

# IKT FÜR ELEKTROMOBILITÄT

## Ergebnisbericht zum Förderprogramm „IKT für Elektromobilität“

vorgelegt von der Begleitforschung



BAUM

LoeschHundLiepold



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



IZT  
Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung  
Institute for Futures Studies and Technology Assessment

Juni 2012

**B.A.U.M. Consult GmbH**

[ikt-em@baumgroup.de](mailto:ikt-em@baumgroup.de)

[www.baumgroup.de](http://www.baumgroup.de)

Gotzingerstr. 48-50  
81371 München  
089 189 35-0

Fanny-Zobel-Str. 9  
12435 Berlin  
30 536 018 84-12



Der Ergebnisbericht zum Förderprogramm „IKT für Elektromobilität“ wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie erstellt unter der Federführung von:



B.A.U.M. Consult GmbH  
Ludwig Karg  
Fanny-Zobel-Str. 9  
12435 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 53 60 18 84-12  
E-Mail: [ikt-em@baumgroup.de](mailto:ikt-em@baumgroup.de)

Der Ergebnisbericht basiert auf Erhebungen der Begleitforschung sowie Veröffentlichungen der Modellprojekte.

Dieses Dokument einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung ist ohne schriftliche Zustimmung der B.A.U.M. Consult GmbH unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Nachdruck, Übersetzung, Mikroverfilmung und die Verarbeitung in elektronischen Systemen, auch bei nur auszugsweiser Verwertung.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG UND HINTERGRUND</b> .....	<b>1</b>
1.1	Das Förderprogramm „IKT für Elektromobilität“ .....	1
1.2	Das System „IKT für Elektromobilität“ .....	6
1.3	Die Begleitforschung .....	12
1.3.1	Ziele und Aufgaben .....	12
1.3.2	Profile und Schwerpunkte der Partner .....	13
1.4	Transferstrategie .....	16
1.4.1	Positionierung des Förderprogramms .....	17
1.4.2	Strategische Ziele des Förderprogramms .....	18
1.4.3	Transfermaßnahmen .....	19
1.4.4	Fachgruppenarbeit .....	20
<b>2</b>	<b>ERGEBNISSE AUS DEN MODELLPROJEKTEN</b> .....	<b>22</b>
2.1	Grid Surfer .....	24
2.2	Harz.EE-mobility .....	26
2.3	e-mobility .....	28
2.4	Smart Wheels .....	30
2.5	Future Fleet .....	32
2.6	MeRegioMobil .....	34
2.7	eE-Tour Allgäu .....	36
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE AUS DER FACHGRUPPENARBEIT</b> .....	<b>39</b>
3.1	Fachgruppe Interoperabilität .....	39
3.2	Fachgruppe Rechtsrahmen .....	40
3.2.1	Arbeitsgruppe Datenschutz – Motto: „Gelebtes Privacy by Design“ .....	40
3.2.2	Arbeitsgruppe Beweissicherheit/Eichrecht .....	42
3.2.3	Arbeitsgruppe „Regulierungsrecht“ .....	43
3.2.4	Einspeisung Erneuerbarer Energien .....	44
3.2.5	Thema „Interoperabilität“ .....	44
3.3	Fachgruppe Geschäftsszenarien .....	45
3.4	Fachgruppe Kommunikation .....	48
3.5	Zusammenfassung .....	49

<b>4</b>	<b>ERKENNTNISSE AUS BEGLEITENDEN STUDIEN .....</b>	<b>51</b>
4.1	Untersuchung zur Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen .....	51
4.2	Untersuchung zur Akzeptanz von Elektromobilität als Stellglied im Stromnetz .....	54
<b>5</b>	<b>TRANSFERMAßNAHMEN .....</b>	<b>59</b>
5.1	Presse- und Medienarbeit .....	60
5.2	Veranstaltungen und Messen .....	62
5.3	Publikationen und Filme.....	67
5.4	Internetseite .....	68
5.5	Animation .....	68
5.6	Zusammenfassende Betrachtung.....	69
<b>6</b>	<b>FAZIT .....</b>	<b>71</b>
6.1	<b>Bewertung der Ergebnisse.....</b>	<b>72</b>
6.1.1	Beitrag zum Innovationsfortschritt .....	72
6.1.2	Beitrag zu den energiepolitischen Zielen .....	75
6.1.3	Effekte für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung.....	77
6.2	<b>Handlungsempfehlungen .....</b>	<b>79</b>
	<b>ANHANG: PUBLIKATIONEN AUS DEN MODELLPROJEKTEN (AUSWAHL) .....</b>	<b>82</b>
	<b>GridSurfer .....</b>	<b>82</b>
	<b>Harz.EE-mobility .....</b>	<b>83</b>
	<b>e-mobility .....</b>	<b>85</b>
	<b>Smart Wheels .....</b>	<b>88</b>
	<b>Future Fleet .....</b>	<b>90</b>
	<b>MeRegioMobil .....</b>	<b>90</b>
	<b>eE-Tour Allgäu .....</b>	<b>94</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Das Förderprogramm „E-Energy“ als Startrampe für „IKT für Elektromobilität“	4
Abb. 2:	Verteilung der Modellprojekte von „IKT für Elektromobilität“ und die Modellregionen von „E-Energy“ in Deutschland	5
Abb. 3:	Das System von „IKT für Elektromobilität“	7
Abb. 4:	Die Landschaft der Elektromobilität als Animation (vgl. <a href="http://www.ikt-em.de">www.ikt-em.de</a> )	11
Abb. 5:	Die Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“	13
Abb. 6:	Publikation „Datenschutz in Smartgrids. Anmerkungen und Anregungen“	41
Abb. 7:	Klassifizierungsschema der in den Modellprojekten entwickelten sowie geplanten Geschäftsszenarien – Teilbereich Gestaltungsform	46
Abb. 8:	Klassifizierungsschema der in den Modellprojekten entwickelten sowie geplanten Geschäftsszenarien – Teilbereich Abrechnung mit dem Fahrzeugnutzer	47
Abb. 9:	Marktentwicklungsstrategien	48
Abb. 10:	Bundeswirtschaftsminister Rainer Brüderle am Messestand von „IKT für Elektromobilität“ auf der CeBIT 2010	62
Abb. 11:	Messestand von „IKT für Elektromobilität“ als Teil des Bitkom-Gemeinschaftsstandes zur Green IT-World 2010	63
Abb. 12:	Messestand von „IKT für Elektromobilität“ auf der eCarTec München 2010	64
Abb. 13:	Die Projektleiter der Modellprojekte und der Begleitforschung mit dem Parlamentarischen Staatssekretär im BMWi, Ernst Burgbacher auf dem Kongress "Lebenswelt Elektromobilität" in Mannheim 2011	66
Abb. 14:	Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann und der Parlamentarische Staatssekretär im BMWi, Ernst Burgbacher, testen den Ladevorgang beim Projekt MeRegioMobil auf dem Kongress "Lebenswelt Elektromobilität" in Mannheim 2011	66
Abb. 15:	Animation zu „IKT für Elektromobilität“	69
Abb. 16:	Abdeckung der Technologiefelder für Ladeinfrastruktur durch IKT-EM Projekte	73

## Abkürzungsverzeichnis

AGME	Arbeitsgemeinschaft Mess- und Eichwesen
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BNetzA	Bundesnetzagentur
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CD	Corporate Design
CEE	Commission internationale de réglementation en vue de l'approbation de l'équipement électrique
DIN	Deutsches Institut für Normung
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EV	Electric Vehicle
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FACTS	Flexible-AC-Transmission-System (flexibles Drehstromübertragungssystem)
FG IOP EM	Fachgruppe Interoperabilität von „IKT für Elektromobilität“
G2V	Grid-to-Vehicle
GGEMO	Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität
ggf.	gegebenenfalls
GPKE	Geschäftsprozesse zur Kundenbelieferung mit Elektrizität
HMI	Hannover Messe Industrie
i. d. R.	in der Regel
IEC	International Electrotechnical Commission
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IKT-EM	IKT für Elektromobilität
ILM	Intelligentes Lademanagement
ITF	Investitions- und Tilgungsfond



KoPA II	Konjunkturpaket II
NEPE	Nationaler Entwicklungsplan für Elektromobilität
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
ONS	Ortsnetzstationsmonitoring
PKW	Personenkraftwagen
PLC	Power Line Communication
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PV	Photovoltaik
RFID	radio-frequency identification
SOC	State of Charge (Ladezustand)
TF	Task Force(s)
u. a.	unter anderem
z.B.	zum Beispiel



„IKT für Elektromobilität“ war ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) in ressortübergreifender Partnerschaft mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) initiiertes Förderschwerpunkt im Rahmen der Technologiepolitik der Bundesregierung. In einem bundesweiten Technologiewettbewerb von BMWi und BMU wurden sieben Projekten ausgewählt, die von 2009 bis 2011 prototypische und wirtschaftliche Lösungen für Elektromobilität mit Schwerpunkt in den Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) entwickelten und in umfassenden Feldversuchen testeten.

Mit der Begleitung der Modellprojekte und des gesamten Programms beauftragte das BMWi ein Konsortium unter der Leitung von B.A.U.M. Consult GmbH. Eine der zentralen Aufgaben der Begleitforschung war die begleitende Evaluation der Aktivitäten der Modellprojekte. Ziel war einerseits die kontinuierliche Vernetzung der Modellprojekte untereinander und mit anderen Projekten, andererseits eine ergebnisbezogene Analyse und Beschreibung aller Arbeiten, die im Rahmen des Förderprogramms geleistet wurden.

Mit dem vorliegenden Bericht der Begleitforschung werden die Ergebnisse auf Basis des Monitoring- und Evaluationsberichts zusammengeführt. Dabei kommen insbesondere die folgenden Ergebnisebenen zum Tragen:

- Arbeitsergebnisse der einzelnen Modellprojekte
- Modellprojektübergreifende Ergebnisse hinsichtlich der thematischen Schwerpunkte des Förderprogramms
- Ergebnisse hinsichtlich der übergeordneten Ziele des Förderprogramms sowie der Anliegen des Konjunkturpakets II.



## 1 Einführung und Hintergrund

### 1.1 Das Förderprogramm „IKT für Elektromobilität“

Eine nachhaltig funktionierende Elektromobilität benötigt Intelligenz in den zentralen Systemen Fahrzeug, Energieversorgung und Verkehr. Damit sind Informations- und Kommunikationstechnologien der Schlüssel für die erfolgreiche Umsetzung der Elektromobilität. Sie sind die Nervenbahnen des Gesamtsystems – und die Schnittstellen zwischen Fahrzeug, Ladepunkten, Mobilitätsmanagement. Unabhängige heterogene Systeme und Komponenten müssen zusammenarbeiten und Fahrzeuge werden viel stärker als bisher mit ihrer Umgebung interagieren und kommunizieren.

IKT gelten als unabdingbar in einem nachhaltigen Gesamtsystem Mobilität – Energie – Verkehr – Umwelt. Die deutsche Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, hierzu einen neuen systemübergreifenden Innovationsschub zu leisten. Um Deutschland als Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität zu etablieren, wurden verschiedene Förder- und Marktanzreizprogramme geschaffen. Die IKT-Branche spielt dabei eine tragende Rolle.

