

Kleine-Möllhoff, Peter et al.

Working Paper

Infrastrukturelle Aspekte der Elektromobilität von morgen: Projektarbeit der Gruppe 3 des Projektes Industrial Ecology unter der Leitung von Prof. Peter Kleine-Möllhoff und MSc. Holger Benad im MSc Production Management an der ESB Business School Reutlingen im Wintersemester 2011/2012

Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management, No. 2012-07

Provided in Cooperation with:

ESB Business School, Hochschule Reutlingen

Suggested Citation: Kleine-Möllhoff, Peter et al. (2012) : Infrastrukturelle Aspekte der Elektromobilität von morgen: Projektarbeit der Gruppe 3 des Projektes Industrial Ecology unter der Leitung von Prof. Peter Kleine-Möllhoff und MSc. Holger Benad im MSc Production Management an der ESB Business School Reutlingen im Wintersemester 2011/2012, Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management, No. 2012-07, Hochschule Reutlingen, ESB Business School, Reutlingen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/62306>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

**Peter Kleine-Möllhoff / Holger Benad / Marina Bruttel /
Aron Leitmannstetter / Mourad Ouaid / Stefan Will**

Infrastrukturelle Aspekte der Elektromobilität von morgen

Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management
Reutlingen Working Papers on Marketing & Management

herausgegeben von Carsten Rennhak & Gerd Nufer

Nr. 2012 – 7



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

Infrastrukturelle Aspekte der Elektromobilität von morgen

Projektarbeit der Gruppe 3 des Projektes Industrial Ecology
unter der Leitung von Prof. Peter Kleine-Möllhoff und MSc. Holger Benad
im MSc Production Management
an der ESB Business School Reutlingen
im Wintersemester 2011/2012

Autoren:

Peter Kleine-Möllhoff
Holger Benad
Marina Bruttel
Aron Leitmannstetter
Mourad Ouaid
Stefan Will

April 2012

Abstract

Die vorliegende Arbeit stellt eine Erstanalyse hinsichtlich des nationalen Vorhabens „Elektromobilität“ dar und setzt den Schwerpunkt auf die größten infrastrukturellen Herausforderungen und die damit verbundenen Lösungsansätze. Diese werden in einem abschließenden Teil bewertet und in einem Gesamtfazit dargestellt. Die vorliegenden Informationen wurden aus wissenschaftlichen Quellen referenziert und entsprechend den Subthemen sortiert zusammengetragen.

In einem ersten Schritt werden die Auswirkungen einer weiter fortschreitenden Elektromobilität auf das Stromnetz betrachtet. Hierzu werden der wachsende Markt der Erneuerbaren Energien und dessen zukünftige Herausforderungen erläutert. Des Weiteren werden intelligente Stromnetze sowie verschiedene Konzepte der Energiespeicherung veranschaulicht. Dazu wird ein Überblick über die grundlegend verschiedenen Konzepte der Ladungsarten, Abrechnungssystemen als auch Ladeorte gegeben. Mit der Elektromobilität gehen ebenfalls neue Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationssysteme einher, die für bisher automotiv fremde Unternehmen ungeahnte Chance in der Branche eröffnen. Bevor dem Leser Geschäftsmodelle der alternativen Antriebstechnologie näher gebracht werden, widmet sich die vorliegende Ausarbeitung ebenfalls der Thematik „Smart Traffic“. Dabei wird der Gedanke der intelligenten Vernetzung der Energieinfrastruktur auf Aspekte der Verkehrsinfrastruktur übertragen. Somit kann das bisher klassische Bild der Elektromobilität vom reinen Individualverkehr zur vernetzten Intermodalität erweitert werden. Aus Sichtweise des Marketings werden mögliche Herangehensweisen, Kundenanforderungen und die damit einhergehenden Herausforderungen für eine erfolgreiche massenmarktfähige Elektromobilität dargestellt. Veränderungen innerhalb der Wertschöpfungskette der Automobilhersteller werden ebenso betrachtet wie das sich wandelnde gesellschaftliche Verständnis der Mobilität.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
2 Vorgehensweise und Methodik	2
3 Stromversorgung und Netzinfrastruktur	5
3.1 Elektrische Energieversorgung und Netzbetrieb	5
3.1.1 Energieversorgung in Deutschland	5
3.1.2 Ladelast in Abhängigkeit des Fahrverhaltens	6
3.2 Verbesserte Netzintegration erneuerbarer Energien durch Elektromobilität	10
3.3 Smart Grid	13
3.4 Speichertechnologien	14
3.4.1 Pumpspeicherkraftwerke	15
3.4.2 Druckluftspeicherkraftwerke	16
3.4.3 Methanisierung	16
3.4.4 Vehicle to Grid	17
4 Ladekonzepte	19
4.1 Ladestecker	19
4.2 Ladestationen	21
4.3 Ladeorte	21
4.3.1 Privater / gewerblicher Bereich	22
4.3.2 Öffentlicher Bereich	22
4.3.3 Fahrzeugflotten	23

4.3.4	Fazit Ladeorte	24
4.4	Ladearten.....	26
4.4.1	Normalladung	26
4.4.2	Schnellladung.....	27
4.4.3	Induktives Laden	28
4.4.4	Batteriewechsel	29
4.4.5	Fazit Ladearten	30
5	Abrechnungs-, Informations-und Kommunikationssysteme	33
5.1	Nutzerprofile und Ladebedarf	33
5.2	Kommunikations- und Informationstechnologien im Elektrofahrzeug.....	34
5.2.1	Intra-Fahrzeug-Kommunikation	34
5.2.2	Inter-Fahrzeug-Kommunikation	35
5.3	Kommunikationssysteme	36
5.4	Abrechnungssysteme und Ladeplätze	38
5.4.1	Prepaid Ladestation	38
5.4.2	Elektrofahrzeuge per SMS laden.....	38
5.4.3	Einbindung von Ladeplätzen in ein bestehendes Netzwerk	39
5.4.4	Intelligente Fahrzeuge	41
5.5	Energiemessung in Ladearchitekturen.....	41
5.5.1	Energiemessung in der Ladestation	41
5.5.2	Energiemessung im Elektrofahrzeug.....	42
5.6	Elektromobilität und Sicherheit.....	42
5.7	Fazit	43
6	Smart Traffic	44
6.1	Die Notwendigkeit umfassenderer Verkehrskonzepte	45
6.2	Intermodalität	47
6.3	Die Bedeutung des öffentlichen Personennahverkehrs	48

6.4	Fazit Smart Traffic.....	50
7	Geschäftsmodelle	51
7.1	Technology Push vs. Market Demand	52
7.2	Zukünftige Wertschöpfung in der Automobilbranche	53
7.3	Mobilität und Verkehr im Wandel	53
7.4	Nutzergruppen	55
7.5	Kundenanforderungen	56
7.6	Fazit Geschäftsmodelle	59
8	SWOT-Analyse	60
8.1	Stärken	60
8.2	Schwächen	61
8.3	Chancen	62
8.4	Risiken	63
9	Fazit und Ausblick.....	65
	Literaturverzeichnis.....	67

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Recherche- und Bewertungsansatz.....	3
Abb. 2: Szenarienentwicklung.....	4
Abb. 3: Stromverbrauch im Tagesverlauf.....	7
Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der zum Wohnort zurückkehrenden Fahrzeuge	8
Abb. 5: Benötigte Ladeleistung für 1 Mio. E-Fahrzeuge und verfügbare Kraftwerkskapazitäten	9
Abb. 6: Instanzen in einem Ladesystem	37
Abb. 7: Zusammenhang zwischen Verkehrsmittelwahl und Urbanität	46
Abb. 8: Intermodale Beförderungskette (exemplarisch)	47
Abb. 9: Dreiphasenplanung der NPE für e-Mobilität	51
Abb. 10: Einflussfaktoren auf den Kaufentscheidungsprozess	57
Abb. 11: Änderung der Kundenakzeptanz	58

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anlagennutzungsgrad unterschiedlicher Energieerzeugungsanlagen.....	11
Tab. 2: Parkdauer von Fahrzeugen	30
Tab. 3: Verbraucherprofil und Ladeplätze	33
Tab. 4: Aufteilung der Nutzergruppen nach Verkehrsarten	55
Tab. 5: Stärken der Infrastrukturaspekte.....	60
Tab. 6: Schwächen der Infrastrukturaspekte.....	61
Tab. 7: Chancen der Infrastrukturaspekte.....	62
Tab. 8: Risiken der Infrastrukturaspekte	63

Abkürzungsverzeichnis

€	-	Euro
A	-	Ampere
BEE	-	Bundesverband Erneuerbarer Energien
CAN	-	Controller Area Network
CEE	-	Commission on the Rules for the Approval of the Electrical
Cm	-	Zentimeter
DIN	-	Deutsches Institut für Normung
DKE	-	Deutsche Kommission Elektrotechnik
DSL	-	Digital Subscriber Line
DVB-T	-	Digital Video Broadcasting – Terrestrial
e-Car	-	Electric car (dt.: Elektrofahrzeug)
ECU	-	Elektronic Control Unit
E-Fahrzeug	-	Elektrofahrzeug
e-Mobility	-	Electric mobility (dt.: Elektromobilität)
endg.	-	endgültig
GPRS	-	General Packet Radio Service
GWh	-	Gigawattstunde
IEC	-	Internationale elektrotechnische Kommission
IEEE	-	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IKT	-	Informations- und Kommunikationstechnologie
kW	-	Kilowatt
kWh	-	Kilowattstunde
LAN	-	Local Area Network

LIN	-	Local Interconnect Network
MIV	-	Mobiler Individualverkehr
MOST	-	Media Oriented Systems Transport
MUC	-	Multi Utility Kommunikation
NPE	-	Nationale Plattform Elektromobilität
OBU	-	On Board Unit
ÖPNV	-	Öffentlicher Personennahverkehr
PLC	-	Powerline Communication
SMS	-	Short Message Service
TLS	-	Transport Layer Security
TWh	-	Terawattstunde
UMTS	-	Universal Mobile Telecommunications System
V	-	Volt
VDE	-	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VDE	-	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
WLAN	-	Wireless Local Area Network

1 Einleitung

Die Verknappung der Erdölreserven bei gleichzeitiger Zunahme der weltweiten Nachfrage hat in den letzten Jahren zu einer stetigen Erhöhung der Kosten für die Individualmobilität geführt. So kam es in Deutschland in den vergangenen zehn Jahren zu einem Anstieg des Benzinpreises von 49 Prozent und des Dieselpreises von 72 Prozent. Dies äußerte sich im Jahre 2011 durch einen bisherigen Höchststand von durchschnittlich 1,52 Euro pro Liter Superbenzin.¹ Die Wahrnehmung dieses Trends, im Zusammenhang mit der öffentlichen Berichterstattung über den Klimawandel, hat zu einer zunehmenden Sensibilisierung des Bewusstseins der Verbraucher geführt.

Der Wunsch nach Unabhängigkeit von Ölreserven bewirkt eine wachsende Akzeptanz für alternative Mobilität. Diesem Thema hat sich die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) gewidmet und stellte ein wegweisendes Konzept in ihrem zweiten Bericht vor. Schwerpunkt dieses Berichts ist es Rahmenbedingungen zu schaffen, die es ermöglichen sollen, bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge in den deutschen Automobilmarkt zu integrieren.²

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen die Auswirkungen der zunehmenden Elektromobilität auf infrastrukturelle Aspekte betrachtet werden. Darunter fallen unter anderem Themenbereiche wie die Stromversorgung, Ladekonzepte, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie die Integration von Elektrofahrzeugen in den zukünftigen Straßenverkehr. Im Allgemeinen beinhalten die genannten Infrastrukturaspekte tendenziell reaktive Maßnahmen. Dies bedeutet, dass ihre Entwicklung von dem Fortschritt der Elektromobilität abhängig ist und eher eine Anpassung an die gegebene Marktsituation erfordert. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass infrastrukturelle Aspekte mit zunehmender Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge an Relevanz gewinnen werden. Aufgrund der bisher sehr geringen Anzahl rein elektrisch angetriebener Fahrzeuge befindet sich eine Vielzahl der Infrastrukturthemen noch in einer frühen Phase der Entwicklung. Unabhängig davon sollte dieses Fachgebiet schon heute Beachtung finden, da die Umsetzung als zeitaufwendig einzustufen ist und starke Wechselwirkungen mit anderen Entwicklungsfeldern zu erwarten sind.

¹ Vgl. *Sueddeutsche Zeitung* (2011).

² Vgl. *Nationale Plattform Elektromobilität* (2011b).

2 Vorgehensweise und Methodik

Zur Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse existiert eine Vielzahl möglicher Vorgehensweisen. Wichtig ist es, sich vorab einen Überblick über diese zu verschaffen und eine Auswahl geeigneter Verfahrensweisen zu treffen, die sich für die spezifische Problemstellung bewährt haben. Ein Aspekt dabei ist die logische Herangehensweise zur Generierung wissenschaftlicher Erkenntnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung, wobei hier grundsätzlich zwischen dem induktiven („Bottom-Up-Verfahren“) und deduktiven („Top-Down-Verfahren“) Ansatz unterschieden wird. Bei ersterem wird aus einer Vielzahl von Einzelerkenntnissen ein Zusammenhang gebildet, um anschließend eine fundierte Hypothese zu entwickeln. Bei der deduktiven Herangehensweise hingegen steht zu Beginn eine auf Vermutungen basierende Theorie, welche anschließend durch Einzelerkenntnisse zu einer Hypothese weiterentwickelt werden kann und abschließend bestätigt oder widerlegt wird. Ein weiterer Aspekt möglicher Vorgehensweisen ist die Beschaffungsweise der Daten. Grundsätzlich kann zwischen der Sekundärforschung („Desk Research“) und Primärforschung („Field Research“) unterschieden werden.

Für die vorliegende Arbeit sollen vorab einige besonders geeignete Vorgehensweisen und Methoden herausgestellt werden. Hinsichtlich der logischen Herangehensweise ist der Top-Down-Ansatz zu bevorzugen, da bereits eine Vielzahl von Hypothesen im Rahmen von Reports und Prognosemodellen, wie beispielsweise in Form des zweiten Berichts der NPE, existieren. Um den damit einhergehenden Bewertungsaufwand der vielzähligen Dokumente zu minimieren, sind vorab Projektprämissen zu definieren, welche den Untersuchungsumfang eingrenzen. Außerdem gilt es aus dem großen Sachgebiet der Elektromobilität Themenblöcke zu definieren, welche als separate Arbeitspakete bearbeitet werden können. Anschließend können aus diesen Themenblöcken, wie beispielsweise der Energie oder Verkehrsinfrastruktur, Optionsfelder abgeleitet werden (siehe Abb. 1). Diese Optionsfelder stellen mögliche Technologiepfade dar, schließen sich gegenseitig aus und besitzen individuelle Vor- und Nachteile. Diese Vor- und Nachteile können anschließend mit Hilfe einer Stärken-Schwächen- / Chancen-Risiken- Analyse (SWOT-Analyse) abgewogen werden, um das attraktivste Optionsfeld zu selektieren, welches dann mit weiteren Informationen weiter spezifiziert werden kann. Dabei handelt es sich um einen repetitiven als

auch iterativen Prozess, das heißt trotz Wiederholungen können informelle „Sackgassen“ auftreten, woraufhin einfach erneut ein vorhergehendes Optionsfeld genauer analysiert wird.

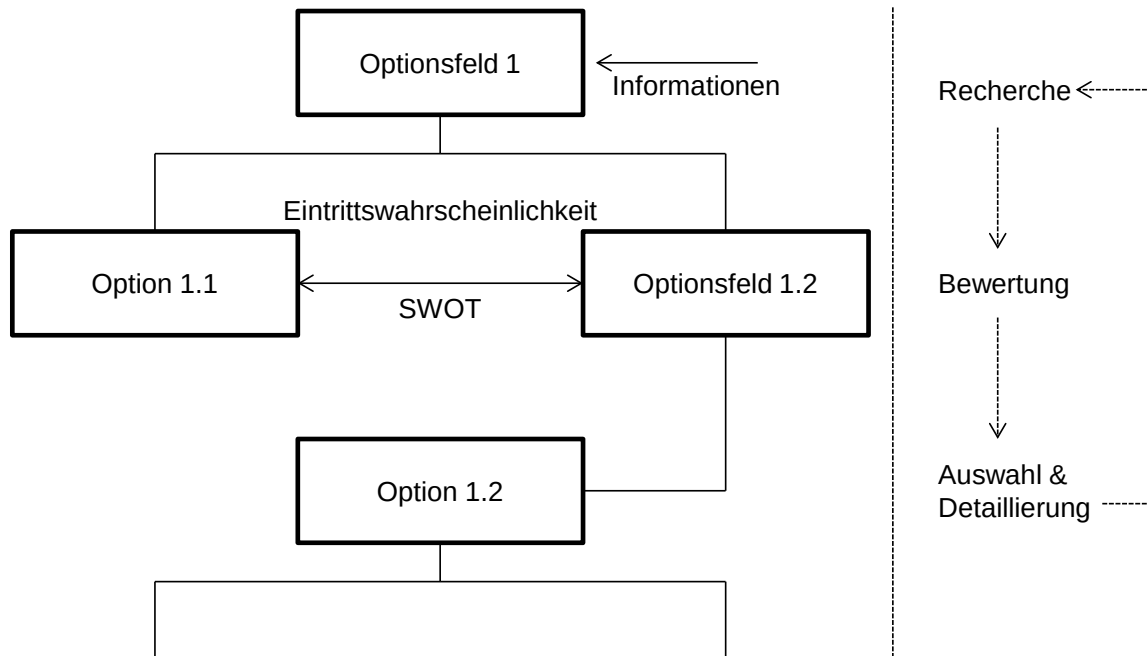


Abb. 1: Recherche- und Bewertungsansatz³

Hinsichtlich der Beschaffungsweise der Daten ist die „Desk Research“ aufgrund ihrer Vorzüge die geeignetste Methode. Sie ermöglicht es, zeiteffizient ein Gesamtbild der Thematik zu generieren, was das wichtigste Ziel der Grobanalysephase ist. Die etwas geringere Qualität der Daten wird dabei aufgrund der Rechercheeffizienz in Kauf genommen. Gegen zusätzliche Aktivitäten einer Field Research, wie beispielsweise die Expertenbefragungen, spricht vor allem der Faktor Informationsbarrieren. Aufgrund der hohen Aktualität und Brisanz des Themas Elektromobilität sind die Chancen gering, über diesen Weg umfassende und aktuelle Informationen zu erlangen.

Die dargestellte Vorgehensweise eignet sich für ein kurzfristiges Szenario 2020, für langfristige Betrachtungszeiträume (hier: Szenario 2050) ist aufgrund der mangelnden Informationsbasis den Kreativitätsmethoden der Vorzug zu geben (siehe Abb. 2).

³ Eigene Darstellung

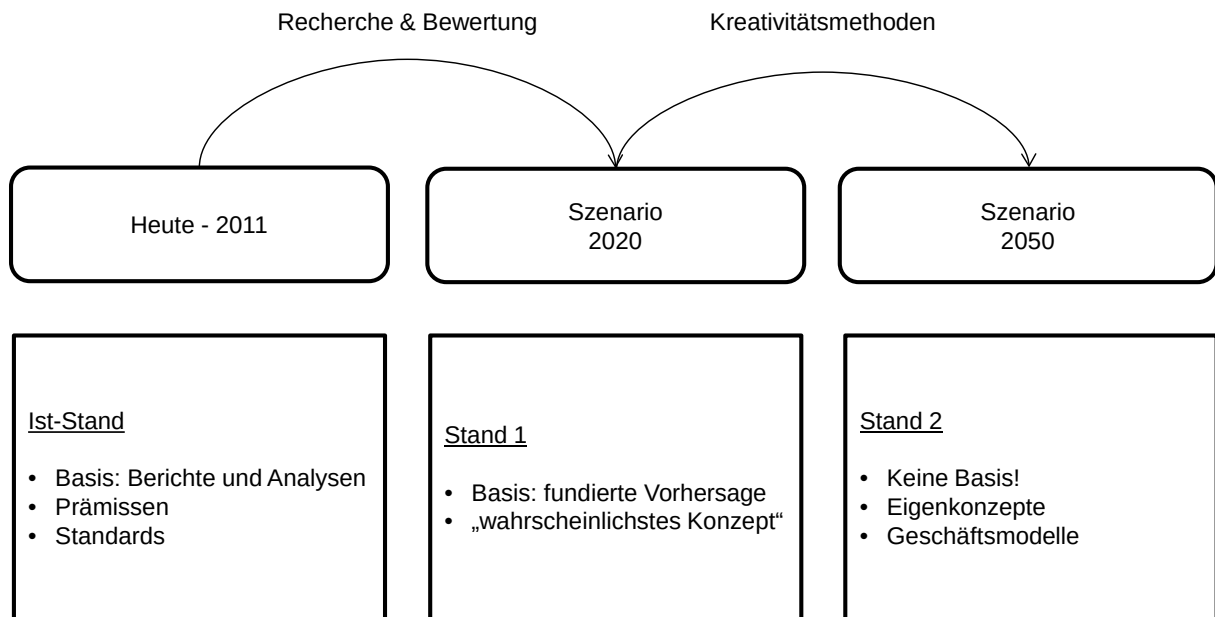


Abb. 2: Szenarienentwicklung⁴

⁴ Eigene Darstellung

3 Stromversorgung und Netzinfrastruktur

3.1 Elektrische Energieversorgung und Netzbetrieb

3.1.1 Energieversorgung in Deutschland

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde weltweit damit begonnen, Haushalte und Industrie mit einer öffentlichen Elektrizitätsversorgung auszustatten. In der heutigen Gesellschaft, die geprägt ist von komplexen und voll automatisierten Produktionsprozessen, sowie einer immer weiter fortschreitenden Kommunikation, ist die Versorgung mit elektrischem Strom unverzichtbar geworden. Eine zuverlässige Stromversorgung für alle ist eine Selbstverständlichkeit. Die Ansprüche in Deutschland an die Netzstabilität sind dementsprechend sehr hoch. Um diese Versorgungssicherheit zu messen, wird eine Kennzahl verwendet, welche die durchschnittliche Nichtverfügbarkeit von elektrischer Energie pro Jahr bewertet. Dieser Wert betrug in Deutschland im Jahr 2010 14,90 Minuten.⁵ Die hohe Zuverlässigkeit des deutschen Stromnetzes wird hierdurch bestätigt.

Durch das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) sind die Betreiber der deutschen Stromnetze in der Pflicht, die störungsfreie Versorgung mit elektrischer Energie zu gewährleisten.⁶ Die Einhaltung dieser Verpflichtung wird durch unterschiedliche Einflussfaktoren in der Zukunft immer schwieriger und stellt die Energieversorger vor große Herausforderungen. Zum einen nimmt der Anteil der erneuerbaren Energien am Strommix weiter zu. Deren Energiemengen können nur schwer berechnet werden und unterliegen volatilen Schwankungen. Zum anderen beschloss die Bundesregierung Mitte 2011 den Ausstieg aus der Atomenergie. Eine Folge könnte die erhebliche Reduzierung der verfügbaren Strommenge zur Deckung der Grundlast sein. Um eine hohe Spannungsqualität zu gewährleisten, muss jedoch zu jedem Zeitpunkt ebenso viel Strom in das Netz eingespeist werden, wie in diesem Moment verbraucht wird. Nur so können Kraftwerksausfälle und Netzzusammenbrüche vermieden werden.⁷

Des Weiteren wird die Netzbelastung durch die Entwicklung der Elektromobilität zunehmen. Nach den Plänen der Bundesregierung sollen im Jahre 2020 eine Million

⁵ Vgl. Bundesnetzagentur (2011), S. 110.

⁶ Vgl. Bundesministerium der Justiz (2005).

⁷ Vgl. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010), S. 14.

reine Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen fahren, die zusätzlichen Strom benötigen. Der Strombedarf eines Elektrofahrzeugs liegt mit ca. 2.200 kWh pro Jahr in der Größenordnung eines kleineren Familienhaushaltes.⁸ Es stellt sich also die Frage, ob diese zusätzliche Belastung durch die deutschen Stromversorger gedeckt werden kann, oder ob Investitionen in zusätzliche Energiequellen nötig sind.

Über das Jahr verteilt legt ein herkömmlicher Pkw eine Strecke von ca. 14.000 km zurück.⁹ Der Verbrauch an elektrischer Energie wird von den Herstellern mit ca. 15 kWh für eine Strecke von 100 km ausgewiesen. Das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg hat nun errechnet, dass eine Million Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 zu einem zusätzlichen Strombedarf von 2,2 TWh führen würden. Gemessen am Gesamtstromverbrauch Deutschlands, der im Jahr 2008 bei 614 TWh¹⁰ lag, bedeutet dies einen Zuwachs von lediglich 0,36 Prozent. Es ist davon auszugehen, dass dieser Bedarf bereits mit den vorhandenen Kapazitäten gedeckt werden könnte.¹¹ Zudem ist es fraglich, ob mit einem Elektrofahrzeug dieselbe jährliche Strecke zurückgelegt wird oder sich das Einsatzgebiet ausschließlich auf urbane Bereiche begrenzen wird.

