

# SYSTEMANALYSE BW<sup>e</sup> MOBIL 2013

IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg



Baden-Württemberg



# SYSTEMANALYSE BW<sup>e</sup> MOBIL 2013

**IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen  
in Baden-Württemberg**

e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie

Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg

Anwendungszentrum KEIM des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

# INHALT

<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>1 Ausgangslage und Zielsetzung</b>	<b>6</b>
<b>2 Das System Elektromobilität</b>	<b>8</b>
2.1. Stromversorgung und Netzinfrastruktur	8
2.2. Ladekonzepte für Elektrofahrzeuge	15
2.3. Technische Anforderungen an die Ladeschnittstellen	18
2.4. Informations- und Kommunikationstechnologien im Fahrzeug	24
2.5. Flottenmanagement	32
2.6. Mobilität und Stadt	39
2.7. Intermodale Mobilitätskonzepte	44
2.8. Informations- und Kommunikationstechnologien für den mobilen Nutzer	47
<b>3 Wege in die Elektromobilität</b>	<b>50</b>
3.1. Industrialisierung	50
3.2. Flottenmanagement	56
3.3. Infrastruktur	61
3.4. Vernetzte Mobilität und Intermodalität	65

<b>4 Status quo, Perspektiven und Herausforderungen in Baden-Württemberg</b>	<b>72</b>
4.1. Informations- und Kommunikationstechnologie	72
4.2. Flottenmanagement	78
4.3. Energieinfrastruktur	82
4.4. Ladeinfrastruktur	87
<b>5 Zusammenfassende Gesamtbetrachtung</b>	<b>94</b>
<b>Anhang – Normen und Standards zur Elektromobilität</b>	<b>96</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>98</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>100</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>103</b>
<b>Studien der e-mobil BW</b>	<b>114</b>



# VORWORT

Der Weg hin zu einer neuen, nachhaltigen Mobilität in Baden-Württemberg hat begonnen. Die Elektrifizierung des Antriebsstranges stellt hierbei einen wesentlichen Baustein dar. Wenn wir Elektromobilität voran bringen wollen, müssen wir sie zudem in einem Systemzusammenhang denken. Marktentscheidende Synergien können nur über eine systemische und eng verzahnte Zusammenarbeit der drei Schlüsselbranchen Automobil, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und Energiewirtschaft unter Berücksichtigung des Querschnittsfeldes Produktion entwickelt werden und damit die Industrialisierung der Elektromobilität vorantreiben. Baden-Württemberg bringt durch seine starken, auf dem Weltmarkt gut positionierten, kleinen, mittleren und großen Unternehmen sowie durch seine exzellente Forschungs- und Hochschullandschaft die allerbesten Voraussetzungen mit, sich in der Elektromobilität eine weltweit führende Rolle zu erarbeiten.

Wichtige Schritte haben wir bereits zurückgelegt. Der Cluster „Elektromobilität Süd-West“ war im nationalen Spitzenclusterwettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erfolgreich und schafft, unterstützt durch die Förderung von Bund und Land, eine gute Grundlage für gemeinsame Schritte zur Industrialisierung der Elektromobilität. Die Anwendung neuer Mobilitätslösungen wird im ebenfalls von der Bundesregierung geförderten und vom Land Baden-Württemberg und der Region Stuttgart unterstützten baden-württembergischen Schaufenster „LivingLab BW<sup>e</sup> mobil“ erforscht. Dabei ist Elektromobilität für Bürgerinnen und Bürger in Stuttgart und einigen Nachbargemeinden durch Carsharing-Flotten mit Kurzzeitmiete unmittelbar erleb- und nutzbar. Die Flottenfahrzeuge können, wie alle anderen Elektrofahrzeuge in Stuttgart und Region auch, auf ein Netz von rund 500 Ladepunkten zurückgreifen, welches durch eine Förderung des Landes Baden-Württemberg möglich wurde. Diese Beispiele zeigen, dass es in Baden-Württemberg

gelingen ist, das Zusammenwirken von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik so effizient zu gestalten, dass die Energie der drei Akteure, um im Thema zu bleiben, mit hohem Wirkungsgrad in Antriebsleistung umgesetzt werden konnte.

Doch haben uns die vergangenen Jahre intensiver Beschäftigung mit der Elektromobilität auch gezeigt, dass eine derartige Systeminnovation sowohl Zeit, Kraft und Geduld sowie nicht zuletzt auch Investitionen erfordert, um sich durchzusetzen. So sind zwar erste Grundsteine gelegt, allerdings verpflichtet uns der Erfolg der Vergangenheit auch nach vorne zu schauen und den Standort Baden-Württemberg als Land für neue Mobilitätssysteme weiter zu stärken. Hierfür müssen die Aktivitäten im Land weiter vorangetrieben sowie über alle beteiligten Branchen und Forschungsdisziplinen hinweg herausragende Produkte, Dienstleistungen und wissenschaftliche Erkenntnisse entwickelt werden. Viele Fragen sind im Bereich der Industrialisierung insbesondere hinsichtlich Kostensenkung und Handhabung noch nicht gelöst. Ebenso müssen noch gewinnbringende Geschäftsmodelle in der neuen Mobilität sowie der Vernetzung von Fahrzeugen (car connect) gefunden und erprobt werden. So sind neben der Weiterentwicklung der Fahrzeugtechnik insbesondere in der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie in der Energietechnik große Fortschritte und wichtige Ergebnisse zu erwarten, die mit erheblichen Potentialen für baden-württembergische Unternehmen und Forschungseinrichtungen einhergehen.

Gerade die IKT ist dabei sowohl als eigenständiger Wirtschaftszweig wie auch als Querschnittstechnologie in den anwendungsbezogenen Branchen von herausragender Bedeutung. Das Land Baden-Württemberg stellt sich den tiefgreifenden Veränderungen, die sich durch die Fortschritte der IKT und der rasanten Vernetzung in Wirtschaft und Gesellschaft ergeben und geht mit der Entwicklung einer „Digitalen Agenda 2020+ BW“ auf Initiative

des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (MFW) und des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) beispielhaft voran. So werden einmal mehr die Stärken des Wirtschaftsstandortes Baden-Württemberg ausgebaut und die Spitzenposition der Wirtschaft im internationalen Wettbewerb sowie die nachhaltige Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger gefestigt. Es ist deshalb von entscheidender Bedeutung, die vielfältigen und schnellen Entwicklungen der IKT im Bereich der Mobilität und der Energieinfrastruktur zu analysieren sowie die Herausforderungen und Potentiale für die internationale Wettbewerbsfähigkeit und die wirtschaftliche Stärke Baden-Württembergs zu spezifizieren.

Die vorliegende Studie gibt in der zweiten Auflage einen Überblick über die Bedeutung der IKT- und Energieinfrastruktur für zukünftige Mobilitätslösungen unter Berücksichtigung der rasanten Entwicklungen der entsprechenden Technologien. Ausgehend von der heutigen Positionierung des Landes werden darüber hinaus zukünftige Potentiale und Risiken für die Automobil- und die IKT-Industrie sowie die Energiewirtschaft aufgezeigt. Die Überarbeitung der „Systemanalyse BW<sup>e</sup> mobil: IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg“ erfolgte dabei durch das neu gegründete und vom MFW geförderte Fraunhofer Anwendungszentrum KEIM (Kompetenzentrum für energetische und informationstechnische Mobilitätsschnittstellen).

Die Studie ergibt zusammen mit den Ergebnissen der „Strukturstudie BW<sup>e</sup> mobil 2011“ einen weitreichenden Überblick über das Gesamtsystem Elektromobilität und die zahlreichen Aktivitäten im Land sowie eine umfassende Einschätzung bezüglich der Potentiale und Risiken für baden-württembergische Akteure. Die Befähigung und Einbindung kleiner und mittlerer Unternehmen ist dabei eine wesentliche Voraussetzung für die internationale



Wettbewerbsfähigkeit Baden-Württembergs. Entscheidend für die Systeminnovation Elektromobilität ist jedoch die Koordination der an der Innovation beteiligten Industrien, wissenschaftlichen Einrichtungen und der verantwortlichen Ministerien. Nur so können Ideen und Ansätze in Produkte und Lösungen überführt werden, die eine Akzeptanz auf dem Markt finden und so die Wirtschaftskraft stärken und moderne Arbeitsplätze schaffen. Das Land Baden-Württemberg hat 2010 mit der Landesagentur e-mobil BW eine entsprechende Schnittstelle zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft geschaffen, um das Gesamtsystem Elektromobilität zu entwickeln und voranzutreiben.

Dr. Nils Schmid MdL  
Stellvertretender Ministerpräsident und Minister für Finanzen  
und Wirtschaft des Landes Baden-Württemberg

Franz Loogen  
Geschäftsführer e-mobil BW GmbH

# Kapitel 1

## AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG

Mobilität ist ein Grundbedürfnis unserer modernen Gesellschaft und seit Jahrhunderten die Triebfeder für Wachstum und Fortschritt. Wie schon in der Vergangenheit wird auch zukünftig das Bedürfnis nach Mobilität weiter anwachsen. Dabei werden die Veränderungsprozesse, die schon heute das Mobilitätsverhalten ergriffen haben, weiter fortschreiten. Die Gründe hierfür sind sehr vielfältig: Berufliche Tätigkeiten verlangen mehr Flexibilität, eine zunehmende Urbanisierung verlangt nach innovativen Mobilitätskonzepten, begrenzte Ressourcen verlangen nach neuen Technologien und Umweltaforderungen verlangen nach einer höheren Energieeffizienz. Um all diesen Anforderungen und Einflussfaktoren gerecht zu werden, benötigen wir neue intermodale Mobilitätskonzepte sowie leistungsfähige IKT-Lösungen, die alle Mobilitätsressourcen intelligent vernetzen und den Nutzern komfortabel zur Verfügung stellen. Einen wichtigen Beitrag für die individuelle Mobilität der Zukunft – vor allem, aber nicht nur, in Städten und Ballungsgebieten – werden dabei moderne Elektrofahrzeuge und intermodale Mobilitätskonzepte leisten.

Baden-Württemberg geht hier als Vorreiter voran. Mit der erfolgreichen Teilnahme am Spitzenclusterwettbewerb des Bun-

desministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), unterstützt durch die Förderung von Bund und Land, bietet der Spitzencluster „Elektromobilität Süd-West“ eine gute Grundlage für die Industrialisierung der Elektromobilität. Im baden-württembergischen Schaufenster „LivingLab BW<sup>®</sup> mobil“, gefördert durch die Bundesregierung und unterstützt durch das Land Baden-Württemberg und die Region Stuttgart, wird die Anwendung neuer Mobilitätslösungen erforscht. Weitere zahlreiche, in Baden-Württemberg beheimatete Projekte befördern das Thema und machen Elektromobilität auch für Bürgerinnen und Bürger erleb- und nutzbar.

Dennoch stehen wir, insbesondere im Systemzusammenhang gedacht, in der Elektromobilität noch am Anfang, denn die Entwicklung hin zur Elektromobilität stellt enorme Herausforderungen an die Automobilindustrie, eine tragende Säule der Wirtschaft in Baden-Württemberg. Neue Technologien müssen in die Fahrzeuge integriert und neue Produktionsverfahren angewendet werden, bei gleichzeitiger Weiterentwicklung bestehender Antriebskonzepte. Die daraus resultierenden Konsequenzen für den Standort Baden-Württemberg wurden bereits in der „Strukturstudie BW<sup>®</sup> mobil“ umfassend dargestellt.<sup>1</sup> Durch Elektromobilität initiierte Veränderun-

gen betreffen aber nicht nur die Fahrzeuge an sich, sondern spielen auch für Energiewirtschaft, Fahrzeugflotten, Verkehrsmanagement, Stadtgestaltung und nicht zuletzt für den Nutzer selbst eine große Rolle. In diesem Gesamtkontext dienen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) als Rückgrat, denn durch sie kann eine reibungslose Verknüpfung zwischen den Mobilitätsressourcen wie Fahrzeug, Ladeinfrastruktur und dem Nutzer aber auch zwischen verschiedenen Mobilitätslösungen geschaffen werden. Sie ermöglichen und erleichtern ein effizientes Wirken und Zusammenwirken aller Bereiche und Technologiezweige.

### Definition

#### „Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)“

Unter IKT versteht man die Gesamtheit aller Systeme und deren Elemente, die zur maschinellen oder maschinell unterstützten Erzeugung, Speicherung, Verarbeitung oder Übertragung von Informationen dienen, einschließlich der Programme und der technischen Voraussetzungen für die Kommunikation. Die IKT ist somit eine Schnittstellentechnologie für die Vernetzung von Infrastruktur- und Fahrzeugkomponenten sowie zur Information und Interaktion durch den menschlichen Nutzer.

Mit der hier vorliegenden Studie werden die Grundlagen innovativer Mobilitätslösungen und zukünftiger Konzepte, unter der besonderen Berücksichtigung der daraus resultierenden Anforderungen an die IKT herausgearbeitet. Einen zentralen Punkt stellt dabei die Betrachtung zukünftiger Elektromobilitätslösungen und aller Schnittstellen dar, die für das Gesamtsystem Elektromobilität von Bedeutung sind, einschließlich der Energie- und Ladeinfrastruktur. Neben der Darstellung verschiedener Wege in die Elektromobilität von der Industrialisierung und Nutzung im Individualverkehr über den Einsatz in Flotten bis hin zu intermodalen Mobilitätskonzepten liegt ein starker Fokus auf der Analyse des Landes Baden-Württemberg und seiner Rolle bei der Weiterentwicklung und Etablierung der Elektromobilität. Hierfür werden die Bereiche Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Energie- und Ladeinfrastruktur einer Marktanalyse unterzogen, um die Ausgangslage und die Innovationskraft des Landes in diesen wesentlichen Technologiezweigen für zukünftige Mobilitäts-

lösungen darzustellen. Einen zentralen Stellenwert nehmen dabei die in Baden-Württemberg durchgeführten bzw. gegenwärtig laufenden Forschungsprojekte und Initiativen ein, die als ein wesentlicher Faktor bei der Gestaltung und Umsetzung des technologischen und gesellschaftlichen Wandels angesehen werden können (siehe Abbildung 1.2).

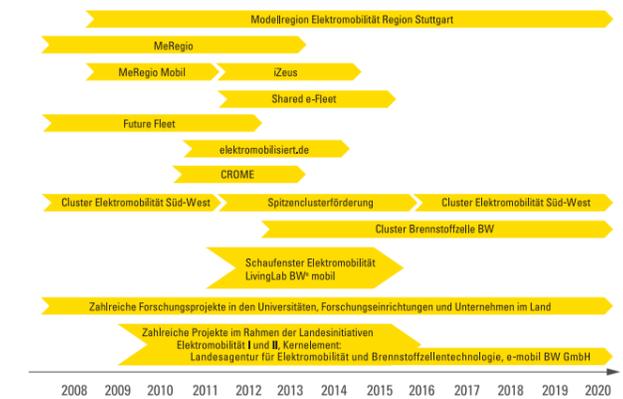


Abbildung 1.2: Auszug von Forschungs- und Demonstrationsprojekten in Baden-Württemberg (Stand 2013)<sup>1</sup>

Aufbauend und ergänzend zur Strukturstudie BW<sup>®</sup> mobil 2011, welche insbesondere die fahrzeug- und produktionstechnische Perspektive aufzeigt, werden anschließend die Herausforderungen und Perspektiven für Baden-Württemberg hinsichtlich Technologien, Infrastruktur und Wirtschaft für die Bereiche IKT, Flotten, Energie- und Ladeinfrastruktur eingehend betrachtet. Im Rahmen der Studie wurden hierfür umfangreiche Sekundärdatenrecherchen und eigene Analysen durchgeführt. Ergänzt und validiert wurden die Aussagen anhand von telefonischen Interviews mit mehreren Experten aus Industrie und Forschung. Eingeflossen sind ebenfalls Ergebnisse abgeschlossener bzw. Aufgaben und Ziele aktuell laufender Forschungsprojekte – schwerpunktmäßig aus Forschungsinitiativen wie dem Schaufenster „Elektromobilität“ (Leitmarkt - Geschäftsmodelle/Alltagstauglichkeit) und dem Spitzencluster „Elektromobilität Süd-West“ (Leitanbieter - Industrialisierung), die in ihrer Kombination von Leitanbieter und Leitmarkt eine große Katalysatorwirkung darstellen und sich in ihrer Wirkung gegenseitig perfekt ergänzen.

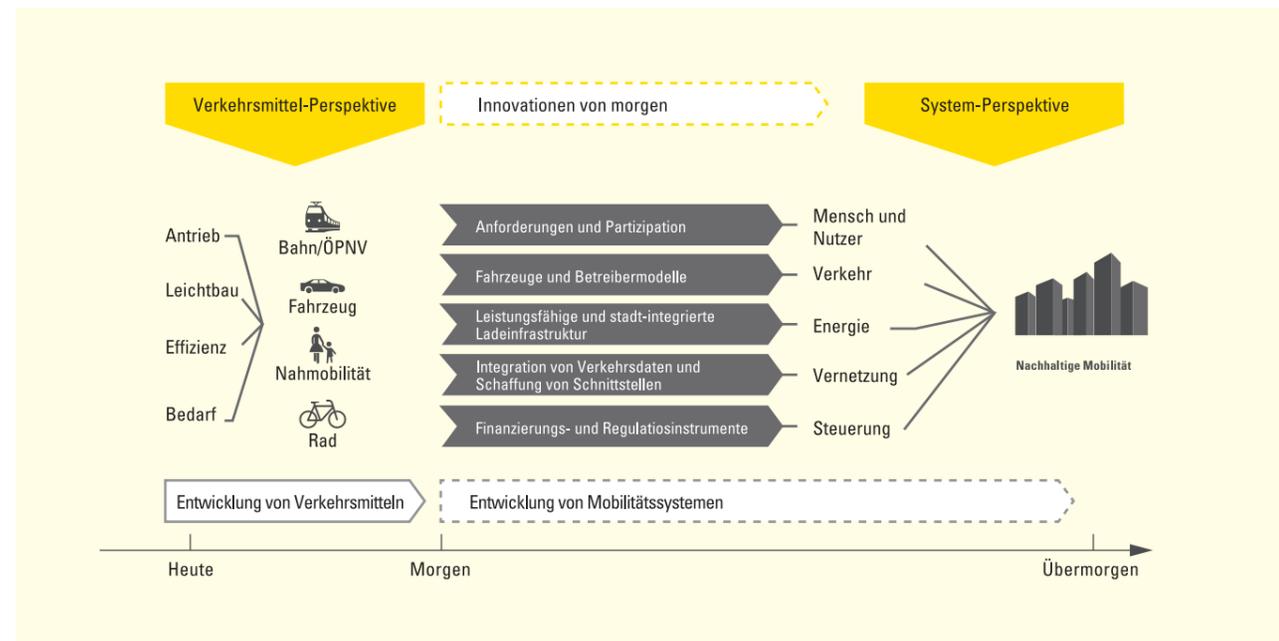


Abbildung 1.1: Elektromobilität als Katalysator<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BW<sup>®</sup> mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität. 2. geänd. Aufl.

<sup>2</sup> Eigene Darstellung

<sup>1</sup> Eigene Darstellung

# DAS SYSTEM ELEKTROMOBILITÄT

In diesem Kapitel wird eine technologische Beschreibung der IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen gegeben. Unter dem Begriff Energieinfrastruktur wird auf der einen Seite das in Deutschland vorhandene Stromnetz verstanden, welches den generierten Strom von der Erzeugung bis hin zum jeweiligen Endabnehmer überträgt. Vorhandene Netzstrukturen werden dabei genauso beschrieben wie zukünftige Konzepte zur intelligenten Vernetzung von Stromerzeugern, Verbrauchern und Netzkomponenten (Smart Grid). Auf der anderen Seite wird die an das Stromnetz anschließende Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge betrachtet. Dazu gehören die technischen Möglichkeiten für die Realisierung des „letzten Meters“, die notwendig sind, um Elektrofahrzeuge intelligent mit dem Stromnetz zu verbinden.

Weiterhin werden im Rahmen der IKT-Infrastruktur die einzelnen Schnittstellen des Systems Elektromobilität untersucht, in denen IKT-Komponenten zum Tragen kommen. Die für die Information und Kommunikation relevanten Komponenten im Fahrzeug werden vorgestellt und verschiedene Modelle und Managementsysteme für Fahrzeugflotten, sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr, betrachtet. Im Fahrzeugumfeld werden darüber hinaus die besonderen Bedürfnisse an eine Verkehrsinfrastruktur im urbanen Raum analysiert.

Neben der Verkehrssteuerung können IKT-Anwendungen auch zu

einer effizienteren Energieversorgung beitragen, was durch eine intelligente Vernetzung in Wohnhäusern und gewerblich genutzten Gebäuden erreicht werden kann. Abschließend wird auf die Vermischung bestehender Verkehrsträger hin zu vernetzten, intermodalen Mobilitätslösungen eingegangen und der Trend zum mobilen Nutzer veranschaulicht.

## 2.1 STROMVERSORGUNG UND NETZINFRASTRUKTUR

### AUFBAU DER STROMVERSORGUNG IN DEUTSCHLAND UND BADEN-WÜRTTEMBERG

Das Stromnetz in Deutschland gliedert sich in vier verschiedene Spannungsebenen. Im **Höchstspannungsnetz** speisen Großkraftwerke ihre Energie ein und das Netz ist auf dieser Ebene in das europäische Verbundnetz eingebettet. Das Höchstspannungsnetz dient in erster Linie zur Verteilung des Stroms über große Distanzen, aber auch zur Versorgung großer Industriebetriebe und zur Anbindung von Großkraftwerken. Um die Verluste für den Stromtransport gering zu halten, wird mit sehr hohen Spannungen von 220 bis 380 kV gearbeitet. In größeren Umspannwerken werden diese Spannungen auf 60 bis 220 kV in die **Hochspannungsebene** heruntertransformiert und lokale Stromversorger, größere Gewerbebetriebe, Industrieanlagen und das Netz der Bahn beliefert.

Über weitere Umspannwerke wird auf eine Spannung von 1 bis 60 kV reduziert. Über dieses sogenannte **Mittelspannungsnetz** werden mittlere Gewerbe- und Industriebetriebe mit Strom versorgt sowie die Umspannstationen für die **Verteilnetze**. In der Verteilerebene, den sogenannten Niederspannungsnetzen, liegen Spannungen von 230 V bzw. 400 V vor.<sup>1</sup> Das gesamte deutsche Stromnetz hat eine Länge von etwa 1,8 Mio. Kilometern (Stand 2011).<sup>2</sup>

Im klassischen Sinne waren die Netze dafür ausgelegt, von Großkraftwerken zentral erzeugten Strom aus den Höchstspannungsnetzen unidirektional in die niedrigeren Spannungsebenen zu verteilen. In den heutigen Netzen speisen Energieerzeuger aber zunehmend auch dezentral in die niedrigeren Spannungsebenen Strom ein.

Bei dem deutschen Netz handelt es sich um ein Dreileiter-Drehstromnetz mit drei spannungsführenden Leitungen (Phasen). Um die Verwendung von nur einer Phase im Ortsnetz zu ermöglichen,

wird ein zusätzlicher Leiter, der sogenannte Nullleiter, in den Umspannstationen generiert und zu den Hausanschlüssen geführt. Unter Verwendung aller drei Phasen im Ortsnetz erhält man eine Spannung von 400 V, bei Verwendung einer Phase in Verbindung mit dem Nullleiter ergibt sich eine Spannung von 230 V. Für zusätzliche Sicherheit wird im Hausanschlusskasten vom Nullleiter noch der im Normalfall stromfreie Schutzleiter abgezweigt.

In deutschen Haushalten sind sogenannte Schuko-Steckdosen (Schutzkontaktsteckdosen) für den Anschluss von elektrischen Verbrauchern an das Stromnetz üblich. Diese Steckdosen sind mit einer Phase, dem Nullleiter und dem Schutzleiter verbunden und liefern eine Spannung von 230 V. Für den Anschluss von Drehstromgeräten werden spezielle Industriestecker (CEE-Stecker) verwendet, die neben dem Schutzleiter und dem Nullleiter mit allen drei Phasen bei einer Spannung von 400 V versorgt werden.<sup>4</sup>

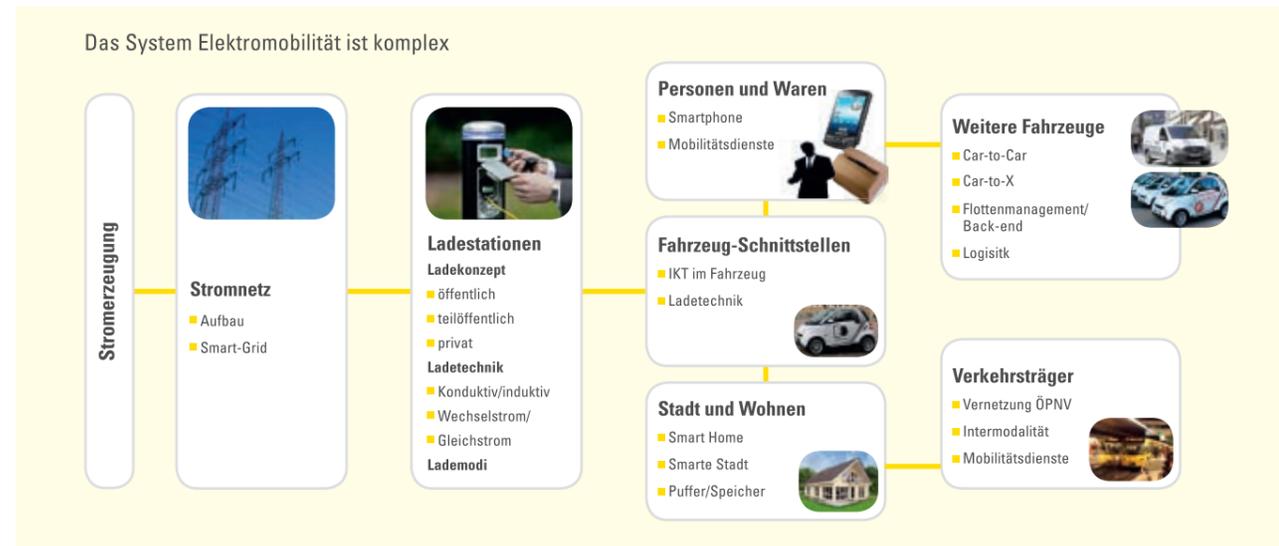


Abbildung 2.1: Das System Elektromobilität<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eigene Darstellung

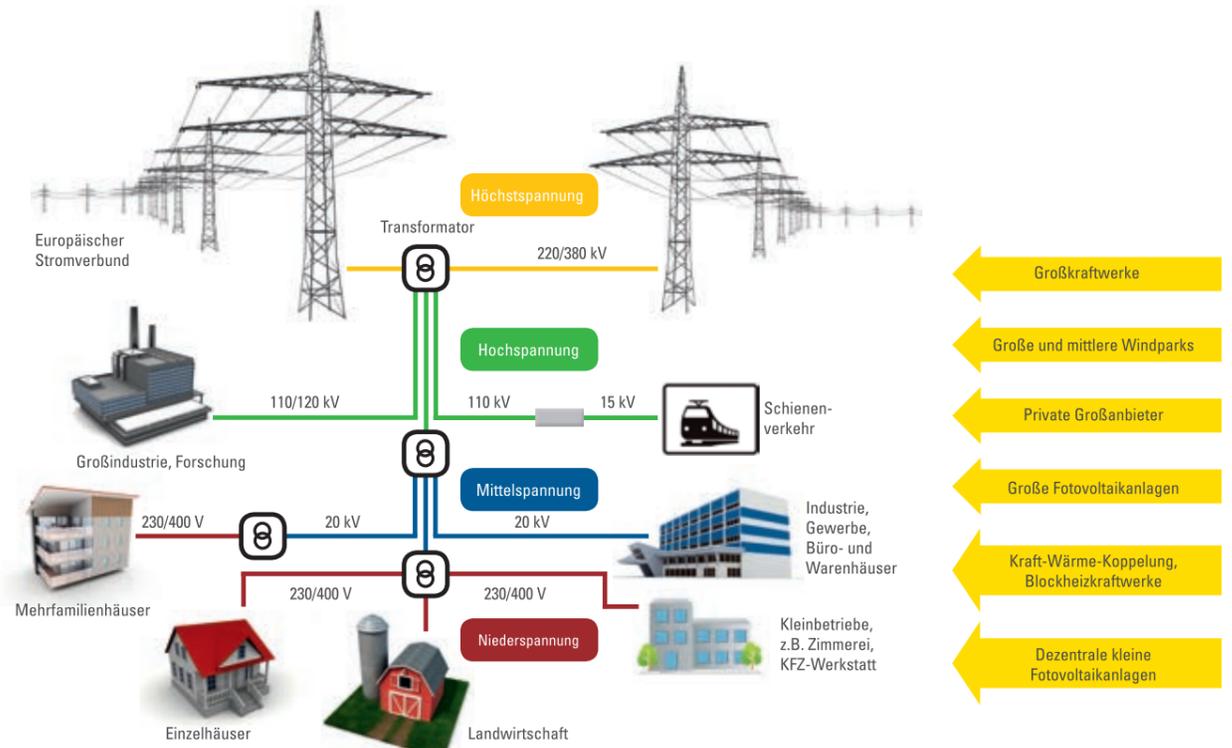


Abbildung 2.2: Stromversorgung und Netzstruktur in Deutschland<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Wagner, H.F. (2012): Struktur des deutschen Stromnetzes

<sup>2</sup> Bundesnetzagentur (2012): Erster Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“

<sup>3</sup> Eigene Darstellung, nach Wagner, H.F. (2012): Struktur des deutschen Stromnetzes; LandEnergie: Stromverteilung

<sup>4</sup> Weiterführende Literatur: Heuck, K., Dettmann, K.D. (1992): Elektrische Energieversorgung

## Kapitel 2

Um eine hohe Spannungsqualität zu gewährleisten, d. h. um stabile Netzspannungen und, wichtiger noch, eine stabile Netzfrequenz zu sichern, muss zu jedem Zeitpunkt dieselbe Strommenge in das Netz eingespeist werden, die in diesem Moment auch verbraucht wird. Kommt es zu größeren Diskrepanzen, können Kraftwerksausfälle und Netzzusammenbrüche die Folge sein. Für einen Abgleich von Angebot und Nachfrage werden Stromlieferanten und Stromkunden in Bilanzkreisen zusammengefasst und der jeweilige Energiebedarf wird mithilfe von Lastprognosen, basierend auf statistischen Verbrauchsdaten, zeitnah abgeschätzt. Solche Lastprognosen werden in der Regel mit einem Tag Vorlauf erstellt und sukzessive angepasst. Die Erzeugung oder der Zukauf elektrischer Energie durch die Stromlieferanten wird permanent dem erwarteten Bedarf im jeweiligen Bilanzkreis angepasst. Da die Lastprognosen im Allgemeinen mit Unsicherheiten behaftet sind, müssen die Übertragungsnetzbetreiber jederzeit positive oder negative Ausgleichsenergie bereithalten. Da allerdings zahlreiche Bilanzkreise existieren, können sich positive und negative Bilanzabweichungen der einzelnen Bilanzkreise teilweise kompensieren. Lediglich Prognoseabweichungen für eine gesamte Regelzone müssen durch sogenannte Regelleistungen ausgeglichen werden.

Basis der Stromversorgung bilden sogenannte Grund- und Mittellastkraftwerke. Als Grundlast bezeichnet man die Verbrauchsleistung, die zu jedem Zeitpunkt des Tages mindestens abgerufen wird. Sie wird vor allem von Kernkraftwerken, Kohlekraftwerken und in geringerem Maße auch von Laufwasserkraftwerken aufgebracht. Grundlastkraftwerke werden in der Regel Tag und Nacht betrieben und erzeugen möglichst billigen Strom bei relativ konstanter Last. Mittellastkraftwerke werden zur Deckung des erhöhten Strombedarfs am Tage herangezogen. Sie können in weiten Leistungsbereichen geregelt werden und folgen einem durch die Verbrauchsprognosen festgelegten Lastplan. Hierfür werden vor allem Steinkohlekraftwerke verwendet. In Spitzenlastzeiten oder bei unerwarteten Leistungsanforderungen können darüber hinaus Kraftwerke mit sehr kurzen Anfahrzeiten wie Gas- und Pumpspeicherkraftwerke hochgefahren werden. Diese Kraftwerke sind in der Regel nur wenige Stunden am Tag in Betrieb und für die Energieversorger mit deutlich höheren Kosten verbunden. In Baden-Württemberg lag der Stromverbrauch im Jahr 2010 bei 81,43 TWh. Den größten Anteil daran hatte der Bereich „Verarbeitendes Gewerbe und Bergbau“ mit 34,5 Prozent, gefolgt von den

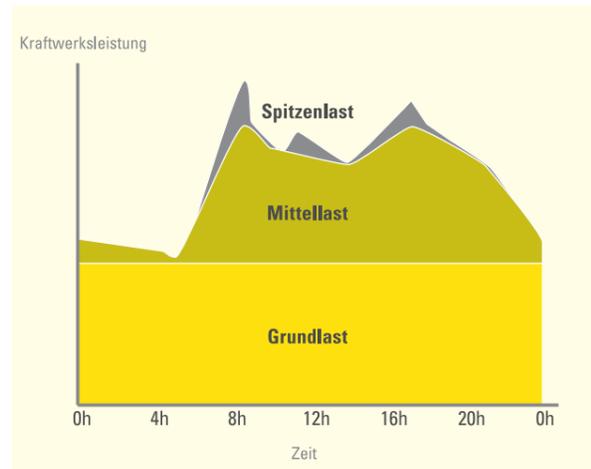


Abbildung 2.3 Stromverbrauch im Tagesverlauf<sup>1</sup>

sonstigen Verbrauchern mit 27,9 Prozent und den Haushalten mit 25 Prozent. Der Verkehr – hier maßgeblich der elektrische Schienenverkehr – hatte lediglich einen Anteil von 2,0 Prozent und lag damit im Bereich der Netzverluste mit 1,8 Prozent.<sup>2</sup>

Mit 43 Prozent stammte im Jahr 2011 der Großteil des in Baden-Württemberg produzierten Stroms aus Kernkraftwerken. An zweiter Stelle lagen die fossilen Brennstoffe Steinkohle und Erdgas mit zusammen 32,1 Prozent, gefolgt von den erneuerbaren Energieträgern, die insgesamt einen Anteil von 9,9 Prozent an der Bruttostromerzeugung ausmachten.<sup>3</sup> Im Vergleich zu der gesamtdeutschen Stromerzeugung ist die Kernenergie damit in Baden-Württemberg überproportional vertreten. Der Anteil an fossilen Energiequellen ist dagegen deutlich geringer. Mit einem Anteil von 19,9% für erneuerbare Energieträger an der Gesamtstromerzeugung liegt Baden-Württemberg im bundesweiten Durchschnitt. Im Potenzialatlas „Erneuerbare Energien“ wird aufgezeigt, wie die von der EU bis 2020 aufgestellten Ziele zur Umstellung auf erneuerbare Energien in Deutschland umgesetzt werden. Dies beinhaltet sowohl die Dokumentation der in den letzten Jahren bereits erreichten Ergebnisse, als auch die Darstellung der ökonomischen und ökologischen Chancen und Potenziale, die der Umstellungsprozess in sich birgt.<sup>4</sup>

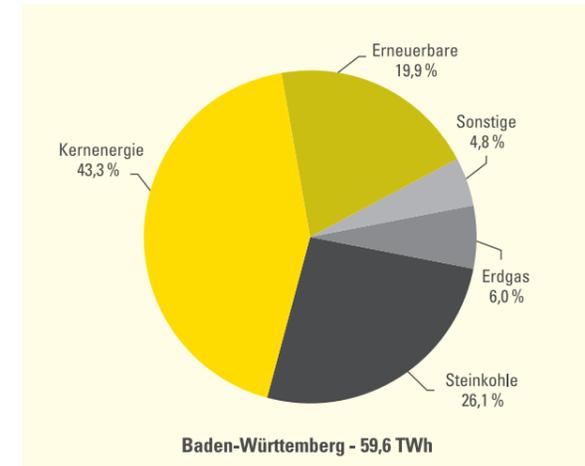
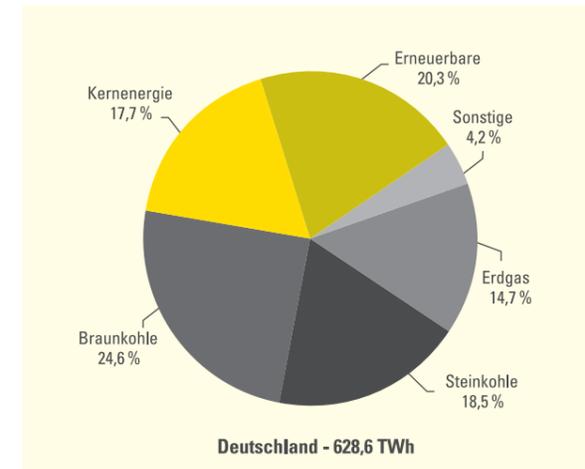


Abbildung 2.4: Stromezeugung in Deutschland und Baden-Württemberg<sup>1</sup>

Das mit Abstand größte Energieversorgungsunternehmen in Baden-Württemberg ist mit circa sechs Mio. Kunden, annähernd 20.000 Mitarbeitern, einem Jahresumsatz (2012) von rund 18 Mrd. Euro und einem Stromabsatz von über 150 TWh die EnBW AG.<sup>2</sup>

### AUF DEM WEG ZUM SMART GRID

Der zunehmende Ausbau der Stromerzeugung mit erneuerbaren Energiequellen stellt große Herausforderungen an die Stromnetze der Zukunft. Stromerzeugung und Stromverbrauch werden immer

mehr räumlich und zeitlich voneinander entkoppelt. Es befinden sich bereits heute sehr viele Windkraftanlagen im Norden Deutschlands mit einer abnehmenden Anlagendichte hin zum südlichen Deutschland. Beim Stromverbrauch ergibt sich aber eine genau umgekehrte Verteilung. Während in den nördlichen und östlichen Regionen vergleichsweise wenig Energie verbraucht wird, führen wirtschaftsstarke Regionen wie Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg die Liste der stärksten Stromverbraucher an.<sup>3</sup>

»Das deutsche Stromnetz ist vergleichsweise gut ausgebaut. In einzelnen Fällen kann es aber heute schon zu lokalen Überlastungen durch dezentrale Einspeiser kommen. Dieser Trend wird sich in den kommenden Jahren verstärken.«

»Eine intelligente Vernetzung zu einem Smart Grid erfordert hohe Investitionen. Diese sind aber zwingend notwendig, um auch zukünftig den Strompreis im Rahmen zu halten. Ein Ausbau der Netze ohne effizienzsteigernde IKT-Strukturen wäre deutlich teurer.«

Dirk Netzbandt,  
Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

Strukturelle Veränderungen in der Netzarchitektur ergeben sich auch durch die zunehmend dezentralen Stromeinspeisungen. Während in den letzten Jahrzehnten der Strom in der Regel ausschließlich im Höchstspannungsnetz durch Großkraftwerke eingespeist wurde, kommt es heute vermehrt zur Stromerzeugung in allen Spannungsebenen, von größeren Windparks im Hochspannungsnetz bis zur privaten Fotovoltaikanlage im Niederspannungsnetz. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kraftwerken kann bei den erneuerbaren Energiequellen die Leistung auch zeitlich nicht mehr dem Bedarf angepasst werden. So hat man beispielsweise im Winter die wenigsten Sonnenstunden, aber bekanntlich den höchsten Energieverbrauch. Windkraftanlagen müssen in Schwachlastzeiten manchmal sogar abgeschaltet werden. Die Vorhersage und der Ausgleich von Stromerzeugung und Strombedarf durch die Stromanbieter werden sowohl in planerischer als auch in technischer Hinsicht zunehmend erschwert. Für eine sichere Energieversorgung müssen in Zukunft sämtliche Netzkomponenten zur effizienten Abstimmung und Steuerung in einem sogenannten

<sup>1</sup> Eigene Darstellung

<sup>2</sup> Statistisches Landesamt BW (2013): Energiebericht 2012

<sup>3</sup> Statistisches Landesamt BW (2013): Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg 1973 bis 2012

<sup>4</sup> LUBW(2013): Potenzialatlas „Erneuerbare Energien“

<sup>1</sup> Eigene Darstellung; Statistisches Bundesamt (2013): Bruttostromerzeugung in Deutschland für 2010 bis 2012;

Statistisches Landesamt BW (2013): Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg 1973 bis 2012

<sup>2</sup> <http://www.enbw.com/>

<sup>3</sup> Vgl. IWR: Entwicklung des Gesamt-Stromverbrauchs in den Ländern

## Kapitel 2

Smart Grid (intelligentes Netz) kommunikativ miteinander vernetzt werden. Dazu gehören Stromerzeuger, Stromspeicher, elektrische Verbraucher sowie die Betriebsmittel in Energieübertragungs- und Verteilungsnetzen. In Baden-Württemberg finden hierzu umfangreiche Forschungsarbeiten im Rahmen des Förderprogramms E-Energy als auch im Spitzencluster „Elektromobilität Süd-West“ und im baden-württembergischen Schaufenster Elektromobilität „LivingLab BW<sup>®</sup> mobil“ statt, auf die im weiteren Verlauf dieser Studie noch eingegangen wird.

Historisch gesehen haben sich Strom- und IKT-Netze weitestgehend unabhängig voneinander entwickelt. Heute wirken sich die rasanten Entwicklungen in den Informationstechnologien verstärkt auch auf den Stromnetzbereich. Die Verflechtungen sind dabei schon so stark, dass in einigen Ländern bereits Internettechnologien Einzug in den Stromnetzbetrieb gefunden haben.

Vor allem in den höheren Netzebenen der Mittel- und Hochspannung werden Netzkomponenten zur Fernüberwachung und Fernsteuerung über Lichtwellenleiter, Richtfunk oder auch Powerline-Kommunikationssysteme (PLC) mit zentralen Leitstellen verbunden. Zukünftig müssen die vorhandenen Informations- und Kommunikationsanbindungen weiter auf die Mittel- und Niederspannungsnetze ausgedehnt werden, um auch die wachsende Zahl an dezentralen Erzeugern und die Verbraucher in aktiven Verteilernetzen zusammenzufassen. Viele kleinere Stromerzeuger, die heute im Las-

tenmanagement kaum Berücksichtigung finden, können so als größere, virtuelle Kraftwerke behandelt und gesteuert werden. Für einen stabilen und effizienten Netzbetrieb können Parameter wie die Netzspannung und Frequenz an kritischen Punkten gemessen und zentral ausgelesen werden, um bei Bedarf durch Zu- oder Abschalten von Erzeugern, Verbrauchern oder Stromspeichern reagieren zu können.

Ein zentrales Element für Smart-Grid-Anwendungen können an der Schnittstelle zum Endkunden sogenannte Smart Meter (intelligente Stromzähler) darstellen. Für diese elektronischen Zähler ist eine Vielzahl an Funktionen denkbar:

- Regelmäßige Fernauslese des Stromverbrauchs, z. B. einmal im Monat
- Visualisierung des Stromverbrauchs in kurzen Zeitintervallen, minuten- oder sekundengenau, für mehr Transparenz beim Endkunden
- Messung und Übertragung von Netzparametern wie Spannung und Frequenz zur Kontrolle der lokalen Netzbelastung
- Verbrauchssteuerung durch Preisanreize über zeitlich variierende Tarife
- Lastenmanagement durch Zu- und Abschalten von unkritischen Verbrauchern wie beispielsweise Wärmepumpen oder Nachtspeicherheizungen
- Integration dezentraler Stromerzeuger, z. B. Fotovoltaikanlagen

### Energiesystem der Zukunft

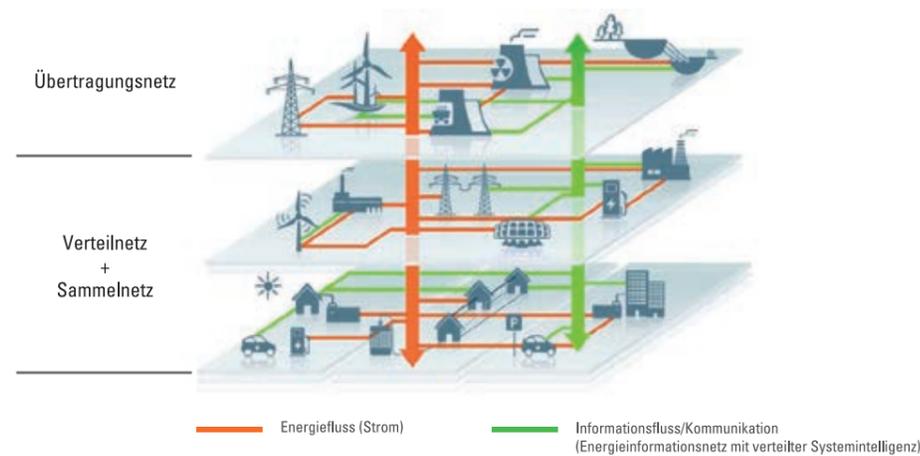


Abbildung 2.5 Intelligentes Energiesystem der Zukunft<sup>1</sup>

<sup>1</sup> In Anlehnung an: [www.energie.kit.edu/120%20Rahmenseite%20Problemstellung.php](http://www.energie.kit.edu/120%20Rahmenseite%20Problemstellung.php)

»Wann intelligente Zähler in Deutschland bzw. Baden-Württemberg flächendeckend eingesetzt werden, lässt sich heute noch nicht absehen.«

Dr. Alois Kessler, Forschung und Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

»Das häufige Auslesen intelligenter Stromzähler wirft datenschutzrechtliche Fragen auf. Lastenprofile in hoher zeitlicher Auflösung können viel über die Lebensgewohnheiten der Kunden aussagen, diesem Aspekt muss bei den IKT-Lösungen und in der Kundenbeziehung Rechnung getragen werden.«

Dirk Netzbandt, Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

Smart Meter und weitere Smart-Grid-Komponenten können auf unterschiedliche Weisen mit einem Datenerfassungsnetzwerk verbunden werden. Zunächst besteht die Möglichkeit der Nutzung öffentlicher Kommunikations- und Mobilfunknetze, z. B. über GSM (GPRS) oder UMTS. Nachteilig sind hier aber die teilweise eingeschränkte Verfügbarkeit, die begrenzten Übertragungsraten und die relativ hohen Kosten. Besser geeignet erscheinen digitale Funktechnologien, die sich mit verhältnismäßig geringen Kosten errichten und dem wechselnden Bedarf flexibel anpassen lassen. Im Funkbereich eignen sich hauptsächlich schmalbandige Technologien, da breitbandige Übertragungen, z. B. über WiMAX oder WLAN, problematisch bezüglich der Reichweite und der Erreichbarkeit sind. Da jeder Stromzähler naturgemäß mit dem Stromnetz verbunden ist, könnte die Datenübertragung alternativ auch mittels PLC-Technologien über die Stromleitungen und Kabel durchgeführt werden. Sowohl für die Funk- als auch für die PLC-Kommunikation bietet sich die Verwendung von lokalen Konzentratoren, z. B. in nahe liegenden Umspannstationen an. Von diesen Punkten aus könnten die Signale beispielsweise über Glasfaseranbindungen effizient und sicher weitergeleitet werden. Die erforderlichen Datennetze sind heute aber weitestgehend nicht vorhanden. Vorteilhaft hinsichtlich Kosten und möglicher Übertragungsraten wäre nicht zuletzt ein Datentransfer über vorhandene Breitband-Internetschnittstellen. Sehr

hohe Kosten würden hier aber bei eventuell notwendigen Neuinstallationen solcher Anschlüsse entstehen.

»PLC-Anbindungen können nur geringe Bandbreiten übertragen. Die steigenden Kommunikationsanforderungen erfordern längerfristig performantere Systeme zur Datenübertragung, wie sie heute beispielsweise schon Glasfaserleitungen bieten können. Wie die letzte Meile zum Kunden tatsächlich aussieht, hängt auch vom Geschäftsmodell ab.«

Dirk Netzbandt, Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

Unabhängig von der letztendlich verwendeten Kommunikationsinfrastruktur könnte die Vernetzung intelligenter Stromzähler für eine flächendeckende Datensammlung im Niederspannungsnetz eine weitergehende Optimierung der Netzstruktur unterstützen sowie verbesserte Prognosen durch genauere und zeitnahe Verbrauchsanalysen ermöglichen.

#### Kernergebnis:

Die Anforderungen an die Stromnetze steigen in Zukunft vor allem durch die zunehmende Einbindung dezentraler und zeitlich variabler, erneuerbarer Energiequellen. Zur Steigerung der Effizienz ist eine intelligente Vernetzung von Verbrauchern, Erzeugern und Netzkomponenten in sogenannten Smart Grids erforderlich, was zu einer starken Verflechtung von Strom- und IKT-Netzen führt. Über intelligente Stromzähler müssen dabei auch die Haushalte mit eingebunden werden.

»Ein Smart Grid bzw. intelligentes Netz bedeutet mehr als nur intelligente Zähler beim Stromkunden. Komponenten im Verteil- und Niederspannungsnetz müssen kommunikativ und messtechnisch eingebunden werden, um auch lokal Erzeuger und Verbraucher optimal aufeinander abzustimmen.«

Dr. Alois Kessler, Forschung und Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

### Powerline-Kommunikation (PLC)

Bei der Powerline-Kommunikation werden die Stromversorgungskabel zusätzlich auch für die Übertragung von Daten genutzt. Diese werden im kurzwelligen Bereich bis 30 MHz bei einer Datenrate von bis zu 350 MBit/s übertragen. Durch diese Technologie können bestehende Stromversorgungsnetze für die Datenübertragung genutzt werden und es müssen hierfür keine separaten Leitungen verlegt werden. Die PLC lässt sich in drei verschiedene Klassen unterteilen: schmalbandige PLC mit geringer Datenrate, schmalbandige PLC mit hoher Datenrate und breitbandige PLC. Heutige PLC-Technologien arbeiten hauptsächlich im schmalbandigen Frequenzbereich von 3 bis 148 kHz.

Für die PLC-Technik sind vor allem drei Einsatzszenarien interessant:

- Die Datenübertragung zwischen Installationseinrichtungen der Stromversorgung und dem Hausanschluss, die sogenannte „letzte Meile“ zum Kunden
- Die Datenübertragung für die interne Vernetzung elektronischer Geräte innerhalb eines Haushalts
- Die Datenübertragung zur Steuerung und Überwachung von Ladevorgängen elektrischer Fahrzeuge an einer Ladeinfrastruktur

Für das erste Szenario sind an den Ortsnetz-Trafostationen und im Hausanschluss Trägerfrequenzanlagen nötig, die die Datenströme von der Stromversorgung entkoppeln bzw. die Datensignale auf die Stromversorgung aufmodulieren. Solche Anlagen werden heute beispielsweise für die Kommunikation mit intelligenten Stromzählern verwendet.

Im zweiten Szenario werden Datenmodems direkt mit den Steckdosen der Hausinstallation verbunden. Die Technik dient hier häufig dem Aufbau eines hausinternen Netzwerks für Computer und stellt damit eine Alternative zu den weit verbreiteten WLAN-Funknetzwerken dar. Weitere Anwendungen sind Gegensprechanlagen und Babyphone.

Die PLC bringt im Allgemeinen eine Reihe von Problemen mit sich, weshalb der Breitband-Einsatz, beispielsweise für Internet- und Telefondienstleistungen, seit Anfang dieses Jahrtausends kaum noch weiter verfolgt wird. Problematisch ist vor allem die schlechte Abschirmung der Stromkabel, die ja ursprünglich nicht für den Datentransfer konzipiert wurden. Die Kabel wirken bei höheren Frequenzen wie Antennen, die unerwünschte Störsignale aussenden. Dadurch kommt es vor allem im kurzwelligen Bereich zu starken Störungen von Rundfunk- und Notrufsignalen sowie zu einer negativen Beeinflussung von Navigationsdiensten und Flugfunk. Hier kann es auch zu impulsartigen Störungen durch Ein- und Ausschaltvorgänge und zu hohen Spannungsschwankungen kommen, die eine Übertragung stark beeinträchtigen. Daneben wird auch die Datensicherheit bei PLC-Systemen kritisiert. Da viele Anwender über das Stromnetz miteinander verbunden sind, besteht prinzipiell die Möglichkeit, dass Datentransfers aufgezeichnet und mitgelesen werden können.<sup>1</sup>

### 2.2 LADEKONZEPTE FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

Für das Laden von Elektrofahrzeugen kommen verschiedene Konzepte mit unterschiedlichen Anforderungen an die Lade- und Netzinfrastruktur infrage. Folgende Szenarien sind grundsätzlich denkbar:

- Laden an einem privaten Stellplatz, in einem Carport oder in einer Garage
- Laden an einem Stellplatz an der Arbeitsstätte
- Laden an einem öffentlichen Stellplatz, z. B. auf Parkplätzen oder am Straßenrand
- Laden an einem semi-öffentlichen Stellplatz wie Kundenparkplätzen von Restaurants und Geschäften oder in Parkhäusern
- Laden von Flottenfahrzeugen an einem Flottenstützpunkt
- Laden an einer Schnellladestation (Stromtankstelle)
- Austausch der leeren Batterie an einer Wechselstation

Die Lademöglichkeiten lassen sich grob in die Kategorien Normalladung (privat/semi-öffentlich), Schnellladung („Strom tanken“) und Batteriewechsel einteilen.

#### LADEVERFAHREN IM ÜBERBLICK

Die Begriffe Normalladung und Schnellladung sind nicht eindeutig definiert und werden oft unterschiedlich interpretiert. Im Allgemeinen sind verschiedene Ladeverfahren in der internationalen Norm IEC 61851 festgelegt, die im Januar 2012 als deutsche Fassung erschienen ist.<sup>1</sup> Folgende Lademodi werden darin beschrieben:

##### Mode 1:

Bei diesem Lademodus ist das Ladegerät im Fahrzeug verbaut und gewährleistet das Laden mit Ein- oder Dreiphasen-Wechselstrom (max. 230 V/400 V) bei max. 16 A. Dies ergibt eine maximale Ladeleistung von 3,7 kW bzw. 11 kW. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Ladeleistungen ist eine Ladesteuerung (control pilot) nicht zwingend erforderlich. Nationale Haussteckdosen (z. B. Schuko-Steckdosen) können bei Einphasen-Wechselstrom verwendet werden, bei Dreiphasen-Wechselstrom können Industriedrehstromstecker (CEE-Stecker) zum Einsatz kommen. Zusätzlicher Schutz kann durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD - residual-current device) in der Leitung erreicht werden. Explizit

ist diese Ladebetriebsart aus Sicherheitsgründen nicht in allen Ländern erlaubt, so z. B. in den USA. Hier ist das Laden zu Hause aus Gründen unterschiedlicher netzseitiger Eigenschaften, durch nationale Vorschriften verboten.

##### Mode 2:

Mode 2 spezifiziert das Laden mit Ein- oder Dreiphasen-Wechselstrom (230 V/400 V) bei max. 32 A. Dies ergibt eine maximale Ladeleistung von 7,4 kW bzw. 22 kW. Eine Ladekontrolle (control pilot) ist seitens des Fahrzeugs in Verbindung mit einer zusätzlichen Sicherung im Kabel, eine sogenannte In-Cable-Control Box (ICCB), erforderlich um den Stromfluss zu aktivieren/deaktivieren, besonders im Falle einer fehlerhaften Erdverbindung (kontinuierliche Kontrolle) oder bei nicht korrektem Anschluss der Stecker. Wie bei Mode 1 können auch hier Haussteckdosen und Industriestecker verwendet werden.

##### Mode 3:

Mode 3 steht für das Laden mit Ein- oder Dreiphasen-Wechselstrom (230 V/400 V) bei max. 32 A oder für das Wechselstrom-Schnellladen mit bis zu 63 A (neu: 250 A). Die im Standard festgelegten Ladestecker müssen verwendet werden. Bei der Schnellladung muss das Kabel darüber hinaus fest mit der Ladestation verbunden sein. Eine Ladekontrolle seitens des Fahrzeugs und der Ladestation ist erforderlich. Sie dient zur kontinuierlichen Kontrolle der Erdverbindung und zur Verriegelung des Steckers, zum Aktivieren/Deaktivieren des Stromflusses und optional zur Identifikation der maximalen Strombelastbarkeit der Ladestation sowie zur Steuerung des Stromflusses in beide Richtungen. Das ladeleitungsintegrierte Steuergerät (ICCB – In-Cable Control Box), welches für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und der Ladestation verantwortlich ist, muss in Deutschland im Stecker zur Ladestation, oder maximal 2,0 Meter von dieser angebracht werden.

##### Mode 4:

Mit der Gleichstrom-Schnellladung bis zu 400 A, welche bei Spannungen von mehreren hundert Volt liegt, spezifiziert Mode 4 ein Ladekonzept, das die Ladezeit im Vergleich zu den anderen Lademodi drastisch reduzieren kann. Gleichstrom-Ladestationen haben das Ladegerät integriert und haben einen Stecker, der fest mit der Ladestation verbunden ist. Dieser verfügt, ebenfalls wie bei Mode 3, über eine Ladekontrolle. Zu den Steckern, die bei der Gleichstrom-

<sup>1</sup> Dostert, K.: Powerline-Kommunikation; ADDX: Die Arten von Powerline Communication; Wölfle, R.D.: Powerline Communication (PLC); Roth, W.D. (2004): Daten aus der Steckdose Müll im Funk; Hansen, D.: EMC – The Impact of Power Line Communications; EWE-Netz: Elektronische Zähler halten Einzug in Haushalte

<sup>1</sup> Norm DIN IEC 61851-1 (VDE 0122-1) (2012)

## Kapitel 2

Schnellladung eingesetzt werden, gehört der japanische CHAdeMo, das Tesla-Schnelladesystem und das europäische Pendant auf Basis des Typ-2-Steckers (wird auch als Combo-Stecker bezeichnet), auf den sich die europäischen Automobilhersteller geeinigt haben.

Generell sind für alle Lademodi eine Überstromsicherung und ein FI-Schutzschalter vorgeschrieben. Letzterer ist jedoch in älteren Hausinstallationen häufig nicht vorhanden.

### NORMALLADUNG

Unter dem Begriff Normalladung wird heute meist das Wechselstromladen mit niedrigen Ladeleistungen von maximal 3,7 kW verstanden (230 V, 16 A, 1-Phase). Hierfür können im Prinzip einfache Haushaltssteckdosen (Schuko-Steckdosen) verwendet werden. Aus Sicherheitsgründen ist aber die Verwendung von Industriesteckern oder speziellen Ladesteckern für Elektrofahrzeuge zu empfehlen. Vor allem für den öffentlichen und semi-öffentlichen Bereich werben deutsche Automobilhersteller, insbesondere die Daimler AG, für höhere Ladeleistungen von bis zu 22 kW (400 V, 32 A, 3-Phasen). Obwohl diese Form der Ladung ebenfalls eher der Normalladung zuzuordnen ist, wird sie in Anbetracht eines noch fehlenden Angebots an Wechselstromladungen mit noch höheren Strömen oft als Wechselstromschnellladung oder manchmal auch als Semi-Schnellladung bzw. Mittelschnellladung bezeichnet. So ist beispielsweise der Smart ForTwo Electric Drive werkseitig mit einem 22 kW Ladegerät ausrüstbar und unterstützt damit eine Semi-Schnellladung – ebenso wie der Nissan Leaf.<sup>1</sup> Für eine netzeffiziente und sichere Normalladung soll in Deutschland das geregelte Laden im Mode 3 bis 2017 zum allgemeinen Standard werden.<sup>2</sup> Mode 2 soll nur noch in Ausnahmefällen Anwendung finden und Mode 1 zukünftig nicht mehr verwendet werden.<sup>3</sup>

Im Gegensatz zur Schnellladung benötigt die Normalladung, bei niedrigen Ladeleistungen, eine verhältnismäßig lange Zeitspanne, um die Batterien eines Fahrzeugs vollständig aufzuladen. Je nach Netzanschluss und Ladeleistung kann die Ladedauer zwischen 3 und 16 Stunden liegen. Für eine Batteriekapazität von 30 kWh ist bei einer Ladeleistung von 3,7 kW (230 V, 16 A, 1-Phase) von einer Ladezeit von 8 bis 10 Stunden auszugehen (unter Berücksichtigung von sich ergebenden Wirkungsgradverlusten beim Laden).

Zu den Zielen des EU-Standardisierungsprozesses für Ladestecker, zählt die Kombination der erwähnten Normal- und Schnellladung. Der Combo-2-Stecker (siehe Kapitel 2.3), auch als kombiniertes AC-/DC-Ladesystem Typ 2 bzw. SAE DC Fast Charging System, etc. bezeichnet, ermöglicht diese Kombination über die Integration von Gleich- und Wechselstromladeschnittstellen. Neben der mechanischen Integration, werden bei diesem Stecker-System auch die IKT-technischen Schnittstellen integriert, sodass der Schnellladeprozess über die IKT-Schnittstelle des Typ-2-Steckers gesteuert werden kann.

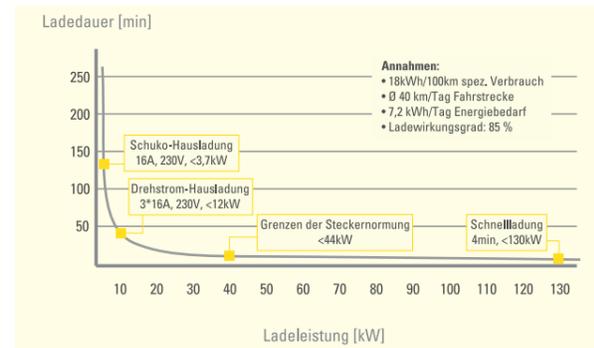


Abbildung 2.6 Fallbeispiel: Ladedauer bei unterschiedlichen Ladeleistungen für den Tagesbedarf eines typischen Elektroautos<sup>4</sup>

Da das Normalladen in der Regel ohne Aufsicht durchgeführt werden kann, kommen bei entsprechender Infrastruktur sämtliche Parkzeiten als Ladezeiten infrage. Der Anteil an parkenden Fahrzeugen liegt im Tagesmittel bei über 95 Prozent und ist in der Nacht sogar noch deutlich höher.<sup>5</sup>

*»Die bei der Heimladung geforderten Ladeleistungen werden sich zukünftig erhöhen. Mit bis zu 11 kW könnten sie im Bereich eines Elektroherds liegen. Das Bestreben, überall immer höhere Ladeleistungen zu installieren, wird sich mit der Erfahrung – insbesondere bei langen Standzeiten zuhause – mehr und mehr konsolidieren.«*

Heiko Herchet,  
Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA

Im Einzelnen kann von folgenden Parkzeiten ausgegangen werden:

- Nächtliches Parken am Wohnort: 10 bis 14 Stunden
- Parken am Arbeitsplatz: 7 Stunden
- Flottenfahrzeuge: 12 bis 16 Stunden
- Parkhäuser/Kundenparkplätze: 0 bis 4 Stunden

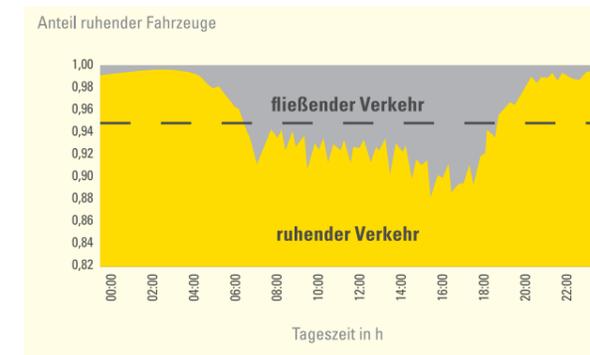


Abbildung 2.7: Anteil der parkenden PKW im Tagesverlauf<sup>6</sup>

### SNHELLADUNG

Während heute das Laden mit Wechselstrom bei mittleren Ladeleistungen (~ 22 kW) oftmals ebenfalls als Schnellladung bezeichnet wird, bezieht sich der Begriff im eigentlichen Sinne auf Ladestationen mit mehreren hundert Volt Ausgangsspannung und sehr hohen Ladeleistungen, bis hin in den dreistelligen Kilowatt-Bereich (über Combo-Stecker bis zu 100 kW). Eingesetzt werden hauptsächlich Gleichstrom-Schnellladestationen mit 500 V Ausgangsspannung und einer Ladeleistung von etwa 50 kW bei einem Ladestrom von bis zu 125 A.<sup>2</sup> Als Stecker werden aktuell der japanische Standard CHAdeMO, das Tesladesystem sowie das im europäischen und amerikanischen Raum eingesetzte Combined-Charging-System (CCS), oder kurz Combo-Stecker, verwendet. Prinzipiell ist das Laden mit noch größeren Stromstärken möglich, die Ladezeiten von unter 30 Minuten (<math><10\text{ min}/50\text{ km}</math>) werden dadurch aber kaum weiter verkürzt.<sup>3</sup> Dagegen steigen die Kosten für die Ladestationen mit höheren Ladeleistungen deutlich an. Aufgrund der starken Wärmeentwicklung kann das volle Potenzial der Schnellladung nur mit geeigneten Kühlsystemen der Batterie ausgeschöpft werden. In der Praxis wird bei zu hoher Temperatur der Ladestrom heruntergefahren. Eine Ladezeit von ca. 30-45 Min.

könnte eine Langstrecken-Elektromobilität ermöglichen und so eine Grundlage dafür schaffen, die Elektromobilität ebenfalls als Grundmobilität zu etablieren.

### BATTERIEWECHSEL

Das Wechseln der Batterie ist bei Elektrofahrzeugen ein durchaus üblicher Vorgang. Bei Pedelecs und E-Bikes, elektrischen Gabelstaplern und sogar bei LKWs (z. B. Modec Van) und Bussen können heute Batterien getauscht werden.<sup>4</sup> Bei der Olympiade 2008 in China wurden leere Batterien von Omnibussen vollautomatisch durch geladene ersetzt. In Zermatt in der Schweiz werden die Stadtbusse ebenfalls vollständig elektrisch betrieben.<sup>5</sup> Hier wird die leere Batterie manuell abgesteckt und mit einem Hubstapler entfernt. Dieser Wechselvorgang kann innerhalb einer Minute durchgeführt werden. Neben der Schnellladung ist ein Wechselkonzept die einzige Möglichkeit, um die heutigen Reichweiteneinschränkungen für rein elektrische betriebene PKW zu überwinden.

Der wichtigste internationale Betreiber von Batteriewechselstationen ist Better Place, welcher das Konzept in Israel, Dänemark, Niederlande und China erprobt. In den Batteriewechselstationen der Firma werden innerhalb von wenigen Minuten (Demonstration in einer Minute) leere Batterien automatisiert gegen geladene getauscht.<sup>6</sup> Das Geschäftsmodell von Better Place sieht die Vermietung von einheitlichen Standardbatteriesystemen vor, die für eine Reichweite von etwa 160 km ausgelegt sind. Leere Batterien können an den Wechselstationen der Firma gegen volle getauscht werden. Voraussetzung für das Konzept sind Fahrzeuge mit kompatiblen Batterieschnittstellen, die im begrenzten Umfang beispielsweise von Renault (Modell Renault Fluence) angeboten werden. Better Place hat im Mai 2013 Insolvenz eingereicht. Als Gründe für das Scheitern wurden geringes Kundeninteresse sowie mangelnde Unterstützung der Automobilhersteller genannt.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Greenmotorsblog.de (2012): Smart Electric Drive – Steckt im Smart ED das neue Schnellladegerät von Brusa?

<sup>2</sup> ACEA (2012): position and recommendations for the standardization of the charging of electrically chargeable vehicles

<sup>3</sup> Results of discussions of the French-German working group on infrastructure (2010)

<sup>4</sup> Eigene Darstellung aus Woike, W. (2010): Elektromobilität Chancen und Perspektiven für Energiewirtschaft und Netzbetrieb

<sup>5</sup> Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

<sup>1</sup> Eigene Darstellung aus Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

<sup>2</sup> Aneqawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger

<sup>3</sup> Aneqawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger

<sup>4</sup> <http://www.modcezev.com/content/index.asp>

<sup>5</sup> <http://gemeinde.zermatt.ch/betriebe/e-bus/daten.html>

<sup>6</sup> <http://www.betterplace.com/>

<sup>7</sup> N-TV (2013) Elektro-Auto-Revolutionär gibt auf. Better Place zieht den Stecker

## Kapitel 2

### 2.3 TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN DIE LADESCHNITTSTELLEN

Während im privaten Raum im Idealfall eine Haushaltssteckdose für die Ladung eines Elektrofahrzeugs herangezogen werden kann, sind die Anforderungen an eine öffentliche Ladestation ungleich höher. Ein typischer Ladevorgang könnte hier wie folgt ablaufen:

- Verbinden der Ladestation mit dem Fahrzeug
- Manuelle oder automatische Authentifizierung des Fahrzeugs bzw. des Fahrzeughalters an der Ladestation
- Verriegelung des Steckers an der Station und Aktivieren der Wegfahrsperrung des Fahrzeugs
- Durchführung eines Sicherheitstests, z. B. Kontrolle der Erdverbindung und des Isolationswiderstand der stromführenden Leiter
- Freischaltung und gegebenenfalls Steuerung der Ladespannung
- Übertragung der Verbrauchswerte für Abrechnungszwecke
- Freigabe des Steckers und des Fahrzeugs

### VERBINDUNG ZWISCHEN LADESTATION UND FAHRZEUG

Für die Verbindung der Ladestation mit dem Fahrzeug zur Leistungsübertragung gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: eine konduktive Verbindung mittels Ladekabel und Stecker oder die berührungslose Leistungsübertragung über eine induktive Ladeschnittstelle.

