönlichen Einstellungen für das Fahrzeug bestimmt wie Sitz, Spiegel, Lenkrad, Navigationsgerät, Sound, Beleuchtung etc. Nach Erkennung des Mobilitätsassistenten durch das Fahrzeug werden alle relevanten Einstellungen auf das Fahrzeug übertragen. Diese Informationen kann der Nutzer in jegliche neue Fahrzeuge einbinden und derart die genutzten Fahrzeuge „personalisieren“ - bis hin zur Lackfarbe durch elektrochrome Nanobeschichtung.

Auf Strecken wie Autobahnen, Bundes- und Schnellstraßen ist das autonome Fahren zum Standard geworden. In der Stadt hat sich das autonome Fahren schon seit Jahren durchgesetzt. Der überwiegende Teil längerer Strecken wird ohnehin mit Rapid-Bus-Systemen und der Bahn abgewickelt. Wer mit seinem eigenen oder einem gemieteten Fahrzeug weitere Strecken außerhalb des urbanen Raums fährt, klinkt sich in ein gesteuertes Fahrleitsystem ein.

Ein städtisches Hochleistungs-IT-System sammelt und analysiert alle relevanten Verkehrsdaten in Echtzeit. Dies beinhaltet sowohl Informationen aus ÖPNV und Straßenauslastung, als auch Ladezustand, Ladeinfrastruktur und Bedarf von Mobilitätsressourcen. Über das mittlerweile weitgehend etablierte Internet der Dinge ist eine Vielzahl an Informationen über Bewegungsflüsse, Energiebedarf, City-Logistik etc. verfügbar. Eine Mobilitätszentrale verarbeitet alle Daten und stellt sie dem Nutzer in einfacher Form aufbereitet zur Verfügung. Ein in den 2030er Jahren entwickeltes Internet-Protokoll garantiert Anonymität und Datensicherheit bei gleichzeitig hoher Verfügbarkeit und Transparenz.

Die Energieversorgung basiert zu 100% auf erneuerbaren Energien. Die Verteilungsstruktur ist stark dezentral ausgerichtet. Bemühungen zur Ressourceneffizienz haben den Energieverbrauch auf ein niedriges Niveau gesenkt. Gebäude verbrauchen deutlich weniger Energie, als sie produzieren. Alle Gebäude sind energetisch saniert. Neu entstehende Gebäude sind generell Plusenergiehäuser. Es gibt eine vielseitige Nutzung der solaren Strahlung auf den Dächern, Fassaden, sowie weiteren baulichen Elementen der Stadt. Sämtliche gemeinschaftliche und individuell genutzte Fahrzeuge in Parkgaragen dienen als Speichermedium für die Energie. Die einzelnen Systeme der Stadt sind optimal miteinander vernetzt. Die Ladeinfrastruktur ist induktiv und in das Stadtbild integriert. Der Vorgang des Ladens von Fahrzeugen wird durch die ständige Kommunikation zwischen Fahrzeug und Energiesystem Nutzer-unabhängig durchgeführt.

Mobilität wird dem Nutzer im Jahr 2050 wie Kommunikation angeboten. Man stellt sich sein persönliches Mobilitätspaket zusammen und nutzt die unterschiedlichen Angebote und Verkehrsmittel individuell und flexibel an die jeweilige Situation angepasst. Alle Abrechnungssysteme sind untereinander kompatibel. Über eine Mobilitätskarte können sämtliche Verkehrsmittel und Mobilitätsangebote reserviert, gebucht, genutzt und abgerechnet werden. Über mobile Endgeräte wird die gesamte persönliche Mobilität abgewickelt. Intelligent kombinierte Informationen über Verkehrsdaten, Wetter, Mobilitätsangebote, persönliche Kalendereinträge usw. stehen dem Nutzer jederzeit zur Verfügung.