Im März 2009 trat das im Rahmen des zweiten Konjunkturpakets (KoPa II) der deutschen Bundesregierung erlassene Gesetz zur Errichtung eines Sondervermögens „Investitions- und Tilgungsfonds“ (kurz ITF) in Kraft. Das Gesetz ermöglichte in den Jahren 2009 bis 2011 u.a. anwendungsorientierte Forschung im Bereich der Elektromobilität im Umfang von 500 Millionen Euro. Die Mittel sollten einerseits kurzfristig konjunkturelle Effekte auslösen, andererseits sollten sie langfristig Beiträge zu dem im Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität angestrebten Leitmarkt für Elektromobilität sowie zur Erreichung der europäischen und nationalen Biokraftstoffziele leisten.

Die an den Fördermaßnahmen beteiligten Ministerien definierten 2009 im nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität 15 unterstützende Maßnahmen im Förderschwerpunkt „Elektromobilität“. Zudem haben sich in einer Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) auf Einladung der Bundesregierung Vertreter von Industrie, Wissenschaft, Politik, Gewerkschaften und Gesellschaft zusammengefunden, um die Position Deutschlands auf dem Gebiet der Elektromobilität zu stärken.

Vor diesem Hintergrund wurden auch die Technologieprogramme „IKT für Elektromobilität“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und „Intelligente Netze, erneuerbare Energien und Elektromobilität“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), das verstärkt Umweltaspekte berücksichtigt, initiiert (Maßnahme 6). In ressortübergreifender Zusammenarbeit wählten beide Ministerien mittels eines Technologiewettbewerbs sieben Modellprojekte aus, die unter dem Titel „IKT für Elektromobilität“ (kurz: IKT-EM) vom Herbst 2009 bis Herbst 2011 prototypische und wirtschaftliche Lösungen entwickelten und erstmals in umfassenden Feldversuchen testeten.

Folgende Projekte wurden durch das BMWi gefördert::

- **GridSurfer**

Im Nordwesten Deutschlands wurden Gesamtkonzepte für die Anbindung von Elektrofahrzeugen an die elektrischen Netze in Feldversuchen und Simulationen untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt war die Überwindung des Problems der Reichweite in ländlichen Regionen durch innovative Batteriewechselkonzepte.

*Konsortialführer: EWE AG*

- **e-mobility**

Ziel war die Entwicklung und Demonstration einer innovativen Lade-, Steuerungs- und Abrechnungsinfrastruktur. Untersucht wurde, wie diese auf Basis regionaler erneuerbarer Energien und im Zusammenspiel der Strukturen von Stadt-Land-Tourismus in die Elektrizitätsnetze integriert werden kann.

*Konsortialführer: RWE Effizienz GmbH*

- **Smart Wheels**

Das Aachener Konsortium entwickelte Geschäftsmodelle und konvergente IKT-Dienste zur Verbreitung von Elektromobilität durch die Integration in das Internet der Energie. Erprobt wurden die Infrastrukturen von Stadtwerken, zudem wurde ein intermodales Konzept mit verschiedenen Fahrzeuggattungen zur Überwindung des Reichweitenproblems entwickelt.

*Konsortialführer: FEV GmbH*

- **MeRegioMobil**

Ziel war es, in Baden-Württemberg im Jahr 2010 die Infrastruktur für eine große Zahl Elektrofahrzeugnutzer zu entwickeln und bis Ende 2011 in einem regionalen Feldtest zu erproben. Ein Schwerpunkt liegt auf der Kopplung von intelligenten Hausgeräten und Elektrofahrzeugen innerhalb von Hausnetzen.

*Konsortialführer: EnBW AG*

- **eE-Tour Allgäu**

Das Vorhaben widmete sich den Mobilitätsbedürfnissen in ländlichen und Tourismusregionen mit spezieller Siedlungsstruktur und Geographie und den dortigen Anforderungen. Untersucht wurde, wie eine vielfältige Flotte an Fahrzeugen für unterschiedliche Nutzungen in einem einheitlichen IKT-System betrieben werden kann und welche Geschäftsmodelle sich dafür eignen.

*Konsortialführer: Allgäuer Überlandwerk GmbH*

Folgende Projekte wurden durch das BMU gefördert:

- **Future Fleet**

SAP und das Mannheimer Unternehmen MVV Energie statteten ihre Fuhrparks mit Elektrofahrzeugen sowie passenden Ladestationen aus. Die Steuerung erfolgte über den Forschungsprototypen einer Flottenmanagementlösung der SAP, die Versorgung wurde durch Strom aus erneuerbare Energiequellen gewährleistet.

*Konsortialführer: SAP AG*

- **Harz.EE-mobility**

Erprobt wurde die technische und wirtschaftliche Einbindung von Elektrofahrzeugen in ein Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien. Im Projekt wurden offene und international standardisierte Schnittstellen verwendet.

*Konsortialführer: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Elektrische Energiesysteme*

Die sieben Modellprojekte von „IKT für Elektromobilität“ haben wichtige Beiträge zu zukunftsweisenden systemischen Lösungen für die Integration von Elektromobilität in intelligente Netze und die Einbindung von erneuerbaren Energien geleistet. Dies gilt für die Fahrzeugentwicklung ebenso wie für den Aufbau einer Elektromobilitäts-Infrastruktur.

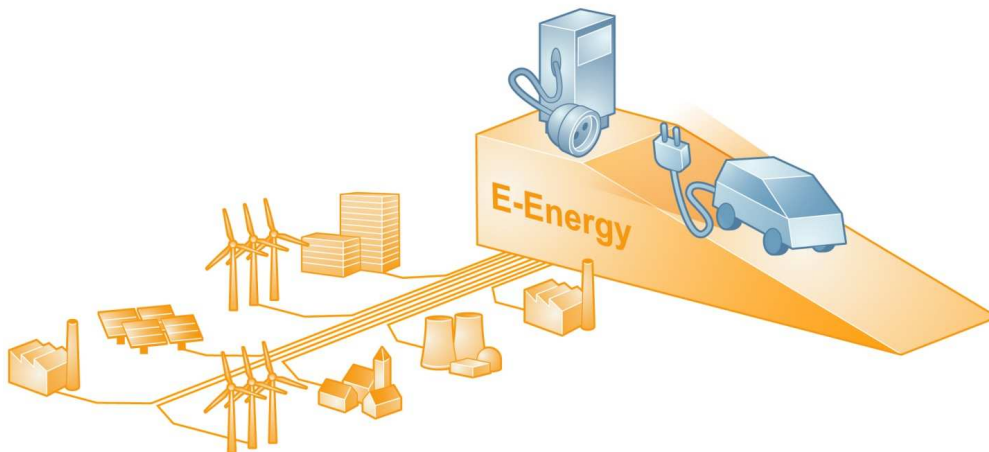
Im Mittelpunkt standen die Entwicklung und Erprobung von offenen, mit Hilfe der IKT realisierten Systemansätzen, bei denen Elektrofahrzeuge und weitere Bestandteile der Elektromobilität optimal in Verkehrs- und Energienetze eingebunden werden. Insbesondere IKT-basierte Lade-, Steuerungs- und Abrechnungsinfrastrukturen sowie darauf aufbauende Geschäftsmodelle, Dienste, Normen und Standards wurden untersucht. Mit den Ergebnissen sollte die ausschlaggebende Grundlage für den realen Betrieb von Elektrofahrzeugen und Flotten geschaffen werden. „IKT für Elektromobilität“ zeigte aber auch, wie Elektrofahrzeuge als Elemente eines intelligenten, auf erneuerbaren Energien aufbauenden Stromversorgungssystems genutzt werden können und damit einen Beitrag zu den Klimaschutzzielen der Bundesregierung leisten.

Das Programm „IKT für Elektromobilität“ ist eine eigenständige Erweiterung des Förder-schwerpunkts „E-Energy – IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft“<sup>1</sup>. In einem IKT-basierten „Internet der Energien“ wären Elektrofahrzeuge wegen ihrer Speicherkapazitäten und der Lastverschiebungspotenziale im Zusammenhang mit dem Laden der Batterien ein möglicher wichtiger Baustein. E-Energy ist in diesem Sinne als eine Art Startrampe für „IKT für Elektromobilität“ und dessen beschleunigte Entwicklung zu sehen.

---

<sup>1</sup> "E-Energy" ist ein Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie in ressortübergreifender Partnerschaft mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. In sechs Modellregionen (Smart Energy Regions) werden Schlüsseltechnologien und Geschäftsmodelle für ein "Internet der Energie" erprobt.

Die Schnittstellen zwischen Fahrzeug und Stromversorgung gehören zu den zentralen Fragestellungen sowohl bei „E-Energy“ als auch bei „IKT für Elektromobilität“. Insofern war es naheliegend, dass die Konsortien der sieben Modellprojekte von „IKT für Elektromobilität“ eine enge Anbindung an die Modellregionen von E-Energy haben<sup>2</sup>. Aus E-Energy konnte bereits ein hohes Maß an Vorkenntnissen mitgebracht werden. Diese Ausgangssituation war für die Modellprojekte „IKT für Elektromobilität“ in der vergleichsweise kurzen Projektlaufzeit von zwei Jahren sehr vorteilhaft. Zusammenarbeit und Informationsaustausch zwischen beiden Programmen war von Beginn an bei „IKT für Elektromobilität“ vorgesehen. Dies wurde dadurch begünstigt, dass die Begleitforschung für beide Forschungsschwerpunkte von einem Konsortium um die B.A.U.M. Consult GmbH geleistet wurde (vgl. Abschnitt 0).



Quelle: E-Energy Begleitforschung, 2012

Abb. 1: Das Förderprogramm „E-Energy“ als Startrampe für „IKT für Elektromobilität“

Die Modellprojekte von „IKT für Elektromobilität“ wurden vom BMWi und BMU mit rund 47 Mio. Euro gefördert. Das Investitionsvolumen umfasste rund 100 Mio. Euro.

„IKT für Elektromobilität“ war und ist ein maßgeblicher Pfeiler des nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität der Bundesregierung. Die in diesem Rahmen arbeitende „Nationale Plattform Elektromobilität“ legte am 16. Mai 2011 ihren zweiten Zwischenbericht vor, in dem sie der Bundesregierung Empfehlungen für ihre künftige Politik im Bereich Elektromobilität aussprach. Das Bundeskabinett beschloss auf dieser Basis am 18. Mai 2011 das Regie-

---

<sup>2</sup> eE-Tour ist aus dem im Alpenraumprogramm geförderten Projekt „CO<sub>2</sub>NeuTrAlp“ (CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität im Alpenraum) hervorgegangen und kooperierte mit Smart Watts / Smart Wheels in der Region Aachen.



rungsprogramm Elektromobilität. Es enthält eine Strategie zur Förderung der Forschung, Entwicklung und Markteinführung der Elektromobilität, die von den vier Bundesressorts Wirtschaft, Verkehr, Umwelt sowie Bildung und Forschung gemeinsam erarbeitet wurde.

