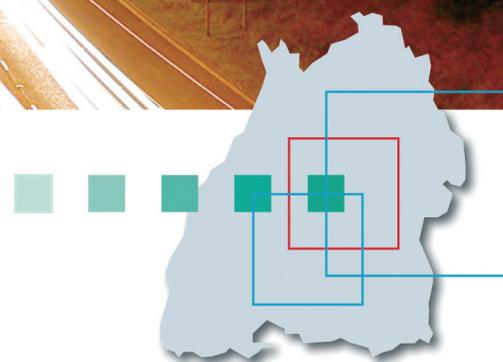


Systemanalyse BWe mobil

IKT- und Energieinfrastruktur für innovative
Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg







Systemanalyse BW^e mobil

IKT- und Energieinfrastruktur für innovative
Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

e-mobil BW GmbH - Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Kernergebnisse und Implikationen	8
1. Ausgangslage und Zielsetzung	10
2. Das System Elektromobilität	12
2.1 Stromversorgung und Netzinfrastruktur	13
2.2 Ladekonzepte für Elektrofahrzeuge	19
2.3 Technische Anforderungen an die Ladeschnittstellen	23
2.4 Informations- und Kommunikationstechnologien im Fahrzeug	29
2.5 Flottenmanagement	39
2.6 Mobilität und Stadt	48
2.7 Intermodale Mobilitätskonzepte	54
2.8 Informations- und Kommunikationstechnologien für den mobilen Nutzer	57
3. Status quo in Baden-Württemberg	60
3.1 Informations- und Kommunikationstechnologie	60
3.2 Flottenmanagement	68
3.3 Ladeinfrastruktur	72
3.4 Modellregionen und Forschungsaktivitäten	79



4. Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg	84
4.1 Wege in die Elektromobilität	85
4.2 Implikationen für die Informations- und Kommunikationstechnologien	89
4.3 Implikationen für das Flottenmanagement	95
4.4 Implikationen für die Energieinfrastruktur	100
4.5 Implikationen für die Ladeinfrastruktur	104
5. Zusammenfassende Gesamtbetrachtung	112
Abbildungsverzeichnis	114
Abkürzungsverzeichnis	116
Literaturverzeichnis	118
Impressum	131

Vorwort

Die Elektrifizierung des automobilen Antriebsstranges hat begonnen. Das zeigt sich in ersten Hybrid-Fahrzeugen auf deutschen Straßen sowie an zahlreichen Fahrzeug-Neuvorstellungen mit voll- oder teilelektrischem Antrieb von sämtlichen deutschen und internationalen Fahrzeugherstellern. In den acht deutschen Modellregionen Elektromobilität werden heute schon unterschiedlichste Elektrofahrzeuge erprobt und bereits für 2011 kündigen Hersteller erste rein elektrische Serienmodelle an. Politisch wird die Entwicklung der Elektromobilität durch das Ziel der Bundesregierung unterstützt, bis zum Jahr 2020 eine Million Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb auf deutsche Straßen zu bringen.

Dass alternative Antriebskonzepte für die zukünftige Mobilität eine wichtige Rolle spielen, ist heute unumstritten. Der Umstieg vom Verbrennungs- auf den Elektromotor und hybride Bauformen bedeutet einen Zugewinn an Energieeffizienz bei gleichzeitiger Reduktion von Lärmbelastungen und lokaler Emissionsfreiheit. Die Elektromobilität bietet darüber hinaus die Möglichkeit, erneuerbare Energien zunehmend auch im Verkehrswesen zu nutzen.

Die Elektrifizierung des Antriebsstranges ist aber nur ein Teil der Lösung. Zum einen muss mit der Verbreitung elektrischer Fahrzeuge die

entsprechende Energie- und Ladeinfrastruktur geschaffen werden, welche bedeutenden Einfluss auf die erfolgreiche Marktdiffusion von Elektrofahrzeugen hat, zum anderen erfordern Elektrofahrzeuge einen weitaus höheren Grad an Vernetzung, als dies bei Verbrennungsfahrzeugen der Fall ist. Die Integration von Fahrzeug, Ladestationen und Nutzern durch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) wird sich entscheidend darauf auswirken, inwieweit Nutzer geänderte Rahmenbedingungen ihrer individuellen Mobilität, wie eine deutlich geringere Reichweite und längere Ladezeiten, akzeptieren werden.

Innovative Verkehrsleitsysteme, die intermodale Verknüpfung von öffentlicher und individueller Mobilität sowie der Zugang des Nutzers zu Sharing-Fahrzeugen sind weitere Beispiele für die zukünftigen Anforderungen an eine mobilitätsbezogene IKT-Infrastruktur. Auch an Fuhrparkbetreiber stellt die Elektromobilität neue Herausforderungen. Es gilt zu überlegen, für welche Fuhrparkaufgaben Elektrofahrzeuge effizient eingesetzt werden können und wie sich ein Flottenmanagementsystem für Elektrofahrzeuge gestalten kann. Elektromobilität muss daher systemisch gedacht werden: Neben der automobilen Kompetenz alternativer Antriebs-

konzepte sind Know-how in der IKT sowie die entsprechende Energieinfrastruktur wichtige Erfolgsfaktoren für die Entwicklung zukünftiger Mobilitätslösungen.

Für die beteiligten Industrien bedeutet der Wandel zur Elektromobilität eine teils erhebliche Veränderung ihrer Wertschöpfungsarchitektur. Gerade für das „Automobilland“ Baden-Württemberg stellt sich die Frage, wo Chancen und Risiken liegen und welche Auswirkungen sich auf die Beschäftigungsstruktur ergeben. Neben den Implikationen für die Automobil- und Zuliefererindustrie, welche die „Strukturstudie BW^e mobil“¹ untersucht, gilt es auch zu analysieren, welche Wertschöpfungspotenziale sich für Unternehmen der IKT- und Energieinfrastruktur ergeben. Nur durch die Betrachtung aller drei Technologiebereiche lassen sich Status quo und Zukunftsperspektiven des Automobilstandorts Baden-Württemberg umfassend abschätzen.

Ziel dieser Studie ist es, die Herausforderungen und Potenziale an die IKT- und Energieinfrastruktur für zukünftige Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg herauszuarbeiten und im nationalen und internationalen Vergleich darzustellen. Ausgehend von einer detaillierten Beschreibung relevanter Technologien und Komponenten der IKT- und

¹ Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität



Energieinfrastruktur sowie des Flottenmanagements wird untersucht, wie die baden-württembergische Industrie in diesen Bereichen aufgestellt ist und welche Forschungsaktivitäten und -initiativen für die Schaffung zukünftiger Kompetenzen wichtig sind. Aufbauend auf verschiedenen Entwicklungspfaden in die Elektromobilität wird daraufhin analysiert, welche Herausforderungen und Veränderungen durch die neuen Antriebskonzepte auf Baden-Württemberg zukommen und welche Potenziale sich durch diese neuen Technologien ergeben.

Gemeinsam mit den Ergebnissen der Studie BW^e mobil ergibt sich so eine umfassende Einschätzung für das Gesamtsystem Elektromobilität in Baden-Württemberg, einschließlich aller Schnittstellen zur Infrastruktur, zu Fahrzeugflotten und nicht zuletzt zum Nutzer selbst.



Franz Loogen
Geschäftsführer
e-mobil BW GmbH

Kernergebnisse und Implikationen

- IKT-Anwendungen spielen als Schnittstellentechnologie eine zentrale Rolle für zukünftige Mobilitätslösungen und das Gesamtsystem Elektromobilität. Sie machen eine reibungslose und effiziente Verknüpfung der Nutzerbedürfnisse, der Fahrzeuge sowie der Energie-, Lade- und Verkehrsinfrastruktur erst möglich.
- Durch die wachsende Anzahl an Elektroautos steigt der Bedarf von IKT in Fahrzeugen und der Infrastruktur weiter an. 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.
- 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.
- 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-Lösungen müssen für diese Bedürfnisse weiter ausgebaut sowie einfacher, flexibler und somit attraktiver gestaltet werden. Zentrale Schnittstellen für die Organisation zukünftiger Mobilität könnten dabei mobile Anwendungen wie das Smartphone sein.
- Baden-Württemberg ist mit seinen breit aufgestellten Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Bereich IKT schon heute gut positioniert. Das prognostizierte Wachstum im Bereich der Verkehrstelematik bietet hier Chancen für eine zukünftige Wertschöpfungssteigerung, wodurch zahlreiche neue Arbeitsplätze geschaffen werden könnten.
- Flotten eignen sich durch ihre große Anzahl an Fahrzeugen und der breiten Palette an Einsatzmöglichkeiten als Katalysator für die Weiterentwicklung von Elektromobilität in Baden-Württemberg. Insbesondere die Vorbereitung von Systemlösungen für das Management von elektromobilen Fahrzeugflotten könnte einen entscheidenden Erfolgsfaktor für die zukünftige Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten darstellen.
- 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.
- 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 erforderlich. Über intelligente Stromzähler müssen dabei auch die Haushalte mit eingebunden werden.
- Die deutschen Stromnetze könnten schon heute die 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 Elektro-



fahrzeuge, wie Lastverlagerungen, Spannungsstabilisierungen und NetZRückspeisungen ermöglichen und somit eine effiziente Einbindung erneuerbarer Energiequellen in die Stromversorgung unterstützen.

- Für die ersten Schritte auf dem Weg in die Elektromobilität erscheint ein flächendeckender Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur weder wirtschaftlich umsetzbar noch zwingend notwendig. In der Anfangsphase werden Fahrer von Elektrofahrzeugen ihre Fahrzeuge mehrheitlich zu Hause oder am Arbeitsplatz aufladen. Erst bei höherer Durchdringung rein elektrisch betriebener Fahrzeuge erscheint eine flächendeckende öffentliche, universell nutzbare und intelligente Ladeinfrastruktur sinnvoll. Fehlende Standardisierungen könnten diese Entwicklung jedoch bremsen.
- Der Aufbau von öffentlichen Schnelllade- oder Batteriewechselstationen zur Verlängerung der Reichweite von rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen ist mit hohen Kosten verbunden und für eine große Mehrheit der täglich zurückgelegten Fahrten nicht notwendig. Bis zur Überwindung der Reichweiteneinschränkungen durch technologischen Fortschritt stellen Range-Extender oder

Hybridlösungen eine geeignete Alternative dar.

- Für die Herstellung, die 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.
- Die Entwicklung der Elektromobilität und die damit verbundenen Herausforderungen an die IKT-, Energie- und Ladeinfrastruktur stehen gerade erst am Anfang. In Baden-Württemberg wird dieser Weg durch zahlreiche Unternehmen, Forschungsinitiativen und Modellregionen aktiv mitgestaltet.

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. Die Gründe für Veränderungen im Mobilitätswesen sind dabei 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. Einen wichtigen Beitrag für die individuelle Mobilität der Zukunft werden dabei moderne Elektrofahrzeuge leisten.

Durch die Entwicklung hin zur Elektromobilität stellen sich 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^e mobil“ umfassend dargestellt.² Veränderungen durch die Elektromobilität betreffen aber nicht nur die Fahr-

zeuge an sich, sondern spielen auch für die Energiewirtschaft, Fahrzeugflotten, Verkehrsmanagement, Stadtgestaltung und nicht zuletzt für den Nutzer selbst eine große Rolle. Ein effizientes Wirken und Zusammenwirken aller Bereiche und Technologiezweige wird dabei durch modernste Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ermöglicht und erleichtert.

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 sollen die Grundlagen innovativer Mobilitätslösungen und zukünftiger Konzepte herausgearbeitet werden, unter der besonderen Berücksichtigung der daraus resultierenden Anforderungen an die IKT. Einen zentralen Punkt stellt dabei die Betrachtung zukünftiger Elektro-

mobilitätslösungen und aller Schnittstellen dar, die für das Gesamtsystem Elektromobilität von hoher Bedeutung sind, einschließlich der Energie- und Ladeinfrastruktur. Für den Standort Baden-Württemberg wird im Folgenden eine Marktanalyse durchgeführt, um die Ausgangslage und die Innovationskraft des Landes in wesentlichen Technologiezweigen für zukünftige Mobilitätslösungen darzustellen. Hierbei werden auch die wichtigsten Forschungsinitiativen und Modellregionen in Baden-Württemberg vorgestellt. Ausgehend von der Situation heute werden anschließend mögliche Entwicklungspfade hin zur Elektromobilität aufgezeigt und die daraus resultierenden Herausforderungen und Perspektiven für Baden-Württemberg hinsichtlich Technologien, Infrastruktur und Wirtschaft 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.

² Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität



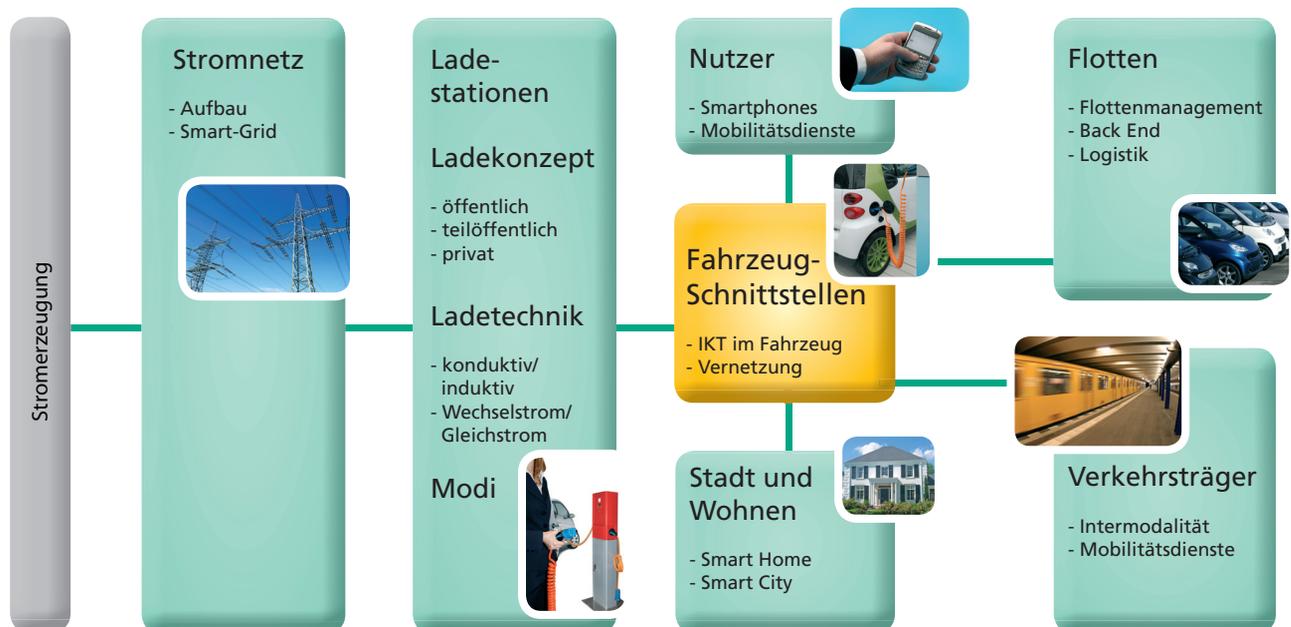
2 Das System Elektromobilität

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.

Hierbei werden die technischen Möglichkeiten für die Realisierung des „letzten Meters“ beschrieben, 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 Personals als auch für den Güterverkehr, wer-

den beleuchtet. Im Fahrzeugumfeld werden darüber hinaus die besonderen Bedürfnisse an eine Verkehrsinfrastruktur im urbanen Raum betrachtet. Neben der Verkehrssteuerung können IKT-Anwendungen hier aber auch zu einer effizienteren Energieversorgung beitragen, was durch eine intelligente Vernetzung in Wohnhäusern und gewerblich genutzten Gebäuden erreicht werden kann. Zum Schluss wird auf die Vermischung bestehender Verkehrsträger hin zu vernetzten, intermodalen Mobilitätslösungen eingegangen und der Trend zum mobilen Nutzer veranschaulicht.



2-1 Das System Elektromobilität³

³ Eigene Darstellung



2.1 Stromversorgung und Netzinfrastruktur

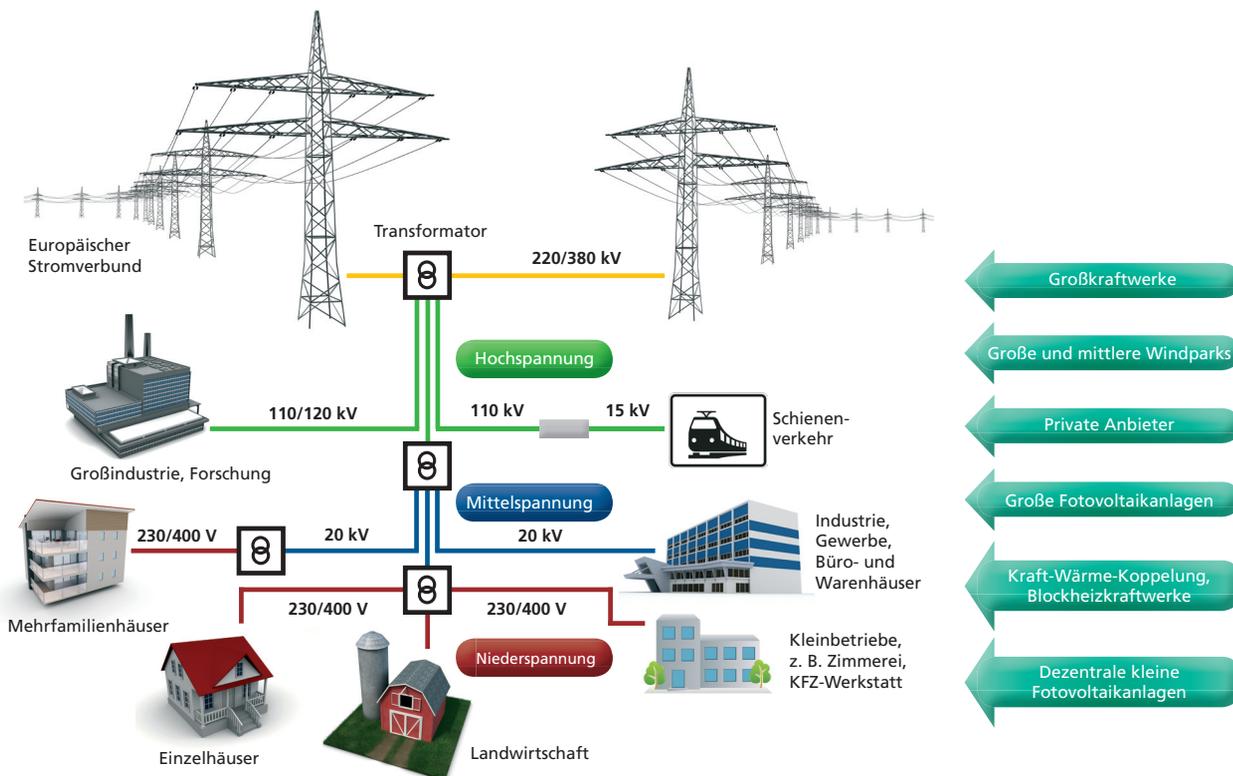
Aufbau der Stromversorgung in Deutschland und Baden-Württemberg

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 Span-

nung von 1 bis 60 kV reduziert. Über dieses sogenannte **Mittelspannungsnetz** werden mittlere Gewerbe- und Industriebetriebe mit Strom versorgt sowie die Umspannstationen für die Verteilernetze. In der **Verteilerebene**, den sogenannten Niederspannungsnetzen, liegen Spannungen von 230 V bzw. 400 V vor. Das gesamte deutsche Stromnetz hat eine Länge von etwa 1,78 Mio. Kilometern (Stand 2008).⁴

Im klassischen Sinne waren die Netze dafür ausgelegt, von Groß-



2-2 Stromversorgung und Netzstruktur in Deutschland⁵

⁴ Wagner, H.F. (2010): Struktur des deutschen Stromnetzes

⁵ Eigene Darstellung, nach Wagner, H.F. (2010): Struktur des deutschen Stromnetzes und LandEnergie: Stromverteilung

2 Das System Elektromobilität

kraftwerken 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.

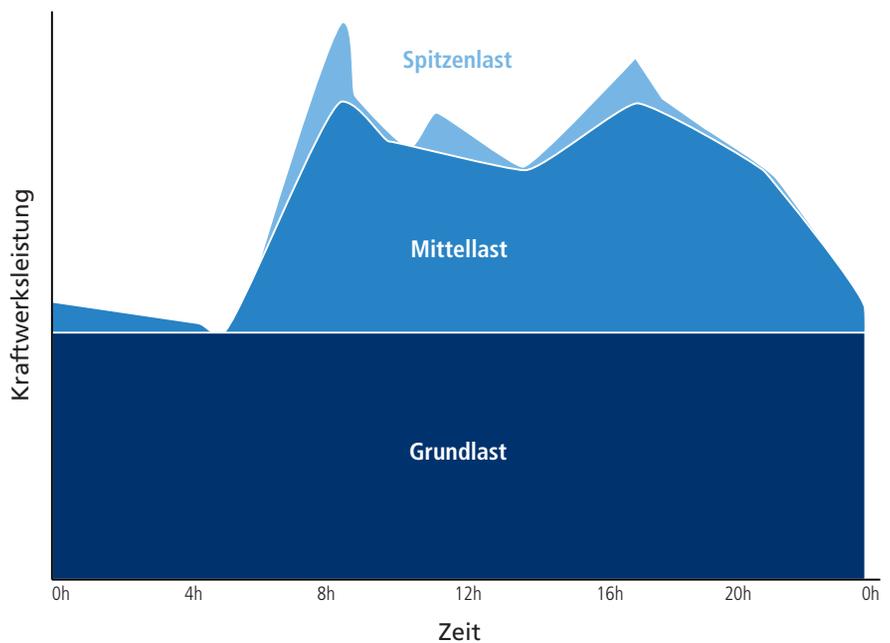
Bei dem deutschen Netz handelt es sich um ein Dreileiter-Drehstromnetz mit drei spannungsführenden Leitungen (Phasen). Um die Verwendung von nur einer Phase im Ortsnetz zu ermöglichen, wird ein zusätzlicher Leiter, der sogenannte Nullleiter, in den Umspannstationen generiert und zu den Hausanschlüssen 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.

Im Haushalt sind in Deutschland 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 spe-

zielle Industriestecker (CEE-Stecker) verwendet, die neben dem Schutzleiter und dem Nullleiter mit allen drei Phasen, bei einer Spannung von 400 V, versorgt werden.⁶

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 Strom-

lieferanten 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 nun 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



2-3 Stromverbrauch im Tagesverlauf⁷

⁶ Weiterführende Literatur: Heuck, K., Dettmann, K.D. (1992): Elektrische Energieversorgung
⁷ Eigene Darstellung



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

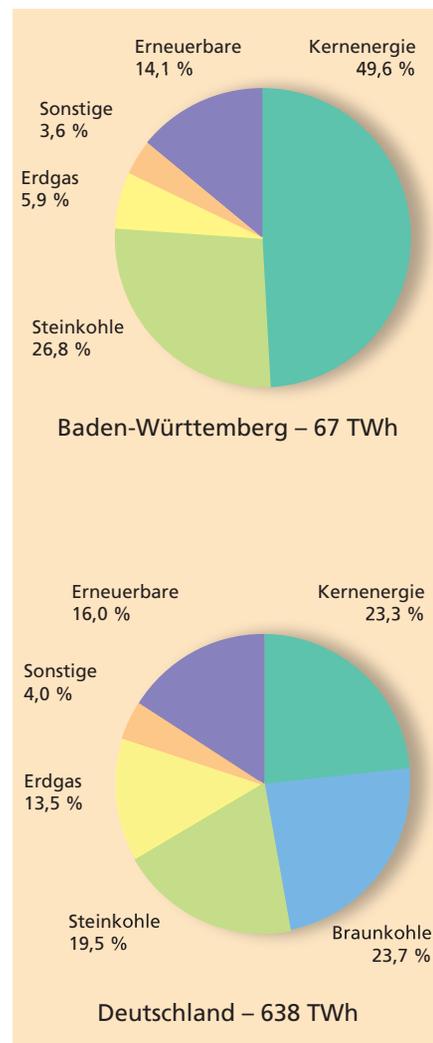
Energieversorger mit deutlich höheren Kosten verbunden.

In Baden-Württemberg lag der Stromverbrauch im Jahr 2008 bei 81,35 TWh. Den größten Anteil daran hatte der Bereich Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe mit 36,2 Prozent, gefolgt von den sonstigen Verbrauchern mit 27,1 Prozent und den Haushalten mit 24,8 Prozent. Der Verkehr hatte lediglich einen Anteil von 1,9 Prozent und lag damit noch unter den Netzverlusten mit 2,2 Prozent.⁸

Mit 49,6 Prozent stammte im Jahr 2008 nahezu die Hälfte des in Baden-Württemberg produzierten Stroms aus Kernkraftwerken. An zweiter Stelle lagen die fossilen Brennstoffe Steinkohle und Erdgas mit zusammen 32,7 Prozent, gefolgt von den erneuerbaren Energieträgern, die insgesamt einen Anteil von 14,1 Prozent an der Bruttostromerzeugung ausmachten.⁹ Im Vergleich zu der gesamtdeutschen Stromerzeugung ist die Kernenergie damit in Baden-Württemberg überproportional vertreten. Der Anteil an fossilen Energiequellen ist dagegen deutlich geringer. Bei den erneuerbaren Energieträgern spiegelt die Stromerzeugung nahezu den bundesweiten Durchschnitt wider.

Das mit Abstand größte Energieversorgungsunternehmen in Baden-

Württemberg ist mit circa sechs Mio. Kunden, annähernd 20.000 Mitarbeitern, einem Jahresumsatz von rund 15,5 Mrd. Euro und einem Stromabsatz von über 130 TWh die EnBW AG.¹⁰



2-4 Stromerzeugung in Deutschland und Baden-Württemberg 2008¹¹

⁸ Statistisches Landesamt BW (2010): Energiebericht

⁹ Ebenda

¹⁰ Eigene Darstellung; Statistisches Landesamt BW (2010): Energiebericht; Statistisches Bundesamt (2009): Energie auf einen Blick; BDEW (2008) aus EnBW: Stromkennzeichnung und Transparenz der Stromrechnung

¹¹ <http://www.enbw.com/>

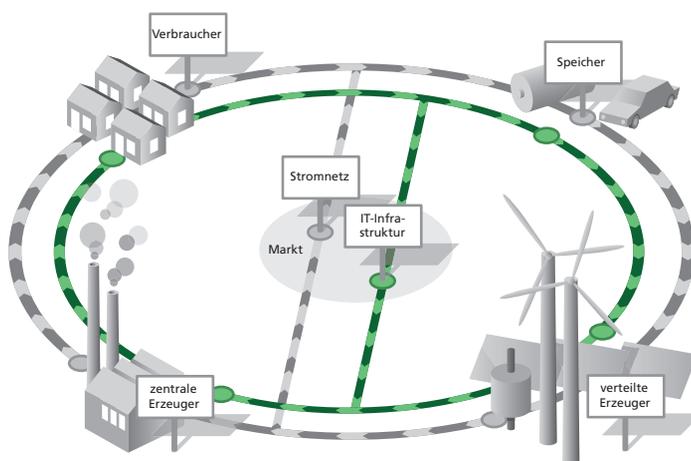
2 Das System Elektromobilität

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.¹² Strukturelle Veränderungen in der Netzarchitektur

ergeben sich auch durch die zunehmend dezentralen Stromspeisungen. 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 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 Projekts E-Energy statt, auf das im weiteren Verlauf dieser Studie noch eingegangen wird.



2-5 Schematischer Aufbau eines Smart-Grid¹³

„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

¹² Vgl. IWR: Entwicklung des Gesamt-Stromverbrauchs in den Ländern
¹³ Roadmap Smart-Grids Austria (2010): Der Weg in die Zukunft der elektrischen Stromnetze



Historisch gesehen haben sich Strom- und IKT-Netze weitestgehend unabhängig voneinander entwickelt. Heute beginnen sich die rasanten Entwicklungen in den Informationstechnologien verstärkt auf den Stromnetzbereich auszuwirken. 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 Lastenmanagement 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

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

Dr. Alois Kessler, Innovation und Forschung, 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.

2 Das System Elektromobilität

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 naheliegenden 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.

„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, Innovation und Forschung, 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 zwei Einsatzszenarios 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.

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 kurzweiligen Bereich zu starken Störungen von Rundfunk- und Notrufsignalen sowie zu einer negativen Beeinflussung von Navigationsdiensten und Flugfunk. Auch im hausnahen Bereich führen

die hohen elektromagnetischen Abstrahlungen zu Störfunktionen bei der Unterhaltungselektronik oder bei elektrischen Haushaltsgeräten. 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.¹⁴

2.2 Ladekonzepte für Elektrofahrzeuge

Für das Laden von Elektrofahrzeugen kommen verschiedene Konzepte infrage mit teils unterschiedlichen Anforderungen an die Lade- und Netzinfrastruktur. 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.

¹⁴ Dostert, K.: Powerline-Kommunikation; ADDX: Die Arten von Powerline Communication; Wölfle, R.D.: Powerline Communication (PLC); OEVSU (2003): Information Resource on the PLC Communication Technology; 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

2 Das System Elektromobilität

Ladeverfahren im Überblick

Die Begriffe Normalladung und Schnellladung sind nicht scharf definiert und werden oft unterschiedlich interpretiert. Im Allgemeinen sind verschiedene Ladeverfahren in der internationalen Norm IEC 61851 festgelegt, die sich momentan in der Überarbeitung befindet. Folgende Lademodi sind darin enthalten:

- Mode 1:

Für das Laden mit Ein- oder Dreiphasen-Wechselstrom (230 V/400 V) bei max. 16 A. Dies ergibt eine maximale Ladeleistung von 3,7 kW bzw. 11 kW. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Ladeleistung ist eine Ladesteuerung (control pilot) nicht zwingend erforderlich. Nationale Haussteckdosen (z. B. Schuko-Steckdosen) können bei Einphasen-Wechselstrom verwendet werden, bei Dreiphasen-Wechselstrom können Industriestromstecker (CEE-Stecker) zum Einsatz kommen. (Mode 1 ist für das einfache Laden zu Hause, aus Sicherheitsgründen aber nicht in allen Ländern erlaubt.)

- Mode 2:

Für 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 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:

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 (control pilot) seitens des Fahrzeugs und der Ladestation ist erforderlich. Die Ladekontrolle dient zur kontinuierlichen Kontrolle der Erdverbindung und dem richtigen Sitz des Steckers, zum Aktivieren/Deaktivieren des Stromflusses und optional zur Identifikation der maximalen Strombelastbarkeit der Ladestation, zur Steuerung des Stromflusses in beide Richtungen sowie zur Verriegelung des Steckers.

- Mode 4:

Schnellladung mit Gleichstrom bis zu 400 A bei Spannungen von mehreren hundert Volt. Das Kabel muss

hierfür fest mit der Ladestation verbunden sein. Eine Ladekontrolle (control pilot) analog zu Mode 3 ist erforderlich.

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 für höhere Ladeleistungen von bis zu 22 kW (400 V, 32 A, 3-Phasen).¹⁵ Obwohl diese Form der Ladung ebenfalls eher der Normalladung zuzuordnen ist, wird sie in Anbetracht eines noch fehlenden Angebots an Wechselstromladelösungen mit noch höheren Strömen oft als Wechselstromschnellladung oder manchmal auch als Semi-Schnellladung bzw. Mittelschnellladung bezeichnet. Für eine netzeffiziente und sichere Normalladung soll in

¹⁵ Oestreicher, R. (2010): Future of individual Mobility – Vehicles and Concepts



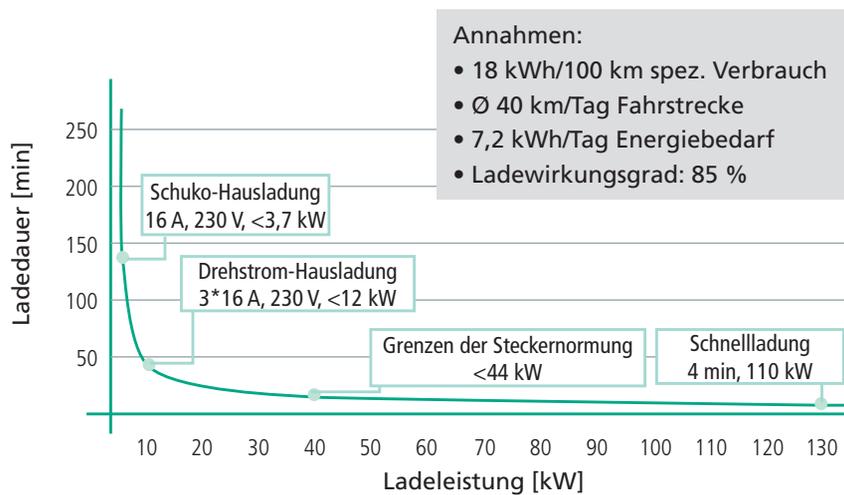
Deutschland das geregelte Laden im Mode 3 zum allgemeinen Standard werden. Mode 2 sollte nur noch in Ausnahmefällen Anwendung finden und Mode 1 sollte zukünftig nicht mehr verwendet werden.¹⁶

Im Gegensatz zur Schnellladung benötigt die Normalladung, gerade auch 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).

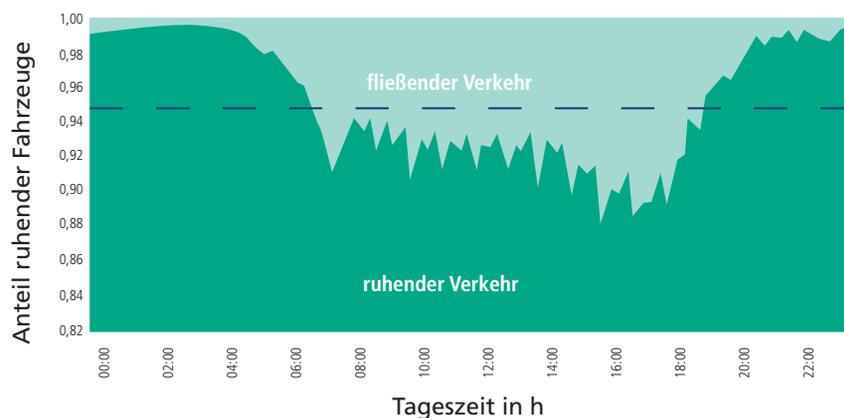
„Die bei der Heimladung geforderten Ladeleistungen werden sich zukünftig erhöhen. Mit bis zu 11 kW könnten sie im Bereich eines Elektroherds liegen.“

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

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



2-6 Fallbeispiel: Ladedauer bei unterschiedlichen Ladeleistungen für den Tagesbedarf eines typischen Elektroautos¹⁸



2-7 Anteil der parkenden Pkw im Tagesverlauf¹⁹

ist in der Nacht sogar noch deutlich höher.¹⁷

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
- Öffentliche Stellplätze/Straßenrand: 0 bis 14 Stunden

¹⁶ Results of discussions of the French-German working group on infrastructure (2010)

¹⁷ Eigene Darstellung aus Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

¹⁸ Eigene Darstellung aus Woyke, W. (2010): Elektromobilität: Chancen und Risiken

¹⁹ Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

2 Das System Elektromobilität

Schnellladung

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. Eingesetzt werden hauptsächlich Gleichstrom-Schnellladestationen mit 500 V Ausgangsspannung und einer Ladeleistung von etwa 50 kW, bei einem Ladestrom von bis zu 125 A.²⁰ Der Stecker und das Ladeprotokoll werden heute in der Regel dem japanischen Quasistandard CHAdeMO angepasst. Prinzipiell ist das Laden mit noch größeren Stromstärken möglich, die Ladezeiten von unter 30 Minuten (<10 min/50 km) werden dadurch aber kaum weiter verkürzt.²¹ Dagegen steigen die Kosten für die Ladestationen mit höheren Ladeleistungen deutlich an. Aufgrund der starken Wärmeentwicklung kann das volle Potenzial der Schnellladung nur mit anspruchsvollen Kühlsystemen ausgeschöpft werden. In der Praxis wird bei zu hoher Temperatur der Ladestrom heruntergefahren. Problematisch ist auch die negative Auswirkung der Schnellladung auf die Lebensdauer der Batterien, weshalb man bei der 50 kW Gleichstromladung auch von Schockladung spricht.