Laut einer Vereinbarung des Dachverbandes der europäischen Automobilindustrie (ACEA) werden alle ab 2017 in Europa ausgelieferten Fahrzeuge mit dem Typ-2-Stecker ausgerüstet sein. Damit folgen die europäischen Automobilhersteller dem Willen der EU-Kommission.<sup>1</sup> Im Gegensatz zu den heutigen Ladekabeln soll sich der Stecker auf Fahrzeugseite befinden und die Kuppelung am Ladekabel (siehe Abbildung 2.8). In den USA und Japan findet dagegen der Typ-1-Stecker Anwendung. Die Unterschiede haben ihren Ursprung in der Energieversorgung. Während es in Deutschland ein Drehstromverteilnetz gibt, arbeiten in Japan und den USA lediglich Hausanschlüsse mit Wechselstrom. Die maximale Übertragungsleistung des Typ-2-Steckers bei Drehstrom-

anbindung liegt bei 44 kW. Des Weiteren ist eine Erweiterung zur Schnellladung mit Gleichstrom möglich. In Verbindung mit einer Heimpladestation kann der Stecker auch für die Normalladung zu Hause verwendet werden. Für eine gesteuerte Ladung und die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation verfügt der Stecker über zwei Signalkontakte. Eine Verriegelung des Steckers in der Buchse ist elektromechanisch möglich.



Abbildung 2.8: Typ-2-Stecker (geplanter Standard ab 2017)<sup>2</sup>

»Ein europaweiter Standard-Ladestecker zeichnet sich inzwischen ab. Wir haben bereits frühzeitig auf diesen „Typ-2-Stecker“ gesetzt, aber zusätzlich weitere Steckdosen beispielsweise für den gebräuchlichen Haushaltsstecker in unseren Ladestationen vorgesehen.«

Dr. Alois Kessler,  
Forschung und Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Für die Gleichstromschnellladung wird zurzeit am häufigsten der im japanischen Quasistandard CHAdeMO definierte JARI-Level-3-DC-Stecker verwendet. In Deutschland und Europa setzt man in der Zukunft aber auf eine Erweiterung des Typ-2-Steckers um zwei zusätzliche Pins für das Laden mit Gleichstrom, den sogenannten DC-Stecker des kombinierten AC-/DC-Ladesystems Typ 2. Durch die Erweiterung des Typ-2-Steckers kann auf einen separaten An-

schluss für die Gleichstromschnellladung am Auto verzichtet werden. Die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation erfolgt wie beim normalen Typ-2-Stecker. Mit dem DC-Connector Typ 2 sind Ladeleistungen bis 140 kW möglich. Das Combined Charging Interface wird in den nächsten Monaten in die Serienproduktion erster Automobilhersteller einfließen. So wird ab Ende 2013 der e-UP der Volkswagen AG serienmäßig mit dem CCS ausgeliefert. Etwa ein Jahr später ist der e-Golf mit dem gleichen Ladeinterface zu erwarten. Auf der Infrastrukturseite nutzen bereits heute alle bedeutenden Hersteller von DC-Ladestationen das CCS-Stecksystem, und so wird in Deutschland auch im Rahmen der Schaufensterprojekte dieses System eingesetzt.<sup>1</sup>

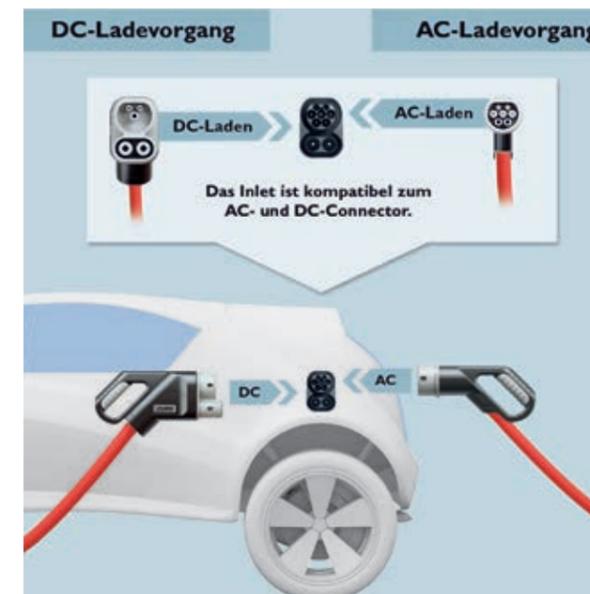


Abbildung 2.9: Kombiniertes AC-/DC-Ladesystem Typ 2 (Combined Charging System, CCS) zur Unterstützung von Normalladung mit Wechselstrom und Schnellladung mit Gleichstrom<sup>2</sup>

Völlig ohne Steckverbindungen kommen induktive Ladesysteme aus, wie sie auch in Baden-Württemberg entwickelt werden. Energie wird hier mittels eines elektromagnetischen Wechselfelds von einer Primärspule kontaktlos auf eine Sekundärspule übertragen. Das Prinzip wird heute hauptsächlich im Haushalt eingesetzt, z. B. für elektrische Zahnbürsten, Wasserkocher oder im Induktionsherd, findet aber auch für Flurförderfahrzeuge in Fabrikhallen



Abbildung 2.10: Ladebuchse für kombiniertes Laden<sup>3</sup>

wenn die beiden Spulen optimal aufeinander abgestimmt und zueinander ausgerichtet sind. Der Wirkungsgrad der Energieübertragung kann bis zu 95 % betragen und die Übertragungsleistung moderner Systeme kann selbst bei größeren Spulenabständen bei mehreren hundert Kilowatt liegen.<sup>4</sup> Bei Elektrofahrzeugen kommen in Modellversuchen unterschiedliche Anwendungen zum Einsatz: Sekundärspulen können sich beispielsweise in der Fahrzeugfront oder, teilweise absenkbar, im Fahrzeugboden befinden. Vorteile der induktiven Ladetechnik sind die erhöhte Sicherheit durch voll isolierte Bauteile, das Wegfallen des manuellen Steckvorgangs und der bessere Schutz vor Witterungseinflüssen und Vandalismus. Als Gegenargumente werden häufig Gesundheitsgefahren durch die elektromagnetische Strahlung und das Erhitzen metallischer Gegenstände im Strahlengang genannt. Bei hinreichender Größe der Induktionsspulen sind die Feldstärken im Strahlengang jedoch relativ niedrig und führen lediglich zu einer leichten Erwärmung metallischer Gegenstände. Die Streustrahlung in die Umwelt ist ebenfalls äußerst gering und bei Strahlungsfrequenzen im zwei- bis dreistelligen Kilohertz-Bereich laut Hersteller nicht einmal direkt im Strahlengang gesundheitsgefährdend. Langzeitstudien

<sup>1</sup> VDE (2013): Deutschlands Autoindustrie kann aufatmen – Die Steckerfrage für Elektroautos ist geklärt, ACEA (2013) Elektromobilität: Typ-2-Ladestecker wird europäischer Standard

<sup>2</sup> <http://www.mennekes.de>

<sup>1</sup> Bent, R. Phoenix Contact GmbH & Co KG (2012): Pressekonferenz SPS/IPC/Drives 2012

<sup>2</sup> Phoenix Contact GmbH & Co KG (2013): Darstellung des kombinierten AC-/DC-Ladesystems

<sup>3</sup> Phoenix Contact GmbH & Co KG (2013): Darstellung des kombinierten AC-/DC-Ladesystems

<sup>4</sup> Lasslop, M. (2010): Kontaktloses Laden von Elektrofahrzeugen

## Kapitel 2

und der Anwendung angepasste Grenzwerte stehen jedoch noch aus. Problematisch ist bei der Induktion eher die für eine effiziente Ladung erforderliche deckungsgleiche, parallele Ausrichtung der Spulen durch die exakte Positionierung der Fahrzeuge. Mehr Spielraum könnte hier eine einseitige Vergrößerung der Primärspulen auf dem Parkplatz bieten.



Abbildung 2.11: Induktives Ladesystem der Firma SEW<sup>1</sup>

Bombardier hat mit seinem System Primove, das bereits seit 2010 im Rahmen verschiedener Projekte in Augsburg, Braunschweig und Lommel (Belgien) praktisch erprobt wird, ein induktives Ladesystem entwickelt, welches für alle elektrischen Verkehrsmittel - von Straßenbahnen und Bussen bis hin zu Nutzfahrzeugen und PKWs eingesetzt werden kann.<sup>2</sup> Im Rahmen des Spitzenclusterprojektes „BiPolplus“ werden die nötigen technischen Rahmenbedingungen für eine berührungslose Ladestation sowie für die fahrzeugeitigen Komponenten bei einer angestrebten Ladeleistung von 22 kW erforscht. Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderte Projekt „eNterop“ stellt die Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Ladeinfrastruktur sowie automatisierte Testabläufe für die dafür notwendige Hard- und Software in den Mittelpunkt.<sup>3</sup> Des Weiteren arbeitet die Fraunhofer Gesellschaft im „Märkte von übermorgen“-Projekt „gemeinschaftliche Mobilität“ (GeMo) an einer besonders effizienten, induktiven Energieübertragung mit einer Leistung von 22 kW sowie einer bidirektionalen Funktionsweise. Die Marktreife solch induktiver Ladesysteme mit hoher Leistung ist allerdings noch mehrere Jahre entfernt – deutlich früher werden Systeme mit 3 kW Einsatz finden.<sup>4</sup> Ohne Frage würden die berührungslose Energieübertragung und eine hohe Ladeleistung für den Fahrzeugnutzer eine deutliche Steigerung des Nutzerkomforts bei gleichzeitig drastisch reduzierter Ladezeit bedeuten.

### IDENTIFIKATION, KOMMUNIKATION UND ABRECHNUNG

Eine individuelle Identifikation des Fahrers oder des Fahrzeugs an der Ladestation ist nicht bei allen Geschäftsmodellen notwendig. Der Strom an der Ladestation kann beispielsweise über einen monatlichen Pauschalbetrag abgegolten werden. Bei einem solchen System reduziert sich die Identifikation auf eine Zugangskontrolle, die im einfachsten Fall über ein mechanisches Schloss oder einen Nummerncode realisierbar ist. Ebenfalls denkbar sind Prepaid-Bezahlsysteme, bei denen vor der Ladung ein bestimmter Betrag, beispielsweise über einen Münzeinwurf oder eine aufladbare Karte, abgegolten wird. In Verbindung mit einem kostenpflichtigen Parkplatz könnte der im Vergleich zu den Parkgebühren sehr günstige Strom sogar als Serviceleistung ohne Zugangsbeschränkung angeboten werden.

Das allgemeine Interesse geht aber dahin, eine möglichst universell zugängliche Ladeschnittstelle zu schaffen. Das bedeutet, dass jeder Nutzer sein Fahrzeug an möglichst jeder öffentlichen Ladestation mit Strom versorgen kann. Dies sollte natürlich sowohl für inländische als auch für ausländische Fahrer gelten. Für eine solche Infrastruktur muss der zu entrichtende Strompreis eindeutig einem Nutzer oder einem Fahrzeughalter zugeordnet werden können, was über eine zentrale Abrechnungsstelle geschehen kann. Das Prinzip soll ähnlich wie das Roaming-System im Mobilfunk aufgebaut werden. Ein Kunde schließt hierzu einen Vertrag mit einem Fahrstromanbieter, von dem er einmal im Monat eine Rechnung bekommt. Der Kunde kann nun an jeder im System eingebundenen Ladestation sein Fahrzeug aufladen, unabhängig davon, ob die Station zu seinem Stromanbieter gehört oder nicht. Dazu identifiziert sich der Kunde aktiv oder automatisiert an der Ladestation. Die Station kommuniziert daraufhin mit einer Abrechnungsstelle, in der sämtliche Kundenverträge aller Anbieter hinterlegt sind. Kann der Nutzer einem bestimmten Kundenvertrag zugeordnet werden, wird die Ladestation frei geschaltet. Nach dem Laden wird der über einen elektronischen Stromzähler gemessene Verbrauch dem Abrechnungszentrum gemeldet und vom Fahrstromanbieter des Kunden in Rechnung gestellt. Es gibt bereits verschiedene Konzepte (z.B. HUBJECT, ladenetz.de, econnect, etc.) die das Roaming, wie es in der Mobilfunkbranche bereits angewandt wird, an Ladestationen in ganz Europa ermöglichen könnten. Der komplette Prozess wird in der Norm ISO 15118 standardisiert, die

in Deutschland für DIN und DKE übernommen werden soll. Sie beschreibt vor allem die aktive Ladesteuerung sowie die Abwicklung von Bezahlvorgängen und weiterer Dienste über diese Schnittstelle. Die ISO 15118 bildet eine umfassende Basis für die abhörsichere, verschlüsselte Kommunikation von Elektroautos mit Ladestationen und anderen Systemen.<sup>1</sup>

*»Elektromobilität muss für den Nutzer so flexibel und einfach wie möglich sein. Für die Ladung wird deshalb ein einheitliches, automatisiertes Identifikations- und Abrechnungssystem benötigt. Ein Mobilitätsvertrag mit einmaliger PIN-Anmeldung im eigenen Fahrzeug in Verbindung mit vernetzten Ladestationen könnte eine Lösung darstellen.«*

*Heiko Herchet,  
Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA*

Für die Authentifizierung des Kunden kommen mehrere Verfahren infrage. Über eine Simkarte im Fahrzeug kann eine automatische Identifikation über die Ladeschnittstelle erfolgen. Dies setzt eine PLC- oder drahtlose Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladestation voraus (z. B. über WIFI bzw. WLAN, Zigbee oder Bluetooth), die zusätzlich auch für eine intelligente oder sogar bidirektionale Ladesteuerung verwendet werden kann. Beim Einsatz von Typ-2- bzw. Combo-2-Steckern kann die Authentifizierung ebenso über die beiden Signalkontakte der Stecker erfolgen, sobald das Fahrzeug mit der Ladesäule verbunden ist (Plug & Charge). Eine alternative, nutzerbezogene Identifikation kann über einen RFID-Chip oder eine Smartcard an einem entsprechenden Lesegerät an der Ladestation erfolgen. Eine Anmeldung via Handy oder Smartphone, z. B. mittels eines persönlichen Codes ist ebenfalls möglich. Eine Anbindung an persönliche Mobilfunkgeräte könnte für zukünftige Smart-Grid-Anwendungen wie Netzzurückspeisungen in Spitzenlastzeiten, Sicherung der Spannungsqualität sowie zur persönlichen Ladesteuerung zukünftig auch eine zentrale Rolle weit über die Identifikationsfunktion hinaus spielen.<sup>2</sup>

*»Ein Zugang zu Ladestationen über RFID wird heute schon erfolgreich praktiziert. Herausforderungen bestehen jedoch noch in der Verknüpfung der unterschiedlichen Systeme verschiedener Ladestationsbetreiber. Dazu sind einheitliche Standards eine zwingende Voraussetzung.«*

*Dr. Alois Kessler,  
Forschung und Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG*

Die Kommunikation zwischen Ladestation, Netz und Abrechnungsstelle kann ebenfalls über verschiedene Kanäle laufen. Dazu gehören WAN-Verbindungen unter Verwendung gängiger Mobilfunkstandards (GSM, UMTS, LTE) oder Kabelverbindungen (DSL). In Kombination dazu können, je nach Infrastruktur, auch lokale Verbindungen (Bluetooth, WLAN, Ethernet) verwendet werden. Eine PLC-Anbindung kann ebenfalls zur Anwendung kommen. Für alle Identifikations- und Abrechnungsmodelle gilt es, die wirtschaftlichen Gesichtspunkte zu beachten. Zum einen treiben Lesegeräte und Kommunikationsschnittstellen den Preis der Ladeinfrastruktur in die Höhe, zum anderen können aufwendige Systeme für die Abrechnung eines Ladevorgangs höhere Kosten verursachen als der eigentliche Stromverbrauch selbst. Eine kommunikative Vernetzung von Elektrofahrzeugen, Ladestationen und den Stromnetzen ist aber nicht zuletzt für zukünftige Smart-Grid-Anwendungen einer anonymen Ladeinfrastruktur vorzuziehen.

*»Die Komponenten für Identifikations- und Abrechnungssysteme sind heute bereits vorhanden. Die Frage ist nur, welche Standards sich durchsetzen.«*

*Dirk Netzbandt,  
Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland*

Neben den technischen Aspekten gilt es bei personenbezogenen Abrechnungssystemen umfangreiche datenschutzrechtliche Bestimmungen zu beachten, wie sie z. B. im deutschen Eichrecht festgelegt wurden. Hier ist auch vorgeschrieben, dass die bezogene und zu bezahlende elektrische Arbeit an einer öffentlichen Ladestation durch den Nutzer nachprüfbar sein muss. In den Ladestationen sind somit geeichte Stromzähler in Verbindung mit einer beweissicheren Datenübertragung notwendig.

<sup>1</sup> SEW-Eurodrive Deutschland

<sup>2</sup> Bombardier (2013): Primove System

<sup>3</sup> eNterop (2012): interoperable Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Ladeinfrastruktur

<sup>4</sup> Fraunhofer (2013), Übermorgenprojekt GeMo

<sup>1</sup> Knechtel, H. (2011): Elektroautos nach ISO 15118 laden

<sup>2</sup> BMVBS (2012): Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität Technische Informationen und Details

**Radio Frequency Identification (RFID)**

Bei der RFID handelt es sich um ein Identifikationssystem auf Basis einer Funktechnologie. Die Reichweiten können je nach System und Frequenzbereich zwischen wenigen Zentimetern und mehreren Metern variieren. RFID-Anlagen sind im Wesentlichen aus zwei Komponenten aufgebaut: einem Transponder und einem Erfassungs- bzw. Lesegerät.

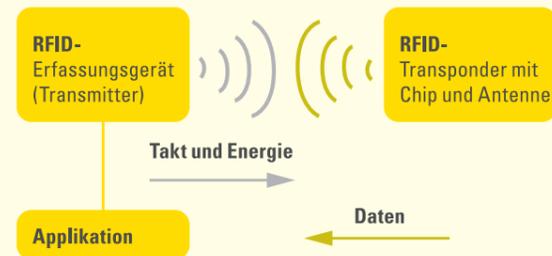


Abbildung 2.12: Schematischer Aufbau eines RFID-Systems<sup>1</sup>

Der RFID-Tag genannte Transponder besteht aus einem Mikrochip und einer Antenne. Man unterscheidet hierbei zwischen aktiven Transpondern, bei denen der Mikrochip durch eine Batterie versorgt wird, und passiven Transpondern ohne eigene Energiequelle. Bei Letzteren dient das elektromagnetische Feld des Erfassungsgeräts als nötige Stromversorgung für den Mikrochip.

Der Transponder wird in der Regel durch das elektromagnetische Feld des Erfassungsgeräts aktiviert und je nach System findet innerhalb weniger Millisekunden ein mehr oder weniger komplexer Datenaustausch statt. Für verschiedene Einsatzgebiete kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz:

- Die einfachsten 1-Bit-Transponder, sogenannte EAS-Systeme (elektronische Artikelsicherung), werden hauptsächlich zur Diebstahlsicherung von Waren eingesetzt. Hierbei wird ausschließlich die Anwesenheit des Transponders im Empfangsbereich des Erfassungsgeräts erkannt. Der Read-Only-Transponder ist mit einem Mikrochip ausgestattet, auf dem eine eindeutige

96-Bit-Seriennummer abgespeichert ist, die sogenannte EPC-Nummer (Electronic Product Code). Bei Transpondern mit beschreibbarem Speicher (EEPROM, SRAM) ist es möglich, selektiv Daten über das Erfassungsgerät auszulesen bzw. zu schreiben.

- Die kontaktlose Chipkarte mit Betriebssystem ermöglicht die Chiffrierung und Authentifizierung mit komplexen Algorithmen.
- Eine Erweiterung stellt die sogenannte Dual-Face-Chipkarte dar, die zusätzlich mit einem kryptographischen Coprozessor ausgestattet ist und somit für eine höhere Sicherheit bei der Verschlüsselung sorgt.

Die Anwendungen für RFID-Systeme sind heute sehr vielfältig. Im Warenverkehr ersetzen sie häufig die optisch auszulisenden Barcodes. Neben der einfacheren und schnelleren Auslesung über Funk liegen die Vorteile hier in der höheren Speicherkapazität und in der Möglichkeit, Daten auf dem Chip nachträglich zu verändern. Die Technologie kann zum schnelleren Auffinden und zur eindeutigen Identifikation der Waren beitragen. Eigenschaften und Spezifikationen können direkt am Produkt abgelesen werden, Warenströme können transparent in Echtzeit dargestellt werden. Bei der Fertigung von Produkten können RFID-Chips den Fertigungsgrad direkt auf dem Produkt abspeichern und so zu einer besseren Dokumentation für die Qualitätssicherung beitragen. Eine lückenlose Produktrückverfolgung wird ermöglicht. Ein weiteres wichtiges Einsatzgebiet ist die Zugangskontrolle zu Gebäuden, Räumen oder Möbelstücken oder Fahrzeugen. Durch die RFID-Technologie können Zugangsrechte bestimmten Personen zugeordnet und nachträglich einfach verändert werden. Ein Sperren der Rechte bei Verlust des Transponders ist somit ebenfalls möglich, ohne teure Schlösser austauschen zu müssen. Für RFID gibt es heute keine eigenen Standards. Neben den vielen unterschiedlichen Systemvarianten verschiedener Hersteller unterscheiden sich auch die eingesetzten Sendefrequenzen von Land zu Land.<sup>2</sup> Der Einsatz verschiedener Sendefrequenzen stellt vor allem für „1-Karten-Lösungsansätze“ wie beispielsweise im Projekt „Stuttgart Services“, wo unterschiedliche, bereits existierende Lösungen zusammengeführt werden sollen, eine Herausforderung dar.

**LADEGERÄTE, LADESTEUERUNG UND SICHERHEIT**

Ein bedeutendes Element für das Aufladen eines Elektrofahrzeugs ist das Ladegerät selbst. Für die Normalladung befindet sich dieses in der Regel im Fahrzeug und wandelt dort die netzseitige Wechselspannung in eine für das Laden der Batterie erforderliche Gleichspannung um. Im Optimalfall werden Spannung und Ladestrom zeitlich geregelt, um ein Überladen der Batterie zu verhindern und um den bestmöglichen Wirkungsgrad zu gewährleisten. Wünschenswert ist darüber hinaus eine intelligente Ladesteuerung, um lokale Netzüberlastungen zu vermeiden. Für eine einfache Lade- und Sicherheitssteuerung (Pilotfunktion) sind in speziellen Ladesteckern für Elektrofahrzeuge neben den Leistungskontakten zusätzliche Datenpins angebracht. Eine aufwendigere Kommunikation erfordert zusätzliche PLC-Schnittstellen im Fahrzeug und in der Ladestation.

Normalladegeräte existieren heute in verschiedenen Varianten. Die einfachsten Geräte ermöglichen das Laden bei geringen Ladeleistungen unter der Verwendung von nur einer Phase (z. B. 3,7 kW, 16 A, 230 V). Für höhere Ladeleistungen werden in der Regel alle drei Phasen der Stromversorgung herangezogen, was aber mit höheren Kosten verbunden ist (z. B. 22 kW, 32 A, 400 V). Eine dritte Möglichkeit ist die Gleichstromschnellladung, mit ihr lassen sich sogar noch höhere Leistungen als mit der dreiphasigen Drehstromladung erzielen (z. B. 100 kW, 200 A, 500 V).

Bei Fahrzeugen mit größeren Batteriekapazitäten, wie beispielsweise dem Nissan Leaf und dem Mitsubishi iMiEV, besteht die Möglichkeit die Batterie als bidirektionalen Energiespeicher zu nutzen. Es ist technisch möglich mit einem Elektrofahrzeug Energie in das Netz zurück zu speisen, wenn es bei der Energieversorgung zu Engpässen kommt. Dies wäre beispielsweise in einer Smart-Grid-Anwendung denkbar. Die Probleme beim bidirektionalen Einsatz der Batterie sind Effizienzverluste sowie die Auswirkungen auf den Fahrzeugnutzer – Akzeptanz kann hier durch attraktive Geschäftsmodelle geschaffen werden. Es ist daher fraglich, ob dieses Konzept in Zukunft Anklang finden wird.

Für das gesteuerte Laden von Elektrofahrzeugen an einer Ladestation sind mehrere Sicherheitsfunktionen zu erfüllen. Um Stromschläge zu verhindern, sind offene bzw. unterbrochene

Steckverbindungen prinzipiell sofort spannungsfrei zu schalten und die Schutzleiterverbindung zwischen der geerdeten Ladestation und dem Fahrzeug muss kontinuierlich überwacht werden. Das Aktivieren einer elektronischen Wegfahrsperre im Fahrzeug bei der Ladung verhindert ein Losfahren mit eingestecktem Kabel. Verriegelungen an den Steckern bzw. in den Steckdosen verhindern das gewaltsame Entfernen der Kabel durch Unbefugte. Zwingend erforderlich für alle Ladeeinrichtungen sind Überstrom- und Fehlerstrom (FI)-Schutzeinrichtungen. Überstromsicherungen unterbrechen die Stromversorgung, wenn im Falle eines Kurzschlusses sehr hohe Ströme fließen. FI-Schalter erkennen fehlerhafte Ströme, die z. B. bei einem elektrischen Schlag aus einem spannungsführenden Bauteil über den menschlichen Körper zur Erde hin abfließen. Die Stromversorgung wird auch in diesem Fall unterbrochen.

»IKT-Lösungen werden für die Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeugen zukünftig eine große Rolle spielen. Zu den Anwendungen gehören Ladesignale und Ladesteuerungen, Abrechnungssysteme, Zusatzdienste und Backend-Lösungen für das Datenmanagement von Strom- und Dienstleistungsanbietern.«

Prof. Dr. Anke Weidlich, Hochschule Offenburg

»Bei IKT-Anwendungen geht es in erster Linie nicht nur darum, eine einzelne Ladestation zu verbessern, sondern vielmehr darum, das Gesamtsystem zu optimieren.«

Ralf Thiemann, Senior Managing Consultant, Energy & Utilities, IBM Deutschland

<sup>1</sup> Eigene Darstellung nach <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0902021.htm>

<sup>2</sup> Grimm, O.: RFID - Technologie, Aufbau, Funktionsweise und technische Anwendungen; <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/radio-frequency-identification-RFID.html>; <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0902021.htm>; <http://www.rfid-journal.de/rfid.html>; <http://www.rfid-basis.de/>; <http://www.discoverrfid.org/de/>; <http://www.rfid-ready.de/>

## Kapitel 2

### 2.4 INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIEN IM FAHRZEUG

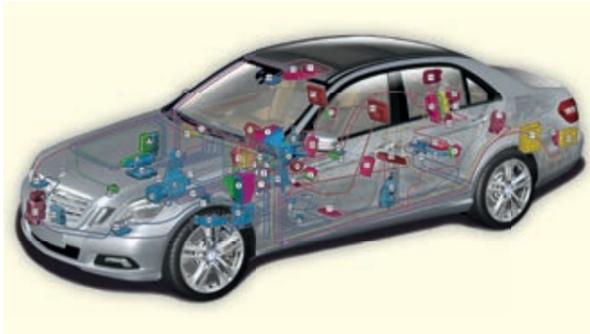


Abbildung 2.13: IKT-Komponenten im Fahrzeug<sup>1</sup>

Nach einer Studie des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI) resultieren über 80 Prozent der in der Automobilindustrie hervorgebrachten Innovationen aus der Elektrotechnik und Elektronik.<sup>2</sup> Der Verband für Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) stellt in seinem Positionspapier „IKT 2020 Fakten – Trends – Positionen“ fest, dass ein Oberklassewagen heute bis zu 40 Prozent computergesteuerte Komponenten besitzt.<sup>3</sup> Innovative Informations- und Kommunikationstechnologien bilden dabei die Grundlage für immer „intelligenter“ werdende Fahrzeuge. Abbildung 2.13 zeigt schematisch die relevanten IKT-Komponenten im Fahrzeug und deren Vernetzungsoptionen nach außen. Im Fol-

genden werden die IKT-relevanten Komponenten im Fahrzeug erläutert, die einerseits bereits heute für den Informations- und Kommunikationsbedarf im Fahrzeug eingesetzt und andererseits für zukünftige innovative Mobilitätslösungen in der Forschung herangezogen werden. Besonders wichtige IKT-Komponenten wie die Head Unit und die Bus-Systeme werden im Folgenden erläutert.

#### HEAD UNIT

Die Head Unit ist im Hinblick auf die Interaktion mit dem Fahrer und auf die Kommunikation mit der Außenwelt eine zentrale Komponente. Typischerweise werden damit Funktionen des Fahrzeugs wie z. B. Navigation, Multimedia, Telekommunikation sowie Komfortfunktionen und Parametereinstellungen abgedeckt. Mit der Head Unit ist in der Regel ein Bildschirm verbunden, der bei manchen Herstellern berührungsempfindlich ist. Andere Hersteller bevorzugen als Interaktionstechnik einen zentralen Dreh-Drücksteller, der in der Mittelkonsole verbaut wird. Die Head Unit besteht wie ein PC aus Recheneinheit (CPU) und Speicher (RAM) und ist über sogenannte Bus-Systeme (s.u.) mit den unterschiedlichsten Steuergeräten und Sensoren im Fahrzeug verbunden.

Es sei erwähnt, dass in der Literatur der Begriff Head Unit sowohl für die Nutzerschnittstelle des Zentralrechners für das Telematik-System als auch begrifflich für den Zentralrechner selbst verwendet wird. Im Rahmen dieser Studie wird unter Head Unit der Rechner der Telematik-Einheit verstanden. Die Nutzerschnittstelle der Head Unit wird separat behandelt.

#### Herausforderung: Produktlebenszyklus

Vergleicht man die Produktlebenszyklen von Kraftfahrzeugen und mobilen Endgeräten, d. h. die Zeitspanne zwischen der Einführung eines Modells bis hin zu dessen Ausscheiden aus dem Markt, wird die anspruchsvolle Thematik der Vernetzung beider Technologien augenscheinlich. Innovationszyklen von gerade einem halben Jahr im Bereich der portablen Geräte stehen Entwicklungszeiten von fünf bis sieben Jahren in der Automobilindustrie gegenüber. Ebenso verhält es sich bei der Nutzungsphase: Ein PKW ist durchschnittlich in Deutschland 8 bis 10 Jahre lang in Gebrauch, während ein Mobiltelefon bereits nach 18 Monaten gewechselt wird. Die zukünftige Herausforderung besteht somit darin, eine innovative und modellunabhängige Schnittstelle für die Integration mobiler Geräte in das Fahrzeug zu schaffen und so für eine nachhaltige Kompatibilität zu sorgen.<sup>1</sup>

#### BUS-SYSTEME: KOMMUNIKATION INTERNER SYSTEME

Die im Fahrzeug enthaltenen elektronischen und elektrischen Komponenten sind über ein Netzwerk miteinander verbunden, um eine gegenseitige Kommunikation zu ermöglichen, sowie die entstehenden Daten in einem gemeinsamen Pool zu sammeln.<sup>2</sup> Bus-Systeme ermöglichen die Vernetzung der einzelnen Fahrzeugkomponenten. Bis Anfang der 1990er-Jahre bestanden elektronische Systeme im Fahrzeug aus einzelnen, meist nicht miteinander verbundenen Steuergeräten. Somit konnte der Fahrer nur die separaten Funktionen der einzelnen Komponenten abrufen. Eine Kommunikation der Einzelkomponenten untereinander bzw. eine gemeinsame Nutzung von Daten konnte aufgrund der mangelnden Vernetzung nicht erfolgen.

Die Einführung digitaler Bus-Systeme, die Signalleitungen und deren geringe Datenübertragungskapazität substituierten, ermöglichte die Vernetzung der Komponenten untereinander und damit die Mehrwert bringende Kombination der Gerätefunktionen zu neuen Funktionsbündeln. Mit der wachsenden Komplexität der Elektronik im Fahrzeug, bedingt durch technologische Neuerungen, steigende Kundenanforderungen, aber auch gesetzliche Anforderungen an Sicherheit und Umweltschutz, stieg

und steigt die Komplexität der Kombinations- und Kommunikationswege zwischen den einzelnen Komponenten im Automobil. Innovative, den neuen Herausforderungen gewachsene Bus-Systeme spielen somit eine wichtige Rolle im Wandel des Automobils hin zum intra- und intervernetzten Fahrzeug. Aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten, in der die jeweiligen Steuergeräte Informationen im Fahrzeug benötigen, werden je nach Gerät entsprechende Bus-Systeme mit verschiedenen Datenübertragungsraten eingesetzt. Gängige im Fahrzeug verwendete Bus-Systeme sind heute unter anderem CAN, MOST, LIN und Flexray. Ethernet als kostengünstiger Standard, der sich in der Bürokommunikation bewährt hat, hält ebenfalls Einzug in die Fahrzeuge – vor allem für Infotainment-Anwendungen. Für die Verbindung von IKT-Komponenten werden vornehmlich CAN- und MOST-Bus-Systeme verwendet, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

»Der IT Anteil wächst seit Jahren im Automobil rasant an. Die Datenmengen und die Datenvielfalt nehmen zu. Dieser Trend wird auch in Zukunft weitergehen und durch die Elektromobilität zusätzlich beschleunigt.«

Steffen Schaefer, Siemens AG

#### CAN-BUS

Der CAN-Bus (Controller Area Network Bus) ist ein weltweit genormtes Datenübertragungssystem, das zur Verbindung der verschiedenen elektronischen Komponenten im Fahrzeug eingesetzt wird. Durch die Standardisierung des CAN-Busses können Komponenten unterschiedlicher Hersteller verknüpft werden. Komponenten sind beispielsweise Tachometer, Drehzahlmesser oder der Reifendrucksensor. Mit der zunehmenden Vielzahl an elektronischen Geräten im Fahrzeug und dem damit ansteigenden Kommunikations- und Vernetzungsgrad zwischen den Geräten kommt dem CAN-Bus als Kommunikationssystem eine hohe Bedeutung zu. Im Jahr 1991<sup>3</sup> als erstes Bus-System in einem Fahrzeug serienmäßig verbaut, wird er heute aufgrund seiner Unempfindlichkeit und Einfachheit als Standard in fast allen Fahrzeugklassen verwendet.<sup>4</sup>

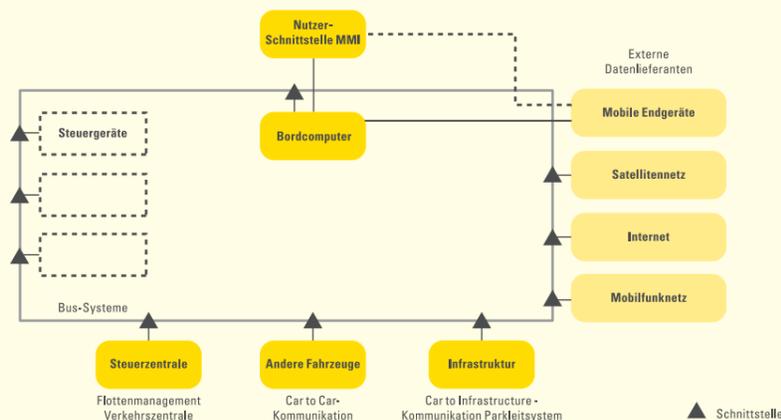


Abbildung 2.14: Schematische Darstellung IKT-relevanter Komponenten im Fahrzeug<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Daimler AG

<sup>2</sup> BMBF (2008): IKT für Automobil/ Mobilität

<sup>3</sup> VDE (2010): Positionspapier IKT 2020 Fakten - Trends - Positionen

<sup>4</sup> Eigene Darstellung

<sup>1</sup> Twelsiek, C. (2001): Automobilbranche muss sich an der rasanten Entwicklung des Mobilfunks orientieren

<sup>2</sup> Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung

<sup>3</sup> Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung

<sup>4</sup> Reif, K. (2010): Automobilelektronik - Eine Einführung für Ingenieure

## Kapitel 2

Der CAN-Bus wird u. a. in einer Highspeed- und in einer Low-speed-Version eingesetzt. Der Highspeed-CAN-Bus ist durch seine schnelle Datenübertragungsrate (125 kBit bis 1 MBit pro Sekunde) in der Lage, Echtzeitanforderungen im Fahrzeug gerecht zu werden. Er wird beispielsweise für sicherheitsrelevante Komponenten und das Motormanagement eingesetzt. Die Datenübertragungsrate des CAN-Bus Lowspeed liegt hingegen nur bei 5 bis 155 kBit pro Sekunde, ist für die Anwendung im Komfortbereich aber durchaus ausreichend. Der CAN-Bus Lowspeed steuert beispielsweise das Navigationssystem im Automobil an.

### MOST-BUS

Das MOST-Bus-System (Media Oriented Systems Transport) hat sich in der Automobilindustrie als Standard für die Übertragung von Multimedia-Daten im Fahrzeug durchgesetzt, welche nach sehr hohen Datenraten ab 10 MBit pro Sekunde verlangen.<sup>1</sup> Entwickelt von der MOST-Cooperation, einem Verband namhafter Fahrzeughersteller und relevanter Zulieferer aus der Multimedia-Industrie, verbindet das Multimedia-Netzwerk MOST Infotainmentsysteme wie beispielsweise das Soundsystem, den Ra-

dioempfänger, Mobilfunkkommunikation und den Internetzugang im Fahrzeug miteinander. Die Übertragung von hochauflösenden und unkomprimierten Videodatenströmen ist mit MOST heute allerdings noch nicht zu bewerkstelligen. Das MOST-System wird meist als optischer Ring im Fahrzeug realisiert, in dem bis zu 64 Geräte eingebunden werden können (siehe Abbildung 2.15).<sup>3</sup> Dabei ist ein modulares Einfügen und Entfernen einzelner Geräte möglich. Eine Verbindung der verschiedenen Bus-Systeme erfolgt über sogenannte Gateways. Gateways sind protokollumsetzende Rechner und ermöglichen die Kommunikation über die Grenzen der Bus-Systeme hinweg. Sie übersetzen beispielsweise die vom CAN-Bus übertragenen Daten in das Datenformat (Protokoll) des MOST-Busses.

*»Autohersteller müssen Komponenten kommunikativ gestalten und vernetzen. Relevante Fahrzeugdaten müssen über standardisierte Schnittstellen für IKT-Anwendungen zur Verfügung stehen.«*

*Björn Krupezki,  
Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH*

Die Entwicklung alternativer Antriebstechnologien erfordert zudem neue Bus-Architekturen sowie innovative Steuergeräte im Fahrzeug. Auf der elektrischen und elektronischen Ebene (E/E-Architektur) werden diesbezüglich intensive Forschungsarbeiten vorangetrieben. Für Fahrzeuge mit Hybridantrieben werden Bus-Systeme konzipiert, welche das herkömmliche Steuergerät für Fahr-, Drehzahl- und Drehmomentregelung VCU (Vehicle Dynamics Control) durch ein neuartiges Steuergerät HCU (Hybrid Control Unit) für das Energie- und Batteriemangement ersetzt.<sup>4</sup> In Bus-Architekturen für hybride Nutzfahrzeuge kann der Motor über neuartige HCU von Getriebe und übrigen Antriebskomponenten getrennt werden (siehe Abbildung 2.16).

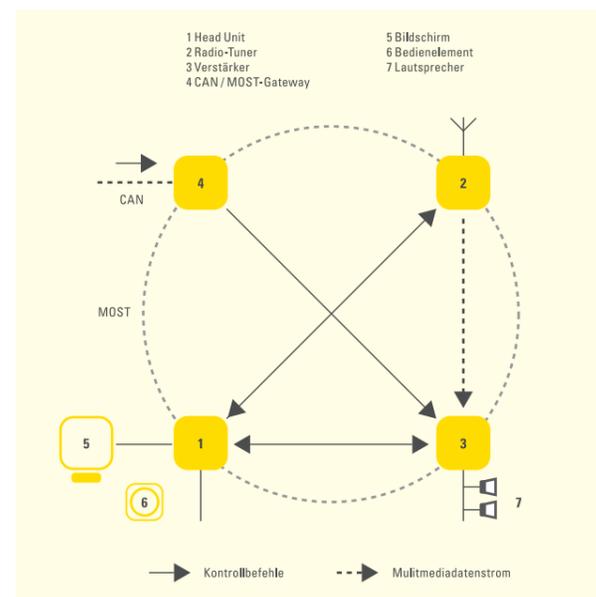


Abbildung 2.15: Multimedia-Vernetzung<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung

<sup>2</sup> Eigene Darstellung nach Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung

<sup>3</sup> Wallentowitz, H.; Reif K. (2006): Handbuch Kraftfahrzeugelektronik

<sup>4</sup> Rollennitz, L. et al. (2010): E/E-Architektur für einen NFZ Hybridantriebsstrang

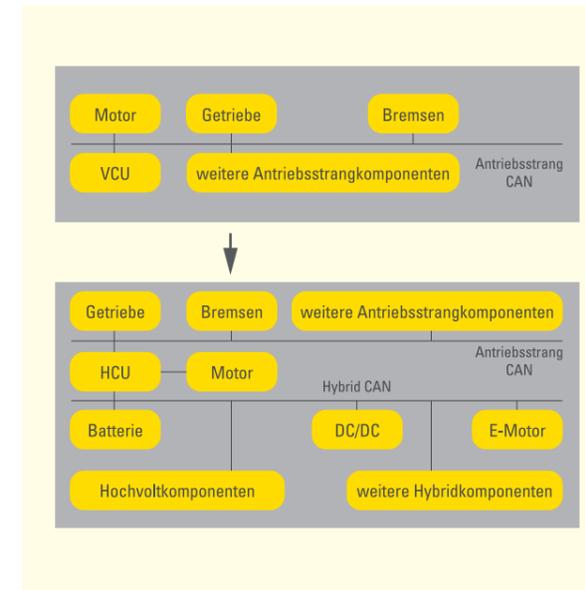


Abbildung 2.16: Veränderungen in der E/E-Architektur<sup>1</sup>

### NUTZERSCHNITTSTELLE

Der Bedienung und Anzeige des Telematik-Systems im Fahrzeug kommt eine besondere Bedeutung zu. Der Nutzer ist von seinem Computersystem zu Hause oder am Arbeitsplatz einen hohen Funktionalitäts- und Komfortstandard gewöhnt und erwartet gleiche Funktionalität im Fahrzeug. Das Telematik-System im Fahrzeug soll dem Fahrer alle relevanten Informationen übermitteln und ihn optimal unterstützen, darf ihn dabei aber nicht vom Straßenverkehr ablenken. Im Gegensatz zum Heimcomputer wird der Bordcomputer in der Regel nur als Nebenaufgabe verwendet. Das System muss somit für den Nutzer einfach verständlich und intuitiv bedienbar sein.

In der Gestaltung der Nutzerschnittstelle im Fahrzeug haben sich in Europa Farbdisplays sowie Drück-Dreh-Kombinationselemente und Spracheingabesysteme für die Bedienung des Telematik-Systems durchgesetzt. Zudem sind Touchpad- und Touchscreen-Lösungen in der Entwicklung oder werden, besonders im asiatischen Raum, bereits im Fahrzeug eingesetzt. Die Vorteile von Touchscreens liegen vor allem in der intuitiven Bedienung.

<sup>1</sup> Eigene Darstellung nach Rollennitz, L. et al. (2010): E/E-Architektur für einen NFZ Hybridantriebsstrang

Nachteile sind Fingerabdrücke, mangelnde Haptik und die meist unergonomische Anbringung im Fahrzeug. Der Trend geht dabei zu einer weitestgehenden Integration aller Funktionen in ein Anzeige- und Bedienfeld, das als Nutzerschnittstelle zur Head Unit des Telematik-Systems dient. Durch die zunehmende Einbindung neuer Informationen in das Anzeigefeld werden die Displays im Fahrzeug größer. Neueste Systeme (z. B. im Audi A8 oder Mercedes F800) verbinden die Vorteile der Touch-Technologie mit denen abgesetzter Bedienelemente. Zudem setzen innovative Konzepte auf eine Projektion aller fahrrelevanten Informationen direkt auf die Frontscheibe des Fahrzeugs (Head-Up Displays), um eine minimale Ablenkung des Fahrers und eine erhöhte Sicherheit zu erreichen.

### Head-Up Display (HUD)

Bei einem HUD werden Informationen wie Geschwindigkeit, Navigationshinweise oder die Ausgabe einer Infrarot-Nachtsichtkamera in einem virtuellen Bild direkt im Sichtfeld des Autofahrers dargestellt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Displays kann der Fahrer wichtige Anzeigen ablesen, ohne den Kopf senken zu müssen.

Das angezeigte Bild in einem HUD entsteht auf einem TFT-Bildschirm, der sich hinter dem Armaturenbrett befindet. Ähnlich wie bei einem Dia wird das TFT-Display von hinten mit einer starken Lichtquelle bzw. einem Laser durchleuchtet. Die Lichtstrahlen werden nachfolgend über mindestens einen Spiegel umgelenkt und auf die Windschutzscheibe projiziert. Der Spiegel dient zur Vergrößerung der Darstellung und zum Ausgleich von Abbildungsfehlern, die aufgrund der Krümmung und Mehrschichtigkeit der Windschutzscheibe entstehen.

Bei einem HUD ist das virtuelle Bild von der Fahrerposition aus nur in einem relativ kleinen Bereich senkrecht zur Fahrtrichtung sichtbar (Eye-box). Durch bewegliche Spiegel kann dieser Bereich auf die individuelle Größe und Sitzposition des Fahrers angepasst werden. Das virtuelle Bild wird bei einem HUD nicht direkt auf der Windschutzscheibe wahrgenommen, sondern in einem Abstand von zwei bis drei Metern vor dem Fahrzeug. Dies bietet den Vorteil, dass sich die Änderung der Akkomoda-

## Kapitel 2

tion (Scharfeinstellung des Auges) und die Augenbewegung im Vergleich zu herkömmlichen Anzeigen deutlich verringern lässt.

Neben den Fahrzeuganzeigen könnten mit HUD-Systemen zukünftig auch sensorisch erfasste Daten der realen Ansicht überlagert werden. Nachts oder bei Nebel könnten so beispielsweise Fußgänger, Wildtiere oder auch die Fahrbahnbegrenzungen hervorgehoben werden, um die Sicherheit während der Fahrt zu erhöhen. HUD-Systeme werden heute in der militärischen und zivilen Luftfahrt häufig eingesetzt, selten auch in Automobilen. Der Einsatz in Fahrzeugen ist jedoch hinsichtlich einer potenziellen Reizüberflutung durch die zusätzlichen Informationen im Blickfeld des Fahrers nicht unumstritten.<sup>1</sup>

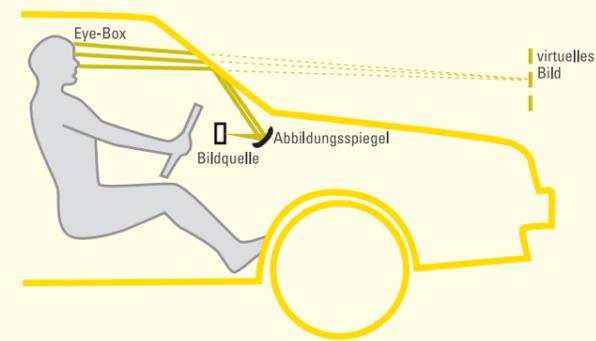


Abbildung 2.17: Aufbau eines Head-Up Displays<sup>2</sup>

### FAHRERASSISTENZSYSTEME

Systeme wie das Antiblockiersystem (ABS) oder das Elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) unterstützen den Fahrer durch gezielte kurzzeitige Eingriffe, um damit das Fahrzeug lenkbar zu halten oder zu stabilisieren. Sie gelten als erste Vertreter der Fahrerassistenzsysteme, die heute in vielfältiger Form zur Unterstützung des Fahrers zur Verfügung stehen. Typische Beispiele von Fahrerassistenzsystemen zur Verbesserung der Fahrsicherheit sind Spurhalteassistenten oder Systeme zur automatischen Notbremsung. Andere Systeme dienen zur Erhöhung des Komforts: dazu zählen einfache Systeme wie der Scheibenwischer mit Regensensor und aufwändigere Systeme wie automatische Einparkhilfen oder kamerabasierte Tempolimitanzeigen. Eine Weiterentwicklung dieser Systeme sind autonome

Fahrzeuge, die in allen Verkehrssituationen selbstständig agieren. Zielsetzung ist dabei auch, dass in Zukunft Personen, die fahrtauglich sind, mit Hilfe autonomer Fahrzeuge transportiert werden können.<sup>3</sup> So hat Google bereits seit einiger Zeit eine computergesteuerte Autoflotte, die mit offizieller Genehmigung in Kalifornien unterwegs ist. Nach Unternehmensangaben legten die fahrerlosen Wagen bereits mehr als 500.000 Kilometer unfallfrei zurück.<sup>4</sup> Auch Audi erhielt Anfang 2013 als erster Automobilhersteller der Welt vom US-Bundesstaat Nevada die Lizenz für den Betrieb computergesteuerter Fahrzeuge.<sup>5</sup> Ein weiteres System, das Fahrzeuge im Kolonnenverkehr autonom steuern kann, wurde u.a. von Volvo im Rahmen des EU-Projektes SARTRE erforscht und umgesetzt.<sup>6</sup> Allerdings liegt die Verantwortung dabei nach wie vor beim Fahrer. Das University of Michigan Transportation Research Institut und das U.S. Department of Transportation startet 2012 die gemeinsame Forschungsinitiative „Safety Pilot“, bei der ca. 3000 Fahrzeuge (PKWs, LKWs und Busse) mit Kommunikationstechnik ausgestattet werden. Dies ist das derzeit größte Pilotprojekt, um die drahtlose Kommunikation zwischen Fahrzeugen (Car-to-Car) aber auch zwischen den Fahrzeugen und stationären Einheiten, die entlang der Fahrbahn bzw. an Kreuzungen und in Verkehrssteueranlagen verbaut sind, im Alltag zu testen.<sup>7</sup>

### KOMMUNIKATION MIT EXTERNEN SYSTEMEN

Seit einigen Jahren zeichnet sich der zunehmende Trend vom isolierten Fahrzeug hin zum vernetzten Automobil, das mit seiner Umwelt Daten austauschen und verarbeiten kann, ab.<sup>8</sup> Mit der Entwicklung neuer Kommunikationsnetze bilden sich zunehmend innovative Interaktionsräume für das Fahrzeug und seine Umgebung. Im Folgenden werden verschiedene heute schon eingesetzte oder für die Zukunft denkbare Kommunikations- und Informationsprodukte für den Nutzer im Fahrzeug erläutert und deren zugrunde liegende Netze und Komponenten dargestellt.

### NAVIGATION

Im Jahr 1994 wurde das erste Navigationssystem werkseitig in einem Fahrzeug installiert. Heute ist es zu einem weitverbreiteten Ausstattungsmerkmal im Fahrzeug avanciert. Aufgaben des Navigationssystems im Fahrzeug sind die Positionsbestimmung des Fahrzeugs, der Abgleich der Fahrzeugposition mit digital gespeichertem Kartenmaterial, die Berechnung des kürzesten We-

ges zum entsprechenden Zielort und die optische und akustische Führung des Fahrers hin zu den eingegebenen Zielkoordinaten. Die Positionsbestimmung des Fahrzeugs erfolgt bei fast allen heute erhältlichen Navigationsgeräten per Satellitenpeilung über das Global Positioning System (GPS). Das GPS ist ein die Erdkugel umspannendes Netz aus 30 Satelliten, welche in 20.180 km Höhe die Erde umkreisen. Das Netz ist dabei so ausgebildet, dass zu jedem Punkt auf der Erde von mindestens 4 Satelliten eine Verbindungslinie besteht.<sup>1</sup> Das Navigationsgerät besitzt einen GPS-Empfänger, der diese Signale empfängt und weiterverarbeitet. Die Distanz zwischen Fahrzeug und mindestens 3 Satelliten wird berechnet und damit die Position des Fahrzeugs bestimmt. Durch einen elektronischen Kompass im Gerät kann zudem die Ausrichtung des Fahrzeugs erfasst werden. Für eine exaktere Navigation, z. B. in Tunneln, können Sensoren am Fahrzeug noch zusätzlich Winkelveränderungen und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs erfassen. Durch die Zusammenführung der gemessenen Fahrzeugdaten mit den Informationen der GPS-Peilung kann so eine präzise Navigation des Fahrzeugs erfolgen. Im Prozess des „Map-Matchings“ werden die eben beschriebenen Daten mit digital gespeichertem Kartenmaterial abgeglichen und die wahrscheinlichste Fahrzeugposition bestimmt. Neben dem US-amerikanischen GPS-System wird derzeit von der Europäischen Weltraumorganisation ESA das System Galileo aufgebaut. Galileo zeichnet sich durch hohe Genauigkeit aus und ist kompatibel zu GPS und zum russischen GLONASS-System. Galileo soll bis zum Jahr 2020 fertig sein und in der Endausbaustufe aus 30 Satelliten bestehen.<sup>2</sup>

Moderne Navigationsgeräte nutzen den Traffic Message Channel (TMC) oder den TMC Pro, einen digitalen Radiodienst, über den Verkehrsstörungen gemeldet werden, um durch dynamische Routenführung Verkehrsstaus und andere Hindernisse im Straßenverkehr zu umfahren.

Navigationsgeräte sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Einerseits können sie bereits von den Automobilherstellern ab Werk in das Fahrzeug verbaut und so in die Fahrzeugbedienung integriert werden, andererseits bietet der Aftersales-Markt mobile Endgeräte an, die als separate Geräte im Fahrzeug verwendet werden können. Auch Automobilhersteller bieten portable Navigationssysteme als nachrüstbares Zubehör an. Dabei kann die Integration der Geräte über spezielle Halterungen bis hin zur

Anbindung an das Fahrzeugbediensystem über eine Funkschnittstelle erfolgen.<sup>3</sup> Navigationssysteme können optional Bluetooth-Schnittstellen für den Anschluss mobiler Endgeräte, Online-Zugang über Mobilfunk- oder WLAN Module und DVB-T-Empfänger enthalten.<sup>4</sup>

Im Zusammenhang mit Elektrofahrzeugen erhält die Routenplanung und damit die Navigationsfunktion zusätzliche Bedeutung: je nach gewählter Route werden Energieverbrauch und Reichweite unterschiedlich ausfallen. Das Spitzencluster-Projekt GreenNavigation<sup>5</sup> versucht deshalb energie-optimale Routen zu berechnen, wobei auch Verkehrsdaten und die Lokation von Ladestellen einfließen.

### SMARTPHONE INTEGRATION

Neben klassischen Navigationsgeräten bieten typische Smartphones heute ebenfalls die Navigationsfunktion an. Das Kartenmaterial ist dabei in der Regel nicht vorinstalliert sondern wird bei Bedarf heruntergeladen. Die Berechnung der Route erfolgt zentral auf einem Server und wird ebenfalls über das Internet bezogen.

Bei der klassischen Telefoniefunktion hat das Smartphone das festeingebaute Autotelefon weitgehend verdrängt. Stattdessen bieten alle Hersteller eine Smartphone-Integration an, wobei das Fahrzeug Lautsprecher und Mikrofon als Freisprechanlage bereitstellt. Nach einer Studie verbinden dazu 21 % der Nutzer Fahrzeug und Smartphone mittels Funkstandard Bluetooth, 36 % bevorzugen die Verbindung mittels Kabel, während 43 % das Smartphone nicht mit dem Fahrzeug verbinden.<sup>6</sup> Zweite, häufig implementierte Anwendung ist die Nutzung des Smartphones als Audioquelle für Musik, die im MP3-Format oder anderen, herstellerspezifischen Formaten vorliegt. Im einfachsten Fall genügt dafür ein Audioeingang im Fahrzeug, um das Musiksinal zu übernehmen.

Der Ansatz Mirror Link des Industrieverbands Car Connectivity Consortium geht darüber hinaus: das Ziel von Mirror Link ist es, ein Smartphone, das sich im Fahrzeug befindet, mit den Interaktionselementen am Lenkrad oder in der Mittelkonsole fernzusteuern.<sup>7</sup> Dadurch soll insbesondere die Verkehrssicherheit verbessert werden.

<sup>1</sup> Ott, P.; Pogany, P. (2008): Optik-Design von Head-Up Displays mit CAD-kompatiblen Freiformflächen; Kaufmann, J. (2004): Head-up Display für mehr Verkehrssicherheit; Geiger, T. (2003): Head-up-Display – Alles auf einen Blick; BMW(2013) BMW Head-Up Display

<sup>2</sup> Eigene Darstellung nach Ott, P.; Pogany, P. (2008): Optik-Design von Head-Up Displays mit CAD-kompatiblen Freiformflächen

<sup>3</sup> The Telegraph (2012): California paves way for driverless cars

<sup>4</sup> Zeit(2012): Google - Kalifornien lässt autonome Autos auf die Straße

<sup>5</sup> Focus(2013): Audi darf computergesteuert in Nevada fahren

<sup>6</sup> SARTRE (2013) The Sartre Project

<sup>7</sup> University of Michigan Transportation Research Institut (2012): Safety Pilot

<sup>8</sup> Zettl, A., Niederberger, D. (2013) Connected Car – Szenarien und Zukunftspotentiale

<sup>1</sup> Reif, K. (2007): Automobilelektronik – Eine Einführung für Ingenieure

<sup>2</sup> ESA (2013): Galileo Fact Sheet

<sup>3</sup> Autosieger (2010): Continental: Integration portabler Navigation in neue Fahrzeuge

<sup>4</sup> Bauer, G. (2010): Mio Moov V780: Navi mit Internet und Email; PC Welt (2009): Navi mit Internet-Zugang - Tomtom Go 740 Live;

Computer Bild (2009): Garmin nüvi 1690: Navigation per mobiler Internetverbindung;

<sup>5</sup> IPG Automotive (2012): Launch of „GreenNavigation“ Project in Leading-Edge Cluster Electric Mobility South West. Pressemitteilung vom 11.10.2012

<sup>6</sup> Enprecis (2011): Beyond In-Vehicle Controls: The Rise of the Smartphone

<sup>7</sup> Car Connectivity Consortium (2013): Frequently Asked Questions

## Kapitel 2

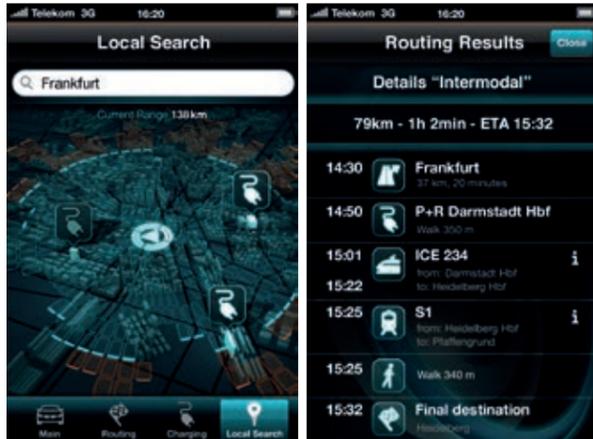


Abbildung 2.18: Smartphone Apps von BMW<sup>1</sup>

Aus der hohen Akzeptanz für Smartphones bei den Nutzern in Kombination mit deren ständiger Verbindung ins Internet ergeben sich auch weitere Fahrzeuganwendungen. Im Carsharing können Smartphones zur Reservierung und zum schlüssellosen Zugang sowie zur Abrechnung verwendet werden. Fahrerbezogene Parameter können mittels Smartphone vorab konfiguriert, gespeichert und individuell vom Fahrzeug eingestellt werden.

### KOMMUNIKATION FAHRZEUG-INFRASTRUKTUR UND FAHRZEUG-FAHRZEUG

Im Zuge der Entwicklung innovativer Mobilitätslösungen wird die bidirektionale Kommunikation zwischen Fahrzeugen und zwischen Fahrzeug und Infrastruktur zum fokussierten Forschungsfeld. Bereits heute dienen Verkehrs- und Parkleitsysteme zur intelligenten Verkehrsflusssteuerung und zur Stauvermeidung.

Die Fahrzeuge erhalten aktuelle Verkehrsinformationen über TMC (siehe oben) oder über Internet, denn ähnlich wie Smartphones können Fahrzeuge heute permanent mit dem Internet verbunden sein. Dies erlaubt typische Smartphone-Anwendungen, wie z.B. einen Musik-Streamingdienst ins Auto.<sup>2</sup> Weitere Anwendungen einer permanenten Internetanbindung sind die Online-Fahrzeugdiagnose sowie die schnelle Unterstützung im Notfall oder bei Pannen. Die herstellerunabhängige EU-Initiative

eCall<sup>3</sup> setzt dabei auf ein System, das im Falle eines Unfalls automatisch einen Notruf absetzt.

Weiterführende Konzepte wie die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Fahrzeug sind derzeit noch in der Phase der Erforschung:

Zukünftig können Fahrzeuge untereinander kommunizieren und zudem Informationen von infrastrukturellen Einrichtungen am Straßenrand empfangen. Ziel ist es, vorrangig die Sicherheit im Verkehr zu erhöhen und den Planungsspielraum des Fahrers während der Fahrt zu vergrößern. Eine heute bereits umgesetzte Kommunikation zwischen Fahrzeug und straßenseitiger Infrastruktur findet sich in der Maut-Erhebung bei LKWs wieder. Hier wird die auf Infrarot- oder mikrowellen-basierende Kurzstrecken-Kommunikationstechnik DSRC (Dedicated Short Range Communication) eingesetzt. Bei der Verwendung von DSRC wird eine On-Board-Unit im Fahrzeug installiert, welche mit straßenseitig fest installierten Kontrollpunkten kommuniziert und so den Zahlungsvorgang auslöst.<sup>4</sup>

Eine auf WLAN basierende Funktechnik könnte auch für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur verwendet werden. Das Konsortium CAR 2 CAR hat dafür ein technologisches Szenario konzipiert. Dabei werden Fahrzeuge mit On-Board-Units ausgestattet, welche über die Funktechnik WAVE (Wireless Access for Vehicular Environment) mit neu installierten Routern am Straßenrand, sog. Road Side Units, kommunizieren. Gleichzeitig können die Fahrzeuge in einem Ad-hoc-Netzwerk Informationen austauschen. So kann ein Informations- und Kommunikationsnetzwerk aufgebaut werden, in dem Daten zwischen Fahrzeugen und infrastrukturellen Einrichtungen ausgetauscht werden.<sup>5</sup> Technologien, wie das vom Fraunhofer Heinrich-Hertz entwickelte optische WLAN mit Übertragungsraten von bis zu 3 Gbit/s finden u.a. im Bereich der Car-to-X-Kommunikation Anwendung.<sup>6</sup>

Weiterhin sind heute bereits WLAN-Lösungen für den Innenraum des Fahrzeugs am Markt. Dabei werden Fahrzeuge mit WLAN-Hotspots für drahtlosen Internetzugang ausgestattet. So wird für Beifahrer über mobile Endgeräte wie Smartphones oder Laptops der Zugang zum Internet während der Fahrt möglich. Komponentenseitig müssen hierzu UMTS-WLAN-Router und GSM-Antennen in das Fahrzeug integriert werden.<sup>7</sup>

Datenübertragungstechnik - Glossar			
Bezeichnung	Bezeichnung	Übertragungsrate	Frequenz
Bluetooth	Funknetzwerk zwischen Geräten über kurze Distanz (10m), gemäß Standard IEEE 802.15.1.	3 Mbit/s	2,402 – 2,480 GHz
DSL	Digital Subscriber Line – Übertragungstechnik für den Telefonanschluss basierend auf dem Standard ITU G.992.1.	500 Mbit/s	-
DSRC	Dedicated Short-Range Communication – Funkstandard für Maut-Erfassungsgeräte und für die Datenübertragung von Fahrzeug zu Fahrzeug bzw. zwischen Fahrzeug und Infrastruktur	-	5,85 – 5,925 GHz
GPRS	General Packet Radio Service – Mobilfunktechnik, um im GSM-Netz eine schnellere Datenübertragung zu ermöglichen.	Bis zu 171,2 kBit/s	-
GPS	Global Positioning System - ist ein satellitengestütztes Navigationssystem und Positionsbestimmungssystem, bestehend aus 29 Satelliten. Betrieben wird das System vom amerikanischen Verteidigungsministerium.	-	-
GSM	Global System for Mobile Communications – Übertragungsstandard für den Mobilfunk der zweiten Generation (2G).	53,6 kBit/s	900 / 1800 / 1900 MHz
LAN	Local Area Network – Netzwerk, das mehrere Computer und Peripheriegeräte miteinander verbindet.	100 – 1000 Mbit/s	-
MAN	Metropolitan Area Network – Sonderform des WAN. Es verbindet große Netzwerke miteinander, die autark innerhalb von Städten und Regionen aufgebaut sind.	-	-
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System – Übertragungsstandard für den Mobilfunk der dritten Generation (3G).	Bis zu 384 kBit/s	1,920 – 2,170 GHz
WAVE	Wireless Access for Vehicular Environment - Funktechnik für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur.	-	-
WAN	Wide Area Network - Netzwerk, das einen großen geografischen Bereich abdeckt. Es handelt sich dabei um Netze, die von Providern, Telekommunikationsanbietern und international tätige Unternehmen betrieben werden. Im WAN sind mehrere LAN, MAN oder einzelnen Rechner zusammengefasst.	-	-
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access – drahtlose Breitbandtechnik auf Basis des Standards 802.16 für große Datenströme. Die Reichweite des WiMAX liegt, abhängig von den Begebenheiten, bei bis zu 75 km.	Bis zu 134 Mbit/s	3,5 GHz
WLAN	Wireless Local Area Network – lokales Funknetzwerk, basierend auf dem Standard IEEE 802.11. Die Reichweite hängt stark von der Umgebung ab, liegt bei normaler Antennenleistung zwischen 20 – 300 m.	54 Mbit/s	2,4 GHz oder 5 GHz
ZigBee	Industriestandard basierend auf IEEE 802.15.4 für Sensor- und Steuernetzwerke. Die maximale Reichweite liegt bei 50m.	250 kBit/s	-
UWB	Ultra-Wideband – Funktechnik im Nahbereich, basierend auf dem Standard IEEE 802.15.3a. Abstand zwischen Sender und Empfänger kleiner als 10m.	480 Mbit/s	3,1 – 10,6 GHz
LTE	Long Term Evolution - Übertragungsstandard der 4. Generation; kompatibel zu GSM	Bis 100 Mbit/s	1,4 – 20 Mhz

Abbildung 2.19: Standards und Technologien für die Datenübertragung<sup>1</sup>

<sup>1</sup> BMW(2011): BMW i3 Concept, Mobile App

<sup>2</sup> Siehe z.B. aharadio.com oder mog.com

<sup>3</sup> Europäische Kommission (2013): eCall Automatischer Notruf für Verkehrsunfälle ab 2015 Pflicht in Autos

<sup>4</sup> AGES (2013): The easy way to pay

<sup>5</sup> Baldessari, R.; Bödecker, B.; Brakemeier, A. et al. (2007): CAR 2 CAR Communication Consortium Manifesto

<sup>6</sup> Fraunhofer HHI (2013): Neue breitbandige Baugruppen für die optische drahtlose Kommunikation entwickelt

<sup>7</sup> Peugeot (2013): WIFI on Board/; Automobil Produktion (2010): Citroën bietet WLAN-Router fürs Auto an; iPhone for Cars (2010): Mercedes-Benz bietet Wlan im Fahrzeug – InCar Hotspot, Peugeot ab 2010

<sup>1</sup> [http://www.netgear.de/Support/Basiswissen/wireless\\_lan\\_grundlagen.html](http://www.netgear.de/Support/Basiswissen/wireless_lan_grundlagen.html); <http://www.elektronik-kompodium.de/>; <http://www.voip-information.de/wlan.html>;

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2006): Drahtlose Kommunikationssysteme und ihre Sicherheitsaspekte;

<http://www.brennpunkt-srl.de/UMTSuWLAN-FrequenzenSendeleistung.html>; <http://www.computerbild.de/artikel/cb-Ratgeber-Handy-Alles-ueber-Bluetooth-3177119.html>;

<http://www.izm.de/html/de/274.html>; <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/UMTS-Uebertragungsrate-UMTS-transmission-rate.html>;

<http://www.umts-infosite.de/umts-contra-gsm.html>; <http://www.dafu.de/redir/gsm-technik.html>

## Kapitel 2

### 2.5 FLOTTENMANAGEMENT

Besonders leistungsfähige IKT-Systeme finden sich im Bereich des Flottenmanagements. Im Rahmen dieses Kapitels sollen verschiedene, heute zum Einsatz kommende Flotten von Verbrennungsfahrzeugen und deren Flottenmanagementsysteme (FMS) vorgestellt werden. Dies geschieht als Basis für eine spätere Analyse, in der die Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten bzw. die Steuerung elektromobiler Flotten durch FMS untersucht werden sollen. Es werden die heutigen Funktionsumfänge gängiger FMS dargestellt und schließlich der grundsätzliche technologische Aufbau eines exemplarischen Flottenmanagements beleuchtet.