Ein Folgeprogramm des im September 2011 ausgelaufenen Programms „IKT für Elektromobilität“ ist zum 1. Januar 2012 gestartet. Die Entwicklung neuartiger, IKT-basierter Lösungen und Dienste für den Aufbau einer Elektromobilitäts-Infrastruktur in Deutschland soll mit dem neuen Förderschwerpunkt "IKT für Elektromobilität – Smart Grid – Smart Traffic – Smart Mobil" bis 2014 fortgesetzt werden.



Quelle: Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“, 2011

Abb. 2: Verteilung der Modellprojekte von „IKT für Elektromobilität“ und die Modellregionen von „E-Energy“ in Deutschland

## 1.2 Das System „IKT für Elektromobilität“

Das Elektroauto fährt. Daran besteht inzwischen kein Zweifel mehr. Doch welche Herausforderungen kommen auf Nutzer, Energieversorger, Verkehrsplaner, Autohersteller und andere zu, wenn sich Elektrofahrzeuge als Privat-PKW, in Fuhrparks oder sogar im Bereich der Nutzfahrzeuge etablieren? Welche neuen Chancen bieten sich?

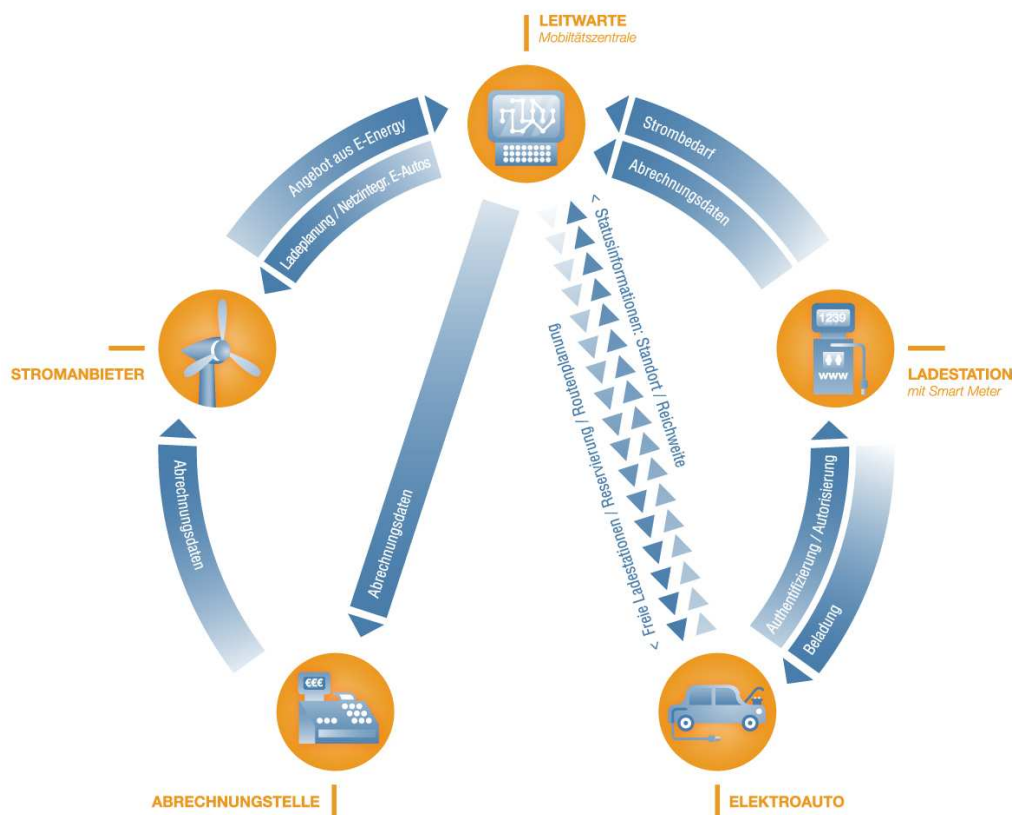
Elektromobilität bietet die Möglichkeit und die Aufgabe, nicht nur das Fahrzeug und die Antriebssysteme, sondern das Verkehrssystem insgesamt neu zu denken. Dabei erfahren die traditionellen und die sich neu assoziierenden Technologiebereiche drastische Veränderungen. Um diese Veränderungen zu meistern sind intelligente, „smarte“ Lösungen insbesondere für das Fahrzeug selbst, die Anbindung an das Energieversorgungsnetz sowie die Verkehrsinfrastruktur gefragt.

Fahrzeuge sind schon heute mit zahlreichen IKT-basierten Funktionen ausgestattet. Doch mit der zunehmenden Komplexität aufgrund neuer Funktionen und Eigenschaften von Elektrofahrzeugen wird eine völlig neue, IKT-basierte Fahrzeugarchitektur erforderlich. Ein E-Fahrzeug benötigt entsprechende Schnittstellen, damit es in das Stromversorgungssystem eingebunden werden kann. Erst im Austausch und Zusammenspiel mit einem IKT-gesteuerten Energienetz, einem „Smart Grid“ kann es gelingen, Netzstabilität zu gewährleisten und das Potenzial von alternativen Energien auszuschöpfen. Batteriebetriebene Fahrzeuge könnten als mobile Speicher einen Beitrag zum aktiven Energiemanagement und zum Ausbau der erneuerbaren Energien leisten.

Durch eine intelligente Vernetzung mit den Verkehrskomponenten Infrastruktur, Verkehrsmanagement, Fahrzeug und Fahrzeugbetrieb können intelligente Elektrofahrzeuge ein Baustein für intelligente und multimodale Mobilitätskonzepte der Zukunft sein. Hierzu sind völlig neuartige Mobilitätsdienstleistungen nötig. Diese umfassen ebenso aktive, vorausschauende Sicherheitssysteme und eine stärkere Kommunikation der Verkehrsteilnehmer untereinander wie auch Fahrassistenz- und Navigationssysteme.

Die Herausforderungen für die Etablierung von Elektromobilität sind so komplex wie die technologischen und gesellschaftlichen Trends, mit denen Entwickler und Entscheidungsträger rechnen müssen. Darüber hinaus sind tragfähige Geschäftsmodelle sowie Nutzerakzeptanz und die Antizipation sich ändernder Kundenbedürfnisse unabdingbar.

Abb. 3 veranschaulicht das Zusammenspiel der verschiedenen Systeme, die im Rahmen der Elektromobilität interagieren.



Quelle: Begleitforschung, 2011

Abb. 3: Das System von „IKT für Elektromobilität“

In der Zukunft der Mobilität wird Elektromobilität eine große Bedeutung haben. Dass die Informations- und Kommunikationstechnologien eine wichtige Rolle spielen werden, ist unter Experten ebenfalls Konsens. Computer zeigen den Weg und informieren, wo man die Batterie aufladen kann. Sie interagieren mit Mobilitätszentralen und stellen sicher, dass immer das richtige Fahrzeug zur Verfügung steht. Und sie sorgen dafür, dass die Batterie dann geladen wird, wenn ausreichend oder gar überschüssiger Strom aus erneuerbaren Quellen zur Verfügung steht. Sie machen es auch möglich, dass der Nutzer an jedem Ladepunkt den Strom bekommt, den er möchte, und alles korrekt abgerechnet wird – wie es bereits vom Mobiltelefonieren bekannt ist.

Vom Äußeren betrachtet gleicht das Elektroauto zunächst jedem anderen, „konventionellen“ Auto. Aber unter der Motorhaube ist nun ein Elektromotor – und eine Batterie. Statt Benzin in den Tank zu füllen muss nun Strom in die Batterie, d.h. Strom aus dem Energieversorgungsnetz wird benötigt, der an der heimischen Steckdose oder an öffentlichen und halböffentlichen Ladesäulen zur Verfügung steht. Mit einem Kabel können Fahrzeug und Lade-

säule verbunden werden und die Batterie wird geladen. Idealerweise erfolgt das Laden über ein Batteriemanagementsystem. Dieses lädt, wie es der Batterie am besten bekommt und stellt so ihre möglichst lange Lebensdauer sicher. Die Zukunft wird zeigen, ob auch berührungsloses Laden möglich sein wird. Der Strom an der Ladesäule fließt nicht automatisch. Anders als zuhause, wo man in der Regel davon ausgehen kann, dass aus der Steckdose immer Strom kommt, ist es z.B. bei öffentlich zugänglichen Ladesäulen nötig, den Stromfluss erst zu ermöglichen. Dies geschieht etwa durch Autorisierung mittels Chipkarten, Öffnen der Klappe zur Steckdose etc.

Die Ladesäulen sind derzeit sehr unterschiedlich konstruiert. Die unterschiedlichen in den Modellprojekten eingesetzten Technologien zeigen diese Varianz. Um Ladevorgänge zu autorisieren und abzurechnen, ist die Ladesäule i.d.R. über eine Kommunikationsleitung mit einem Betreiber verbunden. Dieser bedient sich der Dienstleistungen eines so genannten Clearing-Hauses, damit auch die Kunden anderer Betreiber an der Ladesäule „tanken“ können. An der Ladesäule kann sich ein Nutzer nun „bemerkbar machen“, indem er sich zum Beispiel mit einer Chipkarte oder dem Mobiltelefon identifiziert. Dann wird der Zugang entsperrt und die Batterie kann geladen werden. Diese Art der Entsperrung ist derzeit noch nicht einheitlich geregelt, erfolgt aber ggf. durch eine einheitliche RFID-Karte (radio-frequency identification) oder codierte Stecker.

Das Clearing-Haus stellt sicher, dass am Ende des Monats nur eine einzige Rechnung gestellt wird, auch wenn an verschiedensten Ladesäulen – auch unterschiedlicher Stromversorger bzw. Betreiber – geladen wurde. So ist es auch beim Telefonieren mit dem Mobiltelefon bekannt – auch im Ausland - weshalb auch gelegentlich von „Lade-Roaming“ gesprochen wird.

Dass das Elektrofahrzeug mit Strom versorgt und der Strom dem Nutzer in Rechnung gestellt wird, reicht zunächst einmal aus, um mit einem Elektrofahrzeug fahren zu können. Vorausgesetzt der Nutzer findet ausreichend Ladesäulen in der Nähe seiner Fahrtrouten oder lädt immer zuhause oder am Arbeitsplatz. Andernfalls kann ein Navigationssystem helfen, das bereits etwas komplexer und intelligenter ist als die derzeit üblicherweise verwendeten Geräte. Das Navigationssystem im Elektrofahrzeug – auch Carbox, Bordcomputer o.ä. genannt – wird nicht nur mit mehr Daten gespeist, sondern ist auch mit der Batterie und einer Mobilitätszentrale verbunden. Die Route wird nun anhand von deutlich mehr Parametern berechnet. Hier fließen der Ladezustand vom Batteriemangement ein, aber auch Höhenprofile (bergauf wird die Batterie deutlich stärker beansprucht als auf ebener Strecke) oder Temperatur (bei Kälte steigt der Stromverbrauch stark an). Über die Verbindung mit der Mobilitätszentrale erfährt die Carbox – und damit der Fahrer –, auf welchem Wege das Fahrzeug die nächste Ladestation erreicht. Darüber hinaus werden über die Mobilitätszentrale Informationen gesteuert, z.B. welche Ladesäule frei ist, wie deren Ausstattung (etwa bezüglich Kompatibilität) ist. Derartige Informationen werden auf dem Display des Navigationssystems mit angezeigt. Im Idealfall kann auch eine Ladesäule reserviert werden. Speziell das Projekt eE-Tour Allgäu hat sich intensiv mit einer solchen Carbox beschäftigt, die auch im Projekt SmartWheels eingesetzt wurde.