Eine fortschreitende Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge z.B. auf 15 Prozent (entspricht 6,3 Millionen E-Fahrzeuge) würde zu einer Erhöhung des Strombedarfs von 2,3 Prozent führen. Abschließend würde eine vollständige Elektrifizierung aller Fahrzeuge in Deutschland den Bedarf an elektrischer Energie um 15 Prozent erhöhen.¹²

3.1.2 Ladelast in Abhängigkeit des Fahrverhaltens

Um die Auswirkungen einer fortschreitenden Elektrifizierung auf das Stromnetz in Deutschland beurteilen zu können, ist jedoch nicht die tatsächlich benötigte Menge an Strom über das Jahr gerechnet von Bedeutung, sondern viel mehr die Leistung, die an bestimmten Zeitpunkten im Verlauf eines Tages bereitgestellt werden muss. Abbildung 3 gibt in einem ersten Schritt die Übersicht über die im Tagesverlauf benötigte Menge an elektrischer Energie. Eindeutig zu erkennen sind drei Spitzen gegen

⁸ Vgl. *Ebenda*, S. 100.

⁹ Vgl. *Shell* (2009).

¹⁰ Vgl. *Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg* (2010), S. 100.

¹¹ Vgl. *Linssen/Birnbaum/Markewitz* (2009).

¹² Vgl. *Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg* (2010), S. 100.

8 Uhr morgens, 11 Uhr mittags sowie 17 Uhr nachmittags. Zu diesen Zeitpunkten sind die bereitgestellte Kraftwerksleistung sowie die von den Verbrauchern benötigte Energie am höchsten.

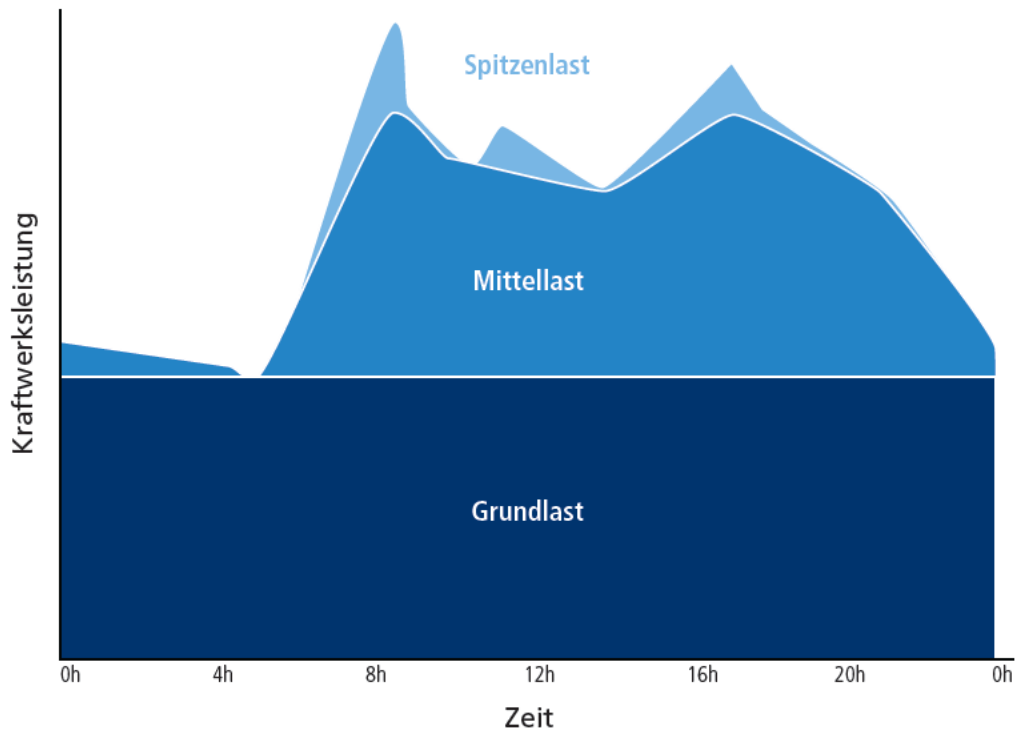


Abb. 3: Stromverbrauch im Tagesverlauf¹³

Um nun den Ladebedarf von Elektrofahrzeugen zu bestimmen, muss zuerst das Verkehrsaufkommen analysiert werden. Die Bundesanstalt für Straßenwesen betrachtete hierfür die Zeitpunkte der Zu- und Abfahrten der Parkplatzbelegungen und stellte diese durch sogenannte Parkraumkennlinien dar.¹⁴ Es ist davon auszugehen, dass in der Einführungsphase der Elektromobilität der Ladevorgang hauptsächlich am Wohnort stattfinden wird (Ladeprozesse am Arbeitsplatz werden nicht betrachtet).¹⁵

¹³ Originaldarstellung des Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010), S. 14.

¹⁴ Vgl. Bundesanstalt für Straßenwesen (2000).

¹⁵ Vgl. Schnettler/Witzmann/Behrens (2010), S. 2.

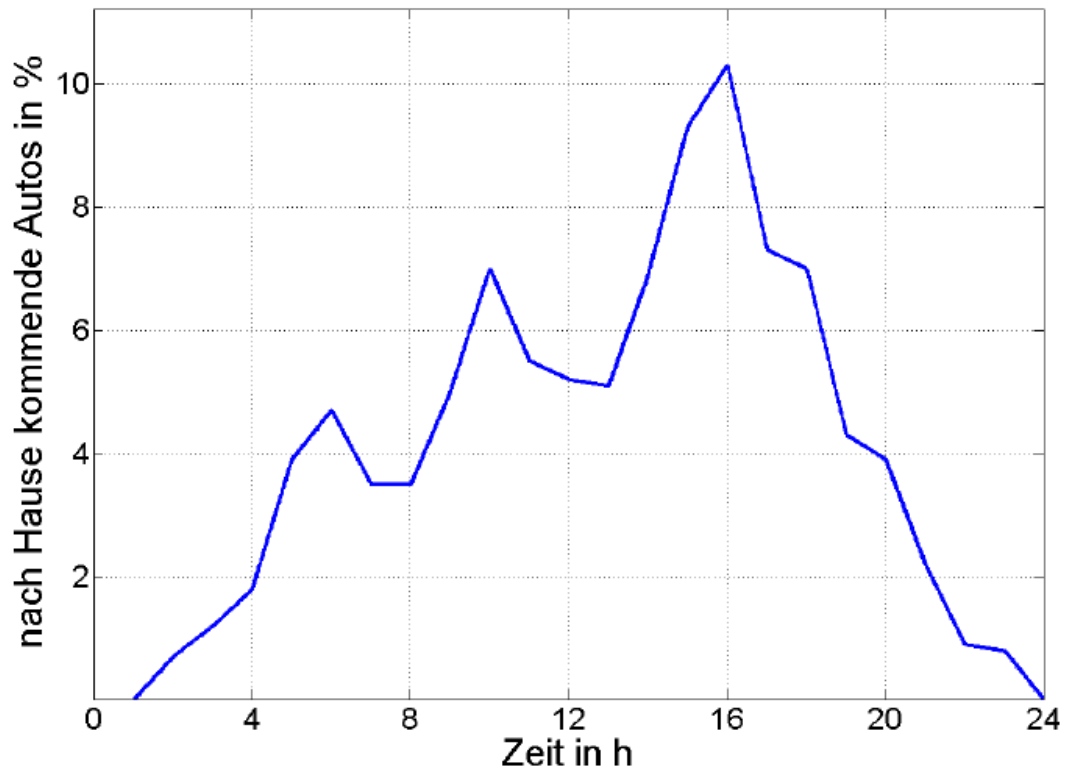


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der zum Wohnort zurückkehrenden Fahrzeuge¹⁶

Deutlich erkennbar ist, dass ca. ein Drittel der Fahrzeuge zwischen 16 und 19 Uhr an ihren Parkplatz am Wohnort zurückkehren. Es ist damit zu rechnen, dass das Elektrofahrzeug sofort nach Ankunft an die Ladestation angeschlossen wird. Dies kann zu zusätzlichen Belastungen des Stromnetzes in diesem Zeitraum führen.

In den Untersuchungen von Linssen et al. im Jahr 2009 wurde genau dieses Problem behandelt. Ausgehend von einer Million Elektrofahrzeugen und einer Normalladung mit einer Ladeleistung von 3,7 kW sind vier unterschiedliche Szenarien betrachtet worden.¹⁷ Die benötigte Ladeleistung konnte in allen Szenarien zu jeder Zeit durch die vorhandenen Kraftwerkskapazitäten zur Verfügung gestellt werden. Abbildung 5 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Szenarien sowie die verfügbare Kraftwerksleistung.

¹⁶ Vgl. Pollok et al. (2010), S. 2.

¹⁷ Vgl. Linssen/Birnbaum/Markewitz (2009).

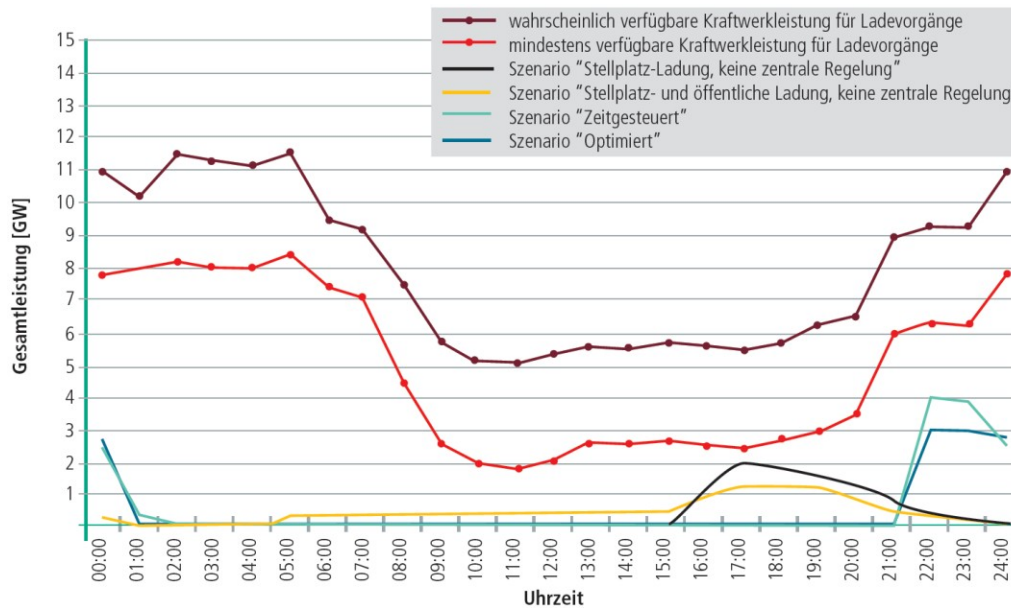


Abb. 5: Benötigte Ladeleistung für 1 Mio. E-Fahrzeuge und verfügbare Kraftwerkskapazitäten¹⁸

Das Szenario „Stellplatz-Ladung, keine zentrale Regelung“ entspricht in diesem Fall der vorher genannten Situation einer Ladestation am Wohnort. Mit der weiter fortschreitenden Entwicklung der Elektrofahrzeuge, im speziellen der Batterietechnologie, wird es jedoch zu einer Erhöhung der Ladeleistungen kommen. Um die Auswirkungen dieser Erhöhung bereits heute abschätzen zu können, wurde von der RWTH Aachen eine Studie durchgeführt. Hierzu wurden zwei unterschiedliche Ladeorte mit jeweils unterschiedlicher Marktdurchdringung sowie wechselnder Ladeleistung verglichen. Es zeigte sich, dass die zusätzliche Belastung durch Ladeleistungen bis 14 kW und einer Marktdurchdringung von 10 Prozent für ein innerstädtisches Stromnetz keine Probleme darstellt.¹⁹ Anders verhält sich die Netzüberlastung in vorstädtischen Netzen. Da die vorhandenen Kapazitätsreserven hier deutlich niedriger sind, ist im gleichen Fall (Ladeleistung 14 kW, Marktdurchdringung 10 Prozent) bereits mit einer Überlastung des Stromnetzes von fast 10 Prozent zu rechnen. Beide Szenarien werden verstärkt, „wenn in einem Parkhaus viele Fahrzeuge gleichzeitig [...] geladen würden.“²⁰ In diesem Fall ist mit Netzengpässen und stärkeren Überlastungen zu rechnen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das deutsche Stromnetz bereits heute über ausreichend Kapazitäten verfügt, um dem Ziel der Bundesregierung von einer

¹⁸ Originaldarstellung des *Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg* (2010), S. 101.

¹⁹ Vgl. *Theisen* (2009), S. 12.

²⁰ Vgl. *Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg* (2010), S. 102.

Million Elektrofahrzeugen bis 2020 gerecht zu werden. Bei weiter fortschreitender technischer Entwicklung könnten jedoch vereinzelt Netzüberlastungen auftreten. Besonders kritisch sind in diesem Zusammenhang Orte, an denen gleichzeitig viele Elektrofahrzeuge geladen werden müssen. Es sollte frühzeitig damit begonnen werden, ein intelligentes Lastmanagement einzuführen, welches Lastspitzen verhindert, die Netzstabilität verbessert und eine effizientere Ausnutzung der vorhandenen Kapazitäten ermöglicht.²¹ Dieses Lastmanagement darf jedoch nicht alleine auf das Stromnetz beschränkt werden. Bereits heute sind einfache Maßnahmen in Elektrofahrzeugen realisierbar, die zu einer Netzstabilisierung in kritischen Situationen führen.²²

3.2 Verbesserte Netzintegration erneuerbarer Energien durch Elektromobilität

Das vorherige Kapitel betrachtete die Entwicklung der Elektromobilität in Bezug auf das gesamte deutsche Stromnetz. Nicht beachtet wurden bisher der wachsende Anteil Erneuerbaren Energien und deren Auswirkungen auf die Elektromobilität. Die Ausbauziele der Bundesregierung sowie die im ersten Halbjahr 2011 überschrittene Quote von 20 Prozent erneuerbarer Energien am Strommix²⁰ machen deutlich, dass eine effiziente und intelligente Verknüpfung unabdingbar ist. Der weitere Anstieg, speziell der Windkraft und der Photovoltaik, wird einen deutlichen Anstieg der Fluktuationen auf der Seite der Erzeugung zur Folge haben.²³ Schätzungen gehen davon aus, dass sich die Kraftwerkskapazitäten sowie die Stromproduktion der Erneuerbaren Energien bis 2020 etwa verdreifachen werden, wobei ein durchschnittliches jährliches Wachstum von über 9 Prozent angenommen wird.²⁴

Eine Reduzierung des verkehrsbedingten CO₂-Ausstoßes durch elektrische Fahrzeuge ist aber nur dann möglich, wenn der benötigte Strom weitestgehend aus Erneuerbaren Energien und somit CO₂-neutral hergestellt wird. „Elektromobilität und

²¹ Vgl. Schnettler/Witzmann/Behrens (2010), S. 5.

²² Vgl. Pollok/Hille/Schnettler (2009).

²³ Vgl. Genoese/Klobasa/Wietschel (2009), S. 5.

²⁴ Vgl. Agentur für Erneuerbare Energien (2009).

Erneuerbare Energien gehören zusammen. Denn nur in dieser Kombination können wir Automobilität künftig klima- und ressourcenschonend gestalten [...]“²⁵.

Diese Kombination unterliegt jedoch Problemen für die es Lösungen zu finden gilt. Zu Beginn ist der relativ niedrige Anlagennutzungsgrad der Erneuerbaren Energien zu nennen. Tabelle 1 verdeutlicht dies durch einen Vergleich mit Energie aus Braunkohle.

Tab. 1: Anlagennutzungsgrad unterschiedlicher Energieerzeugungsanlagen²⁶

Grundlage: Jahr 2008	Wind	Solar	Braunkohle
Bruttostromerzeugungskapazität in GW	23,9	6,1	22,4
Bruttostromerzeugung in TWh	40,6	4,4	150,6
Maximal mögliche Stromerzeugung in TWh	209,4	53,4	196,2
Anlagennutzungsgrad in %	19,4	8,2	76,7

Zu beachten ist, dass es sich bei der maximal möglichen Stromerzeugung in TWh um eine fiktive Zahl handelt, die davon ausgeht, dass die Anlage 24 Stunden an 365 Tagen im Jahr verfügbar ist. Da die Anlagen zu Wartungs- und Reparaturzwecken jedoch abgeschaltet werden müssen, liegt der eigentliche Anlagennutzungsgrad etwas höher. Erkennbar ist jedoch der generell sehr niedrige Wert der Erneuerbaren Energien im Vergleich zur Energiegewinnung aus Braunkohle. Gründe hierfür liegen in der zuvor genannten volatilen Stromerzeugung der Erneuerbaren Energien. Windkraft ist nur schwer berechenbar und abhängig von der Windgeschwindigkeit. Mit dem weiteren Ausbau wird in der Zukunft vermehrt mit langen Phasen der Überproduktion z.B. im Herbst und der Unterproduktion z.B. im Winter, zu rechnen sein.²⁷ Schon heute kann produzierter Strom aus Windkraftanlagen in Schwachlastzeiten nicht vollständig genutzt werden. Als Folge fließt Strom aus Norddeutschland in das Nachbarland Polen und führt dort zu Überlastungen des Stromnetzes.²⁸ Ähnlich verhält es sich bei Strom aus Photovoltaik, der von der Sonneneinstrahlung abhängig

²⁵ BEE (2010): Zitat von Dietmar Schütz, Präsident des Bundesverbands Erneuerbare Energie am 16.05.2011.

²⁶ Eigene Darstellung auf Basis des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (2008).

²⁷ Vgl. Schwarzer (2011).

²⁸ Vgl. Uken (2011).

ist. Zu berücksichtigen ist ebenfalls neben der tatsächlichen Sonneneinstrahlung eines Tages auch die Jahreszeit. So ist in den Wintermonaten der spezifische Energieertrag deutlich geringer als in den Sommermonaten.²⁹

Nach Kapitel 3.1.2 kann damit gerechnet werden, dass ca. ein Drittel der Fahrzeuge im Zeitraum von 16 Uhr bis 19 Uhr an ihrem Parkplatz am Wohnort mit Strom versorgt werden müssen. Da speziell Strom aus Photovoltaik in den Abendstunden nur bedingt zur Verfügung steht, ist es zu vermeiden, die Fahrzeuge mit Strom aus nicht Erneuerbaren Energien zu laden. Damit dies möglich wird, muss die in Deutschland bisher vorherrschende verbrauchsabhängige Energieerzeugung sich in der Zukunft zu einer erzeugungsabhängigen Verbrauchersteuerung entwickeln.³⁰ Das bedeutet, dass eine Anpassung der Stromerzeugung an den Verbrauch nicht mehr vollständig möglich ist, viel mehr müssen intelligente Systeme den Verbrauch regeln und möglichst effizient an die Erzeugung angleichen. Zusätzlich ist verstärkt der Ausbau von Energiespeichern notwendig, damit die durch Erneuerbare Energien zeitweise überschüssige Stromerzeugung aufgenommen und zu Spitzenzeiten wieder in das Energienetz zurückgespeist werden kann.

Zukünftige intelligente Stromnetze, sog. Smart Grids in Kombination mit neuartigen Speichertechnologien sind bereits heute von großer Bedeutung, jedoch aufgrund der hohen Investitionskosten und des geringen Bedarfs noch nicht rentabel. In Verbindung mit der wachsenden Elektromobilität ist jedoch mit Synergieeffekten zu rechnen. Diese ermöglichen einen schnelleren Ausbau der Smart Grids. Die Elektrifizierung der Fahrzeuge kann als erstes wichtiges Einsatzgebiet und fester Bestandteil intelligenter Netze gesehen werden. Probleme die mit dem weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien entstehen, können durch eine Verbindung mit der Elektromobilität vermindert werden.³¹

²⁹ Vgl. *Sunstrom.de* (2011).

³⁰ Vgl. *Schönfelder/Pathmaperuma/Reiner* (2009), S. 2.

³¹ Vgl. *Ebenda*, S. 7.

3.3 Smart Grid

„Grüner Strom braucht digitale Technik“, so lautet die Überschrift eines in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung veröffentlichten Artikels im Oktober 2011, der die Notwendigkeit der Smart Grids verdeutlicht.³² Die in den vorherigen Kapiteln genannten Probleme der schwankenden Erzeugung erneuerbarer Energien führen dazu, dass Energieunternehmen mit dem wachsenden Ausbau häufiger an der Börse Strom ver- oder einkaufen müssen. Größer werdende Schwankungen haben zur Folge, dass Unternehmen zeitweise Geld dafür bezahlen müssen, damit der produzierte Strom abgenommen wird.³³ Dieser widersinnige Zustand wird verstärkt durch eine unüberschaubare Anzahl von Verbrauchern und dezentralen Erzeugern die nicht geregelt werden können.

Eine intelligente Technik, die das Stromnetz der Zukunft mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnik steuert, wird somit immer wichtiger. Diese Technik macht es möglich, innerhalb kürzester Zeit auf sich verändernde Schwankungen zu reagieren. Denkbar sind Stromtarife, die ihre Preise je nach aktueller Verfügbarkeit der produzierten Strommenge anpassen und damit eine effizienteren Auslastung des Stromnetzes ermöglichen. Zwei der Szenarien die in Abb. 5 beschrieben werden, zielen genau auf diese Entwicklung ab und bringen die Entwicklung der Smart Grids in Verbindung mit Elektromobilität. Als erstes sei hier das Szenario „Zeitgesteuert“ zu nennen. Es unterliegt den gleichen Bedingungen wie das Szenario „Stellplatz-Ladung, keine zentrale Regelung“. Das bedeutet, der Fahrer schließt das Fahrzeug zur gleichen Zeit an die Stromversorgung an. Erkennbar ist jedoch, dass der Ladevorgang erst bei wachsender Verfügbarkeit der Kraftwerksleistung für Ladevorgänge beginnt. Ein rapider Anstieg der Gesamtleistung ist zu erkennen (siehe Abb. 5). Diese liegt zwar höher als bei einem Ladevorgang ohne zentrale Regelung, führt jedoch nicht zu einer Verknappung der verfügbaren Leistung, da diese am späten Abend ebenfalls erhöht ist. Bei einer alleinigen zeitgesteuerten Aufladung kann allerdings noch nicht von einem Smart Grid gesprochen werden. Eine weitere Entwicklung hin zum Szenario „Optimiert“ ist nötig. Die Unterschiede in diesem Szenario sind in der Verlängerung der Ladezeit zu sehen. So wird mit einer niedrigeren Ladeleistung be-

³² Vgl. *Riedmann de Trinidad* (2011).

³³ Vgl. *Ebenda*.

gonnen, die sich dann auf einen längeren Zeitraum erstreckt. Lastspitzen können somit weiter reduziert werden.

Wachsende Märkte der Elektromobilität ergeben sich in diesem Zusammenhang auch für Industrieunternehmen. Es ist davon auszugehen, dass sich Anwendungen der Smart Grids für Industrie und Gewerbe schneller durchsetzen werden, als für normale Haushalte, da Kosteneinsparungen vor allem bei energieintensiven Industriebereichen zu erwarten sind und sich Investitionen schneller amortisieren. Die für den Leichtbau bedeutsame aber besonders energieintensive Aluminiumindustrie könnte zum einen durch flexible Strompreise die Kosten reduzieren, zum anderen durch eine Ab- und Zuschaltung zur Sicherung der Netzstabilität beitragen. Möglich ist das durch den Prozess der Aluminiumelektrolyse, der innerhalb einer Sekunde an- und abgeschaltet werden kann.³⁴

Die Bedeutung der Verknüpfung von Elektromobilität und Smart Grids wird auch für kommunale Stadtwerke in der Zukunft weiter zunehmen. Das Gesamtkonzept der Elektromobilität wird wirtschaftlich attraktiver, da neben einer Erweiterung der Wertschöpfungskette und einer Erhöhung der Angebotsvielfalt auch mit einer Know-how Steigerung im Bereich intelligenter Netze zu rechnen ist.³⁵

Das Potenzial der Smart Grids kann heute noch nicht vollständig genutzt werden, da unter anderem wirtschaftliche Anreize wie Vergütungskonzepte fehlen und durch den Gesetzgeber nicht ausreichend gefördert werden. Im Hinblick auf das Ziel einer kontinuierlichen CO₂-Reduzierung werden solche Konzepte unabdingbar, da Studien bereits gezeigt haben, dass der Einsatz von intelligenten Stromnetzen bis 2020 mehr als eine Milliarde Tonnen CO₂ einsparen kann.³⁶

3.4 Speichertechnologien

Neben Smart Grids spielen auch Speichertechnologien eine wichtige Rolle in dem Vorhaben, Elektrofahrzeuge zu 100 Prozent aus Erneuerbaren Energien zu betrei-

³⁴ Vgl. von Gersdorf (2011).