FMS dienen Flottenbetreibern dazu, den Einsatz ihrer Flotten möglichst kosten- und zeiteffizient zu planen, zu koordinieren und zu überwachen. Ziel ist, mit den verfügbaren Ressourcen ein Maximum an Verfügbarkeit, eine lange Lebensdauer der Fahrzeuge und eine optimale Verteilung der Einsätze auf die Fahrzeuge zu erreichen. Sie werden im Personentransport (z. B. Taxiunternehmen oder Dienstwagen für Mitarbeiter) und im Gütertransport (zu Straße und zu Schiene) eingesetzt. Die Vielfalt an Flotten und deren Einsatzzwecke bedingt eine entsprechend große An-

Personentransporte z. B.:	Gütertransporte z. B.:
Carsharing	Paketdienst
Dienstwagen	Kurierdienst
Taxiunternehmen	Speditionen
Mietwagen	Service-Dienstleister
Rettungs- und Notfalldienste	
Private Mietservices	
ÖPNV-Unternehmen	
Flughafen-Shuttles	

Abbildung 2.20: Überblick Flotten<sup>1</sup>

zahl an diversifizierten FMS zu deren Steuerung. Abbildung 2.20 zeigt verschiedene Einsatzgebiete von Flotten im Personen- und Gütertransport.

FMS müssen gemäß den Anforderungen der jeweiligen Unternehmen unterschiedliche Funktionsumfänge beinhalten. Beispielsweise braucht ein Zulieferdienst, der täglich definierte und im Voraus bekannte Wegestrecken zurücklegt, keine dynamische Tourenplanung und kein integriertes Telematik-System, um den aktuellen Standort des Fahrzeugs zu überwachen. Ein Service-Dienstleister hingegen erhält seine Aufträge ad hoc und muss spontan variable Distanzen zurücklegen können. Dazu müssen die verfügbaren Fahrzeuge in der Nähe des Kunden abgefragt und der kürzeste Weg zum Leistungsempfänger berechnet werden können.

*»Es gibt heute nicht ein einziges Flottenmanagementsystem für alle Anwendungsgebiete. Jedes Flottenprinzip hat seine eigenen Anforderungen. Für die Zukunft wäre ein universell anwendbares System wünschenswert.«*

*Helmut Steingraber, Business Consulting, Infoman AG*

Aufgrund der Vielfalt heute existierender FMS wird im Folgenden eine Auswahl an FMS-Funktionen und Flotten vorgestellt (siehe Tabelle 2.21). Dabei variieren die eingesetzten Systemfunktionen nach Einsatzbereich der Flotten.

	Funktionen Flotten	Fuhrpark- verwaltung	Ortung	Tracking	Fahrzeugreser- vierung	Ferndiagnose	Auftragsallo- kation	Tourenplanung	Dynamische Tourenplanung
Personentransport	Carsharing	x	x		x	x			
	Dienstwagen für private Nutzung	x							
	Dienstwagen als Poolfahrzeug	x			x		x		
	Taxi-Unternehmen	x	x	x			x		x
	Mietwagen	x	x		x	x			
	Rettungs- und Notfalldienste	x	x	x			x		x
	Private Miet-Services	x			x		x		x
	ÖPNV-Unternehmen	x	x	x			x	x	
Gütertransport	Flughafen-Shuttles	x			x		x		x
	Paketdienst	x					x	x	
	Kurierservice	x	x	x			x		x
	Speditionen	x	x	x		x	x		x
	Service-Dienstleister	x	x	x			x		x

Abbildung 2.21: Übersicht Flotten und Funktionen<sup>1</sup>

### FUHRPARKVERWALTUNG

Die Fuhrparkverwaltung umfasst den verwaltungsorganisatorischen Bereich eines FMS. Je nach Ausführung und Komplexität des Systems reicht sie von der bloßen Erfassung der Fahrzeugstammdaten bis hin zur Unterstützung und Automatisierung von Geschäftsprozessen. Zu dem Bereich der Fuhrparkverwaltung können das Auftragsmanagement, die Leistungsverrechnung,

das Terminmanagement, die Dokumenten- und Belegverwaltung, Wartungs-, Reparatur- und Schadensmanagement, Tankdatenmanagement, Controlling, Kosten- und Verbrauchsrechnung der Fahrzeuge, die Erstellung von Statistiken und Berichten zu relevanten Parametern der Flottenfahrzeuge gehören.<sup>2</sup> Zudem können fortgeschrittene FMS die Schnittstellen zu externen Gruppen wie z. B. Geschäftspartnern, Kunden, Lieferanten und Werkstätten verwalten sowie Logistik- und ERP-Software integrieren.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eigene Darstellung

<sup>1</sup> Eigene Darstellung

<sup>2</sup> Eigene Recherche und Vergleich von Flottenmanagementsystemen

<sup>3</sup> Voigt, S. (2010): Der Telematik-Markt auf einen Blick

## Kapitel 2

»Ein Flottenmanagementsystem ist heute in der Regel ein Asset-Managementsystem, in dem die Fahrzeuge als Anlagevermögen verwaltet werden. Über das Flottenmanagementsystem wird der Lebenszyklus dieses Anlagevermögens gesteuert.«

Joachim Marx, SAP AG

### ORTUNG

Die Ortung von Flottenfahrzeugen bezeichnet hier die Koordinatenerfassung und die digitale Abbildung des Standorts des Fahrzeugs auf einer Karte. Dabei erfolgt die Positionsbestimmung nicht laufend, wie es beim Tracking der Fall ist, sondern nur, wenn das Fahrzeug geparkt oder gestartet wird und ein Sender im Fahrzeug einmalig seine Koordinaten an die Flottenzentrale übermittelt. Eine derartige Lösung wird z. B. in einfachen „Black Boxes“ realisiert, welche über GPS- und GSM-Schnittstellen verfügen und an die Zündung angeschlossen werden.

### TRACKING

Tracking ermöglicht der Flottenzentrale, zu jedem Zeitpunkt die Fahrzeuge ihrer Flotte in Echtzeit zu lokalisieren und somit deren Routen zu verfolgen. Über GPS werden laufend die Koordinaten des Fahrzeugs berechnet und über eine Mobilfunkverbindung an die Zentrale weitergeleitet. Die Überwachung der Fahrten in Echtzeit ermöglicht der Flottenzentrale, flexibel auf mögliche Hindernisse im Straßenverkehr oder Fehler in der Logistik zu reagieren, die Routen der Fahrzeuge entsprechend anzupassen und kurzfristige Umdisponierungen zu realisieren. In welchem zeitlichen Abstand die Koordinaten aktualisiert werden, ist systemabhängig.

### FAHRZEUGRESERVIERUNG

Die Fahrzeugreservierung ist eine Funktion, die Kunden ermöglicht, ein Fahrzeug ihrer Wahl aus dem bestehenden Fuhrpark zu reservieren. Dabei geht der Trend hin zu immer kürzeren Reservierungsfristen, um Kunden eine spontane Nutzung der Fahrzeuge zu ermöglichen. Zusätzlich werden Applikationen für Smart-

phones angeboten, die die Reservierung von Fahrzeugen vom Handy aus ermöglichen und so ein Maximum an Flexibilität bei der Erstellung eines individuellen Mobilitätsplans bieten.

### FERNDIAGNOSE

Die Ferndiagnose bezeichnet das Auslesen von Fahrzeugparametern durch die Flottenzentrale. Telemetriedaten, d. h. Messwerte wie Kraftstoffverbrauch und Motortemperatur sowie Tankfüll- und Kilometerstand werden per Funk aus dem Fahrzeug an den Fuhrparkbetreiber übermittelt. Die Ferndiagnose hilft erheblich, die Wartung der Fahrzeuge zu optimieren und eventuellen Reparaturen vorzubeugen. Gleichzeitig dient sie der Überwachung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes eines Fahrzeugs und könnte Flottenbetreibern dabei helfen, die CO<sub>2</sub>-Bilanz ihrer Flotte zu senken.<sup>1</sup> Auf Basis erfasster und ausgewerteter Telemetriedaten kann zudem die Auslastung des Fuhrparks festgestellt und optimiert werden.

### AUFTRAGSALLOKATION

Die Auftragsallokation sieht die Zuteilung der Aufträge auf die einzelnen Fahrzeuge vor und hängt im Gütertransport eng mit der Tourenplanung zusammen. Bei der Zuordnung von Aufträgen zu Fahrzeugen müssen Parameter wie z. B. Laderaumkapazitäten der einzelnen Fahrzeuge berücksichtigt werden. Ziel der Auftragsallokation ist eine Minimierung der Kosten, der Fahrzeiten und Strecken sowie die Reduktion der Leerfahrten. Im Anschluss werden den entsprechenden Fahrzeugen Fahrer zugeordnet, wobei hier Arbeits- und Ruhezeiten der Fahrer mit eingeplant werden müssen. Im Personentransport, wie beispielsweise im Dienstwagen-Fuhrpark eines Unternehmens, kann die Auftragsallokation der Zuordnung von Personen und Fahrten auf die, dem Fuhrparkbetreiber, zur Verfügung stehenden Fahrzeuge entsprechen.

### TOURENPLANUNG

Die Auftragsallokation ordnet jedem Fahrzeug kompatible Aufträge zu, die Tourenplanung erstellt für die einzelnen Fahrzeuge die optimale Reihenfolge der anzufahrenden Standorte. Dabei werden die kürzesten Wege zwischen dem Startpunkt eines Flottenfahrzeugs über ein oder mehrere Zwischenstationen bis zurück zum Ausgangspunkt oder bis zu einem alternativen Zielort

ermittelt. Die Navigation kann je nach Ausprägung des FMS dezentral durch das Navigationsgerät des Fahrzeugs oder zentral durch das Flottenzentrum erfolgen. Dabei ist im Rahmen der Tourenplanung meist eine Reihe an Restriktionen zu berücksichtigen, welche diesen Planungsbereich recht komplex werden lassen. Beispielsweise möchten Kunden in einem bestimmten Zeitfenster beliefert werden oder das Unternehmen verspricht bestimmte Lieferzeiten. Zudem rückt die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Flotten zunehmend in den Fokus, welche sich maßgeblich durch die Tourenplanung beeinflussen lässt. Findet der Gütertransport auf der Schiene statt, erfolgt die Tourenplanung in Zusammenarbeit mit den Infrastrukturbetreibern, welche die entsprechenden Schienenabschnitte belegen und mit dem restlichen Schienenverkehr abstimmen.

### DYNAMISCHE TOURENPLANUNG

Die dynamische Tourenplanung ist aufbauend auf der oben beschriebenen Tourenplanung von zusätzlicher Komplexität gekennzeichnet und baut auf der Technik der GPS-gestützten Fahrzeugverfolgung (Tracking) und der Güterverfolgung über RFID-Chips auf. Während die herkömmliche Tourenplanung Fahrten und Fahrzeuge im Voraus definiert, muss eine dynamische Tourenplanung ad hoc auf neue Aufträge und sich ändernde Umweltbedingungen reagieren können. Die Planungs- und Reaktionszeiten sind bedeutend kürzer. Beispielsweise werden laufend neue Aufträge mit unterschiedlichen Zielkoordinaten generiert oder storniert, während plötzliche Staubildungen und Unfälle auf der Straße die Fahrt verzögern. Zudem ermöglicht die dynamische Tourenplanung, im Lager vergessene Waren zu orten oder fehlgeleitete Güter zu lokalisieren.

Die heute auf dem Markt erhältlichen FMS werden meist in modularem Aufbau angeboten. Dies ermöglicht FMS-Anbietern, ihren Kunden maßgeschneiderte Lösungen für ihre Flotten und deren spezifische Anforderungen zu bieten. Im Folgenden werden die in Tabelle 2.20 dargestellten Flotten erläutert und deren Anforderungen an FMS dargelegt. Es sei erwähnt, dass die Abbildung ein Raster wiedergibt, in dem die Anforderungen der jeweiligen Flotten schematisch aufgezeigt werden. Die hier dargestellten benötigten Funktionsumfänge wurden mit detaillierter Recherche und der Einschätzung von Fachexperten unterlegt. Die modulare Zusammenfügung von FMS-Produkten ermöglicht in der Praxis, jedem Flottenbetreiber ein individuelles Programm

für seinen Fuhrpark zu erstellen, und kann so von den hier dargestellten Funktionspaketen abweichen. Zudem entwickelt eine Vielzahl an Unternehmen die von ihnen verwendeten FMS im eigenen Hause. Auch hier wurde versucht, die entsprechenden Funktionsumfänge den untersuchten Flotten zuzuordnen. Rechtlich spielt die Funktion des Trackings von Fahrzeugen bei FMS eine Rolle. Während die technischen Voraussetzungen für die Verfolgung von Flottenfahrzeugen relativ leicht zu realisieren sind, ist die Verfolgung von privat genutzten Dienstwagen außerhalb der Arbeitszeit unzulässig.

### CARSHARING-UNTERNEHMEN

Carsharing-Unternehmen stellen in einem bestimmten Geschäftsgebiet ihren Fuhrpark allen registrierten Kunden zur Verfügung. Meist erfolgt die Registrierung über die Online-Plattform des Unternehmens. Der Kunde erhält nach Prüfung seines Führerscheins eine Zugangsmöglichkeit zu den Fahrzeugen des Carsharing-Fuhrparks, vorwiegend in Form eines kontaktlos übertragenden RFID-Chips, der vom Fahrzeug ausgelesen werden kann und den Kunden eindeutig identifiziert. Das FMS eines Carsharing-Unternehmens verwaltet den Fuhrpark und ortet die frei verfügbaren Fahrzeuge. Diese werden dem Nutzer angezeigt und ermöglichen ihm, Fahrzeuge in seiner Umgebung zu reservieren. Dabei können im Gegensatz zu Mietwagen neben definierten Zeitfenstern auch nur die Starttermine der Buchung eingegeben werden. Sobald der Nutzer das Fahrzeug wieder abstellt und sich per Identifikationschip abmeldet, wird ein Standortsignal an die Flottenzentrale gesendet und das Fahrzeug für andere Nutzer freigeschaltet. Eine Zustandserfassung der Fahrzeuge bezüglich Kilometer-, Tankfüllstand oder Sauberkeit des Fahrzeugs kann entweder über manuelle Eingabe der Nutzer und des Wartungsteams oder über Ferndiagnose erfolgen.

»Immer mehr Stadtbewohner sind dazu bereit, ihr Mobilitätsverhalten zu ändern und auf das eigene Auto zu verzichten. Dadurch steigt die Relevanz von Mietwagen- und Carsharing-Angeboten. Baden-Württemberg ist – neben dem Großraum München – bereits heute eine der Regionen mit der höchsten Anzahl an attraktiven Carsharing-Angeboten.«

Prof. Dr. Anke Weidlich, Hochschule Offenburg

<sup>1</sup> Daimler Fleetboard (2010) FleetBoard – Implikationen intelligenter Tourensteuerung auf Materialflusssysteme

## Kapitel 2

### DIENTSWAGEN FÜR DIE PERSÖNLICHE NUTZUNG

Ein Großteil der Unternehmen in Deutschland betreibt eigene Fuhrparks. Die darunterliegenden FMS ähneln meist Anlagegüterverwaltungssystemen und beinhalten die unter Fuhrparkverwaltung beschriebenen Funktionen. Diese Kategorie von Flotten zeichnet sich dadurch aus, dass Mitarbeiter ihre Dienstwagen auch privat nutzen können und über einen längeren Zeitraum besitzen. So wird einem bestimmten Mitarbeiter ein bestimmtes Fahrzeug zugeordnet und die von ihm gefahrenen Strecken nicht vom FMS registriert.

### GESCHÄFTSWAGEN ALS POOL-FAHRZEUGE

Ein weiteres Modell der unternehmenseigenen Fuhrparks ist die Verwaltung der Flottenfahrzeuge in Pools. Die im Pool vorhandenen Fahrzeuge werden rein für geschäftliche Fahrten vergeben und werden von den Mitarbeitern zur Ausführung der von ihnen zu erfüllenden Aufträge angefordert. Es erfolgt eine kollektive Nutzung der Fahrzeuge. Neben den verwaltungsorganisatorischen Funktionen beinhalten hier verwendete FMS Funktionen der Fahrzeugreservierung und eventuell der Auftragsallokation. Die Zuordnung der Fahrzeuge zu Mitarbeitern kann dabei über den Mitarbeiter selbst oder nach entsprechend einzugebenden Kriterien automatisch von dem FMS durchgeführt werden.

### MIETWAGENUNTERNEHMEN UND LEASING-ANBIETER

FMS in der Branche der Fahrzeugvermietung gehören zu den komplexesten Systemen im Flottenmanagement. FMS von Mietwagenunternehmen beinhalten neben der Verwaltung verschiedener Fahrzeugpools an unterschiedlichen Standorten und der Mietwagenbuchung durch den Kunden zudem die logistische Koordination und die Registrierung der wieder abgegebenen Fahrzeuge an einer Reihe von verschiedenen Verleihstandorten. Ziel ist unter anderem, eine Ausgeglichenheit im Fahrzeugbestand der einzelnen Standorte zu erreichen, indem die Mietwagen durch wechselnde Kunden wieder zum Ausgangsstandort zurückgefahren werden. So soll der interne Rücktransport von Fahrzeugen vermieden werden, der sowohl zeit- als auch kostenintensiv ist. Weiterhin werden besonders nachfrageintensive Termine wie Feiertage oder Großveranstaltungen im FMS abge-

speichert und für die Planung des Fahrzeugbestands verwendet, um eine bessere Disposition der Fahrzeuge zu erreichen.<sup>1</sup>

### TAXIUNTERNEHMEN

Auch für große Taxiunternehmen birgt das Tracking sowie die dynamische Tourenplanung Potenzial. In der Zentrale eingehende Taxianforderungen werden per Funk an die nächsten verfügbaren Taxis weitergegeben. Ein Tracking der sich im Einsatz befindenden Taxis durch eine Leitstelle kann neben einer effizienten Auftragsallokation und Tourenplanung zudem der Sicherheit der Taxifahrer dienen. Die fahrzeugintegrierten Telematik-Systeme sind dabei auch durch permanente Ortung als Teil des Diebstahlschutzes einsetzbar.

### ÖPNV-FLOTTEN

Der Einsatz von FMS im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs kann maßgeblich zur Einhaltung und Optimierung der Fahrpläne beitragen. Im öffentlichen Nahverkehr wird eine vorwiegend statische Tourenplanung unterlegt, in der die Fahrpläne der einzelnen Verkehrsträger vor Fahrtbeginn minutengenau festgehalten werden. Das Tracking von Bussen, Trambahnen und Nahverkehrszügen erfolgt dennoch zur dynamischen Ankündigung und Korrektur der Ankunftszeiten an den Haltestellen. Hierzu kommunizieren die jeweilige Leitzentrale und die mobilen Telematik-Einheiten in den Fahrzeugen miteinander. So können Störungen und Verzögerungen zeitnah an die Fahrgäste kommuniziert und bei eventuellen Ausfällen kurzfristig Ersatzfahrzeuge bereitgestellt werden. Um intermodale Mobilitätsleitungen anbieten zu können, werden die Zustandsdaten unterschiedlicher Verkehrsträger in einem FMS kombiniert.

### RETTUNGS- UND NOTFALLDIENSTE

Besonders im Rettungs- und Notfalldienst ist das Tracking von Einsatzfahrzeugen durch die Leitstelle unbedingt notwendig. Der Disponent in der Zentrale muss zu jedem Zeitpunkt wissen, wo sich die Fahrzeuge seiner Flotte aufhalten und in welchem Status sie sich befinden, damit er in kürzester Zeit auf eingehende Notrufe reagieren kann. Nach Eingang des Notrufs kalkuliert er die notwendige Anzahl an Fahrzeugen sowie deren Art der Aus-

stattung und Personal, z. B. Krankentransport, Rettungswagen oder Notarztfahrzeug. Die Einsatzwagen sind dazu mit Telematik-Einheiten ausgerüstet. Durch manuelle Eingabe in ein fahrzeugintegriertes Tastenfeld können die Einsatzfahrer den aktuellen Status ihres Fahrzeugs per Funk übermitteln. Durch das FMS werden dem Disponenten in der Leitzentrale alle Stati gebündelt angezeigt. Die nummerierten Stati reichen von „Fahrzeug ist frei, fährt gerade und kann über Funk angesprochen werden“ (Status 1), „Fahrzeug steht unbewegt an der Wache und die zugehörigen Fahrer müssen für einen Einsatz alarmiert werden“ (Status 2), „Fahrzeug ist auf dem Weg zur Einsatzstelle“ (Status 3), „Fahrzeug ist am Einsatzort angekommen und die Behandlung der Patienten wird gestartet“ (Status 4), „Anruf an die Rettungsleitstelle“ (Status 5), „Fahrzeug ist nicht einsatzbereit“ (Status 6), „Einsatzwagen ist mit dem Patienten auf dem Weg ins Krankenhaus“ (Status 7), „Fahrzeug ist an der Klinik angekommen“ (Status 8).<sup>1</sup> Ab Status 8 können die Einsatzkräfte in kritischen Fällen wieder vom Disponenten für einen weiteren Notruf angefordert werden. Auf einer digitalen Karte zeigt das FMS dem Disponenten die durch GPS angepeilten Standorte der Fahrzeuge an. So kann die Leitzentrale jederzeit die nächsten freien Fahrzeuge mit entsprechender Ausstattung kontaktieren. In neueren Einsatzfahrzeugen bestehen die dafür eingebauten Telematik-Einheiten aus einem Bordcomputer, der von der Leitzentrale eingehende Daten in ein integriertes Navigationsgerät überträgt und so automatisch die Zielsuche startet. Die Einsatzdaten werden auf einem Display im Fahrzeug angezeigt, eine schriftliche Kommunikation vom Fahrzeug aus ist jedoch nicht möglich. Zudem koordiniert der Disponent die gesamte Funkkommunikation der Flotte und entscheidet bei Sprechbedarf der Fahrer, welches Fahrzeug zu welchem Zeitpunkt über Funk an die Zentrale zugeschaltet werden darf.

### PRIVATE MIET-SERVICES UND FLUGHAFEN-SHUTTLES

Ähnlich wie Mietwagenunternehmen, können bei privaten Miet-Services Fahrzeuge jedoch inklusive Fahrer gebucht werden. Beispiele sind Limousinen-Services, Chauffeurdienste oder Flughafen-Shuttles. Kunden haben hier die Möglichkeit, vorab einen Mobilitätsservice zu buchen. Im Flottenmanagement der privaten Miet-Services werden hierzu Anzahl und Modelle der Fahrzeuge gemäß den Auftragsdaten reserviert und die zur Verfügung stehenden Fahrer zugeordnet. Gleiche Funktionen beinhaltet das

FMS für Flughafen-Shuttles mit der Abwandlung, dass hier bei der Auswahl der Fahrzeuge auf den erforderlichen Laderaum im Fahrzeug geachtet wird. Dabei wird pro Auftrag ein festes Zeitfenster gebucht. Eine dynamische Tourenplanung durch Tracking der Fahrzeuge findet keine Anwendung, da die Aufträge den Fahrzeugen und Fahrern vor dem Fahrtantritt zugeteilt und während des Auftrags nicht mehr geändert werden.

### KURIER-, EXPRESS- UND PAKETDIENSTE

Im Bereich der Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP) unterscheiden sich vor allem die FMS der Paketdienste von den FMS der Kurier- und Expressdienste. Paketdienste haben meist einen definierten Zustellbezirk und liefern jeden Tag in der grundsätzlich gleichen Reihenfolge Pakete an die Empfänger in ihrem Zustellbereich aus. Dies erfolgt oft in einer Schicht, d. h., die Tour eines Zulieferfahrzeugs wird morgens festgelegt und tagsüber durch einen Fahrer abgefahren, bevor das Fahrzeug abends wieder in der Leitstelle abgestellt wird. Mobile Telematik-Systeme im Fahrzeug sind somit nicht erforderlich, da keine dynamische Tourenplanung stattfinden muss. Der Kurier- und Expressliefer-service hingegen basiert auf einer spontanen Auftragsgebung. Tagsüber müssen ad hoc Sendungen abgeholt oder abgeliefert werden, die zu Fahrtbeginn noch nicht bekannt waren. Touren müssen demnach zeitnah umgeplant werden können. Hierzu werden GPS-Ortung und Tracking der Fahrzeuge eingesetzt, um eine schnelle und effiziente Zuordnung der Fahrzeuge auf eine sich dynamisch ändernde Auftragslage zu gewährleisten.

*»Aktuell haben wir zumindest bei der Zustellflotte keine Telematik-Systeme im Fahrzeug. Unsere Zustell-Fahrzeuge werden so eingesetzt, dass sie immer im gleichen Zustellbezirk unterwegs sind. Dafür wird keine Routenplanung benötigt.«*

*Michael Tauer, Deutsch Post Fleet GmbH*

### SPEDITIONEN

Speditionen befassen sich mit der Organisation und Durchführung von Transportdienstleistungen von Güterströmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette und entwickeln sich somit

<sup>1</sup> Stenzel, M. (2010): Autoverleih: Suche nach den Wagen

<sup>1</sup> Rettungsdienst Heilbronn (2009): FMS Statusmeldungen für den Rettungsdienst Heilbronn

## Kapitel 2

mehr und mehr zum Logistik-Dienstleister. Die entstehenden komplexen Ablaufmuster können durch FMS maßgeblich gesteuert und optimiert und bestehende Prozesse verschlankt werden. In die Erstellung von Transportketten werden heute unterschiedliche Verkehrsträger auf Straße und auf Schiene mit einbezogen. Bei der Integration von intermodalen Verkehrsträgern in die Logistikleistung einer Spedition kann das verwendete FMS eine Schnittstelle zum Infrastrukturbetreiber aufweisen, um in gegenseitiger Abstimmung die Belegung der Schienennetze für die Spedition zu planen. Neben der Fuhrparkverwaltung wird besonders das Tracking im FMS essenziell. Um nahtlose Logistikleistungen realisieren zu können, muss der Status und Aufenthaltsort der eingesetzten Fahrzeuge zu jeder Zeit durch die Zentrale feststellbar sein. Gerade im intermodalen Transport werden Ankunftszeit und -ort sowie Lade- und Entladestatus von Transportfahrzeugen durch die Speditionszentrale in Echtzeit nachvollzogen. Neben der Verfolgung von Fahrzeugen durch GPS können FMS auch die zu transportierende Ware lokalisieren. Durch Einlesung von RFID-Chips auf den Warenladungen erfasst das FMS die einzelnen Güter und erkennt z. B. versehentlich liegen gebliebene Transportgüter im Warenausgang oder falsch abgelieferte Waren. Der Fehler kann vom System erfasst und umgehend zu einer Tourenkorrektur weiterverarbeitet werden. Weiterhin spielt das Tracking der Waren in Echtzeit für die Erfüllung von Kundenanforderungen eine Rolle. Das Abrufen des Sendestatus und die Verfolgung der Waren werden von Kunden zunehmend als notwendige Informationsprodukte eingefordert. Auch ist die

Vernetzung der FMS von Speditionen untereinander möglich, um noch integriertere Transportdienstleistungen anbieten oder neue Märkte erschließen zu können. Zudem wird die Übertragung und Erfassung von Telemetriedaten durch Ferndiagnose im FMS relevant, da im Transport empfindlicher Waren eine durchgehende Überwachung der Zustandsdaten erfolgen muss. Ein Beispiel ist der Kühlguttransport, bei dem die Temperatur der Waren durchgehend der Spedition oder dem Kunden angezeigt werden kann oder durch gesetzliche Vorgaben verfolgt werden muss.

### SERVICE-DIENSTLEISTER

Je größer der Fuhrpark desto sinnvoller erscheint ein FMS für die Disposition der Fahrzeuge. Ein Beispiel für die Notwendigkeit effektiver FMS bieten Pannen-Services im Straßenverkehr. Dynamische Tourenplanung und Echtzeit-Tracking der Einsatzfahrzeuge durch die Zentrale bieten für den Pannendienst große Potenziale. Ähnlich wie im Rettungs- und Notfalldienst gehen die Notrufe im Zentrum ein. Diese erfolgen heute zum Teil automatisiert vom Bordcomputer der Pannen- oder Unfallfahrzeuge aus und übermitteln der Zentrale relevante Fahrzeug- und Positionsdaten. Nach Lokalisierung des Fahrzeugs überprüft die Zentrale alle sich in der Nähe befindenden Einsatzfahrzeuge und deren Ausrüstung auf Verfügbarkeit und sendet die Einsatz- und Positionsdaten auf das fahrzeuginterne Telematik-Gerät der Flottenfahrzeuge, um so eine möglichst zeitnahe Reaktion auf den Notruf zu ermöglichen.

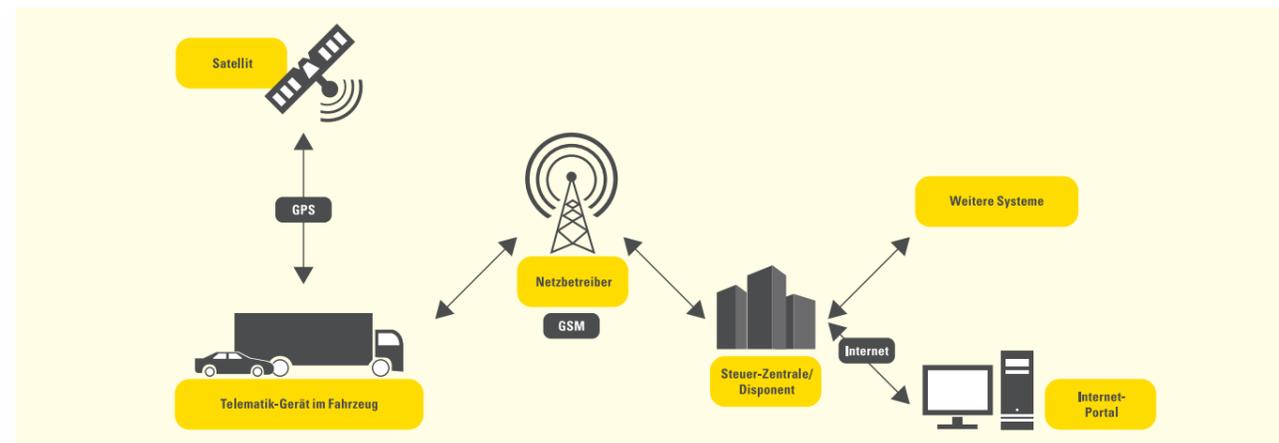


Abbildung 2.22: Aufbau eines Flottenmanagementsystems<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eigene Darstellung

### TECHNISCHER AUFBAU EINES FLOTTENMANAGEMENTSYSTEMS

FMS bestehen grundsätzlich aus ein oder mehreren Flottenzentralen mit fest installierter Kommunikationshardware und den mobilen Telematik-Einheiten in den Flottenfahrzeugen für die Kommunikation und Datenübertragung zwischen Flottenfahrzeugen und Zentrale (siehe Abbildung 2.22). Die dem FMS zugrunde liegende Software besteht aus den übergreifenden Funktionen der Flottenzentrale und aus der Anwendungssoftware der dezentralen Telematik-Einheiten in den Fahrzeugen.

Die Telematik-Einheiten in den Flottenfahrzeugen bestehen aus GPS-Empfängern für die Ortung durch Satellitenkommunikation und einem GSM-Modul für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Zentrale. Optional sind sie durch eine Nutzerschnittstelle erweitert, welche die zusätzliche Funkkommunikation vom Fahrer zum Disponenten ermöglicht. Eine Bluetooth-Vorrichtung kann zudem als Schnittstelle zum fahrzeuginternen Navigationsgerät dienen. Die Telematik-Einheit kann weiterhin mit Steuerungsgeräten und Sensoren im Fahrzeug vernetzt sein. Die GPS-gestützten Ortungsdaten und die im Fahrzeug generierten Zustandsinformationen werden über Mobilfunk an die Zentrale weitergeleitet und verarbeitet. Die Zentrale behält so in Echtzeit alle Flottenfahrzeuge auf einer digitalen Karte im Überblick. Die Zentrale bildet die Schnittstelle zu den Einsatzfahrzeugen und Fahrern, zu allen für das FMS relevanten Stakeholdern und optional zu weiteren relevanten Systemen. Zu den relevanten Stakeholdern gehören u. a. Kunden, Lieferanten oder Werkstätten. Weitere Systeme können beispielsweise aktuelle Verkehrsinformationen oder Nachrichtendienste sein. Die Zentrale sammelt alle Informationen, verarbeitet sie und stellt sie in aggregierter Form auf einer Online-Plattform dar. Hier können z. B. Kunden ihre Waren verfolgen oder Carsharing-Nutzer ein Fahrzeug reservieren. Zudem bietet sich die Möglichkeit, dass FMS-Anbieter ihren Kunden diese Online-Plattform als Steuerungsinstrument für deren Unternehmensfuhrpark zur Verfügung stellen.

### 2.6 MOBILITÄT UND STADT

Eine weltweit zunehmende Urbanisierung stellt immer höhere Anforderungen an die Infrastruktur in den Städten. Das erhöhte Mobilitätsbedürfnis der Menschen, nicht zuletzt auch aus beruflichen Gründen, führt zu einem stetigen Anwachsen des Ver-

kehrsaufkommens. Hinzu kommen Warentransport- und Dienstleistungsfahrten zur ständigen Versorgung der Menschen und der Industrie. Die Folgen dieser Entwicklung sind in den Städten unmittelbar mess- und spürbar. So wurden z. B. nach Angaben des Umweltbundesamtes an 89 Tagen im Jahr 2011 in Stuttgart am Neckartor die Feinstaub-Grenzwerte überschritten<sup>1</sup> und 55 Prozent der Bevölkerung in Deutschland beklagen sich über die Lärmbelastung durch den Straßenverkehr.<sup>2</sup> Um Lärm, Feinstaub und vor allem auch klimaschädliche CO<sub>2</sub>-Emissionen einzudämmen, werden heute schon moderne IKT-Netzwerke und Technologien in deutschen Städten erforscht und eingesetzt. Neben dem Verkehr spielen aber auch Energieeffizienzsteigerungen im Wohnraum und in gewerblichen Gebäuden eine wichtige Rolle.

### SMART HOME UND GEBÄUDEAUTOMATISIERUNG

Smart Home bedeutet die intelligente Vernetzung von Haustechnik, Elektrogeräten sowie Informations- und Multimedia-Technologien. Im privaten Bereich stehen dabei heute hauptsächlich der erhöhte Wohnkomfort und die Sicherheit für die Bewohner im Mittelpunkt. In eine intelligente Vernetzung der Haustechnik können zahlreiche Funktionen und Anwendungen integriert werden. Über programmierbare Schalter können unterschiedliche Elemente wie das Licht oder Verdunklungen individuell und flexibel angesteuert werden. Über Sensoren kann die Beleuchtung oder Musik bei Anwesenheit der Bewohner automatisch eingeschaltet werden und beim Verlassen der Wohnung die Alarmanlage oder Videoüberwachung. Die Kaffeemaschine kann zeitlich programmiert oder direkt nach dem Aufwachen über Telefon aktiviert werden. Eine Steuerung der Geräte über Smartphones oder das Internet ist auch von außerhalb der Wohnung möglich. So kann beispielsweise die Temperatur in einem Ferienhaus das ganze Jahr von einem anderen Ort aus, z.B. zu Hause, aus kontrolliert und bei Bedarf geregelt werden. Bei einem noch höheren Grad der Automatisierung kann das intelligente Haus auf Basis von sensorischen Messwerten selbst reagieren, beispielsweise auf zu kalte Temperaturen, zu hohe Luftfeuchtigkeit oder nicht geschlossene Fenster. Geregelt wird die Haustechnik über einen zentralen Rechner und bei zusätzlicher Integration von Internet- und Telekommunikationsnetzwerken wird eine Steuerung über tragbare Computer oder Telefone von jedem Raum aus möglich. Notwendig für eine Vernetzung der Geräte, Sensoren und Aktoren

<sup>1</sup> Umweltbundesamt (2011): Jährliche Auswertung Feinstaub 2011

<sup>2</sup> Umweltbundesamt (2011): Onlineumfrage zur Lärmbelastung 2011

## Kapitel 2

ist die Anbindung über verschiedene, oftmals herstellerspezifische funk- oder datenleitungsgebundene Kommunikationsschnittstellen.

Häufig kommt dabei das Europäische Installationsbussystem (EIB) oder dessen Weiterentwicklung, das Konnex Bussystem (KNX), zum Einsatz. Nachträgliche Installationen können auch ohne die Verlegung zusätzlicher Datenleitungen beispielsweise über PLC-Systeme realisiert werden.

Eine immer wichtigere Anwendung im Smart Home ist die Kontrolle und Steuerung des Energieverbrauchs und auch der privaten Energieerzeugung. Genannt seien hier beispielsweise Heizungs- und Klimaanlage, die nach einem individuellen Tagesprofil die Temperatur automatisch einstellen können. Eine Unterschei-

dung von Werktagen und Wochenenden ist dabei ebenso möglich wie kurzfristige Änderungen im Programm. Die Temperatur kann somit in nicht genutzten Räumen abgesenkt werden, was zu deutlichen Energieeinsparungen führen kann. In Verbindung mit intelligenten Stromzählern oder einer verbraucherseitigen Messinfrastruktur kann der Stromverbrauch im Haus zu jedem Zeitpunkt kontrolliert und Geräte mit hohem Verbrauch identifiziert werden, was ebenfalls zu Einsparungen und Effizienzsteigerungen im Energieverbrauch beitragen kann.

Bei einer Einführung von Elektrofahrzeugen bietet es sich an, die private Ladeinfrastruktur und Fahrzeugtechnik mit in das Smart Home einzubinden. Ladezustände der Fahrzeugbatterien und das zeit- oder manuell gesteuerte Laden kann dann ebenfalls durch

den Nutzer kontrolliert und beeinflusst werden. Bei höheren Ladeleistungen könnten darüber hinaus weniger zeitkritische Geräte wie Kühlschränke oder Wärmepumpen vorübergehend deaktiviert werden, um Netzüberlastungen zu vermeiden. Eine netzseitige Steuerung von Stromerzeugern und Verbrauchern im Rahmen zukünftiger Smart-Grid-Anwendungen würde durch solche Technologien ebenfalls ermöglicht. Die Einbindung von Elektrofahrzeugen in ein Smart Home wird in Baden-Württemberg beispielsweise durch das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und das FZI Forschungszentrum Informatik in der Praxis erforscht.<sup>1,2</sup> Im FZI House of Living Labs steht mit den FZI Living Labs smartHome, smartEnergy und smartMobility eine hervorragend ausgestattete Forschungsumgebung zur Entwicklung, Evaluation und Präsentation zukunftsweisender Technologien bereit: von einer voll ausgestatteten Wohnung mit ganzheitlichem Energiemanagement über ein Elektrofahrzeug mit Zugriff auf das On-Board Energiemanagement bis hin zum autonomen Fahrzeug. In dieser Umgebung kann auch das optimale Zusammenspiel von flexibler Stromnachfrage und den Ladeanforderungen von Elektrofahrzeugen erprobt und evaluiert werden, um intelligente Ladekoordinationsverfahren sicher und anwendungsfreundlich zu gestalten.

Ein möglicher Ansatz hierfür sind die Telemedizin und alltagsunterstützende Assistenzlösungen für ein gesundes und unabhängiges Leben (Ambient Assisted Living – AAL). Hierfür wurde das FZI Living Lab AAL als Arbeits-, Demonstrations- und Evaluationsumgebung eingerichtet. Das FZI Living Lab AAL vereint Servicekonzepte, Organisationsmodelle und Technologien, die zum einen dazu geeignet sind, Menschen ihre Selbstständigkeit im eigenen Heim auch bei körperlichen Einschränkungen so weit wie möglich zu erhalten, und zum anderen, die ärztliche Betreuung, Versorgung und Pflege zu unterstützen und zu vernetzen. Alle Räume sind voll möbliert und darüber hinaus als „Wohnumgebung der Zukunft“ mit ca. 30 verschiedenen, vollständig vernetzten Technologien ausgestattet, z. B. mobile und ambiente Sensorik, Interaktionstechnologien und Middleware (openAAL). Dabei wurden sowohl kommerziell bereits verfügbare Produkte, als auch Prototypen aus Industrie und Forschung eingesetzt.

In gewerblichen Gebäuden stehen bei der weit verbreiteten Vernetzung und Automatisierung vor allem die Energieeffizienzsteigerung und die Einsparung von Personal im Vordergrund. Neben einer zentralen Steuerung von Licht, Heizung, Kühlung, Lüftung und Verschattung spielen hier auch sicherheitsrelevante Anwendungen eine große Rolle. Hierzu gehören Zugangskontrollen, Überwachungssysteme und Alarmanlagen sowie Brandmelde- und Brandbekämpfungssysteme. Die Integration einer Kommunikationsanlage erlaubt darüber hinaus automatisierte Notrufmeldungen. Neben einer effizienten Gebäudeüberwachung und Verwaltung können auch im Servicebereich Personal- und Arbeitsaufwand eingespart werden, z. B. indem Wartungsarbeiten und das Auslesen von Zähler- und Verbrauchsdaten zentral oder direkt beim Dienstleistungsanbieter erfolgen.

### SMART CITY UND VERKEHRSLEITSYSTEME

Die intelligente Stadt der Zukunft muss Informationsflüsse, Verkehrsfragen, Energieeffizienz- und Verwaltungsangelegenheiten durch die kommunikative Verknüpfung moderner und neu zu entwickelnder Technologien effizient steuern können. Große Herausforderungen, aber auch großes Potenzial für zukünftige Optimierungen bietet der motorisierte Individualverkehr. Gerade im urbanen Bereich lässt sich die Verkehrsinfrastruktur hierfür kaum noch weiter ausbauen. Es gilt also vorhandene Straßen und Park-

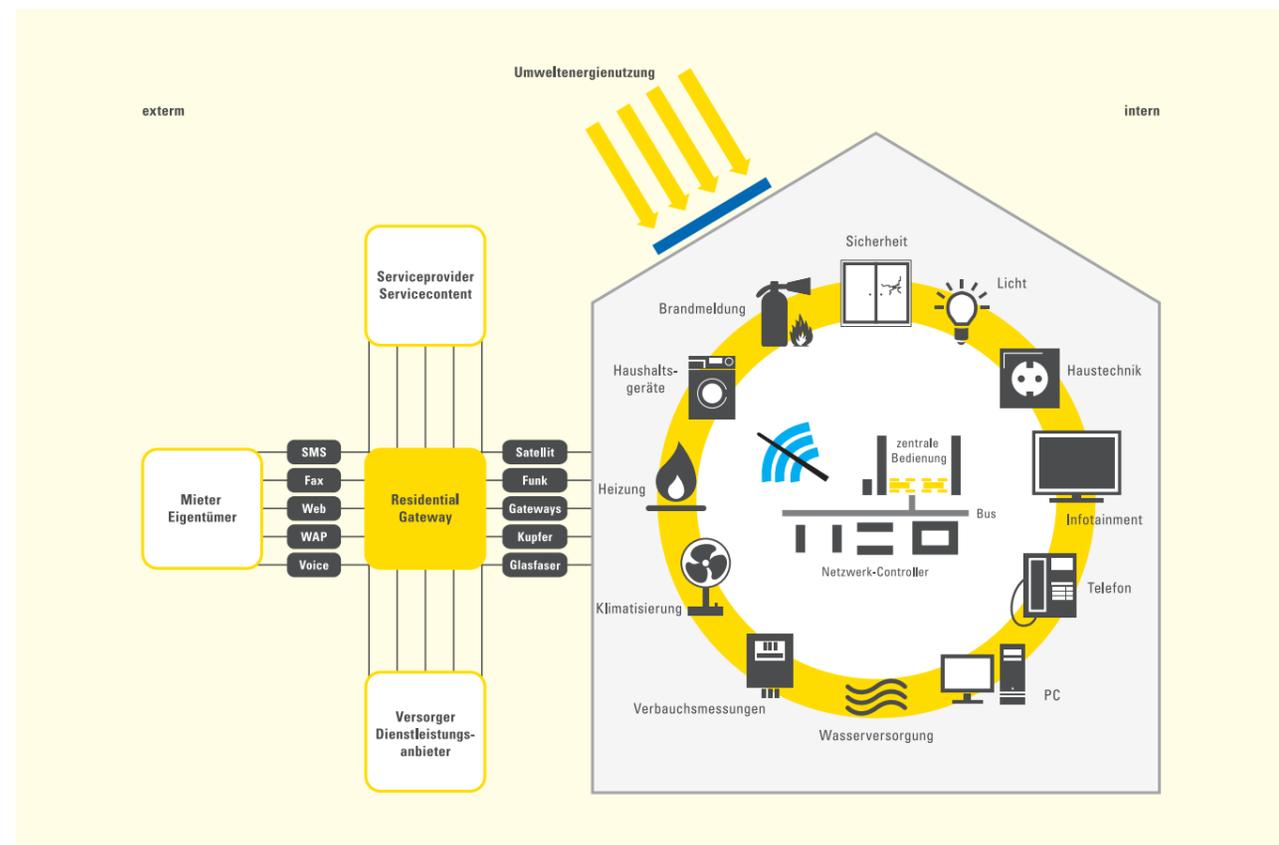


Abbildung 2.23: Netzwerk-Infrastrukturen in intelligenten Gebäudesystemen<sup>1</sup>

»Ein Hausanschluss in Baden-Württemberg ist für eine Leistung von etwa 30 kW ausgelegt. Neue Anschlüsse werden in der Regel sogar mit bis zu 43 kW abgesichert. Für das Laden von Elektrofahrzeugen mit hohen Ladeleistungen (>11 kW) ist eine intelligente Steuerung notwendig, um bei gleichzeitiger Nutzung anderer Verbraucher den Netzanschluss nicht zu überlasten. Denkbar ist beispielsweise eine zeitliche Verlagerung der Ladezeiten in die Nacht oder ein gezieltes Unterbrechen anderer Stromverbraucher.«

Dr. Alois Kessler,  
Forschung und Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

In einer zunehmend älter werdenden Gesellschaft spielen auch Gesundheitsdienstleistungen eine immer wichtigere Rolle. Das Smart Home könnte hier als Schnittstelle für die Übertragung von Vitaldaten und für manuell oder automatisch ausgelöste Notrufsysteme genutzt werden.

<sup>1</sup> Eigene Darstellung nach Grinewitschus, V. et al. (2003): Intelligente Gebäudesysteme: eingebettete Intelligenz, Integration durch Vernetzung, neue Nutzeffekte durch Systemfunktionen

<sup>2</sup> eCarTec Newsletter (2010): Test für das Auto von morgen im Smart Home

<sup>2</sup> Forschungszentrum Informatik (2012): FZI House of Living Labs

## Kapitel 2

möglichkeiten effizienter zu nutzen, um eine bessere Auslastung der Verkehrssysteme zu gewährleisten. Im Vergleich zu Schienen-, Schiffs- oder Flugverkehr läuft der Straßenverkehr weniger organisiert ab. Einzelne Akteure wirken aktiv als individuelle Entscheidungsträger am Verkehrsgeschehen mit, da sie weder an Zeitpläne gebunden sind, noch an eine bestimmte Streckenführung. Im Vordergrund für eine Effizienzsteigerung steht also die Beherrschung der resultierenden stochastischen Verkehrsabläufe durch intelligente Erfassung der Verkehrszustände, durch aktuelle Informationsvermittlung zur Unterstützung der beteiligten Akteure und durch eine aktive Organisation der Verkehrsflüsse.

Eine wichtige Voraussetzung für eine effiziente Verkehrsbeeinflussung ist die Erhebung des aktuellen Ist-Zustandes auf den Straßen, möglichst in Verbindung mit einer bereits vorhandenen Datenbasis zur Erstellung einer nahen Zukunftsprognose. Interessante Daten sind hierbei die Verkehrsdichte, die beispielsweise optisch oder über Induktionsschleifen erfasst werden kann, die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge, aber auch wetterbezogene Werte wie Temperatur, Regen und Windstärke. Insbesondere müssen auch Staus und besondere Situationen wie Unfälle mit berücksichtigt werden. Solche Daten können einerseits von einer entsprechenden sensorischen Infrastruktur (Induktionsschleifen, Infrarotsensoren, Kamerasysteme) oder aber auch direkt aus den Fahrzeugen heraus (Floating Car Data, FCD) erfasst werden.<sup>1</sup> In einem nachfolgenden Datenverarbeitungsschritt werden diese Rohdaten aufbereitet, um ein möglichst realitätsgetreues Abbild der tatsächlichen Verkehrs- und Umfeldsituation darzustellen. Für eine kommunikative Anbindung aller am Prozess beteiligten Komponenten können sämtliche modernen leitungs-basierten und drahtlosen Übertragungstechniken angewendet werden.

Auf Basis der gemessenen Daten und früherer Erfahrungswerte kann aktiv in das Verkehrsgeschehen eingegriffen werden. Hierfür stehen zahlreiche Handlungsoptionen zur Verfügung, die sich in die Bereiche Information und Warnung, Handlungsempfehlung und hoheitliche Anordnung einteilen lassen. Zukünftig sind auch automatische Systemeingriffe ohne eine aktive Beteiligung des Fahrers denkbar. Die gängigste Form der Information erfolgt heute über Verkehrsmeldungen im Radio. Die Akzeptanz der Autofahrer gegenüber einer unterstützenden Verkehrsinformation und der damit verbundenen Reaktionen hängt aber im Wesentlichen von der Zuverlässigkeit der Informationen ab. Eine Erfassung und Verarbeitung von Verkehrsdaten und die letztendliche Informationsübermittlung

zu den Autofahrern muss deshalb möglichst schnell umgesetzt werden, was bei üblicherweise halbstündlichen Radiomeldungen nicht immer der Fall sein kann. Eine Weiterentwicklung stellt der Traffic Message Channel (TMC) dar. Hierbei können über das Radio Data System (RDS) Gefahren- und Stausituationen beispielsweise direkt auf ein Navigationssystem übertragen werden und der Autofahrer kann eine Umfahrung in Betracht ziehen. Im Optimalfall wird eine Ausweichroute automatisch berechnet. Bei einer zukünftigen Verdichtung der Informationsbasis ist auch eine permanente dynamische Streckenanpassung hinsichtlich der kürzesten Reisezeit denkbar. Hierbei ist allerdings eine zentrale Steuerung wünschenswert, da die scheinbar optimalen Lösungen für die einzelnen Fahrer in der Summe nicht zwangsläufig zu der besten Lösung für das gesamte Verkehrssystem führen.

Neben Verkehrsinformationen von zentralen Diensten könnte zukünftig auch eine direkte Kommunikation von Fahrzeug zu Fahrzeug (Car-to-Car) erfolgen. Anwendungen werden hier beispielsweise automatische Warnmeldungen im Falle eines Unfalls sein, aber auch die Informationsweitergabe von Verkehrsverdichtungen und aktuellen Geschwindigkeiten. Geforscht wird auch an automatischen Systemeingriffen, wie beispielsweise einer Notbremsung, basierend auf einem Datenaustausch zwischen den Fahrzeugen, und selbst ein autonomes Fahren erscheint technisch prinzipiell möglich. Eine Reihe namhafter Fahrzeughersteller hat sich auf die Entwicklung eines einheitlichen Standards für die Kommunikation von Fahrzeugen untereinander sowie mit der umgebenden Infrastruktur geeinigt. So soll die sogenannte Car-to-Car- und Car-to-Infrastructure-Kommunikation bis 2015 zur Serienreife gelangen.<sup>2</sup>

Die EU-Kommission forciert die europaweite Einführung eines „eCall“-Systems. Bereits ab 2015 sollen Neuwagen mit automatischen Notrufsystemen ausgestattet werden. Das „eCall“-System wählt bei einem schweren Unfall (sobald fahrerseitige Sensoren einen schweren Zusammenstoß registrieren) automatisch die 112 - Europas einheitliche Notfallnummer - und übermittelt den Notdiensten Daten zum Unfall, wie beispielsweise Zeitpunkt des Unfalls, genauer Standort des verunfallten Fahrzeugs und Fahrtrichtung (besonders wichtig auf Autobahnen und in Tunneln).<sup>3</sup> Zur Vermeidung von Staus, Stop-and-Go-Verkehr und damit vor allem auch zur Vermeidung von Unfällen tragen heute bereits variable Verkehrszeichen bei.<sup>4</sup> Die wichtigste Anwendung ist hier eine dem Verkehr und den Witterungsbedingungen angepasste variable Geschwindigkeitsbegrenzung. Diese kann von einer zentralen Leitstelle aus

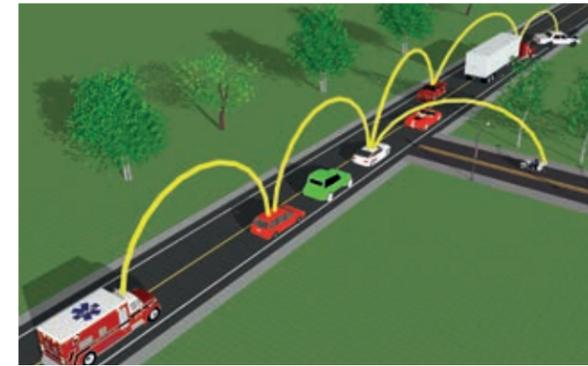


Abbildung 2.24: Car-to-Car-Communication<sup>1</sup>

geregelt werden oder völlig autonom von der lokalen Anzeige selbst, sofern sensorische Systeme integriert sind. An wichtigen Knotenpunkten können Anzeigen auch Texte und Grafiken enthalten, um auf Unfälle und Staus aufmerksam zu machen und um alternative Routen anzubieten. Immer häufiger werden in den Städten auch dynamische Steuerungen für die Ampelanlagen angewendet. Im einfachsten Fall werden Ampeln nur dann auf grün geschaltet, wenn sich ein Fahrzeug direkt davor befindet oder annähert. Dies kann einerseits der Verkehrsberuhigung auf Nebenstrecken dienen, andererseits aber auch unnötige Rotphasen auf verkehrsreicheren Strecken vermeiden. Für eine effizientere Straßennutzung muss jedoch der wesentliche Verkehrsfluss im Stadtgebiet möglichst in Echtzeit erfasst werden, um bei Bedarf „grüne Wellen“ auszulösen und das gesamte Ampelsystem dynamisch aufeinander abzustimmen. Hierdurch lassen sich Verkehrsverdichtungen vermeiden und im Notfall könnten Rettungsfahrzeuge durch manuelle Beeinflussungen des Systems an den Ampeln bevorzugt werden. Die möglichen Auswirkungen eines umfangreichen Eingriffs in ein Ampelsystem sind in der Regel nicht sofort ersichtlich, sondern müssen mit Verkehrssimulationen für bestimmte Szenarien vorab erprobt werden.

Ein weiteres Mittel zur Steuerung der Verkehrslasten in der Stadt können Maut- und Gebührensysteme darstellen. Hierfür kommen prinzipiell zwei Möglichkeiten in Betracht, mit unterschiedlichen Anforderungen an die IKT-Infrastruktur. Die erste Möglichkeit ist eine pauschale Gebührenerhebung, wie sie beispielsweise in London praktiziert wird.<sup>2</sup> Autofahrer müssen hier acht Pfund pro Tag bezahlen, um in den Innenstadtbereich einfahren zu dürfen. Solche Systeme führen zu einer Verminderung des Gesamtverkehrsaufkom-

mens sowie zu einer Verlagerung auf öffentliche Verkehrsmittel. Die zweite Möglichkeit ist eine automatische Gebührenerhebung direkt bei der Einfahrt in einen bestimmten Bereich mit einer individuellen Abrechnung. Preiskriterien können hierbei die Tageszeit, die Fahrzeugart, die gefahrenen Kilometern oder die Fahrzeit sein. Eine solche kilometerabhängige Maut wird beispielsweise auf deutschen Autobahnen seit 2005 für LKWs erhoben.<sup>3</sup> Der Vorteil eines solchen Systems könnte in Städten vor allem darin liegen, dass Verkehrslastspitzen durch höhere Gebühren teilweise in Zeiten mit geringeren Kosten verlagert werden.

Ein wesentlicher Punkt bei einer Gebührenerhebung ist die technische Umsetzung des Bezahlvorgangs. Hierbei muss beachtet werden, dass durch diesen Vorgang keine zusätzlichen Verkehrsbehinderungen, z. B. durch Bezahlstationen, entstehen und dass die Bezahlung für alle Autofahrer universell möglich ist. Für pauschale Systeme empfiehlt sich eine Kombination mehrerer Bezahlmöglichkeiten, z. B. über Automaten vor Ort oder via Internet, Telefon oder SMS. Für Anwohner und Pendler bieten sich Monats- und Jahreskarten an. Schwieriger umzusetzen ist eine individuelle Bezahlung für jede Einfahrt in einen gebührenpflichtigen Bereich. Während Autobahnen begrenzte Einfahrmöglichkeiten aufweisen, führen in einer Stadt in der Regel zahlreiche Wege in die relevanten Gebiete. Eine automatische Gebührenerhebung kann somit eine aufwendige verkehrstelematische Infrastruktur erfordern. Für eine automatische Erfassung und Abrechnung können Fahrzeuge beispielsweise mit Sendegeräten ausgerüstet werden, die über kurze Distanzen Daten mit einer straßenseitigen Infrastruktur austauschen (Dedicated Short-Range Communication, DSRC). Abrechnungsdaten können dabei einerseits in den fahrerseitigen Geräten gespeichert und regelmäßig ausgelesen werden oder über eine Vernetzung der Infrastruktur direkt von einer zentralen Abrechnungsstelle aufgenommen und verarbeitet werden. Im Gegensatz dazu kann beim deutschen LKW-Mautsystem die zurückgelegte Strecke und die damit verbundene Gebühr über ein GPS-Gerät in einer sogenannten On-Board-Unit gemessen und über Mobilfunkanbindung direkt an die Abrechnungsstelle übermittelt werden.<sup>4</sup> Eine straßenseitige Kommunikationsinfrastruktur ist bei einem solchen System nicht zwingend notwendig. Teure Einbaugeräte in den Fahrzeugen sind zumindest für Gelegenheitsbesucher und Touristen in einer Stadt jedoch nicht akzeptabel, vor allem wenn Systeme in verschiedenen Städten nicht miteinander kompatibel sind. Bereits praktiziert wird eine zeitabhängige Einfahrts-

<sup>1</sup> Lorkowski, S. et al.: Erste Mobilitätsdienste auf Basis von „Floating Car Data“

<sup>2</sup> Focus (2012): Car-to-Car-Communication - Universelle Auto-Sprache ab 2015

<sup>3</sup> Europäische Kommission (2013): eCall Automatischer Notruf für Verkehrsunfälle ab 2015 Pflicht in Autos

<sup>4</sup> Fischer, J. (2004): Verkehrstelematik in Großstädten als Alternative zum Neubau von Verkehrswegen

<sup>1</sup> DLR(2010): Car-to-Car-Communication

<sup>2</sup> <http://www.oeamtc.at/a1114651/> Transport for London (2011): Was müssen Sie über die Citymaut wissen?

<sup>3</sup> <http://www.toll-collect.de/>

<sup>4</sup> <http://www.toll-collect.de/>

## Kapitel 2

gebühr in Stockholm.<sup>1</sup> Hier werden die Nummernschilder aller Fahrzeuge an 18 Zufahrtswegen in die Innenstadt automatisch erfasst und die Kosten den zuvor einmalig registrierten Fahrzeughaltern in Rechnung gestellt. In London hingegen dient eine Erfassung der Nummernschilder über eine weitläufige Videoüberwachung ausschließlich zu Kontrollzwecken, ob die Gebühren für die aufgenommenen Fahrzeuge auch entrichtet wurden.

Während Anfahrtsziele heute sehr häufig mithilfe von Navigationsgeräten relativ einfach gefunden werden können, entfällt in den Städten ein relativ großer Anteil der Fahrzeiten auf die Parkplatzsuche. Moderne Parkleitsysteme können hier einen Beitrag zur Minimierung des Verkehrsaufkommens liefern. Autofahrer müssen dabei über freien Parkraum informiert und an die entsprechenden Stellen geleitet werden. Vor allem die Anzahl freier Parkplätze in Parkhäusern wird heute oft kontinuierlich erfasst und direkt oder über eine Leitstelle an variable Anzeigen im Umfeld weitergegeben. Über vernetzte Parkscheinautomaten oder eine sensorische Infrastruktur können darüber hinaus auch Parkplätze am Straßenrand mit in das Leitsystem integriert werden. Informationen können oft auch schon vor Fahrtantritt über das Internet oder Handy abgerufen werden. Zukünftig sollen Parkplatzinformationen auch direkt in die fahrzeugseitigen Navigationssysteme übertragen werden. Neben einer reinen Anzeige ist dabei auch eine direkte Streckenführung zu Gebieten mit freien Parkplätzen denkbar. Im Optimalfall wird sich eine solche Navigation aber nicht nur an der momentanen Parksituation ausrichten, sondern an einer bei der Ankunft im Zielbereich erwarteten Parksituation, die mittels Vorwissen und Simulationen erstellt werden kann.

### 2.7 INTERMODALE MOBILITÄTSKONZEPTE

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) trägt über die letzten Jahrzehnte stabil die Hauptlast des Verkehrs. Vor allem bei jungen Menschen verliert der Stellenwert des eigenen Autos aber immer mehr an Bedeutung. In der Altersklasse zwischen 14 und 29 Jahren können sich 86 Prozent der Menschen ein Leben ohne Handy und Internet nicht mehr vorstellen.<sup>2</sup> Ein Leben ohne Automobil können sich dagegen lediglich 73 Prozent der Befragten nicht vorstellen.<sup>3</sup> Bei jungen Menschen hat sich die Anzahl privater Kraftfahrzeuge pro Einwohner, im Gegensatz zu den oberen Altersklassen, in den letzten Jahren auf einem niedrigeren Niveau eingependelt (siehe Abbildung 2.25 Bevölkerungsentwicklung und Automobilbesitz junger Menschen). Insbesondere in den Städten zeigt sich eine zu-

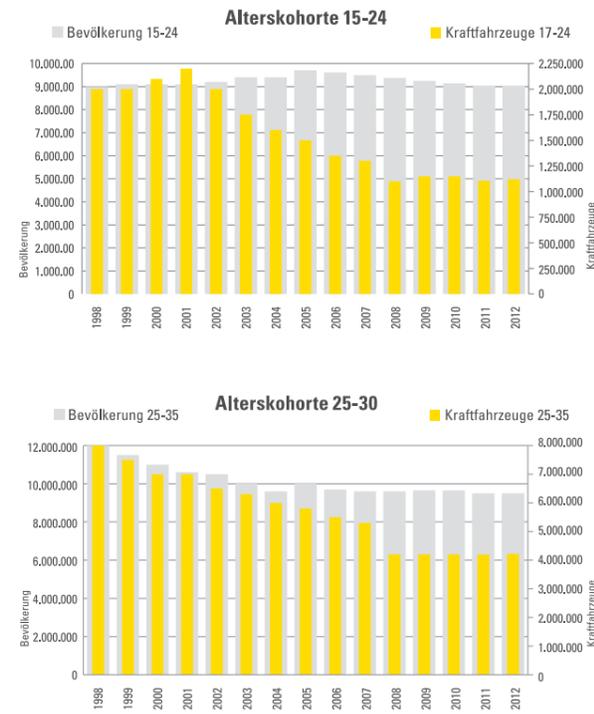


Abbildung 2.25: Bevölkerungsentwicklung und Automobilbesitz junger Menschen<sup>4</sup>

nehmende Verlagerung hin zu öffentlichen Verkehrsmitteln und alternativen Mobilitätsangeboten. Für eine Verbindung von MIV und ÖPNV wurden bereits in vielen Städten an den Endhaltestellen von S-Bahnen, Straßenbahnen oder Stadtbussen Park-&-Ride-Parkplätze eingerichtet. Vor allem für weniger ortskundige Besucher spielen hierbei Informationssysteme eine wichtige Rolle. Über Parkleitsysteme, möglichst in Verbindung mit einer dynamischen Anzeige der noch verfügbaren Stellplätze, werden Autofahrer direkt zum nächstgelegenen Park-&-Ride-Platz geführt. Moderne Systeme können dabei sogar die Abfahrtszeiten der angebotenen öffentlichen Verkehrsmittel schon auf dem Weg zum Parkplatz auf digitalen Informationstafeln anzeigen.<sup>5</sup>



Abbildung 2.26: Unterstüzung intermodaler Verkehrskonzepte durch intelligente Verkehrsflusssteuerung in Halle<sup>1</sup>

#### Kernergebnis:

*Durch eine zunehmende Urbanisierung wachsen die Herausforderungen an die Verkehrsinfrastruktur in den Städten. IKT-Anwendungen, wie Verkehrs- und Parkleitsysteme werden zukünftig in verstärktem Maße zur Steigerung der Effizienz im Verkehrswesen beitragen.*

Ein wichtiger und stetig wachsender Bereich für die modale und intermodale Mobilität stellen Sharing-Angebote sowohl für PKWs als auch für Fahrräder dar. Diese Entwicklung haben auch einige Automobilhersteller und die Deutsche Bahn erkannt und bauen sukzessive Carsharing-Flotten auf (z.B. BMW: DriveNow, Daimler: car2go, Deutsche Bahn: Flinkster). In Folge dessen entwickelt sich in Großstädten ein immer sichtbarer Carsharing-Angebot. So sind beispielsweise über das Portal der Stadt Stuttgart die Carsharingangebote von car2go, Stadtmobil, Flinkster sowie Autonetz erreichbar.<sup>2</sup> Neben car2go stellt auch Flinkster unter anderem Elektrofahrzeuge bereit. Insgesamt stehen den Fahrern in Stuttgart knapp 1.000 Fahrzeuge zur Verfügung.<sup>3</sup>

Dabei sind auf lokaler Ebene Carsharing-Angebote vor allem für ortsfremde Besucher unter Umständen ein Problem. Zum einen müssen die Fahrzeuge oder Fahrzeugstationen gefunden werden.