Sollte einmal nicht genug Reserve in der Batterie vorhanden sein, kann die Carbox ebenfalls helfen. Manchmal reicht es, etwas energiesparender zu fahren – die Carbox gibt entsprechende Anweisungen, begrenzt sogar automatisch die Geschwindigkeit oder leitet den Fahrer auf eine möglichst ebene Route. Wo sich Berge befinden, erfährt die Carbox von der Mobilitätszentrale. So kann sie Alternativrouten anbieten, auf denen das Fahrzeug sicher eine Ladestation erreicht.

Wenn aber die Verfügbarkeit von Ladestationen nicht gegeben ist und die Batterie leer gefahren zu werden droht, ist ein so genannter „Range Extender“, der im Fahrzeug verbaut ist, die Lösung. Das ist ein kleiner Gas- oder Benzinmotor, der die Batterie bei Bedarf auch während der Fahrt laden kann. Eine andere Möglichkeit sind Batteriewechselstationen, wie sie im Projekt Grid Surfer erprobt wurden. Hier wird nicht die leere Batterie im Fahrzeug aufgeladen, sondern es stehen in speziellen Wechselstationen stets geladene Batterien zur Verfügung, die über ein ausgeklügeltes System automatisch mit der leeren im Fahrzeug getauscht werden. Vorteil ist, dass der Vorgang relativ schnell abläuft, während das Laden etwas mehr Zeit in Anspruch nimmt. Aber auch das „schnelle“ Laden wird erprobt. Dazu sind jedoch andere Anschlüsse nötig, auch die Batterie muss dafür geeignet sein. Ganz zu schweigen davon, dass die Stromnetze durch viele gleichzeitige Schnellladevorgänge stark belastet würden.

Wenn auch das Fahren weitestgehend ohne Umstellung klappt, ist eine Umgewöhnung nötig, wie etwa daran zu denken, das Fahrzeug stets mit einer Stromquelle zu verbinden, sobald es länger steht. Das mag sogar dann sinnvoll sein, wenn ein Laden noch nicht nötig ist: das stehende Fahrzeug kann dann als Puffer für die fluktuierenden wie Photovoltaik oder Wind dienen. Daher ist die Nutzerakzeptanzforschung ein wichtiger Bestandteil auf dem Weg zur Elektromobilität. Bei der Ladeinfrastruktur befasst man sich zudem mit den Problemen, die kabelgebundenes Laden im öffentlichen Raum mit sich bringt – frei hängende Kabel sind Stolperfallen, auch Vandalismus kann zum Problem werden. Daher wird gerade im öffentlichen Raum das induktive Laden erprobt, also elektromagnetische Energieübertragung, für die kein Kabel nötig ist. Im Modellprojekt Smart Wheels wurde dies für ein Taxi erprobt (Teilprojekt an der RWTH Aachen).

Darüber hinaus müssen noch zwei wesentliche Aspekte mitgedacht werden: Der zusätzliche Stromverbrauch und der Umweltfaktor.

Tatsächlich stellt das Laden eines Fahrzeugs für das Stromnetz zunächst keine Schwierigkeit dar. Kritisch könnte es aber z.B. zu den typischen Feierabendzeiten werden, falls viele Elektrofahrzeuge gleichzeitig geladen werden, meist in Kombination mit dem Betrieb anderer Verbrauchsgeräte. Beim massenhaften gleichzeitigen Laden können die Fahrzeuge zu einem Problemfaktor für die Verteilnetze werden. Hierzu tragen die erneuerbaren Energien im schlimmsten Falle selbst bei. Denn die Erzeugung der Energie deckt sich nicht immer mit dem Verbrauch – ein Faktor, der in Regionen mit hoher Energieversorgung aus erneuerbaren Energien bekannt ist. Diesen Faktor untersuchte das Projekt Harz.EE-mobility sehr genau, denn in der Region basiert die Energieversorgung schon heute zu mehr als 50% auf erneuerbaren Energien.

Für die unschädliche Integration der Elektrofahrzeuge in das Stromnetz sind v.a. folgende Ansätze nötig: Erstens, dass das Laden gesteuert wird und zweitens, dass der Strom, der „zu viel“ erzeugt wird, zwischengespeichert und im besten Falle später wieder dem Stromnetz zugeführt werden kann. Dazu bedarf es intelligenter Systeme auch im Stromversorgungsnetz, die bis in die Ladeinfrastruktur und sogar die Verkehrssysteme reichen. Das „gesteuerte Laden“ geschieht dann, wenn zum Beispiel Energie von Solarparks zur Verfügung steht. Die Ladestation kann den Strom auch von Ihrer eigenen Sonnenstromanlage bekommen – genau dann, wenn diese Strom produziert. Dazu werden Smart Grid Technologien benötigt, wie sie in den Modellprojekten von E-Energy entwickelt und erprobt wurden. Das heißt, dass Erzeugungsanlagen, Speicher, Stromnetz und Energieverbraucher miteinander kommunizieren können. Die Photovoltaik-Anlage kann der Ladesäule mitteilen, dass momentan „CO<sub>2</sub>-freier“ Strom zur Verfügung steht und es zurzeit günstig ist, die Batterie zu laden.

In einem System mit Smart Grid Technologie erfährt das Elektrofahrzeug z.B., dass zurzeit kein PV-Strom verfügbar ist, weil es regnet – und speist ggf. sogar Strom aus der Batterie ins Netz zurück. Weil das hilft, das Netz zu stabilisieren, bekommt der Fahrzeugnutzer dafür am Monatsende eine Gutschrift. Die Besitzer der Fahrzeugbatterien werden somit zu Teilnehmern am Energiemarkt. Die Batterien sind gleichzeitig flexible Stromabnehmer und schnell startbare Erzeuger. Das kann auch im hauseigenen Netz gut funktionieren, was im Projekt MeRegioMobil alltagsnah in einem „Smart Home“ mit Testbewohnern erprobt wurde. Hier zeigt sich wiederum die enge Verbindung von „IKT für Elektromobilität“ und „E-Energy“.

Im Prinzip können die Elektrofahrzeuge auch den überschüssigen Strom aufnehmen, den z.B. Windräder in der Nacht produzieren. Sie können dann tagsüber damit fahren – oder den Strom in der mittäglichen Verbrauchsspitze ins Netz zurückspeisen. Die Batterien von Elektrofahrzeugen können somit zu mobilen Pufferspeichern werden und mithelfen, dass weitere Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien erzeugen, an das bestehende Stromnetz angeschlossen werden können – vorausgesetzt die Fahrzeuge sind zum benötigten Zeitpunkt mit dem Netz verbunden.

Elektromobilität ist also weit mehr als ein neuer Motor. Sie bietet Chancen, das gesamte Mobilitätssystem neu zu denken. Die Mobilitätszentrale kann sogar ganze Fahrzeugflotten verwalten. Wer ein Auto braucht, reserviert es auf einer Internetplattform. Wer ein Fahrrad braucht, schließt es mit Hilfe des Mobiltelefons auf und fährt kurz darauf einfach los. Die Batterien kann man an jeder beliebigen Ladestation laden. Der Mobilitätsdienstleister rechnet über das Clearing-Haus mit den verschiedenen Betreibern der Ladeinfrastruktur ab. Im Rahmen von betrieblichen Flotten sammelt das Projekt Future Fleet hier reichlich Erfahrung, im Projekt eE-Tour wird das über ein Vermietungs- und Carsharing-System insbesondere mit Touristen im Allgäu erprobt.

Diese Flottensysteme sind der erste Schritt in Richtung intelligenter und komfortabler Intermodalität, wie es auch Smart Wheels in einem Teilprojekt untersucht. Mit heutigen Smartphones sind Apps vorstellbar, die eine solche Intermodalität unterstützen, ja erst in dieser Form möglich machen. Auch hier zeigt sich, dass erst die IKT Vieles von dem möglich

macht, was über das reine batteriebetriebene Fahren hinausgeht – sie schaffen einen zusätzlichen Mehrwert.



Quelle: Begleitforschung, 2011

Abb. 4: Die Landschaft der Elektromobilität als Animation (vgl. [www.ikt-em.de](http://www.ikt-em.de))

### 1.3 Die Begleitforschung

Das BMWi legt bei Förderprogrammen Wert auf die Qualitätssicherung, die projektübergreifende Kommunikation sowie die Sicherstellung einer beschleunigten Vermarktung bzw. Anwendung von Innovationen. Dazu setzt das Ministerium auf das Instrument der Begleitforschung – so auch bei „IKT für Elektromobilität“: Mit der Begleitung der Modellprojekte und des gesamten Programms beauftragte das BMWi ein Konsortium unter der Leitung von B.A.U.M. Consult GmbH, die so genannte Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“.

Dem Begleitkonsortium gehörten folgende Institute und Unternehmen an:

- B.A.U.M. Consult GmbH, München / Berlin (Konsortialführung)
- incowia GmbH, Ilmenau
- LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH, München / Berlin

Über Studien wurden zusätzlich eingebunden:

- TU Darmstadt, Institut für Elektrische Energiesysteme
- Institut für Zukunftstechnologien und Technologiebewertung (IZT)

Zentrale Anlaufstelle für die Begleitforschung „IKT für Elektromobilität“:

B.A.U.M. Consult GmbH  
Fanny-Zobel-Str. 9  
12435 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 53 60 18 84-12  
E-Mail: [ikt-em@baumgroup.de](mailto:ikt-em@baumgroup.de)

#### 1.3.1 Ziele und Aufgaben

Mit Hilfe der Begleitforschung sollten die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands und seine Attraktivität für Produktion und Investitionen der Wirtschaft auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologie für die Elektromobilität deutlich gemacht werden. Die Begleitforschung hatte die Aufgabe, die zentralen Akteure der Elektromobilität durch Wissenstransfer und Kooperationen zu vernetzen, die Zusammenarbeit der Modellregionen untereinander zu unterstützen und verallgemeinerbaren Ergebnisse zu befördern. Die zentralen Aufgaben waren:

- Evaluation und Monitoring der Aktivitäten der geförderten Projekte
- Vernetzung und Wissenstransfer der Projekte untereinander sowie mit der nationalen und internationalen Fachwelt



- Verbreitung und Veröffentlichung der Ergebnisse des Förderschwerpunktes und seiner Projekte mit Hilfe vielfältiger zeitgemäßer Maßnahmen
- Nachhaltigkeit bzw. Verstetigung der Programmaktivitäten.