## 4

### Fazit und Ausblick

Das Ziel einer Elektromobilen Stadt bis zum Jahr 2050 ist anspruchsvoll und ambitioniert. Es gilt, die verschiedenen Handlungsfelder Nutzer, Verkehr, Informations- und Kommunikationstechnologie, Energie und Stadtraum, begleitet durch wirkungsvolle Steuerungsinstrumente, aufeinander abzustimmen und enger zu verzahnen. Zu den dargestellten Meilensteinen kommt dabei zu unterschiedlichen Zeitpunkten einzelnen Einflussfaktoren eine besondere Rolle als Wandlungstreiber zu:

- **Heute** setzen die Förderprogramme der Bundesregierung wichtige Impulse, um technologische Entwicklungen in den Bereichen Antriebstechnologie, IKT und Energie voranzutreiben und in Demonstrationsvorhaben deren Anwendung und Marktvorbereitung zu unterstützen. Die Energiewende und die fortschreitende Verknappung fossiler Ressourcen stellen weitere wichtige Treiber für die Entwicklung nachhaltiger Antriebs- und Mobilitätskonzepte dar.
- **2020** wird ein Großteil aller Elektrofahrzeuge in kommunalen und betrieblichen Flotten eingesetzt werden. Damit kommt der verkehrlichen Integration von Elektrofahrzeugen in Flottenmanagement- und Logistikkonzepte eine besondere Bedeutung zu. Treiber für eine weitere Marktdurchdringung wird zudem maßgeblich die technologische Weiterentwicklung der Antriebs- und Batterietechnologie sein.
- Für eine umfassende Vernetzung unterschiedlicher Verkehrsträger untereinander und mit dem Nutzer sowie für die nahtlose Integration von Elektrofahrzeugen in intermodale Verkehrskonzepte im Jahr **2030** wird die Informations- und Kommunikationstechnologie ein entscheidender Treiber sein. Eine uneingeschränkte Echtzeitkommunikation bei gleichzeitig ständiger mobiler Datenverfügbarkeit werden zu einem Wandel von der Fahrzeug-bezogenen zur Nutzer-bezogenen Mobilität geführt haben.
- Wichtig für eine konsequente und selbstverständliche gemeinschaftliche Nutzung von Mobilitätsressourcen im Jahr **2040** wird ein Wandel im Nutzerverhalten der Menschen sein. Damit stellt zusätzlich zu den technologischen Voraussetzungen zu diesem Zeitpunkt ein gesellschaftliches Umdenken einen besonderen Einflussfaktor auf dem Weg zur Elektromobilen Stadt dar.
- Im Zielszenario einer Elektromobilen Stadt im Jahr **2050** werden sich auch städtische und bauliche Strukturen, welche durch sehr lange Innovationszyklen gekennzeichnet sind, gewandelt haben und stellen zu diesem Zeitpunkt den entscheidenden Treiber zur Umsetzung emissionsfreier urbaner Mobilität dar. Gebäude und Infrastruktur liefern einen entscheidenden Beitrag zur lokalen regenerativen Energieerzeugung; Vernetzung und Raumnutzung erlauben maximale Mobilität bei minimalem Verkehrsaufkommen.

Voraussetzung zur Entfaltung des vollen Potenzials dieser Wandlungstreiber ist eine parallele und abgestimmte Entwicklung der beschriebenen Handlungsfelder. Dabei ist eine besondere Herausforderung die Synchronisation der unterschiedlichen technologischen und städtischen Innovationszyklen durch die enge Vernetzung und Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure zur Implementierung systemischer Lösungsansätze.

Städte und verstädtete Regionen können durch ihre verdichtete Struktur als Katalysatoren innovativer Technologien dienen, um das System „Elektromobilität und Stadt“ in seiner Gesamtheit weiterzuentwickeln und modellhaft umzusetzen. Hin zu der Vision einer Elektromobilen Stadt kommen wir nur, wenn wir neben den Fahrzeug- sowie Informations- und Kommunikationstechnologien die Stadtgestaltung als grundlegende Voraussetzung für den Wandel erkennen. Dazu ist es wichtig, mit Blick auf die dargelegten Zukunftsszenarien und ausgehend vom Status-Quo bereits heute die wichtigsten Handlungsfelder und -bedarfe für Städte zu identifizieren. Einen Beitrag dazu leistet die ebenfalls im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung durchgeführte Befragung der Städte in den Modellregionen.