Zum anderen ist ein universeller Zugang zu den Fahrzeugen in der Regel nur mit einer vorherigen Registrierung beim entsprechenden Anbieter in Verbindung mit der entsprechenden Hardware (RFID-Transponder, Smart Card) möglich. Während das Auffinden der Fahrzeuge vor Ort technisch über Smartphone-basierte Navigation realisierbar ist, steht eine universelle Städte- und Anbieter-übergreifende Registrierungsmöglichkeit für die Kunden noch aus. An diesem Thema arbeiten beispielsweise e-clearing.net und LEMnet Europe gemeinsam. Das von e-clearing.net entwickelte Open Clearing House Protocols (OCHP) erlaubt Elektrofahrzeugnutzer international zu roamen, also sich bei Ladestationen unterschiedlicher Anbieter über Ländergrenzen hinweg zu autorisieren und ihr Fahrzeug zu laden. Damit ebnet sie den Weg, mittels Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) alle öffentlichen europäischen Ladestationen für Elektrofahrzeuge anbieterunabhängig auf Portalen und Displays aktuell anzuzeigen und das Aufladen der Batterien dank vereinbarter Software-Schnittstellen und Web-Technologien nutzerfreundlicher zu gestalten.<sup>4</sup>

*»Carsharing-Angebote können heute kaum von Reisenden und Stadtbesuchern genutzt werden, da lokal unterschiedliche Zugangssysteme eine vorherige persönliche Anmeldung vor Ort erfordern. Ein einheitliches System sollte hierfür angestrebt werden.«*

*Helmut Steingraber, Business Consulting, Infoman AG*

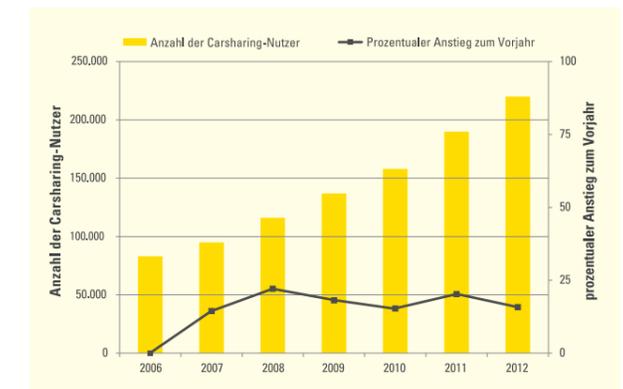


Abbildung 2.27: Anzahl der Carsharing-Nutzer in Deutschland 2006-2012<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Hammer, J.: Maut in Stockholm - Steuer statt Stau

<sup>2</sup> BITKOM(2010): Studie „Connected Worlds“

<sup>3</sup> Statistiko (2013): Ein Leben ohne Auto

<sup>4</sup> Eigene Analysen; KBA Statistiken (2012): Fahrzeughalter Deutschland

<sup>5</sup> Siemens (2013): Green Mobility

<sup>1</sup> Siemens (2013): Green Mobility

<sup>2</sup> Carsharing-Angebot in Stuttgart (2013): Carsharing-Angebote, Mobilitäts-Beratung

<sup>3</sup> Eigene Recherche, Stand 08/2013

<sup>4</sup> LEMnet und e-clearing (2012): für grenzenlose E-Mobilität

<sup>5</sup> Eigene Darstellung; Statista (2013): Carsharing

## Kapitel 2

Zunehmend wird von den Einwohnern, Pendlern und Besuchern aller Altersklassen aber nicht nur eine einzige Mobilitätslösung zum Erreichen des Ziels in Anspruch genommen, sondern eine Kombination unterschiedlicher Fortbewegungsmittel. Dieses intermodale Mobilitätsverhalten wird dabei maßgeblich von den Angeboten in den Städten und der Effizienz der vorhandenen Infrastruktur beeinflusst und bietet somit Gestaltungsmöglichkeiten für die Zukunft. Herausforderungen bestehen hier allerdings bezüglich der Planbarkeit der Reisen, der Verfügbarkeit und dem Auffinden der Fahrzeuge sowie einem universellen Zugangs- und Abrechnungssystem. Moderne IKT-Anwendungen gewinnen in diesem Kontext immer mehr an Bedeutung.

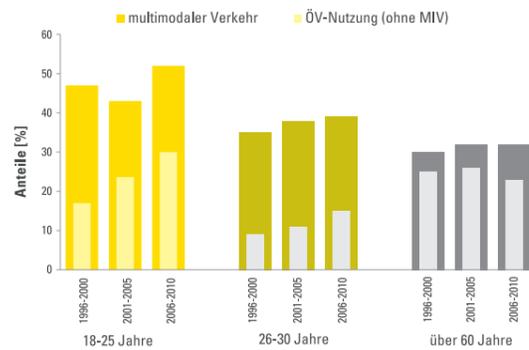


Abbildung 2.28: Veränderungen des intermodalen Mobilitätsverhaltens nach Altersklassen<sup>1</sup>

*»IKT ermöglicht neue Mobilitätslösungen und eine Steigerung der Effizienz. Zukünftig werden sich Nahverkehr und individuelle Mobilität mischen. Menschen werden sich intermodal, zeitlich und räumlich flexibel bewegen können und teure Privatfahrzeuge mit hohen Standzeiten sind nicht mehr zwingend notwendig.« Carsharing bietet ein perfektes Umfeld für den Einsatz von elektrischen Fahrzeugen. Vermeintliche Nachteile der Technologie treten dabei in den Hintergrund, wenn diese Fahrzeuge konsequent zu Ende gedacht werden.«*

Heiko Herchet,  
Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA

*»Die unterschiedlichen Mobilitätsmöglichkeiten werden mehr und mehr zusammenwachsen. Die Herausforderung besteht darin, diese intermodale Mobilität für den Nutzer so einfach wie möglich zu gestalten.«*

Wolfgang Gruel, Business Innovation, Daimler AG

Geplant werden Reisen heute meist über das Internet, immer häufiger aber auch mobil unter Verwendung eines Smartphones. Reiseplanungen sind jedoch meistens nur modal, entweder für das Auto, für öffentliche Verkehrsmittel oder für Mietwagen und Carsharing-Angebote ausgelegt. Ein einheitliches Planungssystem unter Berücksichtigung sämtlicher Mobilitätslösungen erfordert zukünftig einheitliche Standards und das Zusammenwirken aller beteiligten Anbieter. Erste Ansätze hierfür gibt es bei der Deutschen Bahn und verschiedenen Fluggesellschaften. Hier können Reservierungen von Mietwagen oder Carsharing-Fahrzeugen mit dem Erwerb von Zug- oder Flugtickets getätigt werden. Kombinationen von Flugtickets und einer Anfahrt mit der Bahn (Rail & Fly) werden ebenfalls angeboten. Des Weiteren ist eine Einbindung des ÖPNV im Auskunfts- und Buchungssystem der Deutschen Bahn heute Standard. Im Rahmen des Projektes „Stuttgart Services“ startet der Versuch den Zugang zu allen mobilitätsrelevanten Diensten der Region Stuttgart über eine Mobilitätskarte bereitzustellen. Dazu gehören unter anderem Carsharingangebote sowie elektronisches Ticketing für den öffentlichen Personennahverkehr. „Stuttgart Services“ ist Leitprojekt im Bereich Intermodalität innerhalb des „LivingLab BW<sup>e</sup> mobil“ des Landes Baden-Württemberg, welches von der Bundesregierung von 2013 bis 2015 insgesamt mit ca. 40 Millionen Euro als Schaufenster Elektromobilität gefördert wird.

Intermodale Transportlösungen sind im Warentransport heute schon gängige Praxis. Für eine breite Akzeptanz im Personentransport müssen intermodale Mobilitätslösungen für die Nutzer jedoch so einfach und attraktiv wie möglich gestaltet werden. Dies bedeutet eine intermodale Reiseplanung unter Berücksichtigung aller möglichen Mobilitätsangebote, eine umfassende, aktuelle und zuverlässige Information vor Ort sowie universelle Zugangs- und Abrechnungssysteme für eine einfache und schnelle Nutzung aller verfügbaren Verkehrsmittel. Der Ablauf einer intermodal

durchgeführten Reise darf nach Möglichkeit nicht komplizierter sein als die Fahrt mit nur einem einzigen Verkehrsmittel. Grundvoraussetzungen für intermodale Verkehrssysteme sind leistungsfähige ÖPNV-Netze, eine gute Verfügbarkeit an alternativen Mobilitätslösungen und Fahrzeugen sowie eine effiziente und innovative IKT-Infrastruktur.

### Kernergebnis:

*Der Stellenwert des eigenen Automobils und der Fahrzeugbesitz pro Person nehmen bei jungen Menschen immer weiter ab. Carsharing-Angebote und intermodale Mobilitätslösungen gewinnen dagegen an Bedeutung. IKT-Systeme müssen für diese Bedürfnisse weiter ausgebaut sowie einfacher, flexibler und somit attraktiver gestaltet werden.*

## 2.8 INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIEN FÜR DEN MOBILEN NUTZER

Die wachsende Bedeutung der IKT im Bereich Mobilität erhöht den Vernetzungsgrad des Systems. Innovative Fahrerassistenzsysteme verbessern zukünftig die Sicherheit durch Car-to-Car-Kommunikation und Car-to-Infrastructure-Kommunikation. Dabei nimmt heute das Fahrzeug noch den Mittelpunkt im klassischen Verständnis individueller Mobilität ein. Es vernetzt sich mit Fahrer, weiteren Fahrzeugen, Infrastruktur und der Umwelt. So tauschen beispielsweise Elektrofahrzeuge Daten mit Ladestationen und „smarten“ Wohnhäusern aus und bieten dem Fahrer eine Fülle an Informationen über Fahrzeugparameter und Navigation bis hin zum eigenen Internetzugang des Fahrzeugs. Der Fahrer agiert dabei über HMIs (Human Machine Interface = Nutzerschnittstelle) mit seinem Fahrzeug und weiteren Geräten wie beispielsweise Ladestationen, Parkscheinautomaten etc. Die Entwicklung des Smartphones bietet die Chance, diese Hardware-bezogene Bedienung um eine neue Dimension der Vernetzung zu erweitern.

### DAS SMARTPHONE ALS MOBILE HMI

Die Verbreitung von Smartphones nahm in den letzten Jahren rasant zu. Mit 21,7 Mio. verkauften Geräten (2012) in Deutschland<sup>1</sup> steigt deren Marktdurchdringung schnell. Das Smartphone ver-

drängt zunehmend das „normale“ Handy und vereint mehr und mehr Funktionalitäten des alltäglichen Lebens. Mobiles Internet und Breitband-Datenübertragung legen die Grundlage dafür. Im Jahr 2011 betrug das Datenvolumen aus Funknetzen 101,1 Mio. GByte – für 2012 werden 130,7 Mio. GByte geschätzt.<sup>2</sup> Annähernd die Hälfte der europäischen Mobilfunkkunden werden in den nächsten Jahren mobile Internetdienste auf ihrem Smartphone nutzen.<sup>3</sup>

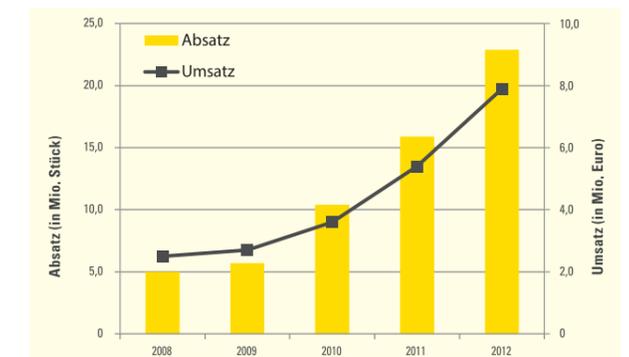


Abbildung 2.29: Umsatz- und Absatzentwicklung von Smartphones in Deutschland<sup>4</sup>

Experten gehen sogar so weit zu sagen, das Mobiltelefon werde „zur Fernbedienung des gesamten Lebens“.<sup>5</sup> Der Schlüssel dazu liegt in der Möglichkeit, auf dem Smartphone kleine Programme (apps) laufen zu lassen, welche zugeschnitten auf einen speziellen Nutzungszweck genau diese benötigten Funktionalitäten bieten. Von der Hotelreservierung über die mobile Navigation bis zur digitalen Einkaufsliste stehen dem mobilen Nutzer bereits heute über 700.000 Applikationen für das Apple iPhone zur Verfügung – das Angebot an Applikationen für Android-Smartphones liegt auf einem vergleichbaren Niveau.<sup>6</sup> Die enorme Auswahl und Flexibilität dieser Programme in Verbindung mit einer ständig verfügbaren Breitband-Internetverbindung machen das Smartphone zu einer mobilen Nutzerschnittstelle, welche völlig neue Möglichkeiten der Vernetzung eröffnet. Unterschiedlichste Funktionalitäten stehen jederzeit und überall zur Verfügung, der Nutzer ist zur Bedienung von Geräten und Nutzung von Diensten nicht mehr an lokale Schnittstellen gebunden. Besonders in Bezug auf die individuelle Mobilität legt das Smartphone die Grundlage zu einem mehr Nutzer- und weniger Fahrzeug-bezogenen Mobilitätsverständnis.

<sup>1</sup> Deutsches Mobilitätspanel (2013): Statistiken 2008/2009, 2010/2011

<sup>1</sup> Statista (2013): Absatz und Umsatz von Smartphones 2008-2013

<sup>2</sup> Dialog Consult/VATM (2012): 14. TK-Marktanalyse Deutschland 2012 14. TK-Marktanalyse Deutschland 2012

<sup>3</sup> Kuhn, T. (2010): Der Siegeszug des Anti iPhones

<sup>4</sup> Eigene Darstellung nach Statista (2013): Absatz und Umsatz von Smartphones 2008-2012

<sup>5</sup> Fasse, S. (2010): Das Mobiltelefon wird zur Fernbedienung des gesamten Lebens

<sup>6</sup> CNet Mobil (2012): 700.000 Android-Apps: Google zieht mit Apple gleich

## Kapitel 2

»Das Smartphone wird für zukünftige Mobilitätslösungen und Fahrzeuganwendungen eine zentrale Rolle spielen. Neben einer großen Bedeutung der Vernetzung zwischen Fahrzeug und Infrastruktur ist auch denkbar, dass über das Smartphone und dessen Applikationen diese Anwendungen auch im Fahrzeug bereitgestellt werden.«

Heiko Herchet, Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA

»Zukünftige IKT-Anwendungen werden vermehrt das Smartphone integrieren, das viele potenzielle Elektrofahrzeugnutzer bereits besitzen.«

Prof. Dr. Anke Weidlich, Hochschule Offenburg

den aktuellen Standort des Fahrzeugs bestimmt, Ausstattung und Größe werden zum Kaufzeitpunkt für die Dauer des Besitzes festgelegt, Dienste wie Navigation und Multimedia werden durch die Fahrzeughardware bereitgestellt. Häufig stellen Fahrzeuge, vor allem im „Autoland“ Deutschland, zudem ein wichtiges Statussymbol und Identifikationsmedium dar. Der Automobilbesitz in jüngeren Bevölkerungsschichten nimmt jedoch seit Jahren ab, wie in Kapitel 2.7 beschrieben. Dieser Trend bedeutet allerdings nicht, dass junge Menschen weniger mobil sind als noch vor einigen Jahren, sie legen nach wie vor mindestens dieselbe Anzahl an Wegen zurück wie ihre Vorgängergeneration. Lediglich die Art der Mobilität bzw. der Mobilitätsmix ändert sich. Nutzer greifen flexibler auf die für ihre aktuellen Bedürfnisse passenden Verkehrsträger zurück.

Das Smartphone stellt für neue Mobilitätskonzepte und intermodale Verkehrsketten einen wichtigen Treiber dar. Auch wenn sich Carsharing-Fahrzeuge natürlich auch früher bereits telefonisch oder zu Hause per Internet reservieren ließen, bieten Smartphones bereits mit den heute verfügbaren Anwendungen einen völlig neuen Grad an Flexibilität und Nutzungsmöglichkeiten. Am Beispiel einer intermodalen Wegekette zeigt sich, wie das Smartphone als mobile Nutzerschnittstelle sämtliche notwendigen Funktionalitäten in einem Endgerät integriert (siehe Abbildung 2.30).

Die Zusammenführung von Reservierung und Buchung, Lokalisierung und Navigation, Zugang, Abrechnung sowie die Bereitstellung weiterer Informationen und Dienste in einem mobilen Endgerät bereiten den Weg für einen Übergang von der Fahrzeugbezogenen zur Nutzerbezogenen Mobilität. Der Fahrzeughalter von heute könnte so der Nutzer von „Mobilität on demand“ von morgen werden. Eine flexible Nutzung von Sharing-Fahrzeugen beispielsweise bietet für jeden Zweck ein auf die aktuellen Bedürfnisse zugeschnittenes Fahrzeug. Early Adopters neuer Mobilitätskonzepte nutzen die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten bereits heute, durch die erfolgreiche Markteinführung neuer Mobilitätsdienstleistungen (beispielsweise car2go) und den steigenden Smartphone-Absatz ist von einer zukünftig noch weitaus größeren Bedeutung des Smartphones als Wandlungsbefähiger für eine nutzerbezogene Mobilität auszugehen.

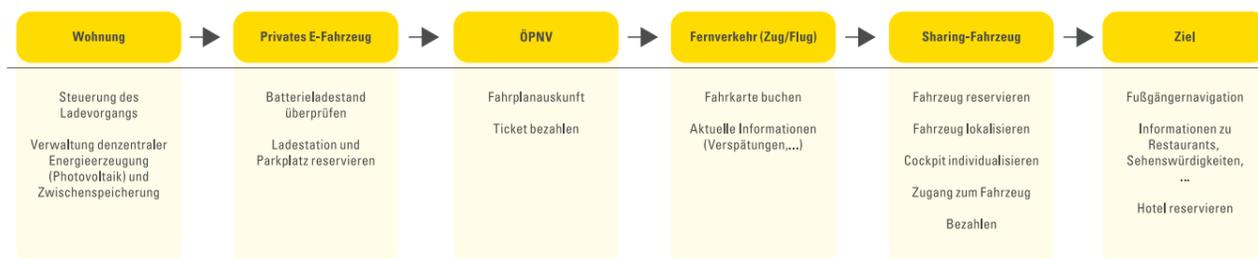
### Kernergebnis:

Zentrale Schnittstellen für die Organisation zukünftiger Mobilität werden mobile Anwendungen auf der Basis von Smartphones sein. Die Infrastruktur hinter diesen Anwendungen wird in der Lage sein, dynamische intermodale Mobilitätsketten aufzubauen, d.h. die unterschiedlichsten geteilten Ressourcen vom Elektrofahrzeug über den Parkplatz mit Ladestation bis hin zur Anbindung an den ÖPNV zu kombinieren. Im Idealfall werden diese Systeme die Anmeldung, die Reservierung, die Authentifizierung sowie die Abrechnung für den Nutzer übernehmen und die zugrunde liegende Mobilitätskette dynamisch anpassen.

### VON DER FAHRZEUG- ZUR NUTZER-BEZOGENEN MOBILITÄT

Motorisierte individuelle Mobilität wird, von Taxifahrten und Mietwagen einmal abgesehen, heute größtenteils noch durch Privatfahrzeuge abgedeckt. Das Verständnis individueller Mobilität ist somit stark Fahrzeug-fokussiert: Die Verfügbarkeit wird durch

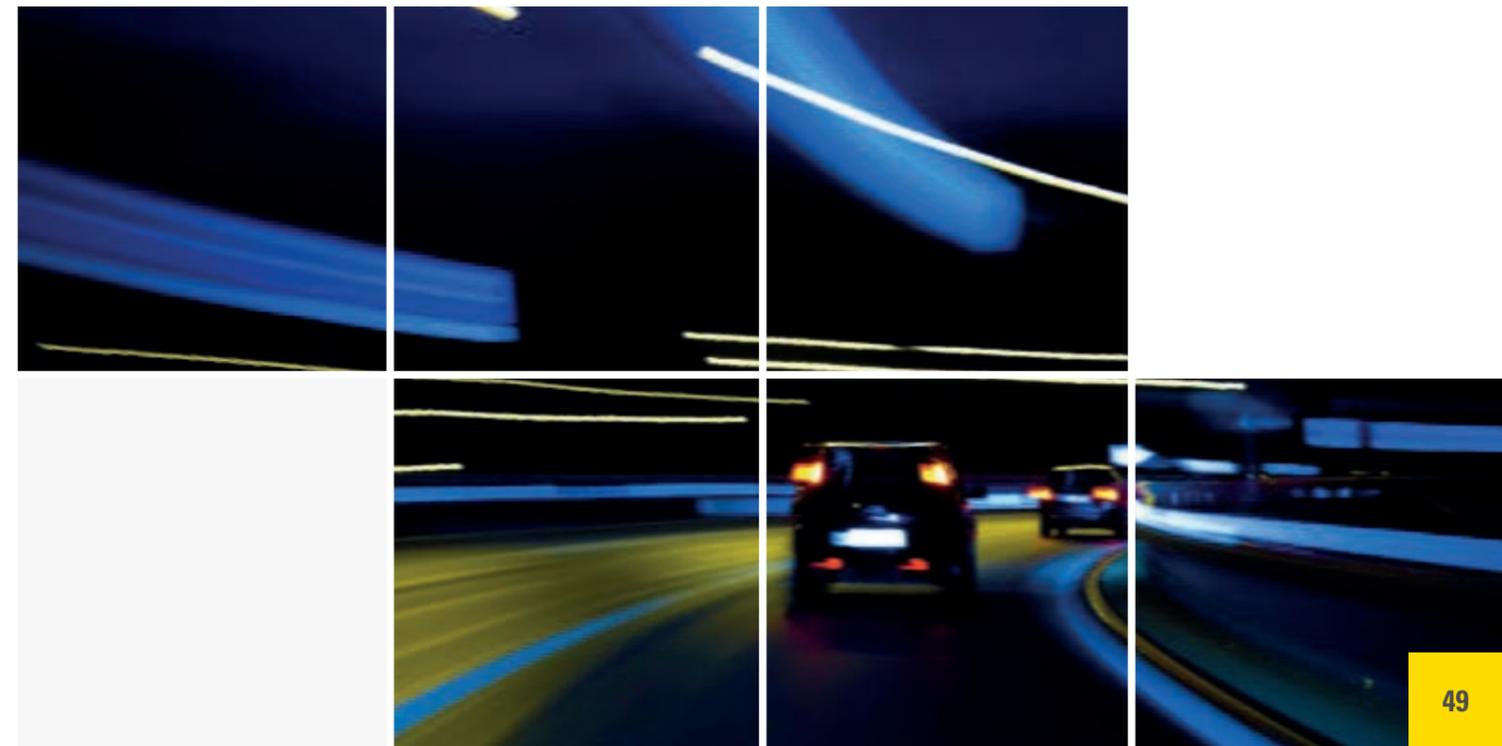
#### Mobilitätskette



#### Smartphone-Anwendung

Abbildung 2.30: Smartphone-Anwendungen für die Bewältigung einer intermodalen Mobilitätskette<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eigene Darstellung



# WEGE IN DIE ELEKTROMOBILITÄT

Aufgrund von knapper werdenden Ressourcen und den damit verbundenen steigenden Ölpreisen werden Elektrofahrzeuge und elektrisch unterstützte Antriebsstränge in zukünftigen Mobilitätslösungen eine wesentliche Rolle spielen. Elektrofahrzeuge in Verbindung mit einem Ausbau erneuerbarer Energiequellen haben das Potenzial, den zukünftigen CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland zu reduzieren und damit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung gesetzter Klimaziele zu leisten. Die lokale Emissionsfreiheit bezüglich Lärm und Abgasen wird in den weltweit wachsenden Städten zu einer besseren Lebensqualität beitragen. Die Einführung der Elektromobilität stellt dabei aber einen gewaltigen Umbruch im Verkehrswesen dar, der mit dem Übergang von Pferdekutschen hin zum Automobil vergleichbar ist. Heute stehen wir am Anfang dieser Entwicklung und haben die Chance, den Grundstein für neue Technologien und Rahmenbedingungen zu setzen. Im Folgenden werden die möglichen Wege in die Elektromobilität sowie die Position Baden-Württembergs dargestellt. Schwerpunkte bilden dabei die Industrialisierung, das Flottenmanagement, die Energie- und Ladeinfrastruktur sowie die Intermodalität - als wesentliche Treiber für die Einführung der Elektromobilität.

## 3.1 INDUSTRIALISIERUNG

Nach einer Metastudie des Fraunhofer IAO beläuft sich der durchschnittlich prognostizierte Fahrzeugabsatz im Jahr 2020 auf 87 Mio. Fahrzeuge weltweit.<sup>1</sup> Mit rund 67 Prozent Marktanteil werden die meisten Fahrzeuge immer noch mit einem Verbrennungsmotor angetrieben. Auf die Entwicklung des Anteils an Elektrofahrzeugen in Deutschland und Baden-Württemberg wirken Einflussfaktoren wie die Höhe des Ölpreises, regulatorische Rahmenbedingungen, Preisentwicklungen neuer Technologien, mögliche Subventionen für alternative Antriebe sowie die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen durch die Gesellschaft. Für Deutschland ergeben sich in verschiedenen Studien unterschiedliche Prognosen. Hier werden Marktanteile von rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen im Jahr 2020 zwischen 5 und 12 Prozent erwartet.<sup>2</sup> Weltweit wird durchschnittlich von einem Marktanteil von 11 bis 31 Prozent für Hybridfahrzeuge und von 5 bis 12 Prozent für rein elektrisch betriebene Fahrzeuge ausgegangen.<sup>3</sup> Das erklärte Ziel der Bundesregierung ist ein Bestand von 1 Mio. Elektrofahrzeugen in Deutschland im Jahr 2020, wobei sowohl reine Elektrofahrzeuge (BEV battery electric vehicle) als auch Hybridfahrzeuge (PHEV plug-in hybrid

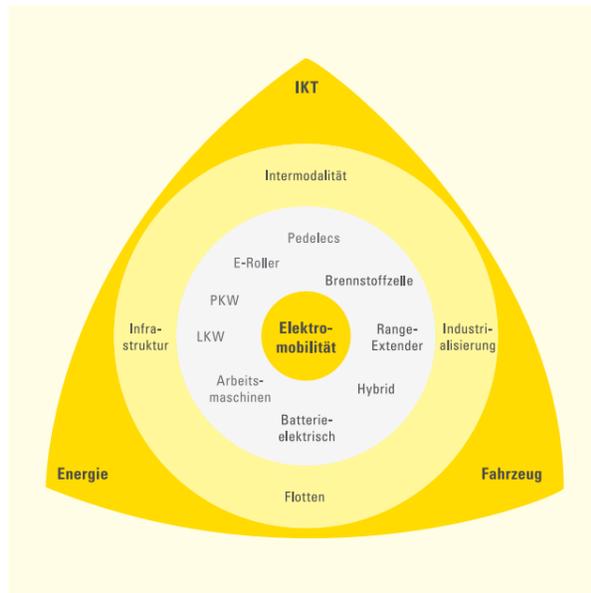


Abbildung 3.1: Wege in die Elektromobilität im Rahmen von IKT-Technologien, Energie- und Ladeinfrastruktur und Flottenmanagement<sup>4</sup>

electrical vehicle) in diese Berechnung einfließen.<sup>5</sup> Dieses Ziel wurde sowohl vom Bund als auch vom VDA bestätigt – allerdings fordert der VDA zur Erreichung der Ziele eine stärkere Unterstützung sowohl der nationalen als auch der europäischen Politik.<sup>6,7</sup> Vorsichtiger ist die Erwartung der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) im 3. Bericht (Mai 2012) – die nur noch von ca. 600.000 Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 ausgehen.<sup>8</sup> Zum Vergleich: Heute beträgt der gesamte PKW-Bestand in Deutschland rund 42,9 Mio. Fahrzeuge, davon 5,9 Mio. in Baden-Württemberg. Die Anzahl, der am 1. Januar 2013 zugelassenen Elektrofahrzeuge in Deutschland betrug 7.114 Fahrzeuge.<sup>9</sup>

Die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität kann nicht nur in quantitativer Weise verschiedene Ausprägungen annehmen sondern auch der Weg dorthin kann unterschiedlichen Pfaden folgen. Denkbare Szenarien (siehe Abbildung 3.1) sind die Einführung der Elektromobilität über Oberklassenfahrzeuge und Luxus Sportwagen (Top-Down), über Zweiräder, Roller und Kleinwagen (Bottom-Up) oder über Fahrzeugflotten.<sup>10</sup> Ob und in welchem Ausmaß die genannten Szenarien zukünftig eine Rolle spielen werden, ist von technologischen, wirtschaftlichen, nutzerbedingten und regulato-

rischen Rahmenbedingungen abhängig.<sup>1</sup>

Die Erfahrung zeigt, dass bei der Einführung neuer Technologien nicht nur einzelne Entwicklungspfade zum Tragen kommen, sondern, in unterschiedlichen Gewichtungen, alle Szenarien als Treiber der Elektromobilität eine Rolle spielen. Auf die Besonderheiten der genannten Wege in die Elektromobilität wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen. Vorab soll aber noch auf die Klimaschutzziele der EU eingegangen werden, die mit Ihren Regularien ebenfalls Entwicklungstendenzen beeinflussen und die Einführung alternativer Antriebskonzepte unterstützen.

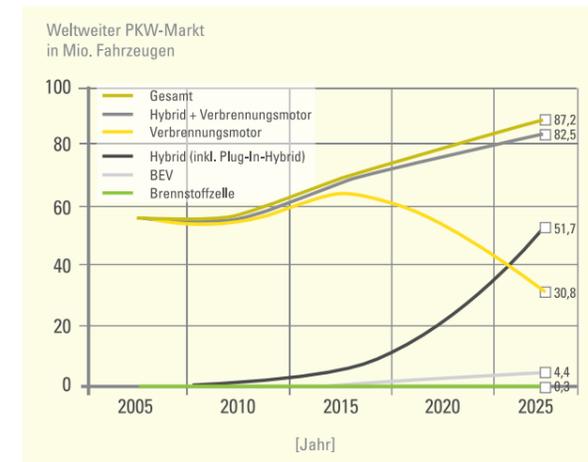


Abbildung 3.2: Erwarteter Automobilabsatz für verschiedene Antriebstechnologien bis 2025<sup>2</sup>

## KLIMASCHUTZZIELE DER EU

Als wesentliche Triebfeder wirken die Klimaschutzziele der EU, in deren Rahmen eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes für den Verkehrssektor bis zum Jahr 2020 um mindestens 20 Prozent und bis zum Jahr 2050 um 60 Prozent des Werts von 1990 angestrebt wird. Die Vorgaben für die Fahrzeughersteller zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes auf durchschnittlich 130g CO<sub>2</sub>/km für alle ab 2015 zugelassenen Fahrzeuge soll durch ein Verfahren erreicht werden, das auf herstellereigenen Grenzwerten beruht. Damit wird das jeweilige Fahrzeugportfolio der Hersteller berücksichtigt. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist das Fahrzeuggewicht, da dieses einen erheblichen Einfluss auf Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen hat. So lässt sich näherungsweise sagen, dass eine Zunahme des

Fahrzeuggewichts um 100 kg den Kraftstoffverbrauch um ca. 0,4 bis 0,5 Liter erhöht. Auf Grund des linearen Zusammenhangs zwischen Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen sind hiermit ebenfalls höhere Emissionen des Fahrzeugs verbunden. Diesem wird Rechnung getragen, indem der Gewichtungsfaktor so gewählt wird, dass ein Mehrgewicht von 100 kg eine Steigerung des Grenzwertes um 4,57 g CO<sub>2</sub>/km mit sich bringt. Ausgangsbasis ist dabei das durchschnittliche Gewicht europäischer Fahrzeuge von 1.372 kg.

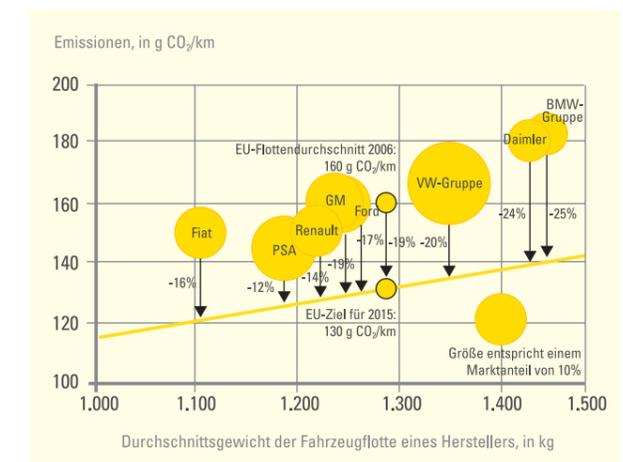


Abbildung 3.3: Geforderte Lastverteilung für den Zeitraum von 2006-2010<sup>3</sup>

Die Regulierung durch den Gewichtungsfaktor in Höhe von 0,0457 gesteht damit einerseits schwereren Fahrzeugen einen höheren Spritverbrauch zu. Andererseits gehen hiermit jedoch auch wesentlich höhere Reduktionsleistungen einher. Diese können nur durch zusätzliche Investitionen in die Spritstechnologie erzielt werden. Da in diesem Bereich bereits viel investiert wurde, sind die einfachen und kostengünstigen Maßnahmen vielfach bereits umgesetzt. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass zukünftige Entwicklungen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine geringere Wirkung bei höheren Kosten haben. Verbunden ist damit auch das Erreichen physikalischer Grenzen, welche mit gängigen Verbrennungsmotoren nicht überwunden werden können und eine Elektrifizierung des Antriebsstranges unvermeidlich machen. Dies wirkt sich insbesondere auf Premiumhersteller aus, die künftige Grenzwerte nur noch durch eine zunehmende Elektrifizierung erreichen können.

<sup>1</sup> Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BW mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität 2., geänd. Aufl.  
<sup>2</sup> Fraunhofer ISI (2011): Nutzerakzeptanz von Elektromobilität, ELAB (2012): Elektromobilität und Beschäftigung, Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BW mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität 2., geänd. Aufl.  
<sup>3</sup> Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BW mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität 2., geänd. Aufl.

<sup>4</sup> Eigene Darstellung  
<sup>5</sup> Spiegel (2012): Spiegel (2012): Elektroautos Regierung hält an Millionen Ziel bis 2020 fest  
<sup>6</sup> Bund(2012):Elektromobilität erforschen und erproben  
<sup>7</sup> VDA (2013): Deutsche Autobauer halten am Ziel für Elektromobilität fest  
<sup>8</sup> NPE (2012): Fortschrittsbericht der nationalen Plattform Elektromobilität (3. Bericht)  
<sup>9</sup> Stand 2013; KBA (2013): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2013  
<sup>10</sup> Vgl. TU Berlin (2010): E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin

<sup>1</sup> Vgl. TU Berlin (2010): E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin  
<sup>2</sup> Eigene Darstellung nach Car Center  
<sup>3</sup> Institut der deutschen Wirtschaft, T.Puls (2012): Broschüre zur CO<sub>2</sub>-Regulierung für PKW

# Kapitel 3

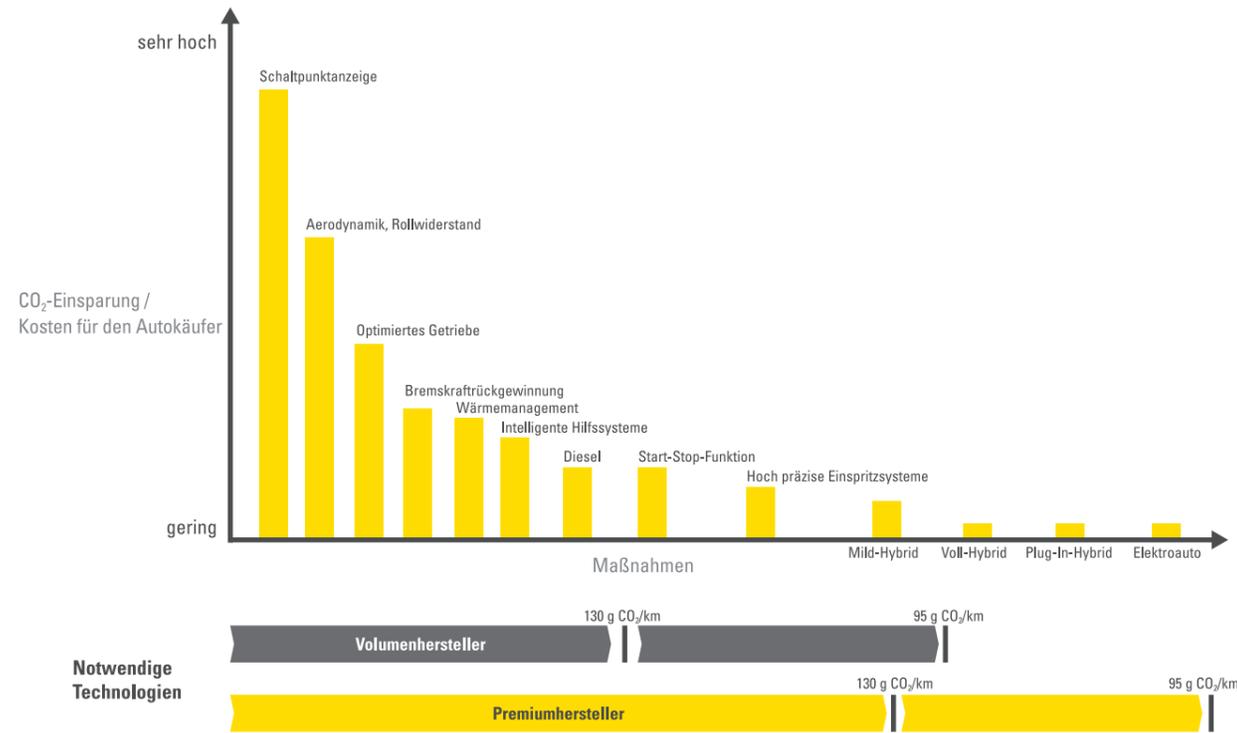


Abbildung 3.4: Notwendige Technologien zur Erreichung der Grenzwerte<sup>1</sup>

Die ständig zunehmende Bedeutung weiterer Stromverbraucher im Automobil macht es notwendig, diesen Energieverbrauch zusätzlich in den Regulierungsprozess zu integrieren. Hier stellen Ökoinnovationen einen Anreiz dar, auch Nebengeräte weiterzuentwickeln und damit alle erdenklichen emissionsenkenden Technologien auch bei hohen Kosten auf den Markt zu bringen. Ökoinnovationen sind das Gesamtfahrzeug betreffende, technische Maßnahmen, die auf neuartige Weise die CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Fahrzeuges mindern, wie beispielsweise sparsame Beleuchtungssysteme, Solardächer oder Wandler von Abwärme in elektrische Energie. Hierfür sind Anrechnungen von bis zu 7g CO<sub>2</sub>/km möglich. Einen weiteren Anreiz zum Einsatz besonders emissionsarmer Fahrzeuge, wie Plug-In-Hybride und Elektrofahrzeuge, stellen sogenannte Supercredits dar. Sie bieten Herstellern die Möglichkeit ein besonders emissionsarmes Fahrzeug mehrfach

auf das Flottenziel anzurechnen. So werden in der EU PKWs mit weniger als 50g CO<sub>2</sub>/km mit einem höheren Faktor bei der Berechnung des Flottenverbrauchs der Hersteller angesetzt (Faktor 3,5 in 2013, 2,5 in 2014, 1,5 in 2015). Dies bedeutet, dass einem Hersteller im Jahr 2013 für ein verkauftes Elektrofahrzeug 3,5 Fahrzeuge mit diesem Emissionswert bei der Berechnung des Flottenziels angerechnet werden. Für die Hersteller ergibt sich damit ein Anreiz alternative Antriebstechnologien gezielt anzubieten und am Markt einzuführen, auch wenn diese gegenwärtig noch nicht wettbewerbsfähig sind. Supercredits sind somit vor allem ein Innovationsanreiz und dienen einem schnelleren Markthochlauf emissionsarmer Fahrzeuge.

Staatliche Steuerregularien, wie die ehrgeizige Gesetzgebung bzgl. der CO<sub>2</sub>-Emissionen für Neuwagen, können so einerseits als

Motivator wirken und der Automobilindustrie durch Innovationen ermöglichen, ihre Position im globalen Wettbewerb zu stärken. Andererseits sollte sich Wettbewerbsfähigkeit an den Gesetzmäßigkeiten des Marktes orientieren. Mehrkosten, die durch Regularien entstehen, führen zu verteuerten Produkten, die auf dem Weltmarkt mit Produkten konkurrieren müssen, die aufgrund geringerer Auflagen billiger produziert und günstiger angeboten werden können. Alternativ zu strengeren Regularien ließen sich auch durch gezielte Förderung beispielsweise im Bereich der Erforschung alternativer Antriebe oder der Batterieentwicklung Anreize schaffen.<sup>1</sup>

»Die Elektromobilität wird sich hauptsächlich über Flottenfahrzeuge entwickeln. Daneben spielen Kleinwagen und Stadtfahrzeuge eine wesentliche Rolle. Aufgrund von Umweltauflagen und besserer Dynamik werden aber auch bei Oberklassefahrzeugen zunehmend Hybridlösungen angeboten werden.«

Prof. Dr. Anke Weidlich, Hochschule Offenburg

»Die Entwicklung der IKT im Bereich Elektromobilität steht gerade erst am Anfang. Sie hängt ganz wesentlich von den zukünftigen Nutzungs- und Anbieterszenarien ab, die heute nur schwer vorauszusehen sind.«

Dirk Netzbandt, Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

## DAS TOP-DOWN-SZENARIO

Oberklassefahrzeuge dienen den Herstellern vor allem in den Bereichen Sicherheit, Energieersparnis und Komfort als Technologieträger.<sup>2</sup> Die innovativen, aber oftmals teuren Technologien spielen für das Marketing im Premiumbereich eine wichtige Rolle. In Oberklassefahrzeugen können diese teuren Neuerungen bei relativ geringen Stückzahlen erprobt werden, um später ihren Weg in die Großserienfahrzeuge der Mittel- und Kompaktklassen zu finden. Die hohen Kosten für die Entwicklung neuer Technologien können durch die hohen Anschaffungspreise in der Ober- und Luxusklasse

eher refinanziert werden als bei kleineren Fahrzeugen. Neue Innovationen können als Extras angeboten werden, deren Aufpreise im Verhältnis zum Grundpreis der Fahrzeuge eine untergeordnete Rolle spielen. Seit 2013 gibt es mit dem Tesla Model S einen auch in Europa verkäuflichen Oberklassewagen, der mit technischen Eckdaten wie 480 km Reichweite, 210 km/h Höchstgeschwindigkeit und einer Beschleunigung von 0 auf 100 km/h in 4,4 Sekunden zukünftige Marktpotenziale aufzeigen kann.<sup>3</sup>

Die Einführung der Elektromobilität über die Oberklasse muss aber durchaus kritisch betrachtet werden, da gerade hier die Anforderungen an die Fahrzeuge, vor allem in Bezug auf Leistung und Komfort, und die technischen Möglichkeiten auseinanderlaufen können.<sup>4</sup> Rein elektrisch betriebene Fahrzeuge haben beispielsweise aufgrund von begrenzten Batteriekapazitäten eine eingeschränkte Reichweite. Für die optimale Ausnutzung der Ressourcen müssen Elektrofahrzeuge möglichst leicht konzipiert werden, was eher für ein Bottom-Up-Szenario spricht. Zwar kommen moderne Innovationen im Bereich Leichtbau ebenfalls eher aus dem Oberklassesegment, der grundsätzlich schwerere Aufbau größerer Fahrzeuge ist aber unbestritten. Darüber hinaus werden Oberklassenfahrzeuge in vergleichsweise geringen Stückzahlen produziert, weshalb potenzielle CO<sub>2</sub>-Einsparmöglichkeiten durch eine Elektrifizierung der Antriebe nur in geringem Umfang zum Tragen kommen.

Eine potenzielle Anwendung für rein elektrische Fahrzeuge im Premiumsegment stellen Elektrosportwagen dar. Bereits heute zeigen Prototypenfahrzeuge und Technologieträger was möglich ist. An dieser Entwicklung ist in Baden-Württemberg beispielsweise die RUF Automobile GmbH mit dem bereits umgesetzten Projekt eRUF<sup>5</sup> und die Mercedes-AMG GmbH mit dem für dieses Jahr geplanten Mercedes-Benz SLS AMG E-Cell beteiligt.<sup>6</sup> Auch Audi hat mit dem R8 e-tron einen Supersportler entwickelt – seine Ankündigung für den Ende 2012 geplanten Serienstart jedoch aus Kostengründen zurückgezogen.<sup>7</sup> Ein größeres Potenzial für ein Top-Down-Szenario haben Hybridlösungen oder Range Extender, die den oben genannten Leistungsansprüchen eher gerecht werden können. Auch hierfür gibt es bereits Beispiele für aktuelle und zukünftige Oberklassefahrzeuge von Herstellern in Baden-Württemberg. Bereits seit 2009 befindet sich der S400 Hybrid von Daimler, der weltweit erste Hybrid-PKW mit Lithium-Ionen-Technologie und der erste europäische Hybrid überhaupt im Verkauf. Bei Daimler wird das Premiumsegment als Innovationsmotor gesehen, was zukünftige

<sup>1</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Institut der deutschen Wirtschaft, T.Puls (2012): Broschüre zur CO<sub>2</sub>-Regulierung für PKW, BMW AG

<sup>1</sup> Institut der deutschen Wirtschaft, T.Puls (2012): Broschüre zur CO<sub>2</sub>-Regulierung für PKW

<sup>2</sup> <http://www.autoloco.de/oberklasse.php>

<sup>3</sup> TESLA(2013): Features und technische Daten

<sup>4</sup> Vgl. Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

<sup>5</sup> Auto Tuning News (2008): eRUF: Elektro-Porsche mit 204 PS

<sup>6</sup> AMG(2013): Mercedes SLS AMG E-CELL

<sup>7</sup> Wirtschaftswoche (2013): Warum Audi beim A2 und R8 den Stecker zog

## Kapitel 3

tig auch für grüne Fahrzeugtechnologien gelten soll.<sup>1</sup> Ebenso sind seit 2011 der Audi Q5 Hybrid sowie die Fahrzeugmodelle Cayenne S Hybrid und der Panamera Hybrid im Verkauf. Für die Zukunft sind beispielsweise der Porsche 918 Spyder, ein Sportwagen mit Plug-In-Hybrid Technologie (Marktstart 2013)<sup>2</sup> sowie der Audi A3 L e-tron (Marktstart 2014)<sup>3</sup> geplant. Deutsche Hersteller setzen bei Hybridfahrzeugen auf das Top-Down-Prinzip.

### DAS BOTTOM-UP-SZENARIO

Im Gegensatz zum Top-Down-Ansatz wird im Bottom-Up-Szenario davon ausgegangen, dass sich die Entwicklung hin zur Elektromobilität über kleinere Elektroautos, aber auch über Pedelecs, E-Bikes und E-Roller vollziehen wird. Gerade im urbanen Raum spielen hohe Fahrzeugleistungen und eingeschränkte Reichweiten eine untergeordnete Rolle und die Vorteile der lokalen Emissionsfreiheit von Elektrofahrzeugen kommen voll zum Tragen. Letztendlich kommt es aber bei der Einführung von Elektromobilität hauptsächlich darauf an, ob der Verbraucher die neuen Technologien annimmt und bereit ist, dafür zu bezahlen. Gerade elektrisch betriebene Zweiräder bieten die Chance für einen erschwinglichen Einstieg in die auch vom Verbraucher gewünschte umweltfreundlichere Mobilität.<sup>4</sup> Zweiräder können eine Ergänzung der bisherigen Mobilitätslösungen und einen integrativen Bestandteil in intermodalen Verkehrskonzepten darstellen und somit der zunehmenden Verkehrsüberlastung in den Städten entgegenwirken. Vor allem in den asiatischen Megacities spielen elektrisch betriebene Zweiräder heute schon eine wesentliche Rolle.<sup>5</sup> Ein weiterer Unterschied zum Top-Down-Ansatz liegt in den vergleichsweise hohen Stückzahlen bei der Produktion von Zweirädern und kleineren Fahrzeugen. Zukünftige CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch die Umstellung auf Elektroantriebe könnten somit in den unteren Fahrzeugklassen für eine deutliche Entlastung der Umwelt sorgen.

Elektroautos haben zwar im Vergleich zu Verbrennungsfahrzeugen geringere Betriebskosten, aber auch den Nachteil deutlich höherer Anschaffungskosten vor allem aufgrund der teuren Batterietechnologien.<sup>6</sup> Bei kleineren Fahrzeugen führt dies heute zu einer Vervielfachung der Kaufpreise im Vergleich zu herkömmlich betriebenen Modellen gleicher Größe. Verbraucher sind zwar bereit, einen Mehrpreis zu bezahlen, für eine hohe Durchdringung von Elektrofahrzeugen müssen heute vorhandene Kosten jedoch deutlich sinken.

Einen weiteren Ansatz für ein Bottom-Up-Szenario könnten speziell für die Bedürfnisse von Pendlern und Stadtbewohnern entwickelte Fahrzeuge bringen, die die Lücke zwischen Zweirädern und Kleinwagen schließen und die Vorteile beider Fahrzeugklassen bezüglich Preis und Funktionalität vereinen wie beispielsweise ein Renault Twizy. Wichtig ist nicht nur ein bezahlbarer Anschaffungspreis, sondern auch die Betrachtung der Betriebskosten, z. B. hinsichtlich Energiekosten, Werkstattkosten und Verschleiß. Bei einer solchen Betrachtung der Gesamtkosten für die gesamte Lebensdauer eines Fahrzeugs, den sogenannten Total Costs of Ownership (TCO), könnten Elektrofahrzeuge, abhängig von den Rahmenbedingungen wie beispielsweise der Entwicklung des Ölpreises, zukünftig Vorteile bieten.<sup>7</sup>

Das Auto ist heute nicht mehr das ultimative Statussymbol, so dass immer öfter kleinere, verbrauchsärmere Fahrzeuge bevorzugt werden.<sup>8</sup> Hinzu kommt das zunehmende Bewusstsein der Verbraucher für umweltfreundliche Technologien. Betrachtet man daneben politisch gesetzte Umwelt- und Klimaziele, wird das Potenzial eines im Vergleich zum Top-Down Szenario breiter aufgestellten Bottom-Up-Ansatzes deutlich. Der Wert des Autos als Statussymbol könnte zukünftig durch das positive grüne Image von umweltfreundlicheren Elektroautos abgelöst werden.<sup>9</sup> Verschärfte Umweltregulierungen und Restriktionen, wie beispielsweise Einfahrtsverbote für Verbrennungsfahrzeuge in die Innenstädte, könnten diesen Trend und die Elektromobilität an sich weiter fördern.<sup>10</sup> In der Praxis mehren sich die Hinweise auf ein Bottom-Up-Szenario für die Elektromobilität.<sup>11</sup> Fast alle heute in Deutschland frei verkäuflichen rein batterieelektrisch betriebenen Autos sind Kleinwagen und auch die ersten Serienmodelle großer Automobilhersteller wie der Mitsubishi i-MiEV oder der Nissan Leaf sind in den unteren Fahrzeugklassen angesiedelt. Auch die ersten Elektrofahrzeuge deutscher Hersteller, die im Rahmen der deutschen Modellregionen zum Einsatz kommen, sind Kleinwagen. Genannt seien hier der Mini-E und der Smart Fortwo Electric Drive. Mit dem VW E-Up, dem VW Golf Blue-E-Motion und dem BMW i3 erweitert sich 2013 die Elektrofahrzeugpalette aus deutscher Produktion.<sup>12</sup> Im Bereich der kleineren Hybridfahrzeuge konnte Marktführer Toyota vor allem durch den Verkauf der Modelle Prius, Auris und Yaris weltweit stark steigende Absatzzahlen vermelden. Von der Einführung des ersten Hybriden im Sommer 1997 bis zum 31.03.2013 hat die Toyota Motor Company (TMC) weltweit 5,125 Millionen

Fahrzeuge mit dem alternativen Antrieb verkauft.<sup>1</sup> Auch Honda geht den Weg des Bottom-Up-Prinzips. Mit den Modellen Insight, CR-Z und dem Jazz Hybrid bietet Honda bereits drei Hybridfahrzeuge an, die alle im Bereich von 20.000 Euro angeboten werden.<sup>2</sup> Fahrzeuge

deutscher Hersteller vermisst man derzeit auf dem Markt der kleineren Hybridfahrzeuge. 2012 ist der Opel Ampera Spitzenreiter bei den Verkaufszahlen in Europa und wird zum „Car of the Year 2012“ gekürt.<sup>3</sup>



Abbildung 3.5: Beispiele für das Fahrzeugangebot mit alternativen Antrieben<sup>4</sup>

### Roland Berger hat 2013 in einer Studie den E-Mobility Index für die weltweit größten Automobilnationen abhängig von drei zentralen Indikatoren ermittelt. Diese Indikatoren umfassen

- Technologie:** technologischer Entwicklungsstand der Fahrzeuge nationaler OEM's sowie die Unterstützung der Fahrzeugentwicklung durch nationale Förderprogramme
- Industrie:** Regionale Wertschöpfung der Automobilindustrie durch nationale Fahrzeug-, System- und Komponentenproduktion
- Markt:** Größe des nationalen Marktes für Elektrofahrzeuge auf Basis aktueller Kundennachfrage

Der E-Mobility Index ermöglicht es, die Automobilmärkte mithilfe eines global einheitlichen Maßstabs gegenüberzustellen. Deutsche OEMs sind im weltweiten Vergleich technologisch gut aufgestellt, auch wenn das aktuell am Markt erhältliche Fahrzeugangebot noch sehr gering ist. Die Basis für den technologischen hohen Stand der Elektrofahrzeuge deutscher Hersteller wird dabei auch durch eine absolut und, bezogen auf die nationale Wirtschaftsleistung (BIP), vergleichsweise hohe F&E-Förderung gelegt. Im Gegensatz zur technologischen Position fehlt dem deutschen Markt im weltweiten Vergleich allerdings aktuell eine ausreichende Marktvorbereitung.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Daimler (2010): Interview with Prof. Dr. Herbert Kohler

<sup>2</sup> Auto Motor Sport (2010): Porsche 918 Spyder - der Supersportwagen wird gebaut

<sup>3</sup> Hybrid-Autos.info: Audi A6 L e-tron concept 2012

<sup>4</sup> Landtag von Baden-Württemberg (2010): Technologiewandel Mobilität

<sup>5</sup> Zeit-Online (2009): Flotter mit Strom

<sup>6</sup> Roland Berger (2010): Powertrain 2020

<sup>7</sup> Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BW mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität 2., geänd. Aufl.

<sup>8</sup> PwC (2009): Fein aber klein: Neuer Trend bei Premium-Autos

<sup>9</sup> Vgl. Bain & Company (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative

<sup>10</sup> Vgl. TU Berlin (2010): E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin

<sup>11</sup> Schwarzer, C.M. (2010): Das Märchen von Top-Down

<sup>12</sup> GreenGear(2013): Marktübersicht 2013 Elektrofahrzeuge

<sup>1</sup> emobilserver (2013): Toyota hat weltweit mehr als 5 Millionen Hybridfahrzeuge verkauft

<sup>2</sup> emopraxis (2011): Günstige Einstiegspreise machen einer Umfrage zufolge Hybridmodelle attraktiv

<sup>3</sup> Car of the Year (2012): Opel Ampera

<sup>4</sup> Eigene Darstellung

<sup>5</sup> Roland Berger (2013): Quartalsindex Elektromobilität

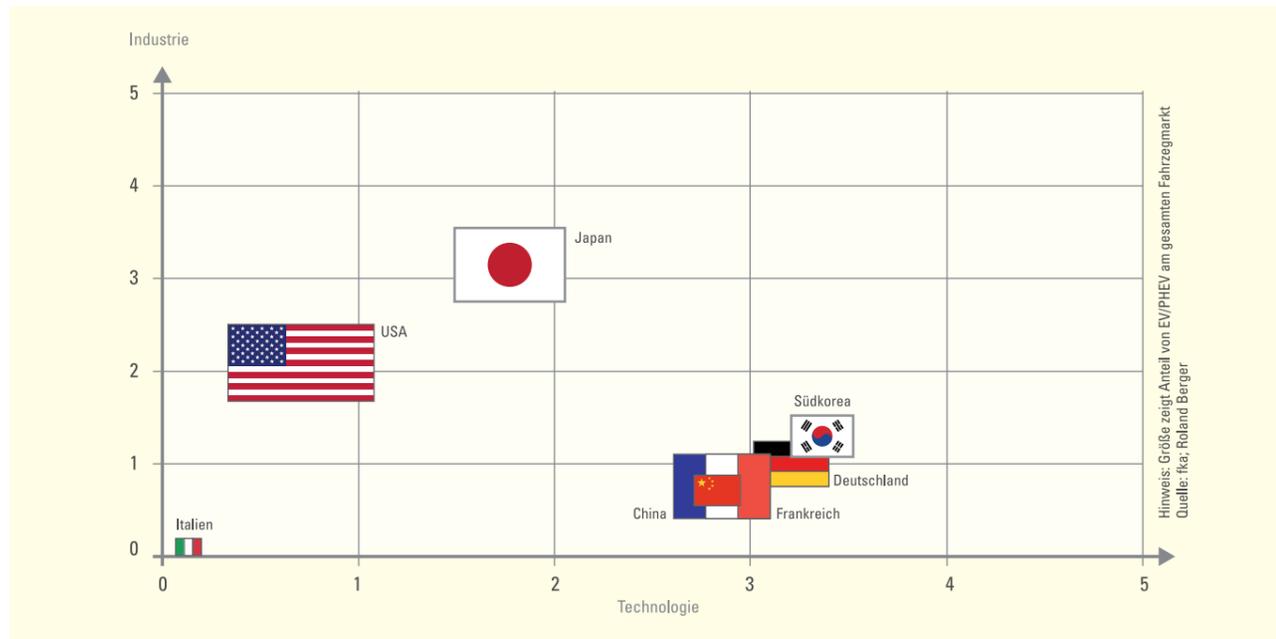


Abbildung 3.6: E-Mobility Index 01/2013<sup>1</sup>

3.2 FLOTTENMANAGEMENT

Ein weiterer Weg in die Elektromobilität kann über die Integration alternativer Antriebe in die heute bestehenden Fuhrparks beschritten werden. Flotten haben durch die hohe Anzahl an Fahrzeugen und die Heterogenität der Fuhrparks das Potenzial, für die Entwicklung von Elektromobilität als Katalysator zu dienen. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen in Fuhrparkflotten bildet außerdem einen wesentlichen Hebel für die Erreichung der durch die Flottenbetreiber zu erfüllenden CO<sub>2</sub>-Ziele. Diese sehen für alle Neuwagen ab 2015 eine Obergrenze von durchschnittlich 130 g CO<sub>2</sub>/km vor. Elektrofahrzeuge gehen in diese Berechnung in Form von Supercredits (Gutschriften, siehe Kapitel 3.1 Industrialisierung) ein. Neben der Reduktion der lokalen Emissionen der Fuhrparks erwirkt die Nutzung von alternativen Antrieben eine umweltbewusste und nachhaltig orientierte Öffentlichkeitswirksamkeit der Unternehmen. Die breite Palette an Fahrzeugen und deren vielfältige Nutzungsprofile erlauben eine gezielte Substitution durch Elektrofahrzeuge, um eine umweltschonende und zuverlässige Mobilität

im Fuhrpark umsetzen zu können. Das Einsatzgebiet reicht von der Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen und Dienstwagenflotten über ein elektromobiles Angebot in Autovermietungen bis hin zu elektrifizierten Carsharing-Konzepten. Die zunehmende Verkehrsdichte in Städten macht die kollektive Nutzung von Fahrzeugen zu einer attraktiven Alternative zum eigenen Auto. Bei jungen Stadtbewohnern sinkt nach Studienergebnissen das Interesse am eigenen Fahrzeug.<sup>2</sup> Der Statussymbolwert, den das Auto früher innehatte, verlagert sich hin zum Smartphone und ähnlichen mobilen Geräten.<sup>3</sup> Eine schnelle und unkomplizierte Fortbewegung in der Innenstadt verlangt nach innovativen Konzepten, die sowohl alternative Antriebe als auch intermodale Verkehrslösungen berücksichtigen und somit neue Herausforderungen an Flottenmanagementsysteme (FMS) stellen. Der Trend hin zu einer neuen urbanen Mobilität kann durch Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten maßgeblich vorangetrieben werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes „elektromobilisiert.de“ werden Fuhrparkflotten bezüglich der Einsatzmöglichkeiten von Elektrofahrzeugen analysiert, mögliche Szenarien ermittelt und diese ökologisch und ökonomisch bewertet (siehe Abbildung 3.7).

	A-Klasse F-Cell		Renault Fluence ZE	
Basisdaten	Sommer	Winter	Sommer	Winter
Flottenspezifische Basisdaten für die Ermittlung des Elektrifizierungspotentials				
Fahrzeuge (Flottenbestand Verbrenner)	13	13	13	13
Fahrtenbuch	157	126	157	126
Gesamtkilometer (km)	36.573	27.829	36.573	27.829
CO <sub>2</sub> -Emissionen (t)	8,73	6,45	8,73	6,45
Kosten (Euro)	11.499	9.698157	11.499	9.698157
Ergebnis der Elektrifizierungs-Szenarien für die betrachtete Flotte				
Verbleibende Verbrenner-Fahrzeuge	10	10	8	8
Integrierbare Elektro-Fahrzeuge	3	3	5	5
Anteil E-Fahrten (%)	46,5	50,0	44,6	51,6
Anteil E-Kilometer (%)	13,1	12,2	7,1	7,8
CO <sub>2</sub> Ersparnis Strommix (%)	-18,4	-23,0	-18,2	-22,9
CO <sub>2</sub> Ersparnis Ökostrom (%)	-24,5	-28,9	-21,9	-27,1
Kostendifferenz (%)	-1,7	-0,4	-10,4	-10,0

Abbildung 3.7: Bewertung eines Szenarios zur Einführung von Elektrofahrzeugen in der Fuhrparkflotte des Fraunhofer IAO<sup>1</sup>

Ein besonderer Stellhebel ist der multiplikatorische Effekt kollektiv genutzter Fuhrparks. Branchenexperten sehen in der Integration von Elektrofahrzeugen in Mietwagen- und Carsharing-Fuhrparks die Möglichkeit, Elektromobilität in der Breite bekannt zu machen und Kunden die Möglichkeit zu verschaffen, Elektrofahrzeuge im Alltag zu nutzen. Dabei weiß der Kunde meist genau, welche Reichweite er mit dem gemieteten Fahrzeug zurücklegen will, und kann so das entsprechende Antriebskonzept wählen.<sup>2</sup> Die gemeinsame Nutzung von Fahrzeugen aus einem Pool bringt einen weiteren entscheidenden Vorteil mit sich: teure Anschaffungskosten verteilen sich auf eine größere Zahl an gefahrenen Kilometern. Trotz der höheren Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen können so die Total Costs of Ownership (TCO) bei genügend hoher Auslastung aufgrund der günstigeren Betriebskosten im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor niedriger ausfallen.<sup>3</sup> Mietwagen- und Carsharing-Unternehmen starten hier mit neuen Geschäftsmodellen, welche die höheren Anschaffungskosten in innovative Tarifsyste me integrieren. Daimlers Carsharing-Projekt car2go bringt nach Amsterdam, San Diego, Ulm, Berlin und Hamburg nun auch in Stuttgart Elektrofahrzeuge zum Einsatz - 300 elektrisch angetriebene smart fortwo sind im Rahmen eines Schaufensterprojektes Ende 2012 in Betrieb genommen worden - 500 Fahrzeuge sollen es zu Ende des Projektes sein.<sup>4</sup> Auch BMW plant ab dem 2. Quartal 2013 den Einsatz von mehr als 60 BMW i3

in München und Berlin über DriveNow.<sup>5</sup> Zudem trägt die Nutzung von Elektrofahrzeugen in Flotten nach Expertenmeinung zum raschen Aufbau eines Gebrauchtwagenmarktes bei, der wiederum Elektrofahrzeuge für Privatpersonen erschwinglich machen könnte.<sup>6</sup>

**Kernergebnis:**

Flotten eignen sich durch ihre große Anzahl an Fahrzeugen und der breiten Palette an Einsatzmöglichkeiten als Katalysator für die Weiterentwicklung der Elektromobilität. Vor allem gemischte Fahrzeugflotten sind in der Lage alle Mobilitätsbedürfnisse der Flottennutzer abzudecken und mit einer gezielten Planung den Einsatz von Elektrofahrzeugen optimal zu steuern. Damit können Flottenbetreiber die durch die EU gesteckten Ziele zur Einhaltung von CO<sub>2</sub>-Obergrenzen erreichen.

»Aufgrund von teuren Anschaffungspreisen und relativ günstigen Betriebskosten eignen sich Elektrofahrzeuge sehr gut für eine kollektive oder häufige Nutzung in Fahrzeugflotten. Eine private Nutzung ist aufgrund von langen Standzeiten wirtschaftlich eher weniger attraktiv.«

Prof. Dr. Anke Weidlich, Hochschule Offenburg

FMS bieten dabei Fuhrparkbetreibern die Möglichkeit der Kosten- und Zeiteinsparung und schaffen Transparenz über die Abläufe innerhalb der Flotte und über deren Effizienz. Das Angebot von FMS am Markt ist vielfältig und variiert in Funktionsumfang und Preisgestaltung signifikant. Nach Einschätzung von Branchenexperten sind Deutschland im internationalen Vergleich sowie Baden-Württemberg im nationalen Vergleich gut bis sehr gut in der Entwicklung, Herstellung und dem Betrieb von FMS aufgestellt. Das Know-how für die Entwicklung von FMS sowie deren Anwendung in großen Flotten ist in Deutschland und Baden-Württemberg fest verankert und bildet eine sehr gute Basis für die zukünftige Integration von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben in den Flottenbetrieb. Forschungsprojekte werden in Deutschland unter anderem von mehreren Fraunhofer-Instituten vorangetrieben. Aktivitäten und Kompetenz für die Entwicklung und Produktion von

<sup>1</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Roland Berger (2013): Quartalsindex Elektromobilität  
<sup>2</sup> ifmo (2011): Mobilität junger Menschen im Wandel; BVBS (2008): Mobilität in Deutschland 2008; Institut für Mobilitätsforschung (2002): Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2020, Deutsches Mobilitätspanel (2013): Statistiken 2008/2009, 2010/2011  
<sup>3</sup> PwC (2009): Zukunft in Bewegung; WAZ (2012): Smartphone löst Auto als Statussymbol ab

<sup>1</sup> Eigene Darstellung  
<sup>2</sup> Expertengespräche  
<sup>3</sup> Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BW mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität. 2. geänd. Aufl.  
<sup>4</sup> EnBW (2013): Wir machen Stuttgart und die Region e-mobil, car2go (2013): car2go elektromobil, Schaufenster Elektromobilität (2013): LivingLab BW mobil  
<sup>5</sup> Mein Elektroauto (2013): Einsatz von Elektrofahrzeugen bei DriveNow  
<sup>6</sup> Expertengespräche

## Kapitel 3

FMS sowie deren Anwendung finden sich in Baden-Württemberg in Unternehmen gebündelt, die FMS ab Werk in die Fahrzeuge verbauen oder Nachrüstsysteme für die spätere Integration anbieten. Die SAP AG und die MVV Energie AG führte die Forschungsinitiative Future Fleet durch, welche den Einsatz von Elektrofahrzeugen in Dienstwagenflotten untersucht und ein FMS für Elektrofahrzeuge entwickelte.<sup>1</sup> Thema des Ende 2012 im Rahmen des Spitzenclusters „Elektromobilität Süd-West“ gestarteten Forschungsprojektes „eFlotten- und Lademanagement“ ist das Management gemischter Flotten aus Benzin/Diesel- sowie Elektrofahrzeugen in den Anwendungsfeldern „Personenverkehr“, „Güterverkehr“ sowie „Service-Dienstleister“.<sup>2</sup> Auch im Projekt „Get eReady“ dreht sich alles um den Betrieb von Elektrofahrzeugen in Fahrzeugflotten in den Regionen Stuttgart und Karlsruhe. Die Identifikation von Erfolgsfaktoren für einen wirtschaftlichen Betrieb von Elektrofahrzeugflotten steht dabei im Mittelpunkt.<sup>3</sup>

Bekannt Hersteller von FMS wie die Daimler Fleetboard GmbH in Stuttgart, Bosch Software Innovations GmbH in Waiblingen oder Funkwerk Eurotelematik in Ulm sowie eine Vielzahl kleiner und mittlerer Unternehmen tragen zur Standortkompetenz Flottenmanagement in Baden-Württemberg bei.