³⁵ Vgl. Pfeiffer (2011), S. 9

³⁶ Vgl. Siemens AG (2010), S. 1

ben. Sie ermöglichen es in Zeiten der Überproduktion Energie zu speichern und diese bei Lastspitzen wieder abzugeben, wenn diese an der Ladestation angeschlossen sind. Wie in dem vorherigen Kapitel bereits beschrieben wurde, ist damit zu rechnen, dass in den Abendstunden am meisten Energie benötigt wird um Elektrofahrzeuge zu laden. Speichertechnologien können z.B. Strom aus Photovoltaik der über den Tag hinweg produziert wurde, gezielt in der Nacht abgeben und somit einen entscheidenden Beitrag leisten.

Zum kurzfristigen Energieausgleich und zur Steigerung der Netzqualität wird die produzierte elektrische Energie direkt als elektrische Energie gespeichert. Dies geschieht z.B. in Doppelschichtkondensatoren oder supraleitenden magnetischen Spulen. Da mit diesen Technologien jedoch keine größeren Energiemengen gespeichert werden können, wird elektrische Energie normalerweise indirekt durch Umwandlung in mechanische oder chemische Energie gespeichert.³⁷ Die folgenden Unterkapitel beschreiben Konzepte deren Bedeutung in den nächsten Jahren weiter wachsen wird.

3.4.1 Pumpspeicherkraftwerke

Bei Pumpspeicherkraftwerken handelt es sich um eine mechanische Speicherart. Hierzu wird überschüssige Energie genutzt um Wasser in höhere Lagen zu pumpen. Die potenzielle Energie, die durch das Herunterlassen des Wassers bei Spitzenlast entsteht, wird erneut durch Turbinen in elektrische Energie zurückgewandelt. Vorteile dieser Speicherart sind der hohe Gesamtwirkungsgrad von über 80 Prozent sowie die geringen Baukosten. Es muss jedoch bedacht werden, dass für einen Bau erhebliche Eingriffe in Ökologie und das Landschaftsbild nötig sind. Pumpspeicherkraftwerke stellen mit über 110.000 MW bis heute über 99 Prozent der weltweit verfügbaren Energiespeicherkapazität dar.³⁸

Ein weiteres Wachstum dieser Technologie in Deutschland ist eher nicht zu erwarten. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen der Bundesregierung geht allerdings davon aus, dass die bereits heute in Norwegen und Schweden vorhandenen Kapazitäten ausreichen würden, um sämtliche Schwankungen, die durch den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien entstehen, bereits heute abgedeckt werden kön-

³⁷ Vgl. Dötsch/Kanngießer/Wolf (2009), S. 4.

³⁸ Vgl. Ebenda, S. 5.

nen.³⁹ Voraussetzung hierfür ist ein weiterer Ausbau der Stromleitungen von Skandinavien nach Deutschland.

3.4.2 Druckluftspeicherkraftwerke

Um den Bau neuer Stromleitungen zu vermeiden oder die relativ lange Bauzeit zu überbrücken, wird in Deutschland der Technologie der Druckluftspeicherkraftwerke eine größere Bedeutung zugesprochen. Schätzungen gehen von einem in Deutschland verfügbaren Potenzial von 3,5 TWh aus. Zum Vergleich, das Potenzial der Pumpspeicherkraftwerke liegt bei lediglich 0,6 TWh.⁴⁰

Zur Speicherung der Energie wird Luft komprimiert und in Kavernen, die sich unter der Erde befinden gespeichert. Zur erneuten Stromerzeugung wird diese Luft einem Gasturbinenprozess zugeführt.⁴¹ Derzeit gibt es weltweit nur zwei Kraftwerke dieser Art. Das Erste wurde 1978 in Huntorf, Deutschland, eröffnet und kann über 2 Stunden eine maximale Leistung von 321 MW abgeben. Das Zweite wurde 1990 in Alabama, USA erbaut. Neben einer länger andauernden Stromabgabe von 26 Stunden bei gleichzeitiger Reduzierung der Leistung auf 110 MW, besitzt dieses Kraftwerk einen höheren Wirkungsgrad. Durch Nutzung der bei der Kompression anfallenden thermischen Energie durch Rekuperation konnte der Wirkungsgrad auf 54 Prozent, im Vergleich zu 42 Prozent in Deutschland, erhöht werden.⁴² Schätzungen gehen aber davon aus, dass dieser Wirkungsgrad durch sog. adiabate Druckluftspeicher auf bis zu 70% erhöht werden kann.

Speziell zur Speicherung überschüssiger Windenergie in Norddeutschland wird die Bedeutung dieser Speicherart weiter zunehmen. Als Speicherkavernen eignen sich vor allem Salzstöcke, die in Schleswig-Holstein und Niedersachsen in ausreichender Anzahl verfügbar sind.⁴³

3.4.3 Methanisierung

Eine weitere Möglichkeit überschüssigen grünen Strom zu speichern ist die Umwandlung in chemische Energie. Als bekanntestes Konzept ist das Verfahren der Solar-

³⁹ Vgl. Sachverständigenrat für Umweltfragen (2010), S. 59f.

⁴⁰ Vgl. Ebenda, S. 31.

⁴¹ Vgl. Dötsch/Kanngießer/Wolf (2009), S. 5.

⁴² Vgl. BINE Informationsdienst (2007a).

⁴³ Vgl. BINE Informationsdienst (2007b).

Fuel GmbH zu nennen. Zu viel produzierter Strom wird in diesem Verfahren in Methan umgewandelt. Der Prozess läuft in zwei Schritten ab. Zuerst wird durch eine Elektrolyse Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Der produzierte Wasserstoff reagiert dann mit Kohlendioxid in dem Sabatier-Prozess zu reinem Methan.⁴⁴

Die Wirkungsgrade dieser Prozesse sind allerdings bisher noch relativ gering. So liegt der Wirkungsgrad der Elektrolyse bei 57 bis 73 Prozent und die Gewinnung von Methan bei 50 bis 64 Prozent. Wenn das gewonnene Erdgas in einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage erneut zu Strom umgewandelt wird, liegt der Gesamtwirkungsgrad bei 34 bis 44 Prozent.⁴⁵ Die direkte Einspeisung der Erneuerbaren Energien wird deshalb weiterhin Vorrang haben. Vorteile dieser Speichertechnologie liegen im vielfältigen Einsatzgebiet des produzierten Methans sowie in der bereits heute ausreichend zur Verfügung stehenden Speicherkapazität. Neben einer Rückverstromung besteht auch die Chance, das Methan zum Antrieb von konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu verwenden. Da im Prozess zuvor Kohlenstoffdioxid gebunden wurde, ist dieser Treibstoff ebenfalls als CO₂-neutral zu bezeichnen. Mit dem Projekt *Audi balanced mobility* wird dieses Verfahren bereits heute von einem großen deutschen Fahrzeughersteller verwendet, der sich unter anderem im Ausbau von Offshore-Windkraftanlagen engagiert.⁴⁶ Ein weiteres Einsatzgebiet ist Nutzung des Methans zur Wärmeerzeugung. Hierbei ist mit einem Gesamtwirkungsgrad von 57 bis 73 Prozent zu rechnen.⁴⁷ Die Austauschbarkeit des Methans zwischen den Märkten für Strom, Wärmeerzeugung und Mobilität macht dieses Konzept besonders attraktiv. Der Geschäftsführer des Bundesverbands Erneuerbarer Energien Björn Klusmann fordert deshalb, dass weitere politische Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, um solche Projekt weiter zu fördern.⁴⁸

3.4.4 Vehicle to Grid

Bei dieser Speichertechnologie wird die in Elektrofahrzeugen verbaute Batterie zum Ausgleich von Stromschwankungen verwendet. Dieses Konzept steckt heute noch in einer sehr frühen Entwicklungsphase und es müssen noch einige Fragen und Probleme geklärt werden, bevor ein solches Szenario umgesetzt werden kann. Zum einen

⁴⁴ Vgl. Schwarzer (2011)

⁴⁵ Vgl. Brake (2011).

⁴⁶ Vgl. Volkswagen AG (2011).

⁴⁷ Vgl. Brake (2011).

⁴⁸ Vgl. Schwarzer (2011).

ist nicht geklärt, welche Auswirkungen eine ständige Be- und Entladung auf die Lebensdauer der Batterie hat. Des Weiteren muss der Verbraucher der Nutzung seiner Batterie als Energiespeicher zustimmen und zuvor evtl. ein Nutzungsprofil des Fahrzeugs hinterlegen, damit eine Entladung der Batterie nur dann geschieht, wenn das Fahrzeug sich nicht bewegt. Das Potenzial dieser Speichertechnologie ist allerdings sehr groß, wie die folgenden Betrachtungen zeigen. Weniger als zehn Prozent der PKWs in Deutschland sind ständig in Bewegung, der Rest befindet sich im parkenden Zustand und könnte während dieser Zeit zum Ausgleich der Stromschwankungen dienen.⁴⁹ Zum Vergleich könnten 1 Million Elektrofahrzeuge mit einer Speicherkapazität von 25 kWh und einer 2/3 Entladung eine Leistung von 10.000 MW liefern. Die Summe deutscher Pumpspeicherkraftwerke liegt gerade einmal bei 6.900 MW.⁵⁰ Weiterhin sind die in Kombination mit Smart Grids denkbaren flexiblen Strompreise zu nennen. So könnte ein Elektrofahrzeug den in der Nacht günstigen Strom von Windkraftträdern aufnehmen und zu Zeiten höherer Nachfrage und damit höherer Preise wieder an das Netz abgeben. So kann neben einer Stabilisierung des Stromnetzes auch eine Refinanzierung der hohen Kosten für Batterien geschehen. Eine Win-Win-Situation für den Autobesitzer, die Energieversorger und die Umwelt ist denkbar.⁵¹

⁴⁹ Vgl. *Wilke* (2011).

⁵⁰ Vgl. *Agentur für Erneuerbare Energie* (2009).

⁵¹ Vgl. *Siemens AG* (2010), S. 2.

4 Ladekonzepte

Mit dem Thema „Infrastruktur von Elektrofahrzeugen“ verbindet sich unweigerlich die Frage, wo und wie die Elektrofahrzeuge in Zukunft betankt werden sollen. Um den Anteil an Elektrofahrzeugen zu steigern, sind optimale und einheitliche Ladekonzepte notwendig. Daher wird hier von vielerlei Seiten, wie beispielsweise vom Fraunhofer Institut (IAO), von Fahrzeugherstellern und von mittelständischen Unternehmen, auf diesem Themengebiet geforscht. Im Folgenden werden einige dieser Konzepte beschrieben und anschließend auf Machbarkeit hin geprüft.

4.1 Ladestecker

Um unabhängig an verschiedenen Stellen Strom tanken zu können, ist eine einheitliche Ladesteckvorrichtung notwendig. Nur so kann sich die Elektromobilität in der Zukunft durchsetzen. Die internationale Normung ist momentan mit drei Ladesteckvorrichtungen mit unterschiedlichen Lösungsansätzen unterwegs. Neben dem Stecker einer deutschen Firma existieren ein japanischer sowie ein italienischer Entwurf. Der Typ 2 Stecker aus Deutschland berücksichtigt neben der Infrastrukturseite auch die Fahrzeugseite. Alle drei Stecker werden in der internationalen Norm IEC 62196-2 genormt. Somit können regional unterschiedliche Systeme zum Einsatz kommen. Da sie jedoch untereinander nicht kompatibel sind, kann das problematisch bei der Suche nach der richtigen Ladesäule sein. Um dieses Problem zu umgehen, möchte man sich zumindest in Europa, auf einen Stecker einigen. Hierzu haben sich europäische Energieunternehmen und Automobilhersteller deutlich für den deutschen Typ 2 Stecker der Firma Mennekes ausgesprochen.

Der Typ 2 Stecker ist bereits bidirektional ausgelegt. Dies bedeutet der Strom kann sowohl Energie in die Fahrzeugbatterie übertragen, sowie Energie aus der Batterie in das Stromnetz leiten. Geeignet ist dieser Stecker für Ladeströme von 13 A bis 63 A und für Ein- und Dreiphasen Anschlüsse. Über die Kontakte „control pilot“ und „earth“ wird die Datenkommunikation durchgeführt. Der Typ 2 Stecker bietet eine Ladeleistung von bis zu 44 kW. Das ist deutlich höher im Vergleich zum japanischen und italienischen Entwurf. Diese bieten nur eine Ladeleistung von bis zu 7,4 kW bzw. 22 kW

an. Somit bietet der Typ 2 Stecker die höchste Ladeleistung ohne Nachteile in Bezug auf Kosten, Gewicht und Größe. Weiterhin bietet der Stecker einen Wegfahrschutz. Das bedeutet, ein versehentliches oder nicht autorisiertes Ausreißen des Steckers ist nicht möglich, da ein eigener Stromkreis die Steckverbindung überprüft. Zudem wird erst bei einer optimalen Verbindung zwischen Stecker und Fahrzeug die Spannung angelegt. Eine am Stecker angebrachte Laderegulierung ermittelt den kontinuierlichen Strom- und Spannungsbedarf des Fahrzeugs und kontrolliert den Zustand der elektrischen Komponenten. Der Typ 2 Stecker ist so gestaltet, dass selbst ein Überfahren des Steckers nicht zu einer Beschädigung führt. Zusätzlich besteht der Stecker aus sehr wenigen Bauteilen, was die Wartungs- und Reparaturkosten minimiert.⁵² Erste Stecker wurden bereits erfolgreich vom VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.) geprüft. Die internationale Normung basiert auf den Entwürfen des Typ 2 Steckers, diese ist jedoch noch nicht abgeschlossen.⁵³

Für die Schnellladung von Elektrofahrzeugen ist der Typ 2 Stecker allerdings nicht ausgelegt, da bei einer Schnellladung bis zu 125 A Ladestrom fließen. Der Stecker hierfür wird meist dem japanischen Standard von CHAdeMO angepasst.⁵⁴

CHAdeMO steht für „Charge de Move oder auch Charge for moving“. Mittels dieser Schnittstelle sind Ladeleistung bis zu 65,5 kW möglich. Momentan ist dieser für die Ladung von Gleichstrom ausgelegt für Europa wird jedoch gerade an einer Kombination gearbeitet, somit kann dann die Schnittstelle auch bei einer Ladung mit Wechselstrom eingesetzt werden. Der CAdemo-Lader (JARI Level-3-DC-Stecker) macht es möglich, ein Elektrofahrzeug mittlerer Größe innerhalb von 30 Minuten auf 80% der Reichweite aufzuladen. Hierbei können Stromstärken von einigen hundert Ampere fließen. Innerhalb von 5 Minuten, was ungefähr einer Betankung mit Kraftstoff gleich kommt, können somit 30-40 km Reichweite geladen werden.⁵⁵

⁵² Vgl. *Nationale Plattform Elektromobilität* (2011a), S. 2.

⁵³ Vgl. *Mennekes* (2011), S. 10.

⁵⁴ Vgl. *Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg* (2010), S. 22.

⁵⁵ Vgl. *CHAdeMO Association* (2011).

4.2 Ladestationen

Prinzipiell kann zur Ladung eines Elektrofahrzeuges jede normale Steckdose in der Garage, Tiefgarage oder Einfahrt verwendet werden, da die meisten Elektrofahrzeuge mit einer Spannung von 230 V und einer Stromstärke von 16 A aus kommen. Sinnvoll ist es, gerade bei höheren Spannungen, auf die Sicherheit einzugehen, da durch Ziehen des Steckers ein Schaltlichtbogen entstehen kann, welcher den Verschleiß der Buchse sowie des Steckers erhöht und zusätzlich zur Gefährdung der den Stecker ziehenden Person führen kann. Hiervor schützt beispielsweise ein Pilotkontakt (Control pilot) welcher genauer in dem Kapitel Normalladung 4.4.1 beschrieben wird.

Viele Stromversorger in Deutschland entwickelten schon früh unterschiedliche Ladestationen-Designs so auch beispielsweise E.ON. Im Rahmen des E.ON/BMW E-Mini-Pilotversuchs im Jahr 2009 wurden 16 Ladestationen der Variante 1.0 in und um München installiert. Bei der Variante 1.0 standen die Aspekte Leistung, Branding und eine schöne Optik im Vordergrund. Seit 2010 wird jedoch nun mehr Wert auf Funktionalität, Kompaktheit, Modularität und Herstellkosten gelegt.⁵⁶

Die Anschaffungs- und Anschlusskosten für Ladestationen sind relativ gering, jedoch müssen zusätzlich Kosten zur Sicherstellung der Betriebssicherheit sowie Folgekosten durch Vandalismus mitberücksichtigt werden. Diese Kosten können nicht alleine durch den Stromverbrauch gedeckt werden, es sei denn der Kunde wäre bereit einen höheren Betrag im Vergleich zur Ladung im privaten Bereich zu bezahlen.⁵⁷

4.3 Ladeorte

Momentan sind noch relativ wenige Elektrofahrzeuge käuflich zu erwerben, aus diesem Grund hat ein flächendeckender und umfangreicher Ausbau von privaten und öffentlichen Ladestationen noch nicht begonnen.

⁵⁶ Vgl. Eckstein (2010), S. 2f

⁵⁷ Vgl. Ebenda.

4.3.1 Privater / gewerblicher Bereich

In den meisten Fällen wird im privaten Bereich momentan noch an einfachen Schuko- oder Industriesteckdosen geladen. Der Ausbau von Ladevorrichtungen wird jedoch in den nächsten Jahren deutlich zunehmen. Vorteile beim Laden im privaten Bereich ist der relativ kostengünstige Verbau, da oft von einer geringen Vandalismusgefahr ausgegangen werden kann. Günstiger gestaltet sich die Heimladung zusätzlich durch meist geringe Ladeleistungen von bis zu 22 kW im Wechsel – sowie 50 kW im Gleichstrombereich. Teure Kühlsysteme, Schutzeinrichtungen und eine Ladesteuerung sind somit nur mit geringen oder keinen Kosten verbunden. Auf genauere Kostenvergleiche wird im Kapitel „Normalladung“ eingegangen.

Selbstverständlich bieten Anbieter, wie beispielsweise die Stadtwerke München, Ladestationen nicht nur für den privaten Bereich, sondern auch für den gewerblichen Bereich an. Durch relativ hohe Fahrzeugstandzeiten am Arbeitsplatz ist das Laden an diesem Ort ebenso wichtig wie das Laden zu Hause.

4.3.2 Öffentlicher Bereich

Im Vergleich zum privaten Bereich nahm die Anzahl der Ladestationen im öffentlichen Bereich etwas schneller zu. Diese werden meist im Rahmen von Modellregionen und Flottenversuchen installiert.

Die meisten öffentlichen Ladestationen sind im Internetportal „LEMnet“ hinterlegt, dieses zählt momentan 1.447 öffentlich zugängliche Stromtankstellen (Stand 27.10.2011). Ein sehr dicht besiedeltes Netz findet sich im Neckar-Alb Kreis, in der Gegend Erlangen-Nürnberg sowie im Ruhrgebiet.⁵⁸

Im Folgenden werden einige Projekte/Versuche zur Ausweitung von öffentlichen Ladestationen beschrieben, um einen kleinen Überblick der derzeitigen Aktivitäten in diesem Bereich zu geben:

Zürich möchte bis zum Jahr 2030 mehr als 34% der Parkplätze in Tiefgaragen mit Ladeanschlüssen ausstatten.⁵⁹

⁵⁸ Vgl. LEMnet.

⁵⁹ Vgl. EWZ (2010).

Momentan wird in Düsseldorf ein Projekt durchgeführt, welches Straßenlaternen zur Ladung der Elektrofahrzeuge verwendet. Eine Umrüstung der vorhandenen Laternen ist mit relativ wenig Aufwand verbunden gewesen. Am unteren Ende wurden hierfür eine Steckdose sowie ein Stromzähler integriert. Eine Ampel zeigt an, ob gerade ein Fahrzeug geladen wird (rot) oder ob die Ladestation frei ist (grün). Der Umbau kostete zwischen 500 € und 1.000 €. Um die Ladestationen nutzen zu können, muss sich der Fahrer vorher registrieren lassen. Mittels eines elektronischen Chips kann nun das Fahrzeug für 4 € betankt werden, somit könnten sich die Laternen auf Dauer selbst finanzieren und der Stadt zu zusätzlichen Einnahmen verhelfen. Nachteil dieser Ladeart ist jedoch, dass nur mit sehr geringen Ladeströmen geladen werden kann und somit die Ladezeit relativ lang ist.⁶⁰

Zu nennen ist an dieser Stelle auch das aus Österreich stammende Unternehmen „The Mobility House“. Neben dem Fahrzeug bieten sie die Ladeinfrastruktur im privaten und öffentlichen Umfeld sowie den Strom aus erneuerbaren Energiequellen an. Das Unternehmen, welches führender Dienstleister im Elektromobilitätsmarkt ist, bietet somit ein Gesamtpaket für den Kunden an. Es kooperiert neben Mercedes Benz Österreich auch mit dem Parkraumbewirtschafter APCOA. Gemeinsam mit ihnen stattet „The Mobility House“ öffentliche Parkplätze mit Ladepunkten aus.⁶¹

4.3.3 Fahrzeugflotten

In diesem Abschnitt soll zusätzlich auf die Elektromobilität innerhalb von Flotten eingegangen werden, da ein Großteil von Firmen über eine Fahrzeugflotte verfügt. Diese machen einen relativ großen Anteil am Gesamtfahrzeugbestand in Deutschland aus. Das Kraftfahrtbundesamt ermittelte rund 42,4 Millionen Personenkraftwagen in Deutschland im Jahr 2011, davon waren 10 Prozent Flottenfahrzeuge.⁶² Das Handelsblatt gab 2010 3,1 Millionen Neuzulassungen an, von denen mehr als 22 Prozent Flottenfahrzeuge waren.⁶³ Zusätzlich werden diese Fahrzeuge oftmals meist regional verwendet, sie legen somit nur geringe Strecken zurück. Hinzu kommt, dass Firmen Vorbilder für Privatleute sein könnten, und somit Anreize schaffen ebenfalls Elektrofahrzeuge zu nutzen.

⁶⁰ Vgl. *Mein Elektroauto* (2010).

⁶¹ Vgl. *The Mobility House* (2011).

⁶² Vgl. Kraftfahrt Bundesamt (2011).

⁶³ Vgl. *Jürgens* (2010).

Das Projekt „Future Fleet“ ist eines der momentan bekanntesten Projekte im Bereich Elektromobilität von Flottenfahrzeugen. Mit Unterstützung der Bundesregierung wurden beispielsweise Teile der Flottenfahrzeuge der SAP AG und der MVV Energie AG vor allem im Bereich Walldorf, St. Leon-Rot, Bensheim, Karlsruhe und Mannheim auf Elektrofahrzeuge umgestellt. Diese wurden an über 40 Ladepunkten an den SAP Standorten sowie bei der MVV in Mannheim geladen. Der Kunde autorisierte sich mittels einer Ladekarte an der Ladestation, nach dem Einstecken begann dann der Ladevorgang automatisch. Über 50 SAP-Mitarbeiter nahmen an diesem achtmonatigen Projekt teil. Eingesetzt wurden 27 Elektrofahrzeuge, welche über 100.000 Kilometer zurücklegten.⁶⁴

Nach Beendigung und Auswertung des Projektes stellte sich heraus, dass der Einsatz von Elektrofahrzeugen in Dienstwagenflotten möglich ist. 75 Prozent der Teilnehmer waren mit der Nutzung der Fahrzeuge zufrieden bis sehr zufrieden. 20 Prozent konnten sich vorstellen in den nächsten 3 Jahren, ganze 50 Prozent in den nächsten 5 Jahren ein Elektrofahrzeug zu kaufen. Die Ladepunkte, welche Strom aus vollständig erneuerbaren Energien verwenden, werden weiterhin genutzt.⁶⁵

4.3.4 Fazit Ladeorte

Die Frage, ob ein Elektrofahrzeug zuhause geladen werden kann, ist eng damit verbunden, ob ein eigener Parkplatz besteht. In Baden-Württemberg haben 75 Prozent der Fahrzeuginhaber einen eigenen Stellplatz. Dieser Prozentsatz liegt weit über dem Durchschnitt von 63 Prozent in Deutschland.⁶⁶ Darüber hinaus haben, laut einer Studie von Bain & Company, 40 bis 70 Prozent aller Elektrofahrzeugbesitzer die Möglichkeit, ihr Fahrzeug am Arbeitsplatz zu laden. Somit liegt der Prozentsatz derer, die weder am Arbeitsplatz noch am privaten Stellplatz laden können bei lediglich 10 bis 15 Prozent.⁶⁷ Eine Mobilitätsuntersuchung von McKinsey zeigt zusätzlich, dass die täglich zurückgelegte Fahrstrecke weniger als 40 km beträgt und 90 Prozent aller Tagesfahrstrecken unter 100 km liegen. Zu erkennen ist auch, dass 70 Prozent der Fahrten am eigenen Stellplatz oder am Arbeitsplatz enden.⁶⁸

⁶⁴ Vgl. *Future Fleet* (2011).