Quelle: Begleitforschung, 2011

Abb. 5: Die Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“

### 1.3.2 Profile und Schwerpunkte der Partner

Das Konsortium wurde so gewählt, dass die wesentlichen für das Projekt geforderten Qualifikationen und Bereiche unmittelbar abgedeckt waren und somit kompetente Ansprechpartner für die Projektpartner der Modellprojekte und das BMWi zur Verfügung standen.

Zudem verfügte das Konsortium über eine starke fachliche Nähe zu E-Energy, da alle Partner der Begleitforschung von E-Energy angehörten.

Über die Aktivitäten der Begleitforschung hinausgehende wissenschaftliche Aufgaben wurden an Universitäten bzw. Wissenschaftsinstitute vergeben (vgl. Kap. 4).

#### B.A.U.M. Consult GmbH

Die Gesellschaft mit Sitz in München und Berlin bildet mit zwei weiteren B.A.U.M. Consult Gesellschaften (Hamburg, Hamm) die B.A.U.M. Group, die zum Netzwerk des B.A.U.M. e. V. gehört, des größten deutschen Verbands für nachhaltiges und umweltgerechtes Wirtschaften. Die B.A.U.M. Group beschäftigt ein interdisziplinäres Team von ca. 35 festen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit umfassenden Erfahrungen in den Bereichen Beratung, For-

schung und Kommunikation. B.A.U.M. ist Mitglied des International Network of Environmental Management (INEM) mit Mitgliedern in ca. 35 Ländern.

Die Aufgaben im Vorhaben waren u.a.:

- Gesamtkoordination des Vorhabens
- Erstellung eines Konzepts zur Analyse und Bewertung der Projektfortschritte und projektübergreifenden Abstimmung der Projektaktivitäten; Koordination der Umsetzung mit und durch die Partner im Konsortium
- Bewertung der Ergebnisse im Hinblick auf Nachhaltigkeit
- Entwicklung eines Nachhaltigkeitskonzepts für die Verstetigung
- Vergleich der Projektfortschritte in Deutschland mit führenden internationalen Entwicklungen
- Wissenstransfer
- Vorbereitung und Durchführung von Veranstaltungen in Zusammenarbeit mit den weiteren Partnern
- Einbindung externer Experten und Multiplikatoren, u. a. zur Klärung wichtiger Querschnittsfragen (Interoperabilität und Standardisierung, neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen etc.)
- Anbahnung und vorbereitende Mitgestaltung von Kooperationen
- Erarbeitung eines Endberichts und einer Dokumentation der Ergebnisse des Begleitforschungsprojekts, inkl. eines Vorschlags für die Weiterführung des Gesamtvorhabens im Rahmen des Nachhaltigkeitskonzepts der Bundesregierung.

### **incowia GmbH**

Die incowia GmbH ist Beratungs- und Implementierungsspezialist für innovative IT-Lösungen und fokussiert auf technologieintensive Beratungsaufgaben bei Großkonzernen und im großen Mittelstand, um gezielt die Wettbewerbsposition ihrer Kunden durch den innovativen Einsatz von Informationstechnologien zu stärken sowie die Kosten des IT-Betriebes zu reduzieren.

Aufgaben im Vorhaben u. a.:

- Mitwirkung bei der Evaluation von Konzepten und Entwürfen der IKT-Systeme, welche gemäß den Projektergebnissen der geförderten Projekte zukünftig zugrunde liegen sollen
- Realisierung von IT-Werkzeugen für das projekt-übergreifende Wissensmanagement
- Mitwirkung bei der Gestaltung des Internetportals und dessen Einbeziehung in den Wissensmarktplatz

### **LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH (LHLK)**

LoeschHundLiepold Kommunikation (LHLK) berät Unternehmen, Institutionen und Marken in Fragen der Kommunikation und des Themenmanagements. Das Unternehmen ist eine PR- und Kommunikationsagentur mit umfangreicher Expertise und langjähriger Erfahrung in der klassischen Image-, Öffentlichkeits- und Medienarbeit, im Wissenschafts- und Technologietransfer, bei der Konzeption und Umsetzung themenorientierter Kampagnen, in der Krisenprävention, -kommunikation, und -bewältigung sowie in der internen Kommunikation. LHLK hat große Erfahrung im Bereich der Presse-, Medien- und Öffentlichkeitsarbeit für Förderprojekte des BMWi.

Aufgaben im Vorhaben u. a.:

- Entwicklung und Umsetzung einer Öffentlichkeitsstrategie unter Einbezug aller relevanten Gruppen: Internet, führende Medien (Print, Radio und TV), Sponsoren, Multiplikatoren und weitere hochrangige Experten
- Sicherung eines hohen Wiedererkennungswertes der Fördermaßnahme in der Öffentlichkeit
- Konzeption, fachliche Betreuung und Redaktion der Inhalte einer barrierefreien, den Corporate Design-Vorschriften (CD) des BMWi entsprechenden, Internetplattform zur zielgruppenspezifischen Information
- Sicherstellung einer deutlichen Medienpräsenz für das Projekt mit Beiträgen in Presse, Fachliteratur, Internet, Radio und TV
- Kommunikation der Programmschwerpunkte über innovative Kommunikationskanäle (z.B. Blog, Podcasts, Video etc.)
- Erarbeitung und Durchführung von attraktiven Veranstaltungsformaten (insbesondere Jahreskongresse) und Verknüpfung mit den Aktivitäten anderer Veranstalter
- Koordinierung, Zusammenführung und Unterstützung öffentlichkeitswirksamer Maßnahmen der einzelnen Fördervorhaben

### **TU Darmstadt, Institut für Elektrische Energiesysteme**

Das Fachgebiet Regenerative Energien befasst sich mit der Forschung und Entwicklung neuartiger Energiewandler zur Nutzung regenerativer Energiequellen. Ein weiterer Fokus liegt auf der effizienten Verwendung elektrischer und thermischer Energie, wozu beispielsweise Speichertechnologien oder die Kraft-Wärme-Kopplung gehören. Seit Oktober 2011 sind die Fachgebiete Regenerative Energien und Elektrische Energieversorgung in dem neuen Fachgebiet Elektrische Energieversorgung unter Einsatz Erneuerbarer Energien (E5) zusammengeführt.

Aufgabe im Vorhaben war die Erstellung einer Studie zur Bewertung der Interoperabilität und der Möglichkeiten zur Standardisierung (aus Energiesicht) sowie zur Nutzung von Elektromobilität als mobilen Energiespeicher.

### **Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT)**

Das IZT ist eine unabhängige und gemeinnützige Forschungseinrichtung. Schwerpunkte der Arbeit sind Zukunftsforschung und die Analyse der Entwicklung und Einführung neuer Technologien sowie die Abschätzung und Bewertung ihrer wirtschaftlichen, politischen, ökologischen und sozialen Folgen. Darüber hinaus entwickelt das IZT Strategien und Instrumente zur Technikgestaltung sowie zum ökologischen und sozialen Strukturwandel in Wirtschaft und Gesellschaft. Das Institut führt nicht nur Forschungsprojekte durch, sondern erstellt überdies Gutachten und berät Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft. Das IZT hat 25 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die Natur- und Ingenieur- sowie Geistes- und Sozialwissenschaftler arbeiten grundsätzlich in interdisziplinär zusammengesetzten Projektteams. Das IZT gehört zu den führenden Instituten auf dem Gebiet der Nachhaltigkeits- und Technikfolgenforschung in Deutschland. Zu den Auftraggebern des IZT zählen u. a. die EU-Kommission, der Deutsche Bundestag, Bundes- und Länderministerien, das Umweltbundesamt und weitere Bundesinstitutionen, sowie Wirtschaftsverbände, Stiftungen und Unternehmen.

Aufgabe im Vorhaben war die Erstellung einer Studie zum Thema „Elektromobilität als Stellglied im Stromnetz“.

#### **1.4 Transferstrategie**

Die Fördermaßnahme sollte Forschungs- und Entwicklungs-Aktivitäten beschleunigen, die auf eine zielgerichtete Entwicklung der Elektromobilität insbesondere durch Nutzung der IKT ausgerichtet sind. Damit gewährleistet werden konnte, dass die Ergebnisse auch außerhalb der Projekte ausreichend zur Kenntnis genommen werden und ihre Potenziale entfalten können, wurde eine auf die gesamte Projektlaufzeit ausgerichtete Transferstrategie entwickelt. Die Transferstrategie bildete die Grundlage für zwei wesentliche Aufgabenbereiche der Begleitforschung:

- Verbreitung und Veröffentlichung der Ergebnisse des Förderschwerpunktes und seiner Projekte mit Hilfe vielfältiger zeitgemäßer Maßnahmen
- Vernetzung und Wissenstransfer der Projekte untereinander sowie mit der nationalen und internationalen Fachwelt.

Für den Erfolg des Innovationsprozesses IKT-EM ist es erforderlich, Technologien, Infrastrukturen und Dienstleistungen zu kommunizieren und an den Erfordernissen der Entscheider bei Investitionen, der Nutzer und der Öffentlichkeit zu orientieren. Innovatoren und Frühadoptoren haben eine Schlüsselfunktion bei der breitenwirksamen Nutzung, Verbreitung und Verstetigung von Innovationen. Wenn sie im Handlungsfeld Elektromobilität erfolgreich für Investitionen und Verhaltensänderungen sowie für den Erfahrungsaustausch untereinander gewonnen werden können, beschleunigen sich die Markteinführung und die breitenwirksame Nutzung von Elektrofahrzeugen nicht nur bei diesen Vorreitern, sondern auch bei der breiten Mehrheit der Bevölkerung.

„Wir werden moderieren, agieren, nachfragen, vermitteln und ermutigen.“ Dies war der Leitgedanke für den Aufbau von Informations-, Austausch- und Kooperationsbeziehungen im Rahmen des Programms: Übergeordnete Ziele waren, sowohl soziale Netzwerke als auch Informationsleistungen für alle relevanten Akteure aufzubauen. Diese Aufgaben sollten durch eine leistungsfähige Informations- und Austauschplattform im Internet unterstützt werden. Zu den Adressaten zählten zunächst die Modellkonsortien selbst, darüber hinaus Expertinnen und Experten in Unternehmen und sonstigen Organisationen, aber auch Innovationsjournalisten, Verbände und Nichtregierungsorganisationen sowie die interessierte Öffentlichkeit. Der Aufbau von Informations-, Austausch- und Kooperationsbeziehungen wurde wesentlich von Transfer-Aktivitäten und der Verbreitung der Herausforderungen und Lösungsansätze in Expertennetzwerken der relevanten Zielgruppen der beteiligten Branchen, in der interessierten Fachöffentlichkeit und in der Bevölkerung als solcher getragen.

Als übergeordnete Aufgabe wurde bei allen Schritten berücksichtigt, dass die Maßnahmen möglichst so verankert wurden, dass sie die Projektergebnisse kontinuierlich verbreiten, das Mitwirken aller Akteure fördern und sich nicht zuletzt dadurch die Kooperationspartnerschaften über den Projektzeitraum hinaus verstetigen.

#### **1.4.1 Positionierung des Förderprogramms**

Das Alleinstellungsmerkmal der sieben Modellprojekte in Abgrenzung zu den anderen Schwerpunkten der im Rahmen des Konjunkturprogramms II geförderten Elektromobilitätsprojekte der Bundesregierung bestand insbesondere in der Schwerpunktsetzung auf Informations- und Kommunikationstechnologien.