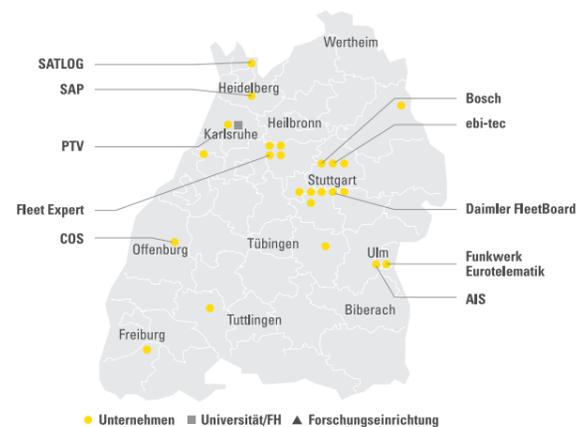


Abbildung 3.8: Landkarte Akteure im Bereich Flottenmanagement<sup>4</sup>

»Im internationalen Vergleich und in Europa nimmt Deutschland im Bereich IKT eine führende Rolle ein. In Asien und den USA ist die Verbreitung und Funktionalität von Telematik-Anwendungen noch nicht so weit fortgeschritten.«

Heiko Schmidt,  
Head of Corporate Logistics, CWS-boco International GmbH

»Im Bereich Flottenmanagement ist in Deutschland kein Bundesland signifikant besser aufgestellt, als ein anderes. Baden-Württemberg steht im Vergleich gut, aber nicht optimal, da. Von staatlicher Seite könnte noch mehr gemacht werden, um Hürden abzubauen und die Akzeptanz zu verbessern.«

Joachim Marx, SAP AG

»Das Know-how für das Management von Flotten und deren technische Komponenten ist in Deutschland mit Sicherheit vorhanden. Daher haben wir sehr gute Voraussetzungen, Elektrofahrzeuge in unsere Flotten zu integrieren.«

Ralf Woik,  
Ressortleiter Marketing und Kommunikation, Arval Deutschland

»Deutschland ist im internationalen Vergleich bezüglich Flottenmanagementkompetenz gut aufgestellt.«

Michael Tauer, Deutsche Post Fleet GmbH

»In Deutschland sind vor allem die südlichen Bundesländer sehr gut im Bereich Flottenmanagementsysteme aufgestellt. Hier gibt es auch groß angelegte Projekte zur Integration von Elektrofahrzeugen in die Flotten.«

Helmut Steingraber, Business Consulting, Infoman AG

»Der Markt für Flottenmanagementsysteme ist international und Deutschland hat einen sehr guten technologischen Stand.«

Tobias Kutzler, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung IFF

Wird das Angebot von FMS in Baden-Württemberg genauer betrachtet, zeichnen sich zwei grundlegende Produkt- und Dienstleistungskomponenten ab: einerseits die mobilen Telematik-Systeme und deren Installation in den Flottenfahrzeugen und andererseits die Bereitstellung einer Onlineplattform für die Steuerung der Flotte durch den Kunden sowie die anfallenden Mobilfunkgebühren für die Kommunikation zwischen Flottenzentrale und Fahrzeug. Die Angebotsstruktur dieser Komponenten lässt sich in drei Geschäftsmodelle unterteilen.<sup>1</sup>

In der ersten Variante zahlt der Kunde einmalig für den Einbau der Telematik-Systeme in seine Fahrzeuge. Danach wird ihm eine monatliche Gebühr für die Nutzung eines Onlineportals zur Flottensteuerung und die Datenübertragung zwischen Zentrale und Fahrzeugen berechnet. In der zweiten Variante werden die Installationskosten für die Hardware in die monatliche Gebühr integriert, sodass die hohe Anfangsinvestition entfällt und sich stattdessen über die Vertragslaufzeit verteilt. Schließlich sind in einer dritten Variante Systeme am Markt erhältlich, die einzig aus einer Anfangszahlung bestehen, welche Installation, Webdienste und Datenübertragungsgebühren über die Vertragslaufzeit gesamthaft beinhaltet.

Experten betonen die Diversität und die fließenden Übergänge des Branchenfelds der Telematik-Angebote, welche Aussagen über Beschäftigungszahlen heute nicht zulassen und zukünftigen Analyse- und Untersuchungsraum bilden.

Aufgrund der weiten Preisspannen der Komponenten und der wenig vorhandenen und differierenden Einschätzungen über die Durchdringung von FMS in Fahrzeugflotten existieren zudem kaum Daten über das Umsatzvolumen von FMS. Um trotzdem eine annähernde Einschätzung des Volumens für FMS in Deutschland und in Baden-Württemberg geben zu können, wird im Folgenden eine Hochrechnung des Umsatzvolumens von FMS in Deutschland und Baden-Württemberg durchgeführt.

Die Wahl der oben vorgestellten Angebotsgestaltung, der im FMS enthaltene Funktionsumfang und die Marke des Herstellers sind Grundlage für die Preisspannen von heute erhältlichen FMS-Lösungen. Während die monatlichen Gebühren für Web-Hosting und Kommunikation etwa von 10 bis 70 Euro reichen, wird die Er-

stinstallation der Hardware in einem Preisrahmen von ca. 300 bis 2.000 Euro angeboten.<sup>2</sup> Um eine Berechenbarkeit der verschiedenen Systeme zu erlangen, werden drei differente Typen von FMS unterschieden. Version 1 beinhaltet den niedrigsten Funktionsumfang und dient lediglich der Ortung und dem Tracking der Fahrzeuge. Version 2 integriert zusätzlich Funktionen wie die Ferndiagnose des Fahrzeugs oder die Überwachung der Lenk- und Ruhezeiten des Fahrers. Schließlich umfasst Version 3 neben den bereits genannten Optionen Funktionen der Geschäftsprozesssteuerung und ermöglicht die Integration unternehmenseigener Softwaresysteme. Werden unter Miteinberechnung der Anfangsinvestition in die Installation der Hardware Gebühren pro Monat und Fahrzeug betrachtet, sind die FMS-Typen zu einem durchschnittlichen Preis von 36 Euro (Version 1), 56 Euro (Version 2) und 76 Euro (Version 3) pro Fahrzeug und Monat am Markt erhältlich.<sup>3</sup>

Der Bestand an gewerblich zugelassenen PKWs betrug zu Beginn 2012 rund 4,3 Mio. Fahrzeuge in Deutschland. Der Bestand an Nutzfahrzeugen und sonstigen gewerblich angemeldeten Kraftfahrzeugen lag bei 3,9 Mio. Fahrzeugen.<sup>4</sup> Dabei hängen der Einsatz von FMS und die damit zu erreichende Komplexitätsreduktion im Flottenmanagement vorwiegend von der Größe des Fuhrparks ab. Nach Brancheneinschätzung fährt deutlich mehr als die Hälfte der in Deutschland gewerblich genutzten Fahrzeuge in kleinen Flotten, die das Fuhrparkmanagement ohne den Einsatz von FMS betreiben.<sup>5</sup> Über die Durchdringung von FMS in den Nutzfahrzeugflotten liegen stark differierende Einschätzungen vor. Nach Studienergebnissen wird von einer Penetrationsrate von 5 bis 30 Prozent bei Nutzfahrzeugen ausgegangen.<sup>6</sup> Für Flotten-PKWs wird von Experten eine geringe Durchdringung von 3 Prozent von reinen Ortungs- und Trackingsystemen unterlegt, da die Fahrzeugverfolgung von PKWs kaum praktiziert wird oder ein Technologie-sprung von der Telekommunikation zwischen Fahrer und Zentrale hin zum Einsatz von FMS noch nicht stattgefunden hat. Beispielsweise fangen Taxi-Unternehmen in Deutschland erst langsam an ihre Flotten durch FMS zu steuern.<sup>7</sup> Verglichen mit dem Personentransport liegt die Nutzung von FMS bei Nutzfahrzeugen weit höher. Branchenexperten und Studienergebnisse ordnen die Adaption von FMS bei Nutzfahrzeugen bei 20 bis 30 Prozent ein.<sup>8</sup> In der Sparte der Nutzfahrzeuge finden FMS der Versionen 1, 2 und 3 Anwendung. Während einfache Ortungssysteme meist in kleinen Flotten und leichten Nutzfahrzeugen eingesetzt werden,

<sup>1</sup> <http://www.futurefleet.de/>  
<sup>2</sup> Spitzencluster-Süd-West (2012): Projekt eFlotten- und Lademanagement (eFlotte)  
<sup>3</sup> BEM(2013): eMobilität im groß angelegten Flottenversuch  
<sup>4</sup> Eigene Darstellung

<sup>1</sup> Eigene Recherche  
<sup>2</sup> Eigene Recherche  
<sup>3</sup> Voigt, S. (2010): Den Telematik-Markt auf einen Blick; eigene Recherche  
<sup>4</sup> KBA Statistiken (2012): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltern, Wirtschaftszweigen  
<sup>5</sup> Expertengespräche  
<sup>6</sup> Infoware (2008): Pressemitteilung, Marktstudie – Trends im Flottenmanagement; Frost & Sullivan (2009) Litmus Test for Commercial Vehicle Telematics Market:

Results to exceed expectations; Expertengespräche  
<sup>7</sup> Expertengespräche  
<sup>8</sup> Frost & Sullivan (2009) Litmus Test for Commercial Vehicle Telematics Market: Results to exceed expectations; Expertengespräche

## Kapitel 3

setzen große Speditionen und Gütertransportunternehmen professionelle FMS zur Steuerung und Überwachung ihrer Fahrzeuge und Güter ein. Die Fernauslese von Fahrzeugdaten, die Kontrolle der Temperatur bei Kühlguttransporten und die Integration des Flottenmanagements in die eigenen Logistikprogramme bilden hier entscheidende Wettbewerbsvorteile und führen zu einem verbreiteten Einsatz von FMS. Schließlich bilden die vom Kraftfahrt-Bundesamt als „Sonstige“ aufgeführten Kraftfahrzeuge wie Fahrzeuge der Feuerwehr oder Polizei einen wichtigen Markt für FMS, in dem eine relativ hohe Durchdringung von FMS von 25 Prozent angesetzt wird. Die Funktionen der Ortung und des Trackings sowie der Kommunikation zwischen Flottenzentrale und Fahrzeug ermöglichen den notwendigen, zeiteffizienten Einsatz der Flottenfahrzeuge. Wird bei oben genannter Durchdringung und dem vorwiegenden Einsatz von einfachen Trackingsystemen in PKWs, leichten Nutzfahrzeugen und sonstigen Kraftfahrzeugen sowie dem Einsatz von professionellen Systemen der Typen 2 und 3 in mittleren und schweren Nutzfahrzeugen ausgegangen, ergibt sich ein Umsatzvolumen von 133 Mio. Euro in Deutschland. Dabei wird nach Einschätzung von Experten eine Exportrate von FMS in Höhe von 5 bis 10 Prozent realisiert, wobei Exporte beinahe ausschließlich durch in Baden-Württemberg ansässige OEM-Hersteller getätigt werden, während kleine und mittlere Nachrüster ihre Produkte meist im Inland verkaufen.<sup>1</sup> Aufgrund der guten Aufstellung des Standorts Baden-Württemberg bezüglich der Herstellung von FMS erwirtschaftet das Bundesland nach Experteneinschätzung einen bedeutenden Anteil von bis zu 30 Prozent am Gesamtumsatzvolumen von FMS in Deutschland und somit ein Umsatzvolumen von rund 40 Mio. Euro.

In der Relation zum Gesamtumsatzvolumen von FMS in Deutschland zeichnet sich Baden-Württemberg schon heute als starker Wirtschaftsstandort ab, der mit den ansässigen Herstellern und Anbietern von FMS Know-how und Kompetenzen im Flottenmanagement bündelt. In der Meta-Betrachtung schreibt der Umsatz von FMS in Deutschland jedoch mit 133 Mio. Euro kleine Zahlen. Die Ursache dafür liegt in der heute noch sehr niedrigen Durchdringung von FMS in Fuhrparks. Die wenig verbreitete Anwendung von FMS in Flotten liegt u. a. an der Dominanz kleiner Flotten in Deutschland deren Komplexität auch ohne FMS überschaubar ist. Das durch die Wirtschaftskrise stark beeinträchtigte Investitionsbudget der Transportindustrie trägt weiter zu einer tendenziell

niedrigen Investitionsbereitschaft unter Flottenbetreibern bei. Viele Fuhrparkbetreiber schrecken heute von den vermeintlich hohen Anschaffungskosten in FMS zurück, auch weil das Kostensenkungspotenzial der Systeme für Flottenmanager, nach Angaben aus der Herstellerbranche, relativ schwer zu veranschaulichen ist. Einen weiteren erheblichen Grund für den niedrigen Absatz von FMS liefert die geringe Akzeptanz von FMS im Flottenpersonal, da die stetige Kontrolle der eigenen Person sowie die Etablierung grundlegend neuer Abläufe befürchtet wird.<sup>2</sup> Die somit heute noch geringe Marktdurchdringung von FMS bietet nach Studienergebnissen und Experten dennoch eine Chance für eine zukünftige Potenzialabschöpfung.<sup>3</sup>

### **Kernergebnis:**

*Der Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg nimmt eine primäre Rolle im Bereich Flottenmanagementkompetenz ein. Der Markt für Flottenmanagementsysteme besitzt aufgrund einer niedrigen Durchdringungsrate in Fuhrparks heute noch ein geringes Umsatzvolumen, eröffnet aber Unternehmen ein hohes zukünftiges Potenzial. Die Einführung von Elektromobilität in Flotten dürfte den Bedarf nach Flottenmanagementsystemen steigern.*

*»Fahrzeugflotten stellen einen signifikanten Kostenfaktor für Unternehmen dar. Der Bedarf an Flottenmanagementsystemen für eine effizientere Nutzung der Fahrzeuge wird in Zukunft weiter wachsen.«*

*Helmut Steingraber, Business Consulting, Infoman AG*

### 3.3 INFRASTRUKTUR

Elektrofahrzeuge sind wie Verbrennerfahrzeuge auf eine funktionierende Infrastruktur der Energieversorgung angewiesen. Für den breiten Einstieg in die Elektromobilität ist sie eine Grundvoraussetzung. Vor allem der Aufbau einer öffentlichen, für den Bürger sichtbaren und erlebbaren Infrastruktur hat hier Katalysatorwirkung. So werden, neben der Verfügbarkeit und den Anschaffungskosten von elektrifizierten Fahrzeugen, die Chancen der Elektromobilität häufig danach beurteilt, wie schnell ein dichtes Netz an öffentlicher Ladeinfrastruktur geschaffen werden kann. In einer PwC-Studie gaben 92 Prozent der befragten Autofahrer eine ausreichende Verfügbarkeit von Ladestationen als eine Bedingung für den potenziellen Kauf eines Elektrofahrzeugs an. Ebenso sind die Standardisierung von Ladesteckern und deren zügige Umsetzung sowie Globalisierungsbestrebungen (Roaming-Konzepte) bzgl. der Authentifizierung an Ladepunkten und der Abrechnung der bezogenen Ladeleistung wichtig, um eine möglichst einfache Nutzung der Ladeinfrastruktur zu ermöglichen.

Öffentliche Ladestationen werden dabei bisher in den meisten Fällen im Rahmen von Modellregionen, Forschungsprojekten und Flottenversuchen installiert wie beispielsweise im Rahmen des Schaufensterprojekts „Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region“ (LIS). Unter den Nutzern herrscht momentan allgemein eine große Unsicherheit darüber, eine freie, funktionierende Ladestation zu finden. Für 95 Prozent der Befragten ist die Elektromobilität daher auch eng mit der Möglichkeit verknüpft, die Batterien zu Hause oder am Arbeitsplatz aufzuladen.<sup>1</sup> In vielen Fällen kommen im privaten Bereich einfache Schuko- oder Industriesteckdosen für den Ladevorgang zum Einsatz. Insgesamt wirken sich neben den relativ hohen Kosten für Ladestationen fehlende Standards bezüglich Steckverbindungen und IKT-Anwendungen für den Datenaustausch negativ auf den Ausbau einer Ladeinfrastruktur aus. Die Unternehmensberatung Horvath & Partners führte zu diesem Thema eine Befragung von Führungskräften aus 58 Energieversorgungsunternehmen in Deutschland durch. Eine Mehrheit der Befragten sah dabei die informationstechnische Anbindung der Elektromobile, insbesondere an die Ladeinfrastruktur, als große Herausforderung, um das von der Bundesregierung formulierte Ziel zu erreichen, eine Million Elektrofahrzeuge bis

2020 auf deutsche Straßen zu bringen.<sup>2</sup> Diese Ergebnisse werfen die Frage auf, in welchem Maße und in welchem Zeitrahmen eine Ladeinfrastruktur in Deutschland und in Baden-Württemberg tatsächlich errichtet werden muss, um den Bedürfnissen der Verbraucher gerecht zu werden.

### **Kernergebnis:**

*Die öffentliche Ladeinfrastruktur ist eine der Schlüsselvoraussetzung für die Akzeptanz der Elektromobilität durch die Bevölkerung. Baden-Württemberg hat hier bereits viel Arbeit geleistet. Im nächsten Schritt gilt es einen barrierefreien Zugang zwischen den Anbietern zu schaffen.*

*»Die Herausforderung bei der Elektromobilität liegt darin, die Bereiche Hardware, Software und Geschäftsmodelle so zu einem runden Gesamtpaket zusammenzubringen, dass sich Elektromobilität sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht auszahlt.«*

*Dr. Matthias Haun, Senior Technical Sales Manager, Innovations Software Technology GmbH, Bosch Group*

Mobilitätsuntersuchungen zeigen, dass die durchschnittlich zurückgelegten Fahrstrecken pro Tag weniger als 40 km betragen und 90 Prozent aller Tagesfahrstrecken unter 100 km liegen.<sup>3</sup> 70 Prozent der Fahrten enden dabei entweder zu Hause oder an der Arbeitsstätte.<sup>4</sup> Experten erwarten daher von den ersten privaten Nutzern der Elektromobilität, dass sie sich durch die Wahl entsprechend großer Reichweiten der Fahrzeuge insbesondere auf das Laden zu Hause beschränken.<sup>5</sup> Diese Möglichkeit ist dabei eng mit der Frage nach einem eigenen Stellplatz verbunden. In Baden-Württemberg haben 3,65 Mio. der insgesamt 4,84 Mio. Haushalte eine Garage oder einen eigenen Stellplatz, was einen Anteil von 75 Prozent ergibt. Damit liegt die Stellplatzquote in Baden-Württemberg deutlich über dem gesamtdeutschen Anteil von 63 Prozent (39,08 Mio. Haushalte, davon 24,72 Mio. mit eigenem Stellplatz).<sup>6</sup> Zum Vergleich: der aktuelle PKW-Bestand in Baden-Württemberg beträgt 5,99 Mio. Fahrzeuge und in Deutschland 43,43 Mio. Fahrzeuge.<sup>7</sup> Darüber hinaus haben, laut einer Studie von Bain & Company, 40 bis 70 Prozent aller poten-

<sup>1</sup> Expertengespräche

<sup>2</sup> Expertengespräche

<sup>3</sup> Dataforce (2010): Dataforce FleetReport 2010

<sup>1</sup> PwC (2010): Elektromobilität – Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand

<sup>2</sup> E-Auto Portal (2010): Elektromobilitäts-Ziele durch mangelnde Standards gefährdet

<sup>3</sup> Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

<sup>4</sup> VDE (2010): VDE-Studie sieht für Elektroautos noch Hürden bis zum Massenmarkt

<sup>5</sup> Fraunhofer ISI (2010): Zur Nutzerakzeptanz von Elektromobilität

<sup>6</sup> Stand 2008; Statistisches Bundesamt (2009): Wirtschaftsrechnungen

<sup>7</sup> KBA (2013): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2013

## Kapitel 3

ziellen Elektroautofahrer die Möglichkeit, ihr Fahrzeug während der Arbeitszeit auf einem firmeneigenen Parkplatz abzustellen.<sup>1</sup> Richtungsweisend für die Umsetzung von Lademöglichkeiten am Arbeitsplatz ist hier das Schaufensterprojekt „charge@work - Elektromobilität am Arbeitsplatz“. Fokus des Projektes, an dem u.a. die Daimler AG beteiligt ist, ist das intelligente Laden von Elektrofahrzeugen auf halböffentlichen Mitarbeiterparkplätzen an Firmenstandorten.

In Ergänzung zu privaten und halböffentlichen Ladepunkten ist es ebenfalls sinnvoll, eine öffentliche Ladeinfrastruktur beispielsweise bei Supermärkten, in Parkhäusern oder an Restaurants aufzubauen. Eine öffentliche Ladeinfrastruktur kann möglichen Reichweitenängsten der Verbraucher entgegenwirken und darüber hinaus als Anreiz für den Kauf von Elektromobilen dienen, wenn beispielsweise Ladestellen in der Stadt mit ausschließlich für Elektrofahrzeuge reservierten Parkplätzen verbunden oder andere Vergünstigungen geschaffen werden. So stellt zum Beispiel die Stadt Stuttgart allen Elektrofahrzeugbesitzern einen Parkausweis aus, der kostenloses Parken auf städtischen Parkflächen ermöglicht. Ein weiterer Schritt in diese Richtung ist der Aufbau von 500 Ladepunkten in Stuttgart und der Region im Rahmen des Schaufensterprojekts „Aufbau Ladeinfrastruktur in Stuttgart und Region (ALIS)“ mit Förderung des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur des Landes Baden-Württemberg (MVI). Die entstehende Ladeinfrastruktur wird in erster Linie zunächst vom Carsharing-Anbieter car2go genutzt - steht aber anderen Anbietern und auch privaten Nutzern zur Verfügung.

»Mit dem Aufbau und Betrieb einer intelligenten Ladeinfrastruktur und dem zugehörigen Stromabsatz ist heute noch kein Geld zu verdienen. Für Energieversorger bietet sich aber die Möglichkeit, einen völlig neuen Markt zu öffnen.«

Dirk Netzbandt,  
Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

Die Hardwarekosten für Ladestationen hängen von zahlreichen Kriterien ab und können sich für die individuellen Lösungen stark voneinander unterscheiden. Wesentliche Punkte für den Preis sind der Verwendungszweck, die Ausstattung und die Ladeleistung der Station. Heimpladestationen werden in vielen Fällen an

einem geschützten, für die Öffentlichkeit nicht zugänglichen Ort installiert. Hier besteht nahezu keine Vandalismusgefahr und eine leichtere und kostengünstigere Bauart, beispielsweise zur Wandmontage, ist möglich. Im Gegensatz dazu müssen Ladestationen im öffentlichen Raum mit höheren Investitionen robust und vandalismussicher gebaut sein. Zwischen Heim- und öffentlichen Ladestationen, aber auch zwischen den Ladestationen der genannten Gruppierungen untereinander, gibt es bei der Funktionalität und der Ausstattung große Unterschiede. Während die einfachsten Ladestationen aus einer Steckdose mit Gehäuse bestehen, haben intelligente Stationen ein Identifikations- und Zugangssystem, eine Mess-, Kommunikations- und Abrechnungseinheit, aufwendige Nutzerschnittstellen und eine Einrichtung für das gesteuerte Laden. Im Wechselstrombereich werden Leistungen von über 22 kW in der Regel nicht angeboten. Gleichstromladestationen zeichnen sich dagegen durch Ladeleistungen von bis zu 50 kW aus und gleichzeitig auch durch deutlich höhere Preise. Die höheren Kosten resultieren unter anderem daraus, dass bei dieser Ladeweise das Ladegerät ein Teil der Station und nicht des Fahrzeugs ist. Im Allgemeinen kann man bei allen Ladestationen von höheren Preisen bei höheren Ladeleistungen ausgehen, da sämtliche Leistungs- und Schutzeinrichtungen höher dimensioniert werden müssen, oftmals eine Kühlung notwendig ist und eine Ladesteuerung erforderlich wird. Häufig korreliert aber auch der Umfang der Ausstattung mit zunehmenden Ladeleistungen, was einen wesentlichen Einfluss auf die Preise hat.

Neben den Hardwarekosten für die Ladestationen fallen auch Kosten für die Installation sowie den energetischen ggf. auch informationstechnischen Anschluss der Stationen an. Auch hier können große Preisunterschiede entstehen, die im Wesentlichen von der Anschlussleistung und der Wahl des Standorts und der Integrationstiefe in IKT-Strukturen abhängen. Während beispielsweise eine Heimpladestation mit niedriger Ladeleistung in einer Garage mit bereits vorhandenem Stromanschluss sehr günstig installiert werden kann, erfordern öffentliche Ladestationen auf Parkplätzen in der Regel Erdaushebungsarbeiten, eine Kabelverlegung möglicherweise über längere Strecken sowie ein stabiles Fundament. Durch die geschickte Wahl des Standorts und eine optimale Anbindung an die bestehende Infrastruktur können aber auch für öffentliche Ladestationen die Installationskosten niedrig gehalten werden. Wie eine kosteneffiziente,

öffentliche Ladestation aussehen könnte, erforscht das Konzept von Ubitricity. Mit der sogenannten Mobile Metering Technologie ist die Abrechnungstechnik bereits im Ladekabel verbaut. Dadurch können die Ladepunkte auf eine gering dimensionierte Systemsteckdose beispielsweise in einem Lichtmast reduziert werden.<sup>1</sup> Jedoch bedarf das System eines neuen Geschäftsmodells zwischen Nutzer, Provider und Energieversorgern.

Neben den Kosten für den Infrastrukturaufbau, wie den beschriebenen Hardwarekosten oder Installationskosten für die unterschiedlichen Ladestationen, ergeben sich auch jährliche Kosten für den Infrastrukturbetrieb der Ladestationen. In der folgenden, auf den Herstellungspreisen basierenden Kostenkalkulation werden dabei bereits Technologien und Anwendungen für eine intelligente Ladeinfrastruktur berücksichtigt, die erst bei einem zukünftigen Markthochlauf flächendeckend eingesetzt werden. Auf Basis der hier für das Jahr 2010 vorgenommenen Kalkulation wird in Kapitel 4.5 ein Szenario bis zum Jahr 2020 entwickelt, um das wirtschaftliche Potenzial für die Herstellung, den Aufbau und den Betrieb einer zukünftigen Ladeinfrastruktur abschätzen zu können.

Für den Unterhalt einer Ladeinfrastruktur sind insbesondere die generellen Betriebskosten, u. a. für die Abnahmen und regelmäßigen Überprüfungen sowie für Wartung und Reparaturen zu nennen. Des Weiteren ergeben sich Abrechnungskosten für öffentliche Ladestationen für Datenaustausch, Kommunikation und natürlich Bezahlssysteme. Ebenfalls zu den laufenden Kosten für den Infrastrukturbetrieb sind Ersatzteile und der Ersatz gesamter Ladestationen zu rechnen. Die Abbildungen 3.9 und 3.10 zeigen die Aufgliederung der Kosten einer Heimpladestation bzw. einer öffentlichen Ladestation in die definierten Bereiche sowie die Kostenentwicklung vom Ausgangsjahr 2010 bis zum Jahr 2020. Die Kosten für den Infrastrukturbetrieb werden dabei durch einen festen Faktor an die Herstellkosten gekoppelt und erfahren dadurch eine Kostenreduktion in Relation zur Lern- und Erfahrungskurve der Hardware.

Aus dem Betrieb einer Ladestation können weitere Wertschöpfungspotenziale generiert werden, beispielsweise durch Werbung, Musik-Downloads, Entertainment oder sonstige Dienstleistungen. Dies könnte einen kostendeckenden Betrieb öffentlicher Ladestationen unterstützen, da sich die Anschaffungskosten öffentlicher Ladestellen bei gängigen Strompreisen aufgrund der

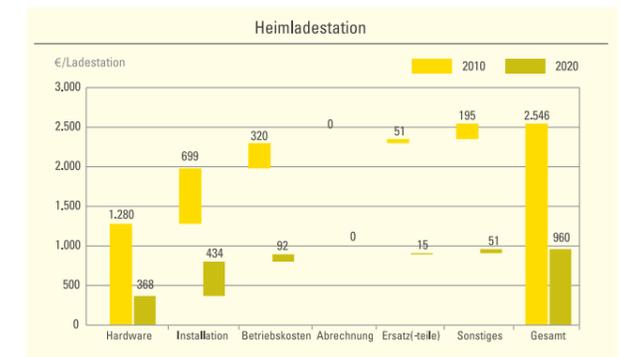


Abbildung 3.9: Hardware-, Installations- und Betriebskosten für eine Heimpladestation für die Jahre 2010 und 2020<sup>2</sup>

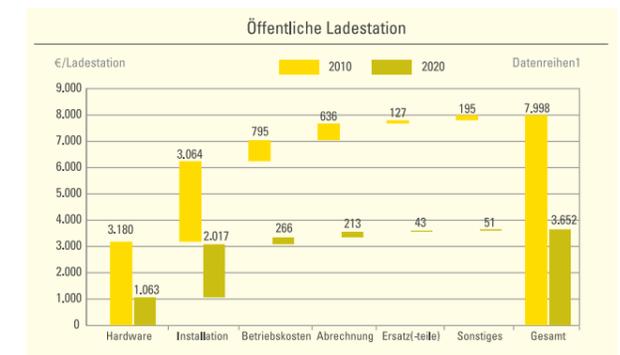


Abbildung 3.10: Hardware-, Installations- und Betriebskosten für eine öffentliche Ladestation für die Jahre 2010 und 2020<sup>3</sup>

geringen Umsätze kaum durch den reinen Stromverkauf amortisieren würden.<sup>4</sup> Weitere Möglichkeiten bieten sich durch Bundle-Angebote wie beispielsweise die Einbindung von Ladeoptionen in Carsharing Angebote, Übernachten und Laden, wie bereits von der Hotelkette Radisson Blu angeboten,<sup>5</sup> oder pauschale Park/Lade-Möglichkeiten, die zusätzlich den Abrechnungsaufwand reduzieren würden.

Die Rahmenbedingungen für das Aufstellen von Ladestationen können, beispielsweise durch die Standort- und Parkplatzfreigabe im öffentlichen Raum und durch die Vereinheitlichung der Genehmigungsprozesse verbessert werden. Daneben ist die Schaffung einheitlicher Standards für die Ladeschnittstellen und die zugehörigen IKT-Strukturen von großer Wichtigkeit.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Bain & Company (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative

<sup>1</sup> <http://www.ubitricity.com>

<sup>2</sup> Eigene Darstellung

<sup>3</sup> Eigene Darstellung

<sup>4</sup> Vgl. Engel, T. (2009): Die Netzintegration von Elektrofahrzeugen – Teil 1

<sup>5</sup> RadissonBlu(2013):Strom für Elektroauto beim Aufenthalt inklusive

<sup>6</sup> Diefenbach, I. (2009): Der mobile Kunde – Elektrofahrzeuge als neue Herausforderung für Netze; E-Auto Portal (2010): Elektromobilitäts-Ziele durch mangelnde Standards gefährdet

»Eine normierte Infrastruktur ist als Basis für eine effiziente Entwicklung von IKT-Anwendungen unbedingt erforderlich. Standardisierungen hinken jedoch dem Fortschritt bei der Elektromobilität hinterher. Bei der Standardisierung eines einheitlichen Stecksystems haben wir in den letzten 2 Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Man kann durchaus davon ausgehen, dass wir in diesem Punkt bald den Durchbruch erreichen können. Herausforderungen stellen jedoch noch die sogenannten Notladesysteme über die konventionellen Steckdosen dar, die in den 70er Jahren angestoßene europäische Harmonisierung bezüglich der Geometrie und den Leistungsklassen wurde nicht abgeschlossen.«

Heiko Herchet,  
Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA

harmonisiert und unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten optimiert werden. Die Sicherheit der Datenübertragung ist dabei genauso wichtig wie der Schutz persönlicher Informationen und die Entwicklung übergreifender Standards. Standards zur Bereitstellung und Anpassung von Zugangs-Technologien und –Protokollen sowie die Definition geeigneter Schnittstellen sind in der ISO/IEC 15118 und IEC 61850 definiert bzw. liegen als Normentwurf vor.<sup>3</sup>

Im Rahmen eines Industrieprojektes, welches durch die e-mobil BW koordiniert wird, sollen bis Mitte 2014 an vier bis sechs strategisch wichtigen Standorten in Baden-Württemberg Ladesäulen mit CCS aufgebaut und so eine Langstrecken-Elektromobilität quer durch Baden-Württemberg ermöglicht werden. Hiermit wird ein Versuchsfeld für die Anwendung neuer Technologien eröffnet, ein Baustein im Infrastrukturausbau gelegt und darüber hinaus ein wichtiger Schritt in Richtung Standardisierung (vgl. NPE) gemacht.

»IKT-Anwendungen müssen heute so offen wie möglich sein, um sich später auf einen Standard einzuschränken. Eigentlich sollte es umgekehrt sein.«

Heiko Herchet,  
Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA

In Europa hat man sich auf einen einheitlichen Ladestecker, den sogenannten Typ2-Stecker, geeinigt. Er bietet die Möglichkeit mit Leistungen bis 44 kW zu laden. Der nächste Schritt hin zum standardisierten Laden ist das Combined Charging System (auch Combo-2-System genannt) das sowohl bestehende europäische als auch amerikanische Anforderungen berücksichtigt. Das Combined Charging System wurde von den deutschen Automobilherstellern VW, Daimler und BMW entwickelt und vereint einphasiges Laden mit Wechselstrom, schnelles Wechselstromladen mit Drehstromanschluss, Gleichstromladen für Haushalte oder ultraschnelles Gleichstromladen an Stromtankstellen mit nur einer Schnittstelle im Fahrzeug. Auf das Combined Charging System haben sich Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Ford, General Motors, Porsche und Volkswagen geeinigt. An der Standardisierung des Combined Charging System im Standard IEC 62196-3 arbeitet derzeit die internationale ISO/IEC 15118 Arbeitsgruppe.<sup>2</sup>

Der Combo-2-Stecker sieht sowohl für Wechsel- als auch für Gleichstromladung zwei Steckerkontakte für die Kommunikation zwischen Ladesäule und Fahrzeug vor. Funktionierende Datenübermittlung zwischen den Systemen (Auto-Lade-Infrastrukturnetz) ist eine Grundlage für Abrechnungsprozesse, Netzintegration, Lademanagement sowie Kommunikation zu Wartungszyklen. Die IKT als Grundlage dieser Datenübermittlung muss entwickelt,

### 3.4 VERNETZTE MOBILITÄT UND INTERMODALITÄT

Unabhängig davon, ob die Elektromobilität sich über kleinere oder Oberklassenfahrzeuge, über private Besitzer oder Flotten durchsetzt, es besteht kaum Zweifel, dass IKT-Lösungen eine signifikante Rolle bei der Akzeptanz elektromobiler Mobilitätskonzepte spielen werden. Selbst konventionelle, verbrennungsmotorbasierte Fahrzeuge sind stark abhängig von der Entwicklung der Fahrzeugtelematik bei wachsenden Kundenanforderungen an Fahrsicherheit und effizienten Kraftstoffverbrauch. Beginnend mit dem „Flocken Wagen“ – dem ersten Elektrofahrzeug im Jahre 1888 – zeigt sich eine Verdichtung automobile Innovationen (siehe Abbildung 3.11) mit starkem Bezug zur IKT.<sup>1</sup>

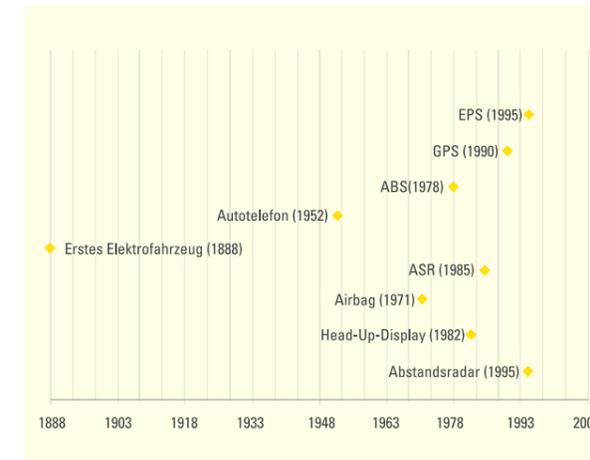


Abbildung 3.11: Zeitstrahl automobiler Innovationen<sup>2</sup>

Intelligente, anpassungsfähige und kontextbewusste Informations- und Kommunikationstechnologien werden als ein Schlüssel zur Erfüllung der eben genannten Ansprüche gesehen.<sup>3</sup> Es ist zu erwarten, dass diese Anforderungen bei Elektroautos mindestens genauso hoch gestellt werden und dass neue Herausforderungen, teilweise ausgelöst durch die noch begrenzten Erfahrungen mit diesen Fahrzeugen, eintreten werden.

»Auch für Verbrennungsfahrzeugflotten wird die Telematik zukünftig größeren Vorrang haben. Die Analyse von Kraftstoffverbrauch und Fahrerverhalten wird zukünftig wichtiger, um den Kraftstoffverbrauch zu minimieren.«

Michael Tauer, Deutsche Post Fleet GmbH

»IKT schafft die Verbindung zwischen Fahrzeugen, Ladestationen, Backend-Dienstleistungen und mobilen Endgeräten und spielt somit als integrierendes Element eine wichtige Rolle.«

Steffen Schaefer, Siemens AG

IKT ist im Kontext der Elektromobilität als Rückgrat zu sehen, denn durch diese Technologien kann eine reibungslose Verknüpfung zwischen den geteilten Mobilitätsressourcen wie Fahrzeug und Ladeinfrastruktur und dem Nutzer, aber auch zwischen verschiedenen Mobilitätslösungen geschaffen werden. IKT-basierte Lade-, Steuerungs- und Abrechnungsinfrastrukturen, durchgehende Datenübertragungssysteme, effiziente Prozesse und intelligente Leitwarten können als Enabler der Elektromobilität bezeichnet werden.<sup>4</sup>

Umgekehrt ist die Elektromobilität selbst ein Treiber für die Weiterentwicklung der Fahrzeugtelematik. Mehrere Faktoren werden der Verbreitung der Telematik für Elektrofahrzeuge beigemessen: da Elektrofahrzeuge zunächst überwiegend in Flotten zum Einsatz kommen werden, sind IKT-Systeme zur Flottenverwaltung, zum Lade- und Lastmanagement sowie zur Reservierung und Disposition notwendig (siehe Abbildung 3.12). Weiterhin bietet die Technologie die Möglichkeit, eine Kontrolle der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Fahrzeug zu realisieren, zum anderen kann durch gezielte Informationsanzeige die Angst der Verbraucher vor zu geringer Reichweite reduziert werden.<sup>5</sup> Das Spektrum an Funktionen, die zukünftig über Fahrzeugtelematik-Systeme aufrufbar sein könnten, adressiert diese und zusätzliche Bedürfnisse. Einige Beispiele sind in Abbildung 3.13 skizziert. Erwartungen zufolge werden die Funktionen für die Lokalisierung und Reservierung von Ladestationen die ersten sein, die auf den Markt kommen werden,

<sup>2</sup> electricdrive.org(2013): Combined Charging – the universal charging system Design Achievements

<sup>3</sup> NPE(2012):Zwischenbericht AG3 Ladeinfrastruktur und Netzintegration

<sup>1</sup> Zettl, A., Niederberger, D. (2013) Connected Car – Szenarien und Zukunftspotentiale

<sup>2</sup> Zettl, A., Niederberger, D. (2013) Connected Car – Szenarien und Zukunftspotentiale

<sup>3</sup> Advanced Microsystems for Automotive Applications (2010): Smart Systems for Green Cars and Safe Mobility

<sup>4</sup> BITKOM (2009): Stellungnahme der ITK-Industrie zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität; Bundesregierung (2009):

Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung

<sup>5</sup> Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

# Kapitel 3

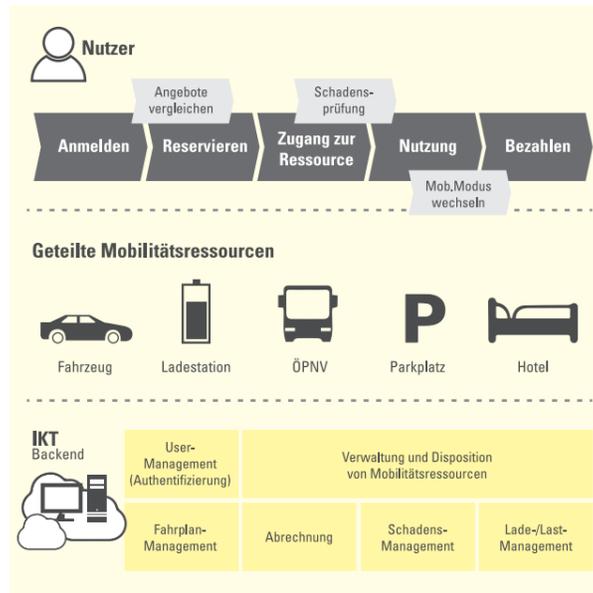


Abbildung 3.12: Verwaltung und Nutzung von geteilten Mobilitätsressourcen<sup>1</sup>

da sie dazu beitragen können, die Ängste der Verbraucher vor einer nicht ausreichenden Reichweite bei längeren Fahrstrecken zu minimieren.<sup>2</sup> Die Umsetzung dieser Funktionen wird mit einem hohen Aufwand verbunden sein, da das System möglichst umfassend alle Lademöglichkeiten auf öffentlichen Parkflächen, aber auch semi-öffentliche Ladestationen beispielsweise in Parkhäusern oder auf Kundenparkplätzen, berücksichtigen muss.<sup>3</sup> Die Reichweitenbestimmung im Fahrzeug bringt ebenfalls eine hohe Komplexität mit sich, denn eine zuverlässige Berechnung erfordert die Erfassung mehrerer Einflussparameter, wie zum Beispiel Komponenten im Bordnetz, Fahrgeschwindigkeit, Route, Topologie, Außentemperatur und Innenraumklimatisierungsfunktionen.<sup>4</sup> Als Folge dessen müssen strenge Anforderungen an die Fahrzeugsensorik und -kommunikation gestellt werden, da diese in der Lage sein müssen, dem Reichweitenberechnungssystem hochgenaue Daten in Echtzeit zu liefern. Im Spitzencluster-Projekt GreenNavigation, das im Rahmen des Spitzenclusters „Elektromobilität Süd-West“ im Oktober 2012 startete, wird deshalb erforscht, wie eine energieoptimierte Routenführung unter Berücksichtigung verschiedener Verkehrsdaten, Fahrzeugtypen und der verfügbaren Ladeinfrastruktur erreicht werden kann.<sup>5</sup>

Reichweite	Navigation	Kommunikation/ V2G	Sonstige Dienste
Ladezustand der Batterie	Informationen zu Sonderzielen/ Ladungsmöglichkeiten	Fahrzeugerkennung	Innenraumvorkonfiguration
Lage der Ladestation	Berechnung dynamischer Strecke	Ladesteuerung/ Ladespannung	Fahrzeugfern-diagnose
Verfügbarkeit und Reservierung der Ladestation	Berechnung grüner Strecken	Bevorzugter Energie-Mix	Unterhaltung
Voraussichtliche Reichweite mit aktueller Ladung	Echtzeit-Verkehrsinformationen	Bevorzugte/ unerwünschte Optionen	Erstellung monatlicher grüner Berichte

Abbildung 3.13: Funktionen von Fahrzeugtelematik-Systemen für elektromobile Fahrzeuge<sup>6</sup>

*»Im Elektroauto ist man von genauen Reichweitenangaben abhängig. Hier gehen aber viele Größen ein wie Wetter, Topologie, Fahrverhalten oder das Alter der Batterie. Das Auto muss intelligent werden, um all diese Parameter zu messen und um eine zuverlässige Prognose zu berechnen und auszugeben. IKT-Technologien sind hierfür der Schlüssel.«*

*Björn Krupecki,  
Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH*

**Kernergebnis:**  
*Elektrofahrzeuge steigern den Bedarf von IKT in Fahrzeugen und der Infrastruktur weiter. Neue Parameter, beispielsweise für eine zuverlässige Reichweitenberechnung oder das Auffinden von Ladestationen, müssen erfasst und verarbeitet werden. Durch einen verstärkten Einsatz von IKT-Lösungen können die Akzeptanz der Verbraucher gegenüber der Elektromobilität gefördert und neue Wertschöpfungspotenziale generiert werden.*

Heutzutage wird großer Wert auf intermodale Mobilität gelegt. Ihr Erfolg hängt nicht nur von der Verkehrsinfrastruktur ab, sondern auch von den Informations- und Kommunikationstechnologien, die für die Systemintegration verantwortlich sind. Wenn Elektroautos ein Bestandteil eines solchen Mobilitätssystems werden sollen, dann müssen Telematik-Systeme für das Verkehrsmanagement entwickelt werden, die den Nutzer mit inter-

modalen Echtzeitverkehrsinformationen versorgen können und ihm ein reibungsloses Umsteigen in andere Fortbewegungsmittel erlauben. Es soll betont werden, dass die Planung und der Bau von Telematik-Systemen für diesen Zweck mit einem hohen Investitionsaufwand verbunden sind und daher mit einem hohen erwarteten Wirkungsgrad begründbar sein sollen. Der Erfolg der Systeme ist allerdings nicht nur von deren technischen Aspekten abhängig, sondern eher von ihrem zielgerechten Einsatz im Rahmen eines integrierten, vernetzten Verkehrsmanagements. Dies erfordert, unter anderem, eine enge Abstimmung zwischen öffentlichen und privaten Akteuren, die Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den Systemen, die genaue Definition von Anforderungen an das Daten- und Informationsmanagement und die Festlegung der organisatorischen Rahmenbedingungen zum Betrieb der Systeme. Bei dieser Betrachtung ist also die Entwicklung und Produktion von Telematik-Hardware und -Software für intermodale Mobilitätslösungen eine Folge des strategischen und übergeordneten Verkehrsplanungsprozesses.<sup>1</sup>

*»Elektromobilität ohne IKT ist kurzfristig nicht umsetzbar. IKT kann bestehende Einschränkungen bei Reichweite und Ladezeiten zwar nicht völlig verhindern, aber das Gesamtsystem der Mobilität optimieren. Auch langfristig kann eine nachhaltige Elektromobilität nicht ohne IKT sichergestellt werden. Nur so kann die Verwendung erneuerbarer Energien zu Mobilitätszwecken zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden.«*

*Heiko Herchet,  
Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA*

*»Menschen wollen schnell, einfach und spontan mobil sein. Intermodale Verkehrskonzepte müssen diese Wünsche berücksichtigen.«*

*Wolfgang Gruel, Business Innovation, Daimler AG*

Die Kommunikation zwischen Elektrofahrzeugen und der Ladeinfrastruktur zur Steuerung der Ladevorgänge und für zukünftige Netzdienstleistungen (Vehicle-to-Grid, V2G) kann wahrscheinlich erst langfristig vollumfänglich umgesetzt werden, da die Standardisie-

rung der Kommunikationsprotokolle zwischen Fahrzeug und Stromnetz durchaus nicht abgeschlossen ist und eine flächendeckende Umsetzung der Ladeinfrastruktur und V2G-Kommunikation der Abstimmung zwischen Energieversorgern, Automobilherstellern und Dienstleistungsunternehmen bedarf.<sup>2</sup> Eine weitere Herausforderung stellt die Tatsache dar, dass heutige Elektroautos noch nicht V2G-fähig sind, aber die technologischen Grundlagen trotzdem bereits heute in die Ladeinfrastruktur integriert werden sollen.<sup>3</sup>

Die Verbreitung von Elektroautos und das viel versprechende Potenzial der bidirektionalen Ladung werden Energieversorgungsunternehmen dazu motivieren, Investitionen in moderne Informationssysteme zu tätigen. Der Fokus der Investitionen wird bis 2015 voraussichtlich auf Ladesteuerungs- und Verbraucherinformationssystemen liegen, während ab 2016 ein Trend hin zu Investitionen in Datenanalyse-systeme erkennbar sein wird.

Einer Studie von Pike Research zufolge beträgt der globale Wert der Investitionen in IKT-Lösungen für elektromobile Fahrzeuge im Jahr 2010 125 Mio. USD und wird bis 2015 1,5 Mrd. USD erreichen (für den Zeitraum 2010 bis 2015 kumuliert sich dies zu einem Wert von 5,1 Mrd. USD).<sup>4</sup> In diesem Betrachtungshorizont ist der Asien-Pazifik-Markt durchgehend Marktführer. Obwohl die nordamerikanischen und europäischen Märkte in Vergleich zu China moderater wachsen, spielen sie trotzdem eine wichtige Rolle auf dem Weltmarkt. Die Regionen Lateinamerika und Afrika/Nahost leisten einen eher geringfügigen Beitrag zu den globalen Investitionen (siehe Abbildung 3.14).

**Kernergebnis:**  
*Intermodalität erfordert IKT-Lösungen, die eine enge Abstimmung zwischen öffentlichen und privaten Akteuren ermöglichen - insbesondere unter Berücksichtigung aller das Gesamtsystem Mobilität betreffenden technischen Anforderungen und Wechselwirkungen sowie der organisatorischen Rahmenbedingungen. Die Verbreitung von Elektrofahrzeugen und das viel versprechende Potenzial der bidirektionalen Ladung (Vehicle-to-Grid, V2G) können erst langfristig vollumfänglich genutzt werden. Hierfür werden noch Standards für die Kommunikation der Fahrzeuge mit der Ladeinfrastruktur ebenso wie Investitionen in den flächendeckenden Aufbau einer intelligenten Ladeinfrastruktur und die Entwicklung von V2G-fähigen Fahrzeugen benötigt.*

<sup>1</sup> Eigene Darstellung  
<sup>2</sup> Hüttl, R. et al. (2010): ELEKTROMOBILITÄT: Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen; Telematics Update (2010): Telematics and EV: Reducing range anxiety  
<sup>3</sup> BITKOM (2009): Stellungnahme der ITK-Industrie zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität  
<sup>4</sup> AutomotiveIT (2009): Exakte Reichweitenvorhersage für Elektrofahrzeuge  
<sup>5</sup> IPG Automotive GmbH (2012): Launch of „GreenNavigation“ Project in Leading-Edge Cluster Electric Mobility South West. Pressemitteilung.  
<sup>6</sup> Eigene Darstellung nach Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

<sup>1</sup> BITKOM (2009): Stellungnahme der ITK-Industrie zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität; Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2010): Innovative Antriebstechnologien, Elektromobilität und alternative Kraftstoffe für unsere Mobilität von morgen; BMVS (2007): Kurzfassung zur Projektbeschreibung „Leitfaden Verkehrstelematik“  
<sup>2</sup> PikeResearch (2010): Electric Vehicle Information Technology Systems  
<sup>3</sup> Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles  
<sup>4</sup> PikeResearch (2010): Electric Vehicle Information Technology Systems

# Kapitel 3

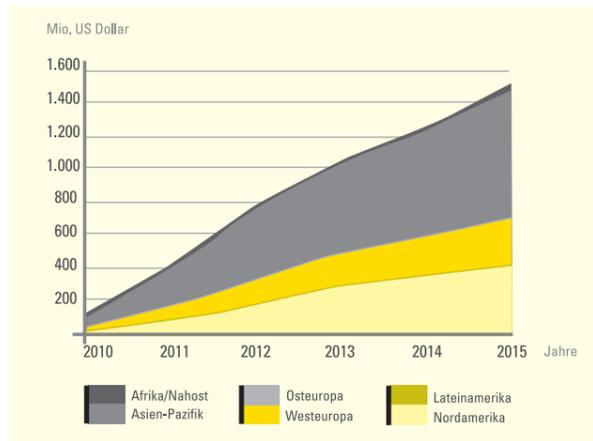


Abbildung 3.14: Investitionen in IKT-Lösungen nach Region, Weltmarkt: 2010-2015<sup>1</sup>

Bezogen auf IKT im Fahrzeug zeichnen sich vor allem zwei Bereiche ab, in denen zukünftig ein Zuwachs an Wertschöpfung zu erwarten ist: eingebettete Telematik-Systeme, die damit einhergehende Integration von Cloud-Diensten und Smartphone-Anwendungen sowie die Weiterentwicklung von Fahrerassistenzsystemen bis hin zum autonomen Fahren. Eingebettete Telematik-Systeme erlauben eine mobile Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Dienst Anbietern und machen das Fahrzeug so zu einem mobilen Netzwerkknoten. Mögliche Anwendungsfelder für eine mobile Datenübertragung sind Flottenmanagementanwendungen, Ferndiagnose von Fehlern oder ein integriertes Verkehrsmanagement. Während Telematik-Systeme in schweren Nutzfahrzeugen bereits häufiger eingesetzt werden, ist die Durchdringungsrate in PKWs heute noch gering und liegt Schätzungen zufolge in konventionellen Fahrzeugen, je nach Einsatzart, bei ca. zehn Prozent.<sup>2</sup> Elektrofahrzeuge haben aufgrund ihrer begrenzten Reichweite einen weitaus höheren Bedarf an Vernetzung, beispielsweise für die Abfrage des Batterieladestandes auf Entfernung wie beim Chevrolet Volt. Etwa jedes zweite Elektrofahrzeug verfügt daher heute bereits über eingebettete Telematik-Systeme. Für Elektrofahrzeuge werden Telematik-Systeme zukünftig als Standard gesehen, bis 2015 wird eine Penetration von knapp 80 Prozent prognostiziert.<sup>3</sup>

Auch für konventionelle Fahrzeuge wird der Anteil von eingebetteten Telematik-Systemen auf ca. 27 Prozent bis 2015 ansteigen. Die im Vergleich zur Automobilbranche kurzen Innovationszyklen der IKT erschweren es, Vorhersagen bis zum Jahr 2020 zu treffen. Ausge-

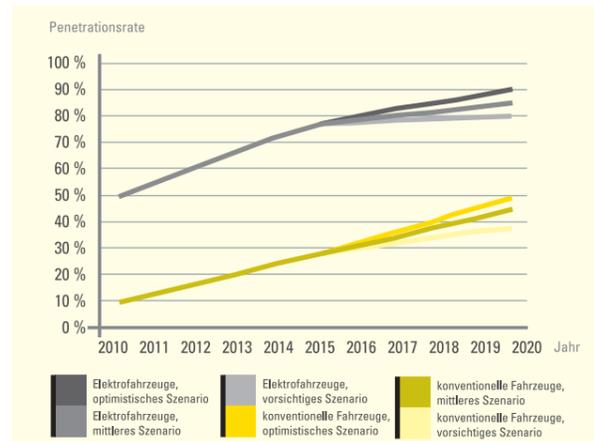


Abbildung 3.15: Penetrationsraten für eingebettete Telematik-Systeme in PKWs<sup>4</sup>

hend von den prognostizierten Penetrationsraten wurden daher drei unterschiedliche Szenarien für die Verbreitung von eingebetteten Telematik-Systemen angenommen. Während das mittlere Szenario für konventionelle Fahrzeuge ein lineares Wachstum bis 2020 voraussetzt, wird die Durchdringung bei Elektrofahrzeugen bereits 2015 eine gewisse Sättigung erreichen (siehe Abbildung 3.15). Ausgehend vom Umsatz im Jahr 2010 für eingebettete Telematik-Systeme im Fahrzeug in Baden-Württemberg von ca. 1,27 Mrd. Euro (siehe Kapitel 4.1 Informations- und Kommunikationstechnologie) lässt sich das Umsatzpotenzial bis zum Jahr 2020 abschätzen. Unter der Annahme eines Wachstums des weltweiten Fahrzeugabsatzes



Abbildung 3.16: Umsatzpotenzial für eingebettete Systeme in Baden-Württemberg<sup>5</sup>

auf 87 Mio. im Jahr 2020 (davon zwei Mio. Elektrofahrzeuge)<sup>1</sup> und den Penetrationsraten für eingebettete Telematik-Systeme ergibt sich bis 2020 eine Umsatzsteigerung auf 6,4 bis 8,2 Mrd. Euro für Baden-Württemberg (siehe Abbildung 3.16).

Die Einführung von Elektrofahrzeugen wird außerdem zu einer weiteren Verbreitung der kabellosen Telematik beitragen, wie beispielsweise Applikationen für die Fremdsteuerung des Ladevorgangs, den Umstieg auf andere Verkehrsmittel und die Personalisierung beziehungsweise Vor-Konfigurierung der Fahrgastzelle.<sup>2</sup> Der Markt für Smartphone-basierte Dienste (exkl. Smartphone-basierte Navigation) in Baden-Württemberg beträgt heute etwa 2 Mio. Euro und wird in 2020 voraussichtlich einen Wert von 9 Mio. Euro erreichen. Diese Prognose dient als Indiz dafür, dass der Markt für Smartphone-basierte Lösungen trotz wachsendem Absatz ein eher geringes Umsatzpotenzial bietet.

*»Im Personentransport wird sich ein Trend hin zu intermodalen Mobilitätslösungen entwickeln. Die Planung einer Reise mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln muss dafür aber deutlich einfacher und flexibler werden. Das Smartphone könnte dabei eine wichtige Rolle spielen.«*

*Helmut Steingraber, Business Consulting, Infoman AG*

Das weitaus größte Umsatzpotenzial für IKT-Anwendungen im Fahrzeug liegt also derzeit in der Entwicklung eingebetteter Telematik-Systeme sowie in den Systemen zur Verwaltung von geteilten Mobilitätsressourcen wie Fahrzeugen und Ladeflächen. Gelingt es Baden-Württemberg und seinen gut positionierten IKT-Herstellern, seinen Wertschöpfungsanteil im Bereich Fahrzeug-IKT zu behaupten, bieten die Wachstumsprognosen in den Bereichen Telematik-Systeme und Smartphone-Integration Chancen für ein Beschäftigungswachstum. Bei einem angenommenen Umsatz pro Vollzeitäquivalent von 110.000 Euro<sup>3</sup> ergibt sich bis 2020 ein theoretisches Potenzial für bis zu 58.500 Beschäftigte. Der Großteil von 56.000 Arbeitsplätzen entfällt auf den Bereich eingebetteter Telematik-Systeme, während Smartphone-Integration und App-Entwicklung ein Potenzial von 2.500 zusätzlichen Arbeitsplätzen bis 2020 aufweisen.

### Kernergebnis:

*Eingebettete Telematik-Systeme erlauben eine mobile Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Dienst Anbietern und machen das Fahrzeug so zu einem mobilen Netzwerkknoten. In Kombination mit Smartphone-basierten IKT-Lösungen ist der Nutzer in der Lage flexibel auf aktuelle Verkehrssituationen zu reagieren und intermodale Mobilitätsressourcen zu nutzen. Auch in den kommenden Jahren wird der Markt für eingebettete Telematiksysteme und Smartphone-basierte Dienste weiter stark wachsen wobei das Umsatzwachstum primär für die Entwicklung eingebetteter Telematik-Systeme zu erwarten ist. Die Wachstumsprognosen bergen vor allem für Baden-Württemberg mit seinen gut positionierten IKT-Herstellern Chancen für weiteres Beschäftigungswachstum.*

Mit der Weiterentwicklung der Elektromobilität hat der Automobilstandort Baden-Württemberg das Potenzial, seine renommierte Position im Bereich der IKT weiter auszubauen. Wichtige Voraussetzungen dafür sind erfüllt: Das Land Baden-Württemberg ist Sitz namhafter Weltkonzerne der IKT-Branche (siehe Abbildung 4.8) und hat seine Innovationsbereitschaft in diesem Gebiet nachgewiesen (siehe Abbildung 4.4). Diese Bereitschaft trägt immer wieder dazu bei, innovative Lösungen frühzeitig auf dem Markt zu etablieren. Gerade in dem sich neu entwickelnden Markt der Elektromobilität, können Hersteller von Telematik-Systemen als Pionierunternehmen Wettbewerbsvorteile gewinnen. Auf die gleiche Weise, wie Kooperationen zwischen Automobilherstellern, -lieferanten und Akteuren aus automobilfremden Industrien zum Zweck der Batterieentwicklung entstanden sind<sup>4</sup> und zur Gründung neuer Firmen geführt haben, kann für Automobilproduzenten in Baden-Württemberg eine sinnvolle Entscheidung sein, Allianzen mit erfahrenen IKT-Unternehmen zu schließen. Die Vielzahl an Forschungsprojekten und Flottenversuchen, an denen in Baden-Württemberg ansässige Unternehmen, Bildungs- und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten, sind ein Zeichen der Bereitschaft der Region, ein elektromobiler Standort zu werden. Im Rahmen interdisziplinärer Forschungsinitiativen wie MeRegioMobil, Future Fleet und der Modellregion Stuttgart wurden in Baden-Württemberg entwickelte IKT-Lösungen zur Unterstützung der Energie- und Ladeflächeninfrastruktur sowie des Flottenmanagements erprobt. Aktuell<sup>5</sup> laufende Forschungs-

<sup>1</sup> Eigene Darstellung nach PikeResearch (2010): Electric Vehicle Information Technology Systems

<sup>2</sup> Frost & Sullivan (2009): Telematics and Infotainment Market

<sup>3</sup> Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

<sup>4</sup> Eigene Darstellung nach Frost & Sullivan (2009): Telematics and Infotainment Market, Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles; eigene Berechnung

<sup>5</sup> Eigene Darstellung

<sup>1</sup> Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BWe mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität 2., geänd. Aufl.

<sup>2</sup> Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

<sup>3</sup> Die jährliche Wertschöpfung pro Kopf in der Elektroindustrie lag in 2009 bei rund 76.000 Euro. Bei einem durchschnittlichen Produktivitätswachstum von 3,5 Prozent/Jahr wird die Wertschöpfung pro Kopf in 2020 etwa 110.000 Euro betragen; ZVEI (2010): ZVEI-Benchmarking – Die Elektroindustrie in Branchenvergleich

<sup>4</sup> Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BWe mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität 2., geänd. Aufl.

<sup>5</sup> Stand März 2013

# Kapitel 3

projekte fokussieren die Optimierung der Reichweite (GreenNavigation), die Integration von SmartHome (iZeus) oder die Netzintegration (SGI). Die Projekte zeigen, dass erst die Betrachtung der Elektromobilität als vernetztes Gesamtsystem zum Erfolg führen wird. Die Vernetzung muss auf den unterschiedlichsten Ebenen zwischen dem individuellen Nutzer bzw. Fahrzeug und dem Verkehrs-, Energie- und Datennetz sowie zwischen den Anbietern von Mobilität, Energie und Informationen stattfinden. Insofern bestehen die Herausforderungen für eine erfolgreiche Einführung von Elektromobilität neben den klassischen Schwerpunkten wie der Batteriekapazität und Ladeinfrastruktur auch in der Entwicklung einer zukunftsfähigen IKT-Infrastruktur. Diese Infrastruktur wird aus vielen ineinandergreifenden IKT-Kompo-

ponenten von der Fahrzeugverwaltung- und Disposition, über Assistenzsysteme, Fahrzeugtelematik und Verkehrsleittechnik bis hin zum Lade-, Last- und Energiemanagement bestehen. Das Fraunhofer Anwendungszentrum KEIM (Kompetenzzentrum für energetische und informationstechnische Schnittstellen von Mobilitätssystemen), welches Ende 2012 gegründet wurde und vom Land Baden-Württemberg gefördert wird, bündelt die Kompetenzen der Fraunhofer Gesellschaft und der Hochschule Esslingen und beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit IKT-Aufgabenstellungen im Umfeld der Elektromobilität.<sup>1</sup> Das reibungslose Zusammenwirken aller Komponenten und eine vernünftige Nutzbarkeit des komplexen Gesamtsystems sind heute erst ansatzweise abzusehen und bedürfen einer weiteren gemeinsamen Anstrengung.

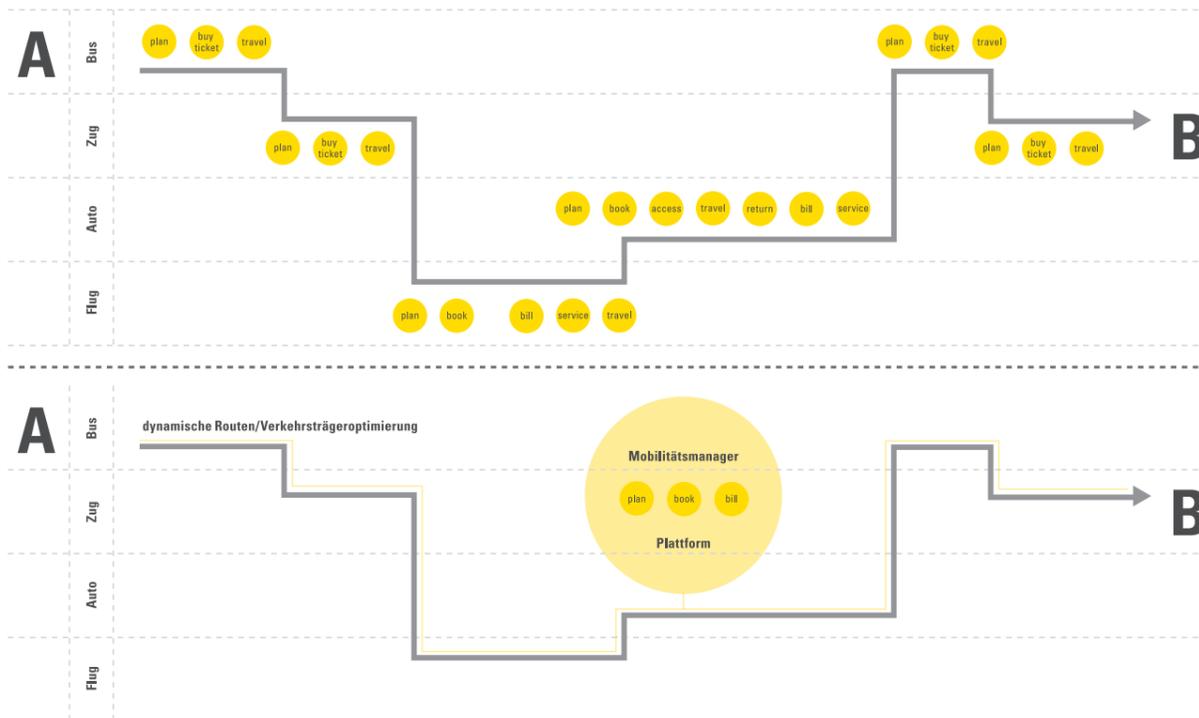


Abbildung 3.17: Wandel des Mobilitätserlebnisses<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer IAO (2012): Gründung des Fraunhofer Anwendungszentrums KEIM  
<sup>2</sup> Roland Berger(2013): Connected Mobility 2025 – neue Wertschöpfung im Personenverkehr der Zukunft

Das Mobilitätserlebnis wandelt sich auf dem Weg hin zur vernetzten, intermodalen Mobilität. Einzelne Mobilitätsressourcen werden abgelöst von einer integrierten Mobilität über alle Mobilitätsressourcen hinweg (siehe Abbildung 3.17). Roland Berger hat in seiner Studie „Connected Mobility 2025“ untersucht, welches Unternehmen am ehesten eine zentrale Funktion als Mobilitätsmanager einnehmen kann? Mobilitätsmanager ist hierbei ein Anbieter, der in der Lage ist Mobilitätslösungen über mehrere Mobilitätsressourcen hinweg, entlang einer Wegekette anzubieten. Connected Mobility wird als Begriff für intermodale Mobilität verwendet.

„Wenn im Mittelpunkt der Connected Mobility der Wettbewerb um das Orchestrieren der Mobilitätskette steht, was ist dann wichtiger: die Infrastruktur der etablierten Akteure, an denen der Markt nicht vorbeikommt? Oder sind es die Services neuer Intermediäre, weil die einzelnen Verkehrsmittel in der integrierten Mobilitätskette relativ an Gewicht verlieren?“ Mehrere Gruppen von Marktteilnehmern haben gute Chancen strategische Funktionen als Anbieter von Mobilitätslösungen zu übernehmen. Dazu gehören Automobilhersteller, überregionale Transportdienstleister, Internetunternehmen und Telekommunikations-Anbieter (siehe Abbildung 3.18).<sup>1</sup>

	Verständis der Mobilität	Technische Kompetenz	Relevantes Markenprofil	Fähigkeit zur Integration von Partnern	Beispiele
Automobilhersteller					OEM-betriebene Carsharing-Anbieter
Regionale Verkehrsverbünde			<sup>1)</sup>		Chicago Transport Authority, Rhein-Main-Verkehrsverbund, Massachusetts Bay Transportation Authority at all.
Überregionale Transportdienstleister					Fluglinien, Bahnunternehmen
Telekommunikationsanbieter					Mobilfunkanbieter
Internetunternehmen					Soziale Netzwerke, Suchmaschinen
Technologieanbieter					Hardware- und Softwarehersteller

1) Aber lokal starke Marken    ● Volle Erfüllung    ○ Keine Erfüllung

Abbildung 3.18: Wie gut passen die Unternehmen zur intermodalen Mobilität: das Bewertungsmodell<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Roland Berger(2013): Connected Mobility 2025 – neue Wertschöpfung im Personenverkehr der Zukunft  
<sup>2</sup> Roland Berger(2013): Connected Mobility 2025 – neue Wertschöpfung im Personenverkehr der Zukunft

## Kapitel 4

# STATUS QUO, PERSPEKTIVEN UND HERAUSFORDERUNGEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Um den Wandel hin zu innovativen Mobilitätskonzepten aktiv gestalten und vorantreiben zu können, sind eine gesunde Wirtschaftsstruktur und die interaktive Vernetzung von Unternehmens- und Forschungslandschaft Voraussetzung. Im Rahmen des von der Bundesregierung, dem Land Baden-Württemberg und der Region Stuttgart geförderten Schaufensters Elektromobilität LivingLab BW<sup>®</sup> mobil werden bis 2015 rund 2.000 Elektrofahrzeuge auf die Straße gebracht sowie über 1.000 Ladepunkte installiert. In ca. 40 Projekten arbeiten über 100 Partner an Themenfeldern wie beispielsweise Intermodalität, Flotten und gewerblicher Verkehr, Energie, Infrastruktur und IKT oder Stadt- und Verkehrsplanung. Hinzu kommen verschiedene vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Spitzenclusters geförderte Projekte zur Industrialisierung der Elektromobilität in den vier Innovationsfeldern Fahrzeug, Produktion, Energie und IKT, an denen insgesamt ca. 80 Partner mitwirken. Die Vielfalt an branchenübergreifenden Projekten und die zunehmende Zahl an Kooperationen zwischen Forschungsinstituten und Unternehmen zeigt eine sich verdichtende Innovationskraft in Baden-Württemberg. Schaufenster und Spitzencluster ergänzen sich in ihrer Wirkung gegenseitig perfekt. Sie sind das Rückgrat einer wegweisenden regionalen Entwicklung, des notwendigen Wissenstransfers zu den KMU und der Einbeziehung der Bürgerinnen und Bürger. Die in den folgenden Abschnitten vorgenommene Status-quo-Analyse der Akteure und Märkte in den Bereichen IKT und Verkehrstelematik, Lade- und Energieinfrastruktur sowie Flottenmanagement dient als Indikator dafür, inwieweit Baden-Württemberg heute schon Kernkompetenzen für die Mobilität der Zukunft sichert und ausbaut. Gleichzeitig werden auch die besonderen Herausforderungen, die sich durch die Einführung der Elektromobilität in Baden-Württemberg ergeben, herausgearbeitet sowie Perspektiven zukünftiger Entwicklungen aufgezeigt.