⁶⁵ Vgl. *Ebenda*.

⁶⁶ Vgl. *Statistisches Bundesamt* (2009), S. 22.

⁶⁷ Vgl. *Matthies* (2010), S. 10.

⁶⁸ Vgl. *McKinsey* (2010).

Auch bei einem geringen Bedarf könnte eine öffentliche Ladeinfrastruktur die Entwicklung der Elektromobilität fördern, da diese den Ängsten der Verbraucher entgegen wirkt, möglicherweise mit dem Fahrzeug stehen zu bleiben. Eine Vielzahl von Stromtankstellenplätzen könnte auch ein Anreiz sein, ein Elektrofahrzeug zu kaufen. Um zusätzlich auch die Personengruppen zu erreichen, welche keinen eigenen Stellplatz besitzen, müssen genügend öffentliche Ladestellen verfügbar sein.

Ein Problem sind jedoch die Kosten einer öffentlichen Ladestation, die momentan nicht nur mit dem Verkauf von Strom gedeckt werden können. Um diese Kosten zu decken, sind neue Geschäftsmodelle notwendig. Innerstädtisches Parken ist meist nicht günstig. Es müssten unterstützende Kombinationen geschaffen werden, welche Parkgebühren und Stromkosten verbinden. Des Weiteren könnten Ladestromkonzepte mit einer monatlichen Grundgebühr eine hilfreiche Möglichkeit darstellen.⁶⁹

Im Bereich der Integration von Elektrofahrzeugen in Flotten herrscht von Seiten der Flottenbetreiber momentan noch Unsicherheit hinsichtlich des Images der Firma, der Sicherheit des Fahrzeuges, das geringe Angebot und die hohen Kosten der vorhandenen Elektrofahrzeuge auf dem Markt, die Länge der Ladezeiten sowie die Begrenzungen hinsichtlich der Reichweiten und Tankmöglichkeiten. Eine Umfrage des TÜV Süd ergab, dass trotz dieser Unsicherheiten fast 60 Prozent der Flottenbetreiber in Deutschland Interesse am Thema Elektromobilität zeigen.⁷⁰ Eine Umfrage der Firma Dataforce fand zudem heraus, dass jeder dritte Flottenverantwortliche Elektrofahrzeuge in den eigenen Fuhrpark integrieren könnte.⁷¹ Möchte man Elektrofahrzeuge nun in die Flotte aufnehmen, stellt sich die Frage nach der Länge der zurück zu legenden Fahrstrecken, sowie die Planbarkeit des Fahrzeugeinsatzes, der Standzeiten und der Auslastung. Der Einsatz setzt auch eine entsprechende Ladeinfrastruktur voraus. Kann beispielsweise auf privatem Grund, an öffentlichen Orten oder sogar beim Kunden geladen werden?

Tendenziell können all diese Punkte Hindernisse für eine Integration darstellen, jedoch kehren besonders lokal agierende Dienstleister wie Handwerker, Beratungsunternehmen oder Wohlfahrtsverbände wie Essen auf Rädern, auf private Parkplätze

⁶⁹ Vgl. *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit* (2009).

⁷⁰ Vgl. *Kuther* (2010).

⁷¹ Vgl. *Fuhrpark.de* (2010), S. 20.

zurück und weisen oft genügend Standzeiten zur Beladung auf. Bei Flottenfahrzeugen wie beispielsweise bei Taxis, welche eher geringe Standzeiten aufweisen, kann jedoch über einen Batteriewechsel oder über induktive Ladeschleifen im Boden von Taxiständen nachgedacht werden.

4.4 Ladearten

4.4.1 Normalladung

Unter Normalladung wird das Wechselstromladen von bis zu 3,7 kW verstanden (230 V, 16 A, einphasig). Hierfür kann meist ein einfacher Haushaltsstecker verwendet werden aus Sicherheitsgründen bietet sich jedoch ein Industriestecker an.

Im Bereich der Normalladung werden im Folgenden drei Lademodi unterschieden:⁷²

Mode 1:

Hierzu wird Ein- oder Dreiphasen - Wechselstrom (230 V/400 V) bis maximal 16 A verwendet. Daraus ergibt sich eine maximale Ladeleistung von 3,7 kW bzw. 11 kW. Wegen einer vergleichsweise niedrigen Ladeleistung ist eine Ladesteuerung nicht unbedingt notwendig. Normale Haussteckdosen wie Schuko-Steckdosen sind für diese Ladung ausreichend. Bei Dreiphasen - Wechselstrom können jedoch Industriedrehstromstecker sogenannte CEE-Stecker verwendet werden. Dieser Mode 1 ist allerdings aus Sicherheitsgründen nicht in allen Ländern erlaubt.

Mode 2:

Bei dieser Methode wird identisch zu Mode 1 Ein- oder Dreiphasen - Wechselstrom (230 V/400 V) verwendet, allerdings bei einer Stromstärke von bis zu 32 A. Dies bietet eine Ladeleistung von 7,4 kW bzw. 22 kW. Bei dieser Methode ist eine Ladesteuerung mit einer zusätzlichen Sicherung im Kabel notwendig. Dieser sogenannte control pilot aktiviert und deaktiviert den Stromfluss und im Fall einer fehlerhaften Verbindung ohne Erdung oder falschem Anschließen wird der Stromfluss unterbrochen.

⁷² Vgl. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010), S. 20.

Bei dieser Methode können, wie in Methode 1, Haushalts- sowie Industriestecker verwendet werden, jedoch wird dann der Ladestrom auf 16 A begrenzt.

Mode 3:

Bei diesem Modus wird ein Verfahren identisch zu Mode 2 oder eine Wechselstrom Schnellladung mit bis zu 250 A verwendet. Hierfür müssen spezielle Ladestecker sowie ein, wie oben bereits beschriebener, control pilot verwendet werden. Dieser kann zusätzlich die Strombelastbarkeit und den Stromfluss der Ladestation steuern sowie die Verbindung zwischen Stecker und Fahrzeug verriegeln.

Die Normalladung benötigt durch ihre relativ niedrige Ladeleistung zwischen 3 und 16 Stunden, je nach Netzanschluss, bis die Batterie vollständig geladen ist. Zum Beispiel spricht man bei einer Ladeleistung von 3,7 kW (230 V, 16 A, einphasig), bei einer Batteriekapazität von 30 kWh von einer Ladezeit von 8 bis 10 Stunden.

4.4.2 Schnellladung

Heutzutage wird meist schon bei einer Ladeleistung von rund 22 kW von Schnellladung gesprochen, jedoch bezieht sich dieser Begriff eigentlich auf Ladeleistungen von mehreren hundert Volt und Ladeleistungen bis zu einem dreistelligen Kilowatt Bereich. Die meisten Schnellladestationen verwenden Gleichstrom mit einer Ausgangsspannung von 500 V und einer Ladeleistung von etwa 50 kW. Der Ladestrom beträgt 150 A.⁷³ Die durchschnittlichen Kosten welche sich für eine Gleichstrom-Schnellladestation ergeben betragen 33.441 € bei der Nutzung von Wechselstrom betragen die Kosten rund 8.492 €.⁷⁴

Der Energieversorger RWE und der Rastplatzbetreiber Tank & Rast starteten im November dieses Jahres ein Pilotprojekt an den Strecken der Autoahnen A1 und A2. Auf dieser Autobahnstrecke kann nun an acht Stellen eine Schnellladung für Elektroautos durchgeführt werden. Mittels finanzieller Unterstützungen des Bundesverkehrsministeriums können hier Fahrzeuge mittels Gleich- und Wechselstrom in 30 Minuten

⁷³ Vgl. Anegawa, 2010.

⁷⁴ Vgl. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010), S. 76 ff.

mit Ökostrom geladen werden, um somit Reichweiteinschränkungen zu beseitigen.⁷⁵

4.4.3 Induktives Laden

Ohne Steckverbindung kommt das Laden mit Induktion zurecht. Hierbei wird Energie mittels eines elektromagnetischen Wechselfeldes von einer Primärspule über einen Luftspalt von bis zu 20 cm auf eine Sekundärspule im Fahrzeug übertragen. Heutzutage wird dies bereits bei Induktionsherden, elektrischen Zahnbürsten oder auch bei Wasserkochern eingesetzt. Optimal funktioniert diese Technik wenn beide Spulen so ausgerichtet sind, dass sie direkt übereinander liegen. Der Übertragungswirkungsgrad hängt somit stark von der Kopplung der Spulen, sowie der verwendeten Übertragungsfrequenz ab. Durch die zusätzlich notwendigen Energiewandlungsstufen ist der Übertragungswirkungsgrad im Gegensatz zur Energieübertragung mit Kabel geringer. Man spricht bei induktiver Ladung von einem Wirkungsgrad von circa 95 Prozent, hingegen weist der Wirkungsgrad beim induktiven Laden einen Wirkungsgrad von bis zu 80 Prozent auf.⁷⁶

Bei diesem Einsatz sind mehrere Anwendungen möglich. Beispielsweise kann sich die Sekundärspule in der Fahrzeugfront oder teilweise absenkbar im Fahrzeugboden befinden. Auf diese Weise könnte man den Abstand zwischen den Spulen verringern, dies führt jedoch nur bedingt zu einem besseren Wirkungsgrad. Zudem bieten bewegliche Komponenten größere Schmutz- und Verschleißanfälligkeit und somit höhere Wartungskosten.⁷⁷

Neben der stationären Ladung gibt es die Möglichkeit, das Fahrzeug während der Fahrt zu laden. Dazu werden lange Linienleiter so in den Fahrbahnboden integriert, dass darüber fahrende Fahrzeuge geladen werden können. Dieses Konzept ist jedoch nur von Nutzen, wenn annähernd zeitgleich ein Umbau von mehreren Strecken stattfindet, denn nur so wird dem Nutzer ein Mehrwert geboten. Aus Kostengesichtspunkten bedeutet dies einen immensen Kostenblock gleich zu Beginn und zudem ist das Konzept aus Kostengründen nicht auf Bundes- und Landstraßen möglich. Jedoch gibt es Überlegungen, dieses System im innerbetrieblichen Werksverkehr oder

⁷⁵ Vgl. Knauer (2011).

⁷⁶ Vgl. Schraven, (2010), S. 6 ff.

⁷⁷ Vgl. Ebenda S. 5f.

bei Elektrobussen einzuführen. Durch das regelmäßige Abfahren der gleichen Strecken könnte eine Anwendung in diesem Fall lohnenswert sein.⁷⁸

Die Anschaffungskosten für ein einfaches, stationäres induktives Übertragungssystem mit einer Leistung von 3,7 kW beträgt inklusive Installationskosten zwischen 3.500 € und 18.000 €. Jedoch müssen zusätzliche Strommehrkosten durch den geringen Wirkungsgrad bedacht werden.⁷⁹

Im Dezember 2011 eröffnete die Bundeskanzlerin gemeinsam mit dem Bundesminister von Berlin das „Effizienzhaus Plus“. Das Haus produziert Energie, welche dann zur Beladung der Fahrzeuge der Bewohner verwendet wird. Unter den Fahrzeugen befindet sich eine A-Klasse der Daimler AG, welche durch Induktion beladen wird. Das Haus und deren Fahrzeuge werden ab 2012 von einer Familie im Alltag getestet. Damit ist die A-Klasse das erste induktionsbetriebene Fahrzeug, welches in den Alltagstest geht.⁸⁰

4.4.4 Batteriewechsel

Das Wechseln der Batterie ist bei Elektrofahrzeugen durchaus üblich. Beispielsweise bei E-Bikes, elektrischen Gabelstaplern, sowie bei LKW's (Modex Van) wird diese Art von Wiederaufladung verwendet.⁸¹ Diese Technik wurde 2008 in China angewendet, um während der Olympiade die Batterien von Omnibussen vollautomatisch durch volle Batterien zu ersetzen.⁸² Auch in Zermatt wird der Batteriewechsel erfolgreich angewandt. Seit 1988 fahren dort Elektro-Niederflurbusse. Diese legen mit voller Batterie bis zu 22 Runden von 4,5 km zurück, was dem Tagespensum entspricht. Der Batteriewechsel dauert im Schnitt 1 Minute.⁸³

Der momentan bekannteste Einsatz von Batteriewechselstationen ist der Modellversuch von Better Place. Gegründet wurde das Unternehmen 2007 von Ex-SAP-Manager Shai Agassi. In den Wechselstationen werden die Batterien innerhalb weniger Minuten automatisch gegen geladene getauscht. Projekte gibt es bereits in Israel, Dänemark, Australien, USA und Japan. Das Modell von Better Place setzt voraus,

⁷⁸ Vgl. Ebenda, S. 8.

⁷⁹ Vgl. Schraven, (2010), S. 13 ff.

⁸⁰ Vgl. Kudling (2011).

⁸¹ Vgl. Engel (2009), S. 116.

⁸² Vgl. Ebenda, S. 117.

⁸³ Vgl. Einwohnergemeinde Zermatt (2011).

dass sich der Kunde ein Elektrofahrzeug der Firma Nissan oder Renault ohne Batterie kauft, diese ist Eigentum von Better Place und über eine bestimmte Software bezahlt der Kunden nur die gefahrenen Kilometer. Die Batterie kann nun zu Hause, oder im öffentlichen Bereich betankt werden. Um jedoch größere Reichweiten überwinden zu können, wurden Batteriewechselstationen errichtet.⁸⁴

Parallel zu Better Place wurde von der deutschen Firma Kitto eine rein mechanische Wechselstation entwickelt. Nach Firmenangaben ist diese Technik um den Faktor 10 günstiger im Vergleich zum Ansatz von Better Place und kann zusätzlich mobil eingesetzt werden.⁸⁵

Neben der Schnellladung ist der Batteriewechsel bisher die einzige Möglichkeit die Reichweiteneinschränkungen eines reinen Elektrofahrzeuges zu überwinden.⁸⁶

4.4.5 Fazit Ladearten

Normalladung:

Die Anzahl der parkenden Fahrzeuge liegt im Tagesmittel bei ca. 95% und liegt während der Nachtzeit noch deutlich höher. Dabei kann man von folgenden Parkzeiten ausgehen:

Tab. 2: Parkdauer von Fahrzeugen⁸⁷

Ort	Parkdauer in Stunden
Nächtliches Parken im privaten Bereich	10 bis 14
Parken am Arbeitsplatz	7 bis 9
Parken auf Kundenparkplätzen / Parkhäusern	0 bis 4
öffentliche Stellplätze / Straßenrand	0 bis 14

Trotz der verhältnismäßig langen Ladezeit im Vergleich zur Schnellladung wird durch obige Tabelle sichtbar, dass Fahrzeuge relativ hohe Standzeiten haben dies bedeutet, dass eigentlich genügend Zeit vorhanden ist um ein Elektrofahrzeug „normal“ laden zu können.

⁸⁴ Vgl. *Betterplace* (2011).

⁸⁵ Vgl. *Verein Medienberatung*, (2009).

⁸⁶ Vgl. *Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg* (2010), S.22.

⁸⁷ Eigene Darstellung in Anlehnung an *Rehtanz* (2011).

Schnellladung:

Wie bereits oben bei der Schnellladung beschrieben, wird für dieses Verfahren vorwiegend Gleichstrom verwendet. Vergleicht man nun die Kosten der Ladestationen mit den Kosten der Normalladung sind diese fast identisch. Somit könnte man sagen, die Schnellladung ist eindeutig vorzuziehen, da somit Ladezeiten eingespart werden können. Jedoch muss bedacht werden, dass diese Ladeart die Lebenszeit einer Batterie reduziert. Durch die Nutzung hoher Ladeleistungen entsteht eine starke Wärmeentwicklung. Um das volle Potential der Schnellladung zu nutzen, sind anspruchsvolle Kühlsysteme notwendig. Diese Systeme führen zum Anstieg der Kosten, welche gedeckt werden müssen.⁸⁸

Batteriewechsel:

Voraussetzung sind Fahrzeuge mit kompatiblen Batterieschnittstellen. Eine Durchsetzung dieses Konzeptes scheint nur machbar zu sein, wenn alle Fahrzeughersteller sich auf eine Batterie einigen, dies scheint allein wegen den verschiedenen Fahrzeuggrößen fast unmöglich zu sein. Würde jeder Fahrzeughersteller auf seine individuelle Batterie beharren, müsste jede Wechselstation einen relativ großen Vorrat an unterschiedlichen momentan noch sehr teuren Batterien halten, was mit hohen Kosten verbunden wäre. Diese Technologie könnte beispielsweise bei Taxis Anwendung finden, da lange Standzeiten in diesem Bereich mit hohen Umsatzeinbußen verbunden wären.

Induktives Laden:

Die Vorteile des induktiven Ladens liegen bei der erhöhten Sicherheit durch voll isolierte Bauteile sowie dem Schutz vor Witterung und Vandalismus. Weiterhin ist diese Art von Beladung nutzerfreundlich, da kein Kabel und kein Nutzereingriff mehr notwendig sind. Gegenargumente sind jedoch, dass eine Gesundheitsgefahr durch die elektromagnetische Strahlung besteht, zusätzlich können sich metallische Gegenstände im Strahlengang extrem erhitzen. Dieses Problem kann jedoch mittels einer hinreichend großen Induktionsspule beseitigt werden, da sich somit die Feldstärke im

⁸⁸ Vgl. *Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg* (2010), S.22.

Strahlenkanal verringert und nur noch zu einer leichten Erwärmung führt, dementsprechend verringern sich die Streustrahlungen in der Umwelt.

Laut Hersteller ist selbst bei einer Strahlenfrequenz im zwei- bis dreistelligen Kilohertzbereich die Strahlung nicht einmal direkt im Strahlenkanal schädlich. Problematisch ist die genaue Ausrichtung der beiden Spulen zueinander.

Diese Technologie ist nur für bestimmte Anwendungsbereiche nutzbar und muss eher als Nischentechnologie gesehen werden. In bestimmten gewerblichen Bereichen wie beispielweise bei Taxis scheint diese Technologie nutzbar zu sein, da lange Standzeiten, wie bereits im Abschnitt Batteriewechsel beschrieben, hier nicht tragbar sind.⁸⁹

⁸⁹ Vgl. *Schraven*, 2010, S.16.

5 Abrechnungs-, Informations-und Kommunikationssysteme

Die Entwicklung von IKT-Lösungen wird für die Ladearchitektur von Elektrofahrzeugen in der Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Es müssen kostengünstige Abrechnungssysteme und Dienste für das Management von Ladevorgangsdaten (Kunden-, Fahrzeug-, Versorger- und Infrastrukturdaten) entwickelt werden.

5.1 Nutzerprofile und Ladebedarf

Um das reale zu erwartende Bild des Ladebedarfs zu erhalten, wird ein mögliches Nutzerprofil gezeichnet, anhand dessen die Notwendigkeit der IKT Systeme erläutert werden kann.

Tab. 3: Verbraucherprofil und Ladeplätze⁹⁰

Zeit	Aktion / Entfernung	Ladestation
08:55 Uhr:	Tagesbeginn: Der Ladezustand des Fahrakkus ist ca. 50%	Zuhause
09:00 Uhr:	Einkauf Abstand: 2*20 km	Supermarkt
11:00 Uhr:	Besuch bei Freunden Abstand: 2*40 km	Privathaushalt
15:00 Uhr:	Kinder zum Sport bringen Abstand: 2*20 km	Keine
16:00 Uhr:	Privater Termin Abstand: 2*10 km	Öffentlicher Parkplatz
17:00 Uhr:	Kinder abholen Abstand: 2*20 km	Keine
19:00 Uhr	Privater Termin Abstand: 2*30 km	Öffentlicher Parkplatz
20:00 Uhr	Besuch bei den Eltern Abstand: 2*10 km	Privathaushalt
23:00 Uhr	Tagesende	Heim

Der dargestellte Tagesablauf stellt beispielhaft ein mögliches Verbraucherprofil dar. Der Ladezustand des Akkus liegt am Morgen bei ca. 50% und muss über den Tag

⁹⁰ Eigene Darstellung in Anlehnung an *ETG Fachbericht* (2010).

mehrmals geladen werden, sodass der Nutzer die geplante Wegstrecke von 300 km ohne Probleme fahren kann.⁹¹

Der Verbraucher sollte die Möglichkeit haben überall sein Kraftfahrzeug aufzuladen. Im Privathaushalt kann der Kunde zwischen verschiedenen Stromtarifen wie z.B. Tag und Nachttarif auswählen und die Energiekosten minimieren. Im öffentlichen Bereich hat der Kunde je nach Fahrmuster mit diversen Stromanbietern (z.B. Elektrotankstellen) zu tun.⁹² Es stellt sich nun die Frage, wie die Abrechnungssysteme und Kommunikationssysteme realisiert werden, um eine transparente Kostenabrechnung für den Kunden und den Stromlieferanten zu erstellen.

5.2 Kommunikations- und Informationstechnologien im Elektrofahrzeug

5.2.1 Intra-Fahrzeug-Kommunikation

Fahrzeuge werden heute von mehreren Digitalmodulen (Steuergeräten) gesteuert, die durch Bussysteme miteinander koordiniert werden und kommunizieren. 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 digital gesteuerte Module besitzt.⁹³

Die Steuergeräte des Fahrzeugs sind über ein Netzwerk miteinander verbunden, um eine Funktion auszuführen sowie die entstehenden Daten in einer gemeinsamen Datenbank zu speichern. Digitale Bus Datenübertragungssysteme bilden dafür die technische Infrastruktur im Fahrzeug.⁹⁴

In den letzten Jahren ist die Komplexität der Elektronik im Fahrzeug stark angestiegen. Dies lässt sich unter anderem auf kontinuierliche Fortschritte der technologischen Entwicklungen, steigenden Kundenwünschen und gesetzlichen Anforderungen an Sicherheit und Umweltschutz zurückführen. Dadurch wächst die Komplexität der

⁹¹ Vgl. *ETG Fachbericht* (2010), S.162.

⁹² Vgl. *Ebenda*.

⁹³ Vgl. *Bundesministerium Baden-Württemberg* (2010), S. 29.

⁹⁴ Vgl. *Ebenda* (2010), S. 29.

Kombinations- und Kommunikationswege zwischen Steuergeräten im Fahrzeug. Bussysteme müssen die Herausforderungen wie hohe Übertragungsgeschwindigkeit und große Datenbreite bewältigen und eine wichtige Rolle im Wandel des Automobils hin zum intra- und intervernetzten Fahrzeug einnehmen. Standardisierte Bussysteme im Fahrzeug sind z.B. CAN, MOST, LIN und Flexray.⁹⁵

Innovative Informations- und Kommunikationstechnologien haben wesentliche Fortschritte für die Sicherheit, Treibstoffeffizienz und Ausstattung hervorgerufen. Zusätzlich besteht im Fahrzeug die Möglichkeit, eine Verbindung zum Internet aufzubauen. Desweiteren wurden mehrere internetbasierte Applikationen für die Unterstützung der Autofahrer implementiert. Diese Entwicklungen haben Fahrzeuge zu mobilen digital-gesteuerten Plattformen gemacht.⁹⁶

5.2.2. Inter-Fahrzeug-Kommunikation

Durch die zunehmenden Anforderungen an die Vernetzung von Fahrzeugsystemen und der Wechsel vom isolierten Fahrzeug hin zum vernetzten Automobil, das mit seiner Umwelt Daten austauschen und verarbeiten kann, werden verschiedene bereits eingesetzte oder für die Zukunft denkbare Kommunikations- und Informationsprodukte für den Verbraucher zu einem attraktiven Preis angeboten.⁹⁷ Im Folgenden werden heutige eingesetzte Kommunikations- und Informationslösungen erklärt.