Ohne eine intelligente Steuerung durch Informations- und Kommunikationstechnik sind Elektrofahrzeuge und das Gesamtsystem der Elektromobilität nicht denkbar. Die sieben multidisziplinär zusammengesetzten Konsortien der Modellprojekte entwickelten und testeten die dafür nötigen zentralen Bausteine. Sie leisteten wichtige Beiträge zu zukunftsweisenden systemischen Lösungen für die Integration von Elektromobilität in intelligente Netze und die Einbindung von erneuerbaren Energien...

##### **... bei der Fahrzeugentwicklung:**

In den Modellprojekten werden Module entwickelt, welche die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems überwachen sowie den jeweiligen Zustand des Fahrzeugs an eine Mobilitätszentrale und an die Fahrerin bzw. den Fahrer melden. Das betrifft z.B. Informationen über den Batterie- und Ladezustand, die verbleibende Reichweite, freie Ladestationen und deren Reservierung, die günstigste Route bis zur nächsten Ladestation und zum Fahrtziel, Abrechnungsoptionen und -daten etc.

##### **... beim Aufbau einer Elektromobilitäts-Infrastruktur:**

Innerhalb der Modellprojekte werden im Rahmen von Labor- und Feldversuchen Lade-, Steuerungs- und Abrechnungsinfrastrukturen entwickelt und getestet. Im Mittelpunkt des Interesses steht das Erzielen von hohen Reichweiten, zum einen über eine Infrastruktur mit

Batterielade- oder -wechselstationen und zum anderen mit einem intermodalen Verkehrssystem in verschiedenen Ausprägungen von ÖPNV bis Carsharing.

#### **... im Zusammenhang mit intelligenten Netzen (Smart Grids):**

Alle Konsortien sammeln Erfahrungen mit der Einbindung von Elektrofahrzeugen in das System der Stromversorgung. Im Zentrum steht die Entwicklung von Ladeinfrastrukturen, die ein nutzungsangepasstes und gleichzeitig netzschonendes Laden der Antriebsbatterien ermöglicht (Grid to Vehicle). Einige Konsortien befassen sich mit der bedarfsgerechten Rückspeisung in das Netz als effiziente Unterstützung des Lastmanagements (Vehicle to Grid).

#### **... in der Klimadiskussion:**

Die Modellprojekte sollen zeigen, dass Elektrofahrzeuge einen unmittelbaren Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minderung leisten können. Dazu werden u. a. Möglichkeiten getestet, die Batterien der Fahrzeuge bevorzugt in Zeiten zu laden, in denen (überschüssiger) Strom aus erneuerbaren Quellen vorhanden ist. Außerdem werden belastbare Daten zum jeweiligen Verbrauch der Fahrzeuge in verschiedenen Einsatzformen erfasst.

#### **... international:**

Die Modellprojekte gehören zu den weltweit ersten, die **alle** Elemente einer umfassenden Elektromobilität im Feld testen. Sie entwickeln informations- und kommunikationstechnische Grundlagen und testen Prototypen von Modulen, die für den optimalen Betrieb einer großen Breite von Fahrzeugen bzw. Fahrzeugflotten benötigt werden.

### **1.4.2 Strategische Ziele des Förderprogramms**

Als Leitgedanke waren für die Aktivitäten der Begleitforschung während der Projektlaufzeit folgende strategischen Ziele maßgeblich:

#### **1. Plattformcharakter von IKT-EM**

Das Förderprogramm bindet aktiv die zentralen Akteure der Elektromobilität entlang der gesamten Wertschöpfungskette durch Wissenstransfer und übergreifende nationale und internationale Kooperationen ein.

IKT-EM wird von allen politischen Kräften sowie einschlägigen Verbänden und Institutionen als maßgebliches Innovationsprogramm sowohl für die Entwicklung zukünftiger Fahrzeuge als auch einer nachhaltigen Mobilität (speziell im Lichte der Klimadiskussion) wahrgenommen.

Das Förderprogramm erweitert durch qualifizierte und im Feld getestete IKT-Lösungen zur Integration der Elektrofahrzeuge in die Verkehrs- und Stromversorgungssysteme die anderen von der Bundesregierung bzw. der EU geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

## 2. Verallgemeinerbare Ergebnisse zur Verwertung am internationalen Markt

Die Zusammenarbeit der Modellprojekte untereinander und mit der Begleitforschung führen zu verallgemeinerbaren Ergebnissen, sodass damit die ausschlaggebende Grundlage für den realen Betrieb von Elektrofahrzeugen und Flotten geschaffen wird.

Die Ergebnisse lassen belastbare Abschätzungen zu den Marktpotenzialen von IKT-EM-Lösungen zu.

## 3. Deutschland als führender Innovator für ein Gesamtsystem der Elektromobilität

Deutschland wird mit seinen Beiträgen zur Entwicklung der Elektromobilität weltweit als führender europäischer Innovator wahrgenommen.

Die von den Modellprojekten entwickelten innovativen, IKT-basierten Lösungen bilden die Grundlage für neue, wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen. Die Lösungen sind so offen bzw. genügen internationalen Standards, dass sie in Deutschland und weltweit auf breite Akzeptanz stoßen. Sie stehen so schnell zur Verfügung, dass eine rechtzeitige Verwertung im sich rasant entwickelnden Markt möglich ist.

## 4. Beitrag zu den Klima- und Energiepolitischen Zielen der Bundesregierung

Die entstehenden IKT-basierten Lösungen zur Integration der Elektromobilität in intelligente Stromnetze tragen wesentlich dazu bei, die Einbindung erneuerbarer Energien zu optimieren sowie die Energieeffizienz zu erhöhen.

Die Ergebnisse der Modellprojekte eröffnen die Möglichkeit, den Energieeffizienz- und Klimabeitrag der Elektromobilität generell transparent zu machen und zu bewerten.

## 5. Akzeptanz durch die Öffentlichkeit

Die mit dem Förderprogramm verfolgten Ziele respektive die erarbeiteten Lösungen werden von der breiten Öffentlichkeit als zentrale Beiträge für die praktische Umsetzung einer nachhaltigen, das Klima schonenden Elektromobilität akzeptiert.

### 1.4.3 Transfermaßnahmen

Ziel der Transfermaßnahmen war es, die zentrale Botschaften, Inhalte und Themenkomplexe zu definieren und zielgruppenspezifisch für eine Fachöffentlichkeit sowie die allgemeine Bevölkerung mediengerecht aufzubereiten. Zugleich bildeten die Transfermaßnahmen die Grundlage für den Aufbau von Kooperations- und Austauschstrukturen mit den zentralen Akteuren – von externen Projekten, Experten, Multiplikatoren, insb. Verbände, bis hin zu politischen Entscheidungsträgern – der für das Thema „IKT für Elektromobilität“ relevanten Branchen.

Im Mittelpunkt der Kommunikation standen die entwickelten Beispiellösungen aus den Modellprojekten, die auf für die identifizierten Zielgruppen verwertbare Themen, Botschaften und Beispiellösungen hin geprüft wurden, so dass diese in Projekt begleitende, kontinuierliche Kommunikationsmaßnahmen wie Presseinformationen, Broschüren oder Texte für die Internetseite übersetzt werden konnten.

Darüber hinaus war es die Aufgabe, das Förderprogramm aktiv und kontinuierlich durch die Präsenz von Vertretern der Begleitforschung und der Modellprojekte bei nationalen und in-

ternationalen Branchenveranstaltungen (Messen, Kongresse, Podiumsdiskussionen etc.) vor Fachpublikum zu vertreten und darzustellen. Durch eigene Veranstaltungen und Jahreskonferenzen sollte zum einen den Modellprojekten die öffentlichen Präsentation der Projekte und deren Ergebnisse ermöglicht, zum anderen der Vernetzung mit den Akteuren der Branche Raum gegeben werden.

Insgesamt sollte eine kontinuierliche Information der Fachöffentlichkeit, die aktive Vernetzung – projektübergreifend sowie mit den zentralen Akteuren der für das Thema „IKT für Elektromobilität“ relevanten Branchen – sowie der Aufbau von Kooperations- und Austauschstrukturen mit externen Projekten, Experten, Multiplikatoren und politischen Entscheidungsträgern gewährleistet werden.

#### 1.4.4 Fachgruppenarbeit

Als zentrales Instrument für die Vernetzung und den Wissenstransfers zwischen den Projekten und von projekt- und programmübergreifenden Kooperationen sowie eines gemeinsamen Vorgehens bei Querschnittsfragen zu fördern wurden themenzentrierte Fachgruppen und Task Forces eingeführt.

Die Fachgruppen sollten die Vertreter aus den Modellprojekten untereinander sowie mit der Begleitforschung und mit ausgewählten Experten zusammenführen. Die Begleitforschung war insbesondere für die Arbeitsprozesse und die Moderation verantwortlich und unterstützte die Treffen bei Bedarf auch organisatorisch.

Folgende Fachgruppen, teilweise mit zusätzlichen speziellen Task Forces, wurden anhand einer Bedarfsanalyse in Abstimmung mit den Modellprojekten sowie der Auftraggeber und Projektträger eingerichtet:

- **Fachgruppe Interoperabilität** mit den Arbeitsschwerpunkten
  - Architekturen
  - Hard- und Softwaretechnologien
  - Schnittstellen
  - Informationssicherheit
  - Datenschutz (per design)
  - Standards und Normen (in Kooperation mit Standardisierungsorganisationen)(für Aktivitäten und Ergebnisse dieser Fachgruppe siehe 3.1).
- **Fachgruppe Rechtsrahmen** mit den Arbeitsschwerpunkten
  - Eichrecht und Regulierung (i. Z. mit Ladestationen und Netzintegration)
  - Datenschutz (per Rechtssetzung)(für Aktivitäten und Ergebnisse dieser Fachgruppe siehe 3.2).



- **Fachgruppe Geschäftsszenarien** mit den Arbeitsschwerpunkten
  - Marktentwicklung
  - Bedarfe und Akzeptanz
  - IKT Unterstützung für Geschäftsprozesse  
(für Aktivitäten und Ergebnisse dieser Fachgruppe siehe 0).

Zusätzlich wurde die für die Startphase die Fachgruppe Kommunikation eingesetzt, um das Vorgehen hinsichtlich Transfermaßnahmen aufeinander abzustimmen.