Batteriewechsel

Das Wechseln der Batterie ist bei Elektrofahrzeugen durchaus ein üblicher Vorgang. Bei Pedelecs und E-Bikes, elektrischen Gabelstaplern und sogar bei Lkws (z. B. Modec Van) und Bussen können heute Batterien getauscht werden.²² So wurden bei der Olympiade 2008 in China leere Batterien von Omnibussen vollautomatisch durch geladene ersetzt. In Zermatt in der Schweiz werden die Stadtbusse ebenfalls vollständig elektrisch betrieben.²³ Hier wird die leere Batterie manuell abgekabelt und mit einem Hubstapler entfernt. Der Wechselvorgang kann in 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 zurzeit Better Place (bisher nur Modellversuche). In den Batteriewechselstationen der Firma werden innerhalb von wenigen Minuten (Demonstration in einer Minute) leere Batterien automatisiert gegen geladene getauscht.²⁴ Anlagen sollen in den kommenden Jahren unter anderem in Israel, Dänemark, den USA, Australien und Japan aufgebaut werden. Das Geschäftsmodell von Better Place sieht die

Vermietung von einheitlichen Standardbatteriesystemen vor, mit einer Reichweite von etwa 160 km. Leere Batterien können an den Wechselstationen der Firma gegen volle getauscht werden. Voraussetzung für das Konzept sind Fahrzeuge mit kompatiblen Batterieschnittstellen, die zukünftig beispielsweise von Renault angeboten werden.

Eine rein mechanische Batteriewechselstation wurde in Deutschland von der Firma Kitto entwickelt.²⁵ Ihr Konzept ist nach eigenen Angaben um den Faktor 10 günstiger als der Better Place-Ansatz und darüber hinaus durch einen kompakteren Aufbau auch mobil einsetzbar.

²⁰ Aneqawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger

²¹ Ebenda

²² <http://www.modecezev.com/content/index.asp>

²³ <http://gemeinde.zermatt.ch/betriebe/e-bus/daten.html>

²⁴ <http://www.betterplace.com/>

²⁵ Live-PR (2009): Positive Analyse zur deutschen Batteriewechselstation aus dem Saarland



2.3 Technische Anforderungen an die Ladeschnittstellen

Während im privaten Raum im einfachsten Falle 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:

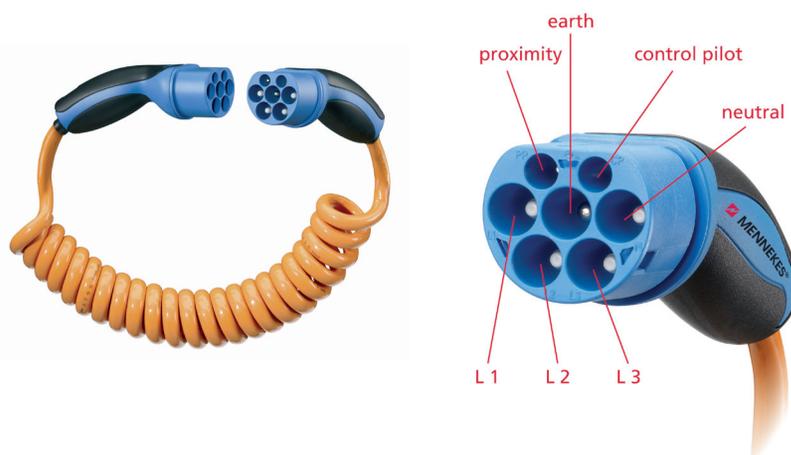
- Verbinden der Ladestation mit dem Fahrzeug
- Manuelle oder automatische Authentifizierung des Fahrzeugs bzw. des Fahrzeughalters an der Ladestation
- Verriegelung des Steckers an der Station und Aktivieren der Wegfahrsperrung des Fahrzeugs
- Durchführung eines Sicherheitstests, z. B. Kontrolle der Erdverbindung und des Isolationswiderstandes 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.

Für die Steckverbindungen gibt es bis heute noch keine allgemein gültige Standardisierung. An einer einheitlichen Lösung zumindest für den europäischen Raum wird aber gearbeitet. Der International Electrotechnical Commission (IEC) liegen dafür drei Steckervorschläge für die Revision der international gültigen Norm IEC 62196 vor. Am aussichtsreichsten erscheint hier der sogenannte Typ-2-Stecker, entworfen von der Firma Mennekes, welcher

vor allem von den europäischen Automobilherstellern und Energieversorgern propagiert wird.²⁶ Bereits heute sind zahlreiche Ladestationen und Fahrzeuge in Deutschland mit einem solchen Stecksystem ausgerüstet. Der Typ-2-Stecker kann sowohl für das Laden mit einer Phase als auch für das Laden mit Drehstrom verwendet werden. Die maximale Übertragungsleistung liegt bei 44 kW. In Verbindung mit einer Heimpladestation kann der Stecker aber auch für die Normalladung zuhause 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.



2-8 IEC 62196 Typ-2-Stecker von Mennekes²⁷

²⁶ Results of discussions of the French-German working group on infrastructure (2010); Results of discussions of the French-German working group on infrastructure (2010); ACEA (2010): ACEA position and recommendations for the standardization of the charging of electrically chargeable vehicles

²⁷ MENNEKES Elektrotechnik GmbH & Co. KG

2 Das System Elektromobilität

„Eine Standardisierung der Ladestecker steht noch aus. An unseren Ladestationen kommen deshalb heute mehrere Stecksysteme parallel zum Einsatz. Sobald ein Standard definiert wurde, kann dieser bei uns natürlich nachgerüstet werden.“

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

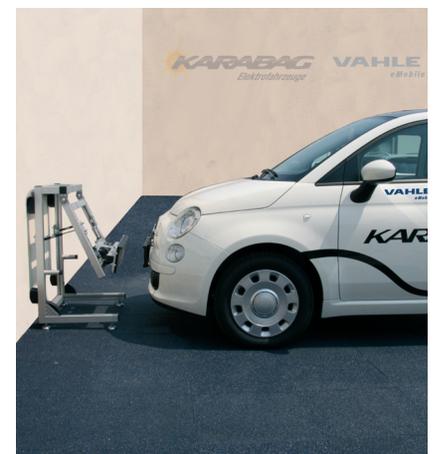
Für die Gleichstromschnellladung wird heute am häufigsten der im japanischen Quasistandard CHAdeMO definierte JARI Level-3-DC-Stecker verwendet. In Deutschland und Europa setzt man in der Zukunft aber möglicherweise auf eine Erweiterung des Typ-2-Steckers um zwei zusätzliche Pins für das Laden mit Gleichstrom.

Völlig ohne Steckverbindungen kommen induktive Ladesysteme aus, wie sie auch in Baden-Württemberg entwickelt werden. Hierbei wird Energie mittels eines elektromagnetischen Wechselfelds von einer Primärspule über einen Luftspalt 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 breite Anwendung. Die Energieübertragung klappt besonders gut, wenn die beiden Spulen optimal aufeinander abgestimmt und zueinander ausgerichtet sind.

Der Wirkungsgrad der Energieübertragung kann bis zu 95 Prozent betragen und die Übertragungsleistung moderner Systeme kann selbst bei größeren Spulenabständen bei mehreren hundert Kilowatt liegen.²⁸ 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 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.



2-9 Induktives Ladesystem der Firmen Karabag, Vahle und Kostal²⁹

²⁸ Lasslop, M. (2010): Kontaktloses Laden von Elektrofahrzeugen
²⁹ Karabag GmbH und Vahle



Identifikation, Kommunikation und Abrechnung

Eine individuelle Identifikation des Fahrers oder des Fahrzeugs an der Ladestation ist nicht bei allen Geschäftsmodellen unbedingt 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 kostenlose Serviceleistung ohne Zugangsbeschränkung angeboten werden.

Im Allgemeinen ist man aber daran interessiert, 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 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. Der komplette Prozess soll in der Norm ISO 15118 standardisiert werden.

„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 dann aber zusätzlich auch für eine intelligente oder sogar bidirektionale Ladesteuerung verwendet werden kann. Eine alternative, nutzerbezogene Identifikation könnte 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, wird ebenfalls in Erwägung gezogen. Eine Anbindung an persönliche Mobilfunkgeräte könnte für Smart-Grid-Anwendungen wie Netzzurückspeisungen in Spitzenlastzeiten oder zur Sicherung der Spannungsqualität sowie zur persönlichen Ladesteuerung zukünftig auch eine zentrale Rolle weit über die Identifikationsfunktion hinaus spielen.³⁰

30 Gantenbein, D. (2010): Edison – IKT Anbindung und Geschäftsprozesse

2 Das System Elektromobilität

„Ein Zugang zu Ladestationen über RFID wird heute schon praktiziert. Herausforderungen bestehen jedoch in der Installation eines einheitlichen Systems für alle Stationsbetreiber. Simkarten in den Fahrzeugen stellen möglicherweise eine bessere Alternative dar.“

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

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

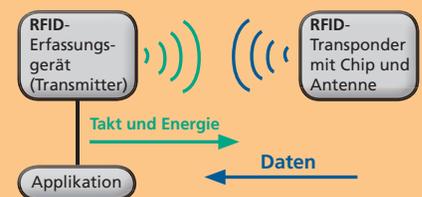
Dirk Netzbandt, Business Development Energy & Utilities, IBM Deutschland

Die Kommunikation zwischen Ladestation, Netz und Abrechnungsstelle kann ebenfalls über verschiedene Kanäle laufen. Dazu gehören gängige Mobilfunkstandards (GSM, UMTS) sowie eigene oder bestehende Funk- und Datennetzwerke (WiMAX, WAN) bzw. Internetverbindungen (DSL). Eine PLC-Anbindung wäre prinzipiell ebenfalls möglich. Für alle Identifikations- und Abrechnungsmodelle gilt es wirtschaftliche 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 Stromver-

brauch selbst. Eine kommunikative Vernetzung von Elektrofahrzeugen, Ladestationen und den Stromnetzen ist aber nicht zuletzt für zukünftige Smart-Grid-Anwendungen einer anonymen Ladeinfrastruktur vorzuziehen. 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 notwendig, in Verbindung mit einer beweissicheren Datenübertragung.

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.



2-10 Schematischer Aufbau eines RFID-Systems³¹

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 we-

³¹ Eigene Darstellung nach <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0902021.htm>



niger 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 auszulesenden 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.³²

³² 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/>

2

Das System Elektromobilität

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 Funk- oder 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). Bei Fahrzeugen mit größeren Batteriekapazitäten, wie beispielsweise beim Tesla Roadster und beim Mini-E, werden anstelle der Ladegeräte oftmals bidirektionale Inverter bevorzugt. Diese steuern sowohl den Leistungsfluss zwischen Batterie und Antrieb beim Fahren als auch zwischen Batterie und Netz beim Laden. Konstruktionsbedingt ermöglichen solche Geräte nicht nur das Laden der Fahrzeugbatterie, sondern auch die Stromrückspeisung in das Versorgungsnetz, was für zukünftige Smart-Grid-Anwendungen notwendig werden könnte. Die Anschaffungskosten sind jedoch auch hier höher als bei einfachen Ladegeräten. Aus Sicht der Fahrzeughersteller werden Ladegeräte mit höheren Ladeleistungen und bidirektionale Inverter deshalb eher zur Sonderausstattung gehören.

Für die Gleichstrom-Schnellladung wird das Ladegerät in der Ladestation untergebracht. Eine Ladesteuerung ist hier aufgrund der hohen Leistungen unbedingt erforderlich. Für die Schnellladung wird häufig das sogenannte CHAdeMO-Protokoll verwendet, in dem neben dem Stecker auch die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation geregelt ist. Hier wird zu Beginn des Ladevorgangs die Fahrzeug-/Batterienkonfiguration ermittelt, um die zu liefernde Ladespannung und

Stromstärke dem System optimal anzupassen.

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 Wegfahrsperrung im Fahrzeug bei der Ladung verhindert ein Losfahren mit eingestecktem Kabel. Verriegelungen an den Steckern bzw. in den Steckdosen können optional das Entfernen der Kabel durch Unbefugte verhindern. 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.



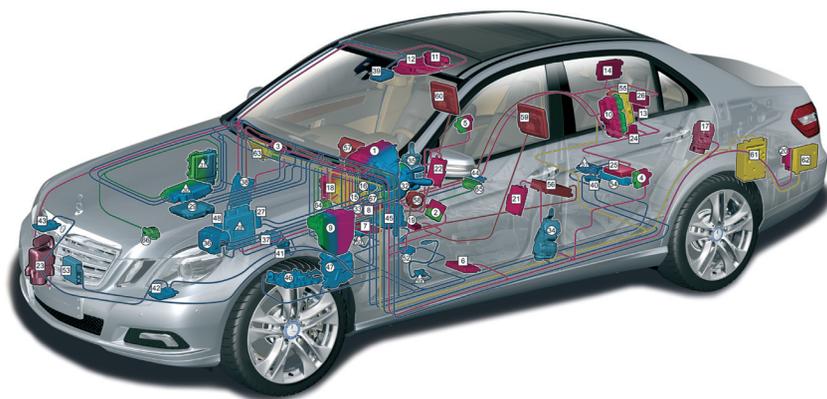
„IKT-Lösungen werden für die Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeugen zukünftig eine große Rolle spielen. Zu den Anwendungen gehören Ladesignale und Ladesteuerungen, Abrechnungssysteme, Zusatzdienste und Backend-Lösungen für das Datenmanagement von Strom- und Dienstleistungsanbietern.“

Dr. Anke Weidlich, Senior Researcher, SAP AG

„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

2.4 Informations- und Kommunikationstechnologien im Fahrzeug



2-11 IKT-Komponenten im Fahrzeug³³

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.³⁴ 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.³⁵ Innovative Informations- und Kommunikationstechnologien bilden dabei die Grundlage für immer „intelligenter“ werdende Fahrzeuge. Abbildung 2-12 zeigt schematisch die relevanten IKT-Komponenten im Fahrzeug und deren Vernetzungsoptionen nach außen. Im Folgenden werden

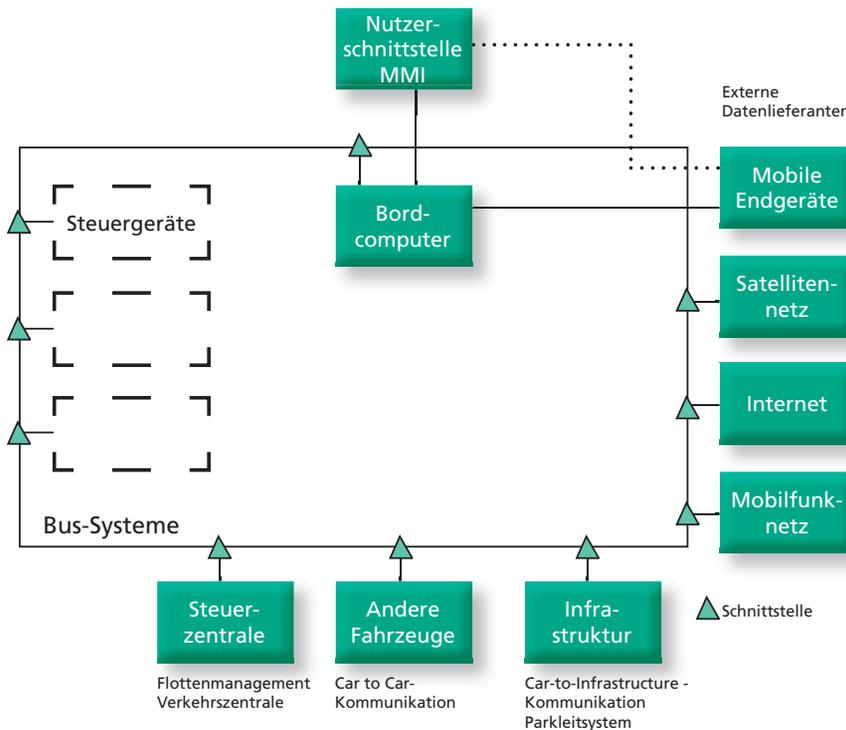
die IKT-relevanten Komponenten im Fahrzeug erläutert, welche einerseits bereits heute für den Informations- und Kommunikationsbedarf im Fahrzeug eingesetzt werden und andererseits für zukünftige innovative Mobilitätslösungen in der Forschung herangezogen werden.

³³ Daimler AG

³⁴ BMBF (2008): IKT für Automobil/ Mobilität

³⁵ VDE (2010): Positionspapier IKT 2020 Fakten - Trends - Positionen

2 Das System Elektromobilität



2-12 Schematische Darstellung IKT-relevanter Komponenten im Fahrzeug³⁶

Head Unit

Die Head Unit im Automobil ist das zentrale Telematik-Steuergerät und der Zentralprozessor, der alle Funktionen der im Fahrzeug verbauten elektronischen Komponenten steuert und miteinander verbindet. Wie bei einem Computer befinden sich auf den Platinen die Haupteinheit, SDRAM-Bausteine und eine CPU als Speicherbaustein. Über Bus-Systeme ist die Haupteinheit mit allen elektronischen Geräten des Fahrzeugs verknüpft und enthält somit die höchste Komplexität und Netzwerkdichte.³⁷ Mithilfe einer Nutzer-

schnittstelle werden dem Fahrer alle relevanten Funktionen angezeigt, gleichzeitig ist die Nutzerschnittstelle die zentrale Bedieneinheit für den Fahrer. Die Funktionen der einzelnen elektronischen Komponenten im Fahrzeug werden in der Head Unit zu neuen Funktionsprodukten für den Nutzer kombiniert. Die technische Ausführung der Head Unit entspricht einem eingebetteten Rechner (Embedded System). 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.³⁸

³⁶ Eigene Darstellung

³⁷ Tien Tran, M.; Wietzke, J. (2005): Automotive Embedded Systeme

³⁸ Twelsiek, C. (2001): Automobilbranche muss sich an der rasanten Entwicklung des Mobilfunks orientieren; <http://www.handelsblatt.com/auto/news/lebensdauer-eines-autos-steigt-kaum-noch>



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.³⁹ Bus-Systeme bilden dafür die technische Infrastruktur im Fahrzeug. 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 und diese konnten aufgrund mangelnder Vernetzung vorhandene Daten anderer Systemkomponenten nicht nutzen.

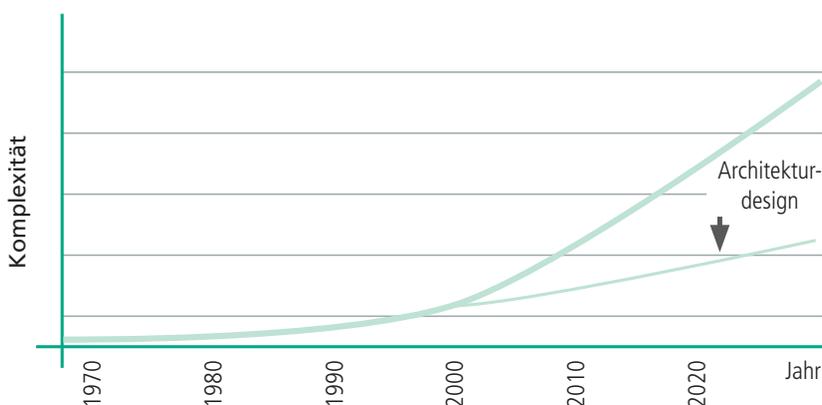
Die Einführung digitaler Bus-Systeme, welche Signalleitungen und

deren geringe Datenübertragungskapazität substituierten, ermöglichte die Vernetzung der Komponenten untereinander und damit die Mehrwert bringende Kombination der Gerätefunktionen zu neuen Funktionsbündeln. Mit der in Abbildung 2-13 dargestellten 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. 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, Executive IT-Architect, IBM Deutschland



2-13 Anstieg der Systemkomplexität in der Kraftfahrzeugelektronik⁴⁰

³⁹ Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung
⁴⁰ Eigene Darstellung nach Reif, K. (2007): Automobilelektronik – Eine Einführung für Ingenieure

2 Das System Elektromobilität

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 Steuergeräte unterschiedlicher Hersteller verknüpft werden. Steuergeräte sind beispielsweise der Tachometer oder der Drehzahlmesser. 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 1991⁴¹ als erstes Bus-System in einem Fahrzeug serienmäßig verbaut, wird er heute aufgrund seiner Unempfindlichkeit und Einfachheit als Standard in fast allen Fahrzeugklassen verwendet.⁴²

Der CAN-Bus wird u. a. in einer Highspeed- und in einer Lowspeed-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.

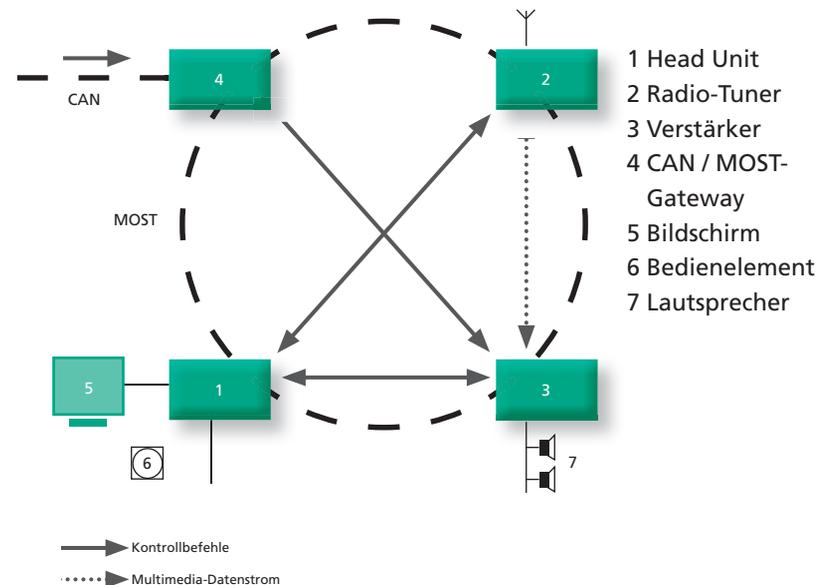
Die Datenübertragungsrate des

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.⁴³ Entwickelt von der MOST-Cooperation, einem Verband namhafter Fahrzeughersteller und relevanter Zulieferer aus der Multi-

media-Industrie, verbindet das Multimedia-Netzwerk MOST Infotainmentsysteme wie beispielsweise das Soundsystem, den Radioempfänger, 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 2-14).⁴⁴ Dabei ist ein modulares Einfügen und Entfernen einzelner Geräte möglich. Eine Verbindung der verschiedenen Bus-Systeme erfolgt über sogenannte Gateways. Gateways sind proto-



2-14 Multimedia-Netzwerk⁴⁵

41 Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung
42 Reif, K. (2010): Automobilelektronik - Eine Einführung für Ingenieure
43 Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung
44 Wallentowitz, H.; Reif K. (2006): Handbuch Kraftfahrzeugelektronik
45 Eigene Darstellung nach Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung



kollumsetzende 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

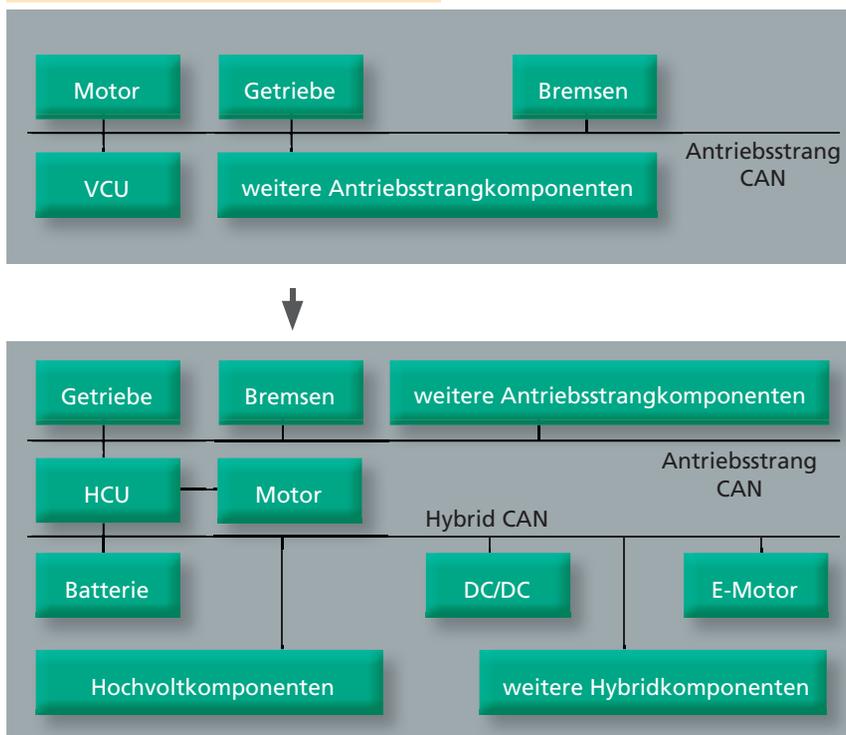
Die Entwicklung alternativer Antriebstechnologien erfordert zudem neue Bus-Architekturen sowie innovative Steuergeräte im Fahrzeug. Auf der elektrischen und elektronischen Ebene (E/E-Architektur) werden diesbezüglich intensive Forschungsarbeiten vorangetrieben. Für Fahrzeuge mit Hybridantrieben werden Bus-Systeme konzipiert, welche das herkömmliche Steuergerät für Fahr-, Drehzahl- und Drehmomentregelung VCU (Vehicle Dynamics Controll) durch ein neuartiges Steuergerät HCU (Hybrid Controll Unit) für das Energie- und Batterie-

management ersetzt.⁴⁶ In Bus-Architekturen für hybride Nutzfahrzeuge kann der Motor über neuartige HCU von Getriebe und übrigen Antriebskomponenten getrennt werden (siehe Abbildung 2-15).

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



2-15 Veränderungen in der E/E-Architektur⁴⁷

⁴⁶ Rollennitz, L. et al. (2010): E/E-Architektur für einen NFZ Hybridantriebsstrang
⁴⁷ Eigene Darstellung nach Rollennitz, L. et al. (2010): E/E-Architektur für einen NFZ Hybridantriebsstrang

2 Das System Elektromobilität

Fahrzeug eingesetzt. Die Vorteile von Touchscreens liegen vor allem in der intuitiven Bedienung. 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)

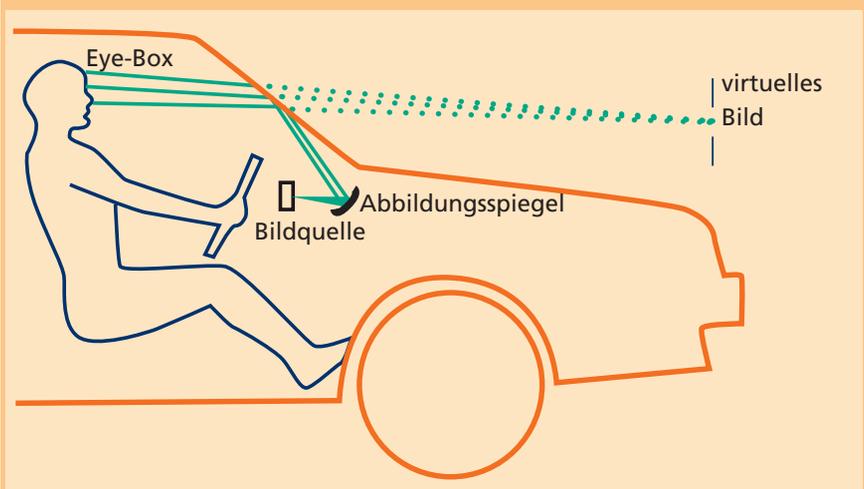
Bei einem HUD werden Informationen wie Geschwindigkeit, Navigationshinweise oder die Ausgabe einer Infrarot-Nachtsichtkamera in einem virtuellen Bild direkt im Sichtfeld des Autofahrers dargestellt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Displays kann der Fahrer wichtige Anzeigen ablesen, ohne den Kopf senken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

größerung 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 Akkomodation (Scharfeinstellung des Auges) und



2-16 Aufbau eines Head-Up Displays⁴⁸

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



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.⁴⁹

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. 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 Weges 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.⁵⁰ 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.

Moderne Navigationsgeräte nutzen den Traffic Message Channel (TMC) oder den TMC Pro, einen digitalen Radiodatendienst, über den Ver-

49 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; http://www.bmw.de/de/de/insights/technology/innovations/head_up_display.html

50 Reif, K. (2007): Automobilelektronik – Eine Einführung für Ingenieure

2 Das System Elektromobilität

kehrsstörungen 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



2-17 Navigationsgeräte mobil und ab Werk⁵³

kann die Integration der Geräte über spezielle Halterungen bis hin zur Anbindung an das Fahrzeugbediensystem über eine Funkschnittstelle erfolgen.⁵¹ Navigationssysteme können optional Bluetooth-Schnittstellen für den Anschluss mobiler Endgeräte, Online-Zugang über Mobilfunk- oder WLAN Module und DVB-T-Empfänger enthalten.⁵²

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. Allerdings findet die Kommunikation derzeit ausschließlich zwischen Verkehrsleitzentralen und infrastrukturellen Einrichtungen statt. Das Fahrzeug ist technisch in den Kommunikationsprozess noch nicht integriert, der Fahrer muss während der Fahrt eigenständig auf Signale aus seiner Umgebung achten.

Hier setzen aktuelle Forschungstätigkeiten an. Zukünftig könnten 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.⁵⁴

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

51 Autosieger (2010): Continental: Integration portabler Navigation in neue Fahrzeuge

52 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; Heise (2008): Navi mit WLAN und Webbrowser

53 TomTom; Daimler AG

54 <http://www.ages.de/index.jsp?lng=49&cnt=46&sltem=62>

55 Baldessari, R.; Bödecker, B.; Brakemeier, A. et al. (2007): CAR 2 CAR Communication Consortium Manifesto



und infrastrukturellen Einrichtungen ausgetauscht werden.⁵⁵

Heute sind 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. Kompo-

nentenseitig müssen hierzu UMTS-WLAN-Router und GSM-Antennen in das Fahrzeug integriert werden.⁵⁶

Datenübertragungstechnik - Glossar

Bezeichnung	Beschreibung	Übertragungsrate	Frequenz
Bluetooth	Funknetzwerk zwischen Geräten über kurze Distanz (10 m), 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 30 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

⁵⁶ http://www.peugeot.de/service/teile_zubehor/wifi/; 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

2 Das System Elektromobilität

Datenübertragungstechnik - Glossar

Bezeichnung	Beschreibung	Übertragungsrate	Frequenz
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 Breitband-Technik auf Basis des Standards 802.16 für große Datenströme. Die Reichweite des WiMAX liegt, abhängig von den Gegebenheiten, 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 und 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 50 m.	250 kbit/s	
UWB	Ultra-Wideband – Funktechnik im Nahbereich, basierend auf dem Standard IEEE 802.15.3a. Abstand zwischen Sender und Empfänger kleiner als 10 m.	480 Mbit/s	3,1 – 10,6 GHz

2-18 Standards und Technologien für die Datenübertragung⁵⁷

⁵⁷ http://www.netgear.de/Support/Basiswissen/wireless_lan_grundlagen.html; <http://wiki.unikonstanz.de/wiki/bin/view/Wireless/WlanStandards>; <http://www.informations-archiv.net/magazin/25>; <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.izmf.de/html/de/274.html>; <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/UMTSuebertragungsrate-UMTS-transmission-rate.html>; <http://www.umts-infosite.de/umts-contra-gsm.html>; <http://www.dafu.de/redir/gsm-technik.html>



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 folgend 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 Anzahl an diversifi-

fizierten FMS zu deren Steuerung. Abbildung 2-19 zeigt verschiedene Einsatzgebiete von Flotten im Personen- und Gütertransport.

Personentransporte

z. B.:

- Carsharing
- Dienstwagen
- Taxiunternehmen
- Mietwagen
- Rettungs- und Notfalldienste
- Private Mietservices
- ÖPNV-Unternehmen
- Flughafen-Shuttles

Gütertransporte

z. B.:

- Paketdienst
- Kurierdienst
- Speditionen
- Service-Dienstleister

2-19 Überblick Flotten⁵⁸

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 2-20). Dabei variieren die eingesetzten Systemfunktionen nach Einsatzbereich der Flotten.

⁵⁸ Eigene Darstellung

2 Das System Elektromobilität

	Funktionen Flotten	Fuhrparkverwaltung	Ortung	Tracking	Fahrzeugreservierung	Ferndiagnose	Auftragsallokation	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	
	Flughafen-Shuttles	x			x		x		x
	Gütertransport	Paketdienst	x					x	x
Kurierservice		x	x	x			x		x
Speditionen		x	x	x		x	x		x
Service-Dienstleister		x	x	x			x		x

2-20 Übersicht Flotten und Funktionen⁵⁹

⁵⁹ Eigene Darstellung



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 Verbrauchsberechnung der Fahrzeuge, die Erstellung von Statistiken und Berichten zu relevanten Parametern der Flottenfahrzeuge gehören.⁶⁰ Zudem können fortgeschrittene FMS die Schnittstellen zu externen Gruppen wie z. B. Geschäftspartnern, Kunden, Lieferanten und Werkstätten verwalten sowie Logistik und ERP-Software integrieren.⁶¹

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

Joachim Marx, Projektleiter Future Fleet

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 bei 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 bereits Applikationen für Smartphones 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 die Auslesung 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 dienen sie der Überwachung des CO₂-Ausstoßes eines Fahrzeugs und können Flottenbetreibern dabei helfen, die CO₂-Bilanz ihrer Flotte zu senken.⁶² Auf Basis erfasster und ausgewerteter Telemetriedaten kann zudem die Auslastung des Fuhrparks festgestellt und optimiert werden.