### 4.1 INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE

Die IKT-Branche ist ohne Zweifel eine der erfolgreichsten Deutschlands. Sie liegt an der Spitze der Innovationstreiber im Inland mit ca. 80 Prozent der Innovationen in Deutschlands Schlüsselindustrien, zum Beispiel in der Automobilindustrie, der Medizintechnik und der Logistik. Außerdem ist Deutschland einer der wichtigsten Exporteure von Software und IT-Produkten weltweit.<sup>1</sup> Hier nimmt die deutsche IKT-Branche die vierte Position nach den USA, Ja-

pan, und China ein. Das IKT-Marktvolumen Europas liegt mit knapp 650 Mrd. Euro an der Spitze im Weltvergleich (siehe Abbildung 4.1).

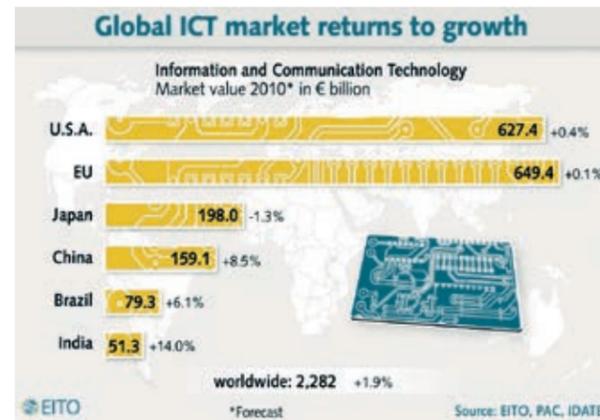


Abbildung 4.1: weltweites Marktvolumen der IKT-Branche in Mrd. Euro (2010)<sup>2</sup>

Im europäischen Vergleich stellt Deutschland den größten IKT-Markt Europas dar (siehe Abbildung 4.2). Betrachtet man gesondert die Bereiche Software, IT-Hardware und Telekommunikation, so ist Deutschland dort jeweils EU-Marktführer. Nur im Bereich der IT-Dienstleistungen liegt die Bundesrepublik an zweiter Stelle.<sup>3</sup>



Abbildung 4.2: Marktvolumen der IKT-Branche in Europa in Mrd. Euro (2010)<sup>4</sup>

Dem deutschen Markt wird ein Marktvolumen von 154,3 Mrd. Euro für IKT und digitale Verbraucherelektronik in 2013 prognostiziert.<sup>1</sup> Dies entspricht einem Wachstum von 1,6 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Vor allem die Dienstleistungssparte, sowohl im Bereich der Informationstechnik als auch dem der Telekommunikation, spielt eine wesentliche Rolle in der Branche (siehe Tabelle 4.3).

ITK-Markt Deutschland	Marktvolumen (in Mrd. Euro)					Wachstumsraten			
	2009	2010	2011	2012	2013	10/09	11/10	12/11	13/12
Summe ITK + CE	139,4	145,8	147,9	152,0	154,30	4,6%	1,4%	2,8%	1,6%
Consumer Electronics	13,1	13,1	12,6	12,9	12,7	-0,2%	-4,1%	2,3%	-1,2%
Summe ITK	126,2	132,7	135,3	139,1	141,6	5,1%	2,0%	2,8%	1,8%
Informationstechnik	63,8	69,0	71,1	72,8	74,9	8,1%	3,1%	2,3%	3,0%
IT Hardware	16,9	20,1	20,7	20,9	21,2	20,5%	1,1%	1,1%	1,2%
Software	14,3	15,5	16,2	16,9	17,8	7,9%	4,9%	4,4%	5,1%
IT-Services	32,5	33,1	34,2	34,9	35,9	1,8%	3,4%	2,1%	3,0%
Telekommunikation	62,4	63,7	64,2	66,4	66,7	2,1%	0,7%	3,4%	0,5%
TK-Endgeräte	5,0	6,2	7,1	9,2	9,9	26,0%	13,3%	20,7%	7,2%
TK-Infrastruktur	5,6	5,7	5,9	6,0	6,1	1,6%	2,7%	1,6%	2,7%
Telekommunikationsdienste	51,9	51,8	51,2	51,2	50,7	-0,2%	-1,0%	-0,1%	-0,9%

\* Für detaillierte Zahlen zum deutschen ITK-Markt sowie zu anderen europ./internat. Märkten siehe: [www.eito.com](http://www.eito.com)  
Abweichend von den EITO-Definitionen werden hier im Segment IT-Hardware auch Halbleiter berücksichtigt.

Abbildung 4.3: Entwicklung des IKT-Marktes in Deutschland (2009–2013)<sup>2</sup>

»Deutschland ist Marktführer im Bereich IKT. Hier werden intelligente und nachhaltige Systeme entwickelt. Dies gilt sowohl für den Fahrzeugbereich als auch für die Netz- und Energieinfrastruktur.«

Björn Krupezki,  
Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH

»Mit Karlsruhe als IT-Standort und großen Firmen wie SAP und IBM ist Baden-Württemberg im Vergleich zu anderen Bundesländern im Bereich IKT sehr gut aufgestellt.«

Dr. Clemens van Dinther, Karlsruher Institut für Technologie KIT

Die IKT ist eine wichtige Beschäftigungsquelle für die deutsche Bevölkerung. Bundesweit waren im Oktober 2012 ca. 876.000 Menschen in die IKT-Industrie direkt involviert.<sup>3</sup> Berücksichtigt man außerdem IKT-Fachkräfte in anderen Branchen, müssen dazu noch einmal ca. 650.000 Arbeitsplätze gerechnet werden.<sup>4</sup>

Heutzutage sind ca. 100.000 Unternehmen in Deutschland im Bereich der IKT tätig.<sup>5</sup> 18.000 dieser Unternehmen, etwa 25 Prozent, haben einen jährlichen Umsatz über 250.000 Euro. Von diesen 18.000 Firmen sind 75 Prozent in der Softwareentwicklung und den IT-Dienstleistungen angesiedelt, während die Hersteller von IKT-Geräten und -Systemen einen Anteil von 15 Prozent besitzen. Die restlichen 55.000 Firmen, die weniger als 250.000 Euro jährlichen Umsatz erreichen, sind zu 90 Prozent Anbieter von Software und IT-Dienstleistungen.<sup>6</sup>

Patentanmeldungen dienen als wichtiger Nachweis für die Innovationskraft einer Branche. Die deutsche IKT-Industrie verfügt über mehr als 5.000 Patentanmeldungen in den hierfür relevanten Anmeldeklassen beim Europäischen Patentamt. Dies entspricht in etwa 24 Prozent aller deutschen Patentanmeldungen. Hiermit führt Deutschland hinsichtlich IKT die Liste der Patentanmeldungen im europäischen Vergleich an und belegt den dritten Platz auf der Welt nach den USA und Japan.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany

<sup>2</sup> Eigene Darstellung nach Germany Trade & Invest (2011): The Information and Communications Technology Industry in Germany

<sup>3</sup> Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany

<sup>4</sup> Eigene Darstellung nach Germany Trade & Invest (2011): The Information and Communications Technology Industry in Germany

<sup>1</sup> BITKOM, EITO (2012): IKT-Marktzahlen

<sup>2</sup> Eigene Darstellung nach BITKOM, EITO (2012): IKT-Marktzahlen

<sup>3</sup> BITKOM (2012b): Erwerbstätige in der IKT-Branche.

<sup>4</sup> BMWi (2012): Strukturwandel durch Digitalisierung.

<sup>5</sup> Statistisches Landesamt BW (2012): IKT Industriedichte

<sup>6</sup> BITKOM (2009a): Hightech-Standort Deutschland

<sup>7</sup> Germany Trade & Invest (2011): The Information and Communications Technology Industry in Germany, EPO (2013) Top 50 Länder bzgl. der Patentanmeldungen

## Kapitel 4

IKT-Patentanmeldungen *) in den Bundesländern	
Land	Anmeldungen je 1 Mill. Einwohner
Baden-Württemberg	111
Bayern	107
Berlin	61
Brandenburg	22
Bremen	19
Hamburg	34
Hessen	40
Mecklenburg-Vorpommern	11
Niedersachsen	38
Nordrhein-Westfalen	31
Rheinland-Pfalz	34
Saarland	22
Sachsen	24
Sachsen-Anhalt	9
Schleswig-Holstein	24
Thüringen	32
Deutschland	54

\*) Anmeldungen beim Europäischen Patentamt. Datenquelle: EUROSTAT

Abbildung 4.4: IKT-Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt je Million Einwohner (2008)<sup>1</sup>

Betrachtet man den gesamten baden-württembergischen Markt der IKT, so erreicht die Bedeutung dieser Branche andere Dimensionen: Etwa 300.000 Mitarbeiter sind in ca. 15.000 Unternehmen mit einem jährlichen Gesamtumsatz von rund 50 Mrd. Euro tätig. Dabei spielen die ca. 2.100 Hersteller von IT-Hardware, elektronischen Bauteilen sowie Netzwerk- und Nachrichtentechniken eine wichtige Rolle, da sie für einen jährlichen Umsatz von über 36,7 Mrd. Euro verantwortlich sind.<sup>2</sup> Es ist zu erwarten, dass diese Leistung im direkten Zusammenhang mit der Innovationsbereitschaft der Region steht. Nach Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg lag die Anzahl der IKT-Patentanmeldungen je Million Einwohner in Baden-Württemberg im Jahr 2012 weit über dem deutschen Durchschnittswert. Ein weiterer Indikator für die Innovationskraft einer Region ist der Innovationsindex des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg. Dieser Index bündelt sechs Innovationsindikatoren in einer Kennzahl und wird für die Länder bzw. Regionen der EU berechnet. Diese sechs Indikatoren sind

- die FuE (Forschung und Entwicklung)-Ausgaben bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt
- der prozentuale Anteil des FuE-Personal insgesamt
- der prozentuale Anteil der Erwerbstätigen in Hochtechnologiebranchen
- der prozentuale Anteil der Erwerbstätigen in wissensintensiven Dienstleistungsbranchen

- der prozentuale Anteil der Erwerbstätigen, die in wissenschaftlich-technischen Berufen arbeiten
- Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt pro Einwohner

Daraus geht hervor, dass Baden-Württemberg in der Europäischen Union die Region mit dem eindeutig höchsten Innovationspotenzial ist (siehe Abbildung 4.5). Ausschlaggebend für die Spitzenposition Baden-Württembergs ist vor allem die exzellente technologische Basis, die über beträchtliche Investitionen in Forschung und Entwicklung, die hohe Bedeutung forschungsintensiver Industriezweige und den großen Erfindungsreichtum gesichert wird.

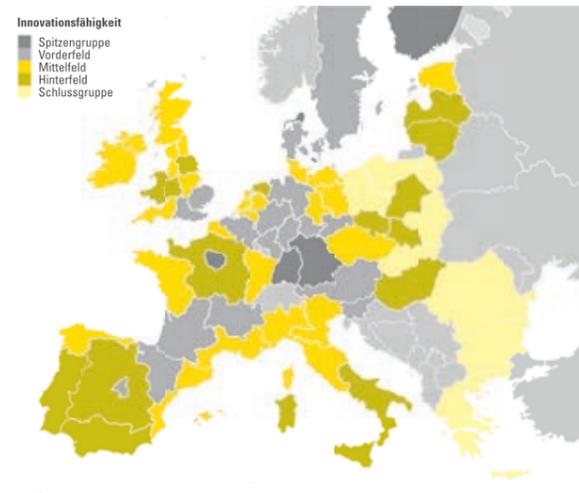


Abbildung 4.5: Innovationsindex 2012 für die Länder bzw. Regionen der Europäischen Region<sup>3</sup>

Von besonderer Relevanz für diese Studie ist die Analyse des Marktes der Verkehrstelematik. Als Verkehrstelematik bezeichnet man in verschiedenen Bereichen des Gesamtverkehrssystems die Integration von IKT, die die Sendung und den Empfang von Informationen ermöglicht, um die Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmern zu erleichtern. Verkehrstelematik-Systeme finden Anwendung auf verschiedenen Ebenen: Es gibt individuelle Systeme im Fahrzeug, zum Beispiel Navigationsgeräte, Systeme im öffentlichen Verkehr, wie rechnergestützte Betriebsleitsysteme, und kollektive Systeme im öffentlichen Raum, beispielsweise

Verkehrsbeeinflussungsanlagen und Informationssysteme. Alle Systeme lassen sich ebenso gemäß ihrer primären Funktion (informierend oder steuernd) oder ihrer Bedeutung (für den öffentlichen oder individuellen Verkehr) einteilen.<sup>1</sup> Die Bewertung des Gesamtmarktes stellt eine enorme Herausforderung dar, da es für die Verkehrstelematik keine standardisierte Abgrenzung in Bezug auf eine Branchenzugehörigkeit oder die spezifischen Lösungen gibt, die dieser Technologie zugeordnet werden können.<sup>2</sup> Aus diesem Grund ist es sinnvoll, eine Analyse einzelner Teilbereiche, z.B. der eingebetteten Systeme oder der mobilen Geräte, durchzuführen.<sup>3</sup>

Eingebettete Systeme entstehen aus der Kombination informationstechnischer oder -verarbeitender Hardware und Software, die in eine definierte Umgebung integriert werden, um über Sensoren und Aktoren spezielle Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungsaufgaben für den Benutzer durchzuführen. Obwohl sie verschiedenste Funktionen in fast allen Bereichen des täglichen Lebens übernehmen, haben alle gemeinsam, dass sie vom Nutzer häufig nicht direkt wahrgenommen werden. Typische Anwendungen von eingebetteten Systemen sind im Fahrzeug- und Flugzeugbau, in der Medizintechnik und in Haushaltsgeräten zu finden.<sup>4</sup> Der Markt der eingebetteten Systeme hat die Besonderheit, dass er nicht nur von den Anbietern geprägt ist, sondern auch, und zwar größtenteils, von den Anwenderindustrien. Als Anwender werden Industrien oder Unternehmen bezeichnet, die eingebettete Systeme sowohl auf dem Anbietermarkt zukaufen als auch selbst entwickeln und produzieren, um sie in ihre Endprodukte zu integrieren.

Das prognostizierte Marktvolumen für eingebettete Systeme in Deutschland für 2012 betrug über 21 Mrd. Euro; über 300.000 Entwickler arbeiten in Deutschland an eingebetteten Systemen in der Industrie und in der IKT-Branche.<sup>5</sup> Diese Branche weist stabile Zuwachsraten von bis zu acht Prozent aus. Ein wichtiger Grund dafür ist, dass eingebettete Systeme als Schlüsseltechnologie großer gesellschaftspolitischer Herausforderungen, zum Beispiel der Sicherstellung von Mobilität, angesehen werden.<sup>6</sup>

Der deutsche Markt für eingebettete Systeme im Automotive-Bereich beträgt etwa 4 Mrd. Euro. 75 Prozent des Umsatzes wird von der Anwenderindustrie, also von der Automobilindustrie erwirtschaftet, während 25 Prozent den Anbietern zugeordnet werden.<sup>7</sup> Vergleicht man den Umsatz des Anbietermarktes von Automotive eingebetteten Systemen (1 Mrd. Euro) mit dem Gesamtumsatz des IKT-Marktes in Deutschland (145,9 Mrd. Euro), so ergibt sich für diese Sparte ein Anteil von 0,69 Prozent.<sup>8</sup> Ebenso ist es möglich, den Anteil des Anwendermarktes für eingebettete Systeme zu ermitteln, indem man dessen Umsatz (3 Mrd. Euro) mit dem Gesamtumsatz der deutschen Automobilindustrie (257,67 Mrd. Euro) vergleicht. Aus dieser Berechnung ergibt sich ein Anteil von 1,16 Prozent. Unter der Annahme, dass der Markt für eingebettete Systeme in Baden-Württemberg ein vergleichbares Verhältnis ausweist, kann dessen Volumen berechnet werden: Bei einem IKT-Marktvolumen von 50 Mrd. beträgt der Umsatz der Anbieter von Automotive eingebetteten Systemen den 0,69 Prozent entsprechend 349 Mio. Euro. Die Automobilindustrie, deren Gesamtumsatz bei etwa 80 Mrd. Euro liegt,<sup>9</sup> generiert als Anwender von eingebetteten Systemen einen Umsatz von etwa 930 Mio. Euro, welcher den 1,16 Prozent entspricht. Die Summe beider Märkte, Anbieter und Anwender, ergibt einen Gesamtumsatz von 1,27 Mrd. Euro, somit etwa ein Drittel des deutschen Marktes für eingebettete Systeme im Fahrzeugbau.<sup>10</sup>

In analoger Weise kann die Anzahl der Beschäftigten im Bereich der eingebetteten Systeme für den Fahrzeugbau in Baden-Württemberg berechnet werden. Nach Angaben des Bundesverbands Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. waren im Jahr 2008 etwa 46.000<sup>11</sup> von rund 700.000<sup>12</sup> Mitarbeitern des Fahrzeugbaus in der Softwareentwicklung und Integration von eingebetteten Systemen in Deutschland tätig. Baden-Württemberg vereint dabei aktuell etwa 30 Prozent des Gesamtmarktes an Beschäftigten in der Automobilindustrie.<sup>13</sup> Hieraus ergibt sich eine Anzahl von etwa 13.800 Mitarbeitern, deren Beschäftigung auf eingebetteten Systemen im Fahrzeugbau beruht.

<sup>1</sup> Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2012): Baden-Württemberg bei IT-Forschung in der ersten Liga  
<sup>2</sup> MWK-BW(2013): Informationstechnologie, Statistisches Landesamt BW (2012): IKT Industriedichte, BITKOM (2012b): Erwerbstätige in der IKT-Branche  
<sup>3</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2012): Innovationsindex

<sup>1</sup> BMVS (2007): Kurzfassung zur Projektbeschreibung „Leitfaden Verkehrstelematik“  
<sup>2</sup> Pauli, B., Schindler, T. (2001): Ein Ausweg aus dem drohenden Verkehrschaos? aus NORD/LB Regionalwirtschaft: Potenziale der Verkehrstelematik in Niedersachsen.  
<sup>3</sup> Büttner, A. (2009): Western European Car Telematics Market Booms.  
<sup>4</sup> Grauman, S. et al. (2009): 12. Faktenbericht 2009; Marwedel, P. (2008): Eingebettete Systeme  
<sup>5</sup> BITKOM (2012a): Die deutsche Industrie setzt auf IT  
<sup>6</sup> BITKOM (2010a): Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland  
<sup>7</sup> Centre for Promotion of Imports from developing countries (2010): The EU market for embedded systems  
<sup>8</sup> BITKOM (2010a): Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland

<sup>9</sup> Gemäß Angaben des Business-Portal Baden-Württemberg beträgt der Anteil des Umsatzes der Automobilindustrie in Baden-Württemberg 31 % des gesamten Umsatzes in Deutschland. Das Business Portal Baden-Württemberg (2010): Automobilindustrie in Baden-Württemberg  
<sup>10</sup> VDA (2010): Zahlen und Fakten  
<sup>11</sup> BITKOM (2010a): Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland  
<sup>12</sup> VDA (2010): Zahlen und Fakten  
<sup>13</sup> Abgeleitet aus Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010): Jahreswirtschaftsbericht 2009/2010. Die Anzahl der Beschäftigten in der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen in 2009 in Baden-Württemberg betrug 196.000. Die Veränderung im Vergleich zum Vorjahr beträgt -5,5 %

## Kapitel 4

Ein Vertreter der eingebetteten Systeme im Fahrzeug sind Navigationsgeräte. Neben den in Fahrzeugen integrierten Navigationssystemen sind diese auch als mobile Geräte oder Smartphone-basierte Systeme verfügbar. Eine Studie von Frost & Sullivan für den Zeitraum 2012-2018 zeigt, dass der globale Absatz für mobile sowie für in Fahrzeuge integrierte Navigationssysteme stagniert bzw. nur leicht wächst, wohin gegen Smartphone-basierte Lösungen wesentlich an Bedeutung gewinnen (siehe Abbildung 4.6). Der Rückgang der Marktanteile für mobile Navigationsgeräte und eingebettete Navigationssysteme ist verbunden mit entsprechenden Umsatzrückgängen, was auch auf die allgemein sinkenden Preise der Geräte und den großen Anteil an nicht kommerziellen GPS-Lösungen für Mobiltelefone zurückzuführen ist.

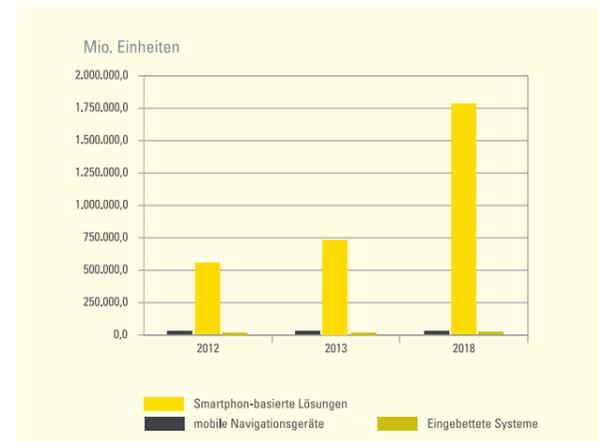


Abbildung 4.6: Globaler Navigationsmarkt – Absatzentwicklung in Mio. Einheiten<sup>1</sup>

»In der Zukunft werden viele IKT-Anwendungen im Fahrzeug über das Smartphone und intelligente Geräte wie das iPhone, iPad, WavePad und über Apps realisiert.«

Björn Krupezki,  
Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH

In Deutschland ist ein Rückgang sowohl im Absatz als auch im Umsatz zu beobachten. Gemäß der jährlichen Marktindizes für den Bereich Verbraucherelektronik der Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (gfu) hatte die private Nach-

frage nach Navigationslösungen bereits im Jahr 2008 mit 4,3 Mio. Geräten ihren Höhepunkt. Ebenso verhält es sich auch aus der Perspektive des Marktumsatzes, bei dem der Einbruch sogar noch stärker ausfällt. Der höchste Umsatz in Deutschland wurde im Jahr 2007 erreicht. 2008 war trotz des steigenden Absatzes aufgrund eines Preisrückgangs von 28,4 Prozent eine negative Entwicklung des Umsatzes nicht zu vermeiden.<sup>2</sup>

Im Markt für Navigationsgeräte in Baden-Württemberg war eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. Zwischen 2006 und 2007 konnte ein rapides Wachstum verzeichnet werden. Der Absatz stieg um 73 Prozent, während der Umsatz eine Wachstumsrate von 30 Prozent auswies. Während dieser Periode dominierten eingebettete Navigationssysteme den Markt. Heute werden zunehmend tragbare und Smartphone-basierte Lösungen bevorzugt.<sup>3</sup> Abbildung 4.7 zeigt die Entwicklung des Marktes für Navigationsgeräte in Baden-Württemberg seit 2006 und ermöglicht einen Vergleich mit dem gesamten deutschen Markt.

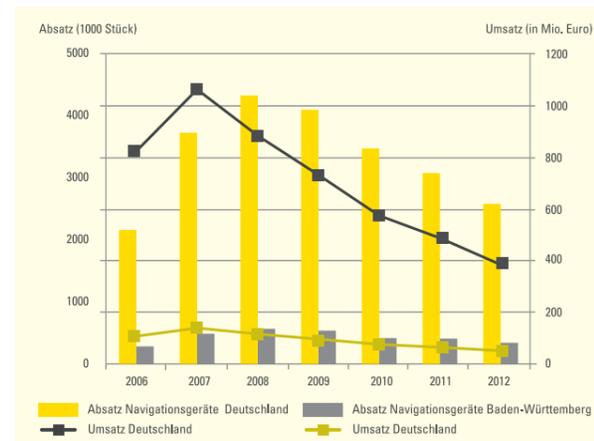


Abbildung 4.7: Entwicklung des Marktvolumens (Absatz und Umsatz) für Navigationsgeräte in Deutschland und Baden-Württemberg<sup>4</sup>

Abbildung 4.8 zeigt die Vielzahl an Unternehmen sowie Bildungs- und Forschungseinrichtungen in der Branche der Fahrzeugtelematik in Baden-Württemberg. Hervorzuheben sind zwei Hersteller von Navigationsgeräten und Telematik-Lösungen mit Hauptsitz in der Region: die Harman Becker Automotive Systems GmbH und die Falk Navigation GmbH, bekannt durch die mobilen Navigationsgeräte der Marken Becker beziehungsweise Falk. Die

Falk Navigation GmbH entstand 2009 nach einer Restrukturierung der nicht mehr existierenden Falk Marco Polo Interactive GmbH (FM-I GmbH).<sup>1</sup> Das Produktspektrum von Falk umfasst Navigationshardware und -software sowie Zubehör und Einbaulösungen rund um die Navigation. Die Harman Becker Automotive Systems, eine Sparte des Konzerns Harman International, ist ein Hersteller von Audio- und Infotainment-Systemen. Die Firma verfügt über vier Standorte in Baden-Württemberg: Karlsbad, Ulm, Filderstadt und Villingen-Schwenningen. Dort werden Komponenten für Audio- und Infotainment-Systeme, wie z. B. Sprachdialogsysteme, Telefonie-Lösungen, Displaytechnologien, Audiotechnologien und Laufwerktechnologien, entwickelt.<sup>2</sup> Die Navigationssparten von Falk und Becker wurden im Januar 2010 unter dem Namen United Navigation GmbH mit Sitz in Ostfildern zusammengeführt und bieten neben den bereits bekannten mobilen Navigationsgeräten auch individuelle Lösungen für Hardware- und Automobilhersteller an.<sup>3</sup> Der amerikanische Konzern IBM, dessen Umsatz im Jahr 2012 ei-

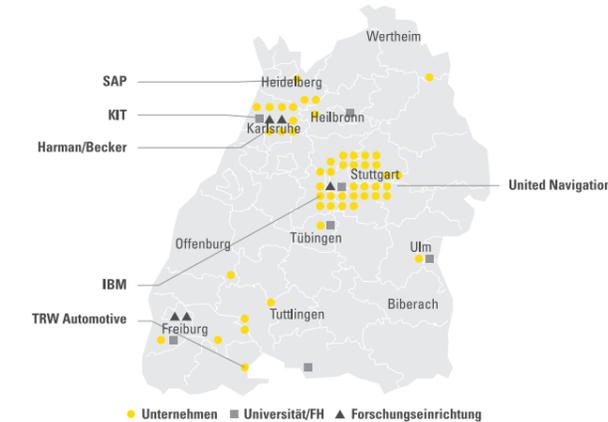


Abbildung 4.8: Landkarte Akteure im Bereich Fahrzeugtelematik<sup>4</sup>

nen Wert von 104,5 Mrd. USD erreicht hat, zählt zu den weltweit größten Anbietern von Hardware, Software und IT-Dienstleistungen. Die IBM Deutschland Research & Development GmbH mit Sitz in Böblingen ist eines der größten Forschungs- und Entwicklungszentren von IBM weltweit.<sup>5</sup> Zum Produktportfolio im Automotive-Bereich gehören die „Telematic Track & Trace Solutions“, die vor allem für das Flottenmanagement geeignet sind.<sup>6</sup>

»In Baden-Württemberg haben wir starke Telematik-Anbieter, die die Einbindung einer großen Anzahl von Elektrofahrzeugen in die intelligenten Netze von morgen technisch unterstützen können.«

Dr. Alois Kessler,  
Forschung und Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Zahlreiche Forschungsinstitute und Bildungseinrichtungen in Baden-Württemberg beschäftigen sich mit eingebetteten Systemen. Einen sehr wichtigen Standort stellt die Universität Karlsruhe dar, an der mehrere Institute ihren Schwerpunkt auf dieses Gebiet verlegt haben. Am Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV), einer Einrichtung des Karlsruher Instituts für Technologie, werden elektronische Systeme und Mikrosysteme konzipiert und realisiert. Typische Anwendungsbereiche dieser Systeme sind die Automobilindustrie, Medizintechnik, Telekommunikation und Messtechnik.<sup>7</sup>

Im Forschungsbereich „Embedded Systems and Sensors Engineering“ des Forschungszentrums Informatik an der Universität Karlsruhe werden Software- und Hardwarearchitekturen für eingebettete elektronische Systeme, Mikrosysteme, intelligente Sensoren und Aktoren sowie Systems-on-Chip entworfen. Zwei Projekte mit Bezug auf den Fahrzeugbau sind das Projekt IFDS und das Projekt IMMOS. Im Projekt „Intelligente Fahrzeugdaten-Analysesysteme“ (IFDS) wird ein dynamisches Auswertungssystem entwickelt, das alle Daten, beispielweise Fehlermeldungen, aus den zahlreichen Steuergeräten eines Kraftfahrzeuges zusammenführt und gemäß ihrer Priorität kategorisiert. Somit wird die Ergebnisanalyse einfacher und kann in Echtzeit durchgeführt werden.<sup>8</sup> Das Projekt IMMOS, das für „Integrierte Methodik zur modellbasierten Steuergeräteentwicklung“ steht, dient zur Vereinheitlichung einzelner Entwicklungsinstrumente, wie zum Beispiel des Requirements Engineering, der Codegenerierung und des modellbasierten Tests. Dieses Projekt findet besonders in der Softwareentwicklung von Fahrzeugsteuergeräten Anwendung.<sup>9</sup>

Der Bereich Embedded Systems Engineering des Instituts für technische Informatik an der Universität Stuttgart fokussiert auf die Entwicklung von eingebetteten Hardware- und Softwaresysteme-

<sup>1</sup> Eigene Darstellung nach Frost & Sullivan (2013): Strategic Outlook of Global Telematics and Infotainment Market in 2013

<sup>2</sup> Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (2005–2010): CEMIX: Consumer Electronics Market Index

<sup>3</sup> Institut für Demoskopie Allensbach (2010): Allensbacher Computer- und Technik-Analyse Acta-Analyse

<sup>4</sup> Eigene Darstellung

<sup>1</sup> Mairdumont (2009): Pressemitteilung „Weiter in Familienhand“

<sup>2</sup> Suedbaden business on.de (2009): Wo im Südwesten bei Harman Becker Automotive 416 Jobs abgebaut werden

<sup>3</sup> United Navigation (2010): OEM Software

<sup>4</sup> Eigene Darstellung

<sup>5</sup> IBM (2009): IBM in Deutschland; Pressebox (2009): IBM eröffnet neue Deutschlandzentrale

<sup>6</sup> IBM (2010): Lösungen im IBM Automotive Industry Solution Center Ehningen

<sup>7</sup> Institut für Technik der Informationsverarbeitung (2010): Forschung

<sup>8</sup> Forschungsinstitut Informatik (2010): Projekt IFDS

<sup>9</sup> Forschungsinstitut Informatik (2010): Projekt IMMOS

## Kapitel 4

men. Folgende Felder werden vor allem erforscht: die Architektur der eingebetteten Systeme, Spezifikation und Modellierung, Prototypenentwicklung sowie Automatisierung. Neben der Durchführung der Forschungsaktivitäten beschäftigt sich das Institut mit der Leitung des internationalen Masterprogramms „Information Technology“, in dem die Spezialisierung auf eingebettete Systeme möglich ist.<sup>1</sup>

»Baden-Württemberg ist im IKT-Bereich sehr gut aufgestellt. Beispielsweise findet sich in der Technologieregion Karlsruhe ein großes Netzwerk aus kleinen und mittelständischen IT-Firmen sowie exzellenten Forschungseinrichtungen; ebenso sind Branchenriesen wie SAP und IBM in Baden-Württemberg ansässig.«

Prof. Dr. Anke Weidlich, Hochschule Offenburg

### 4.2 FLOTTENMANAGEMENT

Aktuelle Studienergebnisse spiegeln neben einem Wachstum von Fuhrparks in Deutschland zudem den Trend hin zu „grünen“ Flotten wider. So rechneten in einer Studie der Arval Deutschland ca. 18 Prozent der befragten Flottenbetreiber mit einem Wachstum ihrer Flotten in den nächsten drei Jahren, während nur 7 Prozent von einer Abnahme ihres Flottenbestands ausgingen. Vor allem kleine Unternehmen lassen eine einsetzende Marktsättigung vermuten.<sup>2</sup> Eine Studie der Unternehmensberatung Oliver Wyman bestätigt die zunehmend wichtige Rolle des Umweltschutzes im Betrieb von Fahrzeugflotten.<sup>3</sup> Eine Umfrage des TÜV Süd ergab, dass fast 60 Prozent der befragten Flottenbetreiber ein aktives Interesse am Thema Elektromobilität zeigen.<sup>4</sup> Jedes vierte große Unternehmen sieht generell Potenzial für den Einsatz von Elektrofahrzeugen und hat auch bereits entsprechende Bereiche für die Nutzung identifiziert.<sup>5</sup> An erster Stelle steht jedoch für mehr als drei Viertel der befragten Flottenverantwortlichen die Energieeffizienz der Fahrzeuge - Spritsparen ist für die meisten wichtiger als die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission<sup>6</sup> - wobei dies automatisch mit einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission einhergeht. Die Vorteile von Elektrofahrzeugen, u. a. die lokale Emissionsfreiheit, werden von einer Reihe spezifischer Kriterien begleitet, die in

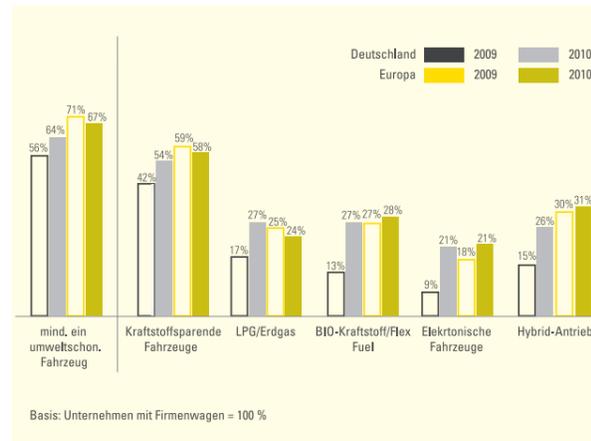


Abbildung 4.9: Nutzungsabsicht von umweltschonenden Antrieben in Fuhrparks in den nächsten drei Jahren<sup>7</sup>

zukünftigen FMS für elektromobile Fuhrparks berücksichtigt werden müssen und den Rahmen für die technisch mögliche sowie wirtschaftlich sinnvolle Durchführung von Fuhrparkaufgaben mit Elektrofahrzeugen bilden.

### HERAUSFORDERUNGEN FÜR DAS FLOTTENMANAGEMENT ELEKTROMOBILER FLOTTEN

#### DAS TECHNISCHE PROFIL

Elektrofahrzeuge bringen nach heutigem Stand der Technik relativ lange Ladezeiten (8 bis 10 Stunden bei Normladung und etwa 30 Minuten bei Gleichstrom-Schnellladung) und Reichweiten bis zu 150 km mit sich. Für eine sinnvolle Integration der Fahrzeuge in einen Fuhrpark muss also das technische Profil eingesetzter Elektroautos mit dem Nutzungsprofil der zu substituierenden Flottenfahrzeuge abgeglichen werden. Das Nutzungsprofil beinhaltet die Art der täglich zu erledigenden Aufträge des Fahrzeugs. Zu prüfen sind u. a. die Länge der Fahrstrecken, die Planbarkeit der Aufträge, die Standzeiten zwischen den Fahrten und die Auslastung des Fahrzeugs. Das Hauptaugenmerk ist einerseits auf die technische Realisierbarkeit gerichtet und andererseits auf eine möglichst hohe Kosteneffizienz durch eine maximal hohe Auslastung der Elektrofahrzeuge. Durch die Eingabe von Restriktionen im

FMS können bereits heute z. B. Zulieferbezirke nach ihrer geografischen Größe abgerufen werden, um zukünftige potenzielle Auftragsgebiete für Elektrofahrzeuge zu filtern.<sup>1</sup>

### DIE LADEINFRASTRUKTURUMGEBUNG

Der Einsatz von Elektrofahrzeugen in Flotten setzt eine entsprechende Ladeinfrastruktur voraus. Diese kann sowohl auf dem privaten Grund des Unternehmens installiert sein, im öffentlichen Raum oder sogar (z. B. bei Hausbesuchen von Servicedienstleistern) von Kunden des Unternehmens bereitgestellt werden. Zudem ist die Standortstruktur des Flottenbetreibers in die Einsatzplanung von Elektrofahrzeugen miteinzubeziehen. Ist nur ein Standort vorhanden, muss die Elektroflotte nach Auftragsende zum Ausgangspunkt zurückfahren. Existieren mehrere Unternehmensstandorte in elektromobil zu überbrückender Reichweite, können wechselnde Standorte angefahren und Fahrzeuge eventuell innerhalb einer Tour ausgewechselt werden. In Kapitel 3.2 wurde bereits erwähnt, dass der Integration der Ladeinfrastrukturumgebung in das Telematiksystem von Elektrofahrzeugen eine hohe Relevanz zukommt. In FMS müssen diese Informationen in aggregierter Form angezeigt werden. Dabei ist davon auszugehen, dass zu Beginn der Entwicklung von Elektromobilität in Flotten vor allem private Lademöglichkeiten in das FMS integriert werden und mittelfristig die Erweiterung auf ein öffentliches Ladeinfrastrukturangebot erfolgen kann.

»Ob Elektrofahrzeuge in Flotten integriert werden können, kommt auf die Art des Fuhrparks und das Nutzungsprofil des jeweiligen Fahrzeugs an. Die Möglichkeiten für Elektromobilität sind zum Beispiel bei Service-Fuhrparkbetreibern größer als bei Flottenmanagern reiner Außendienstfahrzeuge, denn für Dienstreisen bis zu 100 km pro Tag stellen Elektrofahrzeuge gegebenenfalls eine zu erwägende Alternative dar.«

Ralf Woik,  
Ressortleiter Marketing und Kommunikation, Arval Deutschland

### DIE TRANSPORTPARAMETER

Ein weiteres Spezifikum für die Auftragsallokation im FMS birgt die Batterie im Elektrofahrzeug. Durch das zusätzliche Gewicht der Batterie von mehreren Hundert Kilogramm im Fahrzeug reduziert sich die mögliche Zuladung. Je nach Konstruktion des Fahrzeugs und nach Unterbringung der Batterie wird zudem das Ladevolumen beeinflusst. Eine Verbauung der Batterie im doppelten Boden des Fahrzeugs kann einer Einschränkung im Laderaum entgegenwirken.<sup>2</sup> In heute verwendeten FMS für den Gütertransport können, ausgehend von einer bestimmten Nutzlast, das zu verwendende Transportfahrzeug, die mögliche Höchstgeschwindigkeit und die damit zu erzielende Reichweite kalkuliert werden.<sup>3</sup> Ähnliche Funktionen wären für ein FMS für Elektrofahrzeuge denkbar.

### DIE AUSSENEINFLÜSSE AUF DEN ENERGIEVERBRAUCH

Die Aktionsradien und Ladezeiten von Elektrofahrzeugen machen eine besonders energieeffiziente Reichweiten- und Wegeplanung notwendig. Dabei gilt es, alle Einflüsse auf den Energieverbrauch und damit auf die maximal mögliche Fahrstrecke des Elektrofahrzeugs miteinzubeziehen. Einen Ansatz im Flottenmanagement bildet der Miteinbezug von Topologiedaten in die Tourenplanung. Steigungen und Gefälle in der Auftragsroute könnten erfasst und der jeweilige Energieverbrauch kalkuliert werden. Auch die Außentemperatur wirkt sich auf die Leistungsfähigkeit von Batteriezellen aus. So wird die Leistungsaufnahme und -abgabe bei fallenden Temperaturen zunehmend eingeschränkt, während bei zu hohen Umgebungstemperaturen eine Überhitzung der Batterie sowie ein vorzeitiges Altern eintreten kann.<sup>4</sup> FMS könnten die Außentemperaturdaten z. B. für eine tages- sowie jahreszeitsensible Tourenplanung verwenden, um so eine noch exaktere Reichweitenkalkulation zu realisieren.

### DIE IKT-PARAMETER

Der Zugriff von Flottenbetreibern auf die Daten des Elektrofahrzeugs ist für die Steuerung von Elektroflotten wesentlich. Um Werte wie den Batterieladestand des Fahrzeugs auslesen zu können, muss der Flottenbetreiber auf den CAN-Bus des Fahrzeugs zugreifen können. Das bisher bekannte Tankkartenmanagement und die Statistikerhebung über Kraftstoffverbräuche verlangt zudem eine

<sup>1</sup> Institut für Technische Informatik (2012): Eingebettete Systeme

<sup>2</sup> Arval (2012): CVO-Barometer 2012

<sup>3</sup> Oliver Wyman (2010): Pressemitteilung – Studie Flottenkunden 2010

<sup>4</sup> Kuther, T. (2010): Deutschland braucht ein intelligentes Gesamtkonzept für Elektromobilität

<sup>5</sup> Arval (2011): CVO-Barometer 2011

<sup>6</sup> TÜV Süd (2012): Umfrage zum Thema Energieeffizienz bei LKW-Flottenbetreibern

<sup>7</sup> Eigene Darstellung nach Arval (2010): CVO-Barometer 2010 – Trends im Fuhrparkmanagement

<sup>1</sup> Expertengespräche

<sup>2</sup> Grünweg, T. (2008): Die blaue Null

<sup>3</sup> Expertengespräche

<sup>4</sup> Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BW mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität, 2. geänd. Aufl.

## Kapitel 4

Umstellung der FMS auf die Abrechnung der geladenen Strommengen und die Auswertung des Energieverbrauchs des Fahrzeugs. Wie im Kapitel 3.2 bereits erwähnt, wird zudem die Anzeige benutzerrelevanter Informationen im Elektrofahrzeug notwendig, um eine verlässliche Mobilität zu gewährleisten. FMS für Elektrofahrzeuge müssen diese Funktionen für den gesamten Fuhrpark darstellen, damit der Disponent den Einsatz der Flottenfahrzeuge zentral planen kann.

*»Um Flottenfahrzeuge möglichst wirtschaftlich betreiben zu können, benötigt man eine hohe Auslastung. Elektrofahrzeuge haben hier Nachteile, aufgrund von längeren Ladezeiten.«*

*Dr. Clemens van Dinther, Karlsruher Institut für Technologie KIT*

Aufgrund der hohen Anschaffungspreise und relativ niedrigen Betriebskosten von Elektrofahrzeugen spielt die Auslastung und damit eine möglichst hohe Nutzung der Flottenfahrzeuge eine Rolle. Im Personentransport werden deshalb Carsharing- und Mietwagenflotten für die Integration von Elektrofahrzeugen interessant. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen in Dienstwagenflotten ist ein weiteres Thema, dem sich die Industrie- und Forschungslandschaft in Baden-Württemberg widmet. Ein Potenzial bietet sich nach Expertenmeinung für Pool-Fahrzeuge, die aufgrund kollektiver Nutzung eine hohe Auslastung erzielen und auf dem Privatgrund des Unternehmens geladen werden können. Dabei kann ein FMS die vom Mitarbeiter eingetragenen Fahrziele mit der Reichweite der verfügbaren Fahrzeuge vergleichen und den Einsatz von einem Elektrofahrzeug vorschlagen.

Die differenzierten Nutzungsprofile von Flotten im Personentransport können auch Restriktionen für den Einsatz von Elektrofahrzeugen aufweisen. Weite Fahrdistanzen, sowie eine dynamische Einsatzplanung sprechen gegen einen Einsatz elektrifizierter Antriebe in den entsprechenden Fuhrparksegmenten. Beispielsweise sehen nach Studienergebnissen Taxi-Unternehmen, welche schnellstmöglich auf Kundenanfragen reagieren müssen, lange Ladezeiten als Hindernis an. Innovative Ladekonzepte wie z.B. induktive Ladeschleifen im Boden von Taxiständen könnten hier Abhilfe schaffen.<sup>1</sup>

Im Gütertransport sehen Experten vor allem in lokal agierenden Zulieferflotten und bei Servicedienstleistern ein erhebliches Potenzial für Elektromobilität. Optimale Rahmenbedingungen für den Einsatz von Elektrofahrzeugen sind die vor Fahrtantritt definierte Auftragsallokation, kaum variierende Fahrdistanzen in einem geografisch begrenzten Gebiet und die Rückkehr ins Depot nach Auftragsende, in dem die Batterie an privaten Parkplätzen geladen werden kann. Diese Anforderungen könnten u. a. von Paketdiensten mit entsprechend begrenzten Zulieferbezirken, lokal agierenden Dienstleistern wie Handwerksbetrieben, Beratungsunternehmen und Versorgerunternehmen, aber auch von Wohlfahrtsverbänden wie beispielsweise Essen auf Rädern erfüllt werden.

Vorreiter sind hier die Post - ab Mitte 2013 werden 50 Elektroautos im täglichen Zustelldienst bundesweit eingesetzt<sup>2</sup> - sowie UPS, die bereits seit 2012 mit 3 Elektrofahrzeugen Typs P80E die Pakete in Herne ausliefern.<sup>3</sup> Fortgesetzt werden diese Aktivitäten unter anderem im Schaufenster-Projekt „Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr“ an dem neben UPS auch DHL und DPD beteiligt sind. Ziel ist hier die Erprobung unterschiedlicher Betreibermodelle und Logistikkonzepte. Unternehmen, die primär in urbanen Räumen agieren, bereiten sich damit auf zukünftig zu erwartende, umweltpolitische Regulierungsmaßnahmen vor.

Im Gütertransport stellen eine dynamische Tourenplanung und somit variable Fahrstrecken und Parkzeiten, wie sie beispielsweise in Kurierdiensten vorkommen, tendenziell Hindernisse für die Integration von Elektrofahrzeugen dar.

*»Mit den Einsatzverhältnissen unserer Zustellflotte erfüllen wir genau die Voraussetzungen, um elektro-mobil zu fahren: kurze Strecken und die Rückkehr abends in das Depot, um laden zu können. Lange Ladezeiten und begrenzte Reichweiten spielen dann kaum eine Rolle. Sie müssen aber als Größe in den Prozess mit eingeplant werden.«*

*Michael Tauer, Deutsche Post Fleet GmbH*

### AUSBLICK FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG

In der Praxis wird die Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten noch kaum umgesetzt. Unter Flottenbetreibern herrscht Unsicherheit bezüglich der Einsatzsicherheit der angebotenen Elektrofahrzeuge. Aktive Arbeit wird hier in Projekten wie „elektromobilisiert.de“ geleistet.<sup>1</sup> Im Rahmen dieses Projektes wurden bereits kommunale Fuhrparkflotten wie beispielsweise der Städte Ludwigsburg, Tübingen und Fellbach, aber auch kommerzielle Flotten wie die des Fraunhofer-Standortes IZS auf ihr Elektrifizierungspotential untersucht. Das Projekt machte es möglich, Daten zum Nutzerverhalten im alltäglichen Einsatz der Fahrzeuge in Flotten zu sammeln und mögliche zukünftige Geschäftsmodelle zu testen.

*»Fuhrpark ist nicht gleich Fuhrpark. Es gibt z.B. Fuhrparks mit klassischen Dienstwagen, reine Servicefuhrparks oder Fuhrparks, die nur für den Außendienst gedacht sind. Für den Flottenbetreiber stellt sich demnach die Frage nach dem Nutzungsprofil seiner Fahrzeuge ebenso wie nach dem eigenen ökologischen Bewusstsein und den vorhandenen finanziellen Mitteln.«*

*Ralf Woik,  
Ressortleiter Marketing und Kommunikation, Arval Deutschland*

Unter Flottenbetreibern herrscht ein reges Interesse am Einsatz elektromobiler Fahrzeuge. Allerdings monieren sie die mangelnde Verfügbarkeit der Modelle am Markt und die noch hohen Kosten der Fahrzeuge. Bei der Beschaffung durch das meist sehr kostengetriebene Fuhrparkmanagement stehen Elektrofahrzeuge in Anschaffungs- und Betriebskosten ihren herkömmlichen Alternativen mit Verbrennungsmotor gegenüber. Im Bereich der Dienstwagenflotten betrachten Branchenexperten und Fuhrparkbetreiber die heutige Unterstützung des Staates als unzureichend. Beispielsweise erschwert die 1-Prozent-Regelung<sup>2</sup> den Verantwortlichen von Firmenwagenflotten Elektrofahrzeuge als Dienstwagen für ihre Mitarbeiter zu integrieren. Diesbezüglich werden erste Förderungsmöglichkeiten diskutiert. Fahrer, die einen Dienstwagen mit Elektroantrieb auch privat nutzen, könnten zukünftig genauso viel oder gar weniger Steuern zahlen wie für einen Wagen mit Verbrennungsmotor. Heute richten sich die Abgaben nach dem Anschaffungspreis, der beim Elektroauto höher ausfällt.<sup>3</sup>

Für eine Elektrifizierung der Fuhrparks in Baden-Württemberg müssen belastbare Konzepte für die Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten des Güter- und Personenverkehrs entwickelt werden. Da sich Flotten hinsichtlich ihrer Nutzungsprofile und der eingesetzten Fahrzeuge stark unterscheiden, hängt die mögliche Integration von Elektrofahrzeugen dabei von den spezifischen Nutzeranforderungen ab. Als allgemeine Herausforderung ergibt sich die Notwendigkeit, Ladezeiten, mögliche Ladeorte und begrenzte Reichweiten in FMS zu integrieren. Das zusätzliche Wertschöpfungspotenzial durch die Einbindung neuer Funktionen in FMS zur Steuerung elektromobiler Flotten ist nach Expertenmeinung begrenzt. Die Notwendigkeit von FMS in elektromobilen Flotten wird jedoch zu einer erhöhten Nachfrage nach FMS in einem heute noch wenig durchdrungenen Markt führen.<sup>4</sup>

Weit wichtiger als das Elektromobilitäts-induzierte Wertschöpfungspotenzial für FMS ist jedoch ihre Funktion als Wandlungsbefähiger. Systemlösungen für das Management von Fahrzeugflotten für einen Einsatz von Elektrofahrzeugen vorzubereiten wird ein entscheidender Erfolgsfaktor für die zukünftige Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten sein. Baden-Württemberg arbeitet aktiv an dieser Aufgabe beispielsweise mit dem Schaufenster-Projekt „Integriertes Flottenladen“ oder dem Spitzencluster-Projekt „eFlotten- und Lademanagement“.<sup>5</sup> Damit fördert es seine Aufstellung und sein Know-how in den Bereichen IKT, Ladeinfrastruktur und Flottenmanagement und schafft eine sehr gute Ausgangssituation für die integrierte Entwicklung von Systemkompetenz für das Management elektromobiler Flotten. Andere von Bund und Land geförderte Projekte wie „Get eReady“, „Urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr“, „eFleet Flughafen Stuttgart“, „Umweltfreundliche Kommunalfahrzeuge“ oder „GuEST – E-Taxi“ unterstützen Unternehmen bei der Einführung und dem wirtschaftlichen Betrieb von Elektrofahrzeugen in Ihren Flotten.

#### **Kernergebnis:**

*Systemlösungen für das Management von Fahrzeugflotten, unter Berücksichtigung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen, vorzubereiten ist ein entscheidender Erfolgsfaktor für die zukünftige Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten. Baden-Württemberg arbeitet aktiv an dieser Aufgabe sowohl im Schaufenster-Projekt „Integriertes Flottenladen“ als auch im Spitzencluster-Projekt „eFlotten- und Lademanagement“.*

<sup>1</sup> Frost & Sullivan (2010): Electric Vehicles: European Voice of the Consumer Study – Fleet Manager and Drivers

<sup>2</sup> Deutsch Post (2013): Einsatz 50 elektrisch betriebener Streetscooter im Rahmen von „GoGreen“

<sup>3</sup> UPS (2012): Elektrofahrzeuge im Kleinflottenversuch in Herne

<sup>1</sup> Elektromobilisiert.de (2013): Die Zukunft gehört dem elektromobilen Fuhrpark

<sup>2</sup> Die 1-Prozent-Regel besagt, dass Fahrer von personenbezogenen Dienstwagen jeweils ein Prozent des Bruttoinlandlistenpreises ihres Fahrzeugs monatlich versteuern.

<sup>3</sup> Bähnisch, S. (2010): Weniger Steuern bei privater Nutzung; Fromm, T. (2010): Stromer im Dienst

<sup>4</sup> Expertengespräche

<sup>5</sup> Spitzencluster-Süd-West (2012): Projekt eFlotten- und Lademanagement (eFlotte)

»Für Elektrofahrzeugflotten mit zentralem Standort ist eine öffentliche Ladeinfrastruktur im Prinzip nicht erforderlich, da die Fahrzeuge über Nacht am Stützpunkt geladen werden können.«

Helmut Steingraber, Business Consulting, Infoman AG

»Die Total Costs of Ownership zählen zu den Hauptkriterien bei der Anschaffung von Flottenfahrzeugen, so auch bei Elektrofahrzeugen. Abgesehen von dem Nutzungsprofil des Fahrzeuges geht es im Flottenmanagement stark um die Kosten. Betrachtet man jedoch ausschließlich die Fahrzeugkosten, werden Elektrofahrzeuge kaum in die Nutzung gebracht werden können. Flottenbetreiber werden anfangs einen gewissen Aufpreis entrichten müssen, wenn sie Elektrofahrzeuge in der Praxis erproben wollen.«

Ralf Woik, Ressortleiter Marketing und Kommunikation, Arval Deutschland

»Eine Möglichkeit die begrenzten Reichweiten und langen Ladezeiten von Elektrofahrzeugen zu umgehen sind Carsharing-Modelle: Dienstwagen werden als Pool-Fahrzeuge verwendet und können auf der Fahrt an verschiedenen Standorten ausgetauscht werden.«

Joachim Marx, Projektleiter Future Fleet

»Grundsätzlich gelten für jeden Fuhrpark andere Bedingungen. Den Einsatz von Elektrofahrzeugen beispielsweise im Kurierdienst sehe ich kritisch. Hier müssen während der Tageszeit Sendungen abgeholt und geliefert werden, die morgens noch nicht bekannt waren, sodass Touren umgeplant werden müssen. Diese Anforderungen, auch was die zu fahrenden Strecken anbelangt, sehe ich mit Elektrofahrzeugen nicht abbildbar.«

Michael Tauer, Deutsche Post Fleet GmbH

»Elektrofahrzeuge besitzen zum heutigen Stand der Technik Restriktionen, die sich unter anderem in einer begrenzten Reichweite darstellen. Mit Hilfe von Telematik und Flottenmanagementsystemen kann eine detaillierte Tourenplanung unter Berücksichtigung von weiteren Faktoren wie der Ladeinfrastruktur oder der Topologie der Strecken erfolgen.«

Tobias Kutzler, Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

»Die hohen Kosten von Elektrofahrzeugen können durch die Nutzung für Carsharing oder in Flotten auf viele Nutzer verteilt werden, sodass Kosten für den Einzelnen sinken. Mobilität wandelt sich dadurch vom Produkt zur Dienstleistung.«

Steffen Schaefer, Siemens AG

### 4.3 ENERGIEINFRASTRUKTUR

Als Bedingung für den potenziellen Kauf eines Elektroautos gaben in einer Studie von PwC 87 Prozent der Befragten an, dass die Reichweite deutlich über 130 km liegen müsse, und 83 Prozent verlangten eine Ladezeit von unter 6 Stunden.<sup>1</sup> In einer Studie des Öko-Instituts e.V. erwarten rund 66 Prozent der Befragten eine Reichweite von mehr als 200 km. Weiterhin forderte knapp die Hälfte eine maximale Ladezeit von einer Stunde.<sup>2</sup> Diese Anforderungen resultieren aus den bisherigen Erfahrungen mit konventionellen Fahrzeugen.

Tatsächlich beträgt die durchschnittliche Tagesfahrstrecke weniger als 40 km und 90 Prozent aller Tagesfahrstrecken liegen unter 100 km.<sup>3</sup> Im Mittel fährt ein PKW sowohl in Deutschland als auch in Baden-Württemberg weniger als 14.000 km pro Jahr.<sup>4</sup>

»Elektroautos stellen heute im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen eine Einschränkung für die Mobilität der Nutzer dar. Für eine breite Akzeptanz dieser Technologie müssen diese Einschränkungen mithilfe der IKT minimiert werden.«

Heiko Herchet, Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA

Bei rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen kann in Anlehnung an die von den Herstellern gemachten Angaben von einem Energieverbrauch im Bereich von etwa 20 kWh für eine Fahrstrecke von 100 km ausgegangen werden. Mit dieser Annahme und den oben genannten Fahrleistungen ergibt sich ein durchschnittlicher Tagesenergieverbrauch von etwa 8 kWh und ein Jahresenergieverbrauch von rund 2.900 kWh pro Fahrzeug. Die Größenordnung für den Stromverbrauch liegt somit etwas unter dem eines durchschnittlichen deutschen Privathaushaltes.<sup>1</sup>

Der Gesamtstromverbrauch lag 2011 in Deutschland bei 614,5 TWh.<sup>2</sup> Für die Elektromobilität ergibt sich ein potenzieller Mehrbedarf an Energie abhängig von der zukünftigen Gesamtzahl an Elektroautos:

- Szenario der Bundesregierung: 1 Mio. Elektrofahrzeuge bis 2020: Zusätzlicher Energiebedarf: 2,9 TWh (+0,47 Prozent)
- Marktdurchdringung 15 Prozent: 6,3 Mio. Elektrofahrzeuge: Zusätzlicher Energiebedarf: 18,3 TWh (+3,0 Prozent)
- Vollständige Umstellung auf Elektroautos: 42 Mio. Elektrofahrzeuge: Zusätzlicher Energiebedarf: 121,8 TWh (+19,8 Prozent)

Die Berechnungen wurden hier nur exemplarisch unter der Annahme durchgeführt, dass es sich bei den Elektrofahrzeugen um rein elektrisch betriebene Fahrzeuge handelt, ohne Hybridtechnologien und Brennstoffzellen. Der zusätzliche Strombedarf durch Stromerzeugung, Transport, Verluste und durch die Ladevorgänge wurde ebenfalls nicht berücksichtigt. Zahlreiche Fahrversuche belegen darüber hinaus, dass Elektrofahrzeuge in der Praxis einen höheren Energieverbrauch haben als von den Herstellern angegeben.<sup>3</sup>

Der zusätzliche Strombedarf für 1 Mio. Elektrofahrzeuge könnte bereits heute mit vorhandenen Kraftwerkskapazitäten in Deutschland gedeckt werden.<sup>4</sup> Entscheidend ist aber nicht nur die benötigte Energiemenge im Tagesmittel, sondern die tatsächlich bereitzustellende Leistung zu bestimmten Zeiten. So benötigen 1 Mio. Elektrofahrzeuge bei gleichzeitiger Ladung mit 230 V und 16 A (Normalladung) insgesamt 3,7 GW Ladeleistung. In der Praxis kommt es aber nicht vor, dass alle Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden, vielmehr ergibt sich ein zeitabhängiges Lastenprofil (siehe Abbildung 4.10).

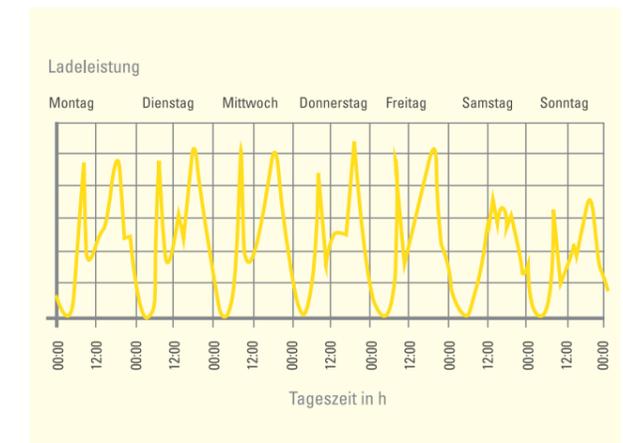


Abbildung 4.10: Ladeleistungsbedarf von Elektroautos im Wochenverlauf<sup>5</sup>

Linssen et al. haben 2009 bestehende Kraftwerkskapazitäten mit den Anforderungen von 1 Mio. Elektrofahrzeugen im Tagesverlauf eines typischen Wintertags verglichen.<sup>6</sup> Die gleichzeitig benötigte Ladeleistung basiert dabei auf dem statistisch ausgewerteten Nutzerverhalten von Fahrzeugbesitzern und der vorhandenen Ladeinfrastruktur. Für Letztere wurden vier Szenarien betrachtet, jeweils bei einer Ladeleistung von 3,7 kW (Normalladung). In allen Fällen konnte die benötigte Ladeleistung zu jeder Tageszeit durch vorhandene Kraftwerkskapazitäten aufgebracht werden (siehe Abbildung 4.11).

<sup>1</sup> PwC (2010): Elektromobilität – Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand

<sup>2</sup> Öko-Institut e.V. (2012): Zukunft Elektromobilität? Potenziale und Umweltauswirkungen

<sup>3</sup> Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

<sup>4</sup> Shell (2009): PKW-Szenarien bis 2030; Büringer, H. (2007): Entwicklung des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg – Jahresfahrleistungen mit Kraftfahrzeugen

<sup>1</sup> DESTATIS (2013): Jährlicher Stromverbrauch eines privaten Haushaltes in Deutschland 1991 - 2011

<sup>2</sup> Statistisches Landesamt BW (2012): Energiebericht 2012

<sup>3</sup> Totz, S. (2010): E-Auto und konventionelles Auto im Vergleich

<sup>4</sup> Linssen, J. et al. (2009): Potenzialabschätzung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in Deutschland

<sup>5</sup> Eigene Darstellung nach Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

<sup>6</sup> Linssen, J. et al. (2009): Potenzialabschätzung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in Deutschland

## Kapitel 4

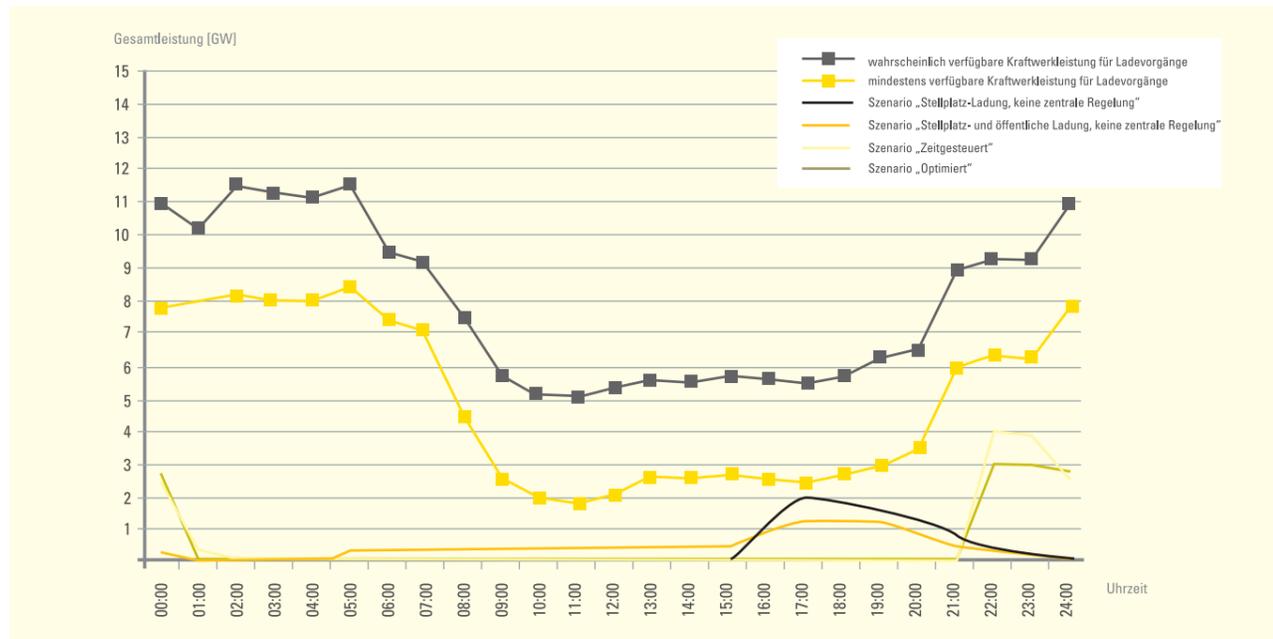


Abbildung 4.11: Benötigte Ladeleistung für 1 Mio. E-Fahrzeuge und verfügbare Kraftwerkskapazitäten<sup>1</sup>

»Die Rolle der IKT ist es Transparenz über die Netz- und Fahrzeugzustände sowie über die Interessen der Kunden zu schaffen, um alle Anforderungen optimal zusammenzubringen. Ungesteuertes Laden kann nur eine kurzfristige Lösung sein.«

Ralf Thiemann,  
Senior Managing Consultant, Energy & Utilities, IBM Deutschland

Mit zunehmender Ladeleistung steigen auch die Anforderungen an die lokale Netzinfrastruktur. In einer Studie der RWTH Aachen wurde die Netzbelastung zu verschiedenen Tageszeiten für mehrere Ladeleistungen anhand von realen Referenznetzen im städtischen und vorstädtischen Bereich analysiert.<sup>2</sup> Dabei wurden drei Szenarien mit jeweils unterschiedlicher Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen (2,5 bis 25 Prozent) betrachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass potenzielle Netzüberlastungen erst bei einer hohen Durchdringung und bei hohen Ladeleistungen zu erwarten sind

(siehe Abbildung 4.12). Aufgrund von geringeren Kapazitätsreserven in vorstädtischen Netzen fallen die prognostizierten Überlastungen unter den angesprochenen Bedingungen im Vergleich zu den städtischen Netzen deutlich stärker aus.

Nicht auszuschließen sind lokale Überlastungen, beispielsweise bei größeren Parkhäusern oder in schlechter ausgebauten Regionen bei einer großen Anzahl an lokalen Elektrofahrzeugen.<sup>3</sup> Um solchen punktuellen Engpässen entgegenzuwirken und um höhere Ladeleistungen, beispielsweise mit 22 kW, flächendeckend und effizient anbieten zu können, empfiehlt sich für die Zukunft ein intelligentes Lastenmanagement (Smart Grid) und eine intelligente, netzzeit- oder tarifgesteuerte Ladeinfrastruktur. Richtungweisend sind hier die Forschungsprojekte charge@work so wie AUTOPLES zu nennen. Im Spitzenclusterprojekt AUTOPLES erforschen KMU und Forschungseinrichtungen beispielsweise unterschiedliche Konzepte für automatisiertes Ein- und Ausparken von Elektroautos und das automatisierte bedarfsgerechte Laden in einem von Kunden vorgegebenen Zeitfenster mit günstig verfügbarem Strom aus regenerativer Energie.



Abbildung 4.12: Potenzielle Netzüberlastungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Ladeleistungen und unterschiedlichen Tageszeiten für verschiedene Durchdringungsraten von Elektrofahrzeugen<sup>1</sup>

»Für das Stromnetz in Deutschland stellen eine Million Elektrofahrzeuge im Prinzip kein Problem dar. Hier sind jedoch regionale oder lokale Besonderheiten im Netz zu berücksichtigen, die in bestimmten Fällen zu Engpässen führen können. Dies kann immer dann vorkommen, wenn in bestimmten Netzkonstellationen z.B. in einem Straßenzug gleichzeitig mehrere E-Fahrzeuge geladen werden.«

Dr. Alois Kessler,  
Forschung und Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

»Wenn in einem Parkhaus viele Fahrzeuge gleichzeitig mit ungesteuerten Leistungen von 20 kW geladen würden, kann es schnell zu Netzengpässen kommen. Hier wird eine Intelligenz benötigt, die entscheidet, welche Fahrzeuge wann und mit welcher Leistung geladen werden«

Dirk Netzbandt,  
Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

Aufgrund der besonders hohen Ladeleistungen stellt vor allem die Gleichstrom-Schnellladung eine große Herausforderung an die lokalen Netze dar. Bei den üblicherweise kurzen Lade- und Anschlusszeiten im Bereich von Minuten ist eine intelligente Steuerung zur zeitlichen Verteilung der Lasten nicht möglich. Um die sehr kurzfristigen Spitzenlasten beim gleichzeitigen Schnellladen mehrerer Fahrzeuge abzufangen, könnten für größere Anlagen Pufferbatterien als Zwischenspeicher eingesetzt werden.