Für die Positionsbestimmung des Fahrzeugs werden Navigationssysteme verwendet. Diese gleichen die Fahrzeugposition mit digital gespeicherten Kartendaten ab, berechnen den kürzesten Weg zum Zielort und führen den Fahrer optisch und akustisch zu den eingegebenen Zielkoordinaten.⁹⁸ Navigationssysteme können auch mit Bluetooth-Schnittstellen für den Anschluss mobiler Endgeräte, Online-Zugang über Mobilfunk- oder WLAN Module und DVB-T-Empfänger ausgestattet werden.⁹⁹ Durch Verwendung von Navigationssystemen (GPS) und der Verbindungsaufbau mit einer

⁹⁵ Vgl. *Bundesministerium Baden-Württemberg* (2010), S. 31.

⁹⁶ Vgl. *Evavold/Miller* (2011) S.11.

⁹⁷ Vgl. *Bundesministerium Baden-Württemberg* (2010), S.35.

⁹⁸ Vgl. *Ebenda*.

⁹⁹ Vgl. *Ebenda*, S. 36

übergeordneten Leitzentrale wird der Fahrer zum nächsten freien Parkplatz geführt.¹⁰⁰

Ein Schwerpunkt der Forschung liegt in der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation und Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation. Das heutige Fahrzeug ist technisch im Kommunikationsprozess noch nicht integriert. Der Fahrer muss aktiv während der Fahrt eigenständig auf Ereignisse aus seiner Umgebung achten und reagieren. Zukünftige Fahrzeuge können untereinander Daten austauschen und zudem Informationen von infrastrukturellen Einrichtungen am Straßenrand empfangen und verarbeiten.¹⁰¹

Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation geschieht im Allgemeinen über WLAN- oder Mobilfunk-Verbindung. Die bisherige Standard-Automotive-Anwendung für Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation ist eine Hochgeschwindigkeit-WLAN-Verbindung, die sich aus dem hochfrequenten WLAN-Standard IEEE802.11p ergibt und Verbindung in Echtzeit ermöglicht. Das Protokoll unterstützt, dass viele Teilnehmer synchron ungestört miteinander kommunizieren können.¹⁰²

Durch die optimale Kombination und Abstimmung der Digitalmodule und Kommunikations- und Informationsprodukte im Fahrzeug lassen sich Dienste und Funktionen optimal implementieren. Beispielsweise lassen sich mit Hilfe von Daten aus dem Navigationssystem, die online über Connectivity aktualisiert werden, der Motor je nach Gelände effizient steuern und dadurch der Verbrauch von Kraftstoff bzw. der CO₂-Ausstoß minimieren.¹⁰³ Derartige Technologie könnte sich ebenfalls für Elektromobilität zur Reichweitenmaximierung anbieten.

5.3 Kommunikationssysteme

Ein Ladesystem enthält mehrere Objekte, die miteinander Daten austauschen, um eine Funktion auszuführen. Abb. 6 zeigt die möglichen Kommunikationskanäle zwischen diesen Objekten an.

¹⁰⁰ Vgl. *VDI Nachrichten* (2011).

¹⁰¹ Vgl. *Ebenda*.

¹⁰² Vgl. *BMW Group* (2011), S. 1.

¹⁰³ Vgl. *Elektroniknet.de* (2009).

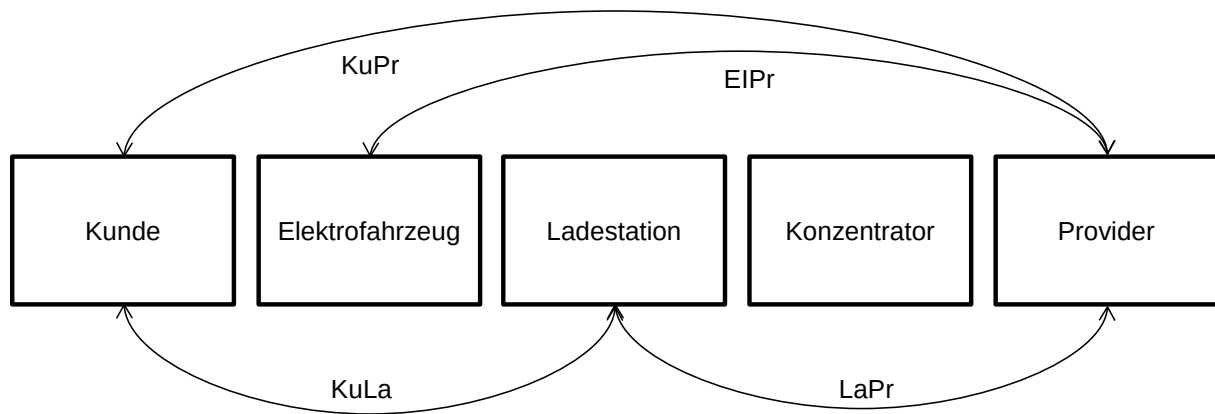


Abb. 6: Instanzen in einem Ladesystem¹⁰⁴

Ein Ladesystem besteht aus einer Ladestation (La) und einen möglichen Daten-Konzentrator (Ko), der die Daten aus verschiedenen Ladeplätzen aufnehmen und diese an den Provider (Pr) weitergeben kann.¹⁰⁵ Im Folgenden werden je nach Ladeszenario unterschiedliche Kommunikationskanäle erläutert.

Durch die Verwendung des Kommunikationspfads (Datenpfad KuPr) kann der Kunde ungestört und unmittelbar über UMTS, GPRS, SMS, etc. mit dem Energieanbieter kommunizieren und die Freischaltung der Ladesteckdose ermöglichen. Die zweite Möglichkeit ist die Kommunikation über die Ladestation zum Provider, wenn der Kunde vom Provider die Genehmigung für den Ladevorgang erhält (Datenpfad KuLa → LaPr oder KuLa → LaKo → KoPr). Die dritte Möglichkeit ergibt sich aus der Integration der Ladelogik im Fahrzeug. In diesem Fall authentifiziert sich der Kunde bei seinem Elektrofahrzeug und nach einer positiven Authentifizierung leitet die Logik des Elektrofahrzeugs die Daten an den Provider weiter (Datenpfad EIPr) oder die Daten werden über die Ladestation (Datenpfad LaPr) an den Provider weitergegeben. Schlussendlich ist dies ebenfalls über ein vorhandenes Netzwerk möglich, wenn die Ladestation in einem Kommunikationsnetz z.B. PLC integriert ist. In diesem Fall werden die Daten über den Verbindungspfad EiLa → LaKo → Ko → Pr zum Provider übertragen.¹⁰⁶

¹⁰⁴ Vgl. *ETG Fachbericht* (2010), S. 163.

¹⁰⁵ Vgl. *Ebenda*, S. 162.

¹⁰⁶ Vgl. *Ebenda*, S. 163.

5.4 Abrechnungssysteme und Ladeplätze

Sowohl im öffentlichen als auch im nicht öffentlichen Bereich werden die Verbrauchsmessung mit Hilfe von ein- oder dreiphasigen Stromzähler durchgeführt. Die Verbrauchsdaten (Energie in kWh) werden regelmäßig archiviert und zur Zentrale weitergeleitet.

Für die Betreuung von Ladestationen werden Softwareanwendungen implementiert, die die Verbrauchswerte berechnen und direkt zum Rechnungswesen senden.

5.4.1 Prepaid Ladestation

Die Realisierung von Prepaid Ladestation ist einfach, wenn man annimmt, dass die Kosten der Ladeleistung für einen Ladevorgang in dem Umfang von einigen Cents liegen. In diesem Fall werden die Kosten der Ladeleistung entweder pauschal den Kosten des Parkplatzes zugeschlagen, oder separat für jede Steckdose kalkuliert. Anschließend erfolgt die Bezahlung der Ladeleistung mit Bargeld am Kassenautomat oder über eine Guthabekarte.¹⁰⁷ Diese Bezahlungsmethode eignet sich für öffentliche Gebiete z.B. Supermärkte und Städte.

Die individuelle Berechnung der Ladeleistung erfordert vom Betreiber der Ladestationen die Bereitstellung eines Kommunikationssystems, das fähig ist, für jeden Ladevorgang an einem Ladeplatz den momentanen Energieverbrauch an den Kassensystemen weiterzuleiten. Die Bedingung für die Realisierung eines solchen Kommunikationssystems ist die Unabhängigkeit der Messungen an den einzelnen Ladeplätzen. Das bedeutet, dass für alle Ladeplätze im System die verbrauchte Energie unabhängig voneinander ermittelt werden muss. Dies kann zentral in Sternschaltung der Ladeplätze im Kassensystem oder dezentral in den einzelnen Ladeplätzen geschehen.¹⁰⁸

5.4.2 Elektrofahrzeuge per SMS laden

Für die Authentifizierung des Kunden kommt ebenfalls eine Anmeldung via Handy oder Smartphone, z. B. mit Verwendung eines persönlichen Codes in Frage. Es wurden viele Lösungen entwickelt, die eine Abrechnung der Ladekosten über das Mobil-

¹⁰⁷ Vgl. Ebenda, S. 164.

¹⁰⁸ Vgl. Ebenda.

telefon ermöglichen. Dabei entfällt eine aufwendige Registrierung des Kunden. Wer sein Elektrofahrzeug laden möchte, braucht dafür nur ein Mobiltelefonvertrag. Durch das Versenden einer SMS, die an eine auf der Ladestation angegebene Nummer gesendet wird, kann der Ladeprozess freigegeben werden. Smartphone-Anwendungen sollen künftig weiter entwickelt werden. Ebenso sollen deren Funktionalität erweitert werden, um den Nutzer z.B. bei der Suche und Reservierung von Ladestationen zu helfen.¹⁰⁹

5.4.3 Einbindung von Ladeplätzen in ein bestehendes Netzwerk

Anstatt der Batteriewechselstationen wird ebenfalls von vielen Energieversorgern und Provider der Ansatz verfolgt, dass die Ladeplätze direkt in ein bestehendes Netzwerk eingebunden werden können. Wenn man z.B. ein PLC-Datenkommunikation (Powerline Kommunikation) basiertes Smart Metering Netzwerk mit PLC Stromzähler und einem PLC-Konzentrator als Gateway für die Weiterleitung von Daten und Kommunikation mit dem Energielieferanten betrachtet, stellt man fest, dass auch Elektrofahrzeug in diese Netztopologie integriert werden können.¹¹⁰

Bei dieser Kommunikationsarchitektur wird vorausgesetzt, dass der Netzbetreiber für die Einbindung und Integration von Ladestationen seine Kommunikationsprotokolle weiterentwickelt und anpasst, damit es die Möglichkeit gibt, bei jedem Ladevorgang die Anmeldung, Autorisierung, Authentifizierung und die Abrechnung individuell für jeden Kunden durchzuführen.

Die Datenkommunikation zwischen einem Energielieferanten und dem Kunden muss sicher sein. Das bedeutet, dass bei allen Messungen die für eine Kostenabrechnung innerhalb des Systems herangezogen werden, nur geeichte Stromzähler verwendet werden.¹¹¹ Die Stromzähler können sowohl im Elektrofahrzeug wie auch in der Ladesäule installiert werden. Im Folgenden werden drei PLC-Konzepte vorgestellt.

¹⁰⁹ Vgl. Pudenz (2011).

¹¹⁰ Vgl. ETG Fachbericht (2010), S.164.

¹¹¹ Vgl. Ebenda.

- Einfache Standard PLC-Ladearchitektur

Diese Architektur besteht aus einem Elektrofahrzeug mit integriertem PLC-Modul, eine Ladestation, die in das PLC-Datennetz eingebunden ist und einem PLC-Konzentrator, der die Kundendaten, Messwerte und Rechnungsdaten liest und an die Energieversorger weitergibt. Beim Anmelden werden alle wichtigen Daten von Kunden automatisch gelesen und geprüft.¹¹²

Der Datenaustausch geschieht über einen PLC-Datenkanal. Das Elektrofahrzeug verfügt hierbei über ein PLC-Modul, das mit einem Controller oder ECU verkabelt ist, um die Kommunikation mit der Ladestation zu steuern. Die Verbindungs- und Abrechnungsdaten werden im Konzentration aufgenommen und mit dem Energieversorger ausgetauscht.¹¹³

- PLC-Architektur für Parkplätze

In dieser Architektur muss jeder Ladepunkt mit einer Steckdose ausgestattet werden. Der Konzentration wird als Kommunikationskanal für Kundendaten, Messwerte, Abrechnungsdaten zwischen Energieprovider und Kunde über LAN, DSL, UMTS, GPRS, etc. verwendet. Der Konzentration kann auch direkt Kostendaten zu Kassensystemen im Parkhaus senden. Der Parkhausbetreiber kann die Ladungskosten transparent für Kunden und Energieversorger abrechnen, da über PLC-Kommunikationskanal alle wichtigen Daten für die Erzeugung eines Abrechnungsbogens abgefragt und übertragen werden.¹¹⁴

- PLC-Ladearchitektur für Privathaushalt

Bei dieser Architektur werden die Abrechnungsdaten unmittelbar an den Konzentration übermittelt, der die Transaktionsdaten zum Energieversorger weitergibt. Wenn das Fahrzeug beispielsweise bei einem Bekannten aufgeladen wird, müssen die Da-

¹¹² Vgl. *Ebenda*, S. 165.

¹¹³ Vgl. *Ebenda*.

¹¹⁴ Vgl. *Ebenda*.

ten von diesem an den Provider weitergeleitet werden, damit ihm die entnommene Ladeleistung von Energieversorger wieder gut geschrieben werden kann.¹¹⁵

5.4.4 Intelligente Fahrzeuge

Bei diesem Lösungsansatz wird das Fahrzeug mit einer speziellen „On Board Unit“ (OBU) oder mit einem modifiziertem Steuergerät (Elektronic Control Unit (ECU)) ausgestattet, über die das Fahrzeug mit anderen Fahrzeugen (Car-to-Car) oder mit einem Dienstanbieter (Car-to-Infrastructure) kommunizieren und Daten austauschen kann. Die OBU muss über ein Kommunikationsmodul verfügen. Dieses Modul muss auf UMTS, WLAN, GPRS, etc. Technologien basieren.¹¹⁶ Die Kosten von Park- und Ladekosten werden sicher und automatisch berechnet. Die Abrechnungserstellung über solches Kommunikationsmodul ist manipulationssicher.

5.5 Energiemessung in Ladearchitekturen

Der Energiemessung unterliegen zwei verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann diese direkt in der Ladestation erfolgen, zum anderen erfolgt die Messung im Elektrofahrzeug.

5.5.1 Energiemessung in der Ladestation

Bei dieser Variante ist der große Vorteil für den Energieversorger, dass die Messung innerhalb seiner Ladestation durchgeführt wird. Aus diesem Grund kann der Energieprovider die Abrechnungsvarianten spezifisch für jeden Kunden festlegen. Der Nachteil dieses Konzept ist die Organisation und Verwaltung des Aufladens von Elektrofahrzeug im privaten Gebiet und die transparente Erstellung von Abrechnungen.¹¹⁷

¹¹⁵ Vgl. *Ebenda*.

¹¹⁶ Vgl. *Ebenda*.

¹¹⁷ Vgl. *Ebenda*, S. 166.

5.5.2 Energiemessung im Elektrofahrzeug

Bei dieser Variante ist die Befürchtung der Energieversorger, dass die Zählerstände durch den Kunden oder Dritte manipuliert werden könnten. Die Netzbetreiber müssen die Abrechnungsmethoden standardisieren, weil die Abrechnungsdaten direkt vom Elektrofahrzeug geliefert werden.¹¹⁸ Der zweite Nachteil dieser Lösung ist die Zuordnung des Zählers. Der Zähler im Elektrofahrzeug wird einem Fahrzeug zugeordnet. Das Elektrofahrzeug hat einen Inhaber, kann aber mehrere Fahrer haben die das Elektrofahrzeug fahren und bei verschiedenen Energieversorgern Verträge haben.¹¹⁹

5.6 Elektromobilität und Sicherheit

Die Ladestationen senden und empfangen beim Energietransfer große Datenmengen (Bezahlungsdaten, Kundendaten und Messwerte) zwischen Elektrofahrzeug und Provider. Ladesäulen dienen auch als Schnittstelle für Datenaustausch zwischen Elektrofahrzeug und Smart Grid. Die Kommunikation zwischen Smart Grid, Elektrofahrzeuge und Ladesäule kann kriminelles Interesse wecken. Diese Vernetzungen machen das Fahrzeug, Ladestation und Kundendaten anfällig für Angriffe von Hackern oder anderen digitalen Bedrohungen.¹²⁰ Da die Verbindungen per Strom-Kabel die PLC-Technik nutzen sollen, könnten die Hacker die Kommunikation stören, abhören oder manipulieren. Es ist auch möglich, dass durch Manipulation von Ladeparametern Verluste und physischer Schaden am Fahrzeug und der Ladesäule auftreten. Im schlimmsten Fall könnte der sichere Betriebszustand des gesamten Netzes und Fahrzeugs gestört werden. Um solche Angriffe zu vermeiden und zu stoppen, müssen alle Daten signiert und/oder verschlüsselt sein.¹²¹ Im Rahmen der ISO 15118 wird auf europäischer Ebene das exakte Ladeprotokoll zwischen Ladesäule und Elektrofahrzeugen spezifiziert. In Deutschland soll dieses Ladeprotokoll von DIN und DKE übernommen werden. Diese Norm beinhaltet vor allem:¹²²

¹¹⁸ Vgl. Ebenda.

¹¹⁹ Vgl. Ebenda.

¹²⁰ Vgl. Evavold/Miller (2011): S.11.

¹²¹ Vgl. Knechtel (2011).

¹²² Vgl. Ebenda.

- Die aktive Steuerung von Ladevorgängen, damit die Vorteile des Smart Grid genutzt werden.
- Die Implementierung und Realisierung von Bezahlvorgängen und weitere Services über diese Schnittstellen.

Die ISO 15118 nutzt das TLS-Protokoll (Transport Layer Security). Die Ladesäule muss sich als vertrauenswürdig ausweisen. Danach werden beide Partner über eine vertrauliche Sitzung (sichere Verbindung) Daten austauschen. Diese Lösung ist bereits aus dem Homebankingbereich bekannt. Bei der Absicherung von Elektromobilität und Smart Grid müssen zuverlässige und funktionierende Verfahren verwendet werden, um das Vertrauen der Nutzer zu gewinnen.¹²³

5.7 Fazit

Im Bereich Datenkommunikation muss berücksichtigt werden, dass kostengünstige Technologien zum Einsatz kommen, da ansonsten der Vorteil günstigen Energiekosten im Vergleich zu konventionellen Antriebsmotoren schwindet.¹²⁴ Hier bietet es sich an, die Systeme mit der PLC-Technologie anzuwenden. Bei der Datensicherheit müssen die Abrechnungsdaten signiert und verschlüsselt übertragen werden. Es ist auch notwendig bei der Absicherung von Elektrofahrzeug und Smart Grid zuverlässige Verfahren zu nutzen. In der Zukunft muss das Fahren mit dem Elektrofahrzeug genauso sicher wie mit herkömmlichen Fahrzeugen sein.¹²⁵

Das gesamte Kapitel ist eng mit der Speichertechnologie sowie Ladekonzepte verbunden (siehe Kapitel 3 sowie 4). Durchdachte Kommunikationssysteme sind Wegbereiter für eine effiziente Nutzung der zur Verfügung stehenden Energie. Insbesondere das noch in der Planung befindliche Vehicle to Grid (vgl. Kapitel 3.4.4) nimmt hierbei zwischen Kommunikation und Speicher überschüssiger Energie aus dem Stromnetz im Elektrofahrzeug (bzw. dessen Batterie) eine Schlüsselrolle ein, deren abschließende Positionierung durch noch in der Entwicklung befindliche Technologie nicht vorhergesagt werden kann.

¹²³ Vgl. *Ebenda*.

¹²⁴ Vgl. *Nischler et al.* (2011).

¹²⁵ Vgl. *Knechtel* (2011).

6 Smart Traffic

Die Arbeitsgruppe 3 der Nationalen Plattform für Elektromobilität, welche sich für Infrastrukturaspekte der Elektromobilität zuständig sieht, thematisiert im zweiten Bericht zwei Bereiche: Ladeinfrastruktur und Netzintegration. Es handelt sich dabei um rein energieorientierte Themen, verkehrsinfrastrukturelle Aspekte wurden jedoch von der Arbeitsgruppe 3 bisher nicht betrachtet. Gerade in diesem Feld besteht aber Handlungsbedarf, wie es die politischen Vorgaben der EU, in Form des Weißbuches „Verkehr“ (KOM 144 endg.) vom 28.03.2011, aufzeigen. So wird sich zum gemeinsamen europäischen Ziel gesetzt, bis zum Jahre 2030 eine Halbierung, bis 2050 eine völlige Abschaffung der „konventionell betriebenen“ PKWs im Stadtverkehr zu erreichen. Dabei wird die Elektrifizierung des Antriebs als Instrument zur Zielerreichung in den EU Handlungsrichtlinien nicht erwähnt. Stattdessen werden folgende „Instrumente“ genannt:¹²⁶

- Die Gewährleistung einer nahtlosen Mobilität von Tür zu Tür (Rn. 41)
- Die Förderung der Intermodalität, also die Verknüpfung mehrere Verkehrsträger (Rn. 41)
- Die notwendige Förderung des öffentlichen Verkehrs (Rn. 41)
- Die Entwicklung einer Stadtmobilitätsplanung (Rn. 49)

Inhaltlich können diese Punkte zum großen Teil dem verkehrsstrukturellen Themenblock zugeordnet werden. Im Folgenden soll daher der Mobilitätsgedanke der Nationalen Plattform für Elektromobilität um genau diese erweiterte Perspektive betrachtet werden.

¹²⁶ vgl. *European Commission- Directorate General for Mobility and Transport* (2011).

6.1 Die Notwendigkeit umfassenderer Verkehrskonzepte

Die Fachtagung des Kongresses „Lebenswelt Elektromobilität“ hat folgende Kernfragen herausgearbeitet, die es im Rahmen der Elektrifizierung des Individualverkehrs zu beantworten gilt:¹²⁷

- Wie können Elektrofahrzeuge im Verkehrsnetz der Zukunft sowohl Teil des Individual- als auch des öffentlichen Verkehrs sein?
- Können sie Katalysatoren für intermodale Systeme sein, für die ÖPNV Integration, für Carsharing- und Verleihsysteme?
- Wer ist der Kunde, der eine solche Dienstleistung erwirbt?
- Wie verbinden wir die Visionen von Stadtentwicklung und Elektromobilität miteinander zum Nutzen der Bürgerschaft und im Sinne des Klimaschutzes?

Prinzipiell gehen mit dem Konzept der NPE, Elektrofahrzeuge massenmarktkompatibel zu gestalten, einige, bisher ungenannte negative Effekte für die Verkehrsinfrastruktur einher. Der Deutsche Städtetag, welcher den größten kommunalen Spitzenverband Deutschlands darstellt und die Interessen aller kreisfreien und der meisten kreisangehörigen Städte vertritt, nennt die folgenden drei größten Herausforderungen:¹²⁸

1. E-Fahrzeuge brauchen weiterhin viel Bewegungs- und Abstellfläche.
2. E-Fahrzeuge benötigen eine besondere zusätzliche Ladeinfrastruktur.
3. E-Fahrzeuge - als Substitut konventionell betriebener Fahrzeuge - vermehren die Fahrzeugflotte, da potentielle Nutzer stark zu einem elektrifizierten Zweitwagen tendieren.

Somit ist der Elektrofahrzeugverkehr, neben der bereits berücksichtigten Energiekonzeption, als Teil der kommunalen Siedlungs-, Stadt- und Verkehrsplanung zu betrachten. Die Forderung des Deutschen Städtetages nach einem abgestimmten Vorgehen statt isolierter Einzelkonzepte zur Einführung der Elektromobilität ist berechtigt. Dies trifft insbesondere im Kontext der lokal abgewickelten Schaufensterprojekte sowie der bisher noch unabgestimmten Anreizmodelle zu, wie beispielsweise der Mitbenutzung von Busspuren durch Elektrofahrzeuge.

¹²⁷ Vgl. *Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie* (2011).

¹²⁸ vgl. *Deutscher Städtetag* (2011), S.4 f.

Nach dem aktuellen Planungsstand der NPE werden die deutsche Großstädte als der wichtigste zukünftige Absatzraum für Elektrofahrzeuge betrachtet, weswegen die Schaufensterprojekte auch bevorzugt in entsprechende Ballungszentren vergeben werden. Kritisch zu hinterfragen ist dabei, ob der Bedarf an elektrifiziertem mobilem Individualverkehr in urbanen Regionen nicht überschätzt wird.