⁶⁰ Eigene Recherche und Vergleich von Flottenmanagementsystemen

⁶¹ Voigt, S. (2010): Den Telematik-Markt auf einen Blick

⁶² Frost & Sullivan (2010): Remote Vehicle Diagnostics Markets

2

Das System Elektromobilität

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 zum Beispiel im Dienstwagen-Fuhrpark eines Unternehmens, kann die Auftragsallokation der Zuordnung von Personen und Fahrten auf die dem Fuhrparkbetreiber zu 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 bis 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 CO₂-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 im Vorab Fahrten und Fahrzeuge definiert, welche dann regelmäßig standardisierte Strecken abfahren, muss eine dynamische Tourenpla-

nung 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 spezifischen 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 jedoch, 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 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 abgelesen 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.“

Dr. Anke Weidlich, Senior Researcher, SAP AG

Dienstwagen für die persönliche Nutzung

Ein Großteil der Unternehmen in Deutschland betreibt eigene Fuhrparks. Die darunterliegenden FMS ähneln meist Anlagegüterverwaltungssystemen und beinhalten die oben 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 Flottenmana-

2 Das System Elektromobilität

gement. 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 abgespeichert und für die Planung des Fahrzeugbestands verwendet, um eine bessere Disposition der Fahrzeuge zu erreichen.⁶³

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 für den Diebstahlschutz 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 Mobilitätsleistungen 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 Ausstattung und des Personals, 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), steht unbewegt an der Wache und die zugehörigen Fahrer müssen für einen Einsatz alarmiert werden (Status 2), das Fahrzeug befindet sich im Einsatz und ist ab jetzt für den Disponenten geblockt (Status 3), das Fahrzeug ist am Einsatzort angekommen und die Behandlung der Patienten wird gestartet (Status 4), der Einsatzwagen ist mit dem Pa-

63 Stenzel, M. (2010): Autoverleih: Suche nach den Wagen



tienten auf dem Weg ins Krankenhaus (Status 5), und das Fahrzeug ist an der Klinik angekommen und entlädt den Patienten (Status 6). 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 gebucht werden, diese beinhalten zudem einen Fah-

rer. 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 Expresslieferservice hingegen basiert auf einer spontanen Auftragsgebung. Tagsüber müssen ad hoc Sendungen abgeholt oder abgeliefert werden, die zu Fahrbeginn 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.

2 Das System Elektromobilität

„Aktuell haben wir zumindest bei der Paket- und Verbundzustellflotte 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, Deutsche Post Fleet GmbH

Speditionen

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

Kleine Flotten wie beispielsweise von Handwerksbetrieben haben heute meist kein FMS.⁶⁴ Je größer der Fuhrpark jedoch wird, 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.

64 Diskussion eRoadshow von ASL Fleet Services, Oktober 2010



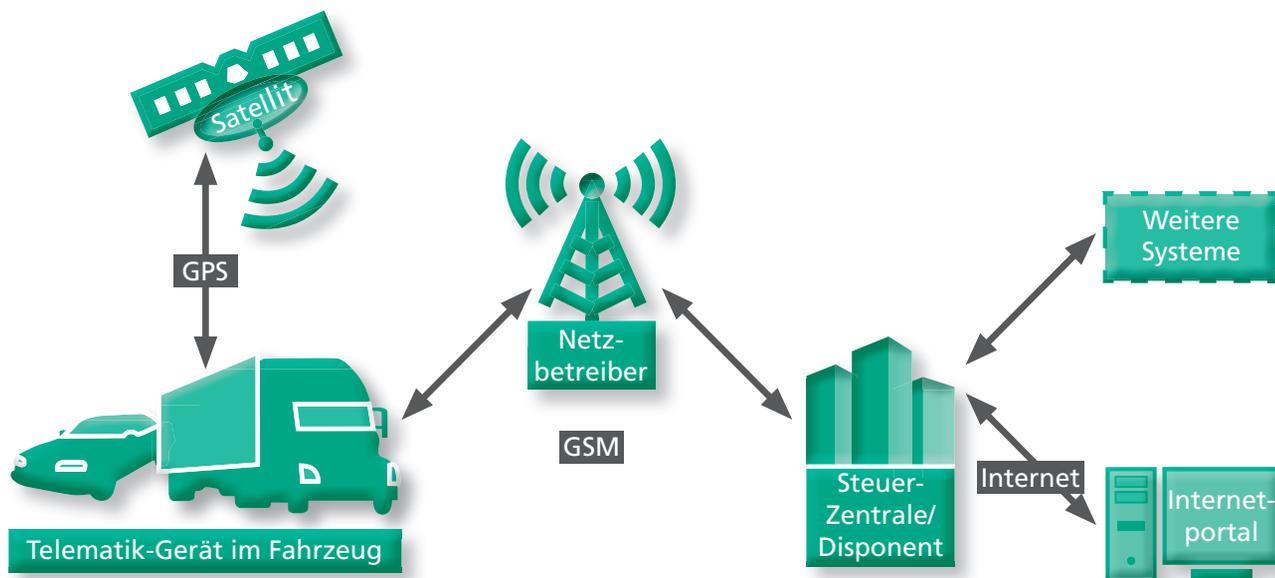
Technischer Aufbau eines Flottenmanagementsystems

FMS bestehen grundsätzlich aus ein oder mehreren Flottenzentralen mit fest installierter Kommunikations-Hardware 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 zum Beispiel 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-



2-21 Aufbau eines Flottenmanagementsystems⁶⁵

65 Eigene Darstellung

2 Das System Elektromobilität

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 Verkehrsaufkommens. 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 79 Tagen im Jahr 2008 in Stuttgart am Neckartor die Feinstaub-Grenzwerte überschritten und 65 Prozent der Bevölkerung beklagen sich über die Lärmbelastung durch den Verkehr.⁶⁶ Um Lärm, Feinstaub und vor allem auch klimaschädliche CO₂-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 sogar 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 Telefon oder Internet ist sogar von außerhalb der Wohnung möglich. So kann beispielsweise die Temperatur in einem Ferienhaus das ganze Jahr von zu Hause aus kontrolliert werden, um im Winter dann bei Bedarf die Heizung hochzufahren. Bei einem noch höheren Grad der Automatisierung kann das intelligente Haus auf Basis von sensorischen Messwerten selbst beispielsweise

⁶⁶ Auto Motor und Sport (2009): Feinstaub -Stuttgart verschärft Fahrverbot; <http://www.stuttgart.de/laerm>



auf zu kalte Temperaturen, zu hohe Luftfeuchtigkeit oder nicht geschlossene Fenster reagieren.

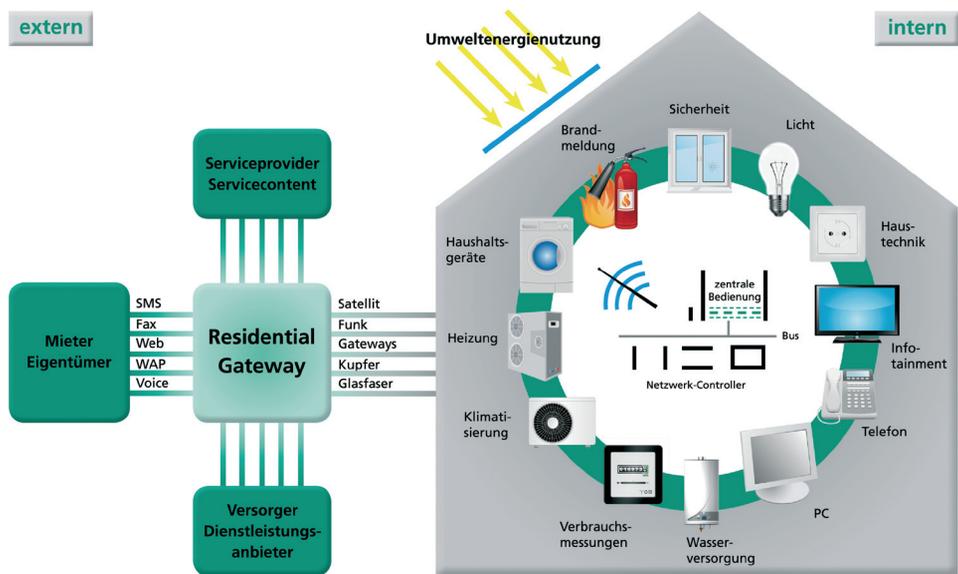
Geregelt wird die Haustechnik über einen zentralen Rechner und bei zusätzlicher Integration von Internet- und Telekommunikationsnetzwerken wird eine Steuerung über tragbare Computer oder Telefone von jedem Raum aus möglich. Notwendig für eine Vernetzung der Geräte, Sensoren und Aktoren ist die Anbindung über verschiedene, oftmals herstellerspezifische funk- oder datenleitungsgebundene Kommunikationsschnittstellen. Häufig kommt dabei das Europäische Installationsbussystem (EIB) oder dessen Weiterentwicklung, das Kon-

nex 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 zum Beispiel Heizungs- und Klimaanlage, die nach einem individuellen Tagesprofil die Temperatur automatisch einstellen können. Eine Unterscheidung 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 Stromfresser 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



2-22 Netzwerk-Infrastrukturen in intelligenten Gebäudesystemen⁶⁷

⁶⁷ Eigene Darstellung nach Grinewitschus, V. et al. (2003): Intelligente Gebäudesysteme: eingebettete Intelligenz, Integration durch Vernetzung, neue Nutzeffekte durch Systemfunktionen

2

Das System Elektromobilität

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 prinzipiell ebenfalls ermöglicht. Die Einbindung von Elektrofahrzeugen in ein Smart Home wird in Baden-Württemberg beispielsweise durch das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in der Praxis erforscht.⁶⁸

„Ein durchschnittlicher Hausanschluss in Baden-Württemberg ist für eine Leistung von etwa 30 kW ausgelegt. Neue Anschlüsse werden in der Regel sogar bis zu 43 kW abgesichert. Für das Laden von Elektrofahrzeugen mit hohen Ladeleistungen – z. B. bis zu 22 kW – ist eine intelligente Steuerung notwendig, um die Kapazitäten im Haushalt nicht zu übersteigen, wenn z. B. gleichzeitig noch der Herd läuft. Denkbar ist beispielsweise eine zeitliche Verlagerung der Ladezeiten in die Nacht oder ein gezieltes Abschalten weiterer Stromverbraucher im Haushalt, wie Wärmepumpen oder Gefriergeräte.“

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.

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 Parkmöglichkeiten 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.

⁶⁸ eCarTec Newsletter (2010): Test für das Auto von morgen im Smart Home



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.⁶⁹ 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 früheren Erfahrungswerten 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 Streckenan-

passung 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 erfolgen. Anwendungen könnten 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.

Zur Vermeidung von Staus, Stop-and-Go-Verkehr und damit vor allem auch zur Vermeidung von Unfällen tragen heute bereits variable Verkehrszeichen bei.⁷⁰ Die wichtigste Anwendung ist hier eine dem Verkehr und den Witterungsbedingungen angepasste variable Geschwindigkeitsbegrenzung. Diese kann von einer zentralen Leitstelle aus geregelt werden oder völlig autonom

69 Lorkowski, S. et al.: Erste Mobilitätsdienste auf Basis von "Floating Car Data"

70 Fischer, J. (2004): Verkehrstelematik in Großstädten als Alternative zum Neubau von Verkehrswegen

2

Das System Elektromobilität

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.⁷¹ Autofahrer müssen hier acht Pfund pro Tag bezahlen, um in den Innenstadtbereich einfahren zu dürfen. Solche Systeme führen zu einer Verminderung des Gesamtverkehrsaufkommens 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 Kilometer oder die Fahrzeit sein. Eine solche kilometerabhängige Maut wird beispielsweise auf deutschen Autobahnen seit 2005 für Lkws erhoben.⁷² 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 Bezahlungsmöglichkeiten, 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 fahrzeugseitigen 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

71 <http://www.oeamtc.at/a1114651/>
72 <http://www.toll-collect.de/>



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.⁷³ 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 Einfahrtsgebühr in Stockholm.⁷⁴ 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 einem bei der Ankunft im Zielbereich erwarteten Parksituation, die mittels Vorwissen und Simulationen erstellt werden kann.

⁷³ <http://www.toll-collect.de/>

⁷⁴ Hammer, J.: Maut in Stockholm - Steuer statt Stau

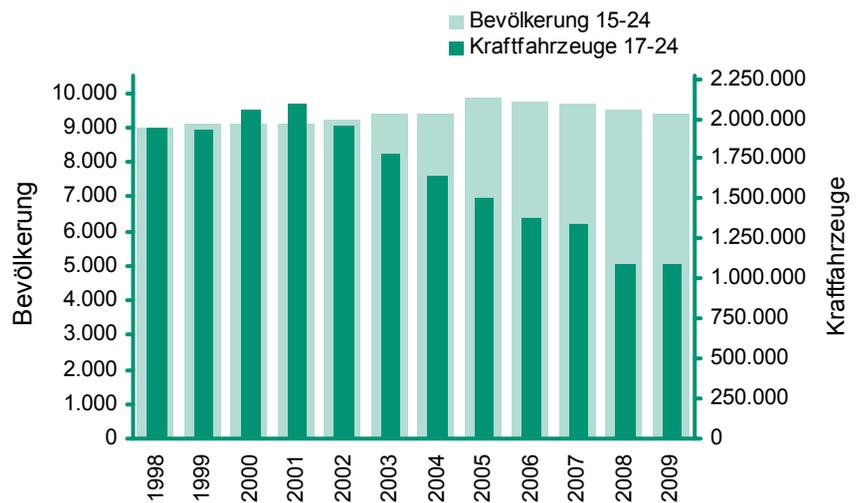
2 Das System Elektromobilität

2.7 Intermodale Mobilitätskonzepte

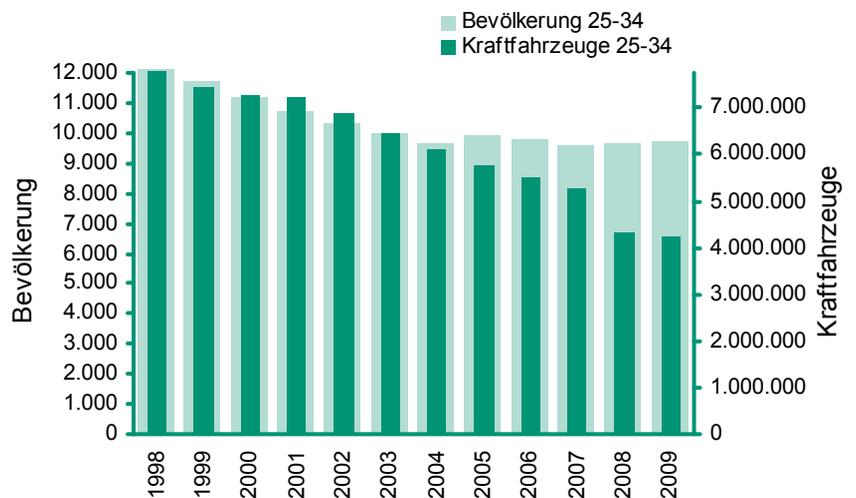
Der motorisierte Individualverkehr (MIV) trägt über die letzten Jahrzehnte stabil die Hauptlast des Verkehrs. Vor allem bei jungen Menschen verliert der Stellenwert des eigenen Autos aber immer mehr an Bedeutung. In der Altersklasse zwischen 14 und 29 Jahren können sich 97 Prozent der Menschen ein Leben ohne Handy nicht mehr vorstellen, gefolgt von 87 Prozent ohne Internet.⁷⁵ Ein Leben ohne Automobil können sich dagegen lediglich nur 64 Prozent der Befragten nicht vorstellen. Folglich nimmt bei jungen Menschen die Anzahl privater Kraftfahrzeuge pro Einwohner, im Gegensatz zu den oberen Altersklassen, in den letzten Jahren stetig ab.

Für die Städte bedeutet dies eine zunehmende Verlagerung hin zu öffentlichen Verkehrsmitteln und alternativen Mobilitätsangeboten wie beispielsweise Carsharing. 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

Alterskohorte 15 - 24

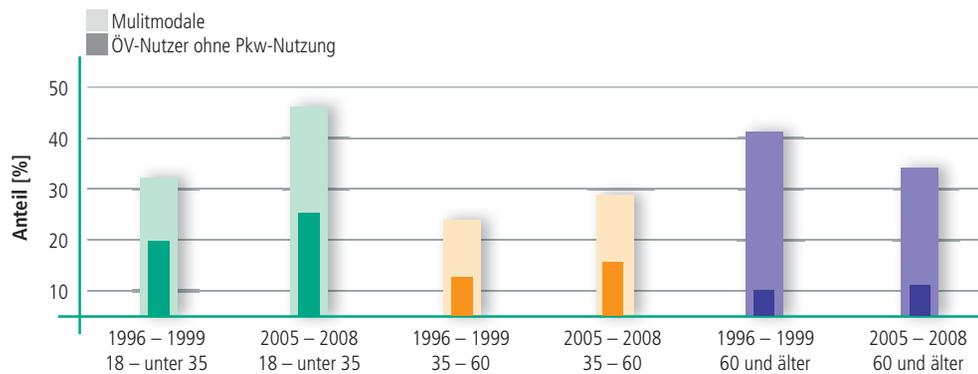


Alterskohorte 25 - 34



2-23 Bevölkerungsentwicklung und Automobilbesitz junger Menschen⁷⁶

75 Scherr, A. W. (2009): Webciety – Wie das Internet unser Leben prägt
 76 Eigene Analysen; KBA; Destatis



2-24 Veränderungen des intermodalen Mobilitätsverhalten nach Altersklassen⁷⁷

somit Gestaltungsmöglichkeiten für die Zukunft. Schon heute gilt es bestehende Fortbewegungsmöglichkeiten effizient aufeinander abzustimmen, um in den wachsenden Ballungsgebieten vorhandene und zu erwartende Überlastungen des Straßenverkehrs, aber auch des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) abzuwenden. Moderne IKT-Anwendungen gewinnen in diesem Kontext immer mehr an Bedeutung.

„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.“

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

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 öffent-

fentlichen Verkehrsmittel schon auf dem Weg zum Parkplatz auf digitalen Informationstafeln anzeigen.⁷⁸

Ein wichtiger und stetig wachsender Bereich für die modale und intermodale Mobilität stellen Carsharing-Angebote sowohl für Pkws als auch für Fahrräder dar. Besonders attraktiv ist hier die Kombination mit einer Anfahrt per Bus oder Bahn. Herausforderungen bestehen hier bezüglich der Planbarkeit der Reisen, der Verfügbarkeit und dem Auffinden der Fahrzeuge sowie einem universellen Zugangs- und Abrechnungssystem.

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.

77 Deutsches Mobilitätspanel (2010)
78 http://www.mobility.siemens.com/mobility/de/pub/complete_mobility/greenmobility/strassenverkehr.htm

2

Das System Elektromobilität

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 Auskunft- und Buchungssystem der Deutschen Bahn heute Standard.

Auf lokaler Ebene stellen Carsharing-Angebote vor allem für ortsfremde Besucher unter Umständen ein Problem dar. 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 möglich, in Verbindung mit der entsprechenden Hardware (RFID-Transponder, Smart Card). Während das Auffinden der Fahrzeuge vor Ort technisch über Smartphonebasierte Navigation realisierbar wäre, steht eine universelle Städte- und Anbieterübergreifende Registrierungsmöglichkeit für die Kunden noch aus.

„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

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.

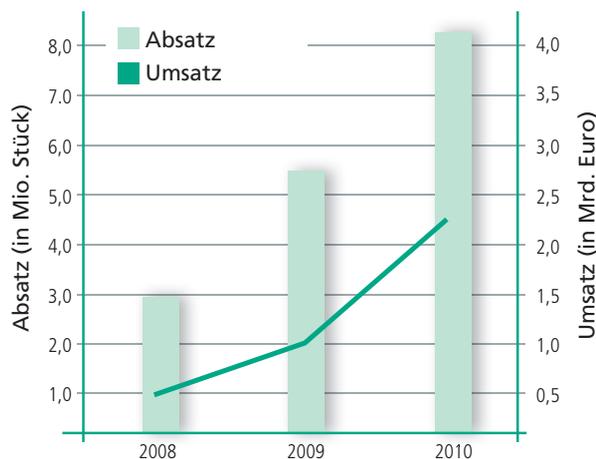


2.8 Informations- und Kommunikationstechnologien für den mobilen Nutzer

Die wachsende Bedeutung der IKT im Bereich Mobilität erhöht den Vernetzungsgrad des Systems. Innovative Fahrerassistenzsysteme verbessern zukünftig die Sicherheit durch Car-to-Car-Kommunikation, Elektrofahrzeuge tauschen 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. 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. Der Fahrer agiert 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-bezogenen Bedienung um eine neue Dimension der Vernetzung zu erweitern.

Das Smartphone als mobiles HMI

Die Verbreitung von Smartphones nahm in den letzten Jahren rasant zu. Mit 8,2 Mio. verkauften Geräten (2010) in Deutschland steigt deren Marktdurchdringung schnell, bereits



2-25 Umsatz- und Absatzentwicklung von Smartphones in Deutschland⁷⁹

2012 wird die Anzahl an UMTS-Anwendern die der GSM-Nutzer weltweit überholen.⁸⁰ Das Smartphone verdrängt also zunehmend das „normale“ Handy und vereint mehr und mehr Funktionalitäten des alltäglichen Lebens. Mobiles Internet und Breitband-Datenübertragung legen die Grundlage dafür, annähernd die Hälfte der europäischen Mobilfunkkunden werden in den nächsten Jahren mobile Internetdienste auf ihrem Smartphone nutzen.⁸¹ Experten gehen sogar soweit zu sagen, das Mobiltelefon werde „zur Fernbedienung des gesamten Lebens“.⁸² Der Schlüssel dazu liegt in der Möglichkeit, auf dem Smartphone kleine Programme (applications) 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 250.000 Applikationen für das Apple iPhone zur Verfügung.⁸³ 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 Fahrzeugbezogenen Mobilitätsverständnis.

79 Eigene Darstellung nach Kuhn, T. (2010): Der Siegeszug des Anti iPhones
 80 Fasse, S. (2010): Das Mobiltelefon wird zur Fernbedienung des gesamten Lebens
 81 Kuhn, T. (2010): Der Siegeszug des Anti iPhones
 82 Fasse, S. (2010): Das Mobiltelefon wird zur Fernbedienung des gesamten Lebens
 83 <http://www.apple.com/de/iphone/apps-for-iphone/#heroOverview>

2 Das System Elektromobilität

„Das Smartphone wird für zukünftige Mobilitätslösungen und Fahrzeuganwendungen eine zentrale Rolle spielen.“

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

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

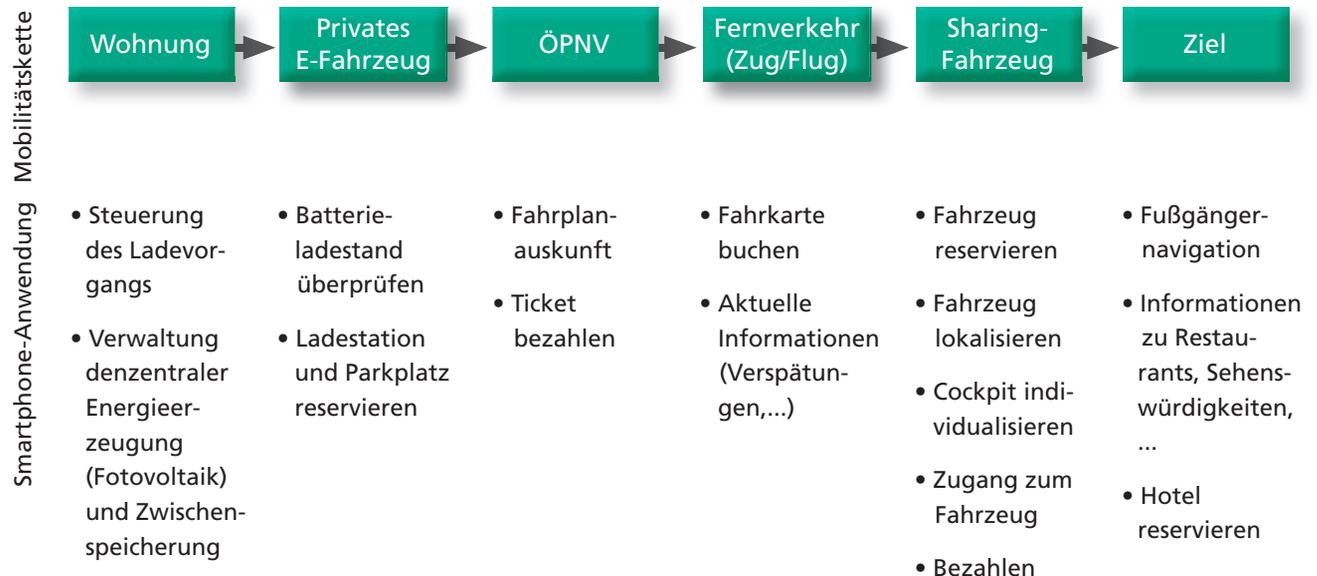
Dr. Anke Weidlich, Senior Researcher, SAP AG

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 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 früh-



2-26 Smartphone-Anwendungen für die Bewältigung einer intermodalen Mobilitätskette⁸⁴

84 Eigene Darstellung



er 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 2-26).

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 Wandlungsbefähigung

ger für eine Nutzerbezogene Mobilität auszugehen.

3

Status quo 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. Die Vielfalt an branchenübergreifenden Projekten und die zunehmende Zahl an Kooperationen zwischen Forschungsinstituten und Unternehmen zeigt eine sich verdichtende Innovationskraft in Baden-Württemberg. Die in den folgenden Abschnitten vorgenommene Status-quo-Analyse der Akteure und Märkte in den Bereichen IKT und Verkehrstelematik, Ladeinfrastruktur und Flottenmanagement dient als Indikator dafür, inwieweit Baden-Württemberg heute schon Kernkompetenzen für die Mobilität der Zukunft sichert und ausbaut. Auf die besonderen

Herausforderungen, die sich durch die Einführung der Elektromobilität in Baden-Württemberg ergeben, die technologischen Potenziale und zukünftige Entwicklungen wird in Kapitel 4 näher eingegangen.

3.1 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.⁸⁵

Dem deutschen Markt wird ein Marktvolumen von 139,7 Mrd. Euro für IKT und digitale Verbraucher-elektronik in 2010 prognostiziert.⁸⁶ Dies entspricht einem Wachstum von 0,1 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Vor allem die Dienstleis-

IKT-Markt Deutschland	Marktvolumen (in Mrd. Euro)					Wachstumsrate			
	2007	2008	2009	2010	2011	08/07	09/08	10/09	11/10
Summe IKT + digitale CE	143,8	145,9	139,6	139,7	141,8	1,4 %	-4,3 %	0,1 %	1,5 %
Digitale CE	11,7	12,7	12,3	12,3	12,1	8,5 %	-2,8 %	-0,4 %	-1,1 %
Summe IKT	132,2	133,2	127,2	127,4	129,7	0,8 %	-4,5 %	0,2 %	1,7 %
Informationstechnik	65,0	67,1	63,5	64,4	66,8	3,4 %	-5,4 %	1,4 %	3,8 %
IT-Hardware	19,3	19,1	17,1	17,1	17,3	-1,0 %	-10,6 %	0,2 %	1,1 %
Software	14,3	15,0	14,3	14,4	15,0	4,8 %	-5,2 %	0,9 %	4,1 %
IT-Dienstleistungen	31,3	33,0	32,2	32,9	34,6	5,4 %	-2,5 %	2,2 %	5,0 %
Telekommunikation	67,2	66,0	63,7	63,0	62,8	-1,7 %	-3,6 %	-1,1 %	-0,3 %
TK-Endgeräte	4,8	4,9	4,4	4,4	4,5	2,2 %	-9,2 %	0,0 %	0,8 %
TK-Infrastruktur	5,6	5,8	5,4	5,4	5,4	2,1 %	-5,4 %	-0,3 %	0,0 %
Telekommunikationsdienste	56,8	55,4	53,8	53,2	52,9	-2,4 %	-2,9 %	-1,2 %	-0,5 %

3-1 Entwicklung des IKT-Marktes in Deutschland (2007–2011)⁸⁷

⁸⁵ Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany

⁸⁶ BITKOM, EITO (2010): IKT-Marktzahlen

⁸⁷ Eigene Darstellung nach BITKOM, EITO (2010): IKT-Marktzahlen



tungssparte, sowohl im Bereich der Informationstechnik als auch der Telekommunikation, spielt eine wesentliche Rolle in der Branche (siehe Tabelle 3-1).

Im europäischen Vergleich stellt Deutschland den zweitgrößten IKT-Markt Europas nach Großbritannien dar (siehe Abbildung 3-2). Weltweit nimmt die deutsche IKT-Branche die fünfte Position nach den USA, Japan, China und Großbritannien ein. 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.⁸⁸

„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.“

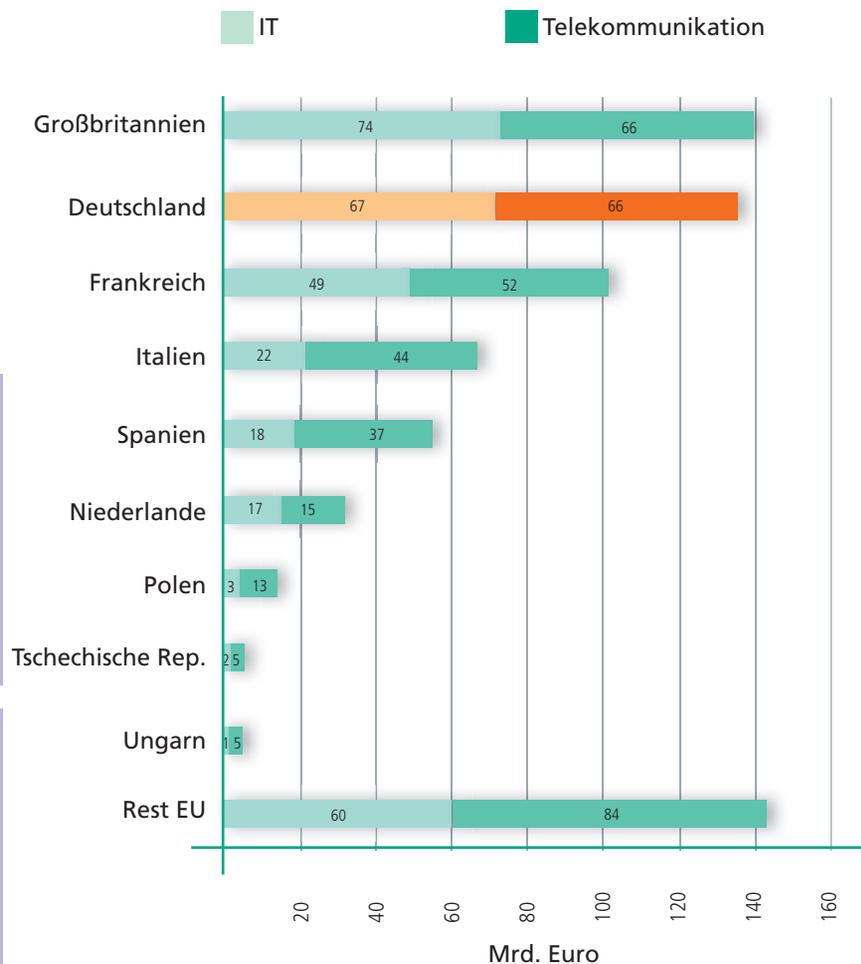
Björn Krupezki, Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH

„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 sind über 800.000 Menschen in die IKT-Industrie direkt involviert. Berücksichtigt man außerdem IKT-Fachkräfte in anderen Branchen, müssen dazu noch einmal ca. 650.000 Arbeitsplätze gerechnet werden.⁸⁹

Heutzutage sind ca. 73.000 Unternehmen in Deutschland im Bereich der IKT tätig. 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



3-2 Marktvolumen der IKT-Branche in Europa in Mrd. Euro (2008)⁹⁰

88 Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany
 89 BITKOM (2010): Erwerbstätige in der IKT-Branche; Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany
 90 Eigene Darstellung nach Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany

3

Status quo in Baden-Württemberg

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.⁹¹

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.⁹²

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 Betriebs-

leitsysteme, 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.⁹³ Die Bewertung des Gesamtmarktes stellt eine enorme Herausforderung dar, da es für die Verkehrstelematik keine genaue, standardisierte Abgrenzung in Bezug auf eine Branchenzugehörigkeit oder die spezifischen Lösungen gibt, die dieser Technologie zugeordnet werden können.⁹⁴ Aus diesem Grund ist es sinnvoll, eine Analyse einzelner Teilbereiche, z. B. der eingebetteten Systeme oder der mobilen Geräte, durchzuführen.⁹⁵

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.⁹⁶ 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. Typische Anwender sind die Automobilindustrie, der Maschinenbau und die Medizintechnik.

Das prognostizierte Marktvolumen für eingebettete Systeme in Deutschland für 2010 beträgt über 19 Mrd. Euro. Die Anwendersektoren werden zu einer Wertschöpfung von 15 Mrd. Euro beitragen, während der Umsatz der Anbieter auf 4 Mrd. Euro geschätzt wird. Diese Branche weist stabile Zuwachsraten von bis zu 8 Prozent aus. Ein wichtiger Grund dafür ist, dass eingebettete Systeme als Schlüsseltechnologie großer gesellschaftspolitischer Herausforderungen, zum Beispiel der Sicherstellung von Mobilität, angesehen werden.⁹⁷

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

91 BITKOM (2009): Hightech-Standort Deutschland

92 Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany

93 BMVS (2007): Kurzfassung zur Projektbeschreibung „Leitfaden Verkehrstelematik“

94 Pauli, B., Schindler, T. (2001): Ein Ausweg aus dem drohenden Verkehrschaos? aus NORD/LB Regionalwirtschaft: Potenziale der Verkehrstelematik in Niedersachsen.

95 Büttner, A. (2009): Western European Car Telematics Market Booms.

96 Grauman, S. et al. (2009): 12. Faktenbericht 2009; C-LAB (2010): Embedded Systems; Marwedel, P. (2008): Eingebettete Systeme

97 BITKOM (2010): Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland



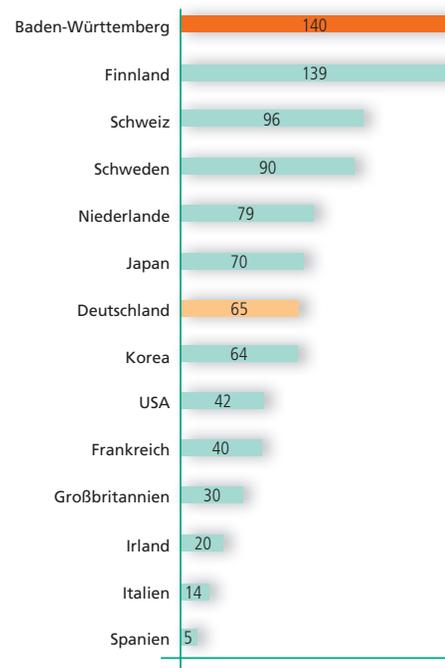
Automobilindustrie erwirtschaftet, während 25 Prozent den Anbietern zugeordnet werden.⁹⁸ Vergleicht man den Umsatz des Anbietermarktes von eingebetteten Systemen im Automotive-Bereich (1 Mrd. Euro)⁹⁹ mit dem Gesamtumsatz des IKT-Marktes in Deutschland (145,9 Mrd. Euro), so ergibt sich für diese Sparte ein Anteil von 0,69 Prozent. 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,¹⁰⁰ 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.¹⁰¹

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 46.000¹⁰² von rund 700.000¹⁰³ 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.¹⁰⁴ Hieraus ergibt sich eine Anzahl von etwa 13.800 Mitarbeitern, deren Beschäftigung auf eingebetteten Systemen im Fahrzeugbau beruht.