- **Fachgruppe Kommunikation** mit den Arbeitsschwerpunkten
  - Einheitliches Erscheinungsbild des Gesamtprogramms
  - Abgestimmte Kernbotschaften
  - Gemeinsame öffentliche Auftritte (Konferenzen, Messen)
  - Abgestimmte Pressearbeit in den Regionen und für das Gesamtprogramm  
(für Aktivitäten und Ergebnisse dieser Fachgruppe siehe 3.4)

## 2 Ergebnisse aus den Modellprojekten

Das BMWi definierte in seiner Ausschreibung die Anforderungen an die zu fördernden Projekte wie folgt:

- Elektronische Marktplätze und IKT-basierter Technikbetrieb von E-Mobility-Konzepten und ihre Einbindung in elektrische Versorgungsnetze
- Elektromobile als Speicher- und Regelelemente im „E-Energy“-(Versorgungs-)Netz der Zukunft weitgehend automatisierter Kontrolle, Steuerung und Regelung des technischen Gesamtsystems
- Einbettung der Elektromobilität mit Hilfe der IKT in jeweils typische urbane Verkehrsinfrastrukturen und Nutzerprofile (Branchen, Tourismus, Wohnstrukturen) unter Nutzung der Verkehrstelematik oder von verteilter Intelligenz in den Fahrzeugen
- Innovative E-Mobilitätsdienstleistungen – gestützt auf IKT-Anwendungen und entsprechende Geschäftsmodelle; beim BMU heißt es hierzu vertiefend: „dabei vor allem Erforschung der Akzeptanz von neuen Mobilitätsmodellen“
- Normen und Standards.

Seitens des BMU wurde in der ansonsten deckungsgleichen Zielbeschreibung ergänzend als Ziel hinzugefügt:

- Nutzung von Elektrofahrzeugen zur Systemintegration erneuerbarer Energien.

Diese Zielstellungen wurden als Grundlage für die Evaluation der Projekte verwendet.

Ein zentrales Anliegen des Förderprogramms, auch im Sinne der Ergänzung zu E-Energy, war es zu erforschen und zu entwickeln, wie Fahrzeugbatterien möglichst intelligent und anwendungsfreundlich als mobile Stromspeicher genutzt werden können. Dadurch würden Elektrofahrzeuge entscheidend zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien, zur Erhöhung der Netzstabilität und zur Verringerung teurer Regelenergie beitragen können. Bei der effizienten Integration von Elektrofahrzeugen in das Energiesystem geht es nicht nur darum, wie Überkapazitäten am besten genutzt werden können, sondern vor allem darum, die Batterien von Elektrofahrzeugen so in das Netz zu integrieren, dass die Ladevorgänge und eventuellen Rückspeisungen möglichst netzschonend erfolgen. So erst bieten die Batterien der E-Fahrzeuge auch die Möglichkeit, das Stromnetz in Spitzenzeiten zu entlasten – die Batterien können als dynamisch regelbare Pufferspeicher für Energie genutzt werden („V2G“, Vehicle-To-Grid-Ansatz).

Dazu bedarf es jedoch gleichzeitig der Einbettung der Elektromobilität in jeweils typische urbane oder ländliche Verkehrsinfrastrukturen und Nutzerprofile (Branchen, Tourismus, Wohnstrukturen) unter Nutzung der Verkehrstelematik oder von verteilter Intelligenz in den Fahrzeugen. Entscheidend ist hierfür der Einsatz von IKT. Es müssen Konzepte zur Kopplung mit den Energiesystemen definiert, Marktregeln und Betreibermodelle erarbeitet, der rechtliche Rahmen analysiert und fortentwickelt, IT-Systeme realisiert, innovative Dienste

entwickelt und eine Kommunikationsinfrastruktur bis hin zur Abrechnung aufgebaut werden. Auch die diesbezügliche Standardisierung sollte mit den Forschungsaktivitäten vorangetrieben werden.

Zu den im Forschungsprogramm formulierten Zielstellungen wurden innerhalb der Modellprojekte konkrete Lösungsansätze in den jeweils assoziierten Forschungsfeldern entwickelt. Vertiefend betrachtet wurden die Bereiche

- Gesteuertes Laden und Rückspeisung
- Navigation und Fahrassistenz
- Tarife und Abrechnung
- Flottenmanagement und Mobilitätsservices.

Dabei sind die Bereiche nicht scharf voneinander abzugrenzen, sondern sind im Gegenteil stets als sich ergänzende Teilbereiche im Gesamtsystem Elektromobilität zu verstehen. Insbesondere die Verbindung der verschiedenen Ebenen und ihre Koordination stellte eine große Herausforderung für die Modellprojekte und die Begleitforschung dar.

Die jeweiligen Lösungsansätze wurden in den Modellprojekten von wissenschaftlichen Analysen und Studien begleitet und in Feldtests, Labortests oder (insbesondere für Aussagen zur Skalierbarkeit) mit Simulationen validiert. Die umfassenden Ergebnisse sind in den jeweiligen Abschlussberichten der Modellprojekte im Detail beschrieben.

## 2.1 Grid Surfer

Projekt-Logo:



Titel:	Land in Sicht: Inter-urbane Integration von Elektrofahrzeugen in Energiesysteme, Batteriewechsel inklusive
Untertitel:	Entwicklung von Gesamtkonzepten für die Anbindung von Elektrofahrzeugen an die elektrischen Netze und zur Lösung des Reichweitenproblems in ländlichen Regionen
Fördergeber:	BMWi
Fördernehmer:	E3/DC GmbH, NEXT ENERGY - EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V., OFFIS e.V.
Konsortialführer:	EWE AG, Projektleitung Michael Westerburg
Kurzbeschreibung:	Im Nordwesten Deutschlands werden Gesamtkonzepte für die Anbindung von Elektrofahrzeugen an die elektrischen Netze in Feldversuchen und Simulationen untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Überwindung des Problems der Reichweite in ländlichen Regionen durch Batteriewechselkonzepte.
Ziele:	Gesamtkonzepte für die Anbindung von Elektrofahrzeugen an die elektrischen Netze und Überwindung des Problems der Reichweite in ländlichen Regionen
Umsetzung:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bau von sechs Fahrzeugen, die kontinuierlich weiterentwickelt werden</li><li>• Entwicklung, Aufbau und praktische Erprobung eines Batteriewechselkonzeptes</li><li>• Analyse der Nutzungsmöglichkeit von Batteriespeichern in einem intelligenten Energiesystem</li><li>• Ermittlung von langfristigem technischem Änderungsbedarf des Verteilnetzes bedingt durch die E-Mobilität</li><li>• Speicherung fluktuierender erneuerbarer Energie, Energiemanagement in einem intelligenten Energiesystem, gesteuertes (bi-direktionales) Laden</li><li>• Batteriewechselstation</li></ul>
Internetseite:	<a href="http://www.ewe.de/ewe-macht-zukunft/grid_surfer.php">www.ewe.de/ewe-macht-zukunft/grid_surfer.php</a>

Im Projekt GridSurfer standen die Entwicklung von Kommunikationswegen zwischen Fahrzeug, Verbraucher und Stromnetz sowie die Erprobung von sicherheits- und komfortrelevanten Eigenschaften beim Laden zuhause im Fokus. Es wurde aufgezeigt, dass die Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen gegeben und übergreifende Aspekte einer alltags-tauglichen Einbindung von Elektrofahrzeugen in das elektrische Versorgungsnetz möglich

sind. Dabei wurden nicht nur Fragen und Problemstellungen einer für den Fahrer einfachen und zugleich maximal flexiblen Nutzung des Fahrzeugs sowie eines unidirektionalen Energieversorgungsprozesses vom Netz zum Fahrzeug untersucht, sondern auch die Nutzung der in den Fahrzeugen vorhandenen Akkus als wertvolle Speicher für elektrische Energie im Netz.

Über den rein technischen bzw. logistischen Prozess des bidirektionalen Energieaustauschs hinaus wurden Betrachtungen weiterer zugehöriger Geschäftsprozesse, wie die Abrechnung der verschiedenen Nutzungen von Energie, Netzen, Speichern und Versorgungsstationen sowie eine entsprechende Markteinbindung durch vorgelagerte Vermarktungsprozesse bis hin zu Tarif- und Geschäftsmodellen vorgenommen.

Im Projekt GridSurfer wurden entsprechende Elektrofahrzeuge, Speicher, Batterielade- und -wechselstationen, Mess- und Steuersysteme, Speichermanagementprozesse bis hin zu Tarif- und Geschäftsmodellen nebst allen zugehörigen Schnittstellen mittels Informations- und Kommunikationstechnologien als Erweiterung zum E-Energy-Projekt eTelligence entwickelt und in einem Feldversuch im Nordwesten Deutschlands erprobt. Insbesondere die charakteristischen Anforderungen der ländlich geprägten Region standen bei der Betrachtung im Vordergrund. Über Beschränkungen eines derartigen Feldversuchs hinaus wurden Simulationen des Nutzerverhaltens, der Netzstruktur und der Standortidentifikation von Ladestationen sowie eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung für die Region des EWE-Versorgungsgebiets durchgeführt. Damit konnten elektrische Effekte im Netz aufgezeigt und Strategien für die Netzentwicklung und den Netzausbau, die Raum- und Stadtplanung sowie neue Tarif- und Geschäftsmodelle entwickelt werden.

Mit dem Aufbau und dem Betrieb einer Batteriewechselstation konnten neue Optionen sowohl für den Komfort der Elektromobilität als auch für die Netzintegration erprobt werden.

## 2.2 Harz.EE-mobility

Projekt-Logo:



Titel:	Mobil durch Wind und Sonne: Elektromobile als rollende Speicher
Untertitel:	Einbindung von Elektrofahrzeugen in ein Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)
Kurzbeschreibung:	Der Fokus liegt auf der Erprobung der technischen und wirtschaftlichen Einbindung von Elektrofahrzeugen in ein Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien mit Hilfe moderner IKT. Das Projekt setzt auf offene und international standardisierte Schnittstellen.
Fördergeber:	BMU
Konsortialführer:	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (Prof. Dr. Zbigniew Styczynski)
Konsortialpartner:	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, DB Rent GmbH , E.ON Avacon AG, Fraunhofer FhG , Hochschule Harz, in.power GmbH, Krebs & Aulich GmbH, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, RegenerativKraftwerk Harz GmbH & Co. KG, Siemens AG, Vodafone Group Services GmbH, Partner, Halberstadtwerke GmbH, Stadtwerke Blankenburg GmbH, Stadtwerke Quedlinburg GmbH, Stadtwerke Wernigerode GmbH
Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erneuerbare Energien auch für die Mobilität der Menschen nutzen</li> <li>• Sicherung der Stabilität der Energienetze und Optimierung der Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Klimaschutzes</li> </ul>
Umsetzung:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Erprobung von IKT-basierten Schlüsseltechnologien für eine effiziente Einbindung von Elektromobilität in das Smart Grid zur Netzzintegration einer hochgradig erneuerbaren Energieerzeugung</li> <li>• Technische und wirtschaftliche Integration von gut 20 Elektrofahrzeugen in ein Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien</li> </ul>
Internetseite:	<a href="http://www.harzee-mobility.de">www.harzee-mobility.de</a>

Im Projekt Harz.EE-mobility wurde untersucht, wie regional erzeugte, regenerative Energie optimal für elektrisch betriebene Fahrzeuge genutzt und letztere kontrolliert in das Smart Grid eingebunden werden können. Hierbei wurden Lösungsansätze für die damit verbundenen Herausforderungen gefunden, wie die öffentliche Akzeptanz der Elektromobilität gesteigert und die Elektromobilität zur Verbesserung der Integration regenerativer Energien in den Netzbetrieb genutzt werden kann (Beitrag zu Netzdienstleistungen). Der grundlegende technologische Ansatz im Projekt war die Kombination aus elektrischen, logistischen sowie in-

formations- und kommunikationstechnischen Infrastrukturen für das Zusammenwirken von Elektromobilität und erneuerbaren Energien. Durch eine modulare IKT-Infrastruktur, verknüpft mit navigationsbasierten Mobilitätssystemen, wurde eine möglichst uneingeschränkte Mobilität gewährleistet und eine verbesserte Integration erneuerbarer Energien erreicht. Hierzu wurde ein verteiltes Lastmanagement für die Elektromobile in bestehenden elektrischen Energiesystemen realisiert, das unter Ausnutzung von Rückspeisefähigkeit einen stabileren und zuverlässigeren Netzbetrieb ermöglicht. Hierbei wurden nicht nur die zu einem bestimmten Zeitpunkt am Netz angeschlossenen Elektromobile betrachtet, es wurde auch das kurz- bis mittelfristig zur Verfügung stehende Speicherpotenzial, das durch die in der Region gerade bewegten Elektromobile und deren momentane Zustände gegeben ist, mittels moderner IKT und Prognoseverfahren ermittelt.