Nach Aussage des Deutschen Instituts für Urbanistik geht mit einer höheren Urbanität, also bei höherer Siedlungsdichte und kürzerer Distanz zum Stadtzentrum, der Bedarf an mobilen Individualverkehrsträgern zurück. Die Bedeutung des öffentlichen Personenverkehrs nimmt dagegen zu.¹²⁹ Diesen Zusammenhang verdeutlicht Abb. 7:

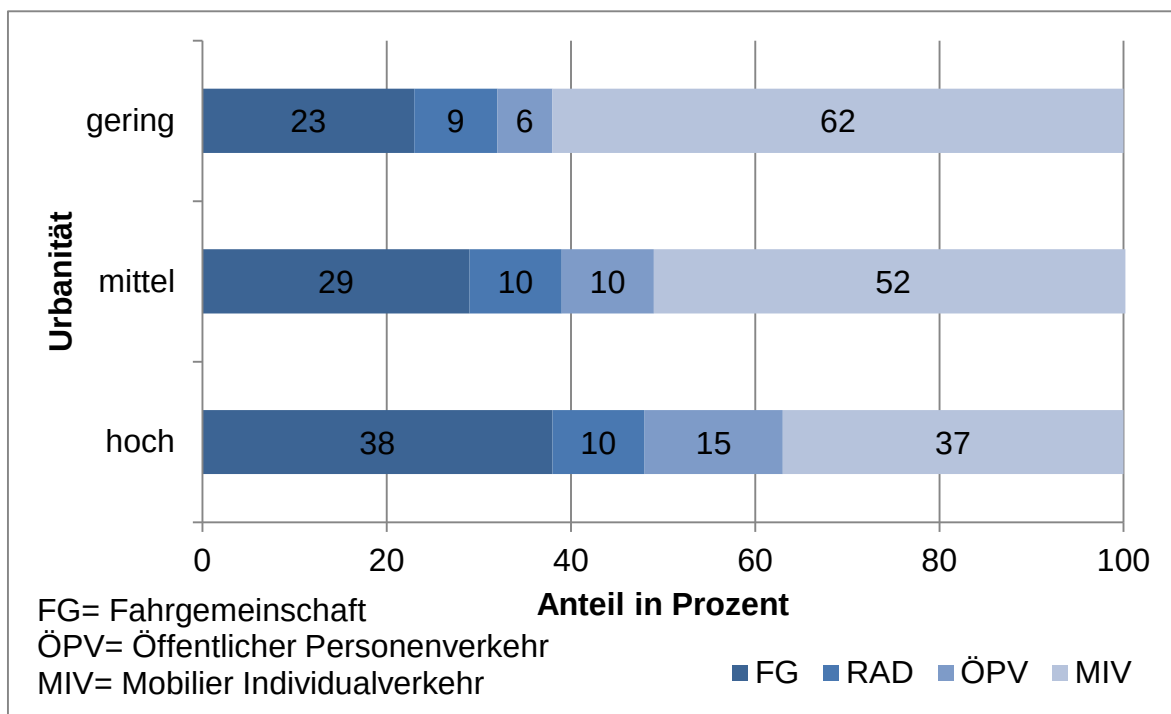


Abb. 7: Zusammenhang zwischen Verkehrsmittelwahl und Urbanität¹³⁰

Die Erkenntnis aus dem Zusammenhang zwischen Urbanität und MIV-Anteil spricht eher für einen forcierten Einsatz von Elektrofahrzeugen in Regionen, welche sich zwischen ländlichen und urbanen Arealen befinden, wie beispielsweise die von Berufspendlern als Wohnsitz favorisierten Trabantenstädte. Für stark urbanisierte Regionen ist jedoch ein umfassenderes Mobilitätskonzept notwendig, welches dem Kunden eine Vielzahl an Verkehrsoptionen zur Verfügung stellt.

¹²⁹ Vgl. Beckmann (2011), S.15.

¹³⁰ Eigene Darstellung in Anlehnung an Beckmann (2011), S. 22

6.2 Intermodalität

Im Kontext des Personenverkehrs beschreibt der Term Intermodalität das Prinzip einer mehrgliedrigen Transportkette, bei der ein und dieselbe zu transportierende Person mit mindestens zwei verschiedenen Verkehrsträgern befördert wird. Dabei findet ein Wandel des Verkehrsteilnehmers vom Mobilitätsbesitzer zum Mobilitätsnutzer statt.¹³¹ In Abb. 8 ist eine intermodale Transportkette exemplarisch gegeben. Der Verkehrsteilnehmer kann in diesem Falle mit einem gemieteten Elektroauto einen Bahnhof, welcher die erste Schnittstelle darstellt, anfahren und anschließend den Verkehrsträger wechseln. Er setzt danach die Reise mit dem Zug bis zur S-Bahn Station fort und hat nun die Option verschiedener individueller sowie öffentlicher Verkehrsträger, um zum Zielort zu gelangen.

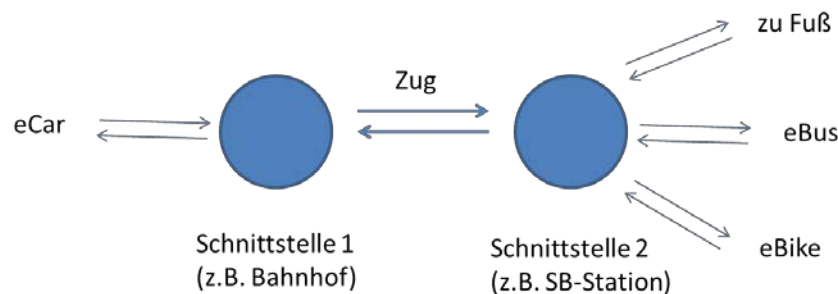


Abb. 8: Intermodale Beförderungskette (exemplarisch)¹³²

Prinzipiell besteht in dem gegebenen Beispiel die Möglichkeit, dass der Verkehrsteilnehmer keinen der genutzten Verkehrsträger besitzt, sondern stattdessen für jede Fahrt Nutzungsrechte erwirbt. Dies kann durch verschiedene Finanzierungs- bzw. Kostenmodelle umgesetzt werden wie z.B. dem klassischen Ticketkauf, der Benutzung gegen eine Leihgebühr, dem Kurzzeitleasing, etc. Die zentrale Herausforderung dabei ist es, die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern abzustimmen und somit die gesamte Transportkette einerseits so flexibel wie möglich zu gestalten, andererseits die Komplexität bei gleich bleibender Verfügbarkeit zu reduzieren. Diese Herausforderung kann nur mit einer umfassenden und benutzerfreundlichen IT-Infrastruktur angegangen werden. Denkbar wären hier Smartphone Applikationen, welche dem Verkehrsteilnehmer eine mobile und kurzfristige Planung der Beförderungskette ermöglichen könnten.

¹³¹ Vgl. Schlager (2011), S.14.

¹³² Eigene Darstellung.

Die Deutsche Bahn AG hat dabei eine besondere Chance als zukünftiges Leitunternehmen in Sachen Modalität die Rahmenbedingungen zu setzen. Zum einen ist durch Pilotversuche mit Elektrofahrzeugen, Fahrrädern und Pedelecs bereits ein gewisses Knowhow im Unternehmen bezüglich Intermodalität vorhanden. Des Weiteren ist die DB AG das derzeit einzige Unternehmen mit einem ausgebauten und flächendeckenden öffentlichen Fernverkehrsnetz, welches Reiserouten für weitere Distanzen ermöglicht. Die vorhandenen Bahnhöfe werden bereits als zentrale Knotenpunkte bzw. Schnittstellen der Beförderungskette genutzt, um die sich weitere Anbieter von intermodalen Verkehrskonzepten agglomerieren könnten. Die Grundvoraussetzungen sind dabei als durchaus positiv einzuschätzen, da Kunden der Deutschen Bahn AG einer Umfrage nach zu urteilen, tendenziell umweltbewusster und offener für nachhaltige Mobilitätslösungen sind.¹³³

6.3 Die Bedeutung des öffentlichen Personennahverkehrs

Die Notwendigkeit von umfassenderen e-Mobility Konzepten und, gerade im urbanen Bereich, von intermodalen Verkehrskonzepten wurde bereits erläutert. Im Folgenden soll speziell die Bedeutung des elektrifizierten öffentlichen Personenverkehrsangebotes näher betrachtet werden.

Zunächst sind einige Nachteile des traditionellen öffentlichen Personennahverkehrs gegeben, welche unabhängig von dem gegebenen Elektrifizierungsgrad sind:¹³⁴

- Fehlende zeitliche Flexibilität: Fahrplanbindung
- Fehlende örtliche Flexibilität: Linienbindung
- Schwierigkeiten beim Transport schwerer oder sperriger Lasten
- Tendenziell hohe Komplexität der Reiseplanung
- Prinzipielle Fremdbestimmung des Mobilitätsverhaltens
- Fehlende Individualität

Dabei sind die beiden letzten Nachteile des ÖPNV besonders hervorzuheben. Nach einer Studie des Wirtschaftszentrums für Sozialforschung Berlin ist anzunehmen,

¹³³ Vgl. Körfgen, Ralph (2011).

¹³⁴ Vgl. Jung (2011), S.5 ff.

dass die individuelle Beweglichkeit nach der eigenen Entscheidung ein Grundbedürfnis der modernen Gesellschaft ist.¹³⁵

Als Vorteile des elektrifizierten öffentlichen Personennahverkehrs gegenüber dem mobilen Individualverkehr sind die folgenden Punkte zu nennen:¹³⁶

- + Keine Reichweitenprobleme
- + Handhabung der Akkumulatoren durch geschultes Personal
- + Einfache Integration in das Smart Grid, z.B. Lastmanagement durch Aufnahme von Überschuss-Strom zu beliebigen Zeiten möglich
- + Geringerer Flächenbedarf
- + Knowhow Vorsprung der Elektrifizierung
- + Hohe Ausnutzung der getätigten Investitionen durch eine lange tägliche Betriebsdauer
- + Geringerer Energieverbrauch (je Person)

Die letzten beiden Punkte können anhand einer kurzen Überschlagskalkulation deutlich gemacht werden. Für eine vollständig elektrifizierte Stadtbusflotte ergibt sich nach Aussage der *Arbeitsgruppe ST1* des Fachkongresses „Lebenswelt Elektromobilität“ folgender durchschnittlicher Energiebedarf:¹³⁷

Laufweite eines Busses pro Tag:	250 km
Energiebedarf pro km:	2,5 kWh
Energiebedarf pro Tag:	625 kWh
Energiebedarf pro Jahr:	228 MWh
Energiebedarf einer Busflotte (à 10.000 Busse):	2,28 TWh
Berücksichtigung von Leitungs-/ Ladeverlusten:	$\eta = 0,85$ $\rightarrow 2,28 \text{ TWh} * 1/0,85$ = 2,68 TWh

Die Busflotte à 10.000 Busse, welche 27% der gesamten Busflotte in Deutschland darstellt, benötigt also abzüglich der Leitungs- und Ladeverluste ein Energievolumen

¹³⁵ Vgl. *Wirtschaftszentrum Berlin für Sozialforschung* (2011).

¹³⁶ Vgl. *Arbeitsgruppe ST1-MVV Energie* (2011), S.5 ff.

¹³⁷ Vgl. *Arbeitsgruppe ST1-MVV Energie* (2011), S.11.

von ca. 2,68 TWh. Alternativ könnten mit einem vergleichbaren Energiebedarf von 2,7 TWh ca. 0,7 Mio. Elektro-PKWs (Deutschland, Stadtnutzung) jährlich versorgt werden. Diese 0,7 Mio. Elektro-PKWs stellen dabei aber deutlich unter 2% des deutschen PKW- Marktes dar. Schlussendlich ist also eine Elektrifizierung der Busflotte im Vergleich zur Elektrifizierung des PKWs – zumindest bezüglich des Energiebedarfs je transportierter Person - deutlich effizienter.

6.4 Fazit Smart Traffic

Das Ziel der Europäischen Kommission bis 2050 eine völlige Abschaffung der „konventionell betriebenen“ PKWs im Stadtverkehr zu erreichen gilt als gesetzt. Bisher wurde der Elektrifizierung des Individualverkehrs im Rahmen der Planung und Berichterstattung der NPE am meisten Bedeutung beigemessen, die zukünftige Rolle der öffentlichen Verkehrsmittel wurde hingegen völlig außer Acht gelassen. Erste Bewegungen von Vertretern der städtischen Infrastrukturplanung, wie dem deutschen Städtebund, zeigen, dass die Thematik „Smart Traffic“ nicht nur im Dialog zwischen Industrie und Bundesstaat gelöst werden kann. Elektrofahrzeuge stellen dabei nur einen Aspekt eines intelligenten und vernetzten Verkehrssystems dar. Gerade für stark urbanisierte Regionen ist demnach ein umfassenderes Mobilitätskonzept notwendig, welches dem Kunden eine Vielzahl an Verkehrsoptionen zur Verfügung stellt. Dabei findet ein Wandel des städtischen Verkehrsteilnehmers vom Mobilitätsbesitzer zum Mobilitätsnutzer statt. Insbesondere der öffentliche Personennahverkehr wird bei der Fahrzeugelektrifizierung eine zunehmend bedeutendere Rolle spielen. Die Informations- und Kommunikationstechnologie hingegen wird bei der Integration von individuellen Elektrofahrzeugen in die Energie- und Verkehrsnetze eine bedeutende Position einnehmen. Bisher stand die datentechnische Vernetzung der Ladeinfrastruktur im Vordergrund, zukünftig soll die Informations- und Kommunikationstechnologie jedem Verkehrsteilnehmer die benötigten Informationen für eine Teilnahme am intermodalen Verkehr bereitstellen. Dafür ist jedoch ein Umdenken der Verbraucher erforderlich. Entscheidungen werden immer häufiger durch die Technologie übernommen oder zumindest unterstützt und greifen somit in das ursprünglich „gelernte“ Verhalten des Autofahrers, um das energie- und zeiteffiziente Vorankommen zu optimieren.

7 Geschäftsmodelle

Der zweite Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität definiert das kontrovers diskutierte Ziel, Deutschland bis zum Jahre 2020 zum Leitmarkt für e-Mobility umzugestalten. Dabei soll das Primärziel durch eine dreiphasige Prozessabfolge erreicht werden (siehe Abb. 9)¹³⁸

- 1 Marktvorbereitung bis 2014 mit Schwerpunkt auf Forschung und Entwicklung sowie Schaufensterprojekten.
- 2 Markthochlauf bis 2017 mit einem Fokus auf dem Marktaufbau bei Fahrzeugen und Infrastruktur.
- 3 Beginnender Massenmarkt bis 2020 mit tragfähigen Geschäftsmodellen.



Abb. 9: Dreiphasenplanung der NPE für e-Mobilität¹³⁹

Bis zu dem Jahre 2020 sollen dem Bericht nach Geschäftsmodelle konzipiert werden, welche durch die bis dahin vorhandene Masse an Elektrofahrzeugen gestützt werden. Das heißt, dass sich die NPE darauf beschränkt, Rahmenbedingungen zu schaffen, wie beispielsweise Schlüsseltechnologien zur Verfügung zu stellen und die notwendige Infrastruktur aufzubauen. Es besteht also der Anspruch, dass sich die Geschäftsmodelle nach dem Grundprinzip der freien Marktwirtschaft eigenständig entwickeln und sich mit Ende der dritten Phase auch selbstständig finanziell tragen.¹⁴⁰

¹³⁸ vgl. *Nationale Plattform Elektromobilität (2011)*, S. 4 ff.

¹³⁹ Eigene Darstellung in Anlehnung an *Nationale Plattform Elektromobilität (2011)*, S. 5.

¹⁴⁰ Vgl. *Nationale Plattform Elektromobilität (2011)a*, S. 4 ff.

7.1 Technology Push vs. Market Demand

Aus der Sicht des Innovationsmanagements bestehen prinzipiell nur zwei treibende Kräfte, welche Technologienerneuerungen vorantreiben. Auf der einen Seite steht das „Technology Push“-, auf der anderen Seite das „Market Demand Pull“- Prinzip. Erstes beinhaltet den Ansatz, dass unabhängig von identifizierten Kundenbedürfnissen Technologien am Markt eingeführt werden. Häufig ergeben sich für den First-Mover daraus radikale Technologiesprünge mit hohem Gewinnpotential, was aber zeitgleich mit erheblichen Risiken einhergeht.¹⁴¹ Das Market Demand Pull- Prinzip hingegen stellt die Kundenorientierung in den Vordergrund, wodurch das Unternehmensangebot den Nachfragewünschen des Marktes angepasst wird. In der Regel sind sich die Kunden ihrer Technologiebedürfnisse nur geringfügig bewusst, was meist nur in Produktverbesserungen oder stetigen Technologieänderungen resultiert.¹⁴²

Die deutsche Regierung sowie die Autoindustrie und Energieunternehmen, Organisationen welche der NPE angehören, haben sich im Rahmen der Vorhaben bis 2020 bereits für eine „Technology Push“ Strategie positioniert. Andere Unternehmen, welche das Marktpotential der e-Mobility zukünftig nutzen wollen, müssen sich hingegen vorab zwischen den beiden Ansätzen entscheiden. Sie können zu einer Vorreiterrolle tendieren und eigenständig Produkte bzw. Dienstleistungen generieren oder aber abwarten, bis sich am Markt konkretere Kundenbedürfnisse herauskristallisiert haben.

Dabei wird sich erfahrungsgemäß jedoch nicht zwangsweise die leistungsfähigste technische Lösung durchsetzen, sondern viel mehr das am besten abgestimmte Geschäftsmodell. Somit gilt es für die Unternehmen, unabhängig von der selektierten Marktstrategie, die e-Mobility Nutzer zu beobachten und gegebenenfalls die eigenen Konzepte anzupassen.¹⁴³

¹⁴¹ Vgl. *Gabler Wirtschaftslexikon*, (2011).

¹⁴² Vgl. *Fachhochschule Aachen* (2011).

¹⁴³ Vgl. *Jonuschat* (2011), S. 5.

7.2 Zukünftige Wertschöpfung in der Automobilbranche

Für die Entwicklung fundierter Geschäftsmodelle ist ein Verständnis von der Wertschöpfungskette der Automobilbranche zwar nicht zwingend notwendig, jedoch erleichtert es die Identifizierung von zukünftigen Märkten als auch Marktnischen. Grundlegend muss dabei unterschieden werden zwischen der heutigen Wertschöpfungskette, wie sie vor allem durch PKWs mit Verbrennungsmotoren gegeben ist, und der zukünftigen Wertschöpfungskette, die mit der Elektrifizierung des Antriebsstranges einhergeht. Im Folgenden soll nicht detailliert auf die Wertschöpfungsverteilung in der bestehenden Automobilbranche eingegangen werden, sondern die entstehenden Geschäftsfelder und deren Einordnung betrachtet werden. Im Vergleich der heutigen mit der zukünftigen Wertschöpfungskette wird ersichtlich, dass fünf neue Bereiche zur bestehenden Wertschöpfungskette hinzukommen:

- Die Erstellung von Software zur Erweiterung der Fahrzeug-Funktionalität (z.B. Smart Phone Applikationen)
- Die Energiebereitstellung und –Abrechnung (z.B. Energieversorger)
- Die Erweiterung der Fahrzeugfunktionalität durch zusätzliche Komponenten (z.B. mobile Navigationssysteme)
- Die Bereitstellung von Mobilität durch zusätzliche andere Verkehrsmittel (z.B. das intermodale Konzept der Deutschen Bahn)
- Die Bereitstellung von fahrzeugbezogenen Mobilitätsdienstleistungen (z.B. das Car2Go Konzept)

Dabei wird ersichtlich, dass die neuen Geschäftsfelder außerhalb des Wertschöpfungsbereichs der OEMs liegen und somit den Trend der abnehmenden Wertschöpfungstiefe auf Seiten der Automobilhersteller weiter verstärken.

7.3 Mobilität und Verkehr im Wandel

Aufgrund des mittel- bis langfristigen Planungshorizontes der NPE von 10 bis 20 Jahren gilt es die wichtigsten Trends zu identifizieren, welche den zukünftigen Markt der Elektromobilität beeinflussen. Darunter fallen vor allem Faktoren, welche die Mobilität und den Verkehr als solche langfristig und substantiell verändern.

Zum einen erfolgt eine zunehmende Veränderung der Gesellschaftsstruktur und somit ein Wandel der Zielgruppe zukünftiger Elektrofahrzeugbesitzer. Während insgesamt ein Bevölkerungsrückgang in Deutschland zu verzeichnen ist, steigt das Durchschnittsalter der Führerschein- und Autobesitzer aufgrund der geringen Geburtenquote. Dieser Effekt wird durch ein altersabhängiges Ab- und Zuwandern in bestimmten Regionen lokal verstärkt. So verzeichnete beispielsweise die Bevölkerung von Sachsen-Anhalt im Zeitraum 2002 bis 2010 einen Rückgang um 8%, wobei insbesondere Männer und Frauen im Alter unter 20 Jahren (ca. 35%) in wirtschaftlich attraktivere Regionen abwanderten. Zugleich nimmt das Verlangen nach einem eigenen PKW auf Seite der jüngeren Bevölkerung stark ab, was auf ein sich wandelndes Bewusstsein gegenüber den bisher etablierten Statussymbolen zurückzuführen ist. So wird beispielsweise die Motorisierungsquote junger deutscher Männer bis 2015 um 35% zurückgegangen sein, die Führerscheinquote bei den unter 26-jährigen ist bereits zwischen 2000 und 2008 um 15% zurückgegangen.¹⁴⁴

Als letzter Punkt sei das sich ändernde Mobilitätsverhalten zu nennen, was sich in einem erhöhten Freizeit- und Berufspendlerverkehrsaufkommen über weitere Distanzen bei zugleich geringerer Bindung an den PKW äußert.¹⁴⁵

Als Fazit für die Trends, welche den deutschen Elektromobilitätsmarkt 2020 betreffen, können zwei eindeutige Tendenzen genannt werden: zum einen schrumpft der Markt stetig, was vor allem auf den Gesellschaftsstrukturwandel sowie das sich wandelnde Statusdenken der heutigen Gesellschaft zurückzuführen ist. Zum anderen steigen die Anforderungen an die Mobilitätsprodukte und -dienstleistungen. Ursache dafür sind externe Einflussfaktoren wie z.B. die Verteuerung der Energiepreise aber natürlich auch die wachsenden Ansprüche an die Mobilitätsverfügbarkeit und Reichweite.

¹⁴⁴ Vgl. *Knie* (2011), S. 3.

¹⁴⁵ Vgl. *Malter* (2011), S.7.

7.4 Nutzergruppen

Als wichtiger Bestandteil eines soliden Geschäftsmodells ist die eindeutige Identifizierung der Kundengruppen zu nennen. Nur wenn die Gesamtheit aller potentiellen Nutzer nach definierten Kriterien segmentiert wurde, ist eine Marktpositionierung und gezielte Marktkommunikation möglich. Gerade im Kontext der vielzähligen bestehenden Automobilmarktsegmente wird klar, dass der Anspruch an die Mobilität zwischen PKW-Nutzern stark variiert. Dementsprechend können nach Aussage des Instituts für Zukunftsstudien und Technologieentwicklung die folgenden Hauptnutzergruppen identifiziert werden, welche wiederum Verkehrsarten sowie verschiedenen potentiellen Anbietern zugeordnet werden können:

Tab. 4: Aufteilung der Nutzergruppen nach Verkehrsarten¹⁴⁶

Verkehrsart	Nutzer	Anbieter
Flotten-Verkehr	Angestellte, Carsharing- Mitglieder, Reisende, etc.	Flottenbetreiber (Carsharing, Lieferdienste, Unternehmensflotten, Autoverleiher, etc.)
Individual-Verkehr	Private PKW-Besitzer	Autohersteller, Autohaus
Intermodaler Verkehr	Intermodale Verkehrsteilnehmer	Unternehmen (z.B. Car2Go), ÖPNV (z.B. Deutsche Bahn AG)

Einen vergleichbaren Ansatz der Aufteilung nach Zielgruppen ist durch das Vertriebskonzept der Lautlos GmbH gegeben. Dabei wurden folgende Zielgruppen erfasst:¹⁴⁷

- **Gewerbekunden**, welche den Vorführeffekt der Elektrofahrzeuge zur Imagebildung für das eigene Unternehmen nutzen wollen und meist in der Umwelttechnologie oder Bio-/ Ökobranchen ansässig sind.
- **Zweitwagenbesitzer**, um den gegebenen Nachteil der geringeren Reichweite von Elektrofahrzeugen auszugleichen. In Deutschland besitzen derzeit 22% aller Haushalte mindestens einen Zweitwagen, dabei sind über 10 Mio. PKW Zweit- oder sogar Drittwagen.

¹⁴⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an *Jonuschat* (2011), S. 5.

¹⁴⁷ vgl. *Strube* (2011), S.7.