Die Praxistauglichkeit und Umsetzbarkeit der Szenarien in den einzelnen Meilensteinen können nur dann als Bausteine einer zusammenhängenden und langfristigen Strategie nachgewiesen werden, wenn wir diese bereits heute in Form von Pilotprojekten, Schaufenstern und Experimentierfeldern erforschen und testen. Der eingeschlagene Weg ist dabei der richtige, und zahlreiche erfolgreiche Implementierungen und Pilotanwendungen belegen die Funktionalität und Zukunftsfähigkeit dieser Lösungen. Das Zukunftsszenario einer emissionsfreien, lärmarmen, stauffreien Stadt ist vielversprechend und bietet die Chance, die Lebensqualität in unseren Städten beträchtlich zu steigern. Dieses Ziel ist es wert, die kommenden Herausforderungen anzugehen und gemeinsam zu bewältigen.

## Verwendete Literatur

Arthur D. Little (2009): Zukunft der Mobilität 2020. Die Automobilindustrie im Umbruch? Düsseldorf.

BeMobility (2011): Projekt BeMobility. Berlin elektro mobil.  
<http://www.bemobility.de/site/bemobility/de/bemobility/projektziele/projektziele.html> (letzter Zugriff: 14.11.2011).

Berenberg Bank; Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (Hrsg.) (2009): Strategie 2030 – Mobilität, Hamburg.

BMU (2010): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. „Leitstudie 2010“. Berlin.

BMWi; BMU (Hrsg.) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin.

BMWi; BMU (Hrsg.) (2011): IKT für Elektromobilität. Berlin.  
[http://www.ikt-em.de/documents/IKT\\_EM\\_RZ\\_barrierefrei.pdf](http://www.ikt-em.de/documents/IKT_EM_RZ_barrierefrei.pdf) (letzter Zugriff: 18.11.2011).

Bundesregierung Deutschland (2011): Regierungsprogramm Elektromobilität. Berlin.

DEKRA; IFA (2009): Cost-of-ownership. Stuttgart.

Doll, C.; Gutmann, M.; Wietschel, M. (2011): Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten. Simulation anhand realer Fahrprofile. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

Elektromobilität Hamburg (2011): elektro mobilität – Hamburg fährt mit grünem Strom.  
<http://www.elektromobilitaethamburg.de/elektrisch-fahren/gruene-stadt/> (letzter Zugriff: 14.11.2011).

e-mobil BW GmbH; IAW (Hrsg.) (2011): Neue Wege für Kommunen. Elektromobilität als Baustein zukunftsfähiger kommunaler Entwicklung in Baden-Württemberg. Stuttgart.

eNOVA (2011): Whitepaper - Eckpunkte der F&E Roadmap des eNOVA Strategiekreises Elektromobilität. Version 1.0, Berlin. <http://www.strategiekreis-elektromobilitaet.de/public/oeffentliche-dokumente> (letzter Zugriff: 14.11.2011).

Erfurter Kongress cie-mo (2011): Erfurter Kongress cie-mo verbindet Elektromobilität und Stadtentwicklung. Erfurt, 2011.

Europäische Kommission (2005): Thematische Strategie zur Luftreinhaltung. Brüssel.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0446:FIN:DE:PDF> (letzter Zugriff: 17.11.2011).

Europäische Kommission (2009): Das BIP und mehr. Die Messung des Fortschritts in einer Welt im Wandel.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0433:FIN:DE:PDF> (letzter Zugriff: 18.11.2011).