In Deutschland liegt die Anschlussleistung für einen üblichen Hausanschluss bei etwa 30 kW (230 V/400 V, 3-Phasen), für neuere Anschlüsse sogar bei 43 kW. Damit liegen die Anschlussleistungen im weltweiten Vergleich sehr hoch, was historisch daran liegt, dass in Deutschland lange rein elektrisch gekocht wurde. In den südlichen Ländern Europas ist die Situation dagegen deutlich anders. In Italien beispielsweise haben 90 Prozent der Haushalte eine Anschlussleistung von lediglich 3,7 kW.<sup>2</sup> Eine intelligente Ladesteuerung ist hier unbedingt notwendig, um Stromengpässe im Haushalt zu vermeiden.

In der Struktur der Stromnetze gibt es weltweit ebenfalls große Unterschiede. Während man in vielen Ländern Europas, Afrikas und Asiens wie auch in Deutschland 3-Phasen-Drehstromnetze mit Spannungen von 230 V bzw. 400 V vorfindet, gibt es in weiten Teilen Amerikas und auch in Japan nur ein 1-Phasen-Dreileitersystem mit Spannungen von etwa 110 V bzw. 220 V.<sup>3</sup>

In Deutschland wird ein 650-kW-Ortsnetztransformator in der Regel für etwa 150 Haushalte eingesetzt. Da selten in allen Haushalten gleichzeitig E-Autos geladen werden ist eine Überlastung bei mäßigen Ladeleistungen nicht zu befürchten. In Japan beispielsweise werden dagegen 20-kW-Transformatoren für drei bis fünf

<sup>1</sup> Eigene Darstellung nach Linssen, J. et al. (2009): Potenzialabschätzung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in Deutschland

<sup>2</sup> RWTH Aachen, aus Theisen, T. (2009): RWE E-Mobility Projects

<sup>3</sup> Diefenbach, I. (2009): Elektromobilität aus Sicht der Energieversorgungsunternehmen

<sup>1</sup> Eigene Darstellung nach RWTH Aachen, aus Theisen, T. (2009): RWE E-Mobility Projects

<sup>2</sup> Oestreicher, R. (2010): Future of individual Mobility – Vehicles and Concepts

<sup>3</sup> Vgl. <http://kropla.com/electric2.htm>; <http://www.trade.gov/mas/ian/ecv/all.html>

## Kapitel 4

Haushalte eingesetzt. Eine Überlastung bei gleichzeitiger Ladung mehrerer Elektrofahrzeuge ist hier wahrscheinlicher, weshalb man in Japan besonders auf die Schnellladung mit eigenen Anschlüssen setzt.<sup>1</sup>

Für einen zunehmenden Betrieb von Ladeinfrastruktur muss weltweit ein stetiger, möglichst intelligenter Ausbau der Netzinfrastruktur erfolgen. Im internationalen Vergleich haben deutsche Netze jedoch die besten Voraussetzungen für die Einführung der Elektromobilität. Da die Zahl der Elektrofahrzeuge in Deutschland nur langsam anwachsen wird, kann eine Optimierung der Netzinfrastruktur wohl mit der stetigen Modernisierung der Stromnetze einhergehen, die nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden Einbindung dezentraler Stromeinspeiser ohnehin bereits praktiziert wird.

»Die zunehmende Zahl von Wind- und vor allem Fotovoltaikanlagen führt bundesweit zu einem stetigen Ausbau des Stromnetzes. Die Einführung der Elektromobilität läuft dieser Entwicklung generell nach. Trotzdem kann in Einzelfällen eine Erweiterung oder Verstärkung des Stromnetzes erforderlich werden.«

Dr. Alois Kessler,  
Forschung und Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

»Die Normalladung zu Hause mit geringeren Leistungen stellt für das deutsche Stromnetz im Allgemeinen kein Problem dar. Anders kann sich die Situation in anderen Ländern darstellen, in denen das Netz nicht entsprechend stabil aufgestellt ist.«

Dirk Netzbandt,  
Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

Elektroautos müssen zukünftig aber nicht unbedingt nur als Belastung für die Stromnetze gesehen werden, sondern können im Rahmen eines Smart Grid zur Lastglättung und zur Verbesserung der Spannungsqualität und somit zu einem effizienteren Netzbetrieb beitragen. Hierzu könnten die Batterien der Fahrzeuge als Pufferspeicher verwendet werden, um bei Überkapazitäten Strom aufzunehmen und in Spitzenlastzeiten wieder abzugeben.<sup>2</sup>

Der Vorteil gegenüber Pumpspeicherkraftwerken liegt bei Elektroautos in der potenziell schnelleren Reaktionszeit auf unterschiedliche Einspeise- und Lastveränderungen sowie in der Möglichkeit, lokal auf Veränderungen reagieren zu können. Nachteilig könnten sich häufige Lade- und Entladevorgänge auf die Lebensdauer der Batterien auswirken. Damit passen die Chancen, die sich durch Elektromobilität ergeben, sehr gut zu den Herausforderungen, die sich durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien stellen.<sup>3</sup> Für einen zukünftigen Einsatz von Elektroautos in einem Smart Grid müssen jedoch zunächst die hierfür notwendige IKT- und Ladeinfrastruktur geschaffen und neue tragfähige Geschäftsmodelle entwickelt werden. Baden-Württemberg leistet mit den Projekten MeRegio, MeRegioMobil, iZeus und der Modellstadt Mannheim zur Entwicklung dieser Zukunftstechnologien schon heute einen großen Beitrag. Auch in den Schaufenster- und Spitzenclusterprojekten findet eine Beschäftigung mit den Themen rund um Schnittstellen zwischen Energie und Elektromobilität und deren Integration statt, wie beispielsweise „Smart Grid Integration“, „Fellbach ZEROPlus“ und „Wohnen und Elektromobilität im Rosensteinviertel Stuttgart“. Im Fokus dieser Projekte stehen die Integration von Elektrofahrzeugen ins Stromnetz, die Verwendung überschüssiger Energie, die in Wohnhäusern anfällt, für lokale Ladeinfrastrukturen sowie Modelle, die elektrisches Carsharing in Wohnquartieren integrieren.

### Kernergebnis:

Die deutschen Stromnetze könnten schon heute die anvisierte Zahl von 1 Mio. Elektrofahrzeugen verkraften. Für eine effiziente Ausnutzung der Netze und zur Vermeidung lokaler Engpässe, vor allem bei höheren Ladeleistungen, ist eine intelligent vernetzte Ladeschnittstelle auch für die Heimladung erforderlich. Diese könnte zukünftig auch Netzdienstleistungen durch Elektrofahrzeuge, wie Lastverlagerungen, Spannungsstabilisierungen bis hin zu Energierückspeisung ins Netz ermöglichen und somit eine effiziente Einbindung erneuerbarer Energiequellen in die Stromversorgung unterstützen.

»Elektroautos können durch eine intelligente Netzanbindung zukünftig einen notwendigen Beitrag zur Stabilisierung der Stromversorgung liefern. Ohne Intelligenz stellen sie dagegen eine zusätzliche Belastung für die Netze dar. Eine intelligente Vernetzung ist zwingend erforderlich, um die unterschiedlichen Anforderungen von Fahrzeugnutzern, Energieversorgern und der Fahrzeugtechnik gleichzeitig erfüllen zu können.«

Heiko Herchet,  
Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA

»Elektroautos könnten zukünftig bei Überlast Strom aus dem Netz aufnehmen und bei Bedarf wieder ins Netz abgeben. Wenn der Ort der Ladung aber nicht mit dem Ort der Rückspeisung übereinstimmt, wirkt das Fahrzeug als Energietransporter. Die Komplexität dieser Prozesse für die Netzstabilität wurde bis heute kaum betrachtet.«

Ralf Thiemann,  
Senior Managing Consultant, Energy & Utilities, IBM Deutschland

»Durch die Elektromobilität ist mit einem ansteigenden Bedarf an IKT-Infrastruktur sowohl auf der Netzseite als auch auf der Verbraucher- und Fahrzeugseite zu rechnen. Dies gilt vor allem für eine zukünftige Einbindung in ein intelligentes Stromnetz.«

Dr. Clemens van Dinther, Karlsruher Institut für Technologie KIT

»Bezüglich zukünftiger Netzdienstleistungen durch Elektrofahrzeuge stellen sich heute noch viele Fragen: Wer steuert und genehmigt den Zugriff auf die Fahrzeugbatterie? Wie wirken sich Netzdienstleistungen auf die Lebensdauer der Batterie aus? Wie und in welchem Umfang werden diese Dienstleistungen entgolten?«

Dirk Netzbandt,  
Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

## 4.4 LADEINFRASTRUKTUR

Die öffentliche Ladeinfrastruktur ist eine der Schlüsselvoraussetzung für die Akzeptanz der Elektromobilität durch die Bevölkerung. Auch von Seiten der EU wird die Wichtigkeit des Aufbaus einer öffentlichen Ladeinfrastruktur unterstrichen. Im Fokus stehen hier Normungsaktivitäten auf europäischer Ebene um eine EU-weite Interoperabilität zu garantieren.<sup>1</sup> In Deutschland hat Baden-Württemberg im Vergleich mit den anderen Bundesländern bereits viel Arbeit geleistet - basierend auf den unter lemnet.org veröffentlichten Ladestationen belegt es Platz 2 (siehe Abbildung 4.13).

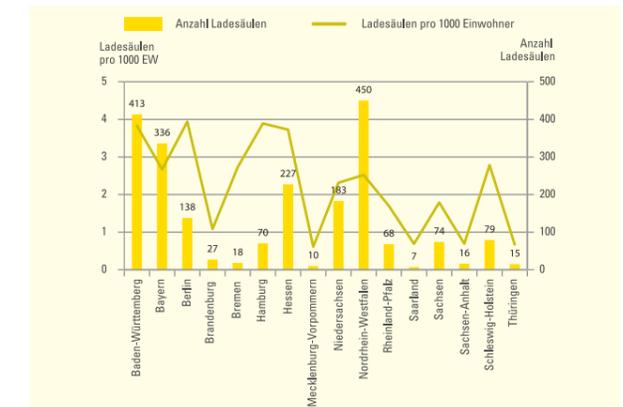


Abbildung 4.13: verfügbare Ladeinfrastruktur in den Bundesländern<sup>2</sup>

»Ladesäulen werden am Anfang der Elektromobilität sicher sowohl für die Funktionalität als auch als öffentlichkeitswirksames Instrument benötigt, müssen langfristig aber genauso aus dem Stadtbild verschwinden wie seinerzeit die Parkuhren.«

Heiko Herchet,  
Leiter Kompetenzzentrum Elektromobilität, EDAG GmbH & Co. KGaA

Viele öffentliche Ladestationen und für die Ladung zugängliche Steckdosen von Firmen und Privatpersonen sind im Internetportal LEMnet verzeichnet.<sup>3</sup> Hier finden sich deutschlandweit 3038 Ladestationen mit mehr als 5.100 Ladepunkten, 400 Ladestationen davon in Baden-Württemberg, wie z.B. auch die Stationen des größten Energieversorgers in Baden-Württemberg, der EnBW AG. Das Unternehmen hat bis heute ca. 300 öffentliche Ladepunkte im

<sup>1</sup> <http://www.chademo.com/>

<sup>2</sup> Woyke, W. (2009): Elektrofahrzeuge als Speicher im Netz, Kempton, W. and Tomic, J. (2005): Vehicle-to-grid Power Fundamentals: Calculating Capacity and Net Revenue

<sup>3</sup> Löser, R. (2009): Elektroautos, die rollenden Stromspeicher

<sup>1</sup> Europäische Kommission (2012): Empfehlungen der Gruppe CARS 21

<sup>2</sup> Eigene Darstellung basierend auf lemnet.org

<sup>3</sup> <http://www.lemnet.org>

## Kapitel 4

Raum Stuttgart installiert, an denen Ladeleistungen bis max. 22 kW über einen Turbostecker (Typ 2-Stecker) und 3,5 kW über eine Schuko-Steckdose abgerufen werden können. Die Standorte werden direkt auf der Internetseite der EnBW angezeigt.<sup>1</sup> Im Rahmen des Schaufensterprojekts „Aufbau Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region (ALIS)“ werden mit Förderung des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur des Landes Baden-Württemberg (MVI) in Stuttgart und der Region 500 Ladepunkte aufgebaut. Zu den baden-württembergischen Herstellern und Anbietern von Ladestationen gehören die Firmen Heldele, Swarco und Schroff.

Die Reichweiten rein elektrisch betriebener Fahrzeuge ohne eingeschaltete Klimatisierung liegen heute in der Regel im Bereich von 100 bis 150 km und reichen somit für den Großteil aller durchgeführten Fahrten aus. Die Reichweiten im Winter werden durch den Betrieb der Heizung drastisch reduziert. Längere Distanzen können aber auch nach einer Errichtung der bisher angesprochenen Ladeinfrastruktur aufgrund von relativ langen Ladezeiten nicht praktikabel zurückgelegt werden. Infrastruktureitig können diese Einschränkungen nur durch Schnellladestationen mit hohen Ladeleistungen oder durch Batteriewechselstationen überwunden werden. Beide Konzepte werden aber sowohl aufgrund technischer als auch wirtschaftlicher Herausforderungen sehr kontrovers diskutiert.

Öffentliche Gleichstrom-Schnellladestationen mit Ladeleistungen von bis zu 50 kW werden heute unter anderem in Japan, den USA und Estland verwendet - auch die Schweiz gab Ende 2012 den Startschuss für den Aufbau einer Schnellladeinfrastruktur mit mindestens 150 Ladesäulen im Rahmen des Programms „EVite“.<sup>2</sup> In Japan wurden bisher schon knapp 2500 Stationen errichtet.<sup>3</sup> In Flottenversuchen in Tokio wurden diese Stationen zwar nur selten benutzt, allerdings haben die Autofahrer die möglichen Reichweiten der Elektrofahrzeuge erst nach der Installation von Schnellladestationen vollständig ausgenutzt.<sup>4</sup> In USA sind derzeit 160 Schnellladestationen in Betrieb. Nissan und NRG Energy, Inc. planen in den kommenden 18 Monaten den Aufbau einer Schnellladeinfrastruktur in den USA mit insgesamt 500 Ladestationen.<sup>5</sup> In Estland wurde im ersten Quartal 2013 ein landesweites Netz von 165 Schnellladestationen in Betrieb genommen.<sup>6</sup> Obwohl die stärkere Ausnutzung der möglichen Reichweite auch an Gewöhnungseffekten liegen könnte, werden Schnellladestationen heute als psychologisches Mittel gesehen, um Reichweitenängsten der

Verbraucher entgegenzuwirken. An solchen Stationen kann bei Bedarf in wenigen Minuten eine Teilladung der Batterie vorgenommen werden, um die heimische Ladestation sicher erreichen zu können.<sup>7</sup> Ein wirtschaftlicher Betrieb solcher Stationen im urbanen Raum erscheint aber aufgrund der höheren Anschaffungskosten und der geringeren Auslastung gegenwärtig eher noch schwer umsetzbar.<sup>8</sup> Für eine Erweiterung der Fahrzeugreichweiten auf langen Strecken könnten Schnellladestationen jedoch in regelmäßigen Abständen beispielsweise an Autobahnen aufgestellt werden.<sup>9</sup> In der Praxis würde das aber regelmäßige, längere Fahrpausen erfordern, da bei dieser Anwendung von einer kompletten Ladung einer fast leeren Batterie auszugehen ist. Selbst bei einer Schnellladung können die Ladezeiten, abhängig von der Batteriekapazität, im Bereich von 30 Minuten bis zu einer Stunde liegen. Dazu kommt, dass das Laden mit hohen Leistungen zu einer starken Erhitzung der nach einer Autobahnfahrt ohnehin schon stark belasteten Batterie führt. Um dies zu kompensieren, bedarf es Kühltechnologien und eines intelligenten Batteriemanagementsystems. Ein weiteres Problem ist die Verfügbarkeit der Schnellladestationen. Es müsste sichergestellt werden, dass jedem, der zum Laden eine Schnellladestation anfährt, auch eine freie Ladesäule zur Verfügung steht. Warteschlangen, wie sie an konventionellen Zapfsäulen vorkommen, sollte es an Ladestationen nicht geben. Dies kann nur durch Buchungsmöglichkeiten beispielsweise über mobile Applikationen garantiert werden.

Erste Schnellladestationen mit 50 kW gibt es in Baden-Württemberg beispielsweise am Fraunhofer IAO.<sup>10</sup> Weitere Stationen werden in Industrieprojekte sowie in Schaufensterprojekten aufgebaut wie beispielsweise im Rahmen des Schaufensters Elektromobilität Bayern und Sachsen. Hier werden gemeinsam mit Siemens, E.ON und BMW Schnellladesäulen entlang der Autobahn A9 aufgebaut um Langstreckenmobilität zu ermöglichen.<sup>11</sup>

Der Auf- und Ausbau der Ladeinfrastruktur ist nicht nur ein Treiber der Elektromobilität sondern auch eine Chance für die Wirtschaft Baden-Württembergs. Schon heute gibt es in Baden-Württemberg eine Reihe von Unternehmen, die Ladestationen entwickeln und herstellen. Das Angebot reicht dabei von einfachen Ladestationen ohne Abrechnungsmöglichkeiten und IKT-Anbindungen bis hin zu intelligenten Ladestationen für gesteuerte Ladevorgänge mit modernen Abrechnungssystemen. Besonders hervorzuheben ist hier die Robert Bosch GmbH, die

neben intelligent vernetzten Ladestationen auch ein modulares, offenes Softwarepaket anbietet.<sup>1</sup> Hierbei werden nicht nur alle Infrastruktur-Kernprozesse unterstützt und eingebunden, wie beispielsweise die Navigation zu freien Ladestationen oder das Lademanagement beim gesteuerten Laden, sondern optional auch andere Anwendungen, wie beispielsweise Flottenmanagement- oder Dispositionssysteme. Umgekehrt ist aber auch eine Einbindung der Software in bereits bestehende Systeme des Kunden möglich. Derzeit baut Bosch über das Tochterunternehmen Bosch Software Innovations, in Zusammenarbeit mit den staatlichen Behörden, eine Ladeinfrastruktur in Singapur auf. Dabei bietet Bosch eine IT Serviceplattform an. Unternehmen, die sich im Bereich der Elektromobilität anbieten möchten, können die Plattform nutzen. Zudem unterstützt Bosch Software Innovations die Auswertung von Daten zur Analyse der Ladestationsnutzung.<sup>2</sup> Auch in Deutschland ist Bosch Software Innovations aktiv und engagiert sich u.a. in den Schaufensterprojekten „Stuttgart Services“ und „Get eReady“.

### **Kernergebnis:**

*Für eine Erweiterung der Fahrzeugreichweiten auf langen Strecken können Schnellladestationen in regelmäßigen Abständen beispielsweise an Autobahnen aufgestellt werden. Die Akzeptanz einer solchen Schnellladeinfrastruktur ist stark davon abhängig, dass schnelles Laden nicht durch langes Warten unterwandert wird. Hilfreich wäre hierbei, dass freie Schnellladepunkte beispielsweise im Navigationssystem angezeigt werden und Reservierung erlauben.*

Im Bereich der induktiven Ladesysteme verfügt Baden-Württemberg über renommierte Unternehmen wie z. B. die Conductix-Wampfler AG und die SEW-Eurodrive GmbH & Co KG. Die Conductix-Wampfler AG in Weil am Rhein ist der nach eigenen Angaben weltweit führende Hersteller von Systemen für die Energie- und Datenübertragung zu beweglichen Verbrauchern.<sup>3</sup> Mit dem Inductive-Power-Transfer-System (IPT) hat das Unternehmen induktive Ladeschnittstellen für Elektrofahrzeuge entwickelt.<sup>4</sup> Die Systeme kommen bereits seit mehreren Jahren in Stadtbussen in Genua, Turin und Luzern zum Einsatz. Seit 2005 wird die Induktionsladung auch in Baden-Württemberg bei Elektrobussen in Lörrach eingesetzt.<sup>5</sup> Die Conductix-Wampfler AG engagiert sich derzeit u.a. in den Spitzencluster-Forschungsprojekten BiPoLplus und AUTOP-

LES. Ziel des Projektes BiPoLplus ist ein Schnellladesystem, bei dem die Energie berührungslos zwischen der Ladestation und dem Elektrofahrzeug übertragen wird sowie die Erforschung der nötigen technischen Rahmenbedingungen für die Ladestation und die fahrzeugseitigen Komponenten bei einer angestrebten Ladeleistung von 22 kW. Das Projekt AUTOPLES fokussiert Fahrbetriebs- und Parkgewohnheiten typischer Elektroauto-Nutzer, Möglichkeiten für das autonome und koordinierte Bewegen von Elektrofahrzeugen z. B. im Parkhaus sowie geeignete automatisierte Ladetechniken und sicherheitsrelevante Themen.

Auch die SEW-Eurodrive GmbH & Co KG entwickelt und verkauft seit vielen Jahren induktive Ladesysteme für industriell genutzte Elektrofahrzeuge. Die Ladesysteme wurden nun auch für Elektroautos und Pedelecs weiterentwickelt und werden in Deutschland vermarktet. Das bundesweit erste Elektrofahrzeug mit induktiver Ladetechnik, das eine Straßenzulassung besitzt, wird seit 2011 bei der Deutschen Lufthansa getestet.<sup>6</sup> Elektroautos können nach Herstellerangaben mit 3,6 kW Leistung über einen Luftspalt von bis zu 20 cm bei einem Wirkungsgrad von 93 Prozent induktiv geladen werden. Die SEW-Eurodrive setzt dabei auf komplette Infrastrukturlösungen unter Einbindung von regenerativen Energiequellen, beispielsweise über Solarzellen an einem Carport oder an Fahrradladestationen. Für die induktiven Ladesysteme wurde das Unternehmen im Jahr 2010 mit dem bayrischen Staatspreis und 2011 mit dem Innovationspreis NEO2011 ausgezeichnet.<sup>7</sup>

Im Rahmen eines Praxisprojektes hat Bombardier Transportation gemeinsam mit Studenten der Fachrichtung Wirtschaftsingenieurwesen der Hochschule Mannheim von Oktober 2011 bis Januar 2012 verschiedene Szenarien für ein Geschäftsmodell im Bereich E-Mobility entwickelt. Berücksichtigt wurden mehrere Parteien, die bei Elektro-Citybussen beteiligt sind, wie Komponentenlieferanten, Systemlieferanten, Bushersteller, Betreiber- Gesellschaften und Energielieferanten.<sup>8</sup>

Neben den Ladeinfrastrukturherstellern gibt es in Baden-Württemberg viele potenzielle Hersteller für einzelne Komponenten einer Ladestation. Hierzu gehören beispielsweise Identifikations-, Zugangs-, Mess- und Abrechnungssysteme. Aufgrund einer heute noch fehlenden Standardisierung ist aber noch nicht abzusehen, welche Systeme sich durchsetzen werden und welche Hersteller die Marktchancen nutzen können. Auf Komponentenebene im

<sup>1</sup> EnBW (2013): Die EnBW-Ladestationen

<sup>2</sup> Greeninvestment (2013): Estland hat das erste Schnelllade-Netz für Elektroautos  
<sup>3</sup> www.chademo.com, Stand 25.3.2013

<sup>4</sup> Aneqawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger

<sup>5</sup> Nissan(2013): Nissan will triple number of DC fast chargers in US

<sup>6</sup> Greeninvestment (2013): Estland hat das erste Schnelllade-Netz für Elektroautos

<sup>7</sup> Aneqawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger

<sup>8</sup> Vgl. VDE (2010): VDE-Studie sieht für Elektroautos noch Hürden bis zum Massenmarkt

<sup>9</sup> Technomar (2010): Whitepaper Elektromobilität: Optionen für Deutschlands Automobilindustrie

<sup>10</sup> Fraunhofer IAO

<sup>11</sup> Schaufenster Elektromobilität Bayern und Sachsen(2013): Technik, Umsetzbarkeit,

Akzeptanz der DC- Ladung auf der Kernachse A9

<sup>1</sup> Bosch Software innovations (2013): eMobility 249

<sup>2</sup> Bosch Software innovations (2013): eMobility 249

<sup>3</sup> http://www.conductix.de

<sup>4</sup> Conductix-Wampfler (2013): IPT-Charge for Electric Vehicles

<sup>5</sup> Innovations-Report (2005): Deutschlands erster batteriebetriebener Elektrobus mit berührungsloser Ladetechnologie in Betrieb

<sup>6</sup> http://www.sew-eurodrive.com

<sup>7</sup> SEW-Eurodrive (2010): ELEKTROmobil in die Zukunft – Innovative Antriebslösungen für die urbane Logistik und Elektromobilität; SEW-Eurodrive (2010):

Bayerischer Staatspreis 2010 für Elektromobilität geht an SEW-EURODRIVE

<sup>8</sup> Bombardier(2012): Bombardier Transportation kooperiert mit Hochschule Mannheim: Studenten geben neue Impulse für E-Bus Projekt

# Kapitel 4

Bereich der Datenübertragungstechnologien, wie beispielsweise Sendemodule für eine Mobilfunknetzanbindung, gibt es aktuell in Baden-Württemberg nur sehr wenige Hersteller. Solche Module und Elektronikkomponenten im Allgemeinen werden teilweise aus dem Ausland, in der Regel aus Asien, bezogen. Nicht bei allen Anbietern von Ladestationen in Baden-Württemberg findet die Endmontage auch tatsächlich in Deutschland statt. Bei Herstellern mit Produktion in Deutschland liegt der Wertschöpfungsanteil im Inland bei etwa zwei Dritteln. Etwa ein Drittel der Wertschöpfung wird dagegen durch zugekaufte Komponenten im Ausland generiert.

### Kernergebnis:

Der Auf- und Ausbau der Ladeinfrastruktur ist nicht nur ein Treiber der Elektromobilität, sondern auch eine Chance für die Wirtschaft. Für die Herstellung, Installation und den Betrieb von Ladestationen wird das Wertschöpfungspotenzial bis 2020 weltweit deutlich ansteigen. Die gut aufgestellten und exportstarken Unternehmen in Baden-Württemberg können von dieser Entwicklung profitieren und zahlreiche neue Arbeitsplätze schaffen.

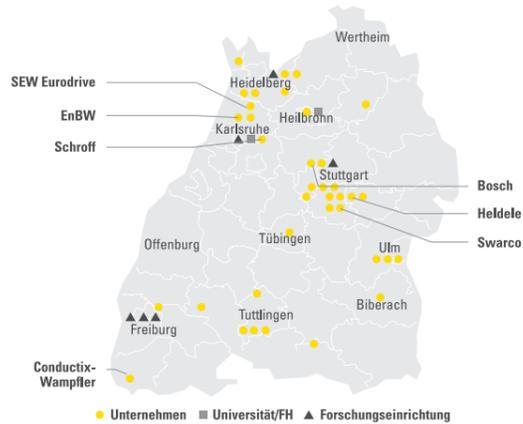


Abbildung 4.14: Landkarte Akteure im Bereich Ladeinfrastruktur<sup>1</sup>

Im Folgenden wird eine Analyse der Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale durchgeführt, die durch den Aufbau einer Ladeinfrastruktur in Deutschland und Baden-Württemberg entstehen können.

Im Szenario der Bundesregierung wird von 1 Mio. Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 ausgegangen. Setzt man diese Zahl in Relation zum gesamten heutigen Fahrzeugbestand in Deutschland von 43 Mio. Einheiten, so ergibt sich eine Quote von 2,3 Prozent an Elektrofahrzeugen. Es wird davon ausgegangen, dass mit jedem verkauften Elektroauto auch mindestens eine private Ladestation geschaffen wird. Diese Heimladestationen könnten zukünftig beispielsweise von den Automobilherstellern beim Fahrzeugkauf gleich mitgeliefert werden.<sup>2</sup>

Der Bedarf an öffentlichen Ladestationen hängt neben der Zahl an Elektrofahrzeugen auch von psychologischen Effekten ab: Eine hohe Verfügbarkeit an Ladestationen kann zu einer höheren Akzeptanz der Elektromobilität in der Bevölkerung beitragen. Dies gilt insbesondere in der Anfangsphase bei einer geringen Durchdringung von Elektrofahrzeugen. Das Verhältnis von öffentlichen Ladesäulen zu Elektrofahrzeugen ist somit flexibel an die Bedürfnisse des Marktes anzupassen. Aktuell liegt dieses Verhältnis in Deutschland bei 0,49.<sup>3</sup> In Zukunft wird ein kontinuierlicher Rückgang des Verhältnisses, bei gleichzeitigem Anstieg der Ladesäulenanzahl und überproportionalem Anstieg der Elektrofahrzeuganzahl, auf 0,25 bis zum Jahr 2020 prognostiziert.<sup>4</sup> Der zeitliche Verlauf dieses Sachverhalts ist neben der Entwicklung der Bestandszahlen von Ladestationen und Elektrofahrzeugen für Deutschland, gemäß einem exponentiellen Marktanlauf-Szenario auf 1 Mio. Fahrzeuge, in Abbildung 4.16 dargestellt.<sup>5</sup>

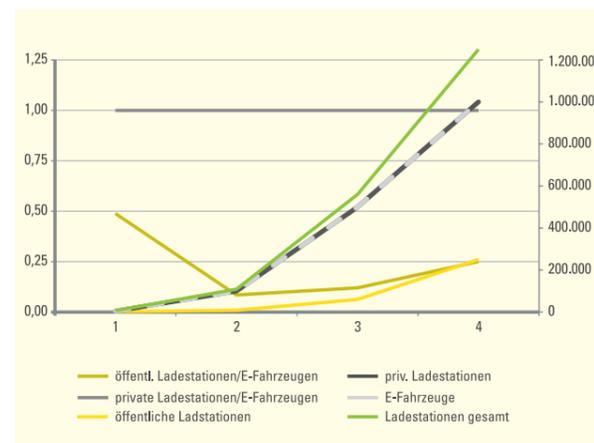


Abbildung 4.15: Bestand und Relation von privaten und öffentlichen Ladestationen und Elektrofahrzeugen in Deutschland<sup>6</sup>

Neben Deutschland arbeitet eine Vielzahl weiterer Nationen aktiv an der Förderung und Markteinführung von Elektrofahrzeugen. Die veröffentlichten Zielwerte dieser Länder für den geplanten Fahrzeugbestand an Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 liegen akkumuliert bei 25 Mio. Fahrzeugen weltweit. In Korrelation zum aktuellen Gesamtfahrzeugbestand von 1,093 Mrd. Fahrzeugen im Jahr 2013<sup>1</sup> ergibt sich eine globale Zielquote von 2,3 Prozent Elektrofahrzeugen, die damit leicht über dem obengenannten Wert für Deutschland liegt. Der sich entwickelnde Bestand und Absatz an Elektrofahrzeugen weltweit erfordert ebenfalls den Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur im öffentlichen und privaten Bereich. Das notwendige Verhältnis von Ladestationen zu Fahrzeugen im internationalen Markt wird für die folgenden Analysen an die für Deutschland ermittelten Werte angelehnt, um eine einheitliche Berechnung des Marktvolumens für Ladestationen zu ermöglichen. Daraus ergibt sich das Potenzial für 26 Mio. Heimladestationen und 6,5 Mio. öffentliche Ladestationen bis zum Jahr 2020 weltweit. Es wird erwartet, dass Deutschland als eine der führenden Export- und Technologienationen an diesem Marktvolumen partizipieren kann. Basierend auf dem Marktanteil deutscher Exporte am Elektronik-Weltmarkt<sup>2</sup>, wird ebenfalls von einem Marktanteil Deutschlands in Höhe von 8,3 Prozent an den jährlich produzierten Ladestationen ausgegangen.<sup>3</sup>

Für Deutschland ergibt sich damit ein gesamtes potenzielles Produktionsvolumen für Ladestationen, bestehend aus dem Inlandsbedarf und dem Exportanteil am Gesamtmarkt. Dieses lag im Jahr 2010 bei 708 Ladestationen und steigt im Jahr 2020 auf zwei Mio. zu produzierenden Einheiten an.

Basierend auf den ermittelten Produktionsvolumen der kommenden Jahre sowie den im Kapitel 3.3 beschriebenen verschiedenen Kostenpositionen für den Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur ergibt sich das Marktvolumen für Ladeinfrastruktur in Deutschland. Sowohl die Kosten für Hardware als auch Installation und Betrieb sind, wie ebenfalls in Kapitel 3.3 beschrieben, mit stückzahlabhängigen Lern- und Erfahrungskurven behaftet. Für eine Ableitung der potenziellen Wertschöpfung für Deutschland wird des Weiteren von einer Wertschöpfungstiefe von 100 Prozent bei der Installation und Betrieb, sowie 68 Prozent bei der benötigten Hardware ausgegangen.<sup>4</sup> Das sich hieraus ergebende Wertschöpfungspotenzial der kommenden Jahre für Deutschland zeigt Ab-

bildung 4.17. Hierin findet sich ebenfalls eine Aufgliederung in die folgenden Kostenbereiche: Hardware Heimladestation, Hardware öffentliche Ladestation, Hardware Heimladestation Export, Hardware öffentliche Ladestation Export, Installation Heimladestation, Installation öffentliche Ladestation, Betrieb (Betrieb/Überprüfung/Reparatur), Abrechnung (Billing/Roaming), Ersatzteile (Inland), Ersatzteile (Export) und Sonstiges (Werbung, Musik-Download, Entertainment, Sonstige Dienstleistungen).

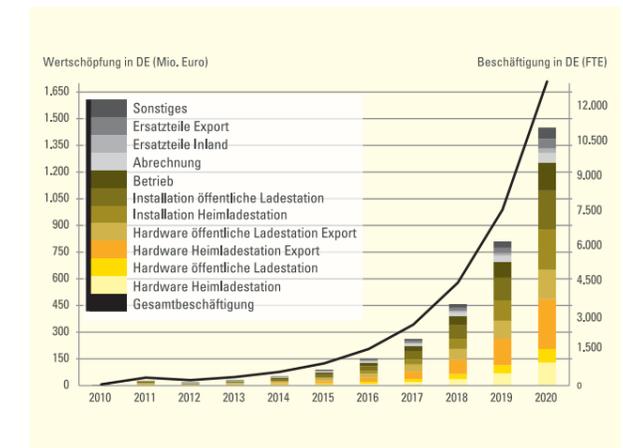


Abbildung 4.16: Entwicklung des Wertschöpfungspotenzials für Ladeinfrastruktur in Deutschland<sup>5</sup>

Eine Ermittlung des Einflusses des Wertschöpfungspotenzials auf den Arbeitsmarkt erfolgt mittels einer Betrachtung der Wertschöpfung pro vollzeitaquivalenter Beschäftigung (FTE). Hierbei wird von einer jährlichen Wertschöpfung von 76.000 Euro pro FTE ausgegangen, die in der Elektroindustrie aktuell vorliegt.<sup>6</sup> Um die Produktivität der Elektroindustrie – gemessen als Differenz zwischen dem Wachstum der Produktion und der Veränderung der Beschäftigungszahl – ebenfalls und in ausreichendem Maße abbilden zu können, wurden Produktivitätssteigerungen in Höhe von 3,5 Prozent pro Jahr angenommen und entsprechend bei der Kalkulation der zukünftigen Beschäftigungsverhältnisse berücksichtigt.<sup>7</sup> Die aus dem Gesamt-Wertschöpfungspotenzial für Deutschland abgeleiteten Arbeitsplätze sind ebenfalls in Abbildung 4.18 zu finden.

Parallel zu den Analysen des Wertschöpfungspotenzials für Deutschland lässt sich auch die mögliche Wertschöpfung in Baden-

<sup>1</sup> Eigene Darstellung  
<sup>2</sup> Expertengespräche  
<sup>3</sup> NPE(2012):Zwischenbericht AG3 Ladeinfrastruktur und Netzintegration  
<sup>4</sup> NPE(2012):Zwischenbericht AG3 Ladeinfrastruktur und Netzintegration  
<sup>5</sup> Eigene Analysen  
<sup>6</sup> Eigene Darstellung nach NPE(2012):Zwischenbericht AG3 Ladeinfrastruktur und Netzintegration

<sup>1</sup> www.worldwide-datas.com  
<sup>2</sup> 8,3 Prozent Anteil Deutschland an weltweiten Ausfuhren im Jahr 2007 sowie 2006. ZVEI (2009): Elektroindustrie in Zahlen 2008/2009  
<sup>3</sup> ZVEI (2009): Elektroindustrie in Zahlen 2008/2009  
<sup>4</sup> Wertschöpfungstiefe Inland als Verhältnis des Imports zum Umsatz, nach ZVEI (2009): Elektroindustrie in Zahlen 2008/2009  
<sup>5</sup> Eigene Darstellung  
<sup>6</sup> ZVEI (2010): ZVEI-Benchmarking: Die Elektroindustrie im Branchenvergleich Juli 2010  
<sup>7</sup> Die Elektroindustrie hat innerhalb der letzten 15 Jahre durchschnittliche Produktivitätssteigerungen von 3,5 Prozent erzielen können. Siehe ZVEI (2010): ZVEI-Benchmarking: Die Elektroindustrie im Branchenvergleich Juli 2010

## Kapitel 4

Württemberg ermitteln. Aufgrund seiner zentralen Stellung als Produktions- und Technologiestandort im Bereich Maschinen- und Fahrzeugbau, aber auch der Elektroindustrie ist Baden-Württemberg prädestiniert dazu, ein führender Standort für die Produktion von Ladeinfrastruktur zu werden. Analog zum Verhältnis der Bruttowertschöpfung des produzierenden Gewerbes in Baden-Württemberg (ohne Baugewerbe) im Vergleich zu Gesamtdeutschland, wird im Rahmen dieser Studie von 18 Prozent für den Anteil Baden-Württembergs an der gesamtdeutschen Wertschöpfung im Bereich Ladeinfrastruktur ausgegangen.<sup>1</sup> Damit ergibt sich für das Bundesland eine mögliche Wertschöpfung von 274 Mio. Euro im Jahr 2020, im Vergleich zu rund 800.000 Euro für das Jahr 2010. Dies würde einer Steigerung von gut 35.000 Prozent entsprechen und zu etwa 2.500 neuen Arbeitsplätzen in Baden-Württemberg führen. Ein Vergleich der Wertschöpfungspotenziale der Jahre 2010 und 2020 für die identifizierten Kostenbereiche einer Ladeinfrastruktur ist in Abbildung 4.17 dargestellt.



Abbildung 4.17: Wertschöpfungspotenziale Baden-Württembergs im Bereich Ladeinfrastruktur für die Jahre 2010 und 2020<sup>2</sup>

Der Kostenbereich Hardware, welcher den größten Faktor der Wertschöpfung für den Bereich Ladeinfrastruktur darstellt, lässt sich weiter aufgliedern in die Komponenten Gehäuse, Elektronik, Elektrik, Montage und Sonstiges. Abbildungen 4.18 zeigt die Auswirkungen auf die Arbeitsplätze in diesen Bereichen, die sich durch die Produktion von Ladestationen für Deutschland und Baden-Württemberg bis zum Jahr 2020 ergeben. Die Gesamtanzahl an potenziell neu entstehenden Arbeitsplätzen im Bereich Hard-

ware liegt in Baden-Württemberg bei 1.107 und in Deutschland bei 5.857. Die Verteilung auf die fünf genannten Komponentenbereiche ist dabei relativ gleichmäßig.

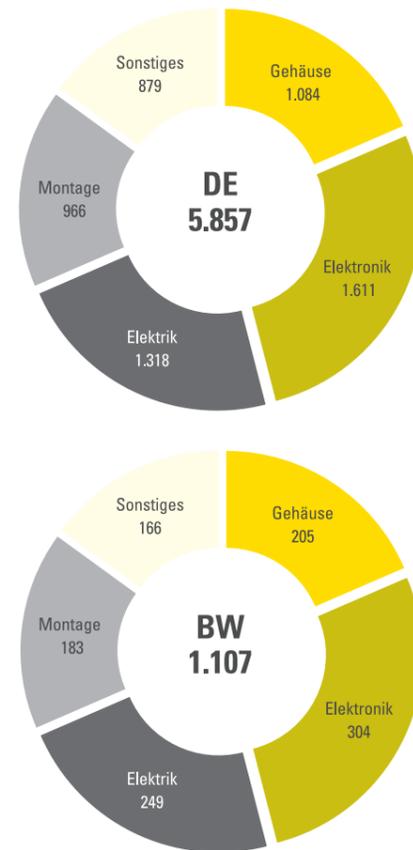
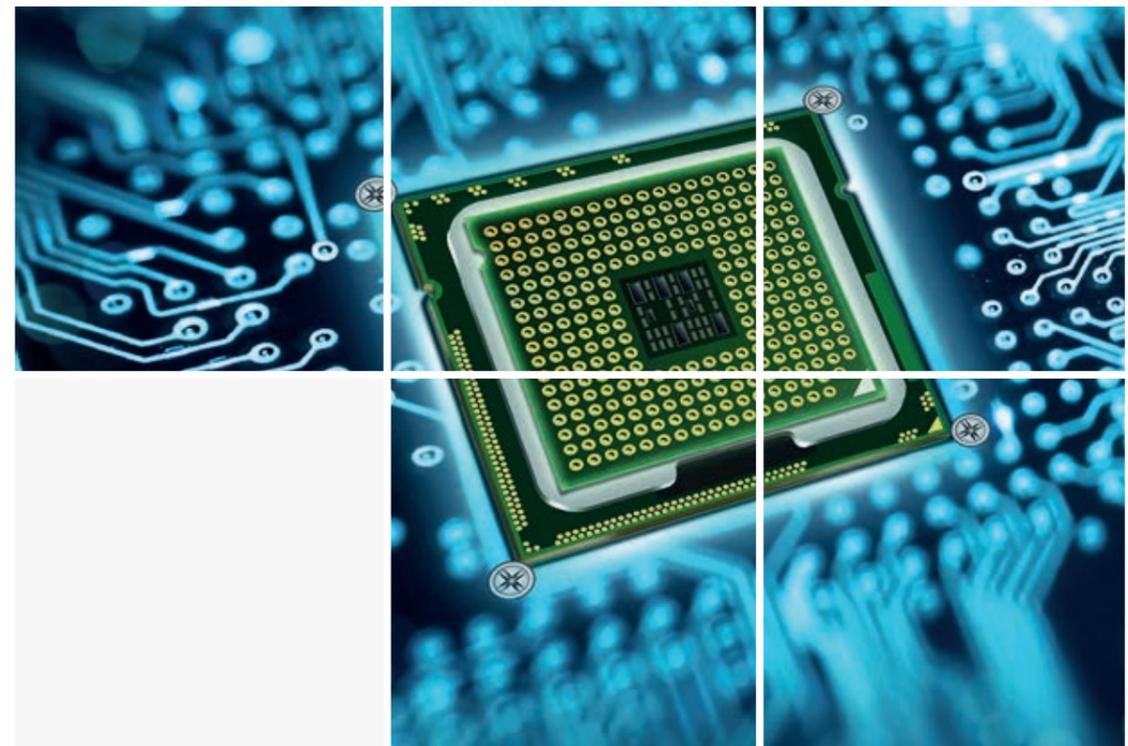


Abbildung 4.18: Auswirkungen der Produktion von Ladestationen auf die Arbeitsplätze in Deutschland und Baden-Württemberg bis zum Jahr 2020<sup>3</sup>

*»Der Aufbau einer intelligenten, flächendeckenden Ladeinfrastruktur erfordert langfristige und umfangreiche strategische Investitionen. Kleinere Stadtwerke können das möglicherweise alleine nicht leisten.«*

*Dirk Netzbandt,  
Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland*



<sup>1</sup> Nach Destatis (2009): Baden-Württembergs Wirtschaftsleistung ging 2009 um 7,4 Prozent zurück.

<sup>2</sup> Eigene Darstellung

<sup>3</sup> Eigene Darstellung

# ZUSAMMENFASSENDE GESAMTBETRACHTUNG

Für die „Systemanalyse BW<sup>e</sup> mobil“ wurden Sekundärdatenrecherchen (Technologiestudien, Marktszenarios, Projektberichte, Pressemitteilungen etc.) und Interviews mit Fachexperten aus Industrie und Wissenschaft zusammengeführt, um die zu erwartenden Auswirkungen und die Positionierung Baden-Württembergs hinsichtlich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sowie der Energie- und Ladeinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen herauszuarbeiten. In einer zusammenfassenden Gesamtbetrachtung der Studie werden folgende Punkte deutlich:

- Elektromobilität ist eine Komponente zukünftiger, vor allem urbaner Mobilitätssysteme, in denen Nutzer, Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur, und intermodale Verkehrsträger eng miteinander verbunden sind. Eine Schlüsselrolle nehmen dabei moderne Informations- und Kommunikationstechnologien ein, die eine intelligente Vernetzung erst ermöglichen.
- Durch die Entwicklung hin zur Elektromobilität werden neue Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale in Baden-Württemberg generiert. Neue und erweiterte IKT-Anwendungen sowie der Aufbau und Betrieb einer umfassenden Ladeinfrastruktur sind dabei bedeutende Elemente.
- Baden-Württemberg verfügt in den Bereichen IKT, Ladeinfrastruktur und Flottenmanagement über eine sehr gute Ausgangsposition, um den Wandel hin zur Elektromobilität mit Systemkompetenz aktiv gestalten und prägen zu können.
- In breit angelegten Forschungsinitiativen des Bundes und des Landes Baden-Württemberg arbeiten Forschungseinrichtungen und Industriepartner gemeinsam in ca. 60 Projekten, die vielfältigste Aspekte der Elektromobilität erforschen und weiterentwickeln (siehe Abbildung 5.1).

Der Weg hin zu einer elektromobilen Gesellschaft bedarf der systemischen Vernetzung aller relevanten Akteure und Instanzen. Die Integration von Elektromobilität in bestehende und zukünftige Verkehrskonzepte sowie die intelligente Anbindung an die Energieinfrastruktur stellen hierbei Herausforderungen für eine elektromobile Zukunft dar.

Der IKT kommt eine besondere Bedeutung zu, da sie als Schnittstellentechnologie die komplexen Vorgänge und Zusammenhänge in einem Gesamtsystem Elektromobilität steuern kann. Als IT-Standort ist Baden-Württemberg für die kommenden Herausforderungen im Bereich IKT sehr gut aufgestellt und verfügt über die besten Voraussetzungen, zukünftige Mobilitätslösungen aktiv mitzugestalten und von sich ergebenden Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzialen zu profitieren. Hierfür müssen bestehende Geschäftsfelder ausgebaut und neue erschlossen werden, was eine branchenübergreifende Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure in gemeinsamen Projekten und Netzwerken erfordert.

Dies unterstützt das Land Baden-Württemberg nicht nur finanziell sondern auch, indem es die Koordination der Clusterinitiative „Elektromobilität Süd-West“ sowie das Projektmanagement des Schau Fensters „Living Lab BW<sup>e</sup> mobil“ in die Hände der Landesagentur e-mobil BW gelegt hat. Durch die zentrale Steuerung können noch effektiver Wissenstransfers gefördert, Innovationspotenziale und neuen Wertschöpfungsstrukturen aufgezeigt, Synergien initiiert sowie Clusterbildungen forciert werden. Insbesondere in der Phase der Marktvorbereitung und begleitend zu dem notwendigen, sich teilweise bereits vollziehenden gesellschaftlichen Wandel übernimmt die Landesagentur mit Projektmanagement, Standortmarketing, Öffentlichkeitsarbeit und Imagepflege Kernaufgaben, um Baden-Württemberg als künftigen Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität im In- und Ausland bekannt zu machen. Die Entwicklung des elektrifizierten Antriebsstrangs geht einher mit dem systematischen Aufbau einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Eine in der anfänglichen Entwicklungsphase mehrheitlich genutzte private Ladeinfrastruktur wird in einem zunehmenden Markt für Elektrofahrzeuge durch öffentliche Ladestationen ergänzt. Um die hier zu erwartenden Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale in vollem Umfang realisieren zu können, muss Baden-Württemberg die Entwicklung von Standards für eine intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen weiter aktiv vorantreiben.

Mit der vorliegenden „Systemanalyse BW<sup>e</sup> mobil“ werden die in der „Strukturstudie BW<sup>e</sup> mobil“<sup>2</sup> untersuchten Herausforderungen und Chancen für die Automobilindustrie in Baden-Württemberg auf die Bereiche IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen erweitert. Damit ergibt sich eine gesamtheitliche und umfassende Betrachtung der für den Wandel Baden-Württembergs hin zum elektromobilen Standort erforderlichen Systemkompetenz Elektromobilität.

Name (Auswahl)	Zuordnung	Intermodalität	Flotten	Ladeinfrastruktur	IKT	Smart Grid Integration	Industrialisierung	Energie	Wohnen	Fahrzeugtechnologie
Stuttgart Services	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil	■			■					
GuEST- E-Taxi	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil	■	■							■
GeteReady	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil		■	■	■		■			
Landesfuhrpark	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil		■	■	■					
urbaner logistischer Wirtschaftsverkehr	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil		■	■						■
integriertes Flottenladen	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil		■	■	■			■		
Ladeinfrastruktur Stuttgart und Region	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil		■	■	■				■	
Charge@work	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil		■	■	■	■		■		
FellbachZEROplus	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil					■		■	■	
Wohnen & Elektromobilität am Nordbahnhof	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil			■		■		■	■	
e-car Park Sindelfingen	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil			■	■	■	■	■		
Audi NEDS	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil						■			■
Daimler - elektromobile Testflotten	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil		■				■			■
Porsche Panamera Plug-In Hybrid	Living Lab BW <sup>e</sup> mobil	■					■			■
Future Fleet	IKT für Elektromobilität		■	■	■					
Shared e-Fleet	IKT für Elektromobilität II	■	■	■	■					
Elektromobilisiert.de	IAO		■							
i-Zeus	IKT für Elektromobilität		■		■	■				
MeRegio	E-Energy					■		■		
MeRegio mobil	IKT für Elektromobilität			■		■				
Autoples	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West			■		■		■		
BiPolPlus	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West					■		■		
DiNa	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West				■		■			■
Gate	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West									■
Elise	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West				■		■			■
InnoROBE	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West							■		■
ProBat	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West						■	■		■
I-eMM	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West	■			■					
E-Flotten- und Lademanagement	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West		■	■	■					
Epromo	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West				■		■			■
SIG	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West				■	■				
AutoSpEM	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West				■		■	■		■
GreenNavigation	Spitzencluster Elektromobilität Süd-West				■					

Abbildung 5.1: Übersicht ausgewählter Forschungsaktivitäten in Baden-Württemberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eigene Darstellung

## Normen & Standards zur Elektromobilität

Standard	Bezeichnung	Dokumentenart	Ausgabedatum (Erweiterung)	Konsortium	Fahrzeug	Energiernetz	Ladinfrastruktur	Infrastruktur/IKT
DIN EN 60529/VDE0470-1: 2000-09	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)	Norm	Apr 10		■		■	
DIN EN 61140/VDE 0140-1:2007-03	Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel	Norm	Mrz 07	DKE	■	■	■	
DIN EN 62040/VDE 0558-510	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV)					■		
DIN EN 62040-1	Allgemeine Anforderungen und Sicherheitsanforderungen	Norm	Jun 09	DIN		■		
DIN EN 62040-1/A1	Allgemeine Anforderungen und Sicherheitsanforderungen	Normentwurf	Nov 11	DIN, VDE		■		
DIN IEC 61851	Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen - Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge (Beschreibung der Lademodi)				■		■	
DIN IEC 61851-1/VDE 0122-1	Allgemeine Anforderungen	Norm	Jan 12 (Apr 13)	DIN, VDE	■		■	
DIN IEC 61851-21-2/VDE 0122-2-1	Anforderung eines Elektrofahrzeuges für konduktive Verbindung an AC/DC-Versorgung	Norm	Okt 12 (Feb 13)	DIN, VDE	■		■	
DIN IEC 61851-22/VDE 0122-2-2	Wechselstrom-Ladestation für Elektrofahrzeuge	Norm	Okt 02 (Apr 11)	DIN, VDE	■		■	
DIN IEC 61851-23/VDE 0122-2-3	Gleichstromladestationen für Elektrofahrzeuge	Normentwurf	Jun 12	DIN, VDE	■		■	
DIN IEC 61851-24/VDE 0122-2-4	Digitale Kommunikation zur Steuerung des Gleichstromladevorgangs zwischen einer Gleichstromladestation für Elektrofahrzeuge und dem Elektrofahrzeug	Normentwurf	Jul 12	DIN, VDE	■		■	
DIN SPEC 70121	Elektromobilität - Digitale Kommunikation zwischen einer Gleichstrom-Ladestation und einem Elektrofahrzeug zur Regelung der Gleichstromladung im Verbund-Ladesystem	Technische Regel basierend auf ISO 15118-2	Aug 12	DIN	■		■	
DIN VDE 0100-722	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-722: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Stromversorgung von Elektrofahrzeugen	Norm	Okt 12	DIN, VDE	■	■	■	
DIN EN 62056/ISO 62056	Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control					■		
DIN EN 62056-21/ISO 62056-21	Direct local data exchange	Normentwurf	Mai 02	IEC		■		
IEC 62196	Stecker, Steckdosen, Fahrzeugsteckvorrichtungen und Fahrzeugstecker - Konduktives Laden von Elektrofahrzeugen				■			■
IEC 62196-1, VDE 0632-5-1	Allgemeine Anforderungen	Norm	Nov 12	IEC, DIN, VDE	■			■
IEC 62196-2, VDE 0632-5-2	Anforderungen an und Hauptmaße für die Austauschbarkeit von Stift und Buchsensteckvorrichtungen	Norm	Nov 12	IEC, DIN, VDE	■			■
IEC 62196-3, VDE 0623-5-3	Anforderungen an und Hauptmaße für Stifte und Buchsen für die Austauschbarkeit von Fahrzeugsteckvorrichtungen zum dedizierten Laden mit Gleichstrom und als kombinierte Ausführung zum Laden mit Wechselstrom/Gleichstrom	Normentwurf	Jul 12	IEC, DIN, VDE	■			■
IEC/TR 62357 1.0	Power system control and associated communications - Reference architecture for object models, services and protocols	Normentwurf	Okt 12	IEC		■		
IEEE 802.11p-WAVE	WLAN-Standard mit Prioritätsgesteuertem Zugang (Sicherstellung von Notfallanfragen bei C2C und C2I-Kommunikation)			IEEE	■			■
ISO 6469	Elektrisch angetriebene Straßenfahrzeuge - Sicherheitspezifikation				■			
ISO 6469-1	Wiederaufladbares On-board-Energiespeichersystem (RESS)	Norm	Sep 09	ISO	■			

Standard	Bezeichnung	Dokumentenart	Ausgabedatum (Erweiterung)	Konsortium	Fahrzeug	Energiernetz	Ladinfrastruktur	Infrastruktur/IKT
ISO 6469-2	Massnahmen zur Betriebssicherheit des Fahrzeugs und Schutz gegen Betriebsstörungen	Norm	Sep 09	ISO	■			
ISO 6469-3	Sicherheitspezifikationen Schutz von Personen gegen elektrische Gefahren	Norm	Dez 11	ISO	■			
ISO 6469-4	Anforderungen an die elektrische Sicherheit nach Unfall	Normentwurf	Feb 13	ISO	■			
ISO/IEC 14709	Informationstechnik - Konfiguration von Standortverkabelung für Netzanwendungen			CAR 2 CAR Communication Consortium (C2C-CC), u.a. Audi, BMW, Volkswagen, Renault, DaimlerChrysler, Fiat, Continental, Bosch, Siemens, TU München, DLR, Fraunhofer Institut	■			■
ISO/IEC 14709-1	ISDN - Basisanschluß	Norm	Sep 97	CAR 2 CAR Communication Consortium (C2C-CC), u.a. Audi, BMW, Volkswagen, Renault, DaimlerChrysler, Fiat, Continental, Bosch, Siemens, TU München, DLR, Fraunhofer Institut	■			■
ISO/IEC 14908	Informationstechnik - Gebäudenetzwerkprotokoll					■		■
ISO/IEC 14908-1	Protokollstack	Norm	Dez 09	ISO, IEC		■		■
ISO/IEC 14908-2	Kommunikation über paarig verdrehte Leitungen	Norm	Feb 12	ISO, IEC		■		■
ISO/IEC 14908-3	Power line channel specification	Norm	Feb 12	ISO, IEC		■		■
ISO/IEC 14908-4	IP Kommunikation	Norm	Feb 12	ISO, IEC		■		■
ISO/IEC DIS 15118	Straßenfahrzeuge - Kommunikationsschnittstelle Fahrzeug zu Stromnetz				■	■	■	
ISO/IEC DIS 15118-1	Allgemeine Informationen und Anwendungsfälle	Norm	Apr 13	ISO, IEC	■	■	■	
ISO/IEC DIS 15118-2	Technische Protokollbeschreibung und Anforderungen an die offenen Systemverbindungen (OSI)	Normentwurf	Mai 12	ISO, IEC	■	■	■	
ISO/IEC DIS 15118-3	Anforderungen an physikalische- und Datenverbindungsschnittstelle	Normentwurf	Nov 12	ISO, IEC	■	■	■	
OCHP v0.2	offener Standard zur Implementierung eines Roamingkonzeptes für Strom-Anbieter	offener Standard (in Entwicklung)	Mai 12	e-clearing.net				■
OCCP v1.5	Offener Standard für die Kommunikation zwischen Ladesäule und einer zentralen Verwaltung	offener Standard (in Entwicklung)	Jan 13	E-Laad foundation (NL)				■
OICP v1.0	offener Standard zur Implementierung eines Roamingkonzeptes für Strom-Anbieter	offener Standard (in Entwicklung)	Mrz 13	Hubject (Gesellschafter: BMW, Daimler, RWE, EnBW, Bosch, Siemens)				■
OSGP	offener Standard in Verbindung mit ISO/IEC 14908 für Smart Grid Anwendungen	offener Standard		ETSI		■		
VDV 452	VDV-Standardschnittstelle Liniennetz/Fahrplan	Standardschnittstelle	Apr 08	VDV				■
VDV 453	Integrationschnittstelle Rechnergestützter Betriebsleitsysteme	Standardschnittstelle	Mrz 08	VDV				■
VDV 454	Fahrplanauskunft auf Basis VDV 453	Standardschnittstelle	Mrz 08	VDV				■

Einen detaillierten Überblick der Normen und Standards sowie der Spezifikationen und Normungsgremien in der Elektromobilität gibt die deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1.1:</b>	Roadmap der Forschungsaktivitäten	6	<b>Abbildung 3.4:</b>	Notwendige Technologien zur Erreichung der Grenzwerte	52
<b>Abbildung 1.2:</b>	Auszug von Forschungs- und Demonstrationsprojekten in Baden-Württemberg	7	<b>Abbildung 3.5:</b>	Beispiele für das Fahrzeugangebot mit alternativen Antrieben (unvollständig)	55
<b>Abbildung 2.1:</b>	Das System Elektromobilität	8	<b>Abbildung 3.6:</b>	E-Mobility Index 01/2013	56
<b>Abbildung 2.2:</b>	Stromversorgung und Netzstruktur in Deutschland	9	<b>Abbildung 3.7:</b>	Bewertung eines Szenarios zur Einführung von Elektrofahrzeugen in der Fuhrparkflotte des Fraunhofer IAO	57
<b>Abbildung 2.3:</b>	Stromverbrauch im Tagesverlauf	10	<b>Abbildung 3.8:</b>	Landkarte Akteure im Bereich Flottenmanagement	58
<b>Abbildung 2.4:</b>	Stromerzeugung in Deutschland und Baden-Württemberg 2011	11	<b>Abbildung 3.9:</b>	Hardware-, Installations- und Betriebskosten für eine Heimpladestation für die Jahre 2010 und 2020	63
<b>Abbildung 2.5:</b>	Schematischer Aufbau eines Smart Grid	12	<b>Abbildung 3.10:</b>	Hardware-, Installations- und Betriebskosten für eine öffentliche Ladestation für die Jahre 2010 und 2020	63
<b>Abbildung 2.6:</b>	Fallbeispiel: Ladedauer bei unterschiedlichen Ladeleistungen für den Tagesbedarf eines typischen Elektroautos	16	<b>Abbildung 3.11:</b>	Zeitstrahl automobiler Innovationen	65
<b>Abbildung 2.7:</b>	Anteil der parkenden PKW im Tagesverlauf	17	<b>Abbildung 3.12:</b>	Verwaltung und Nutzung von geteilten Mobilitätsressourcen	66
<b>Abbildung 2.8:</b>	Typ-2-Stecker (geplanter Standard ab 2017)	18	<b>Abbildung 3.13:</b>	Funktionen von Fahrzeugtelematik-Systemen für elektromobile Fahrzeuge	66
<b>Abbildung 2.9:</b>	Combo-2-Stecker zur Unterstützung von Normalladung mit Wechselstrom und Schnellladung mit Gleichstrom	19	<b>Abbildung 3.14:</b>	Investitionen in IKT-Lösungen nach Region, Weltmarkt: 2010–2015	68
<b>Abbildung 2.10:</b>	Ladebuchse für kombiniertes Laden	19	<b>Abbildung 3.15:</b>	Penetrationsraten für eingebettete Telematik-Systeme in PKWs	68
<b>Abbildung 2.11:</b>	Induktives Ladesystem der Firma SEW	20	<b>Abbildung 3.16:</b>	Umsatzpotenzial für eingebettete Systeme in Baden-Württemberg	68
<b>Abbildung 2.12:</b>	Schematischer Aufbau eines RFID-Systems	22	<b>Abbildung 3.17:</b>	Wandel des Mobilitätsenerlebnisses	70
<b>Abbildung 2.13:</b>	IKT-Komponenten im Fahrzeug	24	<b>Abbildung 3.18:</b>	Wie gut passen die Unternehmen zur Connected Mobility: das Bewertungsmodell	71
<b>Abbildung 2.14:</b>	Schematische Darstellung IKT-relevanter Komponenten im Fahrzeug	24	<b>Abbildung 4.1:</b>	weltweites Marktvolumen der IKT-Branche in Mrd. Euro (2010)	72
<b>Abbildung 2.15:</b>	Multimedia-Vernetzung	26	<b>Abbildung 4.2:</b>	Marktvolumen der IKT-Branche in Europa in Mrd. Euro (2010)	72
<b>Abbildung 2.16:</b>	Veränderungen in der E/E-Architektur	27	<b>Abbildung 4.3:</b>	Entwicklung des IKT-Marktes in Deutschland (2009–2013)	73
<b>Abbildung 2.17:</b>	Aufbau eines Head-Up Displays	28	<b>Abbildung 4.4:</b>	IKT-Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt je Million Einwohner (2008)	74
<b>Abbildung 2.18:</b>	Smartphone Apps von BMW	30	<b>Abbildung 4.5:</b>	Innovationsindex 2012 für die Länder bzw. Regionen der Europäischen Region	74
<b>Abbildung 2.19:</b>	Standards und Technologien für die Datenübertragung	31	<b>Abbildung 4.6:</b>	Globaler Navigationsmarkt – Absatzentwicklung in Mio. Einheiten	76
<b>Abbildung 2.20:</b>	Überblick Flotten	32	<b>Abbildung 4.7:</b>	Entwicklung des Marktvolumens (Absatz und Umsatz) für Navigationsgeräte in Deutschland und Baden-Württemberg	76
<b>Abbildung 2.21:</b>	Übersicht Flotten und Funktionen	33	<b>Abbildung 4.8:</b>	Landkarte Akteure im Bereich Fahrzeugtelematik	77
<b>Abbildung 2.22:</b>	Aufbau eines Flottenmanagementsystems	38	<b>Abbildung 4.9:</b>	Nutzungsabsicht von umweltschonenden Antrieben in Fuhrparks in den nächsten drei Jahren	78
<b>Abbildung 2.23:</b>	Netzwerk-Infrastrukturen in intelligenten Gebäudesystemen	40	<b>Abbildung 4.10:</b>	Ladeleistungsbedarf von Elektroautos im Wochenverlauf	83
<b>Abbildung 2.24:</b>	Car-to-Car-Communication	43	<b>Abbildung 4.11:</b>	Benötigte Ladeleistung für 1 Mio. E-Fahrzeuge und verfügbare Kraftwerkskapazitäten	84
<b>Abbildung 2.25:</b>	Bevölkerungsentwicklung und Automobilbesitz junger Menschen	44	<b>Abbildung 4.12:</b>	Potenzielle Netzüberlastungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Ladeleistungen und unterschiedlichen Tageszeiten für verschiedene Durchdringungsraten von Elektrofahrzeugen	85
<b>Abbildung 2.26:</b>	Unterstützung intermodaler Verkehrskonzepte durch intelligente Verkehrsflusssteuerung in Halle	45	<b>Abbildung 4.13:</b>	verfügbare Ladeinfrastruktur in den Bundesländern	85
<b>Abbildung 2.27:</b>	Anzahl der Carsharing-Nutzer in Deutschland 2006–2012	45	<b>Abbildung 4.14:</b>	Landkarte Akteure im Bereich Ladeinfrastruktur	87
<b>Abbildung 2.28:</b>	Veränderungen des intermodalen Mobilitätsverhaltens nach Altersklassen	46	<b>Abbildung 4.15:</b>	Bestand und Relation von privaten und öffentlichen Ladestationen und Elektrofahrzeugen in Deutschland	90
<b>Abbildung 2.29:</b>	Umsatz- und Absatzentwicklung von Smartphones in Deutschland	47	<b>Abbildung 4.16:</b>	Entwicklung des Wertschöpfungspotenzials für Ladeinfrastruktur in Deutschland	90
<b>Abbildung 2.30:</b>	Smartphone-Anwendungen für die Bewältigung einer intermodalen Mobilitätskette	48	<b>Abbildung 4.17:</b>	Wertschöpfungspotenziale Baden-Württembergs im Bereich Ladeinfrastruktur für die Jahre 2010 und 2020	91
<b>Abbildung 3.1:</b>	Wege in die Elektromobilität im Rahmen von IKT-Technologien, Energie- und Ladeinfrastruktur und Flottenmanagement	50	<b>Abbildung 4.18:</b>	Auswirkungen der Produktion von Ladestationen auf die Arbeitsplätze in Deutschland und Baden-Württemberg bis zum Jahr 2020	92
<b>Abbildung 3.2:</b>	Erwarteter Automobilabsatz für verschiedene Antriebstechnologien bis 2025	51	<b>Abbildung 5.1:</b>	Übersicht ausgewählter Forschungsaktivitäten in Baden-Württemberg	92
<b>Abbildung 3.3:</b>	Geforderte Lastverteilung für den Zeitraum von 2006–2010	51			

# ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A	Ampere	GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
AG	Aktiengesellschaft	GPRS	General Packet Radio Service
ACEA	Dachverband der europäischen Automobilindustrie	GPS	Global Positioning System
AAL	Ambient Assisted Living	GSM	Global System for Mobile Communications
BEV	battery electrical vehicle	GW	Gigawatt
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.	h	Stunde
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	HCU	Hybrid Control Unit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	HUD	Head-Up Display
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	ICCB	In-Cable Control Box
BW	Baden-Württemberg	IEC	International Electrotechnical Commission
Car-to-Car	direkte Kommunikation von Fahrzeug zu Fahrzeug	IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
CAN	Controller Area NetworkCCS Combined Charging System	IFDS	Intelligente Fahrzeugdaten-Analysesysteme
CE	Consumer Electronics, Verbraucherelektronik	IITV	Institut für Technik der Informationsverarbeitung
CHAdemo	CHArge de Move (Charge for Moving)	IKONE	Integriertes Konzept für nachhaltige Mobilität
CO2	Kohlenstoffdioxid	IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
Combo-2-System	Combined Charging System (CCS)	IMMOS	Integrierte Methodik zur modellbasierten Steuergeräteentwicklung
CPU	Central Processing Unit	IPT	Inductive Power Transfer System
DC	Direct Current, Gleichstrom	ISO	International Organization for Standardization
DIN	Deutsches Institut für Normung	IT	Informationstechnologie
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik	IZS	Fraunhofer Institutszentrum Stuttgart
EIB	Europäisches Installationsbussystem	KBA	Kraffahrt-Bundesamt
EITO	European Information Technology Observatory	KEIM	Kompetenzzentrum für energetische und informationstechnische Mobilitätsschnittstellen
EPC	Electronic Product Code	kHz	Kilohertz
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	KIT	Karlsruher Institut für Technologie
EU	Europäische Union	km	Kilometer
EV	Electric Vehicle	KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
FCD	Floating Car Data	KNX	Konnex Bussystem
FI	Fehlerstrom	kV	Kilovolt
FMS	Flottenmanagementsystem	kW	Kilowatt
Fraunhofer IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation	kWh	Kilowattstunde
Fraunhofer IFF	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung	LAN	Local Area Network
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung	LKW	Lastkraftwagen
FSEM	Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität	LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden- Württemberg
FTE	Full Time Equivalent	MAN	Metropolitan Area Network
FuE	Forschung und Entwicklung	MBit	Megabit
FZI	Forschungszentrum Informatik	min	Minute
g	Gramm	Mio.	Millionen
gfu	Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik	MIV	Motorisierter Individualverkehr
GHz	Gigahertz	MOST	Media Oriented Systems Transport