- **Innerstädtische Mobilitätsnutzer**, die dem Autor zufolge über 2 Mio. Roller/Mopeds in deutschen Städten nur durchschnittlich 2.300 km pro Jahr bewegen, sowie die Kategorie „Kleinwagenfahrer“ die eine Jahresfahrleistung von deutlich unter 10.000 km haben.
- **Nutzfahrzeugbesitzer**, welche in Deutschland mit ca. 2 Mio. leichten Nutzfahrzeugen, wie z.B. Servicefahrzeuge der EVU oder Kommunalfahrzeuge, operieren. In den Ballungszentren wird ein Großteil dieser Fahrzeuge mit einer Jahresfahrleistung deutlich unter 10.000 km/a genutzt.

7.5 Kundenanforderungen

Die Kundenanforderungen sind entsprechend der Verkehrsartteilnehmer individuell zu betrachten. Aufgrund der bisherigen Rechercheergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass die Kundenanforderungen für den Individualverkehr bisher am detailliertesten erfasst wurden. Kundenstimmen aus dem Flottenverkehr wurden im Rahmen einiger weniger Befragungen ebenfalls erfasst, während die Anforderungen potentieller Intermodalverkehrsteilnehmer kaum berücksichtigt wurden.

Für Individualverkehrsteilnehmer gelten folgende grundlegende Anforderungen an elektrische Fahrzeuge:¹⁴⁸

- Die Total Cost of Ownership, also alle kumulierten einmaligen und laufenden Kosten, dürfen insgesamt nicht teurer sein als bei einem Benziner bzw. Diesel.
- Das grüne Image der e-Mobility wird vor allem durch das „Tanken“ bzw. den Ladevorgang vermittelt, da an dieser Stelle der Unterschied zu einem Verbrennungsmotor-PKW erlebbar gemacht wird. Der Aspekt der Umweltverträglichkeit eines Elektrofahrzeugs wird also durch die Gestaltung des Ladevorgangs eingebracht.
- Die Technik im Auto sowie in der direkten Benutzerperipherie sollte so einfach und intuitiv wie möglich gestaltet werden.

¹⁴⁸ Vgl. Jonuschat (2011), S. 7.

Dabei sind als wichtigste Einflussfaktoren auf den Kaufentscheidungsprozess derzeitiger Individualverkehrsteilnehmer in einer Studie des Zentrums für europäische Wirtschaftsforschung folgende treibende (grün) bzw. hemmende (rot) Faktoren identifiziert worden:¹⁴⁹

Kaufpreis 	Kraftstoffkosten 	Motorleistung 	CO2-Emissionen 
Tankstellennetzdichte 	Umweltfreundlichkeit 	Käuferalter 	Technikkomplexität 

Abb. 10: Einflussfaktoren auf den Kaufentscheidungsprozess¹⁵⁰

Die Ergebnisse zeigen, dass die Tankstellennetzdichte eine wichtige Rolle bei der Kaufentscheidung spielt und geringe CO₂-Emissionen schon jetzt ein entscheidendes Kriterium beim PKW-Kauf sind. Dabei ist ein unterschiedliches Kaufverhalten verschiedener Bevölkerungsgruppen zu beobachten, wobei vor allem das Alter eine entscheidende Rolle spielt. Konventionelle Antriebe werden bisher von den Konsumenten stark favorisiert, während Elektrofahrzeuge noch relativ unbeliebt sind.¹⁵¹

Durch Befragungen wurde ebenfalls ersichtlich, dass derzeitige Verkehrsteilnehmer eine ambivalente Einstellung bezüglich der Elektrofahrzeuge haben. Einerseits ist eine wohlwollende Bewertung der Idee von e-Mobility vorhanden, andererseits herrscht ein zu futuristisches Bild von der Elektromobilität. Aus Sicht der potentiellen Käufer sind Elektroautos dabei keine „Sehnsuchtsmobile“, sondern durch externe Rahmenbedingungen, wie z.B. den Klimawandel, forciert. Daher sind Einsichten in die Notwendigkeit von Verhaltensänderungen bereits vorhanden, prinzipiell will der Individualverkehrsteilnehmer jedoch noch nichts an seinem Mobilitätsverhalten ändern. Deshalb ist ein Lernprozess auf Seiten der potentiellen Nutzer notwendig. Ein Feldversuch des Instituts für Transportation Design hat gezeigt, dass durchaus Potential für Einstellungs- und Verhaltensänderungen vorhanden ist. Abbildung 30 stellt ein Ergebnis der Vorher-Nachher-Befragung exemplarisch dar. Ermittelt wurde die Einstellung von Individualverkehrsteilnehmern gegenüber der Reichweitenbeschrän-

¹⁴⁹ Vgl. Hermeling (2011), S. 5 ff.

¹⁵⁰ Eigene Darstellung in Anlehnung an Hermeling (2011), S. 5.

¹⁵¹ Vgl. Ebenda (2011), S. 8.

kung aktueller Elektrofahrzeuge vor und nach der Benutzung. Erkennbar ist die deutlich positivere Einstellung der Versuchsteilnehmer nach dem direkten Kontakt mit der Technologie.¹⁵²

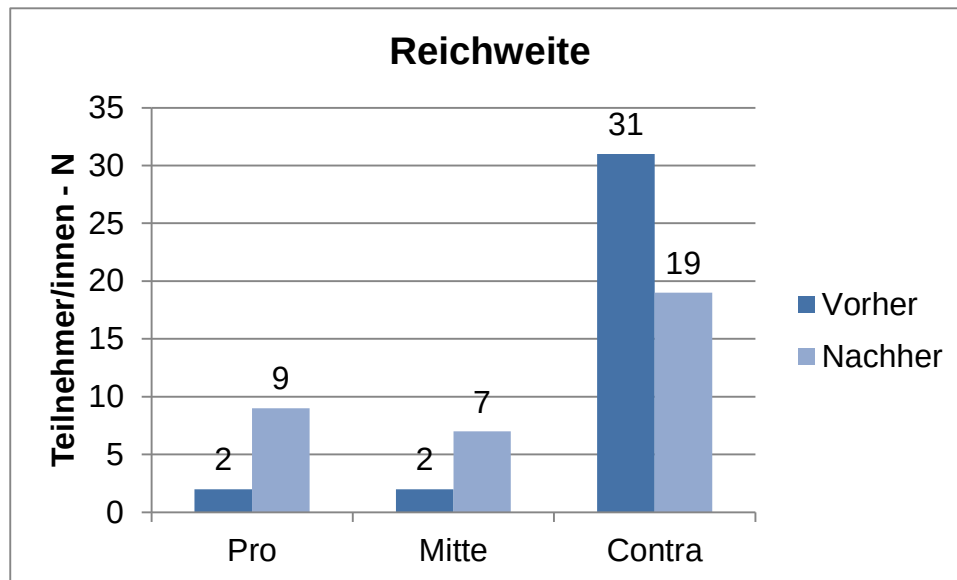


Abb. 11: Änderung der Kundenakzeptanz¹⁵³

Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass Unternehmen zukünftig ihre Produkte und Dienstleistungen „erlebbarer“ machen müssen um eine erfolgreiche Marktdiffusion zu erreichen. Die Technologie muss den potentiellen Käufern also weit vor der eigentlichen Markteinführung zum Testen bzw. Ausprobieren zur Verfügung gestellt werden. Daher ist eine Marketingmixgestaltung, welche sich auf die Medien Internet, Zeitschriften und Fernsehen beschränkt, sehr wahrscheinlich nicht ausreichend. Die Werbebotschaften selbst sollten zwischen den beiden Polen „begeisterungsfördernd“ und „realistisch“ balanciert werden und dürfen die Erwartungen an die Zukunftstechnologien nicht zu hoch positionieren.

¹⁵² Vgl. Schlager (2011), S. 11.

¹⁵³ Eigene Darstellung in Anlehnung an Schlager (2011), S. 11.

7.6 Fazit Geschäftsmodelle

Die zwei Megatrends im Automobilgeschäft, der wachsende Bedarf nach sichereren und finanzierbaren Fahrzeugen sowie die Reduzierung der Kohlenstoffdioxidemissionen, stellen einen enormes Handlungsfeld für die Automobilbranche dar. Die Elektromobilität kann dazu die passende Antwort bieten. Dabei spielen staatliche Unterstützungsmaßnahmen eine erhebliche Rolle um den „Rollout“ erfolgreich und für den Kunden finanzierbar zu gestalten. Auf der anderen Seite muss sich das Modell Elektromobilität nach einer gewissen Zeit finanziell selber tragen können. Dafür sind verstärkte „Economies of Scale“, Steigerungen der Fertigungseffizienz und geringere Beschaffungskosten für die gesamte Zuliefererkette notwendig. Eine Verlagerung der bestehenden Wertschöpfungskette hin zu Gunsten der Automobilzulieferer und zukünftiger Marktteilnehmer aus dem Felde der Elektromobilität ist dabei sehr wahrscheinlich. Unabhängig davon ist die Technologie inklusive ihrer Einschränkungen, verglichen mit dem Verbrennungsmotorkonzept, bereits heute für den Großteil der Endverbraucher aus technischer Sicht ausreichend entwickelt. Bestehende Kaufwiderstände auf Seite der Kunden können durch Lerneffekte und intensive Verbrauchtestphasen weiter reduziert werden.

8 SWOT-Analyse

Dieses Kapitel hat das Ziel, die vorherigen Ergebnisse einer SWOT-Analyse zu unterziehen. Die SWOT-Analyse ist ein betriebswirtschaftliches Instrument, welches zur Strategieentwicklung und Positionsbestimmung von Organisationen dient. Sie bildet die Stärken (strengths), Schwächen (weaknesses), Chancen (opportunities) und Risiken (threats) ab.¹⁵⁴

Diese Analyse soll nun in dieser Arbeit Anwendung finden, um abschließend, zum Projekt Elektromobilität – Infrastruktur, den aktuellen Standpunkt zu beschreiben.

8.1 Stärken

Tab. 5: Stärken der Infrastrukturaspekte

Perspektive	Stärken
Netzinfrastuktur	- Bereits heute ausreichende Menge elektrische Energie für Elektromobilität - Städtische Stromnetze für Lastspitzen teilweise gerüstet
Ladekonzepte	- Hohe Fahrzeugstandzeiten ermöglichen Normalladeleistung - Induktives Laden, Batteriewechsel und hohe Ladeleistung verkürzen Standzeiten
IKT	- Das Fahrzeug ist „always on“ - Unterstützung bei der Suche und Reservierung von Ladestationen
Smart Traffic	- Intermodalität

Es wird deutlich, dass die momentane Menge an elektrischer Energie aus den Netzen für die zukünftige Elektromobilität ausreichen wird. Helfer dabei scheinen eindeutig die Smart Grids zu sein. Diese sorgen zusätzlich dafür, dass Lastspitzen minimiert und der vorhandene Strombedarf besser ausgenutzt wird. Stärken sind auch die ho-

¹⁵⁴ Vgl. Bickhoff (2009), S. 30.

hen Standzeiten der Fahrzeuge, welche in diesen Zeiträumen optimal unter Normalladung betankt werden können. Zusätzlich stehen für Fahrzeuge mit geringen Standzeiten Schnellladungsmöglichkeiten sowie Technologien wie das induktive Laden oder der Batteriewechsel zur Verfügung. Mittels intelligenter Kommunikationssysteme kann zu jedem Zeitpunkt der Insasse des Fahrzeugs auf das Internet zugreifen, Staus können bestimmt und sicher umfahren werden. Hinsichtlich Smart Traffic ist die Intermodalität zu erwähnen. Dies bedeutet, dass ein Verkehrsteilnehmer auf mindestens zwei Verkehrsträger zurückgreifen kann, beispielsweise benutzt er ein E-car, anschließend den Zug und dann ein E-Fahrrad. Diese Prozesse müssen mittels intelligenter Informationssysteme optimal abgestimmt werden. Weil die Elektromobilität gerade in Städten nur im intermodalen Kontext sinnvoll ist, sind erste Ansätze eines umfassenderen Transportnetzes, wie z.B. durch das Geschäftsmodell Car2Go, bereits ersichtlich. Diese positive Eigenschaft der e-Mobility sollte weiter ausgebaut werden.

8.2 Schwächen

Tab. 6: Schwächen der Infrastrukturaspekte

Perspektive	Schwächen
Netzinfrastuktur	- Hohe Investitionskosten für intelligente Stromnetze
Ladekonzepte	- Geringe Anzahl an Stellplätzen mit Ladepunkten - Reduzierung der Lebensdauer der Batterien durch Schnellladung
IKT	- Teure Transaktionskosten und Servicegebühren
Smart Traffic	- Bisheriger Fokus: elektrischer mobiler Individualverkehr

Hinsichtlich der Schwächen im Bereich Netzinfrastuktur sind die hohen Investitionskosten zu nennen, welche für intelligente Stromnetze anfallen. Im Bereich der Ladekonzepte sind die fehlenden Parkplätze mit Ladepunkten besonders in Großstädten zu nennen. Keine eigenen Stellplätze im privaten und beruflichen Umfeld erschweren zusätzlich die Beladung. Informations- und Kommunikationssysteme haben einen

praktischen Nutzen, sind jedoch auch mit relativ hohen Anschaffungskosten verbunden. Eine Schwäche im Bereich Smart Traffic ist es, dass der bisherige Fokus auf den Individualverkehr gelegt wurde. Smart Traffic eröffnet eine völlig neue Denkweise, welche Zeit zum Umdenken benötigt. Zukünftig sollten auch Kommunen sowie der öffentliche Nahverkehr stärker in die Planung miteinbezogen werden, um einem größeren Anteil der Bevölkerung Elektromobilität schneller zur Verfügung stellen zu können.

8.3 Chancen

Tab. 7: Chancen der Infrastrukturaspekte

Perspektive	Stärken
Netzinfrasturktur	- Bessere Einbindung Erneuerbarer Energien - Deutschland als Leitmarkt für intelligente Stromnetze
Ladekonzepte	- Fahrzeugflotten schaffen Anreize für Privatpersonen - Batteriewechsel und induktives Laden als Nischentechnologie
IKT	- Staureduzierung, Unfallvermeidung und Reduzierung der CO₂-Emissionen
Smart Traffic	- Vernetzung aller Verkehrsteilnehmer
Geschäftsmodelle	- Neue Nischen durch den Wandel der Wertschöpfungskette

Im Bereich der Netzinfrasturktur kann der zukünftig zu erwartende starke Ausbau der Erneuerbaren Energien durch Elektromobilität besser eingebunden werden. Die volatile Stromerzeugung kann mit Hilfe von Smart Grids und innovativen Speichertechnologien abgefangen werden. Eine Garantie der Versorgung der Elektrofahrzeuge mit grünem Strom wird somit erleichtert. Es gilt die politischen Rahmenbedingungen zu setzen, damit sich Deutschland weltweit zum Leitmarkt für intelligente Stromnetze entwickeln kann. Fahrzeugflotten als Geschäfts- oder Miet- bzw. Leihfahrzeuge schaffen Anreize für Privatpersonen. Dabei wird dem Verbraucher die Elektromobili-

tät näher gebracht wodurch Kaufwiderstände gesenkt werden. Das Batteriewechselkonzept sowie induktives Laden wurden bisher geringfügiger entwickelt, sind nicht flächendeckend geeignet, bieten aber Potenzial für lokal begrenzte Einsatzgebiete. Sie haben dabei gewisse Vorteile gegenüber dem „klassischen“ Ladevorgang. Durch eine weiter fortschreitende Vernetzung der Fahrzeuge können positive Effekte generiert werden. Denkbar sind hier unter anderem die Reduzierung von Staus, eine Verringerung der Unfallquote sowie eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes durch einen effizienteren Verkehrsfluss. Die Vernetzung aller Verkehrsteilnehmer bietet zudem die Möglichkeit, dem zunehmenden städtischen Verkehrsaufkommen entgegenzuwirken und die Gesamteffizienz des Personentransports zu steigern. Mit den neuen Antriebs- und Energiespeichertechnologien findet ein verstärkter Wandel der klassischen Wertschöpfungskette innerhalb der Automobilindustrie statt. Daraus ergeben sich neue Märkte und Marktnischen, welche es schnellstmöglich zu besetzen gilt.

8.4 Risiken

Tab. 8: Risiken der Infrastrukturaspekte

Perspektive	Schwächen
Netzinfrastuktur	- Zurückhaltendes Investitionsverhalten der Energieversorger
Ladekonzepte	- Fehlende Einigung bezüglich der Standardisierung - Vandalismus
IKT	- Störung des laufenden Betriebs durch Hackerangriffe - IKT-Infrastruktur läuft den Entwicklungen hinterher
Smart Traffic	- Keine Berücksichtigung langfristiger Megatrends
Geschäftsmodelle	- Schrumpfender Markt bei steigenden Anforderungen

Aus Sicht der Netzinfrastuktur ist das bisher eher geringe Investitionsverhalten der Energieversorger zu nennen. Dies begründet sich zum einen in den sehr hohen Investitionskosten, zum anderen in den noch fehlenden politischen Rahmenbedingungen. Der Großteil der Förderung durch die Bundesregierung entfällt momentan auf

die Entwicklung der Elektrofahrzeuge. Es besteht das Risiko, dass der Ausbau der intelligenten Netze mit der Entwicklung der Fahrzeuge nicht Stand halten kann. Aus Sicht der Ladekonzepte ist die bisher nur geringe Einigung über weitgreifende Standards zu nennen. Damit die Entwicklung beschleunigt werden kann, besteht in diesem Bereich dringender Handlungsbedarf. Ein weiteres Risiko könnte vom Fortschritt der Informations- und Kommunikationstechnologiebranche ausgehen, wenn sie nicht den Smart Traffic Entwicklungen folgt. Gerade durch datenschutztechnische Regelungen der europäischen Union könnte die notwendige Vernetzung der e-Cars verzögert werden, was das Gesamtmodell für den Kunden deutlich unattraktiver macht. Weiteres Risikopotenzial geht von langfristigen Megatrends aus, wenn diese in der Planung zukünftiger Verkehrskonzepte nicht berücksichtigt werden sollten. Dabei sind insbesondere der Wandel hinsichtlich des Mobilitätsverhaltens sowie die sich ändernde Gesellschaftsstruktur zu nennen. Ebenfalls zu beachten ist die Diskrepanz aus schrumpfendem Automobilmarkt bei steigenden Kundenanforderungen, was den Druck auf zukünftige e-Mobility Marktteilnehmer stetig erhöht. Die Kundenanforderungen sollten somit noch vor der Produktentwicklung detailliert erfasst werden um die Geschäftsmodelle zielgerichteter auf die verschiedenen Kundengruppen anzupassen. Gerade in den frühen Phasen der Elektromobilität 2020 können die Kundenerwartungen noch stark schwanken, daher sollte das Produktkonzept regelmäßig überprüft und angepasst werden.

9 Fazit und Ausblick

Durch Elektromobilität entstehen viele Chancen die genutzt werden müssen. Die Elektromobilität ermöglicht beispielsweise die Reduktion des CO₂-Ausstoßes im Verkehr und minimiert die Energieimportabhängigkeit. Als Voraussetzung für einen nachhaltigen Erfolg der Elektromobilität ist eine kontinuierliche Weiterentwicklung von kostengünstigen Lösungen in den Bereichen Netzinfrastruktur, Ladearchitektur, Abrechnungssysteme sowie Smart Traffic notwendig.

Die Weiterentwicklung von Smart Grids sowie neuartiger Speichertechnologien ist notwendig, da die momentanen Investitionskosten noch zu hoch und die Nachfrage gleichzeitig zu gering ist. Gemeinsam mit der zukünftigen Entwicklung der Elektromobilität werden jedoch in diesem Bereich Synergieeffekte erwartet, denn die Elektrifizierung von Fahrzeugen könnten die ersten wichtigen Einsatzgebiete für intelligente Netze darstellen. Durch den Einsatz dieser Technologien können zusätzlich Probleme, die mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien zusammenhängen, minimiert werden.

Hinsichtlich der Ladearchitektur kristallisierte sich heraus, dass der größte Teil der Bevölkerung in Deutschland zwar über eigene Stellplätze für ihre Fahrzeuge verfügt, diese aber noch nicht zur Beladung eines Elektrofahrzeugs geeignet sind. Ein Ausbau ist hier weiter nötig, da die Beladung am Wohnort momentan die beste Lösung darstellt, um ein Fahrzeug mittels Normalladung zu betanken. Die Umstellung innerhalb von Flotten auf Elektrofahrzeuge stellt in Zukunft einen wichtigen Bestandteil zur Ausweitung von Elektromobilität dar. Im Hinblick auf die Schnellladung wird das Potenzial der Weiterentwicklung von Batterien sichtbar, da sich diese Ladeart noch immens auf die Lebenszeit der Batterie auswirkt. Als schnelle Ladung für zwischen- durch ist diese Möglichkeit jedoch nutzbar. Das induktive Laden sowie der Batteriewechsel werden momentan eher als Nischentechnologien gesehen, da in diesem Bereich die Nachteile zum heutigen Zeitpunkt noch dominieren. Mit den Themen Sicherheit sowie Normung und Standardisierung muss sich in Zukunft noch sehr stark befasst werden, um im Bereich Ladearchitektur Erfolge zu erzielen.

Im Bereich Datenkommunikation sieht man in Zukunft die Ausarbeitung eines Systems ohne große Transaktions- und Servicegebühren als erfolgsversprechend. Dies

setzt jedoch intelligente Systeme im Fahrzeug, im Stromnetz und in der Ladesäule voraus.

Im Bereich Smart Traffic wird in Zukunft auf ein intelligentes und vernetztes Verkehrssystem gesetzt. Demzufolge findet ein Wandel des städtischen Verkehrsteilnehmers vom Mobilitätsbesitzer zum Mobilitätsnutzer statt. Insbesondere der öffentliche Personennahverkehr wird bei der Fahrzeugelektrifizierung eine bedeutende Rolle spielen.

Ziel des Modells Elektromobilität ist es, dass es sich in absehbarer Zeit finanziell selbst tragen kann. Eine Verlagerung der Wertschöpfungskette hin zu Gunsten der Automobilzulieferer und zukünftiger Marktteilnehmer aus dem Feld der Elektromobilität ist dabei sehr wahrscheinlich. Aus technischer Sicht ist die Technologie schon heute für den Endverbraucher ausreichend weit entwickelt. Noch bestehende Kaufwiderstände von Seiten des Kunden können durch Lerneffekte und intensive Verbrauchertestphasen weiter reduziert werden.

Literaturverzeichnis

Agentur für Erneuerbare Energien (2009): Deutschlands Informationsportal zu Erneuerbaren Energien. [Online] [Zugriff: 28.11.2011.] http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/Studie_Ausbau_EE_Strom_2020_Kosten-Nutzen-Analyse_01.pdf, Januar 2009.

Anegawa, Takafumi (2010): Desirable characteristics of public quick charger. [Online] http://www.emc-mec.ca/phev/Presentations_en/S12/PHEV09-S12-3_TakafumiAnegawa.pdf, 2010.

Arbeitsgruppe ST1-MVV Energie, Verband deutscher Verkehrsunternehmen Hochschule Landshut (2011): Mobilitätsangebote mit Elektrofahrzeugen: neue Chancen für Verkehrsbetriebe? Energie Mobilität und IT Lebenswelt Elektromobilität-Kongress für Fahrzeug. 2011.

Knauer, Michael (2011): Schnellladung an der Autobahn. [Online] [Zugriff: 04.12.2011] <http://www.automobilwoche.de/article/20111111/REPOSITORY/111119973/1282/rwe-und-tank--rast-starten-schnelladestationen-an-der-autobahn>, 11.11.2011.

Beckmann, Klaus J. (2011): Integrierte Stadt- und Verkehrsentwicklung eine Renaissance? [Hrsg.] Deutsches Institut für Urbanistik, 2011.

Betterplace (2011): Better Place, [Online] [Zugriff 12.11.2011] <http://www.betterplace.com/>, 2011.

Bickhoff, Nils (2009): Quintessenz des strategischen Managements. Springer: Berlin, 2009.

BMW Group (2011): Wenn Fahrzeuge miteinander sprechen. Presse-Information. [Online] <http://www.scribd.com/doc/69743600/BMW-CartoX-Kommunikation-DE-pdf>, 21.10.2011.

Bundesanstalt für Straßenwesen. 2000. Kennlinien der Parkraumnachfrage. Bremerhaven : Wirtschaftsverlag NW, 2000.