Betrachtet man den gesamten baden-württembergischen Markt der IKT, so erreicht die Bedeutung dieser Branche andere Dimensionen: Etwa 400.000 Mitarbeiter sind in ca. 22.000 Unternehmen mit einem jährlichen Gesamtumsatz von rund 50 Mrd. Euro tätig. Dabei spielen die ca. 1.500 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.¹⁰⁵ 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 2005 weit über dem deutschen Durchschnittswert. Baden-Württemberg konnte sich sogar als Spitzenreiter in einem Vergleich mit Ländern der OECD positionieren (siehe Abbildung 3-3).¹⁰⁶



3-3 IKT-Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt je Mio. Einwohner (2005)¹⁰⁷

98 Centre for Promotion of Imports from developing countries (2010): The EU market for embedded systems

99 BITKOM (2010): Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland

100 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

101 VDA (2010): Zahlen und Fakten

102 BITKOM (2010): Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland

103 VDA (2010): Zahlen und Fakten

104 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%

105 Das Business-Portal Baden-Württemberg (2010): IT und Telekommunikation – Industriedichte

106 Statistisches Landesamt BW (2009): Informations- und Kreativwirtschaft in Baden-Württemberg

107 Eigene Darstellung nach dem Statistischen Landesamt Baden-Württemberg (2009): Informations- und Kreativwirtschaft in Baden-Württemberg

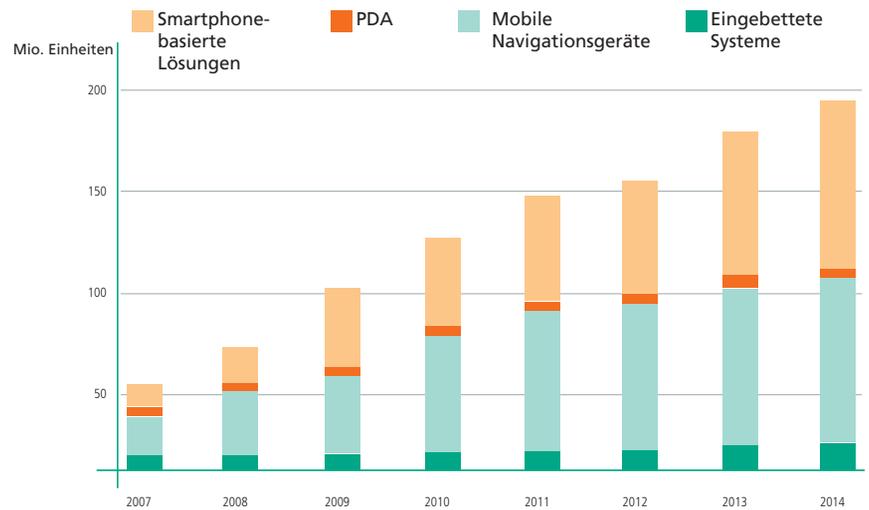
3

Status quo in Baden-Württemberg

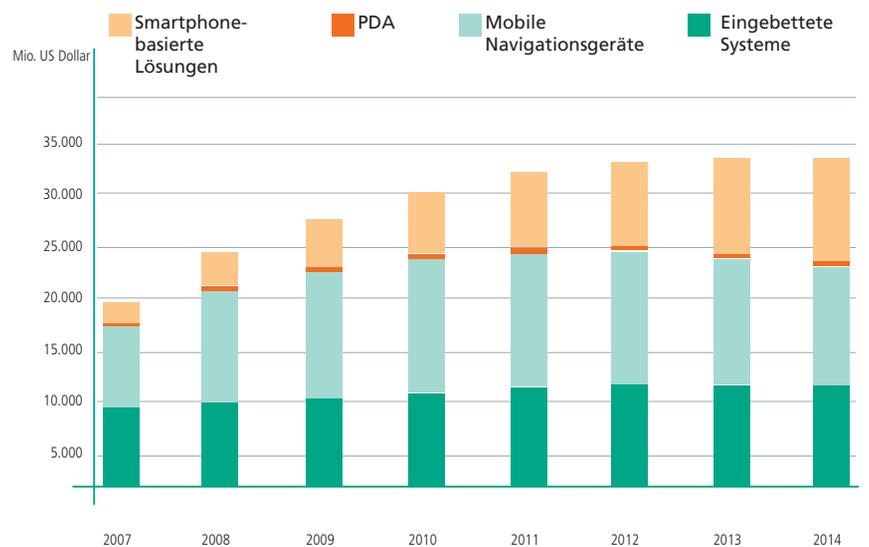
Der Markt für Navigationsgeräte weist ebenfalls eine interessante Entwicklung auf. Der globale Absatz für Navigationsgeräte betrug im Jahr 2007 55,5 Mio. Geräte. Diese Anzahl wird sich bis 2014 mehr als verdreifachen und 186,3 Mio. Geräte erreichen. Dabei werden Smartphone-basierte Lösungen wesentlich an Bedeutung gewinnen und sich bis 2014 mit einem Marktanteil von 40 Prozent positionieren. Dies bedeutet auch, dass konkurrierende Sparten, wie mobile Navigationsgeräte, PDA-Lösungen und eingebettete Navigationssysteme, Marktanteile verlieren werden (siehe Abbildung 3-4). Der Umsatz wird im Vergleich zum Absatz moderater wachsen, was auf die allgemein sinkenden Preise der Geräte und den großen Anteil an nicht kommerziellen GPS-Lösungen für Mobiltelefone zurückzuführen ist. Das heutige Marktvolumen beträgt 21 Mrd. Euro (entspricht 30 Mrd. USD) und soll bis 2014 um ca. 2 Mrd. Euro wachsen (siehe Abbildung 3-5).¹⁰⁸

„In der Zukunft werden viele IKT-Anwendungen im Fahrzeug über das Smartphone und intelligente Geräte wie das iPhone, iPad, Wave-Pad und über Apps realisiert.“

Björn Krupezki, Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH



3-4 Globaler Navigationsmarkt – Absatzentwicklung in Mio. Einheiten¹⁰⁹



3-5 Globaler Navigationsmarkt – Umsatzentwicklung in Mio. USD¹¹⁰

¹⁰⁸ Eigene Darstellung nach dem Statistischen Landesamt Baden-Württemberg (2009): Informations- und Kreativwirtschaft in Baden-Württemberg

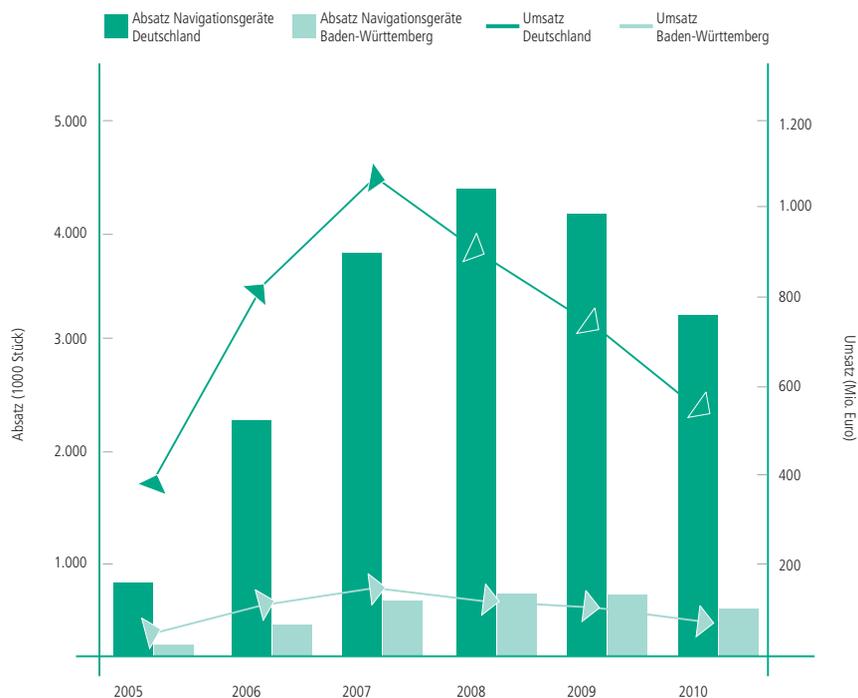
¹⁰⁹ Eigene Darstellung nach Strategy Analytics (2010): In den Navigationsmarkt kommt Bewegung

¹¹⁰ Ebenda



In Deutschland ist auf dem Markt der Navigationsgeräte, im Gegensatz zur globalen Entwicklung, 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) hat die private Nachfrage nach Navigationslösungen bereits im Jahr 2008 mit 4,3 Mio. Geräten ihren Höhepunkt erreicht und sinkt heutzutage mit einer Rate von ca. 23 Prozent. 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.¹¹¹

Im Markt für Navigationsgeräte in Baden-Württemberg war eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. Zwischen 2005 und 2006 konnte ein rapides Wachstum verzeichnet werden. Der Absatz stieg um 222 Prozent, während der Umsatz eine Wachstumsrate von 113 Prozent auswies. Während dieser Periode dominierten eingebettete Navigationssysteme den Markt. Heute werden zunehmend tragbare und Smartphone-basierte Lösungen bevorzugt.¹¹² Abbildung 3-6 zeigt



3-6 Entwicklung des Marktvolumens (Absatz und Umsatz) für Navigationsgeräte in Deutschland und Baden-Württemberg¹¹³

die Entwicklung des Marktes für Navigationsgeräte in Baden-Württemberg seit 2005 und ermöglicht einen Vergleich mit dem gesamten deutschen Markt.

Abbildung 3-7 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). Der damals dazugehörige Bereich für Portale und Content wurde in die Falk Content & Internet Solutions GmbH & Co. KG umgewandelt. Die MAIRDUMONT-Gruppe, damalige Besitzerin der FM-I GmbH, ist heute mit jeweils 20 Prozent sowohl an der Falk Navigation GmbH als auch an der Falk Content & Internet

111 Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (2005–2010): CEMIX: Consumer Electronics Markt Index
 112 Institut für Demoskopie Allensbach (2010): Allensbacher Computer- und Technik-Analyse Acta-Analyse
 113 Eigene Darstellung

3

Status quo in Baden-Württemberg

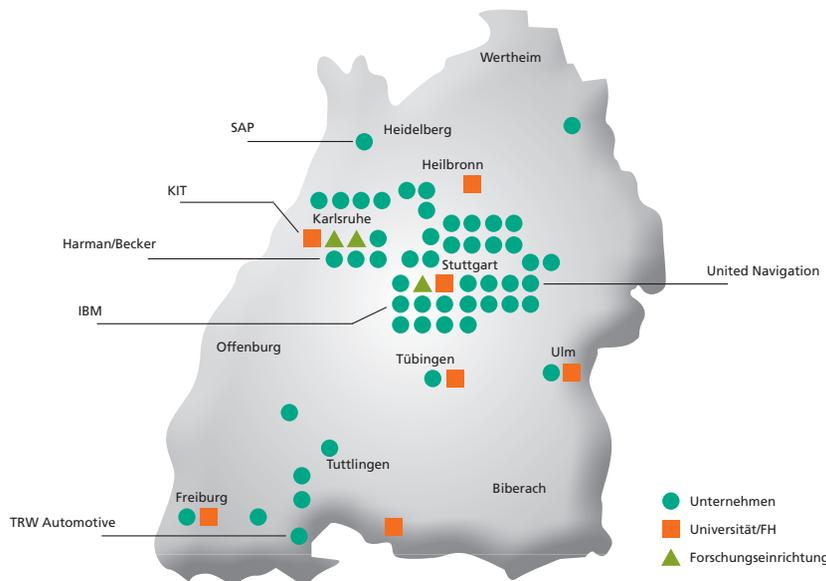
Solutions GmbH & Co. KG beteiligt, während der Geschäftsführung, Herrn Dr. Frank Mair, die restlichen 80 Prozent gehören.¹¹⁴ Das Produktspektrum von Falk umfasst Navigationshardware und -software sowie Zubehör und Einbaulösungen rund um die Navigation. Die Harman Becker Automotive Systems, eine Sparte 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

Laufwerkstechnologien, entwickelt. Der größte Standort ist das Werk Karlsbad/Karlsruhe, in dem auch die Produktion, die Systemintegration der Infotainment-Systeme und die Akustik-Abstimmung der Soundsysteme Harman Kardon, Lexicon und JBL stattfindet. In diesem Werk sind ca. 1.200 Mitarbeiter tätig, gefolgt vom Standort Ulm mit ca. 200 Mitarbeitern. Die Standorte Filderstadt und Villingen-Schwenningen beschäftigen 120 bzw. 100 Mitarbeiter.¹¹⁵ Die Navigationssparten von Falk und Becker wurden im Januar 2010 unter dem Namen United Navigation zusammengeführt und bieten neben den bereits bekannten mobilen Navigationsgeräten auch individu-

elle Lösungen für Hardware- und Automobilhersteller an.¹¹⁶

Der amerikanische Konzern IBM, dessen Umsatz im Jahr 2009 einen Wert von 95,8 Mrd. USD (ca. 68 Mrd. Euro) erreicht hat, zählt zu den weltweit größten Anbietern von Hardware, Software und IT-Dienstleistungen. Die IBM in Deutschland ist die größte europäische Ländergesellschaft, verfügt über 40 Standorte und beschäftigt 21.000 Mitarbeiter. Fünf Niederlassungen befinden sich in Baden-Württemberg: Ehningen (Sitz der deutschen Zentrale), Heilbronn, Karlsruhe, Villingen-Schwenningen und Freiburg. Am Ehninger Standort arbeiten 3.000 Mitarbeiter, unter anderem im IBM Automotive Center. Die IBM Deutschland Research & Development GmbH mit Sitz in Böblingen ist eines der größten Forschungs- und Entwicklungszentren von IBM weltweit.¹¹⁸ Zum Produktportfolio im Automotive-Bereich gehören die „Telematic Track & Trace Solutions“, die vor allem für das Flottenmanagement geeignet sind. Diese beinhalten Funktionen wie Fahrzeugortung, Beobachtung des Fahrtverlaufs, der Geschwindigkeit, der Motordrehzahl und des Kraftstoffverbrauchs.¹¹⁹

IBM ist bereits im Thema Elektromobilität aktiv und arbeitet mit Versorgungsunternehmen, Automobilherstellern, Forschungseinrichtungs-



3-7 Landkarte Akteure im Bereich Fahrzeugtelematik¹¹⁷

114 Mairdumont (2009): Pressemitteilung „Weiter in Familienhand“
 115 Suedbaden business on.de (2009): Wo im Südwesten bei Harman Becker Automotive 416 Jobs abgebaut werden
 116 United Navigation (2010): OEM Software
 117 Eigene Darstellung
 118 IBM (2009): IBM in Deutschland; Pressebox (2009): IBM eröffnet neue Deutschlandzentrale
 119 IBM (2010): Lösungen im IBM Automotive Industry Solution Center Ehningen



en und Kommunen zusammen. Die Schwerpunkte dieser Kooperationen sind zum Beispiel Fahrzeugtelematik, integrierte Software, Batterieleistung, Einbindung intelligenter Stromnetze und Infrastrukturplanung.¹²⁰

„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.¹²¹

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, beispielsweise Fehlermeldungen, aus den zahlreichen Steuergeräten eines Kraftfahrzeuges zusammenführt und gemäß ihrer Priorität kategorisiert. Somit wird die Ergebnisanalyse einfacher und kann in Echtzeit durchgeführt werden.¹²² 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.¹²³

Der Bereich Embedded Systems Engineering des Instituts für technische Informatik an der Universität Stuttgart fokussiert auf die Entwicklung von eingebetteten Hardware- und Softwaresystemen. 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.¹²⁴

„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.“

Dr. Anke Weidlich, Senior Researcher, SAP AG

120 IBM (2010): Was ist zuerst da? Das intelligente Stromnetz oder das Elektroauto?

121 Institut für Technik der Informationsverarbeitung (2010): Forschung

122 Forschungsinstitut Informatik (2010): Projekt IFDS

123 Forschungsinstitut Informatik (2010): Projekt IMMOS

124 Institut für Technische Informatik (2010): Embedded Systems Engineering

3

Status quo in Baden-Württemberg

3.2 Flottenmanagement

Flottenmanagementsysteme (FMS) bieten für Fuhrparkbetreiber 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 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 führen die Forschungsinitiative Future Fleet

durch, welche den Einsatz von Elektrofahrzeugen in Dienstwagenflotten untersucht und ein FMS für Elektrofahrzeuge entwickelt.¹²⁵ Besonders bekannte Hersteller von FMS wie die Daimler Fleetboard GmbH in Stuttgart oder Funkwerk Eurotelematik in Ulm und eine Vielzahl kleiner und mittlerer Unternehmen tragen zur Standortkompetenz Flottenmanagement in Baden-Württemberg bei.

„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 Telematikanwendungen 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, Projektleiter Future Fleet

„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

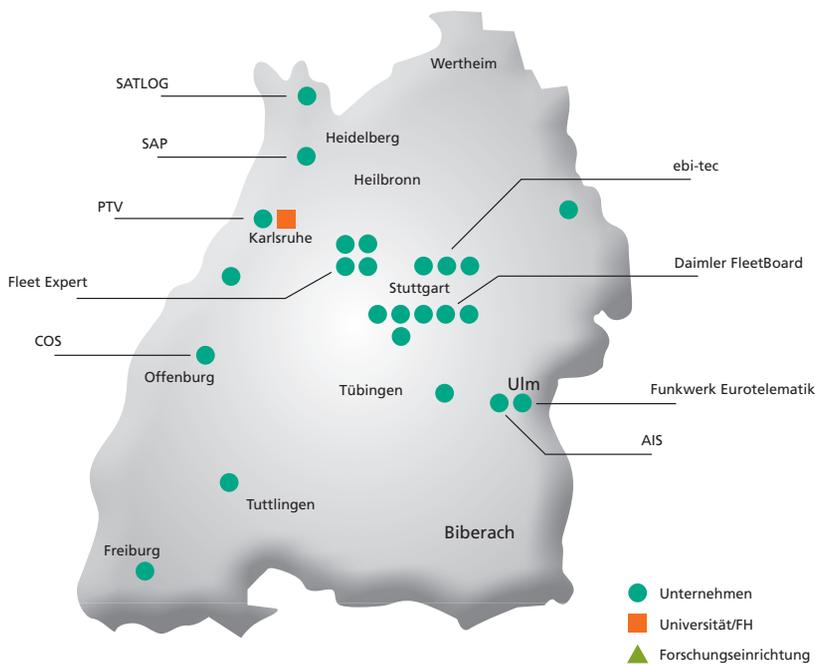
„In Deutschland sind vor allem die südlichen Bundesländer sehr gut im Bereich Flottenmanagementsysteme aufgestellt. Hier gibt es auch groß angelegte Projekte zur Integration von Elektrofahrzeugen in die Flotten.“

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

125 <http://www.futurefleet.de/>



3-8 Landkarte Akteure im Bereich Flottenmanagement¹²⁶

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.¹²⁷

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, Web-

dienste 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 für konkrete Untersuchungen bilden.

„Deutschland und Europa betreiben Fuhrparkmanagement mit großen Flotten. Große Fuhrparkflotten ziehen meist ein Flottenmanagementsystem nach sich, um Kosten zu reduzieren. Je kleiner die Unternehmen werden, umso weniger betreiben sie ein professionelles Flottenmanagement.“

Michael Tauer, Deutsche Post Fleet GmbH

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.

126 Eigene Darstellung
127 Eigene Recherche

3

Status quo in Baden-Württemberg

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 Erstinstallation der Hardware in einem Preisrahmen von ca. 300 bis 2.000 Euro angeboten.¹²⁸ 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.¹²⁹ Der Bestand an gewerblich zugelassenen Pkws betrug zu Be-

ginn 2010 rund 4 Mio. Fahrzeuge in Deutschland. Der Bestand an Nutzfahrzeugen und sonstigen gewerblich angemeldeten Kraftfahrzeugen lag bei 1,8 Mio. Fahrzeugen.¹³⁰ 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 und betreiben können.¹³¹ 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.¹³² 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 Technologiesprung 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.¹³³ 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.¹³⁴ In der hier durchgeführten Kalkulation wurde eine Penetrationsrate von 20 Prozent angesetzt. 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, 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 Trackingsysteme-

128 Eigene Recherche

129 Voigt, S. (2010): Den Telematik-Markt auf einen Blick; eigene Recherche

130 KBA (2010): Fahrzeugzulassungen, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltern, Wirtschaftszweigen, Januar 2010

131 Expertengespräche

132 Infoware (2008): Pressemitteilung, Marktstudie – Trends im Flottenmanagement; Frost & Sullivan (2009) Litmus Test for Commercial Vehicle Telematics Market: Results to exceed expectations; Expertengespräche

133 Expertengespräche

134 Frost & Sullivan (2009) Litmus Test for Commercial Vehicle Telematics Market: Results to exceed expectations; Expertengespräche



men 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.¹³⁵ 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.¹³⁶ Die somit heute noch geringe Marktdurchdringung von FMS bietet nach Studienergebnissen und Experten dennoch eine Chance für eine zukünftige Potenzialabschöpfung.¹³⁷

„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

135 Expertengespräche

136 Ebenda

137 Dataforce (2010): Dataforce FleetReport 2010

3

Status quo in Baden-Württemberg

3.3 Ladeinfrastruktur

In Baden-Württemberg, wie auch in Deutschland allgemein, sind heute nur sehr wenige Elektroautos käuflich zu erwerben. Folglich hat ein umfangreicher oder gar flächendeckender Ausbau öffentlicher und auch privater Ladestationen noch nicht stattgefunden. Öffentliche Ladestationen werden heute in den meisten Fällen im Rahmen von Modellregionen und Flottenversuchen installiert, private Elektrofahrzeuge werden in vielen Fällen an einfachen Schuko- oder Industriesteckdosen im Haushalt oder am Arbeitsplatz geladen. Neben den relativ hohen Kosten für Ladestationen wirken sich 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.¹³⁸

„Eine normierte Infrastruktur ist als Basis für eine effiziente Entwicklung von IKT-Anwendungen unbedingt erforderlich. Standardisierungen hinken jedoch dem Fortschritt bei der Elektromobilität hinterher.“

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.¹³⁹ Hier finden sich deutschlandweit 858 Einträge, 128 davon in Baden-Württemberg. Verzeichnet sind hier unter anderem 16 Stationen des Park-&-Charge-Systems und sechs Stationen des Energieversorgers RWE (vier weitere sind in Planung).¹⁴⁰ Nicht verzeichnet sind dagegen Stationen des größten Energieversorgers in Baden-Württemberg, der EnBW AG. Das Unternehmen hat bis heute zehn einfache öffentliche Ladestationen im Raum Stuttgart installiert, an denen Ladeleistungen von 3,5 kW über eine Schuko-Steckdose abgerufen werden können. Die Standorte werden direkt auf der Internetseite der EnBW angezeigt.¹⁴¹ Eine aufwendigere Ladestation mit intelligentem Lademanagement und Abrechnungssystem für Ladeleistungen bis 22 kW wurde zusammen mit der Firma Bosch im Rahmen des Modellprojekts MeRegioMobil entwickelt. Die Station wird derzeit von dem Unter-

nehmen DEKRA getestet und soll in Kürze erstmals eingesetzt werden.¹⁴² Nach Genehmigung der bereits definierten Standorte durch die Stadt Stuttgart sollen hier kurzfristig ca. 50 dieser Ladestationen errichtet werden. Weitere 16 Stationen sind für Karlsruhe geplant, acht Standorte wurden hier bereits genehmigt.¹⁴³

138 E-Auto Portal (2010): Elektromobilitäts-Ziele durch mangelnde Standards gefährdet

139 www.lemnet.org

140 Stand 28.10.2010

141 http://www.enbw.com/content/de/privatkunden/e_mobility/hintergruende/ladestation/index.jsp

142 <http://www.meregionobil.de/index.php?page=loesung-ladeszenarien>

143 Nach Informationen der EnBW AG



Das Park-&-Charge-System

Park & Charge ist ein europaweites System an Ladestationen für Elektrofahrzeuge mit der Zielsetzung, die Kosten für die Infrastruktur und den Betrieb möglichst gering zu halten. Die Stationen bestehen jeweils aus einer Ladebox mit mehreren Steckdosen (Schuko-Steckdosen und CEE-Stecksysteme) und werden in Deutschland für unterschiedliche Ladeleistungen zwischen 1,2 kW und 10,8 kW angeboten. Eine Ladesteuerung ist in der Regel nicht vorgesehen.

Der Zugang zu den Steckdosen erfolgt mit einem europaweit einheitlichen, mechanischen Schließsystem. Die Zugangsberechtigung zu allen Park-&-Charge-Stationen kann durch einen von der Fahrzeugart abhängigen jährlichen Pauschalbetrag erworben werden. Die Kosten für den Strom wie auch für die Ladestationen werden in der Regel durch die Betreiber abgegolten, die auch einen zugehörigen Parkplatz exklusiv für Elektrofahrzeuge bereitstellen. Zu den Betreibern gehören beispielsweise Gemeinden, Energieversorger, Firmen, Restaurants, aber auch Privatpersonen.

Das Park-&-Charge-System existiert seit 1992 in der Schweiz und in Liechtenstein. In Deutschland wurden seit 1997 bereits über 100 Stationen errichtet.¹⁴⁴

Öffentliche Gleichstrom-Schnellladestationen mit Ladeleistungen von bis zu 50 kW werden fast ausschließlich in Japan betrieben und sind in Baden-Württemberg heute noch nicht existent. Ein weltweit gültiger Standard für das Lademanagement und die Stecker stehen für diese Form der Ladung ebenfalls noch aus. Verwendung findet in der Regel der japanische Quasistandard CHAdeMO, der das Ladeprotokoll und die Steckverbindung regelt. Die Standorte der Ladestationen mit CHAdeMO-Standard können auf der Internetseite des Konsortiums angezeigt werden.¹⁴⁵

Trotz des geringen Bedarfs gibt es in Baden-Württemberg heute schon mehrere 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.¹⁴⁶ 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. Bosch wird bis Ende nächsten Jahres eine Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Singapur aufbauen.¹⁴⁷ Das Unternehmen entwickelt hierfür die Geschäftsmodelle, die Software und die Hardware und wird in der Startphase des Projekts auch als Betreiber auftreten.

„Ladestationen und Elektroautos kann heute jeder bauen, das Qualitätsmerkmal ist die intelligente, zuverlässige und systemkompatible Einbindung von IKT-Technologien.“

Björn Krupezki, Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH

„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

144 www.park-charge.de

145 www.chademo.com

146 <http://www.innovations.de/elektromobilitaet.html>

147 Finanzen.Net (2010): Bosch baut Ladestationen fuer Elektrofahrzeuge in Singapur

3

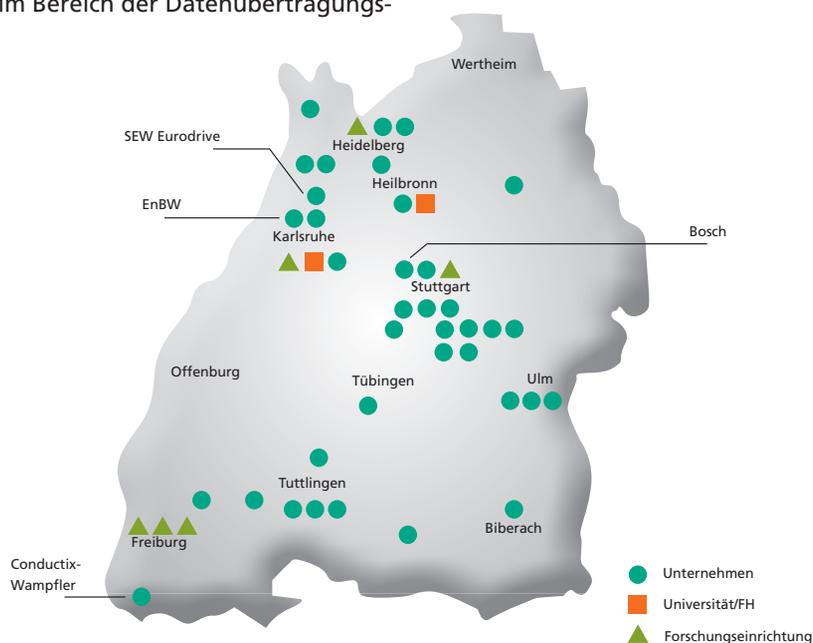
Status quo in Baden-Württemberg

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.¹⁴⁸ Mit dem Inductive-Power-Transfer-System (IPT) hat das Unternehmen induktive Ladeschnittstellen für Elektrofahrzeuge entwickelt.¹⁴⁹ 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.¹⁵⁰ 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 sollen ab 2011 in Deutschland vermarktet werden. 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 2010 mit dem bayrischen Staatspreis ausgezeichnet.¹⁵¹

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 Bereich der Datenübertragungs-

technologien, 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.



3-9 Landkarte Akteure im Bereich Ladeinfrastruktur¹⁵²

148 <http://www.conductix.de/index.asp?id=9&lang=D>

149 Conductix-Wampfler: IPT-Charge for Electric Vehicles

150 Innovations-Report (2005): Deutschlands erster batteriebetriebener Elektrobuss mit berührungsloser Ladetechnologie in Betrieb

151 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

152 Eigene Darstellung



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. Heimladestationen werden in vielen Fällen an einem geschützten, oftmals für die Öffentlichkeit nicht zugänglichen Ort installiert. Hier besteht nahezu keine Vandalismusgefahr und eine leichtere und kostengünstigere Bauart, oftmals 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 gleich-

zeitig 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 Schutzvorrichtungen 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 wurden auch Preise für die Installation und den Anschluss der Stationen ermittelt. Auch hier können große Preisunterschiede entstehen, die im Wesentlichen von der Anschlussleistung und der Wahl des Standorts abhängen. Während beispielsweise eine Heimladestation 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 minimal gehalten werden.

„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

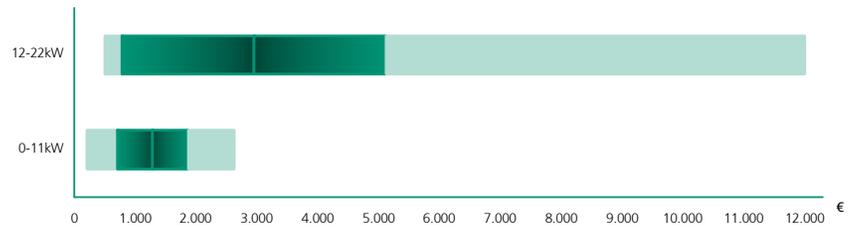
Für die Berechnung der in Abbildung 3-10 bis 3-12 dargestellten Preise wurden Angaben verschiedener Hersteller und Daten aus bereits veröffentlichten Studien herangezogen.¹⁵³ Um eine breitere Datenbasis zu schaffen, wurden dabei auch internationale Hersteller mit berücksichtigt. In den Grafiken für die Hardwarekosten ist jeweils die Spanne vom niedrigsten bis zum höchsten Hardwarepreis für die jeweilige Klasse an Ladestationen angegeben. Daneben wurden die Mittelwerte der Preise und die Standardabweichungen für die Hardwarekosten und auch für die Installationskosten visualisiert. Im Mittel liegen die Hardwarepreise für eine Heimladestation bei 1.280 Euro, für eine öffentliche Ladestation bei 3.180 Euro und für eine Gleichstrom-Schnellladestation bei 33.441 Euro. Die Installationskosten

¹⁵³ ETEC (2010): Electric Vehicle Charging Infrastructure Deployment Guidelines for Greater San Diego Area; May, J. W., Mattila, M. (2009) Plugging In: A Stakeholder Investment Guide for Public Electric-Vehicle Charging Infrastructure; Frost & Sullivan (2009): Strategic Analysis of Electric Vehicles Infrastructure in Europe and Revenue Generation Opportunities for Utilities; Anegawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger; Protoscar (2009): Strategy for European EV & PHEV conductive charging infrastructure: Analysis of the situation; http://www.park-charge.ch/infrastructure/infrastruktur_2.htm; Park & Charge (2010): Preisliste – Ladestationen ; Mein-Elektrauto (2010): Nissan liefert (Schnell-)Ladestation zum Elektroauto; eigene Recherchen und Herstellerinformationen

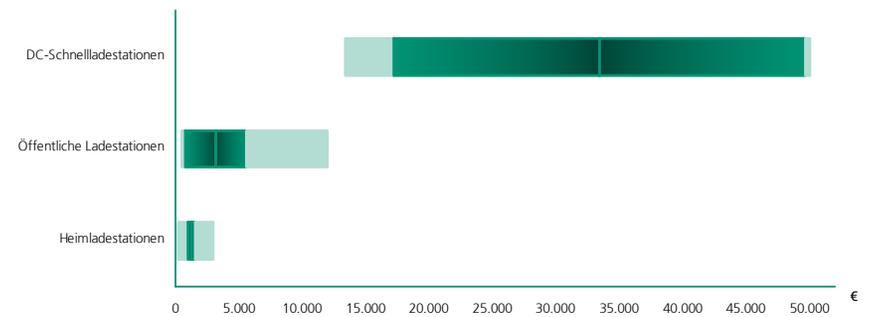
3

Status quo in Baden-Württemberg

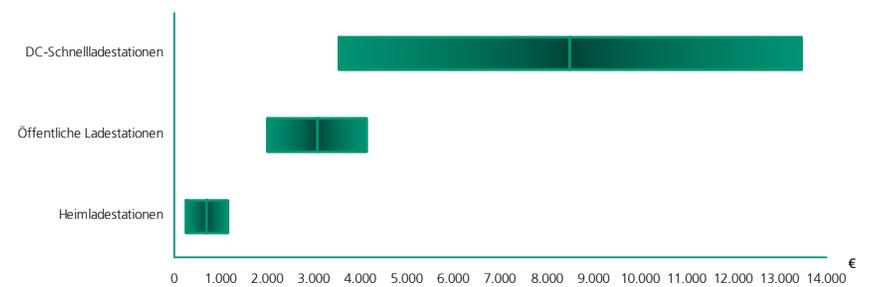
für Wechselstromladestationen liegen im Mittel bei 699 Euro für eine Heimpladestation und bei 3.064 Euro für eine öffentliche Ladestation. Für Gleichstrom-Schnellladestationen wurden im Mittel Installationskosten von 8.492 Euro ermittelt. Abbildung 3-13 zeigt wie sich die Kosten für eine Ladestation auf die Bereiche Gehäuse, Elektronik, Elektrik, Montage und Sonstiges aufteilen.