Europäische Kommission (2011a): WEISSBUCH: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Brüssel.

Europäische Kommission (2011b): Energy 2020, A strategy for competitive, sustainable and secure energy. Brüssel. [http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2011\\_energy2020\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2011_energy2020_en.pdf) (letzter Zugriff: 07.11.2011).

Europäisches Parlament / Rat der Europäischen Union (2009): VERORDNUNG (EG) Nr. 443/2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen. Amtsblatt der Europäischen Union, Brüssel.

Fraunhofer-IAO (2011): Strukturstudie BWe mobil 2011. Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität. Stuttgart.

Fraunhofer-ISI (2010a): Technologie-Roadmap Lithium-Ionen-Batterien 2030. Karlsruhe.

Fraunhofer-ISI (2010b): VIVER – Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland. Working Paper Sustainability and Innovation, S3/2011. Karlsruhe.

Göschel, A. (2009): Megatrends, Zukunftsunsicherheit, Nachhaltigkeit: Zur Zukunft der Europäischen Stadt. In: Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen; Amt für Stadtplanung und Verkehr der Stadtgemeinde Salzburg (Hrsg.): Stadt im Umbau – Neue urbane Horizonte. Salzburg.

Grube, T.; Fishedick, M.; Pastowski, A.; Stolten, D. (2009): Perspektiven für den Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur am Beispiel NRW. Chemie Ingenieur Technik 81, No. 5.

Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.) (2009): Urban Futures 2030. Visionen künftigen Städtebaus und urbaner Lebensweisen. Band 5 der Reihe Ökologie, Berlin.

Hinkeldein, D. (2009): Mobilität in Ballungsräumen. Literaturstudie. DLR, Berlin.

IBM Global Business Services (2008): Automotive 2020, Clarity beyond the chaos. Somers, New York.

Ifmo (Hrsg.) (2002): Zukunft der Mobilität. Szenarien für das Jahr 2020. München.

Ifmo (Hrsg.) (2008): Zukunft der Mobilität Szenarien für das Jahr 2025. Erste Fortschreibung. BMW AG, München.

Ifmo (Hrsg.) (2010): Zukunft der Mobilität. Szenarien für das Jahr 2030. Zweite Fortschreibung. BMW AG, München.

Infas; DLR (2010): Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Berlin, Bonn.

InnoZ GmbH (Hrsg.) (2008): Megatrends und Verkehrsmarkt. Langfristige Auswirkungen auf den Personenverkehr. Berlin.

Kraftfahrtbundesamt (2011): Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2011 nach Bundesländern und Kraftstoffarten absolut. [http://www.kba.de/clin\\_033/nn\\_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/2011\\_\\_b\\_\\_emi\\_\\_eckdaten\\_\\_absolut.html](http://www.kba.de/clin_033/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/2011__b__emi__eckdaten__absolut.html) (letzter Zugriff: 14.11.2011).

McKinsey&Company (2011): 110.000 Jobs bis 2030: Elektroautos schaffen Wachstum und Beschäftigung in Europa. [http://www.mckinsey.de/html/presse/2011/20110105\\_pm\\_elektro\\_2030.asp](http://www.mckinsey.de/html/presse/2011/20110105_pm_elektro_2030.asp) (letzter Zugriff: 21.11.2011).

NOW (2011): Informationen NOW GmbH, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (Stand: 21.11.2011).

NPE - Nationale Plattform Elektromobilität (2010a): Zwischenbericht der Arbeitsgruppe 1 Antriebstechnologie und Fahrzeugintegration. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO); Berlin.

NPE - Nationale Plattform Elektromobilität (2010b): Zwischenbericht der Arbeitsgruppe 3 Lade-Infrastruktur und Netzintegration. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO); Berlin.

Richter, J.; Lindenberger, D. (2010): Potenziale der Elektromobilität bis 2050 - Eine szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit, Umweltauswirkungen und Systemintegration. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI), Köln.