Bundesministerium der Justiz (2005): Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung. [Online] [Zugriff 08.12.2011] http://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/index.html, 07.07.2005.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009): Konzept eines Programms zur Markteinführung von Elektrofahrzeugen. [Online] [Zugriff 15.12.2011]
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/marktaktivierung_elektroauto_schaubilder.pdf, 15.09.2009.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. 2011. Lebenswelt Elektromobilität. Programm: Sessions Smart Traffic. [Online] [Zugriff: 17.12.2011.]
<http://www.lebenswelt-elektromobilitaet.de/de/Session-Smart-Traffic.htm>, 2011.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (2008): Stromerzeugungskapazitäten, Bruttostromerzeugung und Bruttostromverbrauch in Deutschland. 2008.

Bundesnetzagentur (2011) Monitoringbericht 2011. Bonn : s.n., 2011.

Bundesverband Erneuerbarer Energien (BEE) (2010): Elektromobilität und Erneuerbare Energien. [Online] [Zugriff 02.01.2012] http://www.bee-ev.de/_downloads/publikationen/sonstiges/2010/1005_BEE-Position_Erneuerbare-Elektromobilitaet.pdf, Mai 2010.

CHAdEMO Association (2011): DC Schnell_Ladestandards. [Online] [Zugriff: 16.12.2011] http://chademo.com/pdf/CHAdEMOleaflet_eCarTec2010.pdf, 2010.

Körffgen, Ralph (2011): Elektromobilität als Wegbereiter für intermodale Angebote. [Online] [Zugriff: 28.11.2011] http://www.lebenswelt-elektromobilitaet.de/media/Pr%C3%A4sentationen/110908_Vortrag%20Dr.%20K%C3%B6rffgen_Lebenswelt%20Elektro.pdf, 09.11.2011.

Deutscher Städtetag (2011): Elektromobilität als Chance für die Verkehrswende in Städten. [Online]. http://www.ikt-em.de/documents/AG_ST4_Mietzsch_110910.pdf, 9./10.09 2011.

Dötsch, Christian & Kanngießer, Annedore & Wolf, Daniel (2009): Speicherung elektrischer Energie - Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien. Oberhausen : Springer Verlag, 2009.

Eckstein, Johannes (2010): Die Elektromobilität lernt laufen - Fünf Thesen zur elektromobilen Zukunft. Aschaffenburg: VDE-Verlag, 2010.

Einwohnergemeinde Zermatt (2011): Elektrobusbetrieb Zermatt, [Online] [Zugriff 20.11.2011] <http://gemeinde.zermatt.ch/betriebe/e-bus/>, 2011.

Elektroniknet.de (2009): Always on. Telematik-Dienste und -Anwendungen im modernen Fahrzeug. [Online] [Zugriff: 06.01.2012] http://www.elektroniknet.de/automotive/technik-know-how/infotainment-und-telematik/article/25933/0/Always_on_/. 24.02.2009.

Engel, T. (2009): Infrastruktur für Elektroautos. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. [Online]] Zugriff: 20.11.2011] <http://www.dgs.de/fileadmin/files/FASM/2009.12-DGS-FASM-Ladeinfrastruktur-Uebersicht.pdf>, 30.12.2009.

ETG Fachbericht (2010): EMA 2010 Elektromobilausstellung: Fachtagung - Wettbewerbe / Vorträge der Fachtagung vom 8. bis 9. Oktober 2010 in Aschaffenburg. Hochschule Aschaffenburg ; RTG ; ECPS (Hrsg.). 2010.

European Commission - Directorate General for Mobility and Transport (2011): White paper on transport. [Hrsg.] Publications Office of the European Union. Luxembourg : s.n. July 2011.

Evavold, Thimody R. & Miller, David (2011): Das Sicherer vernetzte Fahrzeug. ATZ Elektronik Zeitschrift. [Online] [Zugriff: 09.12.2011] <http://www.atzonline.de/Artikel/3/14148/Das-sicher-vernetzte-Fahrzeug.html>, 2011.

- EWZ (2010):** Ladestationen für die Elektromobilität. [Online] http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/ewz/Deutsch/Ueber%20ewz/Publikationen%20und%20Broschueren/Factsheet_Installateure_Elektromobilitaet.pdf, Oktober 2010.
- Fachhochschule Aachen (2011):** Market Demand-Pull. [Online] [Zugriff: 23. 11 2011.] <https://www.wirtschaftswiki.fh-aachen.de/index.php?title=Demand-Pull-Ansatz>.
- Fuhrpark.de (2010):** Winterzeit – Gefahrenzeit: Worauf Sie achten müssen. Schlütersche Verlagsgesellschaft. Fuhrpark + Management 10/2010. [Online]. http://www.fuhrpark.de/fileadmin/epaper/bfp/bfp_2010_10/bfp_2010_10.pdf, 2010.
- Future Fleet (2011):** Eine Forschungsinitiative unter der Leitung von SAP und MVV Energie. [Online] [Zugriff: 22.12.2011] <http://www.futurefleet.de/>.
- Gabler Wirtschaftslexikon (2011):** Technology Push. [Online] [Zugriff: 23. 11 2011.] <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/technology-push.html>.
- Genoese, Fabio & Klobasa, Marian & Wietschel, Martin (2009):** Zukünftige Entwicklung von Erneuerbaren Energien in Deutschland und Anforderungen an das Energiesystem. Karlsruhe : Springer-Verlag, 2009.
- Hermeling, Claudia (2011):** Ökonomische Analyse alternativer Antriebe aus Kundensicht. [Hrsg.] Mannheim Forschungsbereich Umwelt-und Ressourcenökonomik Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), 2011.
- Jonuschat, Helga (2011):** Akzeptanz der Elektromobilität als Netzkomponente. [Hrsg.] Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung Berlin, 2011.
- Jung, Christian (2011):** Verkehr neu denken: Die Zukunft liegt in der Integration von ÖPNV und E-Mobilität. [Hrsg.] Kanzlei Becker- Büttner- Held, 2011.
- Jürgens, Philip (2010):** Anteile der Flottenfahrzeuge steigt. [Online] [Zugriff: 01.01.2012] <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/mittelstand/anteil-der-flottenfahrzeuge-steigt/2945400.html?p2945400=all>, 11.04.2010.

Knechtel, Harry (2011): Elektromobilität aber Sicher. Ntz Heft 05/2011.

Knie, Andreas (2011): Neue Beweglichkeit. [Hrsg.] Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel, 2011.

Kraftfahr-Bundesamt (2011): Halter - Deutschland und seine Länder am 1. Januar 2011. [Online]. [Zugriff: 25.12.2011]
http://www.kba.de/nn_268956/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Halter/2011__b__halter__dusl__absolut.html.

Kudling, Marc (2011): Daimler erprobt induktives Laden beim BMVBS-Projekt „Effizienzhaus-Plus“. [Online] [Zugriff: 12.12.2011]
<http://www.wattgehtab.com/elektro-mobilitaetsprojekte/daimler-erprobt-induktives-laden-beim-bmvbs-projekt-effizienzhaus-plus-mit-elektromobilitaet-3134>, 07.12.2011.

Kuther, Thomas (2010): Deutschland braucht ein intelligentes Gesamtkonzept für Elektromobilität. [Online] [Zugriff: 26.11.2011]
<http://www.elektronikpraxis.vogel.de/stromversorgung/articles/251959/> 26.02.2010.

LEMnet: Stromtankstellen für Elektrofahrzeuge. [Online] [Zugriff: 27.10.2011]
<http://www.lemnet.org/>.

Linssen, J., Birnbaum, U. und Markewitz, P. 2009. Potenzialabschätzung zum Einsatzes von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Wien : s.n., 2009.

Malter, Klaus Rüdiger (2011): Intermodalität im ÖPNV am Beispiel Sachsen-Anhalt. [Hrsg.] Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH, 2011.

Matthies, Stricker (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative. [Online]
http://www.e-connected.at/userfiles/Bain%20Brief_Zum%20E-Auto%20gibt%20es%20keine%20Alternative_2010_Final.pdf, 2010

McKinsey (2010). Neue McKinsey-Studie - Elektromobilität in Megastädten: Schon 2015 Marktanteile von bis zu 16 Prozent [Online] [Zugriff: 02.01.2012.]
http://www.mckinsey.de/downloads/presse/2010/pm_100112_emobilitaet.pdf,

12.01.2010.

Mein Elektroauto (2011): An der Laterne das Elektroauto aufladen. [Online]
[Zugriff: 29.10.2011] <http://www.mein-elektroauto.com/2011/11/an-der-laterne-das-elektroauto-aufladen/4025/>, 13.11.2011.

Mennekes (2011): Infrastruktur - Komponenten für die Elektromobilität. [Online]
[Zugriff: 16.12.2011] <http://www.geht-doch.at/fileadmin/Bibliothek/broschueren/mennekes-elektromobilitaet.pdf>, 2011.

Nationale Plattform Elektromobilität (2011a): Elektromobilität - Internationaler Steckerstandard für den Kunden. [Online]
http://www.vda.de/files/Flyer_Ladestecker_DINlang_ZZ-Falz_DE.pdf, September 2009.

Nationale Plattform Elektromobilität (2011b): Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität. [Hrsg.] Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität. Berlin : s.n., Mai 2011.

Nischler, Gernot & Gutschi, Christoph & Beermann, Martin & Stigler, Heinz (2011): Auswirkung von Elektromobilität auf das Energiesystem. Elektrotechnik & Informationstechnik. Vol. 128 (1–2), S. 53–57. Februar 2011.

Pfeiffer, Andreas (2011): Einstieg in das Elektromobilitätsthema für Stadtwerke - Jetzt handeln! Mannheim: Kongress für Fahrzeug, Energie, Mobilität und Informations- und Kommunikationstechnologien. [Online] http://www.lebensweltelektromobilitaet.de/media/Pr%C3%A4sentationen/110830_EKM11_Statement_APfeiffer_SG3.pdf, 2011.

Pollok, Thomas & Hille, Christian & Schnettler, Armin (2009): Netzeinbindung von Elektrofahrzeugen - Möglichkeiten flexibler Ladekonzepte. ETG Kongress, Düsseldorf: s.n., 2009.

Pollok, Thomas & Szczechowiicz, Eva & Matrose, Claas & Schnettler, Armin & Stöckl, Georg & Kerber, Georg & Lödl, Martin & Witzman, Rolf & Behrens, Petra (2010): Flottenversuch Elektromobilität, VDE-Kongress 08. - 09.11.2010, VDE Verlag GmbH Berlin/Offenbach, Paper INI 6.4.3.

Pudenz, K. (2011): Elektrofahrzeuge via SMS laden. [Online] [Zugriff: 06.01.2012] <http://www.atzonline.de/Aktuell/Nachrichten/1/14586/Elektrofahrzeuge-via-SMS-laden.html>, 26.09.2011.

Rehtanz, Christian (2011): Netze und Ladestationen: Welche Infrastruktur benötigen Elektrofahrzeuge? [Online] [Zugriff:12.11.2011.] http://www.energieregion.nrw.de/_database/_data/datainfopool/01c_TU_Dortm_und_Infrastruktur_und_Netze_Rehtanz.pdf, 2011.

Riedmann de Trinidad, Gabriele (2011): Grüner Strom braucht digitale Technik. Frankfurter Allgemeine Zeitung. 24.10.2011.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2010): 100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher bezahlbar. [Online] [Zugriff: 21. Dezember 2011] http://www.umweltrat.de/cae/servlet/contentblob/1001596/publicationFile/66394/2010_05_Stellung_15_erneuerbareStromversorgung.pdf, Mai 2010.

Schlager, Katja (2011): Nutzerakzeptanz von Elektroautos in einer ländlich geprägten Region. [Hrsg.] Institut für Transportation Design, 2011.

Schnettler, Armin & Witzmann, Rolf & Behrens, Petra (2010): Electric mobility fleet test - Grid management strategies with electric vehicle fleets. Leipzig : s.n., 2010.

Schönfelder, Martin & Pathmaperuma, Daniel & Reiner, Ulrich (2009): Elektromobilität: Eine Chance zur verbesserten Netzintegration Erneuerbarer Energien. Karlsruhe : Springer Verlag, 2009.

Schraven, Sebastian (2010): Induktives Laden von Elektromobilen - Eine techno-ökonomische Bewertung. [Online] <http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn:nbn:de:0011-n-1515796.pdf>, 2010.

Schwarzer, Christoph M. 2011. Windkraft in die Kaverne. Hamburg : Die ZEIT Nr. 37, 2011.

Shell (2009): Pkw-Szenarien bis 2030 Fakten, Trends und Handlungsoptionen. [Online] [Zugriff: 18.11.2011]
http://www.shell.com/static/deu/downloads/publications_2009_shell_mobility_scenarios.pdf, 2009.

Siemens AG (2010): Siemens Elektrofahrzeug-Aktivitäten. Presse-Unterlage zum Siemens-Pavillon "Pionierleistungen der Elektromobilität, 1905-2010". [Online] [Zugriff: 02.01.2012]
<http://www.siemens.com/press/pool/de/events/corporate/2010-04- mobility/Fact-Sheet-aktivitaeten-d.pdf>, 2010.

Statistisches Bundesamt (2009): Energie auf einen Blick. [Online] [Zugriff: 15.10.2011]
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Energie/Struktur/BroschuereEnergieBlick0040002099001.pdf?__blob=publicationFile, 2009.

Strube, Sven (2011): Vertriebskonzepte für die E-Mobilität. [Hrsg.] Lautlos durch Deutschland GmbH, 2011.

Sueddeutsche Zeitung (2011): Spritpreise auf Höchstniveau. [Online] [Zugriff 10.12.2011] <http://www.sueddeutsche.de/geld/autofahrer-muessen-blechen-spritpreise-auf-hoechstniveau-1.1228514>, 07.12.2011.

Sunstrom.de (2011): Photovoltaik – Energieträger. [Online] [Zugriff: 28.12.2011]
<http://www.sunstrom.de/leistungen/photovoltaik/technik/>, 2011.

VDI Nachrichten (2011): IT schafft Netzwerke für die Elektro-Fahrzeuge. Düsseldorf. [Online] [Zugriff: 02.12.2011] <http://www.vdi-nachrichten.com/artikel/IT-schafft-Netzwerke-fuer-die-Elektro-Fahrzeuge/54946/2>, 16.09.2011.

Theisen, Thomas (2009): RWE E-Mobility Projects. [Online] [Zugriff: 13.12.2011]
<http://www.slideshare.net/nicksinthemix/thomas-theisen-rwe>, 18.02.2009.

The Mobility House (2011): Dienstleistung. [Online] [Zugriff: 22.12.2011]

<http://mobilityhouse.com/home.html>, 2011.

Uken, Marlies (2011): Deutschland nervt Polen mit der Energiewende. [Online]

[Zugriff 04.12.2011] <http://www.zeit.de/wirtschaft/2011-11/stromnetz-ringfluesse/seite-1>, 01.12.2011.

Verein Medienberatung (2009): Positive Analyse zur deutschen Batteriewechsel-

station aus dem Saarland. [Online] [Zugriff: 02.11.2011] <http://www.fair-news.de/news/Positive+Analyse+zur+deutschen+Batteriewechselstation+aus+d+em+Saarland-37396.html>, 10.11.2009.

von Gersdorff, Andrea (2011): Unternehmen können von Smart Grids profitieren.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 24.10.2011.

Wilke, Christian (2011): Rollende Kraftwerke kommen auf die Straße. Frankfurter

Allgemeine Zeitung, 24.10.2011.

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010): Systemanalyse BWe mo-

bil. [Online]

<http://www.iao.fraunhofer.de/images/downloadbereich/300/systemanalyse-bwe-mobil.pdf>, 2010.

Wirtschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (2011): Beendete Forschungs-

programme: Mobilität. [Online] [Zugriff: 08.12.2011.]

<http://www.wzb.eu/de/forschung/beendete-forschungsprogramme/mobilitaet>, 2011.

**Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management –
Reutlingen Working Papers on Marketing & Management**

herausgegeben von

Prof. Dr. Carsten Rennhak

Hochschule Reutlingen – Reutlingen University

ESB Business School

Alteburgstraße 150

D-72762 Reutlingen

Fon: +49 (0)7121 / 271-6010

Fax: +49 (0)7121 / 271-6022

E-Mail: carsten.rennhak@reutlingen-university.de

Internet: www.esb-business-school.de

und

Prof. Dr. Gerd Nufer

Hochschule Reutlingen – Reutlingen University

ESB Business School / Reutlingen Research Institute (RRI)

Alteburgstraße 150

D-72762 Reutlingen

Fon: +49 (0)7121 / 271-6011

Fax: +49 (0)7121 / 271-906011

E-Mail: gerd.nufer@reutlingen-university.de

Internet: www.esb-business-school.de

Internet: www.marketing-kfru.de

Internet: www.sportmarketing-institut.de

Bisher erschienen

- 2006 - 1** *Felix Morlock / Robert Schäffler / Philipp Schaffer / Carsten Rennhak:*
Product Placement – Systematisierung, Potenziale und Ausblick
- 2006 - 2** *Marko Sarstedt / Kornelia Huber:*
Erfolgsfaktoren für Fachbücher – Eine explorative Untersuchung
verkaufsbeeinflussender Faktoren am Beispiel von Marketing-
Fachbüchern
- 2006 - 3** *Michael Menhart / Carsten Rennhak:*
Drivers of the Lifecycle –
the Example of the German Insurance Industry
- 2006 - 4** *Siegfried Numberger / Carsten Rennhak:*
Drivers of the Future Retailing Environment
- 2006 - 5** *Gerd Nufer:*
Sportsponsoring bei Fußball-Weltmeisterschaften:
Wirkungsvergleich WM 2006 versus WM 1998
- 2006 - 6** *André Bühler / Gerd Nufer:*
The Nature of Sports Marketing
- 2006 - 7** *Gerd Nufer / André Bühler:*
Lessons from Sports:
What Corporate Management can learn from Sports Management

- 2007 - 1** *Gerd Nufer / Anna Andresen:*
Empirische Untersuchung zum Image der
School of International Business (SIB) der Hochschule Reutlingen
- 2007 - 2** *Tobias Kesting:*
Marktsegmentierung in der Unternehmenspraxis:
Stellenwert, Vorgehen und Herausforderungen
- 2007 - 3** *Marie-Sophie Hieke / Marko Sarstedt:*
Open Source-Marketing im Unternehmenseinsatz
- 2007 - 4** *Ahmed Abdelmoumene:*
Direct-to-Consumer-Marketing in der Pharmaindustrie
- 2007 - 5** *Mario Gottfried Bernards:*
Markenmanagement von politischen Parteien in Deutschland –
Entwicklungen, Konsequenzen und Ansätze der erweiterten
Markenführung
- 2007 - 6** *Christian Führer / Anke Köhler / Jessica Naumann:*
Das Image der Versicherungsbranche unter angehenden
Akademikern – eine empirische Analyse

- 2008 - 1** *Gerd Nufer / Katharina Wurmer:*
Innovatives Retail Marketing
- 2008 - 2** *Gerd Nufer / Victor Scheurecker:*
Brand Parks als Form des dauerhaften Event-Marketing
- 2008 - 3** *Gerd Nufer / Charlotte Heine:*
Internationale Markenpiraterie
- 2008 - 4** *Gerd Nufer / Jennifer Merk:*
Ergebnisse empirischer Untersuchungen zum Ambush Marketing
- 2008 - 5** *Gerd Nufer / Manuel Bender:*
Guerilla Marketing
- 2008 - 6** *Gerd Nufer / Christian Simmerl:*
Strukturierung der Erscheinungsformen des Ambush Marketing
- 2008 - 7** *Gerd Nufer / Linda Hirschburger:*
Humor in der Werbung

- 2009 - 1** *Gerd Nufer / Christina Geiger:*
In-Game Advertising
- 2009 - 2** *Gerd Nufer / Dorothea Sieber:*
Factory Outlet Stores – ein Trend in Deutschland?
- 2009 - 3** *Bianca Frank / Carsten Rennhak:*
Product Placement am Beispiel des Kinofilms
Sex and the City: The Movie
- 2009 - 4** *Stephanie Kienzle / Carsten Rennhak:*
Cause-Related Marketing
- 2009 - 5** *Sabrina Nadler / Carsten Rennhak:*
Emotional Branding in der Automobilindustrie –
ein Schlüssel zu langfristigem Markenerfolg?
- 2009 - 6** *Gerd Nufer / André Bühler:*
The Importance of mutual beneficial Relationships
in the Sponsorship Dyad

- 2010 - 1** *Gerd Nufer / Sandra Oexle:*
Marketing für Best Ager
- 2010 - 2** *Gerd Nufer / Oliver Förster:*
Lovemarks – emotionale Aufladung von Marken
- 2010 - 3** *Gerd Nufer / Pascal Schattner:*
Virales Marketing
- 2010 - 4** *Carina Knörzer / Carsten Rennhak:*
Gender Marketing
- 2010 - 5** *Ottmar Schneck:*
Herausforderungen für Hochschulen und Unternehmen durch
die Generation Y – Zumutungen und Chancen durch die neue
Generation Studierender und Arbeitnehmer
- 2010 - 6** *Gerd Nufer / Miriam Wallmeier:*
Neuromarketing
- 2010 - 7** *Gerd Nufer / Anton Kocher:*
Ingredient Branding
- 2010 - 8** *Gerd Nufer / Jan Fischer:*
Markenmanagement bei Einzelsportlern
- 2010 - 9** *Gerd Nufer / Simon Miremadi:*
Flashmob Marketing

- 2011 - 1** *Hans-Martin Beyer / Simon Brüseken:*
Akquisitionsstrategie "Buy-and-Build" –
Konzeptionelle Aspekte zu Strategie und Screeningprozess
- 2011 - 2** *Gerd Nufer / Ann-Christin Reimers:*
Looking at Sports –
Values and Strategies for International Management
- 2011 - 3** *Ebru Sahin / Carsten Rennhak:*
Erfolgsfaktoren im Teamsportsponsoring
- 2011 - 4** *Gerd Nufer / Kornelius Prell:*
Operationalisierung und Messung von Kundenzufriedenheit
- 2011 - 5** *Gerd Nufer / Daniel Kelm:*
Cross Selling Management
- 2011 - 6** *Gerd Nufer / Christina Geiger:*
Ambush Marketing im Rahmen der
FIFA Fußball-Weltmeisterschaft 2010
- 2011 - 7** *Gerd Nufer / Felix Müller:*
Ethno-Marketing
- 2011 - 8** *Shireen Stengel / Carsten Rennhak:*
Corporate Identity – Aktuelle Trends und Managementansätze
- 2011 - 9** *Clarissa Müller / Holger Benad / Carsten Rennhak:*
E-Mobility – Treiber, Implikationen für die beteiligten Branchen und
mögliche Geschäftsmodelle
- 2011 - 10** *Carsten Schulze / Carsten Rennhak:*
Kommunikationspolitische Besonderheiten regulierter Märkte
- 2011 - 11** *Sarina Rehme / Carsten Rennhak:*
Marketing and Sales – successful peace-keeping
- 2011 - 12** *Gerd Nufer / Rainer Hirt:*
Audio Branding meets Ambush Marketing

2011 - 13 *Peter Kleine-Möllhoff / Martin Haußmann / Michael Holzhausen / Tobias Lehr / Mandy Steinbrück:*

Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen –
Mensa, Sporthalle, Aula, Containergebäude 20, Kindertagesstätte

2011 - 14 *Peter Kleine-Möllhoff / Manuel Kölz / Jens Krech / Ulf Lindner / Boris Stassen:*

Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen –
Betriebshalle, Vorlesungsgebäude Textil & Design, Hochschul-
servicezentrum

2011 - 15 *Peter Kleine-Möllhoff / Svenja Gerstenberger / Junghan Gunawan / Michael Schneider / Bernhard Weisser:*

Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen –
Verwaltung, Bibliothek, Rechenzentrum, Betriebswirtschaft, Chemie,
Wirtschaftsingenieurwesen

- 2012 - 1** *Gerd Nufer / Aline Kern:*
Sensation Marketing
- 2012 - 2** *Gerd Nufer / Matthias Graf:*
Kundenbewertung
- 2012 - 3** *Peter Kleine-Möllhoff / Holger Benad / Frank Beilard /
Mohammed Esmail / Martina Knöll:*
Die Batterie als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität
der Zukunft. Herausforderungen – Potentiale – Ausblick
- 2012 - 4** *Miriam Linder / Carsten Rennhak:*
Lebensmittel-Onlinehandel in Deutschland
- 2012 - 5** *Gerd Nufer / Vanessa Ambacher:*
Eye Tracking als Instrument der Werbeerfolgskontrolle
- 2012 - 6** *Gerd Nufer / Catrina Heider:*
Testimonialwerbung mit prominenten Sportlern –
eine empirische Untersuchung
- 2012 - 7** *Peter Kleine-Möllhoff / Holger Benad / Marina Bruttel / Aron Leit-
mannstetter / Mourad Ouaid / Stefan Will:* Infrastrukturelle Aspekte der
Elektromobilität von morgen

ISSN 1863-0316