3-10 Hardwarekosten für Ladestationen in Abhängigkeit der maximalen Ladeleistung¹⁵⁴



3-11 Hardwarekosten für Ladestationen nach Einsatzgebiet¹⁵⁵

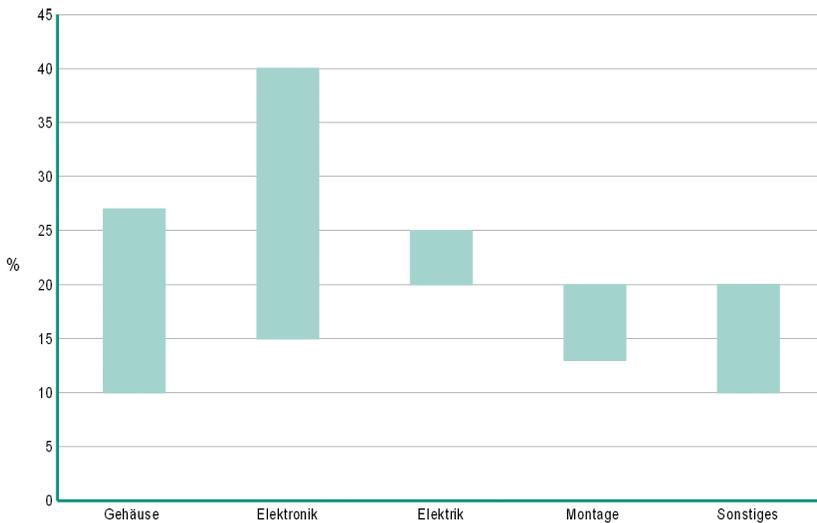


3-12 Installationskosten für Ladestationen nach Einsatzgebiet¹⁵⁶

¹⁵⁴ Eigene Darstellung. Die Balken reichen von den minimalen Preisangaben bis zu den maximal genannten Werten. Zusätzlich wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Angaben einer Kategorie visualisiert

¹⁵⁵ Eigene Darstellung. Die Balken reichen von den minimalen Preisangaben bis zu den maximal genannten Werten. Zusätzlich wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Angaben einer Kategorie visualisiert

¹⁵⁶ Eigene Darstellung. Die Balken zeigen die Mittelwerte und die Standardabweichungen aller Angaben einer Kategorie



3-13 Prozentuale Verteilung der Kosten für eine Ladestation¹⁵⁷

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 sich momentan noch in der Entwicklung befinden und 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 Herstel-

lung, den Aufbau und den Betrieb einer zukünftigen Ladeinfrastruktur abschätzen zu können.

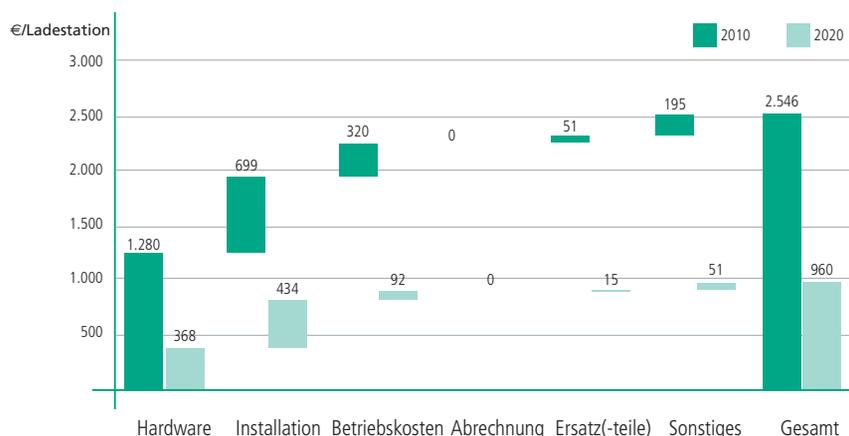
Für den Unterhalt einer Ladeinfrastruktur sind insbesondere die generellen Betriebskosten, u. a. für die Abnahmen und regelmäßigen Überprüfungen sowie für Wartung und Reparaturen zu nennen. Diese liegen für Heimpladestationen bei jährlich 320 Euro, für öffentliche Ladestationen bei 795 Euro für das Jahr 2010. Des Weiteren ergeben sich Abrechnungskosten für öffentliche Ladestationen für Datenaustausch, Kommunikation und natürlich Bezahlssysteme; diese werden für 2010 auf durchschnittlich 636 Euro pro Ladepunkt angesetzt. Ebenfalls zu den laufenden Kosten für den Infrastruk-

turbetrieb sind Ersatzteile und der Ersatz gesamter Ladestationen zu rechnen. Hierbei ergeben sich durchschnittliche Kosten von 51 Euro pro Heimpladestation sowie 127 Euro pro öffentliche Ladestation pro Jahr. Aus dem Betrieb einer Ladestation können weitere Wertschöpfungspotenziale generiert werden, beispielsweise durch Werbung, Musik-Downloads, Entertainment oder sonstige Dienstleistungen. Zusammengefasst werden diese Kostenoptionen auf 195 Euro taxiert. Abbildungen 3-14 und 3-15 zeigen die Aufgliederung der Kosten einer Heimpladestation bzw. einer öffentlichen Ladestation in die definierten Bereiche.

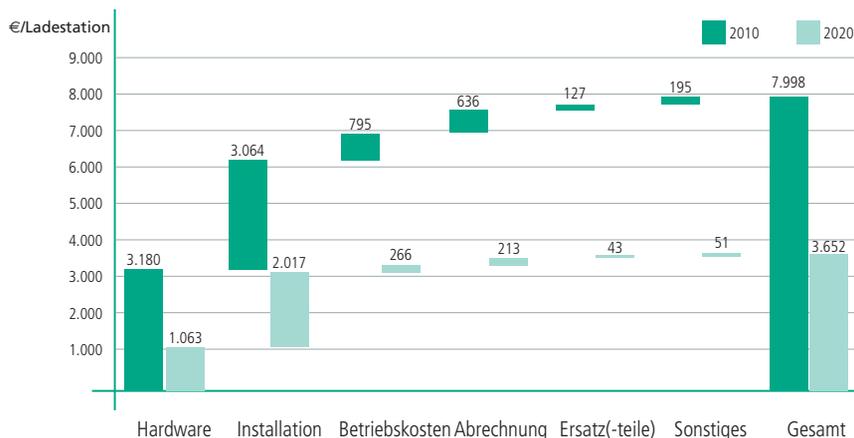
¹⁵⁷ Eigene Darstellung. Die Balken reichen von den minimalen Prozentangaben bis zu den maximal genannten Werten für jede Kategorie

3

Status quo in Baden-Württemberg



3-14 Hardware-, Installations- und Betriebskosten für eine Heimpladestation für die Jahre 2010 und 2020¹⁵⁸



3-15 Hardware-, Installations- und Betriebskosten für eine öffentliche Ladestation für die Jahre 2010 und 2020¹⁵⁹

Im Rahmen der Studie und der im nächsten Kapitel anschließenden Berechnung von Marktvolumina werden Kostendegressionen für die beschriebenen Komponenten der Infrastruktur angesetzt. Für den Infrastrukturaufbau wird von einer Degressionsrate von 0,95 für die In-

stallation sowie von 0,9 für die Hardware ausgegangen. Hieraus ergibt sich beispielsweise eine Reduktion der Hardwarekosten für eine intelligente Ladestation auf 368 Euro im privaten sowie 1.063 Euro für den öffentlichen Bereich bis zum Jahr 2020.¹⁶⁰ Die Kosten für den Infra-

strukturbetrieb werden durch einen festen Faktor an die Herstellkosten gekoppelt und erfahren dadurch ebenfalls eine Kostenreduktion in Relation zur Lern- und Erfahrungskurve der Hardware. Abbildungen 3-14 und 3-15 verdeutlichen die Kostenentwicklung der Heimpladestationen sowie der öffentlichen Ladestationen vom Ausgangsjahr 2010 bis zum Jahr 2020 in den verschiedenen Kostenbereichen sowie als Gesamtkosten.

¹⁵⁸ Eigene Darstellung

¹⁵⁹ Eigene Darstellung

¹⁶⁰ Berechnung der Degression nach Kloess, M., Weichbold, A., Könighofe, K. (2009): Technical, Ecological and Economic Assessment of Electrified Powertrain Systems for Passenger Cars in a Dynamic Context (2010 to 2050)



3.4 Modellregionen und Forschungsaktivitäten

In Baden-Württemberg gibt es eine Vielzahl an Modellregionen, Flottenversuchen und Forschungsprojekten, die sich themenübergreifend mit den Bereichen Energie- und Ladeinfrastruktur, Flottenmanagement und mit innovativen Mobilitätslösungen auseinandersetzen. Die Projekte werden in vielen Fällen durch umfangreiche staatliche Fördermittel bezuschusst und durch das Zusammenspiel zahlreicher Unternehmen und Forschungsinstitute vorangetrieben. Eine Herausforderung stellen dabei die komplexen Verknüpfungen und Zusammenhänge unterschiedlichster Technologie- und Wissensbereiche dar, die für die Entwicklung zukünftiger Mobilitätslösungen und einer effizienten Energieversorgung unabdingbar sind. Das in Baden-Württemberg vorhandene Know-how in Forschung und Industrie wird deshalb in interdisziplinär ausgerichteten Forschungsprojekten zusammengeführt. Die wichtigsten dieser Projekte werden in den folgenden Abschnitten kurz vorgestellt. Abbildung 3-16 schließlich gibt einen Überblick über die Standorte der beteiligten Unternehmen und Forschungseinrichtungen.

„In den deutschen Modellregionen setzt man auf unterschiedliche Technologie- und IKT-Schwerpunkte.“

Kommt am Ende alles zusammen, haben wir ein standardisiertes Komplettpaket für die Elektromobilität. Im Gegensatz dazu setzen weltweit viele Hersteller auf Insellösungen.“

Björn Krupezki, Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH

E-Energy: IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft

„E-Energy“ ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) initiiertes neues Förderschwerpunkt im Rahmen der Technologiepolitik der Bundesregierung und wurde von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel als nationales Leuchtturmprojekt bezeichnet. Die Ausrichtung des Projekts umfasst alle energierelevanten Wirtschaftsaktivitäten, sowohl auf der Markt- als auch auf der technischen Betriebsebene. Hierbei sollen wirtschaftliche und effiziente Lösungen für die Energieinfrastruktur der Zukunft entwickelt werden, unter Berücksichtigung von liberalisierten Märkten, einer zunehmend dezentralen und volatilen Stromerzeugung und den zu erfüllenden Anforderungen durch die Elektromobilität. Eine zentrale Rolle spielen dabei die IKT. Der finanzielle Umfang des Projekts umfasst 140 Mio. Euro und setzt sich aus einer staatlichen Förderung von 60 Mio. Euro und den Eigenleistungen der Unternehmen zusammen. Gefördert werden sechs Modellregionen, die bis 2012 ihre Vorschläge

zur Marktreife entwickeln und ihre Marktfähigkeit im Alltag testen sollen. In Baden-Württemberg sind das die Projekte „MeRegio“ und die „Modellstadt Mannheim“.¹⁶¹

MeRegio – Minimum Emission Region

Im Rahmen des Projekts „MeRegio“ soll in den Regionen Stuttgart und Karlsruhe durch den verstärkten Einsatz von IKT die Energieeffizienz gesteigert und der CO₂-Ausstoß reduziert werden. Einen Schwerpunkt bilden dabei die Bereiche Smart-Grid und Smart Home. Ein permanenter Datenaustausch zwischen Komponenten, Erzeugern und Verbrauchern soll gewährleisten, dass der Strom immer nach Bedarf produziert, eingespeist und genutzt wird. Intelligente Stromzähler mit grafischen Verbrauchsanzeigen sollen dabei auch bei den Kunden selbst mehr Transparenz schaffen, um ein effizienteres Verbrauchsverhalten zu ermöglichen.¹⁶²

¹⁶¹ <http://www.e-energy.de/>

¹⁶² <http://www.meregio.de/>; <http://www.e-energy.de/de/meregio.php>

3

Status quo in Baden-Württemberg

IKT für Elektromobilität

Ein weiteres Förderprogramm des Bundes mit einem finanziellen Umfang von 55 Mio. Euro ist das Projekt „IKT für Elektromobilität“. Ziel des Programms ist die Sicherung der Mobilität unter Berücksichtigung knapper werdender Ressourcen durch die Nutzung effizienter und umweltfreundlicher Fahrzeuge mit alternativen Antrieben. Durch den Einsatz moderner IKT sollen dabei wirtschaftliche Lösungen für die Integration von Energie- und Verkehrsnetzen entwickelt und angewendet werden. Gefördert werden groß angelegte Feldversuche in sieben Modellprojekten, darunter „MeRegioMobil“ und „Future Fleet“ in Baden-Württemberg.¹⁶³

MeRegioMobil

„MeRegioMobil“ ist eng an das Projekt „MeRegio“ angebunden und hat das Ziel, eine intelligente Ladeinfrastruktur mit universellen Abrechnungsfunktionen für eine große Zahl an Elektrofahrzeugen zu entwickeln. Diese soll in Stuttgart, Karlsruhe und Kehl aufgebaut und bis Ende 2011 erprobt werden. Die Batterien der Fahrzeuge werden dabei in intelligente Hausnetze und in die Energieversorgungsnetze eingebunden und dienen als dynamische Pufferspeicher. Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurde dazu ein prototypisches Smart Home aufgebaut. Im Projekt sollen die

komplexen Szenarien der Einbindung von Elektrofahrzeugen in das Energiesystem demonstriert und analysiert werden.¹⁶⁴

Future Fleet

Im Rahmen des Projekts „Future Fleet“ werden Teile der Fahrzeugflotten der Unternehmen SAP AG und MVV Energie AG, vor allem an den Standorten Walldorf, St. Leon-Rot, Bensheim, Karlsruhe und Mannheim, auf Elektrofahrzeuge umgestellt. Die Fahrzeuge werden dabei über die von der MVV im Rahmen des Projekts bereitgestellte Ladeinfrastruktur versorgt. Durch den Einsatz eines Softwareprototypen zum Management von gemischten und reinen Elektroflotten soll der Betrieb der Fahrzeuge effizient gestaltet werden. Im Projekt spielen die Wechselwirkungen zwischen Mobilitätsbedürfnissen, technischen Möglichkeiten und neuen Anforderungen bei der Nutzung von Elektromobilität eine große Rolle. Daneben werden die Nutzerakzeptanz und die Auswirkungen auf die Umwelt untersucht.¹⁶⁵

Elektromobilität in Modellregionen

Im Förderschwerpunkt „Elektromobilität in Modellregionen“ werden acht Modellvorhaben mit insgesamt 115 Mio. Euro aus den Mitteln des Konjunkturpakets II vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) geför-

dert. Ziel ist der Aufbau einer Infrastruktur und die Verankerung der Elektromobilität im öffentlichen Raum durch das Zusammenwirken vieler Akteure aus Wissenschaft, Industrie und den Kommunen. In Baden-Württemberg wird bis Ende 2011 die Modellregion Stuttgart gefördert.¹⁶⁶

Modellregion Elektromobilität Region Stuttgart

In der Modellregion Stuttgart werden Pilotprojekte für die vier Teilaspekte Elektrofahrzeuge, regionale Infrastruktur, Geschäftsmodelle und intermodale Mobilitätskonzepte als Marktvorbereitung realisiert. Dabei sollen zahlreiche Elektrofahrzeuge von privaten, öffentlichen und gewerblichen Nutzern erprobt und im Hinblick auf eine breite Markteinführung analysiert werden. Eine Auswahl an Aktivitäten in der Modellregion Stuttgart wird im Folgenden skizziert.¹⁶⁷

Im Projekt IKONE (Integriertes Konzept für nachhaltige Mobilität) werden 50 rein elektrisch betriebene Kleintransporter von Mercedes-Benz im Alltag erprobt. Dabei werden Verbrauch und Reichweite sowie die Alltagstauglichkeit im urbanen Verteilerverkehr getestet und erforscht.

Auf dem Flugfeld in Böblingen/Sindelfingen entsteht ein völlig neuer Stadtteil mit Gewerbe-, Dienstleist-

¹⁶³ www.ikt-em.de

¹⁶⁴ <http://www.meregionmobil.de/>; <http://www.ikt-em.de/de/MeRegioMobil.php>; BMWi (2009): Bundeswirtschaftsministerium kürt Sieger seines Wettbewerbs „IKT für Elektromobilität“

¹⁶⁵ <http://www.futurefleet.de/>

¹⁶⁶ <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/modellregionen-elektromobilitaet.html>

¹⁶⁷ <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/modellregion-stuttgart.html?nn=36210>; Wirtschaftsförderung Region Stuttgart: Modellregion Elektromobilität Region Stuttgart



ungs- und Wohnquartieren. Dabei sollen elektromobile Konzepte von Anfang an in die Stadtgestaltung mit integriert und zukünftige Anforderungen an die städtische Infrastruktur im Alltagsbetrieb getestet werden. Schwerpunkte sind dabei Ladeinfrastruktur, Parkierung, Geschäfts- und Abrechnungsmodelle, Verkehrssicherheit sowie die Einbindung des ÖPNV.

Die EnBW betreibt in Stuttgart den deutschlandweit größten Flottenversuch mit Elektrofahrzeugen. Dabei kommen 500 ELMOTO genannte Elektro-Kleinkrafträder des in Stuttgart ansässigen Herstellers ID-Bike GmbH zum Einsatz.¹⁶⁸ Das einjährige Projekt soll Auskünfte über das Fahr- und Ladeverhalten der Nutzer geben.

In Ludwigsburg sollen unterschiedliche Elektrofahrzeuge vom Pedelec bis zum Elektroauto eingesetzt und die erforderliche Ladeinfrastruktur aufgebaut werden. Dadurch soll Wirtschaftstreibenden, Bürgern, Besuchern und Beschäftigten die Zugänglichkeit und Erprobung von Elektromobilen erleichtert und wesentliche Erfahrungen hinsichtlich des Einsatzes von Elektrofahrzeugen in Flotten kommunaler Verwaltungen gewonnen werden. Porsche entwickelt und baut drei Elektro-Sportwagen auf Basis des Porsche Boxsters. Mit den Fahrzeu-

gen sollen unter anderem die Dauerhaltbarkeit von Batterien, die Nutzerakzeptanz und die Verkehrssicherheit unter Alltagsbedingungen erforscht werden.

Die SSB AG setzt fünf Diesel-Hybridbusse im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) ein. Verbrauchs- und Emissionsmessungen sowie eine Ökobilanzierung und die Ermittlung der Lebenszykluskosten sollen einen bestmöglichen Vergleich mit konventionellen Dieselbussen ermöglichen und Auswirkungen auf die gesamte Flotte verdeutlichen.

Das Projekt ELENA (elektronische Nachrüstätze für Diesel-Lieferwagen) wird von einem Konsortium mittelständischer Firmen entwickelt und soll einen flexiblen und schnellen Umstieg auf die neue Antriebstechnik mit nur geringen Investitionen ermöglichen.

Im Rahmen des bis 2012 laufenden Projekts „Call-A-Bike-Pedelec“ wird das bestehende „Call-a-Bike“-Fahrradverleihsystem in Stuttgart teilweise mit elektrisch angetriebenen Pedelecs ergänzt und auf 1.000 Fahrzeuge an 120 Abstellstationen erweitert. Das Projekt wird mit 2,7 Mio. Euro aus Bundesmitteln gefördert.¹⁶⁹

E-mobility Baden-Württemberg

Die EnBW AG und die Daimler AG starteten im Juni 2010 die gemeinsame Initiative „e-mobility Baden-Württemberg“ mit dem Ziel, Baden-Württemberg innerhalb der nächsten zwei Jahre zur Vorbildregion für Elektromobilität zu machen. In Ergänzung zu bereits laufenden e-mobility-Projekten sollen bis Ende 2011 vor allem in den Regionen Stuttgart und Karlsruhe über 700 Ladepunkte und zwei bis drei Wasserstoff-Tankstellen aufgebaut werden, um die Versorgung von rund 200 zukünftig eingesetzten Fahrzeugen der Marken smart und Mercedes-Benz mit Elektro- oder Wasserstoffantrieb zu gewährleisten. Schwerpunkt des Projekts ist die Schaffung einer intelligenten Ladeinfrastruktur mit der Möglichkeit, Strom in das Versorgungsnetz zurückzuspeisen. Erste Geschäftsmodelle hierfür sollen in einem gemeinsamen Pilotprojekt Anfang 2011 entwickelt und getestet werden. Darüber hinaus ist gemeinsam mit anderen Industriepartnern der Einsatz von 25 smart Fortwo electric drive im ersten grenzüberschreitenden Flottenversuch für Elektromobilität zusammen mit Frankreich geplant.¹⁷⁰ Hierbei sollen unter anderem grenzüberschreitende Abrechnungs- und Roamingverfahren entwickelt und getestet werden.

¹⁶⁸ <http://elmoto.com>

¹⁶⁹ Stuttgart (2009): Stuttgarter Pedelec-Projekt wird vom Bund gefördert

¹⁷⁰ http://www.enbw.com/content/de/presse/pressemitteilungen/2010/06/PM_20100618_emobility_cu_mw01/index.jsp;jsessionid=823D421ED0AC4622BDB9C243E8726A60.nbw05

3

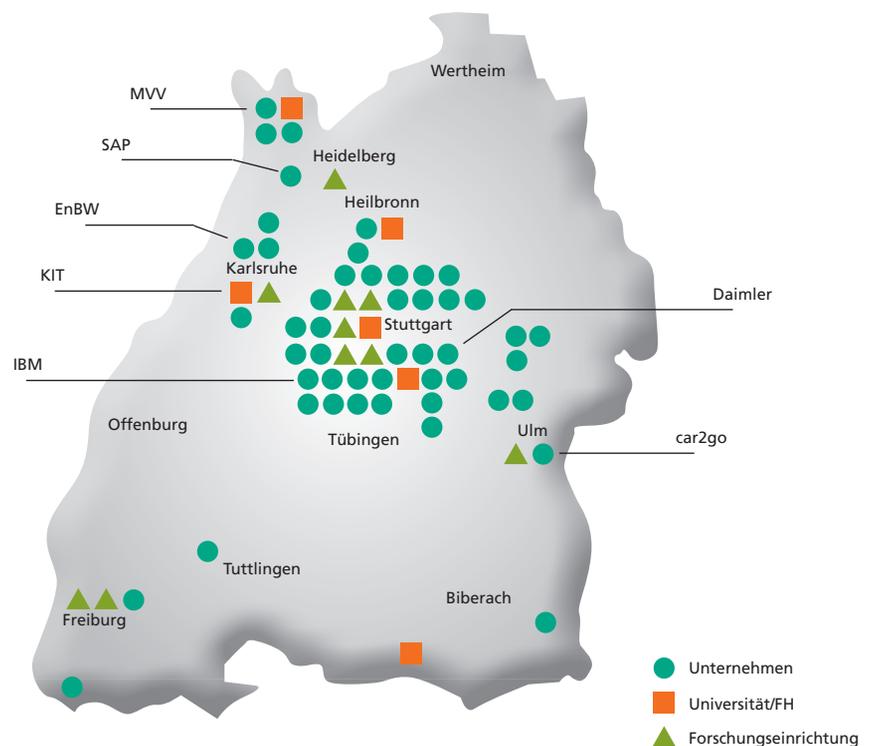
Status quo in Baden-Württemberg

Car2go Ulm

Die bisherigen Geschäftsmodelle im Carsharing-Bereich ähneln sich alle sehr. Es werden Anmelde- und Monatsgebühr sowie Stunden- und Kilometerpreise erhoben. Die Fahrzeuge stehen an fest vorgegebenen Standorten und müssen nach der Verwendung auch wieder dort abgestellt werden. In der Regel sind die Fahrzeuge vorher zu reservieren und bei verspäteter Rückgabe fallen Strafen an. Im Gegensatz dazu hat die Daimler AG in Ulm mit dem car2go-Pilotprojekt ein neues, innovatives und deutlich flexibleres Mobilitätskonzept eingeführt. Hierfür wurde eine Carsharing-Flotte von 200 smart Fortwo in den Bereichen Ulm und Neu-Ulm eingesetzt. Die Fahrzeuge können ohne vorherige Reservierung an beliebigen Standorten im Stadtgebiet bezogen oder abgestellt werden. Die aktuellen Standorte freier Fahrzeuge sind jederzeit online abrufbar. Die automatische Abrechnung erfolgt dann minutengenau nach Nutzungsdauer. In der einjährigen Pilotphase bis März 2010 wurden im Durchschnitt 10 bis 15 km pro Miete zurückgelegt. 90 Prozent aller Fahrzeuge wurden an einem vom Startpunkt abweichenden Ort geparkt. Mit 235.000 Mietvorgängen im ersten Jahr und 18.000 Kunden war das car2go-Projekt so erfolgreich, dass es unbefristet verlängert wurde und auf weitere Städte ausgedehnt wird.¹⁷¹

„Carsharing-Systeme mit beliebigen Stellplätzen halte ich aufgrund der geringen Nutzerdichte im ländlichen Raum für schwer umsetzbar. Hier scheinen mir Systeme mit festen Standorten besser geeignet.“

Wolfgang Gruel, Business Innovation, Daimler AG



3-16 Landkarte Akteure im Bereich Modellregionen und Forschungsprojekte¹⁷²

171 <https://www.car2go.com/ulm/de/>; Daimler AG (2009): 1 Jahr und schon erwachsen: car2go startet regulären Betrieb in Ulm

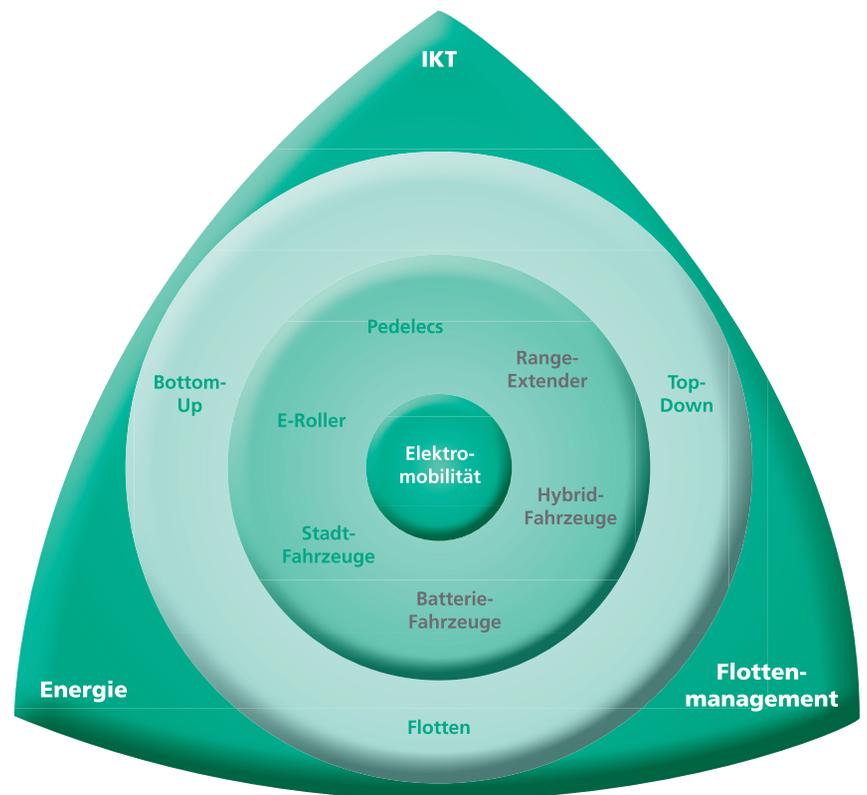
172 Eigene Darstellung



4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

Aufgrund von knapper werdenden Ressourcen und damit verbundenen steigenden Ölpreisen werden Elektrofahrzeuge in zukünftigen Mobilitätslösungen eine wesentliche Rolle spielen. Elektrofahrzeuge in Verbindung mit einem Ausbau erneuerbarer Energiequellen haben das Potenzial, den zukünftigen CO₂-Ausstoß in Deutschland zu reduzieren und damit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung gesetzter Klimaziele 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. Die möglichen Wege in die Elektromobilität und die dadurch entstehenden Herausforderungen und Entwicklungen für das Land Baden-Württemberg werden in den nächsten Abschnitten dargestellt. Schwerpunkte bilden dabei die Informations- und Kommunikationstechnologien, die Energie- und Ladeinfrastruktur sowie Fahrzeugflotten als wesentliche Treiber für die Einführung der Elektromobilität.



4-1 Wege in die Elektromobilität im Rahmen von IKT-Technologien, Energie- und Ladeinfrastruktur und Flottenmanagement

4.1 Wege in die Elektromobilität

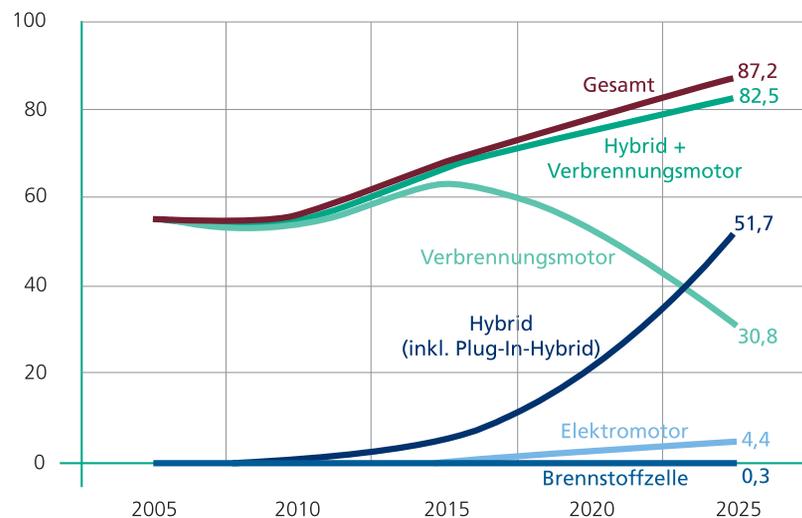
Nach einer Metastudie des Fraunhofer IAO beläuft sich der durchschnittlich prognostizierte Fahrzeugabsatz im Jahr 2020 auf 78 Mio. Fahrzeuge weltweit.¹⁷³ Mit rund 73 Prozent Marktanteil werden dabei die meisten Fahrzeuge immer noch mit einem Verbrennungsmotor angetrieben werden. Auf die Entwicklung des 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 elektrisch betriebenen Fahrzeugen im Jahr 2020 zwischen 2,5 und 25 Prozent erwartet.¹⁷⁴ Weltweit wird durchschnittlich von einem Marktanteil von 24,0 Prozent für Hybridfahrzeuge und von 2,6 Prozent für rein elektrisch betriebene Fahrzeuge ausgegangen.¹⁷⁵ In den eher konservativen Szenarien des Fraunhofer ISI wird darüber hinaus ein Fahrzeugbestand von 0,42 bis 1,82 Mio. Elektrofahrzeugen (Plug-in-Hybrid und rein elektrisch) im Jahr 2020 für Deutschland prognostiziert. Der Anteil rein elektrisch

betriebener Fahrzeuge soll dabei jeweils bei 0,02 Mio. Einheiten liegen.¹⁷⁶ Das erklärte Ziel der Bundesregierung ist ein Bestand von 1 Mio. Elektrofahrzeugen in Deutschland im Jahr 2020. Zum Vergleich: Heute beträgt der gesamte Pkw-Bestand in Deutschland rund 41,7 Mio. Fahrzeuge, davon 5,7 Mio. in Baden-Württemberg.¹⁷⁷

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 4-1)

sind die Einführung der Elektromobilität über Oberklassenfahrzeuge und Luxus Sportwagen (Top-Down), über Zweiräder, Roller und Kleinwagen (Bottom-Up) oder über Fahrzeugflotten.¹⁷⁹ Ob und in welchem Ausmaß die genannten Szenarien zukünftig eine Rolle spielen werden, ist von technologischen, wirtschaftlichen, nutzerbedingten und regulatorischen Rahmenbedingungen abhängig.¹⁸⁰ 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

Weltweiter Pkw-Markt in Mio. Fahrzeugen



4-2 Erwarteter Automobilabsatz für verschiedene Antriebstechnologien bis 2025¹⁷⁸

173 Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität
 174 Fraunhofer ISI (2009): FSEM Workshop am ISI
 175 Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität
 176 Fraunhofer ISI aus Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität
 177 Stand 2010; KBA (2010): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2010
 178 Eigene Darstellung nach Car Center
 179 Vgl. TU Berlin (2010): E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin
 180 Vgl. Ebenda

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

eine Rolle spielen können. Auf die Besonderheiten der genannten Wege in die Elektromobilität wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen.

„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.“

Dr. Anke Weidlich, Senior Researcher, SAP AG

„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

Oberklassenfahrzeuge dienen den Herstellern vor allem in den Bereichen Sicherheit, Energieersparnis und Komfort als Technologieträger.¹⁸² 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 dabei durch die hohen Anschaffungspreise in der Ober- und Luxusklasse eher refinanziert werden als bei kleineren Fahrzeugen. Neue Innovationen können hier als Extras angeboten werden, deren Aufpreise im Verhältnis zum Grundpreis der Fahrzeuge eine untergeordnete Rolle spielen.

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.¹⁸³ Rein elektrisch betriebene Fahrzeuge haben beispielsweise aufgrund von begrenzten Batteriekapazitäten eine eingeschränkte Reichweite. Für die optimale Ausnutzung der Ressourcen müssen Elektrofahrzeuge deshalb 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 Oberklassefahrzeuge in vergleichsweise geringen Stückzahlen produziert, weshalb

potenzielle CO₂-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 technologisch möglich ist. An dieser Entwicklung ist in Baden-Württemberg beispielsweise die RUF Automobile GmbH mit dem bereits umgesetzten Projekt eRUF und die Porsche AG mit dem für nächstes Jahr geplanten Elektro-Boxster beteiligt.¹⁸⁴ Mit dem Tesla Roadster gibt es bereits heute einen frei verkäuflichen Elektrosportwagen, der zukünftige Marktpotenziale aufzeigen kann.