Mrd.	Milliarde
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OEM	Original Equipment Manufacturer
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PHEV	plug-in hybrid electrical vehicle
PKW	Personenkraftfahrzeug
PLC	Powerline Kommunikation
PwC	PricewaterhouseCoopers
RAM	Random Access Memory
RCD	residual-current devic (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung)
RFID	Radio Frequency Identification
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
s	Sekunde
SAE	Society of Automotive Engineers
SARTRE	Safe Road Trains for the Environment (EU-Forschungsprojekt)
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory
TCO	Total Costs of Ownership
TK	Telekommunikation
TTW	Tank to Wheel
TU	Technische Universität
TWh	Terawattstunde
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UPS	United Parcel Service
USA	United States of America
USD	US Dollar
UWB	Ultra Wideband
V	Volt
V2G	Vehicle to Grid
VCU	Vehicle Dynamics Control
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
WAN	Wide Area Network
WAVE	Wireless Access for Vehicular Environment
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
W-LAN	Wireless Local Area Network
WTW	Well to Wheel
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie
Zigbee	Industriestandard für Funknetze

# LITERATURVERZEICHNIS

- 1 ADDX:  
Die Arten von Powerline Communication; <http://www.addx.de/plc/plc006.php> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 2 ACEA (2012):  
position and recommendations for the standardization of the charging of electrically chargeable vehicles; [http://www.acea.be/images/uploads/files/20100630\\_Standardisation\\_e-vehicles.pdf](http://www.acea.be/images/uploads/files/20100630_Standardisation_e-vehicles.pdf) (letzter Aufruf 14.02.2013)
- 3 ACEA (2013):  
Elektromobilität: Typ-2-Ladestecker wird europäischer Standard; <http://www.elektromobilitaet-praxis.de/politik-und-gesellschaft/articles/377839/> (letzter Aufruf 13.02.2013)
- 4 Advanced Microsystems for Automotive Applications (2010):  
Smart Systems for Green Cars and Safe Mobility; <http://www.amaa.de/pdfs/Agenda.pdf> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 5 AGES (2013): The easy way to pay; <http://www.ages.de/index.jsp?lng=49&cnt=46&sltem=62> (letzter Aufruf 27.05.2013)
- 6 aharadio.com; <http://aharadio.com/> (letzter Aufruf 27.05.2013)
- 7 AMG(2013):  
Mercedes SLS AMG E-CELL; <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-1309865-49-1469365-1-0-1-0-0-1-11694-0-0-1-0-0-0-0-0.html> (letzter Aufruf 12.02.2013)
- 8 Anegawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger; [http://www.emc-mec.ca/phev/Presentations\\_en/S12/PHEV09-S12-3\\_TakafumiAnegawa.pdf](http://www.emc-mec.ca/phev/Presentations_en/S12/PHEV09-S12-3_TakafumiAnegawa.pdf) (letzter Aufruf 05.02.2013)
- 9 Arval (2010): CVO-Barometer 2010 – Trends im Fuhrparkmanagement; <http://www.arval.de/ger/full-service-leasing/unternehmen/cvo/cvo-publikationen/cvo-publikationen.html> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 10 Arval (2011): CVO-Barometer 2011; <http://www.arval.de/ger/full-service-leasing/unternehmen/cvo/cvo-publikationen/themen/cvo-barometer-2011.html> (letzter Aufruf 27.02.2013)
- 11 Arval (2012): CVO-Barometer 2012; <http://www.arval.de/ger/full-service-leasing/unternehmen/cvo/cvo-publikationen/themen/cvo-barometer-2012.html> (letzter Aufruf 13.02.2013)
- 12 Auto Motor Sport (2010): Porsche 918 Spyder - der Supersportwagen wird gebaut; <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/porsche-918-spyder-entscheidung-steht-porsche-supersportwagen-918-wird-gebaut-1945757.html> (letzter Aufruf 11.02.2013)
- 13 Auto Tuning News (2008): eRUF: Elektro-Porsche mit 204 PS; <http://www.auto-tuning-news.de/news/artikel/eruf-elektro-porsche-mit-204-ps/> (letzter Aufruf 05.06.2013) [dia/0-921-1309865-49-1469365-1-0-1-0-0-1-11694-0-0-1-0-0-0-0-0.html](http://www.auto-tuning-news.de/news/artikel/eruf-elektro-porsche-mit-204-ps/) (letzter Aufruf 12.02.2013)
- 14 AUTO.DE (2010): Citroen bietet WLAN-Router fürs Auto; <http://www.auto.de/magazin/showArticle/article/41056/Citroen-bietet-WLAN-Router-fuers-Auto> (letzter Aufruf 27.05.2013)
- 15 AutomotiveIT (2009): Exakte Reichweitenvorhersage für Elektrofahrzeuge; <http://www.automotiveit.eu/exakte-reichweitenvorhersage-fur-elektrofahrzeuge/car-ict/id-002099> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 16 Autosieger (2010): Continental: Integration portabler Navigation in neue Fahrzeuge; <http://www.autosieger.de/article17967.html> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 17 Bähnisch, S. (2010): Weniger Steuern bei privater Nutzung; <http://www.autobild.de/artikel/elektro-dienstwagen-kfz-steuer-bei-privatnutzung-1268503.html> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 18 Bain & Company (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative; [http://www.bain.de/Images/Bain\\_Brief\\_Zum\\_E-Auto\\_gibt\\_es\\_keine\\_Alternative\\_2010.pdf](http://www.bain.de/Images/Bain_Brief_Zum_E-Auto_gibt_es_keine_Alternative_2010.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 19 Baldessari, R.; Bödecker, B.; Brakemeier, A. et al. (2007): CAR 2 CAR Communication Consortium Manifesto (letzter Aufruf 22.11.2010)
- 20 Bauer, G. (2010): Mio Moov V780: Navi mit Internet und Email; <http://www.navi-magazin.de/2401/mio-moov-v780-navi-und-netbook/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 21 BEM (2013): eMobilität im groß angelegten Flottenversuch; <http://www.bem-ev.de/emobilitat-im-gros-angelegten-flottenversuch/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 22 Bent, R. Phoenix Contact GmbH & Co KG (2012): Pressekonferenz SPS/IPC/Drives 2012
- 23 BITKOM (2009a): Hightech-Standort Deutschland, Internationale Wettbewerbsvorteile im IT- und Kommunikationssektor; [http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM\\_I-Standorte\\_20091217\\_web.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_I-Standorte_20091217_web.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 24 BITKOM (2009b): Stellungnahme der ITK-Industrie zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität; [http://www.bitkom.org/files/documents/Elektromobilitaet\\_V10\\_BITKOM\\_Postionspapier\\_V2.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Elektromobilitaet_V10_BITKOM_Postionspapier_V2.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)

- 25 BITKOM (2010a): Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland; [http://www.safetrans-de.org/documents/BITKOM\\_ES\\_web.pdf](http://www.safetrans-de.org/documents/BITKOM_ES_web.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 26 BITKOM (2010b): Studie „Connected Worlds“; [http://www.bitkom.org/files/documents/bitkom\\_connected\\_worlds\\_extranet.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/bitkom_connected_worlds_extranet.pdf) (letzter Aufruf 11.02.2013)
- 27 BITKOM (2012a): Die Deutsche Industrie setzt auf IT; [http://www.bitkom.org/de/presse/74532\\_71951.aspx](http://www.bitkom.org/de/presse/74532_71951.aspx) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 28 BITKOM (2012b): Erwerbstätige in der IKT-Branche; BITKOM\_Erwerbstaetige\_inkl\_CE-Jahresendwerte\_2008-2012.pdf
- 29 BITKOM, EITO (2012): IKT-Marktzahlen; BITKOM\_ITK-Marktzahlen\_Oktober\_2012\_Kurzfassung.pdf
- 30 BMBF (2008): IKT für Automobil/ Mobilität; <http://www.bmbf.de/de/9067.php> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 31 BMVBS (2012): Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität Technische Informationen und Details; [http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/78972/publicationFile/51909/effizienzhausplus\\_elektromobil\\_de\\_auf2.pdf](http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/78972/publicationFile/51909/effizienzhausplus_elektromobil_de_auf2.pdf) (letzter Aufruf 29.05.2013)
- 32 BMVS (2007): Kurzfassung zur Projektbeschreibung „Leitfaden Verkehrstelematik“; <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/31016/publicationFile/472/kurzfassung-leitfaden-verkehrstelematik.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 33 BMW (2011): BMW i3 Concept, Mobile App; <https://www.press.bmwgroup.com/pressclub/p/de/photoDetail.html;jsessionid=QzylRlsK2TvytFGmMWxLn1WS6pGrT1v6fvnLDY5rK11MvhR6YLJLl-2143097134?title=bmw-i3-concept-mobile-app-07-2011&docNo=P90080188> (letzter Aufruf 29.05.2013)
- 34 BMW (2013): BMW Head-Up Display; <http://www.bmw.de/de/footer/publications-links/technology-guide/head-up-display.html> (letzter Aufruf 26.05.2013)
- 35 BMWi (2012): Strukturwandel durch Digitalisierung; BMWi\_Monatsbericht\_01-2012-I-2.pdf
- 36 Bombardier (2012): Bombardier Transportation kooperiert mit Hochschule Mannheim: Studenten geben neue Impulse für E-Bus Projekt; [http://de.bombardier.com/de/press\\_release\\_20120221.htm](http://de.bombardier.com/de/press_release_20120221.htm) (letzter Aufruf 23.05.2013)
- 37 Bombardier (2013): Primove System; <http://www.oeko.de/oekodoc/1348/2012-001-de.pdf> (letzter Aufruf 18.02.2013)
- 38 Bosch Software innovations (2013): eMobility; <http://www.innovations.de/elektromobilitaet.html> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 39 Bund (2012): Elektromobilität erforschen und erproben; <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/5-Mobilit%C3%A4t/2012-11-22-elektromobilitaet-erforschen-und-erproben.html?nn=392552> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 40 Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2006): Drahtlose Kommunikationssysteme und ihre Sicherheitsaspekte; <http://www.internet-sicherheit.de/fileadmin/docs/publikationen/studien/BSI-Drahtlose-Kommunikationssysteme-Sicherheitsaspekte.pdf> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 41 Bundesnetzagentur (2012): Erster Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“; <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/erster-monitoring-bericht-energie-der-zukunft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (letzter Aufruf 27.02.2013)
- 42 Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung; <http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet-der-bundesregierung,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 43 Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2010): Innovative Antriebstechnologien, Elektromobilität und alternative Kraftstoffe für unsere Mobilität von morgen; [http://www.bdi.eu/download\\_content/InfrastrukturUndLogistik/BDI-PositionspapierI-innovative\\_Antriebstechnologien\\_1-2-2010.PDF](http://www.bdi.eu/download_content/InfrastrukturUndLogistik/BDI-PositionspapierI-innovative_Antriebstechnologien_1-2-2010.PDF) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 44 Büringer, H. (2007): Entwicklung des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg - Jahresfahrleistungen mit Kraftfahrzeugen; [http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag07\\_06\\_09.pdf](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag07_06_09.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 45 Büttner, A. (2009): Western European Car Telematics Market Booms; <http://www.isuppli.com/automotive-infotainment-and-telematics/news/pages/western-european-car-telematics-market-booms.aspx> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 46 BVBS (2008): Mobilität in Deutschland 2008; [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008\\_Abschlussbericht\\_I.pdf](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Abschlussbericht_I.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 47 Car Center Automotive Research; <http://www.uni-due.de/car/> (letzter Aufruf 27.05.2013)
- 48 Car Connectivity Consortium (2013): Frequently Asked Questions; <http://www.mirrorlink.com/about/faq.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 49 Car of the Year (2012): Opel Ampera; [http://www.caroftheyear.org/winner/2012\\_60/coty](http://www.caroftheyear.org/winner/2012_60/coty) (letzter Aufruf 13.02.2013)
- 50 car2go (2013): car2go elektromobil; <https://www.car2go.com/de/stuttgart/> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 51 Carsharing-Angebot in Stuttgart (2013): Carsharing – Angebote, Mobilitäts-Beratung; <http://www.stuttgart.de/item/show/296759> (letzter Aufruf 12.03.2013)
- 52 Centre for Promotion of Imports from developing countries (2010): The EU market for embedded systems
- 53 CNet Mobil (2012): 700.000 Android-Apps: Google zieht mit Apple gleich; <http://www.zdnet.de/88129581/google-zieht-mit-700-000-android-apps-mit-apple-gleich/> (letzter Aufruf 05.02.2013)
- 54 Computer Bild (2009): Garmin nüvi 1690: Navigation per mobiler Internetverbindung; <http://www.computerbild.de/artikel/cb-News-Navigation-Garmin-Nuevi-1690-4915070.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 55 Conductix-Wampfler (2013): IPT-Charge for Electric Vehicles; <http://www.wampfler.com/index.asp?id=10&plid=474&e1=2&e2=12&lang=E> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 56 Daimler (2010): Interview with Prof. Dr. Herbert Kohler; [http://nachhaltigkeit.daimler.com/reports/daimler/annual/2010/nb/German/3010/interview-with-prof\\_-dr\\_-herbert-kohler.html](http://nachhaltigkeit.daimler.com/reports/daimler/annual/2010/nb/German/3010/interview-with-prof_-dr_-herbert-kohler.html) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 57 Daimler AG; <http://www.daimler.com/dccom/de> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 58 Daimler Fleetboard (2010): FleetBoard – Implikationen intelligenter Tourensteuerung auf Materialflusssysteme; [http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=co2-bilanz%20kw-flotten%20telematik%20fahrzeugdiagnose&source=web&cd=4&cad=rja&ved=0CEEQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.bvl.de%2Fmisc%2FfilePush.php%3FmimeType%3Dapplication%2Fpdf%26fullPath%3D%2Ffiles%2F441%2F442%2F526%2F417%2F644%2FDLK10\\_F5\\_3Lipinsky.pdf&ei=ntGIUb7ZCeql4ATi44HwBQ&usq=AFQjCNFiG1kWyprWITN4Y21Pqu772EVng](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=co2-bilanz%20kw-flotten%20telematik%20fahrzeugdiagnose&source=web&cd=4&cad=rja&ved=0CEEQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.bvl.de%2Fmisc%2FfilePush.php%3FmimeType%3Dapplication%2Fpdf%26fullPath%3D%2Ffiles%2F441%2F442%2F526%2F417%2F644%2FDLK10_F5_3Lipinsky.pdf&ei=ntGIUb7ZCeql4ATi44HwBQ&usq=AFQjCNFiG1kWyprWITN4Y21Pqu772EVng) (letzter Aufruf 29.05.2013)
- 59 Das Business-Portal Baden-Württemberg: Automobilindustrie in Baden-Württemberg; [http://www.bw-invest.de/deu/index\\_deu\\_6398.aspx](http://www.bw-invest.de/deu/index_deu_6398.aspx) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 60 Dataforce (2010): Dataforce FleetReport 2010; <http://www.dataforce.de/web/guest/infocenter> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 61 Destatis (2009): Baden-Württembergs Wirtschaftsleistung ging 2009 um 7,4 Prozent zurück; <http://www.statistik-portal.de/Pressemitt/2010103.asphttp://www.bosch-si.com/de/startseite/startseite.html>; <http://www.heilbronn.ihk.de/dachmarken.aspx?site=ihkhstandort&nmi0=Wirtschaftsinfos&tabID=0&msgID=3991> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 62 DESTATIS (2013): Jährlicher Stromverbrauch eines privaten Haushaltes in Deutschland 1991 - 2011; <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/245790/umfrage/stromverbrauch-eines-privathaushalts-in-deutschland/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 63 Deutsch Post (2013): Einsatz 50 elektrisch betriebener Streetscooter im Rahmen von GoGreen“; [http://www.dp-dhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2012/deutsche\\_post\\_streetscooter\\_setzen\\_zusammenarbeit\\_bis\\_2013\\_fort.html](http://www.dp-dhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2012/deutsche_post_streetscooter_setzen_zusammenarbeit_bis_2013_fort.html) (letzter Aufruf 28.02.2013)
- 64 Deutsches Mobilitätspanel (2013): Statistiken 2008/2009, 2010/2011; <http://mobilitaetspanel.ifv.uni-karlsruhe.de/de/downloads/mop-berichte/index.html> (letzter Aufruf 11.02.2013)
- 65 Dialog Consult/VATM (2012): 14. TK-Marktanalyse Deutschland 2012; <http://www.vatm.de/fileadmin/publikationen/studien/tk-marktstudie-2012.pdf> (letzter Aufruf 05.02.2013)
- 66 Diefenbach, I. (2009): Der Mobile Kunde - Elektrofahrzeuge als neue Herausforderung für Netze; [http://www.life-needs-power.de/2009/23-04-2009\\_15-30\\_LNP\\_Vortrag%20Diefenbach.pdf](http://www.life-needs-power.de/2009/23-04-2009_15-30_LNP_Vortrag%20Diefenbach.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 67 Diefenbach, I. (2009): Elektromobilität aus Sicht der Energieversorgungsunternehmen; 7. CIGRE/CIRED-Informationsveranstaltung
- 68 DLR (2010): Car-to-Car-Communication; [http://www.dlr.de/DesktopDefault.aspx/tabid-79/7421\\_read-12172/gallery-1/gallery\\_read-Image.15285/](http://www.dlr.de/DesktopDefault.aspx/tabid-79/7421_read-12172/gallery-1/gallery_read-Image.15285/) (letzter Aufruf 12.02.2013)
- 69 Dostert, K.: Powerline-Kommunikation; <http://www.net-im-web.de/pdf/Dostert.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 70 E-Auto Portal (2010): Elektromobilitäts-Ziele durch mangelnde Standards gefährdet; <http://www.e-mobility-21.de/nc/related-e-auto-news/artikel/45971-elektromobilitaets-ziele-durch-mangelnde-standards-gefaehrdet-e-mobility-21de/187/> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 71 eCarTec Newsletter (2010): Test für das Auto von morgen im Smart Home; <http://www.ecartec.de/html/kit.html> (letzter Aufruf 08.11.2010)

- 72 ELAB (2012): Elektromobilität und Beschäftigung; [http://www.inkoop.iao.fraunhofer.de/Images/elab-zusammenfassung\\_tcm82-104753.pdf](http://www.inkoop.iao.fraunhofer.de/Images/elab-zusammenfassung_tcm82-104753.pdf) (letzter Aufruf 13.02.2013)
- 73 electricdrive.org (2013): Combined Charging – the universal charging system Design Achievements
- 74 Elektromobilisiert.de (2013): Die Zukunft gehört dem elektromobilen Fuhrpark; <http://www.inkoop.iao.fraunhofer.de/projekte/elektromobilisiert/> (letzter Aufruf 28.02.2013)
- 75 emobilserver (2013): Toyota hat weltweit mehr als 5 Millionen Hybridfahrzeuge verkauft; <http://www.emobilserver.de/elektromagazin/emobil-nachrichten/aktuelles/2013/apr/toyota-hat-weltweit-mehr-als-5-millionen-hybridfahrzeuge-verkauft.html> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 76 emopraxis (2011): Günstige Einstiegspreise machen einer Umfrage zufolge Hybridmodelle attraktiv; <http://www.elektromobilitaet-praxis.de/politik-und-gesellschaft/articles/377839/> (letzter Aufruf 13.02.2013)
- 77 EnBW (2013): Die EnBW-Ladestationen; <http://www.enbw.com/privatkunden/energie-und-zukunft/e-mobilitaet/ladestationen/index.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 78 EnBW (2013): Wir machen Stuttgart und die Region e-mobil; <http://www.enbw.com/privatkunden/energie-und-zukunft/e-mobilitaet/unser-beitrag/index.html> (letzter Aufruf 27.02.2013)
- 79 Engel, T. (2009): Die Netzintegration von Elektrofahrzeugen – Teil 1; [http://www.sonnenenergie.de/sonnenenergie-redaktion/SE-2009-02/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2009-02-s075-Mobilitaet-Netzintegration\\_Teil\\_1.pdf](http://www.sonnenenergie.de/sonnenenergie-redaktion/SE-2009-02/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2009-02-s075-Mobilitaet-Netzintegration_Teil_1.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 80 Enprecis (2011): Beyond In-Vehicle Controls: The Rise of the Smartphone; 05.02.2013 (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 81 eNterop (2012): interoperable Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Ladeinfrastruktur; <http://www.enterop.net/cms/index.php?page=home-de> (letzter Aufruf 14.04.2013)
- 82 EPO (2013): Top 50 Länder bzgl. der Patentanmeldungen. pdf; [http://www.epo.org/news-issues/press/releases/archive/2013/20130117/countries\\_de.html](http://www.epo.org/news-issues/press/releases/archive/2013/20130117/countries_de.html) (letzter Aufruf 23.05.2013)
- 83 ESA (2013): Galileo Fact Sheet; [http://download.esa.int/docs/Galileo\\_IOV\\_Launch/Galileo\\_factsheet\\_20110801.pdf](http://download.esa.int/docs/Galileo_IOV_Launch/Galileo_factsheet_20110801.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 84 Europäische Kommission (2013): eCall Automatischer Notruf für Verkehrsunfälle ab 2015 Pflicht in Autos (letzter Aufruf 14.08.2013)
- 85 EWE-Netz: Elektronische Zähler halten Einzug in Haushalte; <http://www.ewe-netz.de/strom/1959.php> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 86 Fasse, S. (2010): Das Mobiltelefon wird zur Fernbedienung des gesamten Lebens; VDI Nachrichten (letzter Aufruf 22.10.2010)
- 87 Fischer, J. (2004): Verkehrstelematik in Großstädten als Alternative zum Neubau von Verkehrswegen; <http://home.arcor.de/jfi4/telematik/diplomarbeit.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 88 Focus (2012): Car-to-Car-Communication Universelle Auto-Sprache ab 2015; [http://www.focus.de/auto/news/car-to-car-communication-universelle-auto-sprache-ab-2015\\_aid\\_856472.html](http://www.focus.de/auto/news/car-to-car-communication-universelle-auto-sprache-ab-2015_aid_856472.html) (letzter Aufruf 05.02.2013)
- 89 Focus (2013): Audi darf computergesteuert in Nevada fahren; [http://www.focus.de/digital/computer/elektronik-audi-darf-in-nevada-selbstfahrende-autos-testen\\_aid\\_894376.html](http://www.focus.de/digital/computer/elektronik-audi-darf-in-nevada-selbstfahrende-autos-testen_aid_894376.html) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 90 Forschungsinstitut Informatik (2010): Projekt IFDS; <http://www.fzi.de/index.php/de/forschung/forschungsbereiche/ess/themen-und-projekte/projekte/5426-projekt-ifds> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 91 Forschungsinstitut Informatik (2010): Projekt IMMOS; <http://www.fzi.de/index.php/de/forschung/forschungsbereiche/ess/themen-und-projekte/projekte/143-projekt-immos> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 92 Forschungszentrum Informatik (2012): FZI House of Living Labs; <http://www.fzi.de/index.php/forschung/fzi-house-of-living-labs> (letzter Aufruf 27.02.2013)
- 93 Fraunhofer (2013): Übermorgenprojekt GeMo; <http://www.fraunhofer.de/de/fraunhofer-forschungsthemen/verkehr-mobilitaet/personenmobilitaet/gemeinschaftlich-elektromobil.html> (letzter Aufruf 18.02.2013)
- 94 Fraunhofer HHI (2013): Neue breitbandige Baugruppen für die optische drahtlose Kommunikation entwickelt; <http://www.hhi.fraunhofer.de/de/media/presse/high-speed-internet-aus-der-deckenlampe.html?NL=1>
- 95 Fraunhofer IAO (2011): Strukturstudie BW<sup>e</sup> mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität Strukturstudie BW<sup>e</sup> mobil. 2., geänd. Aufl.; <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-192606.html> (letzter Aufruf 11.02.2013)
- 96 Fraunhofer IAO (2012): Gründung des Fraunhofer Anwendungszentrums KEIM; <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/compo->
- 97 Fraunhofer ISI (2010): Zur Nutzerakzeptanz von Elektromobilität; [http://www.elektromobilitaet.fraunhofer.de/Images/FSEM\\_Ergebnisbericht\\_Experteninterviews\\_tcm243-66462.pdf](http://www.elektromobilitaet.fraunhofer.de/Images/FSEM_Ergebnisbericht_Experteninterviews_tcm243-66462.pdf) (letzter Aufruf 20.02.2013)
- 98 Fraunhofer ISI (2011): Nutzerakzeptanz von Elektromobilität; [http://www.fraunhofer-isi-cms.de/elektromobilitaet/Media/forschungsergebnisse/13112542237651-10.92.21.153-Forschungsergebnisse\\_Nutzerakzeptanz\\_Elektromobilitaet\\_empirische\\_Studie.pdf](http://www.fraunhofer-isi-cms.de/elektromobilitaet/Media/forschungsergebnisse/13112542237651-10.92.21.153-Forschungsergebnisse_Nutzerakzeptanz_Elektromobilitaet_empirische_Studie.pdf) (letzter Aufruf 13.02.2013)
- 99 Frost & Sullivan (2009a): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles
- 100 Frost & Sullivan (2009b): Litmus Test for Commercial Vehicle Telematics Market: Results to exceed expectations (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 101 Frost & Sullivan (2009c): Telematics and Infotainment Market
- 102 Frost & Sullivan (2010): Electric Vehicles: European Voice of the Consumer Study – Fleet Manager and Drivers; <http://www.frost.com/sublib/display-report.do?bdata=bnVsbEB%2BQEJhY2tAfkAxMzY4Mjg5OTg5MzE4&id=M48B-01-00-00-00>
- 103 Frost & Sullivan (2013): Strategic Outlook of Global Telematics and Infotainment Market in 2013 (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 104 Geiger, T. (2003): Head-up-Display – Alles auf einen Blick; <http://www.spiegel.de/auto/werkstatt/0,1518,248469,00.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 105 Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany; [http://www.gtai.com/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Industries/ICT/1\\_Englisch/IndustryOverview\\_ICT\\_February2009\\_GTAI.pdf](http://www.gtai.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Industries/ICT/1_Englisch/IndustryOverview_ICT_February2009_GTAI.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 106 Germany Trade & Invest (2011): The Information and Communications Technology Industry in Germany; <http://www.research-in-germany.de/dachportal/en/Research-Areas-A-Z/Information-and-Communication-Technologies.html> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 107 Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (2005-2010): CEMIX: Consumer Electronics Markt Index; <http://www.gfu.de/home/marktzahlen/markt.xhtml> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 108 Grauman, S. et al. (2009): 12. Faktenbericht 2009
- 109 GreenGear (2013): Marktübersicht 2013 Elektrofahrzeuge; <http://www.greengear.de/elektroauto-marktuebersicht-2013/> (letzter Aufruf 12.02.2013)
- 110 Greeninvestment (2013): Estland hat das erste Schnelllade-Netz für Elektroautos; <http://www.greeninvestment.ch/Estland+hat+das+erste+Schnelllade+Netz+fuer+Elektroautos/576726/detail.htm> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 111 Greenmotorsblog.de (2012): Smart Electric Drive – Steckt im Smart ED das neue Schnellladegerät von Brusa?; <http://www.greenmotorsblog.de/elektroautos/smart-fortwo-electric-drive-%E2%80%93-steckt-im-smart-ed-das-neue-ladegerat-von-brusa/10662/> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 112 Grimm, O.: RFID - Technologie, Aufbau, Funktionsweise und technische Anwendungen; [http://www.enduroteam.de/olivergrimm/RFID-Technologie\\_Aufbau\\_Funktionsweise\\_und\\_technische\\_Anwendungen.pdf](http://www.enduroteam.de/olivergrimm/RFID-Technologie_Aufbau_Funktionsweise_und_technische_Anwendungen.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 113 Grinewitschus, V. et al. (2003): Intelligente Gebäudesysteme: eingebettete Intelligenz, Integration durch Vernetzung, neue Nutzeffekte durch Systemfunktionen; [http://e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2004/2/pdf/IKM\\_181.pdf](http://e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2004/2/pdf/IKM_181.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 114 Grünweg, T. (2008): Die blaue Null; <http://www.manager-magazin.de/lifestyle/auto/0,2828,596667,00.html> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 115 Hammer, J.: Maut in Stockholm - Steuer statt Stau; <http://www.vnr.de/b2c/reisen/maut-in-stockholm-steuer-statt-stau.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 116 Hansen, D.: EMC - The Impact of Power Line Communications; <http://www.ce-mag.com/archive/03/ARG/hansen1.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 117 Heuck, K., Dettmann, K.D. (1992): Elektrische Energieversorgung; Vieweg-Verlag, Wiesbaden (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 118 <http://gemeinde.zermatt.ch/betriebe/e-bus/daten.htm> (letzter Aufruf 08.11.2010)
- 119 <http://kropla.com/electric2.htm> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 120 <http://www.autoloco.de/oberklasse.php> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 121 <http://www.betterplace.com/> (letzter Aufruf 05.06.2013)

- 122 <http://www.brennpunkt-srl.de/UMTSuWLAN-FrequenzenSendeleistung.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 123 <http://www.chademo.com/> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 124 <http://www.computerbild.de/artikel/cb-Ratgeber-Handy-Allesueber-Bluetooth-3177119.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 125 <http://www.conductix.de/> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 126 <http://www.dafu.de/redir/gsm-technik.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 127 <http://www.discoverrfid.org/de/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 128 <http://www.elektronik-kompodium.de/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 129 <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0902021.htm> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 130 <http://www.enbw.com/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 131 <http://www.futurefleet.de/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 132 <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/radio-frequency-identification-RFID.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 133 <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/UMTS-Uebertragungsrate-UMTS-transmission-rate.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 134 <http://www.izmf.de/html/de/274.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 135 <http://www.lemnet.org/www.lemnet.org> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 136 <http://www.mennekes.de/www.mennekes.de> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 137 <http://www.modecezev.com/content/index.asp> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 138 <http://www.mog.com;https://mog.com/> (letzter Aufruf 27.05.2013)
- 139 [http://www.netgear.de/Support/Basiswissen/wireless\\_lan\\_grundlagen.html](http://www.netgear.de/Support/Basiswissen/wireless_lan_grundlagen.html) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 140 [http://www.peugeot.de/service/teile\\_zubehor/wifi/](http://www.peugeot.de/service/teile_zubehor/wifi/) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 141 <http://www.rfid-basis.de/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 142 <http://www.rfid-journal.de/rfid.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 143 <http://www.rfid-ready.de/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 144 <http://www.sew-eurodrive.com;www.sew-eurodrive.com> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 145 <http://www.toll-collect.de/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 146 <http://www.trade.gov/mas/ian/ecw/all.html> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 147 <http://www.ubitricity.com;www.ubitricity.com> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 148 <http://www.umts-infosite.de/umts-contra-gsm.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 149 <http://www.voip-information.de/wlan.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 150 <http://www.worldwide-datas.com;http://www.worldwide-datas.com/autos/> (letzter Aufruf 20.02.2013)
- 151 Hüttl, R., Pischetsrieder, B., Spath, D., et al. (2010): ELEKTROMOBILITÄT: Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen; [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/acatech\\_diskutiert/acatech\\_diskutiert\\_Elektromobilitaet\\_WEB.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/acatech_diskutiert/acatech_diskutiert_Elektromobilitaet_WEB.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 152 Hybrid-Autos.Info: Audi A6 L e-tron concept 2012; <http://www.hybrid-autos.info/Hybrid-Fahrzeuge/Audi/audi-a6-l-e-tron-concept-2012.html> (letzter Aufruf 11.02.2013)
- 153 IBM (2010): Lösungen im IBM Automotive Industry Solution Center Ehningen; [http://www-05.ibm.com/de/ibmforum/loesungen\\_aisc.html](http://www-05.ibm.com/de/ibmforum/loesungen_aisc.html) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 154 IBM (2012): IBM in Deutschland; <http://www-05.ibm.com/de/ibm/unternehmen/index.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 155 ifmo (2011): Mobilität junger Menschen im Wandel; [http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2011/ifmo2011\\_Mobilitaet\\_junger\\_Menschen.pdf](http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2011/ifmo2011_Mobilitaet_junger_Menschen.pdf) (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 156 Infoware (2008): Pressemitteilung, Marktstudie – Trends im Flottenmanagement; [http://www.infoware.de/infoware-Presse-service/pm/7\\_08.html](http://www.infoware.de/infoware-Presse-service/pm/7_08.html) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 157 Innovations-Report (2005): Deutschlands erster batteriebetriebener Elektrobuss mit berührungsloser Ladetechnologie in Betrieb; [http://www.innovations-report.de/html/berichte/verkehr\\_logistik/bericht-46653.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/verkehr_logistik/bericht-46653.html) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 158 Institut der deutschen Wirtschaft, T.Puls (2012): Broschüre zur CO<sub>2</sub>-Regulierung für PKW
- 159 Institut für Demoskopie Allensbach (2010): Allensbacher Computer- und Technik-Analyse (ACTA); <http://www.acta-online.de/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 160 Institut für Mobilitätsforschung (2002): Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2020; [http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2002/Zukunft\\_der\\_Mobilitaet\\_Szenarien\\_2020.pdf](http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2002/Zukunft_der_Mobilitaet_Szenarien_2020.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 161 Institut für Technik der Informationsverarbeitung (2010): Forschung; <http://www.itiv.kit.edu/26.php> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 162 Institut für technische Informatik (2012): Eingebettete Systeme; <http://www.iti.uni-stuttgart.de/abteilungen/eingebettete-systeme/projekte.html>
- 163 IPG Automotive GmbH (2012): Launch of "GreenNavigation" Project in Leading-Edge Cluster Electric Mobility South West. Pressemitteilung.; <http://www.ipg.de/index.php?id=955> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 164 iPhone for Cars (2010): Mercedes-Benz bietet WLAN im Fahrzeug – InCar Hotspot, Peugeot ab 2010; <http://iphoneforcars.wordpress.com/2010/01/13/mercedes-benz-bietet-wlan-im-fahrzeug-incar-hotspot/> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 165 IWR: Entwicklung des Gesamt-Stromverbrauchs in den Ländern; [http://www.iwr.de/re/eu/energie/str\\_bl.html](http://www.iwr.de/re/eu/energie/str_bl.html) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 166 Kaufmann, J. (2004): Head-up Display für mehr Verkehrssicherheit; [http://www.zdnet.de/arbeitsplatzrechner\\_peripherie\\_in\\_unternehmen\\_head\\_up\\_display\\_neue\\_technik\\_fuer\\_mehr\\_verkehrssicherheit\\_story-20000005-39125753-5.htm](http://www.zdnet.de/arbeitsplatzrechner_peripherie_in_unternehmen_head_up_display_neue_technik_fuer_mehr_verkehrssicherheit_story-20000005-39125753-5.htm) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 167 KBA (2013): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2013; [http://www.kba.de/cln\\_033/nn\\_1295790/DE/Presse/Pressemittelungen-Statistiken/2013/Fahrzeugbestand/fz\\_\\_bestand\\_\\_tabelle.html](http://www.kba.de/cln_033/nn_1295790/DE/Presse/Pressemittelungen-Statistiken/2013/Fahrzeugbestand/fz__bestand__tabelle.html) (letzter Aufruf 19.02.2013)
- 168 KBA Statistiken (2012): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltern, Wirtschaftszweigen; [http://www.kba.de/cln\\_031/nn\\_268956/DE/Statistik/Fahrzeuge/Publikationen/2012/fz23\\_\\_2012\\_\\_pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/fz23\\_2012\\_\\_pdf.pdf;http://www9.landtag-bw.de/WP15/Drucksachen/0000/15\\_0935\\_d.pdf;http://www.kba.de/cln\\_031/nn\\_268956/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Halter/2012\\_\\_b\\_\\_halter\\_\\_dusl\\_\\_absolut.html](http://www.kba.de/cln_031/nn_268956/DE/Statistik/Fahrzeuge/Publikationen/2012/fz23__2012__pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/fz23_2012__pdf.pdf;http://www9.landtag-bw.de/WP15/Drucksachen/0000/15_0935_d.pdf;http://www.kba.de/cln_031/nn_268956/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Halter/2012__b__halter__dusl__absolut.html) (letzter Aufruf 21.02.2013)
- 169 KBA Statistiken (2012): Fahrzeughalter Deutschland; [http://www.kba.de/cln\\_030/nn\\_268956/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Halter/2011/2011\\_\\_halter\\_\\_node.html?\\_\\_nnn=true](http://www.kba.de/cln_030/nn_268956/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Halter/2011/2011__halter__node.html?__nnn=true) (letzter Aufruf 10.02.2013)
- 170 KBA (2012): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2012; [http://www.kba.de/cln\\_033/nn\\_125398/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/2012\\_\\_b\\_\\_jahresbilanz.html#rechts](http://www.kba.de/cln_033/nn_125398/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/2012__b__jahresbilanz.html#rechts) (letzter Aufruf 11.02.2013)
- 171 Kempton, W. and Tomic, J. (2005): Vehicle-to-grid Power Fundamentals Calculating Capacity and Net Revenue 243; <http://ebook-browse.com/vehicle-to-grid-power-fundamentals-calculating-capacity-pdf-d74011709> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 172 Knechtel, H. (2011): Elektroautos nach ISO 15118 laden; <http://www.mobility20.net/pi/index.php?StoryID=1392&articleID=197202> (letzter Aufruf 12.03.2013)
- 173 Kuhn, T. (2010): Der Siegeszug des Anti iPhones; <http://www.wiwo.de/technik-wissen/der-siegeszug-der-anti-iphones-445205/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 174 Kuther, T. (2010): Deutschland braucht ein intelligentes Gesamtkonzept für Elektromobilität; <http://www.elektronikpraxis.vogel.de/stromversorgung/articles/251959/> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 175 LandEnergie: Stromverteilung in Deutschland; <http://www.landenergie.de/content/stromverteilung> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 176 Landtag von Baden-Württemberg (2009): Technologiewandel Mobilität; [http://www.landtag-bw.de/WP14/Drucksachen/5000/14\\_5567\\_d.pdf](http://www.landtag-bw.de/WP14/Drucksachen/5000/14_5567_d.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 177 Lasslop, M. (2010): Kontaktloses Laden von Elektrofahrzeugen; Cluster WS Netzintegration Elektromobilität (letzter Aufruf 29.06.2010)
- 178 LEMnet und e-clearing (2012): für grenzenlose E-Mobilität; <http://www.bsm-ev.de/news/lemnet-und-e-clearing.net-gemeinsam-fuer-grenzenlose-elektromobilitaet> (letzter Aufruf 12.03.2013)
- 179 Linssen, J. et al. (2009): Potenzialabschätzung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in Deutschland; [http://eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at\\_pages/events/iemt/iemt2009/papers/3C\\_4\\_BIRNBAUM\\_U\\_P.pdf](http://eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at_pages/events/iemt/iemt2009/papers/3C_4_BIRNBAUM_U_P.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 180 Lorkowski, S. et al.: Erste Mobilitätsdienste auf Basis von „Floating Car Data“; <http://elib.dlr.de/6613/1/Vortrag.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 181 Löser, R. (2009): Elektroautos, die rollenden Stromspeicher

- 182 LUBW (2013): Potenzialatlas „Erneuerbare Energien“; [http://www.dp-dhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2012/deutsche-post-streetscooter-setzen-zusammenarbeit-bis-2013\\_fort.html](http://www.dp-dhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2012/deutsche-post-streetscooter-setzen-zusammenarbeit-bis-2013_fort.html) (letzter Aufruf 28.02.2013)
- 183 Mairdumont (2009): „Weiter in Familienhand“; <http://www.mairdumont.com/de/1707.htm> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 184 Marwedel, P. (2008): Eingebettete Systeme
- 185 Mein Elektroauto (2013): Einsatz von Elektrofahrzeugen bei DriveNow; <http://www.mein-elektroauto.com/2013/01/carsharing-dienst-drivenow-setzt-nun-in-munchen-und-berlin-elektroautos-ein-videos/7410/> (letzter Aufruf 11.02.2013)
- 186 MWK-BW (2013): Informationstechnologie; <http://mwk.baden-wuerttemberg.de/kunst-und-kultur/film-und-neue-medien/it-und-neue-medien/informationstechnologie/> (letzter Aufruf 29.05.2013)
- 187 Nissan (2013): Nissan will triple number of DC fast chargers in US; <http://green.autoblog.com/2013/01/31/nissan-will-triple-number-of-dc-fast-chargers-in-us/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 188 Norm DIN IEC 61851-1 (VDE 0122-1) (2012): <http://www.beuth.de/norm/din-en-61851-1-vde-0122-1-2012-01/146186910> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 189 NPE (2012): Fortschrittsbericht der nationalen Plattform Elektromobilität (3. Bericht); <http://www.bsm-ev.de/positionen/3.-bericht-der-npe-offenbart-nachholbedarf> (letzter Aufruf 13.02.2013)
- 190 NPE (2012): Zwischenbericht AG3 Ladeinfrastruktur und Netzintegration; [http://www.bmbf.de/pubRD/agdrei\\_lade\\_infrastruktur\\_netzintegration.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/agdrei_lade_infrastruktur_netzintegration.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 191 N-TV (2013): Elektro-Auto-Revolutionär gibt auf Better Place zieht den Stecker; <http://www.n-tv.de/wirtschaft/Better-Place-zieht-den-Stecker-article10710201.html> (letzter Aufruf 27.05.2013)
- 192 Öko-Institut e.V. (2012): Zukunft Elektromobilität? Potenziale und Umweltauswirkungen; <http://www.oeko.de/oekodoc/1348/2012-001-de.pdf> (letzter Aufruf 18.02.2013)
- 193 Oliver Wyman (2010): Pressemitteilung - Studie Flottenkunden 2010; [http://www.oliverwyman.de/deu-insights/ManSum\\_OliverWyman\\_Flottenkunden\\_2010.pdf](http://www.oliverwyman.de/deu-insights/ManSum_OliverWyman_Flottenkunden_2010.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 194 Ott, P., Pogany, P. (2008): Optik-Design von Head-Up Displays mit CAD-kompatiblen Freiformflächen; [http://www.photonik.de/fileadmin/pdf/fachaufsaetze/photonik\\_2008\\_02\\_68.pdf](http://www.photonik.de/fileadmin/pdf/fachaufsaetze/photonik_2008_02_68.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 195 Pauli, B., Schindler, T. (2001): Telematikdienste – Ein Ausweg aus dem drohenden Verkehrschaos?; <http://www.segma.de/vorlesung00/telematik.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 196 PC Welt (2009): Navi mit Internet-Zugang - Tomtom Go 740 Live; <http://www.pcwelt.de/news/Test-Video-Navi-mit-Internet-Zugang-Tomtom-Go-740-Live-397216.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 197 Peugeot (2013): WIFI on Board; <http://services.peugeot.de/wifi-on-board/> (letzter Aufruf 27.05.2013)
- 198 Phoenix Contact GmbH & Co KG (2013): Darstellung des kombinierten AC-/DC-Ladesystems; [https://www.phoenixcontact.com/online/portal/de?1dmy&urile=wcm:path:/dede/web/main/products/subcategory\\_pages/E-mobility\\_plug-in\\_connectors\\_P-20-12/df8e2122-37ca-4529-8a17-ed17e8eba258](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/de?1dmy&urile=wcm:path:/dede/web/main/products/subcategory_pages/E-mobility_plug-in_connectors_P-20-12/df8e2122-37ca-4529-8a17-ed17e8eba258) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 199 PikeResearch (2010): Electric Vehicle Information Technology Systems; <http://www.navigantresearch.com/wordpress/wp-content/uploads/2010/09/EVIT-10-Executive-Summary.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 200 Pressebox (2009): IBM eröffnet neue Deutschlandzentrale; <http://www.pressebox.de/pressemitteilungen/ibm-deutschland-gmbh-stuttgart/boxid/303820> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 201 PwC (2009): Fein aber klein: Neuer Trend bei Premium-Autos; <http://www.pwc.de/de/pressemitteilungen/2009/fein-aber-kleiner-trend-bei-premium-autos.jhtml> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 202 PwC (2009): Zukunft in Bewegung; [http://www.global-innovation.net/press/2009/pdf/PwC\\_2009\\_Zukunft\\_in\\_Bewegung\\_Seiten\\_40-44\\_.pdf](http://www.global-innovation.net/press/2009/pdf/PwC_2009_Zukunft_in_Bewegung_Seiten_40-44_.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 203 PwC (2010): Elektromobilität – Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand; <http://www.iao.fraunhofer.de/images/downloads/elektromobilitaet.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 204 RadissonBlu (2013): Strom für Elektroauto beim Aufenthalt inklusive; <http://www.radissonblu.de/tagungen/elektroauto> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 205 Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?; [http://www.energieregion.nrw.de/\\_database/\\_data/datainfopool/01c\\_TU\\_Dortmund\\_Infrastruktur\\_und\\_Netze\\_Rehtanz.pdf](http://www.energieregion.nrw.de/_database/_data/datainfopool/01c_TU_Dortmund_Infrastruktur_und_Netze_Rehtanz.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 206 Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung; Vieweg Teubner Verlag, Wiesbaden (letzter Aufruf 15.05.2013)
- 207 Reif, Konrad (2007): Automobilelektronik – Eine Einführung für Ingenieure; Vieweg Teubner Verlag, Wiesbaden (letzter Aufruf 15.05.2013)
- 208 Results of discussions of the French-German working group on infrastructure; [www.vda.de/en/downloads/727/](http://www.vda.de/en/downloads/727/) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 209 Roadmap Smart Grids Austria (2010): Der Weg in die Zukunft der elektrischen Stromnetze; <http://www.smartgrids.at/termine-downloads/#downloads> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 210 Rettungsdienst Heilbronn (2009): FMS Statusmeldungen für den Rettungsdienst Heilbronn
- 211 Roland Berger (2010): Powertrain 2020; [http://www.rolandberger.at/media/pdf/Roland\\_Berger\\_Powertrain\\_2020\\_20110215.pdf](http://www.rolandberger.at/media/pdf/Roland_Berger_Powertrain_2020_20110215.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 212 Roland Berger (2013): Quartalsindex Elektromobilität; [http://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland\\_Berger\\_E-Mobility\\_Index\\_final\\_D\\_20130521.pdf](http://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_E-Mobility_Index_final_D_20130521.pdf) (letzter Aufruf 23.05.2013)
- 213 Roland Berger (2013): Connected Mobility 2025 – neue Wertschöpfung im Personenverkehr der Zukunft; [http://www.rolandberger.de/medien/pressemitteilungen/connected\\_2025.html](http://www.rolandberger.de/medien/pressemitteilungen/connected_2025.html) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 214 Rollennitz, L. et al. (2010): E/E-Architektur für einen NFZ Hybridantriebsstrang; ATZ Elektronik, 5. Jg., 2010, Nr. 4 (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 215 Roth, W.D. (2004): Daten aus der Steckdose - Müll im Funk; <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/16/16435/1.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 216 SARTRE (2013): The Sartre Project; <http://www.sartre-project.eu/en/Sidor/default.aspx> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 217 Schaufenster Elektromobilität (2013): livinglab BW<sup>e</sup> mobil; [www.livinglab-bwe.de](http://www.livinglab-bwe.de) (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 218 Schwarzer, C.M. (2010): Das Märchen von „Top-Down“; <http://www.stern.de/auto/service/fahrzeugentwicklung-das-maerchen-von-top-down-1542549.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 219 SEW-Eurodrive (2010): Bayerischer Staatspreis 2010 für Elektromobilität geht an SEW-EURODRIVE; [http://www.sew-eurodrive.de/presse/2010-10-21\\_1287651081\\_P.htm](http://www.sew-eurodrive.de/presse/2010-10-21_1287651081_P.htm) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 220 SEW-Eurodrive (2010): ELEKTROmobil in die Zukunft – Innovative Antriebslösungen für die urbane Logistik und Elektromobilität; <http://www.sew-eurodrive.com/download/pdf/17013607.pdf> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 221 SEW-Eurodrive Deutschland; <http://www.sew-eurodrive.de/> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 222 Shell (2009): PKW-Szenarien bis 2030; [http://www-static.shell.com/static/deu/downloads/aboutshell/our\\_commitment/energy\\_dialogue/2009/duesseldorf/adolf\\_pkw\\_szenarien\\_duesseldorf\\_090609.pdf](http://www-static.shell.com/static/deu/downloads/aboutshell/our_commitment/energy_dialogue/2009/duesseldorf/adolf_pkw_szenarien_duesseldorf_090609.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 223 Siemens (2013): Green Mobility; <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/de/complete-mobility/green-mobility/green-mobility-auf-der-strasse/Seiten/green-mobility-auf-der-strasse.aspx#content> (letzter Aufruf 12.02.2013)
- 224 Spiegel (2012): Elektroautos Regierung hält an Millionen Ziel bis 2020 fest; <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/elektroautos-regierung-haelt-an-millionen-ziel-bis-2020-fest-a-858936.html> (letzter Aufruf 23.05.2013)
- 225 Spitzencluster-Süd-West (2012): Projekt eFlotten- und Lademanagement (eFlotte); <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/geschaeftsfelder/engineering-systeme/1058-e-mobile-erobern-fuhrpark.html> (letzter Aufruf 28.02.2013)
- 226 Statista (2013): Absatz und Umsatz von Smartphones 2008-2012; <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/77637/umfrage/absatzmenge-fuer-smartphones-in-deutschland-seit-2008/>; <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/77634/umfrage/umsatz-mit-smartphones-in-deutschland-seit-2008/> (letzter Aufruf 05.02.2013)
- 227 Statista (2013): Carsharing; <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/202416/umfrage/entwicklung-der-carsharing-nutzer-in-deutschland/> (letzter Aufruf 10.02.2013)
- 228 Statistiko (2013): Ein Leben ohne Auto; <http://www.statistiko.de/statistik/25433/73-prozent-deutschen-koennen-leben-ohne-auto-nicht-vorstellen> (letzter Aufruf 12.02.2013)
- 229 Statistischen Landesamt Baden-Württemberg (2012): Baden-Württemberg bei IT-Forschung in der ersten Liga; <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Pressemitt/2012243.asp> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 230 Statistisches Bundesamt (2009): Wirtschaftsrechnungen; [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Einkommen-KonsumLebensbedingungen/LfdWirtschaftsrechnungen/EinnahmenAusgabenprivaterHaushalte2150100097004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Einkommen-KonsumLebensbedingungen/LfdWirtschaftsrechnungen/EinnahmenAusgabenprivaterHaushalte2150100097004.pdf?__blob=publicationFile) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 231 Statistisches Bundesamt (2013): Bruttostromerzeugung in Deutschland für 2010 bis 2012; <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Erzeugung/Tabellen/Bruttostromerzeugung.html> (letzter Aufruf 05.02.2013)

- 232 Statistisches Landesamt BW (2012): Energiebericht 2012; <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Veroeffentl/806112002.pdf> (letzter Aufruf 18.02.2013)
- 233 Statistisches Landesamt BW (2012): IKT Industriedichte; <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/veroeffentl/803312001.pdf> (letzter Aufruf 29.05.2013)
- 234 Statistisches Landesamt BW (2013): Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg 1973 bis 2012; [http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/UmweltVerkehr/Landesdaten/EN\\_ET\\_BS\\_LR.asp](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/UmweltVerkehr/Landesdaten/EN_ET_BS_LR.asp) (letzter Aufruf 20.05.2013)
- 235 Statistisches BA BW (2012): Innovationsindex 2012; <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Pressemitt/2012385.asp> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 236 Stenzel, M. (2010): Autoverleih: Suche nach den Wagen; [http://diepresse.com/home/leben/motor/561838/Autoverleih\\_Suche\\_nach-den-Wagen](http://diepresse.com/home/leben/motor/561838/Autoverleih_Suche_nach-den-Wagen) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 237 Strategy Analytics (2010): In den Navigationsmarkt kommt Bewegung; Pressemitteilung; <http://www.pressebox.de/pressemeldungen/strategy-analytics/boxid/158180> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 238 Suedbaden.business-on.de (2009): Wo im Südwesten bei Harman Becker Automotive 416 Jobs abgebaut werden; [http://suedbaden.business-on.de/wo-im-suedwesten-bei-harman-becker-automotive-416-jobs-abgebaut-werden\\_id4736.html](http://suedbaden.business-on.de/wo-im-suedwesten-bei-harman-becker-automotive-416-jobs-abgebaut-werden_id4736.html) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 239 Technomar (2010): Whitepaper Elektromobilität: Optionen für Deutschlands Automobilindustrie; <http://www.technomar.de/downloads/whitepaperelektromobilitaetoptionenfuerdeutsch.pdf> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 240 Telematics Update (2010): Telematics and EV: Reducing „range anxiety“; <http://social.telematicsupdate.com/industry-insight/telematics-and-evs-reducing-%E2%80%9Crange-anxiety%E2%80%9D> (letzter Aufruf 16.09.2010)
- 241 TESLA (2013): Features und technische Daten; [http://www.tesla-motors.com/de\\_AT/models/specs](http://www.tesla-motors.com/de_AT/models/specs) (letzter Aufruf 23.05.2013)
- 242 The Telegraph (2012): California paves way for driverless cars; <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/9567013/California-paves-way-for-driverless-cars.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 243 Theisen, T. (2009): RWE E-Mobility Projects; <http://www.slideshare.net/nicksinthemix/thomas-theisen-rwe> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 244 Totz, S. (2010): E-Auto und konventionelles Auto im Vergleich; [http://www.greenpeace.de/themen/verkehr/auto\\_klima/artikel/e\\_auto\\_und\\_konventionelles\\_auto\\_im\\_vergleich/](http://www.greenpeace.de/themen/verkehr/auto_klima/artikel/e_auto_und_konventionelles_auto_im_vergleich/) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 245 Transport for London (2011): Was müssen Sie über die Citymaut wissen?; <http://www.tfl.gov.uk/tfl/languages/deutsch/german-congestion-charge-leaflet.pdf> (letzter Aufruf 29.05.2013)
- 246 TU Berlin (2010): E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin; [http://www.verkehrsplanung.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Dokumente/e-mobility\\_2025.pdf](http://www.verkehrsplanung.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Dokumente/e-mobility_2025.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 247 TÜV Süd (2012): Umfrage zum Thema Energieeffizienz bei LKW-Flottenbetreibern; <http://www.tuev-sued.de/uploads/images/1346944625517499950085/tuev-sued-umfrage-fuhrunternehmen.pdf> (letzter Aufruf 12.03.2013)
- 248 Twelsiek, C. (2001): Automobilbranche muss sich an der rasanten Entwicklung des Mobilfunks orientieren; <http://www.innovations-report.de/html/berichte/messenachrichten/bericht-4925.html> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 249 Umweltbundesamt (2011): Jährliche Auswertung Feinstaub 2011; <http://www.env-it.de/umweltbundesamt/luftdaten/documents.fwd?comp=PM1#PM10> (letzter Aufruf 05.02.2013)
- 250 Umweltbundesamt (2011): Onlineumfrage zur Lärmbelästigung 2011; <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2451> (letzter Aufruf 05.02.2013)
- 251 United Navigation (2010): OEM Software; <http://www.united-navigation.com/en/business-oem-solutions/oem-software.html> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 252 University of Michigan Transportation Research Institut (2012): Safety Pilot (letzter Aufruf 14.08.2013)
- 253 UPS (2012): Elektrofahrzeuge im Kleinflottenversuch in Herne; <http://efa-s.de/Eigene%20Dateien/EFA-S%20Herne.pdf> (letzter Aufruf 28.02.2013)
- 254 VDA (2010): Zahlen und Fakten; <http://www.vda.de/de/zahlen/jahreszahlen/allgemeines/> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 255 VDA (2013): Deutsche Autobauer halten am Ziel für Elektromobilität fest; <http://www.techfieber.de/motor/2013/03/21/green-motor-deutsche-autobauer-halten-an-zielen-fur-elektromobilitaet-fest-1-mio-e-cars-bis-2020/> (letzter Aufruf 23.05.2013)
- 256 VDE (2010): Positionspapier IKT 2020 Fakten – Trends – Positionen; <http://www.vde.com/de/InfoCenter/Seiten/Details.aspx?esiShopItemID=b3b5bb2e-dacb-4799-815e-2fc3fccaea1d> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 257 VDE (2010): VDE-Studie sieht für Elektroautos noch Hürden bis zum Massenmarkt; <http://www.vde.com/de/Verband/Pressecenter/Pressemeldungen/Fach-und-Wirtschaftspresse/2010/Seiten/2010-35.aspx> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 258 VDE (2010): VDE-Studie sieht für Elektroautos noch Hürden bis zum Massenmarkt; <http://www.vde.com/de/verband/press-center/pressemeldungen/fach-und-wirtschaftspresse/seiten/2010-35.aspx> (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 259 VDE (2013): Deutschlands Autoindustrie kann aufatmen – Die Steckerfrage für Elektroautos ist geklärt; <http://www.vde.com/de/Regionalorganisation/Bezirksvereine/Wuerttemberg/Berichte/Seiten/2013-01-29.aspx> (letzter Aufruf 13.02.2013)
- 260 Voigt, S. (2010): Den Telematik-Markt auf einen Blick; [http://www.eurotelematik.de/cms/upload/Telematik\\_2010\\_Marktbersicht.pdf](http://www.eurotelematik.de/cms/upload/Telematik_2010_Marktbersicht.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 261 Wagner, H.F. (2012): Struktur des deutschen Stromnetzes; <http://www.weltderphysik.de/gebiete/technik/energie/speichern-und-transportieren/strom/netzstruktur/> (letzter Aufruf 27.02.2013)
- 262 Wallentowitz, H., Reif, K. (2006): Handbuch Kraftfahrzeug-elektronik; Vieweg Teubner Verlag, Wiesbaden (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 263 WAZ (2012): Smartphone löst Auto als Statussymbol ab; <http://www.derwesten.de/politik/smartphone-loest-auto-als-status-symbol-ab-id6887469.html> (letzter Aufruf 28.05.2013)
- 264 Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010): Jahreswirtschaftsbericht 2009/2010; [http://www.wm.baden-wuerttemberg.de/fm7/1106/JWB\\_09\\_10.pdf](http://www.wm.baden-wuerttemberg.de/fm7/1106/JWB_09_10.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 265 Wirtschaftswoche (2013): Warum Audi beim A2 und R8 den Stecker zog; <http://www.wiwo.de/technologie/auto/serienproduktion-gestoppt-warum-audi-beim-a2-und-r8-den-stecker-zog/7396966.html> (letzter Aufruf 23.05.2013)
- 266 Wölfle, R.D.: Powerline Communication (PLC); <http://www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/technik/plc.htm> (letzter Aufruf 08.11.2010)
- 267 Woyke, W. (2010): Elektromobilität Chancen und Perspektiven für Energiewirtschaft und Netzbetrieb; [http://www.ostfalia.de/export/sites/default/de/ifvm/download/4SFM/Vortraege\\_4SFM/Elektromobilitaet\\_Chancen\\_und\\_Perspektiven\\_fxr\\_Energiewirtschaft\\_und\\_Netzbetrieb\\_Woyke.pdf](http://www.ostfalia.de/export/sites/default/de/ifvm/download/4SFM/Vortraege_4SFM/Elektromobilitaet_Chancen_und_Perspektiven_fxr_Energiewirtschaft_und_Netzbetrieb_Woyke.pdf) (letzter Aufruf 29.05.2013)
- 268 Woyke, W. (2009): Elektrofahrzeuge als Speicher im Netz; [http://www.efzn.de/fileadmin/Veranstaltungen/Nds\\_Energietaege/2009/Fachforum\\_2/Woyke\\_Elektrofahrzeuge\\_als\\_Pufferspeicher\\_im\\_Netz\\_\\_NET2009\\_.pdf](http://www.efzn.de/fileadmin/Veranstaltungen/Nds_Energietaege/2009/Fachforum_2/Woyke_Elektrofahrzeuge_als_Pufferspeicher_im_Netz__NET2009_.pdf) (letzter Aufruf 17.11.2010)
- 269 Zeit (2012): Google - Kalifornien lässt autonome Autos auf die Straße; <http://www.zeit.de/digital/mobil/2012-09/google-autonome-autos> (letzter Aufruf 16.04.2013)
- 270 Zeit-Online (2009): Flotter mit Strom; <http://www.zeit.de/2009/47/T-Elektroroller> (letzter Aufruf 05.06.2013)
- 271 Zettl, A., Niederberger, D. (2013): Connected Car – Szenarien und Zukunftspotentiale
- 272 ZVEI (2009): Elektroindustrie in Zahlen 2008/2009
- 273 ZVEI (2010): ZVEI-Benchmarking – Die Elektroindustrie in Branchenvergleich; [http://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Startseite/ZVEI\\_Intersektorales\\_Benchmarking\\_Juni\\_2010\\_01.pdf](http://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Startseite/ZVEI_Intersektorales_Benchmarking_Juni_2010_01.pdf) (letzter Aufruf 05.06.2013)



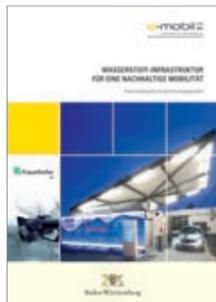
**Baden-Württemberg  
Kompetenz in Elektromobilität**

Umfassender Anbieter- und Marktüberblick: Der Kompetenzatlas Elektromobilität stellt Unternehmen, Forschungsinstitute und Hochschulen aus Baden-Württemberg im Bereich Elektromobilität vor. Zudem informiert er über Initiativen und Verbände und zeigt gleichzeitig Kooperations- und Einstiegsmöglichkeiten auf.



**Strukturstudie BW mobil 2011 –  
Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität**

Die vorliegende Analyse gibt einen umfassenden Einblick und Ausblick in die verschiedenen Technologieansätze der Elektromobilität und zeigt, dass Baden-Württemberg eine hervorragende Ausgangsposition besitzt, um sich in diesem Zukunftsmarkt eine Spitzenstellung zu sichern. Die Datenbasis der Erstauflage wurde hierfür umfassend geprüft, aktualisiert und um neue relevante Themenfelder erweitert. (Diese Studie ist auch in englisch verfügbar)



**Wasserstoff-Infrastruktur für eine nachhaltige Mobilität –  
Entwicklungsstand und Forschungsbedarf**

Die Studie gibt einen umfassenden Überblick über die aktuelle Ausgangslage der Wasserstoff-Infrastruktur sowie die verfügbaren technischen Konzepte und Komponenten der Tankstellen. Zudem sind konkrete Vorschläge für den weiteren Forschungs- und Handlungsbedarf von Industrie, Verbänden und öffentlicher Hand enthalten.



**Energieträger der Zukunft – Potenziale der  
Wasserstofftechnologie in Baden-Württemberg**

Die Studie gibt einen Überblick über den Stand der Technik, stellt den Aufbau der Wertschöpfungskette mit den jeweiligen Kompetenzen im Land dar und schätzt die zukünftigen Umsatz- und Beschäftigungspotenziale ab. Zudem enthält die Studie einen Leitfaden für Unternehmen zur Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Baden-Württemberg.



**Akademische Qualifizierung – Analyse der Bildungs-  
landschaft im Zeichen von Nachhaltiger Mobilität**

Die umfassende Studie verschafft Unternehmen einen Überblick über das deutschlandweite Hochschulangebot im Themenfeld der Nachhaltigen Mobilität. Des Weiteren werden darin Anforderungen der Unternehmen an die Hochschulen und deren Absolventen dargestellt und es sind Empfehlungen enthalten, wie die Politik dazu beitragen kann, die Informations- und Kommunikationsprozesse zwischen Hochschulen und Unternehmen effektiver zu gestalten.



**Neue Wege für Kommunen**

Mit der Publikation „Neue Wege für Kommunen - Elektromobilität als Baustein zukunfts-fähiger kommunaler Entwicklung in Baden-Württemberg“ wird den verantwortlichen Akteuren in den Kommunen im Land ein anschaulicher Einstieg in das Thema nachhaltige Mobilität gegeben und mit Beispielen aus der Praxis gezeigt, wie Elektromobilität vor Ort für die Bürgerinnen und Bürger umgesetzt werden kann. Es werden Handlungsoptionen, Konzepte und Ideen für Kommunen dargestellt, die sie bei der Initiierung oder beim Ausbau der Einführung der Elektromobilität unterstützen.



**Spanende Bearbeitung von Leichtbauwerkstoffen –  
Einführung und Überblick**

Die Potentialanalyse beleuchtet die technologischen Besonderheiten der Leichtbauwerkstoffe im Hinblick auf ihre spanende Bearbeitung und betrachtet die gesundheitlichen Aspekte, die bei der Bearbeitung von Leichtbauwerkstoffen zu beachten sind.



**Leichtbau in Mobilität und Fertigung  
Ökologische Aspekte**

Die Studie untersucht das Thema Nachhaltigkeit im Leichtbau unter den Gesichtspunkten Ökologie und Gesundheit. Neben der Ökobilanz, bei der die Auswirkungen auf die Umwelt betrachtet werden, spielen auch gesundheitliche Aspekte der Herstellung und Nutzung von Leichtbauprodukten eine wichtige Rolle.



**Leichtbau in Mobilität und Fertigung –  
Chancen für Baden-Württemberg**

Mit dieser Studie wird ein ganzheitlicher Überblick über die technologischen Aspekte des Leichtbaus gegeben und die Relevanz dieser Schlüsseltechnologie für Baden-Württemberg dargestellt. Dabei werden Chancen und Risiken aufgezeigt und die Branchen identifiziert, die bereits Entwicklungen forciert vorantreiben. Betrachtet werden zum einen Konstruktionsweisen und Werkstoffe für Leichtbau, zum anderen wird ein Einblick in die Entwicklungen der verschiedenen Branchen gegeben.



**Leichtbau in Baden-Württemberg –  
Kompetenzatlas**

Der Kompetenzatlas präsentiert in gebündelter Form die Forschungskompetenzen im Bereich Leichtbau in Baden-Württemberg, gibt einen Einblick in die Komplexität und Vielfalt des Themengebiets Leichtbau und stellt die verschiedenen Kompetenzträger mit ihren Forschungsschwerpunkten vor. Präsentiert werden 11 außeruniversitäre Forschungsinstitute, 28 Universitätsinstitute und 13 Hochschulen für angewandte Forschung, deren Aktivitäten und Kompetenzen für die Entwicklung und Herstellung leichter Strukturen erforderlich sind.



## Impressum

### Herausgeber

e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg  
Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg  
Anwendungszentrum KEIM des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

### Redaktion

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dieter Spath, Prof. Dr. Andreas Rößler,  
Hannes Rose, Florian Rothfuss, Dionysios Satikidis, Gabriele Scheffler

### Koordination Studie

e-mobil BW GmbH  
Frauke Goll  
Anwendungszentrum KEIM des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)  
Gabriele Scheffler

### Layout/Satz/Illustration

TEAM STRUNZ | tswa.de  
Agentur für Marketing & Kommunikation

### Fotos

Umschlag: © kalafoto - fotolia.com  
Umschlag und Seite 93: © Edelweiss - fotolia.com  
Innenseite und Inhalt: © Harry HU - fotolia.com  
Die Quellenachweise aller weiteren Bilder befinden sich auf der jeweiligen Seite.

### Druck

Karl Elser Druck GmbH  
Kißlingweg 35  
75417 Mühlacker  
Germany

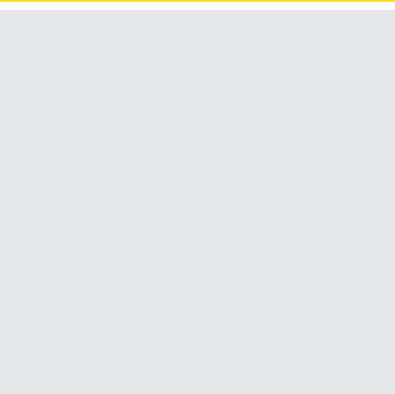
### Auslieferung und Vertrieb

e-mobil BW GmbH  
Leuschnerstraße 45  
70176 Stuttgart  
Phone: 0711 / 892385-0  
Fax: 0711 / 892385-49  
E-Mail [info@e-mobilbw.de](mailto:info@e-mobilbw.de)  
[www.e-mobilbw.de](http://www.e-mobilbw.de)

2. geänderte Auflage im September 2013

© Copyright liegt bei den Herausgebern

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Herstellerangaben wird keine Gewähr übernommen.



**e-mobil BW GmbH**

Leuschnerstr. 45 | 70176 Stuttgart

Telefon: +49 711 892385-0

Telefax: +49 711 892385-49

info@e-mobilbw.de | www.e-mobilbw.de