Siemens (2011a); Szenario 2030, Wenn die Stadt spricht. Pictures of the Future Magazin. München.

Siemens (2011b); Generation Intermodal. IST magazine, Fachmagazin für Straßenverkehrstechnik. München.

Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.) (2009): Shell Pkw Szenarien bis 2030. Fakten, Trends und Handlungsoptionen für eine nachhaltige Auto Mobilität. Hamburg.

Statistisches Bundesamt (2010): Stadt-Land-Gliederung nach Fläche und Bevölkerung. <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Regionales/Gemeindeverzeichnis/NichtAdministrativ/NichtAdministrativeUebersicht,templateId=renderPrint.psml> (letzter Zugriff: 14.11.2011).

United Nations (2009): Department of Economic and Social Affairs (UN/DESA): World Urbanization Prospects: The 2009 Revision. <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm> (letzter Zugriff: 14.11.2011).

Universität Kassel (2011): Teilautonome Elektrofahrzeuge für umwelt- und tourismusfreundliche Mobilität. Kassel. <http://www.uni-kassel.de/uni/universitaet/uni-nachrichtenportal/nachrichten/article/teilautonome-elektrofahrzeuge-fuer-umwelt-und-tourismusfreundliche-mobilitaet.html> (letzter Zugriff: 07.11.2011).

VDI / ZTC - Zukünftige Technologien Consulting (2010): Zukunft des Autos. VDI, Düsseldorf.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (2007): Zukunft des Car-Sharing in Deutschland.

ZIV (2011): Elektromobilität - E-Bike-Markt wächst weiter. Pressemitteilung vom 25.03.2011, Berlin.

Zukunftsinstitut (2011): Die Zukunft der Mobilität ab 2030. Sarah Volk, Christian Rauch, Thomas Huber. Kelkheim.

## **Ansprechpartner Plattform Sozialwissenschaftliche Begleitforschung:**

### **Fachliche Leitung Bereich „Elektromobilität und Stadt“:**

Florian Rothfuss  
Fraunhofer IAO  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Tel.: +49 711 970 2091  
Fax: +49 711 970 2299  
E-Mail: Florian.Rothfuss@iao.fraunhofer.de

Hannes Rose  
Fraunhofer IAO  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Tel.: +49 711 970 2092  
Fax: +49 711 970 2299  
E-Mail: Hannes.Rose@iao.fraunhofer.de

[www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)

### **Leitung Plattform Sozialwissenschaftliche Begleitforschung:**

Christina Tenkhoff  
Nationale Programmkoordination  
BMVBS Elektromobilität

NOW GmbH, Nationale Organisation  
Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie  
Fasanenstraße 5  
10623 Berlin

Tel.: +49 30 311 61 1641  
Fax: +49 30 311 61 1677  
Mobil: +49 172 990 27 40  
E-Mail: Christina.Tenkhoff@now-gmbh.de

[www.now-gmbh.de](http://www.now-gmbh.de)

## **Impressum:**

### **Herausgeber**

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

### **Gefördert durch**

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)  
im Rahmen des Förderprogramms „Elektromobilität in Modellregionen“

### **Koordiniert durch**

NOW GmbH  
Fasanenstraße 5  
10623 Berlin

### **Redaktionsteam**

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)  
Florian Rothfuss, Hannes Rose, Thomas Ernst, Steffen Braun, Alanus von Radecki

Erstellt im Rahmen der Plattform „Sozialwissenschaftliche Begleitforschung“

### **Fotos**

MIM - Fotolia.com; \*Sindy\* - Fotolia.com; ferkelraggae - Fotolia.com; itestro - Fotolia.com; Sandra Sauer - Fotolia.com; 3desc - Fotolia.com; Tom-Hanisch - Fotolia.com; Ingo Bartussek - Fotolia.com; M&S Fotodesign - Fotolia.com

### **Auslieferung und Vertrieb**

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Web: [www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)

Erscheinungsjahr:

2011