Ein größeres Potenzial für ein Top-Down-Szenario haben die Hybrid-Technologien, 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. Genannt seien hier beispielsweise der Audi Q5 Hybrid (Marktstart 2011) und die Porsche-Fahrzeugmodelle Cayenne S Hybrid und Panamera S Hybrid (Marktstart 2011) sowie der jüngst vorgestellte 918 Spyder, ein Sportwagen mit Plug-in-Hybrid-Technologie.¹⁸⁵

¹⁸² <http://www.autoloco.de/oberklasse.php>

¹⁸³ Vgl. Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

¹⁸⁴ Auto Tuning News (2008): eRUF: Elektro-Porsche mit 204 PS; Autosieger (2010): Porsche Elektro-Boxster Forschungsfahrzeuge im Praxistest

¹⁸⁵ RP-Online (2010): Porsche testet den Elektro-Boxster; Auto Motor und Sport (2010): Effizienzprobe für die Oberklasse

Bereits im Verkauf befindet sich der 2009 eingeführte S 400 Hybrid von Daimler, der weltweit erste Hybrid-Pkw mit Lithium-Ionen-Technologie und der erste europäische Hybrid überhaupt. Bei Daimler wird das Premiumsegment als Innovationsmotor, gesehen was zukünftig auch für grüne Fahrzeugtechnologien gelten soll.¹⁸⁶

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 hier die Chance für einen erschwinglichen Einstieg in die auch vom Verbraucher gewünschte umweltfreundlichere Mobilität.¹⁸⁷ 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.¹⁸⁸ Ein weiterer Unterschied zum Top-Down-Ansatz liegt in den vergleichsweise hohen Stückzahlen bei der Produktion von Zweirädern und kleineren Fahrzeugen. Zukünftige CO₂-Einsparungen durch die Umstellung auf Elektroantriebe könnten somit gerade 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.¹⁸⁹ Gerade 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. Zwei Drittel der deutschen Bevölkerung würden auch direkte oder indirekte staatliche Förderungen für die Elektromobilität befürworten.¹⁹⁰ Einen weiteren Ansatz für ein Bottom-Up-Szenario könnten spezi-

ell 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. Wichtig ist dabei 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.¹⁹¹

Das Auto ist heute nicht mehr das ultimative Statussymbol, sodass immer öfter kleinere, verbrauchsärmere Fahrzeuge bevorzugt werden.¹⁹² 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.¹⁹³ Verschärfte

186 Daimler (2010): Interview with Prof. Dr. Herbert Kohler

187 Landtag von Baden-Württemberg (2010): Technologiewandel Mobilität

188 Zeit-Online (2009): Flotter mit Strom

189 Roland Berger (2010): Powertrain 2020

190 Roland Berger (2010): Powertrain 2020; BITKOM (2010): Studie Elektromobilität; E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin (2010); BMU (2009): Konzept eines Programms zur Markteinführung von Elektrofahrzeugen

191 Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität

192 PwC (2009): Fein aber klein: Neuer Trend bei Premium-Autos

193 Vgl. Bain & Company (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

Umweltregulierungen und Restriktionen, wie beispielsweise Einfahrverbote für Verbrennungsfahrzeuge in die Innenstädte, könnten diesen Trend und die Elektromobilität an sich weiter fördern.¹⁹⁴

In der Praxis mehren sich die Hinweise auf ein Bottom-Up-Szenario für die Elektromobilität.¹⁹⁵ Fast alle heute in Deutschland frei verkäuflichen rein elektrisch 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. Im Bereich der kleineren Hybridfahrzeuge konnte Marktführer Toyota vor allem durch den Verkauf des Prius stark steigende Absatzzahlen vermelden. Bis 2020 soll die Hybridtechnologie dann in allen Fahrzeugklassen des Konzerns erhältlich sein.¹⁹⁶

Flotten als Treiber von Elektromobilität

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 einen wesentlichen Hebel für die Erreichung der durch die Flottenbetreiber zu erfüllenden CO₂-Ziele. 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

ungen Stadtbewohnern sinkt nach Studienergebnissen das Interesse am eigenen Fahrzeug.¹⁹⁷ Der Statussymbolwert den das Auto früher innehatte verlagert sich hin zum Smartphone und ähnlichen mobilen Geräten.¹⁹⁸ 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 FMS stellen. Der Trend hin zu einer neuen urbanen Mobilität kann durch Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten maßgeblich vorangetrieben werden. 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.¹⁹⁹ 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 Anschaf-

194 Vgl. TU Berlin (2010): E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin

195 Schwarzer, C.M. (2010): Das Märchen von Top-Down

196 KFZ-Betrieb Online (2010): Hybrid-Verkaufszahlen in Europa steigen; Grüne Autos (2009): Weltweit mehr als 2 Millionen Lexus und Toyota Hybridfahrzeuge verkauft

197 PwC (2009): Die Zukunft der Mobilität; Frost & Sullivan (2009); BVBS (2008): Mobilität in Deutschland 2008; Institut für Mobilitätsforschung (2002): Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2020

198 PwC (2009): Zukunft in Bewegung; Bayerl (2010) in LUX: Sauber und Leise: Die mobile Zukunft?

199 Expertengespräche

fungskosten 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.²⁰⁰ Für Mietwagen- und Carsharing Unternehmen sind diesbezüglich Geschäftsmodelle zu entwickeln, welche die höheren Anschaffungskosten in innovative Tarifsysteme integrieren. Zudem trägt die Nutzung von Elektrofahrzeugen in Flotten nach Expertenmeinung zum raschen Aufbau eines Gebrauchtwagenmarktes bei, der wiederum Elektrofahrzeuge für Privatpersonen erschwinglich machen könnte.²⁰¹

„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.“

Dr. Anke Weidlich, Senior Researcher, SAP AG

4.2 Implikationen für die Informations- und Kommunikationstechnologien

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. Intelligente, anpassungsfähige und kontextbewusste Informations- und Kommunikationstechnologien werden als ein Schlüssel zur Erfüllung dieser Ansprüche gesehen.²⁰² 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, Executive IT-Architect, IBM Deutschland

IKT ist im Kontext der Elektromobilität als Rückgrat zu sehen, denn durch diese Technologien kann eine reibungslose Verknüpfung zwischen Fahrzeug, Nutzer und Ladeinfrastruktur geschaffen werden. IKT-basierte Lade-, Steuerungs- und Abrechnungsinfrastrukturen, durchgehende Datenübertragungssysteme, effiziente Prozesse und intelligente Leitwarten können als Enabler der Elektromobilität bezeichnet werden.²⁰³ Umgekehrt ist die Elektromobilität selbst ein Treiber für die Weiterentwicklung der Fahrzeugtelematik. Zwei Faktoren werden vor allem der Verbreitung der Telematik für Elektrofahrzeuge beigemessen: zum einen bietet die Technologie die Möglichkeit, eine Kontrolle der CO₂-Emissionen im Fahrzeug zu realisieren, zum anderen kann durch gezielte Informationsanzeige die Angst der Verbraucher vor einer zu geringen Reichweite reduziert werden.²⁰⁴ Das Spektrum an Funktionen, die zukünftig über Fahrzeugtelematik-Systeme aufrufbar sein könnten, adressiert diese und zusätzliche Bedürfnisse. Einige Beispiele sind in

200 Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität
201 Expertengespräche

202 Advanced Microsystems for Automotive Applications (2010): Smart Systems for Green Cars and Safe Mobility

203 BITKOM (2009): Stellungnahme der ITK-Industrie zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität; Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung

204 Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

Abbildung 4-3 skizziert.

Erwartungen zufolge werden die Funktionen für die Lokalisierung und Reservierung von Ladestationen die ersten sein, die auf den Markt kommen werden, da sie dazu beitragen können, die Ängste der Verbraucher vor einer nicht ausreichenden Reichweite bei längeren Fahrstrecken zu minimieren.²⁰⁶ 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.²⁰⁷ 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.²⁰⁸ 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 Elektroauto ist man von genauem Reichweitenangaben abhängig.“

Reichweite	Navigation	Kommunikation/V2G	Sonstige Dienste
Ladezustand der Batterie	Informationen zu Sonderzielen/Ladungsmöglichkeiten	Fahrzeugerkennung	Innenraumvorkonfiguration
Lage der Ladestation	Berechnung dynamischer Strecken	Ladesteuerung/Ladespannung	Fahrzeugferndiagnose
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

4-3 Funktionen von Fahrzeugtelematik-Systemen für elektromobile Fahrzeuge²⁰⁵

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 Krupezki, Abteilung Technik Projekte, Allgäuer Überlandwerk GmbH

„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.“

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

Heutzutage wird ein 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 intermodalen 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 ver-

205 Eigene Darstellung nach Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

206 Hüttl, R. et al. (2010): ELEKTROMOBILITÄT: Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen; Telematics Update (2010): Telematics and EV: Reducing range anxiety

207 BITKOM (2009): Stellungnahme der ITK-Industrie zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität

208 AutomotivET (2009): Exakte Reichweitenvorhersage für Elektrofahrzeuge



bunden 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 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.²⁰⁹

„Menschen wollen schnell, einfach und spontan mobil sein. Intermodale Verkehrskonzepte müssen diese Wünsche berücksichtigen.“
 Wolfgang Gruel, Business Innovation, Daimler AG

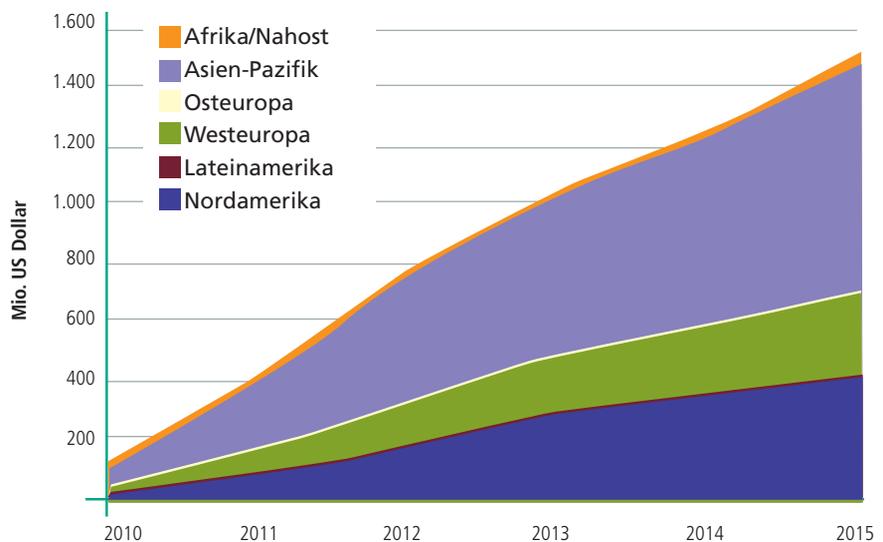
Die Kommunikation zwischen Elektrofahrzeugen und der Ladeinfrastruktur zur Steuerung der Ladevorgänge und für zukünftige Netzdienstleistungen (Vehicle-to-Grid, V2G) kann wahrscheinlich erst

langfristig vollumfänglich umgesetzt werden, da die Standardisierung 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.²¹⁰ 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.²¹¹

Die Verbreitung von Elektroautos und das viel versprechende Potenzial der bidirektionalen Ladung wer-

den Energieversorgungsunternehmen dazu motivieren, Investitionen in moderne Informationssysteme zu tätigen. Der Fokus der Investitionen wird bis 2013 voraussichtlich auf Ladesteuerungs- und Verbraucherinformationssystemen liegen, während ab 2014 ein Trend hin zu Investitionen in Datenanalyseysteme erkennbar sein wird.

Studien 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). In diesem Betrachtungshorizont ist der Asien-Pazifik-Markt durchgehend Marktführer. Obwohl die nordamerikanischen und euro-



4-4 Investitionen in IKT-Lösungen nach Region, Weltmarkt: 2010 – 2015²¹²

209 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“
 210 PikeResearch (2010): Electric Vehicle Information Technology Systems
 211 Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles
 212 PikeResearch (2010): Electric Vehicle Information Technology Systems

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

päischen 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 4-4).²¹³

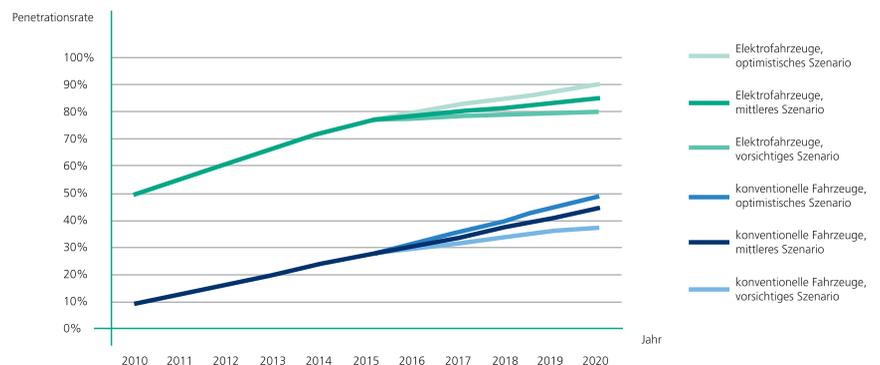
Bezogen auf IKT im Fahrzeug zeichnen sich vor allem zwei Bereiche ab, in denen zukünftig ein Zuwachs an Wertschöpfung zu erwarten ist: eingebettete Telematik-Systeme und Navigationssysteme.

Eingebettete Telematik-Systeme erlauben eine mobile Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Dienstbietern und machen das Fahrzeug so zu einem mobilen Netzwerknoten. 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 sehr gering und liegt Schätzungen zufolge in konventionellen Fahrzeugen, je nach Einsatzart, bei ca. zehn Prozent.²¹⁴ Elektrofahrzeuge haben aufgrund ihrer begrenzten Reichweite einen weitaus höheren Bedarf an Vernetzung, beispielsweise für die Abfrage des Batterieladestandes auf

Entfernung wie beim Chevrolet Volt. Ca. 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.²¹⁵ 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. Ausgehend 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 ge-

wisse Sättigung erreichen (siehe Abbildung 4-5).

Ausgehend vom heutigen Umsatz für eingebettete Telematik-Systeme im Fahrzeug in Baden-Württemberg von ca. 1,27 Mrd. Euro (siehe Kapitel 3.1) lässt sich das Umsatzpotenzial bis zum Jahr 2020 abschätzen. Unter der Annahme eines Wachstums des weltweiten Fahrzeugabsatzes auf 78 Mio. im Jahr 2020 (davon zwei Mio. Elektrofahrzeuge)²¹⁷ 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 4-6). Navigationssysteme bilden einen weiteren Wachstumsmarkt im Bereich der Fahrzeug-IKT. Der Jahresumsatz für Fahrzeugnavigation beträgt heute ca. 5,13 Mrd. Euro in Europa.²¹⁸ Neben den durch die OEMs verbauten eingebetteten Navigationssystemen spielen tragbare Ge-



4-5 Penetrationsraten für eingebettete Telematik-Systeme in Pkw²¹⁶

213 Eigene Darstellung nach PikeResearch (2010): Electric Vehicle Information Technology Systems

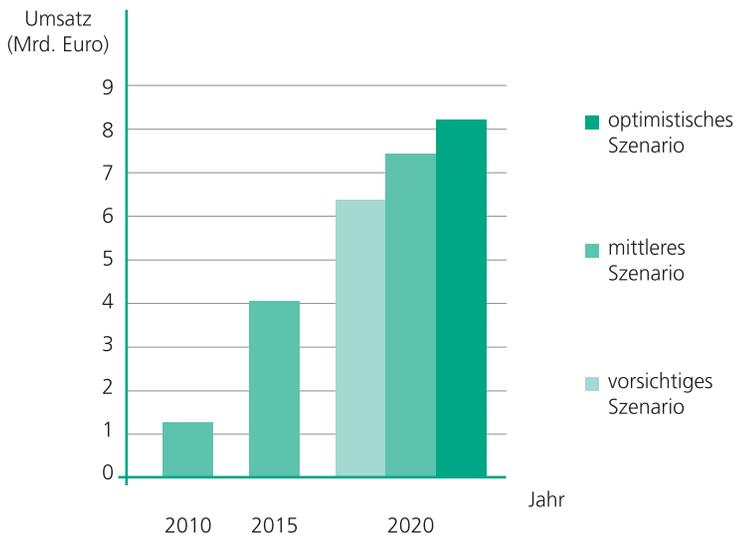
214 Frost & Sullivan (2009): Telematics and Infotainment Market

215 Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

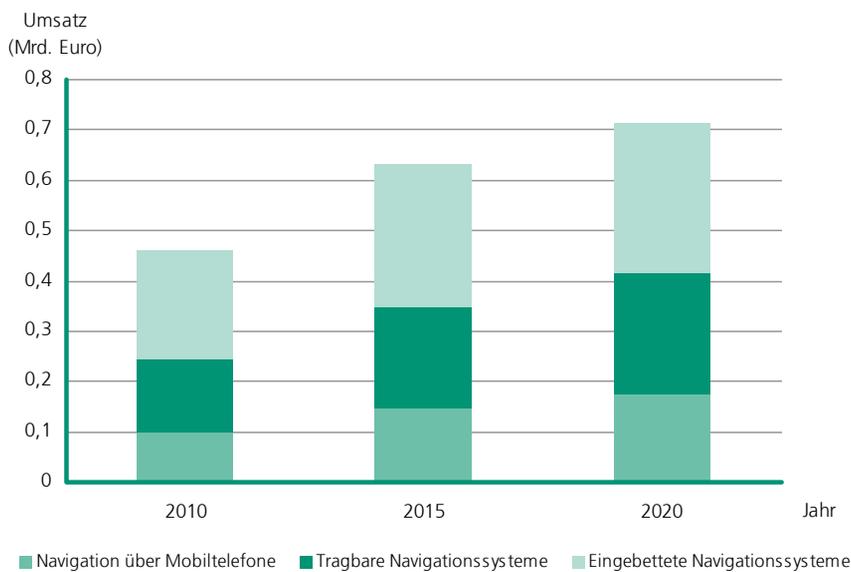
216 Eigene Darstellung nach Frost & Sullivan (2009): Telematics and Infotainment Market, Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles; eigene Berechnung

217 Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität

218 Frost & Sullivan (2009): Strategic Dashboard for Automotive Telematics und Infotainment Systems



4-6 Umsatzpotenzial für eingebettete Systeme in Baden-Württemberg²¹⁹



4-7 Umsatzpotenzial unterschiedlicher Navigationssysteme in Baden-Württemberg²²¹

räte eine wichtige Rolle (1,63 Mrd. Euro). Zudem machen heute bereits Smartphone-basierte Navigationsdienste einen Umsatz von 1,08 Mrd. Euro aus. Bei einem dem Wertschöpfungsanteil Baden-Württembergs im Bereich IKT von ca. neun Prozent in Europa²²⁰ entsprechenden Anteil wäre der Umsatz durch Navigationssysteme im Land heute bei knapp 500 Mio. Euro. Bei gleichbleibendem Wertschöpfungsanteil könnte sich der Umsatz in diesem Bereich auf annähernd 750 Mio. Euro im Jahr 2020 steigern. Der größte Zuwachs ist dabei im Bereich der eingebetteten Navigationsgeräte zu erwarten. Trotz stark steigender Nutzerzahlen für die Smartphone-basierte Navigation wächst der Umsatz in diesem Bereich nur mäßig von 100 Mio. Euro in 2010 auf 173 Mio. Euro in 2020. Dies lässt sich durch die große Anzahl kostenfreier oder sehr günstiger Navigationsanwendungen für Smartphones erklären (siehe Abbildung 4-7).

219 Eigene Darstellung

220 Das Business Portal Baden-Württemberg (2010): IT und Telekommunikation – Industriedichte; Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany

221 Eigene Darstellung

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

Die Einführung von Elektrofahrzeugen wird außerdem zu einer weiteren Verbreitung der kabellosen Telematik beitragen, da hierfür nicht nur Navigationssysteme zu entwickeln sind, sondern auch Applikationen für beispielweise die Fremdsteuerung des Ladevorgangs, den Umstieg auf andere Verkehrsmittel und die Personalisierung beziehungsweise Vor-Konfigurierung der Fahrgastzelle.²²² 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.“

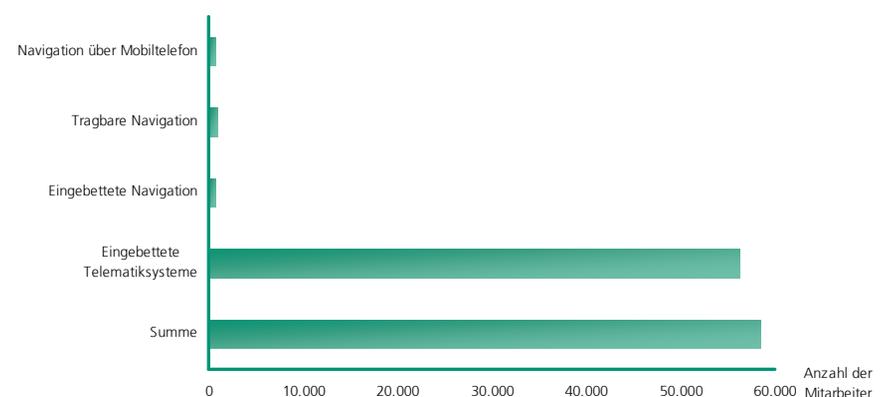
Helmut Steingraber, Business Consulting, Infoman AG

Das weitaus größte Umsatzpotenzial für IKT-Anwendungen im Fahrzeug liegt also derzeit in der Entwicklung eingebetteter Telematik-Systeme. Umsatzanteil und Wachstum für

Navigationssysteme werden im Vergleich dazu geringer eingeschätzt. 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 Navigation Chancen für ein Beschäftigungswachstum in diesem Bereich. Bei einem angenommenen Umsatz pro Vollzeitäquivalent von 110.000 Euro²²³ ergibt sich bis 2020 ein Potenzial für 58.500 neue Beschäftigte. Der Großteil von 56.000 Arbeitsplätzen entfällt dabei auf den Bereich eingebettete Telematik-Systeme, während Navigationssysteme ein Potenzial von 2.500 zusätzlichen Arbeitsplätzen bis 2020 aufweisen (siehe Abbildung 4-8).

Mit der Weiterentwicklung der Elektromobilität hat der Automo-

bilstandort 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 3-7) und hat seine Innovationsbereitschaft in diesem Gebiet nachgewiesen (siehe Abbildung 3-3). 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 sind²²⁵ und



4-8 Beschäftigungspotenzial in Baden-Württemberg 2020 durch IKT im Fahrzeug²²⁴

222 Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

223 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

224 Eigene Darstellung

225 Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität

zur Gründung neuer Firmen geführt haben, kann für Automobilproduzenten in Baden-Württemberg eine sinnvolle Entscheidung sein, Allianzen mit erfahrenen IKT-Unternehmen zu schließen.

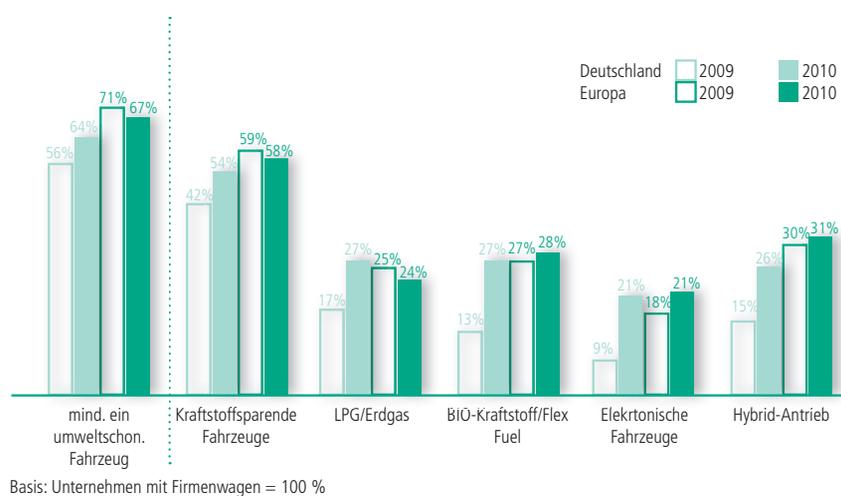
Die Vielzahl an Forschungsprojekten und Flottenversuchen, an denen in Baden-Württemberg ansässige Unternehmen, Bildungs- und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten, sind ein Zeichen der Bereitschaft der Region, ein elektromobiler Standort zu werden. Im Rahmen interdisziplinärer Forschungsinitiativen wie MeRegio, Future Fleet und der Modellregion Stuttgart werden in Baden-Württemberg entwickelte IKT-Lösungen zur Unterstützung der Energie- und Ladeinfrastruktur sowie des Flottenmanagements erprobt. Somit entsteht die Möglichkeit, Herausforderungen bezüglich der Konzipierung von standardisierten, kompatiblen Systemen frühzeitig zu bewältigen. Daher ist die Verfolgung von ganzheitlichen, integrierten Lösungsansätzen unter technischen Aspekten zielführender und zukunftssicherer als ein individueller Alleingang.

4.3 Implikationen für das 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 27 Prozent der befragten Flottenbetreiber mit einem Wachstum ihrer Flotten in den nächsten drei Jahren, während nur fünf Prozent von einer Abnahme ihres Flottenbestands ausgingen.²²⁶ Eine Studie der Unternehmensberatung Oliver Wyman bestätigt die zunehmend wichtige Rolle des Umweltschutzes im Betrieb von Fahrzeugflotten.²²⁷ Eine Umfrage des TÜV Süd ergab, dass fast 60 Prozent der befragten Flottenbetreiber ein

aktives Interesse am Thema Elektromobilität zeigen.²²⁸ Das Unternehmen Dataforce veröffentlichte Umfrageergebnisse, in denen für jeden Dritten der befragten Flottenverantwortlichen die Integration von Elektrofahrzeugen in den eigenen Fuhrpark denkbar wäre.²²⁹

Die Vorteile von Elektrofahrzeugen, u. a. die lokale Emissionsfreiheit, werden von einer Reihe spezifischer Kriterien begleitet, welche in zukünftigen FMS für elektromobile Fuhrparks berücksichtigt werden müssen und den Rahmen für die technisch mögliche sowie wirtschaftlich sinnvolle Durchführung von Fuhrparkaufgaben mit Elektrofahrzeugen bilden.



4-9 Nutzungsabsicht von umweltschonenden Antrieben in Fuhrparks in den nächsten drei Jahren²³⁰

226 Arval (2010): CVO-Barometer 2010 – Trends im Fuhrparkmanagement
 227 Oliver Wyman (2010): Pressemitteilung – Studie Flottenkunden 2010
 228 Kuther, T. (2010): Deutschland braucht ein intelligentes Gesamtkonzept für Elektromobilität
 229 <http://solar-driver.dasreiseprojekt.de/hauptbericht.php?ok=45&uk=103&uuk=0&uuuk=0&id=4599>
 230 Eigene Darstellung nach Arval (2010): CVO-Barometer 2010 – Trends im Fuhrparkmanagement

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

Herausforderungen für das Flottenmanagement elektromobiler Flotten

Das technische Profil: Elektrofahrzeuge bringen nach heutigem Stand der Technik relativ lange Ladezeiten (8 bis 10 Stunden bei Normalladung 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.²³¹

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 bereitgestellt 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 mit einzubeziehen. 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 4.2 wurde bereits erwähnt, dass der Integration der Ladeinfrastrukturumgebung in das Telematik-System 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.

„Die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge in Flotten zu integrieren, kommt auf die Art des Fuhrparks und das Nutzungsprofil des jeweiligen

Fahrzeugs an. Das Interesse an Elektromobilität ist zum Beispiel bei Service-Fuhrparkbetreibern größer als bei Flottenmanagern reiner Außendienstfahrzeuge, denn für Dienstfahrten bis zu 100 km pro Tag stellen Elektrofahrzeuge eine überlegenswerte Alternative dar. Optimalerweise besteht während der Fahrten die Möglichkeit, auf eine Ladeinfrastruktur zuzugreifen, beispielsweise bei einem Kunden.“

Ralf Woik, Ressortleiter Marketing und Kommunikation, Arval Deutschland

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.²³² 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.²³³ Ähnliche Funktionen wären für ein FMS für Elektrofahrzeuge denkbar.

231 Expertengespräche
232 Grünweg, T. (2008): Die blaue Null
233 Expertengespräche

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 mit einzubeziehen. 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.²³⁴ FMS könnten die Außentemperaturdaten z. B. für eine tages- sowie jahreszeitsensible Tourenplanung verwenden, um so eine noch exaktere Reichweitenkalkulation zu realisieren.

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 verlangen zudem eine Umstellung der FMS auf die Abrechnung der geladenen Strommengen und die Auswertung des Energieverbrauchs des Fahrzeugs. Wie im Kapitel 4.2 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 Elektro-

fahrzeugen 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 meist 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.²³⁵

Im Gütertransport sehen Experten vor allem in lokal agierenden Zulieferflotten und bei Servicedienstleistern ein erhebliches Potenzial für Elektromobilität. Gründe sind die

234 Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität
235 Frost & Sullivan (2010): Electric Vehicles: European Voice of the Consumer Study – Fleet Manager and Drivers

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

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. Auch im Gütertransport stellt 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 haben wir genau die Voraussetzungen, welche man braucht, um Elektromobil zu fahren: kurze tägliche Fahrstrecken und die Rückkehr abends in das Depot, um laden zu können. Lange Ladezeiten und begrenzte Reichweiten spielen dann keine Rolle. Sie können 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 noch Unsicherheit bezüglich der Sicherheit der angebotenen Elektrofahrzeuge, ob Abstriche in der Fahrzeugausstattung zugunsten der Reichweite nötig sind und ob das Image der eher kleinen elektrifizierten Stadtfahrzeuge dem gewünschten Öffentlichkeitsauftritt ihres Unternehmens entspricht.²³⁶

„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 der Motivation zum grünen Image und den eigenen finanziellen Mitteln.“

Ralf Woik, Ressortleiter Marketing und Kommunikation, Arval Deutschland

Trotzdem herrscht ein reges Interesse am Einsatz elektromobiler Fahrzeuge. Flottenbetreiber monieren allerdings 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-Regelung²³⁷ 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.²³⁸

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 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

²³⁶ Diskussion eRoadshow von ASL Fleet Services, Oktober 2010

²³⁷ Die 1-Prozent-Regel besagt, dass Fahrer von personenbezogenen Dienstwagen jeweils ein Prozent des Bruttoinlandlistenpreises ihres Fahrzeugs monatlich versteuern.

²³⁸ Bähnisch, S. (2010): Weniger Steuern bei privater Nutzung; Fromm, T. (2010): Stromer im Dienst

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.²³⁹

Weit wichtiger als das Elektromobilität-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 bringt durch seine Aufstellung und sein Know-how in den Bereichen IKT, Ladeinfrastruktur und Flottenmanagement eine sehr gute Ausgangssituation für die integrierte Entwicklung von Systemkompetenz für das Management elektromobiler Flotten mit.

„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

„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, Executive IT-Architect, IBM Deutschland

„Grundsätzlich gelten für jeden Fuhrpark andere Bedingungen. Den Einsatz von Elektrofahrzeugen beispielsweise im Kurierdienst sehe ich aufgrund der aktuell verfügbaren Reichweiten 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 zur Zeit noch 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. Mithilfe 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

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

4.4 Implikationen für die Energieinfrastruktur

Nach heutigen Maßstäben liegen die deutschen Leistungsansprüche an ein Automobil bei einer Geschwindigkeit von 200 km/h und einer Reichweite von mindestens 500 km.²⁴⁰ Als Bedingung für den potenziellen Kauf eines Elektroautos gaben in einer aktuellen PwC-Studie 87 Prozent der Befragten an, dass die Reichweite deutlich über 130 km liegen müsse, und 83 Prozent verlangten eine Ladezeit von deutlich unter 6 Stunden.²⁴¹

Tatsächlich beträgt die durchschnittliche Tagesfahrstrecke weniger als 40 km und 90 Prozent aller Tagesfahrstrecken liegen unter 100 km.²⁴²

Im Mittel fährt ein Pkw sowohl in Deutschland als auch in Baden-Württemberg weniger als 14.000 km pro Jahr.²⁴³

„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 15 kWh für eine Fahrstrecke von 100 km ausgegangen werden. Mit dieser Annahme und den oben genannten Fahrleistungen ergibt sich ein durchschnittlicher Tagesenergieverbrauch von etwa 6 kWh und ein Jahresenergieverbrauch von rund 2.200 kWh pro Fahrzeug. Die Größenordnung für den Stromverbrauch liegt somit im Bereich eines kleineren Familienhaushaltes.

Der Gesamtstromverbrauch lag 2008 in Deutschland bei 614 TWh.²⁴⁴ 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:
2,2 TWh (+0,36 Prozent)
- Marktdurchdringung 15 Prozent:
6,3 Mio. Elektrofahrzeuge:
Zusätzlicher Energiebedarf:
13,9 TWh (+2,3 Prozent)
- Vollständige Umstellung auf Elektroautos: 42 Mio. Elektrofahrzeuge:
Zusätzlicher Energiebedarf:
92,4 TWh (+15 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 Brennstoff-

zellen. Der zusätzliche Strombedarf durch Stromerzeugung, Transport 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.²⁴⁵

Der zusätzliche Strombedarf für 1 Mio. Elektrofahrzeuge könnte bereits heute mit vorhandenen Kraftwerkskapazitäten in Deutschland gedeckt werden.²⁴⁶ 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).

Linssen et al. haben 2009 bestehende Kraftwerkskapazitäten mit den Anforderungen von 1 Mio. Elektrofahrzeugen im Tagesverlauf eines typischen Wintertags verglichen.²⁴⁷ Die gleichzeitig benötigte Ladeleistung basiert dabei auf dem statistisch ausgewerteten Nutzerverhalten von Fahrzeugbesitzern und der vorhandenen Ladeinfrastruktur. Für Letzte-

240 Vgl. Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

241 PwC (2010): Elektromobilität – Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand

242 Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

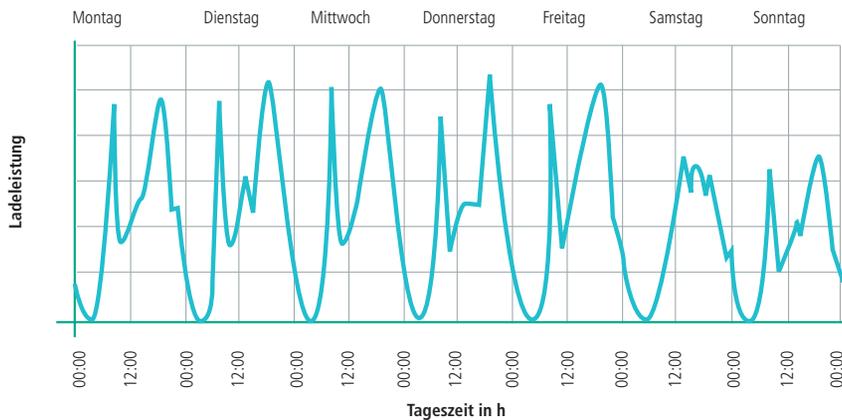
243 Shell (2009): Pkw-Szenarien bis 2030; Büringer, H. (2007): Entwicklung des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg – Jahresfahrleistungen mit Kraftfahrzeugen

244 Statistisches Landesamt BW (2010): Energiebericht 2010

245 Totz, S. (2010): E-Auto und konventionelles Auto im Vergleich

246 Linssen, J. et al. (2009): Potenzialabschätzung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in Deutschland

247 Ebenda



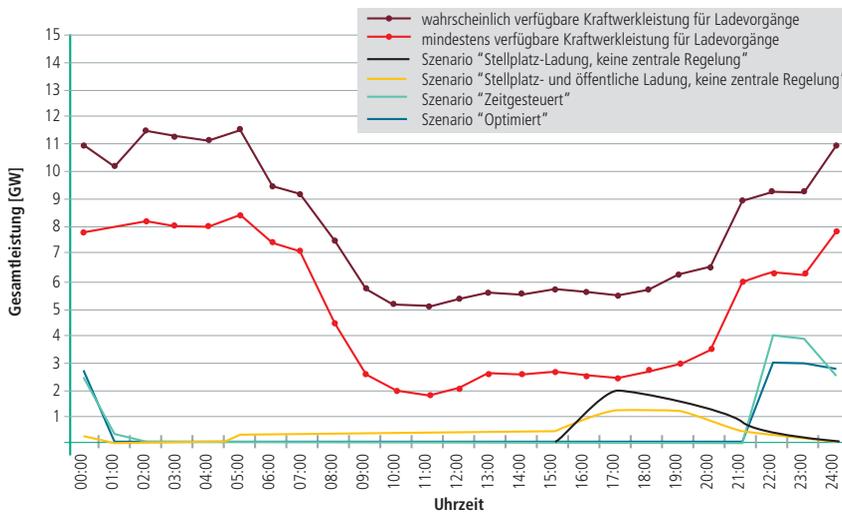
„Die Rolle der IKT ist es Transparenz über die Netz- und Fahrzeugzustände sowie über die Interessen der Kunden zu schaffen, um alle Anforderungen optimal zusammenzubringen. Ungesteuertes Laden kann nur eine kurzfristige Lösung sein.“

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.²⁵⁰ Dabei wurden drei Szenarien betrachtet mit jeweils unterschiedlicher Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen (2,5 bis 25 Prozent). 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 hier im Vergleich zu den städtischen Netzen deutlich stärker aus. Nicht auszuschließen sind jedoch lokale Überlastungen, beispielsweise bei größeren Parkhäusern oder in schlechter ausgebauten, ländlichen Regionen bei

4-10 Ladeleistungsbedarf von Elektroautos im Wochenverlauf²⁴⁸

re 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 Kraftwerksgrundkapazitäten aufgebracht werden (siehe Abbildung 4-11).

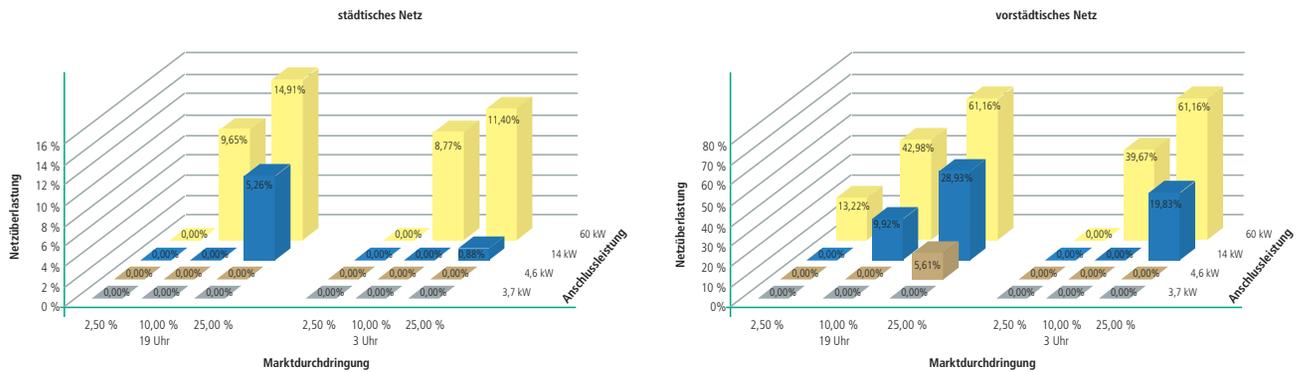


4-11 Benötigte Ladeleistung für 1 Mio. E-Fahrzeuge und verfügbare Kraftwerkskapazitäten²⁴⁹

248 Eigene Darstellung nach Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?
 249 Eigene Darstellung nach Linssen, J. et al. (2009): Potenzialabschätzung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in Deutschland
 250 RWTH Aachen, aus Theisen, T. (2009): RW E-Mobility Projects

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg



4-12 Potenzielle Netzüberlastungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Ladeleistungen und unterschiedlichen Tageszeiten für verschiedene Durchdringungsraten von Elektrofahrzeugen²⁵¹

einer großen Anzahl an lokalen Elektrofahrzeugen.²⁵² 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, möglicherweise netz-, zeit- oder tarifgesteuerte Ladeinfrastruktur.

„Für das Stromnetz in Deutschland stellen eine Million Elektrofahrzeuge zunächst noch kein generelles Problem dar. Lediglich an sehr vereinzelt, lokalen Punkten könnte es zu Engpässen kommen, wenn dort mehrere E-Autos gleichzeitig mit maximaler Leistung geladen würden.“

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 Puf-

ferbatterien 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.²⁵³ 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

251 Eigene Darstellung nach RWTH Aachen, aus Theisen, T. (2009): RWE E-Mobility Projects
 252 Diefenbach, I. (2009): Elektromobilität aus Sicht der Energieversorgungsunternehmen
 253 Oestreicher, R. (2010): Future of individual Mobility – Vehicles and Concepts

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.²⁵⁴

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 Haushalte eingesetzt. Eine Überlastung bei gleichzeitiger Ladung mehrerer Elektrofahrzeuge ist hier wahrscheinlicher, weshalb man in Japan besonders auf die Schnellladung mit eigenen Anschlüssen setzt.²⁵⁵

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 an neuen Stromeinspeisern, wie Wind- und Solaranlagen, führt in Baden-Württemberg zu einem stetigen Ausbau der Netzkapazitäten. Die Einführung der Elektromobilität läuft dieser Entwicklung nach und erfordert dann wohl auch bei einer größeren Anzahl von Fahrzeugen keine massiven Erweiterungen mehr im Netz.“

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.²⁵⁶ 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. Damit passen die Chancen, die sich durch Elektromobilität ergeben, sehr gut zu den Herausforderungen, die sich durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien stellen.²⁵⁷ Für einen zukünftigen Einsatz von Elektroautos in einem Smart-Grid müssen jedoch zunächst die hierfür notwendige IKT- und Ladeinfrastruktur geschaffen und neue Geschäftsmodelle entwickelt werden. Baden-Württemberg leistet mit den Projekten MeRegio, MeRegioMobil und der Modellstadt Mannheim zur Entwicklung dieser Zukunftstechnologien schon heute einen großen Beitrag.

²⁵⁴ Vgl. <http://kropla.com/electric2.htm>; <http://www.trade.gov/mas/ian/ecw/all.html>

²⁵⁵ <http://www.chademo.com/en/indexe.html>

²⁵⁶ Woyke, W. (2009): Elektrofahrzeuge als Speicher im Netz

²⁵⁷ Löser, R. (2009): Elektroautos, die rollenden Stromspeicher

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

„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

4.5 Implikationen für die Ladeinfrastruktur

Bisher wurden die Chancen der Elektromobilität häufig danach beurteilt, wie schnell ein dichtes Netz an öffentlichen Ladestationen geschaffen werden kann. In einer aktuellen PwC-Studie gaben so auch 92 Prozent der befragten Autofahrer eine ausreichende Verfügbarkeit von Ladestationen als eine Bedingung für den potenziellen Kauf eines Elektrofahrzeugs an. Für 95 Prozent der Befragten ist die Elektromobilität aber auch eng mit der Möglichkeit verknüpft, die Batterien zu Hause aufzuladen.²⁵⁸ Diese Ergebnisse werfen die Frage auf, in welchem Maße und in welchem Zeitrahmen eine öffentliche Ladeinfrastruktur in Deutschland und in Baden-Württemberg tatsächlich errichtet werden muss, um den Bedürfnissen der Verbraucher gerecht zu werden. In einer Studie der Unternehmensberatung McKinsey wird der Schluss gezogen, dass ein dichtes Netz an öffentlichen Ladestationen in den nächsten fünf Jahren nicht notwendig sein wird, da sich den Umfragen zufolge die frühen Käufer eines Elektroautos darauf einstellen werden, ihre Fahrzeuge zu Hause oder in einem Parkhaus aufzuladen.²⁵⁹ Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch die Unternehmensberatung Warnstorf & Partner in ihrer Elektrofahrzeug-Technologie-Trend-

²⁵⁸ PwC (2010): Elektromobilität – Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand

²⁵⁹ McKinsey (2010): Neue McKinsey-Studie – Elektromobilität in Megastädten: Schon 2015 Marktanteile von bis zu 16 Prozent

Studie 2010. Hiernach halten die meisten Experten die Schaffung einer aufwendigen Ladeinfrastruktur weder für zwingend nötig noch für sinnvoll im Sinne einer schnellen und preislich attraktiven Markteinführung der Elektrofahrzeuge.²⁶⁰

Die Möglichkeit ein Elektroauto zu Hause aufzuladen ist 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).²⁶¹ Zum Vergleich: der aktuelle Pkw-Bestand in Baden-Württemberg beträgt 5,72 Mio. Fahrzeuge und in Deutschland 41,74 Mio. Fahrzeuge.²⁶²

Laut einer Studie von Bain & Company haben darüber hinaus 40 bis 70 Prozent aller potenziellen Elektroautofahrer die Möglichkeit, ihr Fahrzeug während der Arbeitszeit auf einem firmeneigenen Parkplatz abzustellen, sodass der Anteil der Fahrzeugnutzer, der weder zu Hause noch an der Arbeitsstätte eine potenzielle Lademöglichkeit hat, bei lediglich 10 bis 15 Prozent liegen wird.²⁶³

Mobilitätsuntersuchungen zeigen, dass die durchschnittlich zurückgelegten Fahrstrecken pro Tag weniger als 40 km betragen und 90 Prozent aller Tagesfahrstrecken unter 100 km liegen.²⁶⁴ 70 Prozent der Fahrten enden dabei entweder zu Hause oder an der Arbeitsstätte.²⁶⁵ Der Strombedarf für Elektrofahrzeuge könnte damit für einen Großteil der Autofahrer mit Ladestationen zu Hause oder an der Arbeitsstätte gedeckt werden. Als Ergänzung dazu könnten Ladestationen beispielsweise bei Supermärkten, in Parkhäusern oder an Restaurants aufgestellt werden.²⁶⁶

Eine öffentliche Ladeinfrastruktur könnte aber auch bei einem geringeren Bedarf die Entwicklung hin zur Elektromobilität fördern, da sie den möglichen Ängsten der Verbraucher entgegenwirkt, mit leeren Batterien stehenzubleiben. Verbindet man beispielsweise Ladestellen in der Stadt mit ausschließlich für Elektrofahrzeuge reservierten Parkplätzen, können die Stationen als Anreiz für den Kauf eines Elektroautos dienen. Spätestens bei einer höheren Durchdringung sollte auch für Autofahrer ohne eigenen Stellplatz, gerade auch im urbanen Raum, die Möglichkeit zum Laden und somit zum Kauf und Betrieb eines Elektrofahrzeugs geschaffen werden. Einen ersten Schritt in diese Richtung stellt der Aufbau von Ladestationen im

Rahmen der Modellregionen und Forschungsprojekte in Baden-Württemberg dar.

„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

Aufgrund der geringen Umsätze von nur wenigen Euro pro Ladestation lassen sich die Anschaffungskosten öffentlicher Ladestellen bei gängigen Strompreisen jedoch kaum durch den reinen Stromverkauf amortisieren.²⁶⁷ Für eine kostendeckende Betreuung öffentlicher Ladestationen werden deshalb neue Geschäftsmodelle benötigt. In Frage kommt beispielsweise die Kombination aus Parken und Laden, da Parkgebühren heute oft deutlich teurer sind als die reinen Stromkosten. Zusätzlich könnten Ladestromverträge mit einer Grundgebühr von 60 Euro im Monat potenziell kostendeckend sein.²⁶⁸ Darüber hinaus gibt es noch eine Vielzahl weiterer denkbarer Geschäftsmodelle, wie beispielsweise die Finanzierung über Werbung, die es erlauben könnten, eine Ladeinfrastruktur wirtschaftlich zu betreiben.

260 Warnstorff & Partner (2010): Elektrofahrzeug-Technologie Trend-Studie 2010: Experten erteilen Schaffung aufwendiger Ladeinfrastruktur Absage

261 Stand 2008; Statistisches Bundesamt (2009): Wirtschaftsrechnungen

262 KBA (2010): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2010

263 Bain & Company (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative

264 Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?

265 VDE (2010): VDE-Studie sieht für Elektroautos noch Hürden bis zum Massenmarkt

266 McKinsey (2010): Neue McKinsey-Studie – Elektromobilität in Megastädten: Schon 2015 Marktanteile von bis zu 16 Prozent

267 Vgl. Engel, T. (2009): Die Netzintegration von Elektrofahrzeugen – Teil 1

268 BMU (2009): Konzept eines Programms zur Markteinführung von Elektrofahrzeugen

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

„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

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.²⁶⁹

Im Folgenden wird eine Analyse der Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale durchgeführt, welche 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 41 Mio. Einheiten, so ergibt sich eine Quote von 2,4

Prozent an Elektrofahrzeugen. Es wird davon ausgegangen, dass mit jedem verkauften Elektroauto auch mindestens eine private Ladestation geschaffen wird. Diese Heimpladestationen könnten zukünftig beispielsweise von den Automobilherstellern beim Fahrzeugkauf gleich mitgeliefert werden.²⁷⁰

Der Bedarf an öffentlichen Ladestationen hängt außer von 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 0,55²⁷¹, für das Jahr 2011 wird jedoch eine Quote von 1,8 als notwendig angesehen.²⁷² Anschließend wird ein kontinuierlicher Rückgang des Verhältnisses, bei gleichzeitigem Anstieg der Ladesäulenanzahl und überproportionalem Anstieg der Elektrofahrzeuganzahl, auf 0,25 bis zum Jahr 2020 prognostiziert.²⁷³ Der zeitliche Verlauf dieses Sachverhalts ist neben der Entwicklung der Bestandszahlen von Ladestationen und Elektrofahrzeugen für Deutschland, gemäß einem expo-

ponentiellen Marktanlauf-Szenario auf 1 Mio. Fahrzeuge, in Abbildung 4-13 dargestellt.²⁷⁴

Für das Jahr 2011 wird ein Verhältnis von 1,8 als notwendig angesehen.²⁷⁵ Anschließend ist ein kontinuierlicher Rückgang des Verhältnisses, bei gleichzeitigem Anstieg der Ladesäulen und überproportionalem Anstieg der Elektrofahrzeuge, auf 0,25 bis zum Jahr 2020 prognostiziert.

Das Verhältnis von öffentlichen Ladesäulen zu Elektrofahrzeugen ist flexibel an die Bedürfnisse des Marktes anzupassen. Die Produktionskapazität und das Marktvolumen für Ladestationen sind dabei sowohl von der Anzahl verkaufter Fahrzeuge als auch von psychologischen Effekten sowie der bestehenden Infrastrukturdichte abhängig. Abbildung 4-14 zeigt neben dem Verhältnis von Ladestationen zu Elektrofahrzeugen auch einen unter diesen Voraussetzungen prognostizierten Bestand an Ladestationen sowie Elektrofahrzeugen gemäß einem exponentiellen Marktanlauf-Szenario auf 1 Mio. Fahrzeuge in Deutschland.²⁷⁶

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

270 Expertengespräche

271 Vgl. hierzu www.lemnet.ch mit 880 aufgelisteten öffentlichen Ladestationen (Stand 17.11.2010) sowie 1.600 gemeldeten Elektrofahrzeugen in Deutschland 2010 (KBA)

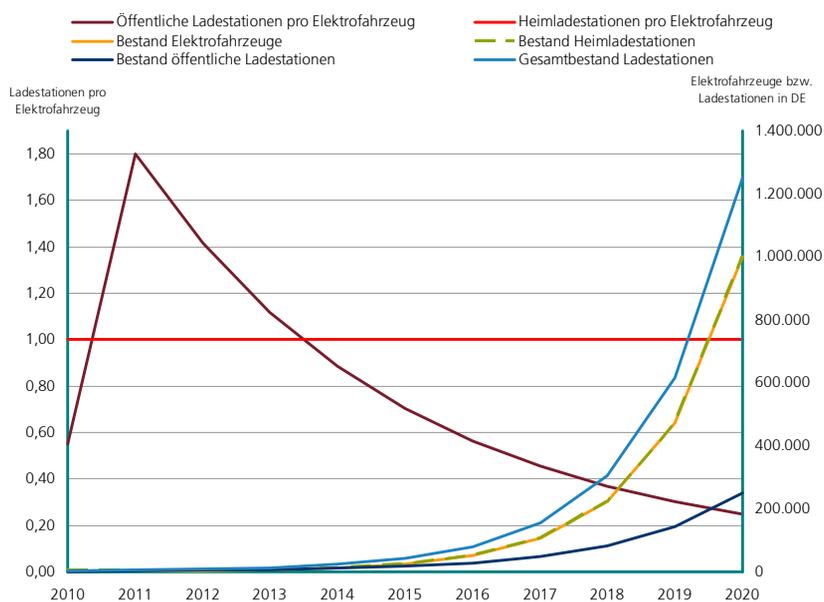
272 Frost & Sullivan (2009): Thought Leadership Report: Industrial Opportunities in the Electric Vehicles Segment, September 2009

273 Fraunhofer ISI (2009): FSEM Workshop am ISI, November 2009

274 Eigene Analysen

275 Vgl. Hierzu www.lemnet.ch mit 880 aufgelisteten öffentlichen Ladestationen (Stand 17.11.2010) sowie 1.600 gemeldeten Elektrofahrzeugen in Deutschland 2010 (KBA)

276 Eigene Analysen



4-13 Bestand und Relation von privaten und öffentlichen Ladestationen und Elektrofahrzeugen in Deutschland²⁷⁷

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 942 Mio. Fahrzeugen im Jahr 2010 ergibt sich eine globale Zielquote von 2,8 Prozent Elektrofahrzeugen, die damit leicht über dem oben genannten 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. Heimpladestationen und 6,5 Mio. öffentlicher 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-Weltmarkt²⁷⁸, wird ebenfalls von einem Marktanteil Deutschlands in Höhe von 8,3 Prozent an den jährlich produzierten Ladestationen ausgegangen.²⁷⁹

Für Deutschland ergibt sich damit ein gesamtes potenzielles Produktionsvolumen für Ladestationen, bestehend aus dem Inlandsbedarf und dem Exportanteil am Gesamtmarkt. Dieses liegt im Jahr 2010 bei 708 Ladestationen und steigt im Jahr 2020 auf zwei Mio. zu produzierende 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 ausgegangen²⁷⁹ Das sich hieraus ergebende Wertschöpfungspotenzial der

277 Eigene Darstellung

278 8,3 Prozent Anteil Deutschland an weltweiten Ausfuhren im Jahr 2007 sowie 2006. ZVEI (2009): Elektroindustrie in Zahlen 2008/2009

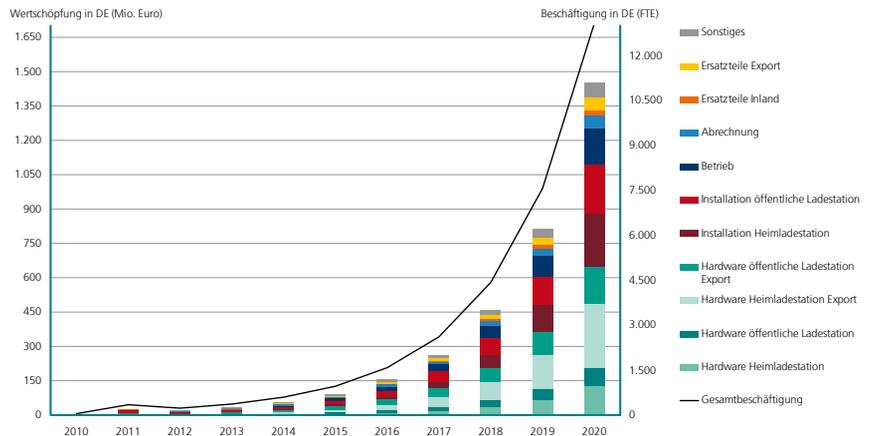
279 ZVEI (2009): Elektroindustrie in Zahlen 2008/2009

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

kommenden Jahre für Deutschland zeigt Abbildung 4-14. 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).

Eine Ermittlung des Einflusses des Wertschöpfungspotenzials auf den Arbeitsmarkt erfolgt mittels einer Betrachtung der Wertschöpfung pro vollzeitäquivalenter Beschäftigung (FTE). Hierbei wird von einer jährlichen Wertschöpfung von 76.000 € pro FTE ausgegangen, die in der Elektroindustrie aktuell vorliegt.²⁸¹ 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.²⁸² Die aus dem Gesamt-Wertschöpfungspoten-



4-14 Entwicklung des Wertschöpfungspotenzials für Ladeinfrastruktur in Deutschland²⁸⁰

zial abgeleiteten Arbeitsplätze für Deutschland sind ebenfalls in Abbildung 4-14 zu finden.

Parallel zu den Analysen des Wertschöpfungspotenzials für Deutschland lässt sich auch die mögliche Wertschöpfung in Baden-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 einem Faktor von 0,189 für den An-

teil Baden-Württembergs an der gesamtdeutschen Wertschöpfung im Bereich Ladeinfrastruktur ausgegangen.²⁸³ 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 4-15 dargestellt.

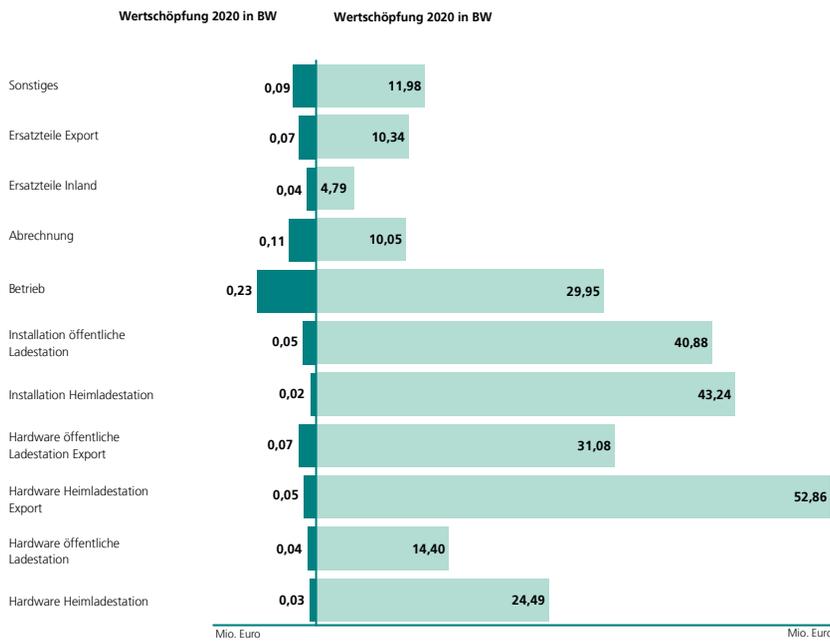
Der Kostenbereich Hardware, welcher den größten Faktor der Wertschöpfung für den Bereich Ladeinfrastruktur darstellt, lässt sich weiter aufgliedern in die Komponenten

²⁸⁰ Eigene Darstellung

²⁸¹ ZVEI (2010): ZVEI-Benchmarking: Die Elektroindustrie im Branchenvergleich Juli 2010

²⁸² 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

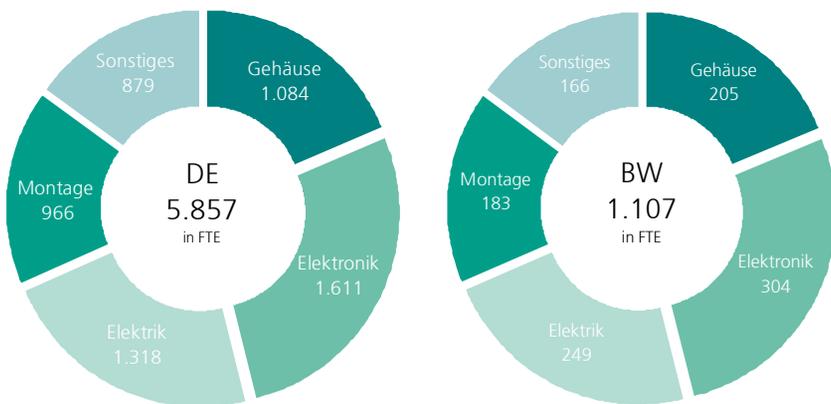
²⁸³ Nach Destatis (2009): Baden-Württembergs Wirtschaftsleistung ging 2009 um 7,4 Prozent zurück.



Gehäuse, Elektronik, Elektrik, Montage und Sonstiges. Abbildung 4-16 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 Hardware liegt in Baden-Württemberg bei 1.107 und in Deutschland bei 5.857. Die Verteilung auf die fünf genannten Komponentenbereiche ist dabei relativ gleichmäßig.

„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

4-15 Wertschöpfungspotenziale Baden-Württembergs im Bereich Ladeinfrastruktur für die Jahre 2010 und 2020²⁸⁴



4-16 Auswirkungen der Produktion von Ladestationen auf die Arbeitsplätze in Deutschland und Baden-Württemberg bis zum Jahr 2020²⁸⁵

Die Reichweiten rein elektrisch betriebener Fahrzeuge liegen heute in der Regel im Bereich von 100 bis 150 km und reichen somit für den Großteil aller durchgeführten Fahrten aus. Längere Distanzen können aber auch nach einer Errichtung der bisher angesprochenen Ladeinfrastruktur aufgrund von relativ langen Ladezeiten nicht praktikabel zurückgelegt werden. Infrastruktureseitig können diese Einschränkungen nur durch Schnellladestationen mit hohen Ladeleistungen oder durch

284 Eigene Darstellung
 285 Eigene Darstellung

4

Perspektiven und Herausforderungen für Baden-Württemberg

Batteriewechselstationen überwunden werden. Beide Konzepte werden aber aufgrund sowohl technischer als auch wirtschaftlicher Herausforderungen sehr kontrovers diskutiert.

Gleichstrom-Schnellladestationen werden heute fast ausschließlich in Japan verwendet. Hier wurden bisher schon über 200 Stationen errichtet.²⁸⁶ 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.²⁸⁷ 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.²⁸⁸ Ein wirtschaftlicher Betrieb solcher Stationen im urbanen Raum erscheint aber aufgrund der hohen Anschaffungskosten und der geringen Auslastung zukünftig nur schwer umsetzbar.²⁸⁹ Für eine Erweiterung der Fahrzeugreichweiten auf langen Strecken könnten Schnellladestationen jedoch in regelmäßigen Abständen

beispielsweise an Autobahnen aufgestellt werden.²⁹⁰ 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, hier 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 Batterien führt. Um dies zu kompensieren, bedarf es Kühltechnologien und eines intelligenten Batteriemanagementsystems.

Eine Alternative zu den Schnellladestationen könnten Batteriewechselstationen darstellen. Hierfür ist ein einheitliches, kompatibles Batteriesystem in den Fahrzeugen erforderlich. Das Batteriesystem ist jedoch ein sicherheitsrelevantes Bauteil mit hoher Bedeutung für die Crash- und Benutzersicherheit von Elektrofahrzeugen und auch hinsichtlich der Leistung ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal der einzelnen Hersteller. Neben den Starkstromverbindungen zum Motor und zur Ladeeinheit sind die Batteriesysteme auch mit dem Bordcomputer und in der Regel mit einem Kühl- und Heizkreislauf vernetzt, weshalb die mit einem Batteriewechsel verbundenen

Sicherheitsrisiken und die Haftungsproblematiken von den deutschen Automobilherstellern als kritisch angesehen werden. Eine Einigung auf einheitliche Systeme ist zumindest in naher Zukunft nicht zu erwarten. Hohe Anlagekosten und der bei einem Wechselkonzept erhöhte Bedarf an Batterien, die ja ohnehin einen wesentlichen Preistreiber für Elektrofahrzeuge darstellen, müssen in einem Batteriewechselsystem berücksichtigt werden.²⁹¹

Der Einsatz von rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen für lange Strecken erscheint auf Basis heutiger Technologien, Kostenerwartungen und Nutzeranalysen weder zwingend notwendig noch wirtschaftlich sinnvoll. Für die Überwindung von Reichweiteneinschränkungen bieten sich mittelfristig eher Hybridlösungen oder Range Extender in den Fahrzeugen an als die Schaffung einer teuren Infrastruktur für seltene Langstreckenfahrten. Eine Lösung könnte darüber hinaus der verstärkte Einsatz von Carsharing-Angeboten sowie der Ausbau und die Vereinfachung intermodaler Mobilitätskonzepte sein.²⁹²

„Durch technische Entwicklung wird die Elektromobilität nutzerfreundlicher werden. Beispielsweise sind Range Extender ein interessantes Konzept. Ein derartiges Fahrzeug würde, ebenso wie konventionell

286 www.chademo.com

287 Aneqawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger

288 Ebenda

289 Vgl. VDE (2010): VDE-Studie sieht für Elektroautos noch Hürden bis zum Massenmarkt

290 Technomar (2010): Whitepaper Elektromobilität: Optionen für Deutschlands Automobilindustrie; Landtag von Baden-Württemberg (2009): Schaffung einer flächendeckenden Infrastruktur für die Elektromobilität in Baden-Württemberg

291 Ebenda

292 VDE (2010): VDE-Studie sieht für Elektroautos noch Hürden bis zum Massenmarkt



angetriebene Fahrzeuge, eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Reichweite bieten. Somit lassen sich Kurzstreckenfahrten in der Stadt mit längeren Überlandfahrten z. B. am Wochenende vereinbaren.“

Ralf Woik, Ressortleiter Marketing und Kommunikation, Arval Deutschland

5

Zusammenfassende Gesamtbetrachtung

Für die „Systemanalyse BW^e 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 funktioniert als System, in dem Nutzer, Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur, die Stadt 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.

Der Weg hin zu einer elektromobilen Gesellschaft verlangt auch den Weg zu einer systemischen Vernetzung aller relevanten Akteure und Instanzen. Die Integration von Elektromobilität in bestehende und zukünftige Verkehrskonzepte sowie die intelligente Anbindung an die Energieinfrastruktur stellen dabei Herausforderungen für eine elektromobile Zukunft dar. Die IKT stellt in diesem Zusammenhang eine Schnittstellentechnologie dar, die 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 bringt die besten Voraussetzungen mit, 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.

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 werden. Um die hier zu erwartenden Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale in vollem Umfang realisieren zu können, muss Baden-Württemberg jedoch die Entwicklung von Standards für eine intelligente Netz-anbindung von Elektrofahrzeugen weiter aktiv vorantreiben.

Mit der vorliegenden „Systemanalyse BW^e mobil“ werden die in der „Strukturstudie BW^e mobil“²⁹³ 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.

293 Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e mobil – Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität



Abbildungsverzeichnis

2-1	Das System Elektromobilität	12
2-2	Stromversorgung und Netzstruktur in Deutschland	13
2-3	Stromverbrauch im Tagesverlauf	14
2-4	Stromerzeugung in Deutschland und Baden-Württemberg 2008	15
2-5	Schematischer Aufbau eines Smart-Grid	16
2-6	Fallbeispiel: Ladedauer bei unterschiedlichen Ladeleistungen für den Tagesbedarf eines typischen Elektroautos	21
2-7	Anteil der parkenden Pkw im Tagesverlauf	23
2-8	IEC 62196 Typ-2-Stecker von Mennekes	23
2-9	Induktives Ladesystem der Firmen Karabag, Vahle und Kostal	24
2-10	Schematischer Aufbau eines RFID-Systems	26
2-11	IKT-Komponenten im Fahrzeug	29
2-12	Schematische Darstellung IKT-relevanter Komponenten im Fahrzeug	30
2-13	Anstieg der Systemkomplexität in der Kraftfahrzeugelektronik	31
2-14	Multimedia-Vernetzung	32
2-15	Veränderungen in der E/E-Architektur	33
2-16	Aufbau eines Head-Up Displays	34
2-17	Navigationsgeräte mobil und ab Werk	36
2-18	Standards und Technologien für die Datenübertragung	38
2-19	Überblick Flotten	39
2-20	Übersicht Flotten und Funktionen	40
2-21	Aufbau eines Flottenmanagementsystems	47
2-22	Netzwerk-Infrastrukturen in intelligenten Gebäudesystemen	49
2-23	Bevölkerungsentwicklung und Automobilbesitz junger Menschen	54
2-24	Veränderungen des intermodalen Mobilitätsverhalten nach Altersklassen	55
2-25	Umsatz- und Absatzentwicklung von Smartphones in Deutschland	57
2-26	Smartphone-Anwendungen für die Bewältigung einer intermodalen Mobilitätskette	58
3-1	Entwicklung des IKT-Marktes in Deutschland (2007–2011)	60
3-2	Marktvolumen der IKT-Branche in Europa in Mrd. Euro (2008)	61
3-3	IKT-Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt je Mio. Einwohner (2005)	63
3-4	Globaler Navigationsmarkt – Absatzentwicklung in Mio. Einheiten	64
3-5	Globaler Navigationsmarkt – Umsatzentwicklung in Mio. USD	64
3-6	Entwicklung des Marktvolumens (Absatz und Umsatz) für Navigationsgeräte in Deutschland und Baden-Württemberg	65
3-7	Landkarte Akteure im Bereich Fahrzeugtelematik	66
3-8	Landkarte Akteure im Bereich Flottenmanagement	69

3-9	Landkarte Akteure im Bereich Ladeinfrastruktur	74
3-10	Hardwarekosten für Ladestationen in Abhängigkeit der maximalen Ladeleistung	76
3-11	Hardwarekosten für Ladestationen nach Einsatzgebiet	76
3-12	Installationskosten für Ladestationen nach Einsatzgebiet	76
3-13	Prozentuale Verteilung der Kosten für eine Ladestation	77
3-14	Hardware-, Installations- und Betriebskosten für eine Heimpladestation für die Jahre 2010 und 2020	78
3-15	Hardware-, Installations- und Betriebskosten für eine öffentliche Ladestation für die Jahre 2010 und 2020	78
3-16	Landkarte Akteure im Bereich Modellregionen und Forschungsprojekte	82
4-1	Wege in die Elektromobilität im Rahmen von IKT-Technologien, Energie- und Ladeinfrastruktur und Flottenmanagement	84
4-2	Erwarteter Automobilabsatz für verschiedene Antriebstechnologien bis 2025	85
4-3	Funktionen von Fahrzeugtelematik-Systemen für elektromobile Fahrzeuge	90
4-4	Investitionen in IKT-Lösungen nach Region, Weltmarkt: 2010 – 2015	91
4-5	Penetrationsraten für eingebettete Telematik-Systeme in Pkw	92
4-6	Umsatzpotenzial für eingebettete Systeme in Baden-Württemberg	93
4-7	Umsatzpotenzial unterschiedlicher Navigationssysteme in Baden-Württemberg	93
4-8	Beschäftigungspotenzial in Baden-Württemberg 2020 durch IKT im Fahrzeug	94
4-9	Nutzungsabsicht von umweltschonenden Antrieben in Fuhrparks in den nächsten drei Jahren	95
4-10	Ladeleistungsbedarf von Elektroautos im Wochenverlauf	101
4-11	Benötigte Ladeleistung für 1 Mio. E-Fahrzeuge und verfügbare Kraftwerkskapazitäten	101
4-12	Potenzielle Netzüberlastungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Ladeleistungen und unterschiedlichen Tageszeiten für verschiedene Durchdringungsraten von Elektrofahrzeugen	102
4-13	Bestand und Relation von privaten und öffentlichen Ladestationen und Elektrofahrzeugen in Deutschland	107
4-14	Entwicklung des Wertschöpfungspotenzials für Ladeinfrastruktur in Deutschland	108
4-15	Wertschöpfungspotenziale Baden-Württembergs im Bereich Ladeinfrastruktur für die Jahre 2010 und 2020	109
4-16	Auswirkungen der Produktion von Ladestationen auf die Arbeitsplätze in Deutschland und Baden-Württemberg bis zum Jahr 2020	109

Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere	gfu	Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik
AG	Aktiengesellschaft	GHz	Gigahertz
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.	GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	GPRS	General Packet Radio Service
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	GPS	Global Positioning System
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	GSM	Global System for Mobile Communications
BW	Baden-Württemberg	GW	Gigawatt
CAN	Controller Area Network	h	Stunde
CE	Consumer Electronics, Verbraucherelektronik	HCU	Hybrid Control Unit
CO ₂	Kohlenstoffdioxid	HUD	Head-Up Display
CPU	Central Processing Unit	IEC	International Electrotechnical Commission
DC	Direct Current, Gleichstrom	IFDS	Intelligente Fahrzeugdaten-Analysesysteme
EIB	Europäisches Installationsbussystem	IITV	Institut für Technik der Informationsverarbeitung
EITO	European Information Technology Observatory	IKONE	Integriertes Konzept für nachhaltige Mobilität
EPC	Electronic Product Code	IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
EU	Europäische Union	IMMOS	Integrierte Methodik zur modellbasierten Steuergeräteentwicklung
EV	Electric Vehicle	IPT	Inductive Power Transfer System
FCD	Floating Car Data	IT	Informationstechnologie
FMS	Flottenmanagementsystem	KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Fraunhofer IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation	kHz	Kilohertz
Fraunhofer IFF	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung	KIT	Karlsruher Institut für Technologie
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung	km	Kilometer
FSEM	Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität	KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
FTE	Full Time Equivalent	KNX	Konnex Bussystem
g	Gramm	kV	Kilovolt
		kW	Kilowatt
		kWh	Kilowattstunde
		Lkw	Lastkraftwagen

MAN	Metropolitan Area Network	WiMAX	Worldwide Interoperability for
MBit	Megabit		Microwave Access
min	Minute	W-LAN	Wireless Local Area Network
Mio.	Millionen	WTW	Well to Wheel
MIV	Motorisierter Individualverkehr	ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und
MOST	Media Oriented Systems Transport		Elektronikindustrie
Mrd.	Milliarde		
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung		
OEM	Original Equipment Manufacturer		
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr		
Pkw	Personenkraftfahrzeug		
PLC	Powerline Kommunikation		
PwC	PricewaterhouseCoppers		
RFID	Radio Frequency Identification		
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule		
s	Sekunde		
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		
USD	US Dollar		
UWB	Ultra Wideband		
V	Volt		
V2G	Vehicle to Grid		
VCU	Vehicle Dynamics Control		
VDE	VDE Verband der Elektrotechnik Elek- tronik Informationstechnik		
WAVE	Wireless Access for Vehicular Environment		

Literaturverzeichnis

ADDX: Die Arten von Powerline Communication;
www.addx.de/plc/plc006.php (letzter Aufruf 08.11.2010)

ACEA (2010): ACEA position and recommendations for the standardization of the charging of electrically chargeable vehicles; European Automobile Manufacturers Association;
www.acea.be/images/uploads/files/20100630_Standardisation_e-vehicles.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

Advanced Microsystems for Automotive Applications (2010): Smart Systems for Green Cars and Safe Mobility; 14th International Forum, 10. & 11.05.2010, Harnack House, Berlin;
www.amaa.de/pdfs/Agenda.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Anegawa, T. (2009): Desirable characteristics of public quick charger; Tokyo Electric Power Company, PlugIn 2009;
www.emc-mec.ca/phev/Presentations_en/S12/PHEV09-512-3_Takafumi-Anegawa.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

Arval (2010): CVO-Barometer 2010 – Trends im Fuhrparkmanagement;
www.arval.de/ger/full-service-leasing/unternehmen/cvo/cvo-publikationen/cvo-publikationen.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Auto Motor und Sport (2009): Feinstaub - Stuttgart verschärft Fahrverbote;
www.auto-motor-und-sport.de/eco/feinstaub-stuttgart-verschaerft-fahrverbote-1464512.html (letzter Aufruf 08.11.2010)

Auto Motor und Sport (2010): Effizienzprobe für die Oberklasse;
www.auto-motor-und-sport.de/eco/audi-a8-hybrid-auf-dem-autosalon-genf-2010-effizienz-probe-fuer-die-oberklasse-1766820.html (letzter Aufruf 20.11.2010)

Auto Tuning News (2008): eRUF: Elektro-Porsche mit 204 PS;
www.auto-tuning-news.de/news/artikel/eruf-elektro-porsche-mit-204-ps/ (letzter Aufruf 17.11.2010)

Automobil-Elektronik (2009): Einheitlicher Ladestecker für Elektroautos;
imperia.mi-verlag.de/imperia/md/content/ai/ae/fachartikel/ael/2009/03/ael09_03_024.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

Automobil-Produktion (2010): Citroën bietet WLAN-Router fürs Auto an;
www.automobil-produktion.de/2010/06/citroen-bietet-wlan-router-furs-auto-an/ (letzter Aufruf 17.11.2010)

Automobil-Produktion (2010): Einigung auf modulares Stecksystem;
www.automobil-produktion.de/2010/09/einigung-auf-modulares-stecksystem/ (letzter Aufruf 08.11.2010)

AutomotiveIT (2009): Exakte Reichweitenvorhersage für Elektrofahrzeuge;
www.automotiveit.eu/exakte-reichweitenvorhersage-fur-elektrofahrzeuge/car-ict/id-002099 (letzter Aufruf 17.11.2010)

Autosieger (2010): Continental: Integration portabler Navigation in neue Fahrzeuge;
www.autosieger.de/article17967.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Autosieger (2010): Porsche Elektro-Boxster Forschungsfahrzeuge im Praxistest;
www.autosieger.de/article20456.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Bähnisch, S. (2010): Weniger Steuern bei privater Nutzung; Auto Bild;
www.autobild.de/artikel/elektro-dienstwagen-kfz-steuer-bei-privatnutzung-1268503.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Bain & Company (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative

Baldessari, R.; Bödecker, B.; Brakemeier, A. et al. (2007): CAR 2 CAR Communication Consortium Manifesto
www.car-to-car.org/fileadmin/downloads/C2C-CC_manifesto_v1.1.pdf (letzter Aufruf 22.11.2010)

BSI (2006): Drahtlose Kommunikationssysteme und ihre Sicherheitsaspekte; www.internet-sicherheit.de/fileadmin/docs/publikationen/studien/BSI-Drahtlose-Kommunikationssysteme-Sicherheitsaspekte.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung; www.bmw.de/Dateien/BMWi/PDF/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet-der-bundesregierung,property=pdf,bereich=bmw,sprache=de,rwb=true.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

Büringer, H. (2007): Entwicklung des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg - Jahresfahrleistungen mit Kraftfahrzeugen; Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 6/2007; www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag07_06_09.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Büttner, A. (2009): Western European Car Telematics Market Booms; www.isuppli.com/automotive-infotainment-and-telematics/news/pages/western-european-car-telematics-market-booms.aspx (letzter Aufruf 17.11.2010)

Computer Bild (2009): Garmin nüvi 1690: Navigation per mobiler Internetverbindung; www.computerbild.de/artikel/cb-News-Navigation-Garmin-Nuevi-1690-4915070.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Conductix-Wampfler: IPT-Charge for Electric Vehicles; awbriefing.com/presentations/inductive_charging_conductix.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Daimler (2010): Interview with Prof. Dr. Herbert Kohler; nachhaltigkeit.daimler.com/reports/daimler/annual/2010/nb/German/3010/interview-with-prof_-dr_-herbert-kohler.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Das Business Portal Baden-Württemberg (2010): IT und Telekommunikation – Industriedichte; www.bw-invest.de/deu/index_deu_849.aspx (letzter Aufruf 17.11.2010)

Das Business-Portal Baden-Württemberg: Automobilindustrie in Baden-Württemberg; www.bw-invest.de/deu/index_deu_6398.aspx (letzter Aufruf 17.11.2010)

Dataforce (2010): Dataforce FleetReport 2010; www.dataforce.de/web/guest/infocenter (letzter Aufruf 17.11.2010)

Destatis (2009): Baden-Württembergs Wirtschaftsleistung ging 2009 um 7,4 Prozent zurück; www.statistik-portal.de/Pressemitt/2010103.asp (letzter Aufruf 17.11.2010)

Deutsches Mobilitätspanel (2010); Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, infratest, Karlsruhe Institute of Technology; <http://mobilitaetspanel.ifv.uni-karlsruhe.de/de/index.html> (letzter Aufruf 08.11.2010)

Diefenbach, I. (2009): Der Mobile Kunde - Elektrofahrzeuge als neue Herausforderung für Netze; www.life-needs-power.de/2009/23-04-2009_15-30_LNP_Vortrag%20Diefenbach.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Diefenbach, I. (2009): Elektromobilität aus Sicht der Energieversorgungsunternehmen; 7. CIGRE/CIRED-Informationsveranstaltung

Dostert, K.: Powerline-Kommunikation; www.net-im-web.de/pdf/Dostert.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

E-Auto Portal (2010): Elektromobilitäts-Ziele durch mangelnde Standards gefährdet; 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)

eCarTec Newsletter (2010): Test für das Auto von morgen im Smart Home;
www.ecartec.de/html/kit.html (letzter Aufruf 08.11.2010)

Emma, M. (2008): Energy: Upgrading the grid;
www.nature.com/news/2008/080730/full/454570a.html (letzter Aufruf 08.11.2010)

Engel, T. (2009): Die Netzintegration von Elektrofahrzeugen – Teil 1;
www.sonnenenergie.de/sonnenenergie-redaktion/SE-2009-02/Layoutfertig/PDF/Einzelartikel/SE-2009-02-s075-Mobilitaet-Netzintegration_Teil_1.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

ETEC (2010): Electric Vehicle Charging Infrastructure Deployment Guidelines for Greater San Diego Area;

EWE-Netz: Elektronische Zähler halten Einzug in Haushalte;
www.ewe-netz.de/strom/1959.php (letzter Aufruf 08.11.2010)

Fasse, S. (2010): Das Mobiltelefon wird zur Fernbedienung des gesamten Lebens; VDI Nachrichten

Finanzen.Net (2010): Bosch baut Ladestationen fuer Elektrofahrzeuge in Singapur;
www.finanzen.net/nachricht/aktien/Bosch-baut-Ladestationen-fuer-Elektrofahrzeuge-in-Singapur-908695 (letzter Aufruf 17.11.2010)

Fischer, J. (2004): Verkehrstelematik in Großstädten als Alternative zum Neubau von Verkehrswegen; Diplomarbeit, Techn. Universität Kaiserslautern;
home.arcor.de/jfi4/telematik/diplomarbeit.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

Forschungsinstitut Informatik (2010): Projekt IFDS;
www.fzi.de/index.php/de/forschung/forschungsbereiche/ess/themen-und-projekte/projekte/5426-projekt-ifds (letzter Aufruf 17.11.2010)

Forschungsinstitut Informatik (2010): Projekt IMMOS;
www.fzi.de/index.php/de/forschung/forschungsbereiche/ess/themen-und-projekte/projekte/143-projekt-immos (letzter Aufruf 17.11.2010)

Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie BW^e Mobil - Baden Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität;
www.iao.fraunhofer.de/images/studien/strukturstudie-bwe-mobil.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Fraunhofer ISI (2009): FSEM Workshop am ISI; Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität, Karlsruhe 11.11.2009

Fromm, T. (2010): Stromer im Dienst;
www.sueddeutsche.de/auto/elektroauto-stromer-im-dienst-1.1009683 (letzter Aufruf 17.11.2010)

Frost & Sullivan (2009): Assessment of Telematics Applications for Electric Vehicles

Frost & Sullivan (2009): Litmus Test for Commercial Vehicle Telematics Market: Results to exceed expectations

Frost & Sullivan (2009): Strategic Analysis of Electric Vehicles Infrastructure in Europe and Revenue Generation Opportunities for Utilities

Frost & Sullivan (2009): Strategic Dashboard for Automotive Telematics und Infotainment Systems

Frost & Sullivan (2009): Telematics and Infotainment Market

Frost & Sullivan (2010): Remote Vehicle Diagnostics Markets

Gantenbein, D. (2010): Edison - IKT Anbindung und Geschäftsprozesse; IBM, Cluster WS Netzintegration Elektromobilität

- Garthwaite, J. (2010): Why Green Car Makers Need to Find Mobile Partners; gigaom.com/cleantech/why-green-car-makers-need-to-find-mobile-partners/ (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Geiger, T. (2003): Head-up-Display – Alles auf einen Blick; www.spiegel.de/auto/werkstatt/0,1518,248469,00.html (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Germany Trade & Invest (2009): The Information and Communications Technology Industry in Germany; www.gtai.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Industries/ICT/1_English/IndustryOverview_ICT_February2009_GTAI.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Gesellschaft für Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (2005-2010): CEMIX: Consumer Electronics Markt Index; www.gfu.de/ (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Grimm, O.: RFID - Technologie, Aufbau, Funktionsweise und technische Anwendungen; Techn. Universität Ilmenau, Fakultät für Informatik und Automatisierung, Hauptseminar; www.enduroteam.de/olivergrimm/RFID-Technologie_Aufbau_Funktionsweise_und_technische_Anwendungen.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Grinewitschus, V., Klingner, M., Wittwer C., (2003): Intelligente Gebäudesysteme: eingebettete Intelligenz, Integration durch Vernetzung, neue Nutzeffekte durch Systemfunktionen; IKM Plenumsvortrag - Intelligente Gebäudesysteme; e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2004/2/pdf/IKM_181.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Grüne Autos (2009): Weltweit mehr als 2 Millionen Lexus und Toyota Hybridfahrzeuge verkauft; www.grueneautos.com/2009/09/weltweit-mehr-als-2-millionen-lexus-und-toyota-hybridfahrzeuge-verkauft/ (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Grünweg, T. (2008): Die blaue Null; www.manager-magazin.de/lifestyle/auto/0,2828,596667,00.html (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Hammer, J.: Maut in Stockholm - Steuer statt Stau; VNR Verlag für deutsche Wirtschaft; www.vnr.de/b2c/reisen/maut-in-stockholm-steuer-statt-stau.html (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Hansen, D.: EMC - The Impact of Power Line Communications; www.ce-mag.com/archive/03/ARG/hansen1.html (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Hartmeier M. (2010): Smart Metering: Hintergrund und Stand der Technik; Fachseminar Verteilte Systeme; www.vs.inf.ethz.ch/edu/ds/reports/ds2010_4_report_moritzhartmeier.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Heise (2008): Navi mit WLAN und Webbrowser; www.heise.de/autos/artikel/Navi-mit-WLAN-und-Webbrowser-430664.html (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Heuck, K., Dettmann, K.D. (1992): Elektrische Energieversorgung; Vieweg-Verlag, Wiesbaden
- Hüttl, R., Pischetsrieder, B., Spath, D., et al. (2010): ELEKTROMOBILITÄT: Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen; acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Springer-Verlag, Berlin; 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)
- IBM (2009): IBM in Deutschland; www-05.ibm.com/de/ibm/unternehmen/index.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

IBM (2010): Lösungen im IBM Automotive Industry Solution Center Ehningen; www-05.ibm.com/de/ibmforum/loesungen_aisc.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

IBM (2010): Was ist zuerst da? Das intelligente Stromnetz oder das Elektroauto?; www-05.ibm.com/de/smarterplanet/topics/electriccars/ (letzter Aufruf 17.11.2010)

Infoware (2008): Pressemitteilung, Marktstudie – Trends im Flottenmanagement; www.infoware.de/infoware-Presseservice/index.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Innovations-Report (2005): Deutschlands erster batteriebetriebener Elektrobuss mit berührungsloser Ladetechnologie in Betrieb; www.innovations-report.de/html/berichte/verkehr_logistik/bericht-46653.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Institut für Demoskopie Allensbach (2010): Allensbacher Computer- und Technik-Analyse (ACTA); www.acta-online.de/ (letzter Aufruf 17.11.2010)

Institut für Technik der Informationsverarbeitung (2010): Forschung; Karlsruhe Institute of Technology; www.itiv.kit.edu/26.php (letzter Aufruf 17.11.2010)

Institut für Technische Informatik (2010): Embedded Systemes Engineering; www.ra.informatik.uni-stuttgart.de/ese.phtml (letzter Aufruf 17.11.2010)

iPhone for Cars (2010): Mercedes-Benz bietet WLAN im Fahrzeug – InCar Hotspot, Peugeot ab 2010; iphoneforcars.wordpress.com/2010/01/13/mercedes-benz-bietet-wlan-im-fahrzeug-incar-hotspot/ (letzter Aufruf 17.11.2010)

IWR: Entwicklung des Gesamt-Stromverbrauchs in den Ländern; www.iwr.de/re/eu/energie/str_bl.html (letzter Aufruf 08.11.2010)

Kastner, W., Neuschwandtner, G. (2008): Motivation und technisches Umfeld: Heim- und Gebäudeautomation; Automation Systems Group; www.auto.tuwien.ac.at/downloads/HGA08/slides_1up/hga08-01_s.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

Kaufmann, J. (2004): Head-up Display für mehr Verkehrssicherheit; www.zdnet.de/arbeitsplatzrechner_peripherie_in_unternehmen_head_up_display_neue_technik_fuer_mehr_verkehrssicherheit_story-20000005-39125753-5.htm, Zugriff 28.10.2010 (letzter Aufruf 08.11.2010)

KBA (2010): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2010; www.kba.de/cln_016/nn_124958/DE/Presse/PressemitteilungenStatistiken/Fahrzeugbestand/fz_bestand_01_01_10_PDF.html#download=1 (letzter Aufruf 17.11.2010)

KBA (2010): Fahrzeugzulassungen, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltern, Wirtschaftszweigen; www.kbashop.de/webapp/wcs/stores/servlet/CategoryDisplay?catalogId=10051&storeId=10001&categoryId=10014&langId=3&parent_category_rn=10012&top_category=10002&pageView= (letzter Aufruf 17.11.2010)

KFZ-Betrieb Online (2010): Hybrid-Verkaufszahlen in Europa steigen; www.kfz-betrieb.vogel.de/wirtschaft/articles/274499/ (letzter Aufruf 17.11.2010)

Kloess, M., Weichbold, A., Königshofe, K. (2009): Technical, Ecological and Economic Assessment of Electrified Powertrain Systems for Passenger Cars in a Dynamic Context (2010 to 2050) ; EVS24 Stavanger, Norway

Krohn, J. (2009): Die Vorteile von Batteriewechselstationen; www.live-pr.com/die-vorteile-von-batteriewechselstationen-r1048349622.htm (letzter Aufruf 08.11.2010)

- Kuhn, T. (2010): Der Siegeszug des Anti iPhones;
www.wiwo.de/technik-wissen/der-siegeszug-der-anti-iphones-445205/
 (letzter Aufruf 28.10.2010)
- Kuther, T. (2010): Deutschland braucht ein intelligentes Gesamtkonzept für Elektromobilität;
www.elektronikpraxis.vogel.de/stromversorgung/articles/251959/ (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Landau, M. (2010): Elektromobilität mit Batterie und Brennstoffzelle;
 Fraunhofer IWES, Opel Forum Rüsselsheim, 24.08.2010
- LandEnergie: Stromverteilung in Deutschland;
www.landenergie.de/content/stromverteilung (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Landtag von Baden-Württemberg (2009): Schaffung einer flächendeckenden Infrastruktur für die Elektromobilität in Baden-Württemberg; Kleine Anfrage des Abg. Paul Nemeth CDU und Antwort der Landesregierung;
www.landtag-bw.de/WP14/Drucksachen/5000/14_5198_d.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Landtag von Baden-Württemberg (2009): Technologiewandel Mobilität Große Anfrage der Fraktion der CDU und der Fraktion der FDP/DVP und Antwort der Landesregierung;
www.landtag-bw.de/WP14/Drucksachen/5000/14_5567_d.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Lasslop, M. (2010): Kontaktloses Laden von Elektrofahrzeugen; Cluster WS Netzintegration Elektromobilität
- Lethé M. (2009): Energie speichern und transportieren;
www.weltdrphysik.de/de/7746.php (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Linssen, J., Birnbaum, U., Markewitz, P., et al. (2009): Potenzialabschätzung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in Deutschland; 6. Internationale Energiewirtschaftstagung, TU Wien, 2009;
- http://eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at_pages/events/iewt/iewt2009/papers/3C_4_BIRNBAUM_U_P.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Live-PR (2009): Positive Analyse zur deutschen Batteriewechselstation aus dem Saarland;
www.live-pr.com/die-vorteile-von-batteriewechselstationen-r1048349622.htm (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Lorkowski, S., Brockfeld, E., Mieth, P. et al.: Erste Mobilitätsdienste auf Basis von Floating Car Data; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Institut für Verkehrsforschung, Vortrag;
elib.dlr.de/6613/1/Vortrag.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Löser, R. (2009): Elektroautos, die rollenden Stromspeicher; Spektrum der Wissenschaft; 04/2009
- Lugmaier, A., Brunner, H., Prügler, W., et al. (2010): Roadmap Smart-Grids Austria Der Weg in die Zukunft der elektrischen Stromnetze;
www.smartgrids.at/termine-downloads/#downloads (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Mairdumont (2009): „Weiter in Familienhand“; Pressemitteilung;
www.mairdumont.com/de/1707.htm (letzter Aufruf 17.11.2010)
- May, J.W., Mattila, M. (2009): Plugging In: A Stakeholder Investment Guide for Public Electric-Vehicle Charging Infrastructure; Rocky Mountain Institute
- McKinsey (2010): Neue McKinsey-Studie – Elektromobilität in Megastädten: Schon 2015 Marktanteile von bis zu 16 Prozent; www.mckinsey.de/html/presse/2010/20100112_emobilitaet.asp (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Mein-Elektroauto (2010): Nissan liefert (Schnell-)Ladestation zum Elektroauto;
www.mein-elektroauto.com/2010/06/nissan-liefert-schnell-ladestation-zum-elektroauto/179/ (letzter Aufruf 22.11.2010)

MH-Anlagentechnik GmbH (2007): Das Kraftwerksmanagement in der Elektrizitätswirtschaft;
www.waermepumpe-bhkw.de/infos/elektrizitaetswirtschaft.html (letzter Aufruf 08.11.2010)

Mühlethaler, F., Arend, M., Axhausen, K., et al. (2003): Das vernetzte Fahrzeug - Verkehrstelematik für Strasse und Schiene; Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS, 2003;
www.otif.org/otif/_dpdf/dir_rid_2006/04_2006_gt_tcv_INF_CH_2_D.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

NORD/LB Regionalwirtschaft: Potenziale der Verkehrstelematik in Niedersachsen; telematik.niedersachsen.de/fileadmin/user_upload/pdf/Studie_Verkehrstelematik.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Normentwurf DIN IEC 61851-1 (VDE 0122-1), Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Dez. 2008;
www.vde-verlag.de/normen/1122015/vde-0122-1-din-iec-61851-1-2008-12.html (letzter Aufruf 08.11.2010)

Oestreicher, R. (2010): Future of individual Mobility – Vehicles and Concepts; Daimler Stuttgart, Cluster WS Netzintegration Elektromobilität, 29.06.2010

OEVSU (2003): Information Resource on the PLC Communication Technology;
www.powerline-plc.info/warumplc.html (letzter Aufruf 08.11.2010)

Oliver Wyman (2010): Studie Flottenkunden 2010; Pressemitteilung;
www.oliverwyman.com/de/pdf-files/OliverWyman_PM_Flottenkunden_2010.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Ott, P., Pogany, P. (2008): Optik-Design von Head-Up Displays mit CAD-kompatiblen Freiformflächen; www.photonik.de/fileadmin/pdf/fachaufsaetze/photonik_2008_02_68.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Park & Charge (2010): Preisliste– Ladestationen;
www.park-charge.de/preise.html (letzter Aufruf 22.10.2010)

Pauli, B., Schindler, T. (2001): Telematikdienste – Ein Ausweg aus dem drohenden Verkehrschaos?; TU München, Arbeitsbericht der Veranstaltung "Teledienste - Trendanalyse und Bewertung";
www.segma.de/vorlesung00/telematik.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

PC Welt (2009): Navi mit Internet-Zugang - Tomtom Go 740 Live;
www.pcwelt.de/news/Test-Video-Navi-mit-Internet-Zugang-Tomtom-Go-740-Live-397216.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

PikeResearch (2010): Electric Vehicle Information Technology Systems;
www.pikeresearch.com/research/electric-vehicle-information-technology-systems (letzter Aufruf 17.11.2010)

Pressebox (2009): IBM eröffnet neue Deutschlandzentrale; Pressemitteilung;
www.pressebox.de/pressemitteilungen/ibm-deutschland-gmbh-stuttgart/boxid/303820 (letzter Aufruf 17.11.2010)

Protoscar (2009): Strategy for European EV & PHEV conductive charging infrastructure: Analysis of the situation; Protoscar und Stolz, E. Park & Charge

PwC (2009): Fein aber klein: Neuer Trend bei Premium-Autos; www.pwc.de/portal/pub/!ut/p/c/4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3gDA2NPz5D-gAF9nA0dPN3O_IFdnAwjQL8h2VAQAYwoQWQ!!/?content=e52c1f09390718a&topNavNode=49c4e4a420942bcb&siteArea=49c234c4f2195056 (letzter Aufruf 17.11.2010)

PwC (2010): Elektromobilität – Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand;
PricewaterhouseCoopers, Fraunhofer IAO;
www.iao.fraunhofer.de/images/downloads/elektromobilitaet.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

- Raabe, O. (2010): Datenschutz im SmartGrid - Anpassungsbedarf des Rechts und des Systemdatenschutzes; Fachartikel, Datenschutz und Datensicherheit Vol. 34-6, S. 379-386, Juni 2010;
www.springerlink.com/content/c786u84u64012739/ (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Rehtanz, C.: Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge?; Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz, Technische Universität Dortmund;
www.energieregion.nrw.de/_database/_dat_a/datainfopool/01c_TU_Dortmund_Infrastruktur_und_Netze_Rehtanz.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Reif, K. (2010): Batterien, Bordnetze und Vernetzung; Vieweg Teubner Verlag, Wiesbaden
- Reif, K. (2007): Automobilelektronik – Eine Einführung für Ingenieure; Vieweg Teubner Verlag, Wiesbaden
- Roland Berger (2010): Powertrain 2020 Electric Vehicles – Voice of the Customer; München 2010
- Rollennitz, L., Karer, T., Winter, M., et al. (2010): E/E-Architektur für einen NFZ Hybridantriebsstrang; ATZ Elektronik, 5. Jg., 2010, Nr. 4
- Roth, W.D. (2004): Daten aus der Steckdose - Müll im Funk;
www.heise.de/tp/r4/artikel/16/16435/1.html (letzter Aufruf 08.11.2010)
- RP-Online (2010): Porsche testet den Elektro-Boxster;
www.rp-online.de/auto/news/Porsche-testet-den-Elektro-Boxster_aid_887118.html (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Scheer, A.W. (2009): Webciety – Wie das Internet unser Leben prägt; Prof. Dr. August-Wilhelm Scheer, BITKOM-Präsident, Pressekonferenz CeBIT;
www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_Praesentation_Webciety_02_03_2009_PRESSEMAPPE.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Schwarzer, C.M. (2010): Das Märchen von "Top-Down";
www.stern.de/auto/service/fahrzeugentwicklung-das-maerchen-von-top-down-1542549.html (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Shell (2009): Pkw-Szenarien bis 2030 Fakten, Trends und Handlungsoptionen für nachhaltige Auto-Mobilität in Deutschland; 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)
- Siemens (2010): Electromobility by Siemens - Integrated infrastructure for the electromobility of tomorrow;
www.ecartec.de/2010-10_eCarTec.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Statistisches Bundesamt (2009): Energie auf einen Blick; www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Produzierendes_20Gewerbe/EnergieWasserversorgung/EnergieBlick,property=file.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)
- Statistisches Bundesamt (2009): Wirtschaftsrechnungen: Einkommens- und Verbrauchsstichprobe Haus- und Grundbesitz sowie Wohnverhältnisse privater Haushalte;
www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?cmspath=struktur,voll-anzeige.csp&ID=1023951 (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Statistisches Landesamt BW (2009): Informations- und Kreativwirtschaft in Baden-Württemberg;
www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Veroeffentl/806209004.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)
- Statistisches Landesamt BW (2010): Energiebericht 2010;
www.statistik-bw.de/Veroeffentl/806110003.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Strategy Analytics (2010): In den Navigationsmarkt kommt Bewegung; Pressemitteilung; www.pressebox.de/pressemeldungen/strategyanalytics/boxid/158180 (letzter Aufruf 17.11.2010)

Strukturstudie BW^e mobil (2010): Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität; Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH (WRS); www.iao.fraunhofer.de/images/studien/strukturstudie-bwe-mobil.pdf (letzter Aufruf 22.11.2010)

Stuttgart (2009): Stuttgarter Pedelec-Projekt wird vom Bund gefördert; www.stuttgart.de/item/show/273273/1/9/367170 und Korrektur; www.stuttgart.de/item/show/273273/1/9/367234 (letzter Aufruf 17.11.2010)

Suedbaden.business-on.de (2009): Wo im Südwesten bei Harman Becker Automotive 416 Jobs abgebaut werden; suedbaden.business-on.de/wo-im-suedwesten-bei-harman-becker-automotive-416-jobs-abgebaut-werden_id4736.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Taz (2006): London kämpft gegen die dicke Luft; www.taz.de/1/archiv/archiv?dig=2006/09/05/a0125 (letzter Aufruf 08.11.2010)

Technomar (2010): Whitepaper Elektromobilität: Optionen für Deutschlands Automobilindustrie; Technomar GmbH, München; www.technomar.de/downloads/whitepaperelektromobilitaetoptionen-fuerdeutsch.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Telematics Update (2010): Telematics and EV: Reducing "range anxiety"; social.telematicsupdate.com/industry-insight/telematics-and-evs-reducing-%E2%80%9Crange-anxiety%E2%80%9D (letzter Aufruf 17.11.2010)

Theisen, T. (2009): RWE E-Mobility Projects; www.slideshare.net/nicksinthemix/thomas-theisen-rwe (letzter Aufruf 17.11.2010)

Totz, S. (2010): E-Auto und konventionelles Auto im Vergleich; www.greenpeace.de/themen/verkehr/auto_klima/artikel/e_auto_und_konventionelles_auto_im_vergleich/ (letzter Aufruf 17.11.2010)

Tran, M.T., Wietzke, J. (2005): Automotive Embedded Systeme; Springer-Verlag, Heidelberg

Tränkler, H.R. (2006): Zukunftsmarkt Intelligentes Haus; forschung.unibw-muenchen.de/berichte/2006/u4yih56t4xrnil5f028ydgjdtxwky.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

TU Berlin (2010): E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin; www.verkehrsplanung.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Dokumente/e-mobility_2025.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Twelsiek, C. (2001): Automobilbranche muss sich an der rasanten Entwicklung des Mobilfunks orientieren; www.innovations-report.de/html/berichte/messenachrichten/bericht-4925.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

United Navigation (2010): OEM Software; www.united-navigation.com/en/business-oem-solutions/oem-software.html (letzter Aufruf 17.11.2010)

Vda (2010): Results of discussions of the French-German working group on infrastructure; www.vda.de/en/downloads/727/ (letzter Aufruf 08.11.2010)

VDA (2010): Zahlen und Fakten; www.vda.de/de/zahlen/jahreszahlen/allgemeines/ (letzter Aufruf 17.11.2010)

VDE (2010): Positionspapier IKT 2020 Fakten – Trends – Positionen; www.vde.com/de/InfoCenter/Seiten/Details.aspx?eslShopItemID=b3b5bb2e-dacb-4799-815e-2fc3fcca1d (letzter Aufruf 17.11.2010)

VDE (2010): VDE-Studie sieht für Elektroautos noch Hürden bis zum Massenmarkt;
www.vde.com/de/verband/pressecenter/pressemeldungen/fach-und-wirtschaftspresse/seiten/2010-35.aspx (letzter Aufruf 17.11.2010)

Voigt, S. (2010): Den Telematik-Markt auf einen Blick; Verkehrsrundschau, Telematik Spezial;
www.eurotelematik.de/cms/upload/Telematik_2010_Marktbersicht.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Wagner, H.F. (2010): Struktur des deutschen Stromnetzes;
www.weltdrphysik.de/de/8265.php (letzter Aufruf 08.11.2010)

Wallentowitz, H., Reif, K. (2006): Handbuch Kraftfahrzeugelektronik: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Anwendungen; Vieweg Teubner Verlag, Wiesbaden

Warnstorf & Partner (2010): Elektrofahrzeug-Technologie Trend-Studie 2010: Experten erteilen Schaffung aufwändiger Ladeinfrastruktur Absage;
www.pressebox.de/pressemeldungen/wp-consulting/boxid/334034 (letzter Aufruf 17.11.2010)

Wirtschaftsförderung Region Stuttgart: Modellregion Elektromobilität Region Stuttgart;
wrs.region-stuttgart.de/sixcms/media.php/923/Modellregion%20Elektromobilit%C4t_deutsch.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Wirtschaftsministerium BW (2010): Jahreswirtschaftsbericht 2009/2010;
www.wm.baden-wuerttemberg.de/fm7/1106/JWB_09_10.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Wölfle, R.D.: Powerline Communication (PLC);
www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/technik/plc.htm (letzter Aufruf 08.11.2010)

Woyke, W. (2009): Elektrofahrzeuge als Speicher im Netz; Dritte Niedersächsische Energietage, Goslar; www.efzn.de/fileadmin/Veranstaltungen/Nds_Energietage/2009/Fachforum_2/Woyke_Elektrofahrzeuge_als_Pufferspeicher_im_Netz__NET2009_.pdf (letzter Aufruf 17.11.2010)

Woyke, W. (2010): Elektromobilität: Chancen und Risiken; 2.Fachkonferenz E-Mobility, Düsseldorf, 03.03.2010

Zackor, H., Groke, R., Froese, J., et al. (2003): Stand der Verkehrstelematik in Deutschland im europäischen Vergleich; Schlussbericht zum Forschungsprojekt FE-Nr. 96. des BMVBW;
telematik.niedersachsen.de/fileadmin/user_upload/pdf/FE-Schlussbericht-Telematik-im-europaeischen-Vergleich.pdf (letzter Aufruf 08.11.2010)

Zeit-Online (2009): Flotter mit Strom;
www.zeit.de/2009/47/T-Elektroroller (letzter Aufruf 17.11.2010)

ZVEI (2010): ZVEI-Benchmarking – Die Elektroindustrie in Branchenvergleich; www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Startseite/ZVEI_Intersektorales_Benchmarking_Juni_2010_01.pdf (letzter Aufruf 22.11.2010)

Impressum

Herausgeber

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg
e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und
Brennstoffzellentechnologie
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
(IAO)

Redaktion

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
(IAO)
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Dieter Spath, Martha Loleit, Florian
Klausmann, Florian Rothfuss, Carolina Sachs, Hannes Rose,
Simon Voigt

Layout/Satz/Illustration

AVANCE Gesellschaft für Marketing und Vertrieb mbH,
Stuttgart

Fotos

© istockphoto.de, Matt84, elwynn1130, mikeklee, Nikada,
FotoMak

Druck

Mediendienstleistungen des
Fraunhofer Informationszentrum IRB
Printed in Germany

Auslieferung und Vertrieb

e-mobil BW GmbH
Leuschnerstraße 45
70176 Stuttgart
Telefon: 0711 / 892385-0
Fax.: 0711 / 892385-49
www.e-mobilbw.de

Bestellung per e-mail an: info@e-mobilbw.de

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
(IAO)
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Telefon: +49 711-970 2030
www.iao.fraunhofer.de

Bestellung per e-mail an: martha.loleit@iao.fraunhofer.de

Erscheinungsjahr 2010

© Copyright liegt bei dem Herausgeber.

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 Hersteller-
angaben wird keine Gewähr übernommen.