Anknüpfend an die im Schwesterprojekt RegModHarz behandelten Themen wurden die erforderlichen IKT-basierten Maßnahmen und Systemlösungen entwickelt, implementiert und im Rahmen eines Feldtests erprobt. Hierbei wurden auch Optimierungsansätze zur Maximierung des Anteils erneuerbarer Energie durch Elektromobilität auf Anwendbarkeit, Nutzerakzeptanz und Nachhaltigkeit untersucht. Die Umsetzung der IKT-basierten Integration der Systemkomponenten (wie z.B. Kfz-On-Board-Geräte, Logistikrechner, Leitsysteme, Anschlusspunkte) wurde hinsichtlich der Funktion im Labor überprüft und anschließend im Feldversuch evaluiert. Darüber hinaus wurde das Konzept auf Basis gesammelter Daten in Logistik- und Energienetzsimulationen angewandt. Die erzielten Ergebnisse lassen eine Aussage über die Skalierbarkeit zu und zeigen ggf. notwendige Maßnahmen zur Skalierung auf. Hierzu gehören beispielsweise Strategien zum Einsatz von Elektromobilen als verteilte Energiespeicher im intelligenten Energienetz mit einer noch höheren Anzahl an erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen.

## 2.3 e-mobility

Projekt-Logo:



**Titel:** Das Auto am Netz – IKT-basierte Integration der Elektromobilität in die Netzsysteme der Zukunft

**Untertitel:** Elektromobilität auf Basis regionaler erneuerbarer Energien und im Zusammenspiel der Strukturen von Stadt-Land-Tourismus

**Kurzbeschreibung:** Angestrebt wird die Entwicklung und Demonstration einer innovativen Lade-, Steuerungs- und Abrechnungsinfrastruktur. Untersucht wird, wie diese auf Basis regionaler erneuerbarer Energien und im Zusammenspiel der Strukturen von Stadt-Land-Tourismus in die Elektrizitätsnetze integriert werden kann.

**Fördergeber:** BMWi

**Konsortialführer:** RWE Effizienz GmbH, Projektleitung Thorsten Günter

**Konsortialpartner:** RWE Effizienz GmbH, Ewald & Günther Unternehmensberatung GmbH & Co KG, SAP AG, TU Dortmund, TU Berlin

**Ziele:** Entwicklung einer innovativen und in das bestehende Elektrizitätsnetz integrierbaren Lade-, Steuerungs- und Abrechnungsinfrastruktur für Elektromobilität im Individualverkehr

**Umsetzung:**

- Entwicklung eines schnittstellenoffenen Kommunikationssystems
- Entwicklung eines zentralen Informations- und Abrechnungssystems für Elektromobilität
- Integration aller erforderlichen Komponenten und Erarbeitung geeigneter Geschäftsmodelle für alle Akteure der Wertschöpfungskette
- Entwicklung der Ladesäulen (Standardisierung, Sicherheit, Geschäftsmodelle etc.)
- Aufbau eines flächendeckenden Ladesäulensystems
- Herstellen einer umfassenden Sichtbarkeit des Themas durch die enge Verknüpfung mit der E-Energy-Modellregion „E-DeMa“, dem technischen Testmodul „Smart City Mülheim“, dem Flottenversuch in Berlin und dem geplanten EU-Projekt „Grid-for-Vehicle“ (G4V)

**Internetseite:** [www.e-ikt.de](http://www.e-ikt.de)

Das Projekt e-mobility integrierte die Bereiche Energie, IKT, Nutzerperspektive und Verkehr auf besondere Weise. Es wurde eine innovative Lade- und Abrechnungsinfrastruktur entwickelt, in denen nutzerseitige Anforderungen besondere Berücksichtigung fanden.

Der Fokus des Projektes e-mobility lag auf der Netz- und IKT-seitigen Herangehensweise an das Thema E-Mobilität sowie darüber hinaus in der Integration der E-Mobilität in den über-



geordneten Forschungsrahmen des E-Energy-Wettbewerbs. e-mobility verfolgte mit seinem interdisziplinären ganzheitlichen Ansatz – Energie (RWE, ef.Ruhr), IKT (SAP, E&G) und Verkehr (TUB) – das Ziel eines innovativen integrierten Gesamtsystems E-Mobilität. Es schloss damit nahtlos an die Arbeiten im E-Energy Projekt E-DeMa an und schuf, auch über das Projekt G4V, die Voraussetzungen für die Konzeptionierung der Elektrizitäts-, IKT- und Verkehrsnetzinfrastruktur für eine EU-weite Einführung von EV. Die Kombination dieser drei durch die RWE Energy AG initiierten Projekte bot die Möglichkeit, innovative Technologien und Konzepte im Bereich E-Energy zu entwickeln und in diesem für die Energieversorgung äußerst wichtigen Zukunftsfeld europäische Standards zu setzen. Durch das Projekt wurde ein wichtiger Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz und der tatsächlichen Einbindung der erneuerbaren Energien in Deutschland erbracht. e-mobility konnte zeigen, dass die E-Mobilität das Potenzial hat, innerhalb der von E-Energy angestrebten Konvergenz von IKT und Energietechnik einen entscheidenden Beitrag zu Netzstabilität sowie Angleichung von Erzeugung und Verbrauch zu leisten.

## 2.4 Smart Wheels

Projekt-Logo:



**Titel:** Taxifahrt mit E-Antrieb: Intelligente Elektromobilität in der Modellregion Aachen

**Untertitel:** Entwicklung von Geschäftsmodellen und konvergenten IKT-Diensten für Elektromobilität im intermodalen Verkehrssystem und die Integration in das Internet der Energie

**Kurzbeschreibung:** Das Aachener Konsortium entwickelte Geschäftsmodelle und konvergente IKT-Dienste zur Verbreitung von Elektromobilität durch die Integration in das Internet der Energie. Erprobt werden die Infrastrukturen von Stadtwerken sowie ein intermodales Konzept verschiedener Fahrzeuggattungen zur Überwindung des Reichweitenproblems.

**Fördergeber:** BMWi

**Fördernehmer:** FEV GmbH, DB Rent GmbH, Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. an der RWTH Aachen, MENNEKES Elektrotechnik GmbH & Co KG, regio iT aachen GmbH, RWTH Aachen, Stadtwerke Duisburg AG, STAWAG Stadtwerke Aachen AG

**Konsortialführer:** FEV GmbH, Projektleitung Dr.-Ing. Peter Wolters

**Ziele:** Entwicklung eines Konzepts mit verschiedenen Fahrzeuggattungen (Elektrobus, Elektrofahrzeuge und -roller), mit dem die begrenzte Reichweite von Elektrofahrzeugen überwunden werden kann

**Umsetzung:**

- Entwicklung neuer Geschäftsmodelle (Stichwort „Smart Billing“) und IKT-Dienste zur Verbreitung von Elektromobilität
- Integration in die Infrastrukturen von Stadtwerken
- Intermodales Konzept verschiedener Fahrzeuggattungen (Elektrobus, Bahn, Elektrofahrzeuge und -roller)
- Sichere und stabile Integration der Elektromobile in die Stromverteilernetze

**Internetseite:** [www.smartwheels.de](http://www.smartwheels.de)

In Ergänzung zu dem im E-Energy-Projekt Smart Watts untersuchten Ansatz wurden im Projekt Smart Wheels die Aspekte der Elektromobilität auf Geschäftsebene untersucht und die Auswirkungen auf die bisherigen Akteure, insbesondere die kommunalen Versorger und Netzbetreiber, abgeleitet. Sämtliche in Smart Wheels entwickelten Konzepte richten sich vornehmlich an kleinere Marktpartner wie Stadtwerke sowie neue Mobilitätsanbieter. Die Ergebnisse sind auf eine Übertragbarkeit auf die Vielzahl der Stadtwerke in Deutschland ausgerichtet.

Die in Smart Wheels erarbeiteten Lösungsansätze wurden im Rahmen eines Feldversuches in der Region Aachen und in Duisburg erprobt und demonstriert. Die Versuchsflotte umfasste Elektroroller, Elektro-Pkw und einen Elektrobus. Weiterhin wurde die intermodale Vernetzung untereinander sowie auch mit dem System Bahn untersucht. Elektro-Roller decken dabei den innerstädtischen Individualverkehr ab. Elektro-Pkw adressieren primär den innerstädtischen sowie den regionalen Individualverkehr und Elektrobusse als drittes Element berücksichtigen öffentliche Elektromobilität mit eigenen spezifischen Charakteristika (maximale Planbarkeit der Mobilität).

Die Fahrzeugflotte war mit einer dem jeweiligen Fahrzeugtyp angepassten Datenerfassungseinheit ausgerüstet, welche die ermittelten Daten per Funkübertragung an eine Leitwarte übermittelt. Damit konnten fahrzeugspezifische Größen wie z.B. die täglich zurückgelegte Fahrstrecke, Bewegungsprofile oder nutzerspezifische Unterschiede zwecks statistischer Auswertung gespeichert und einer nachgelagerten Auswertung unterzogen werden.

Hinsichtlich der Batterieladetechnik umfasste das Spektrum uni-direktionale Systeme sowie eine im Rahmen des Projektes entwickelte bi-direktionale Lösung für V2G-(vehicle-to-grid)-Anwendungen. Neben Kabel-gebundener Ladetechnik war auch die induktive Ladetechnik Gegenstand der Untersuchungen – eine wichtige Voraussetzung für die im Projekt bereits erprobte Nutzung von Elektrofahrzeugen im Taxibetrieb.

Eine Besonderheit des Projekts war die grenzüberschreitende Zusammenarbeit mit dem Projekt e-laad in den Niederlanden. Zu erwähnen ist auch die enge Kooperation mit dem Projekt eE-Tour Allgäu speziell im Bereich Navigation und Routenmanagement.

## 2.5 Future Fleet

Projekt-Logo:



- Titel:** Dienstwagen mit grüner Energie: Einbindung von Elektrofahrzeugen in betriebliche Fahrzeugflotten
- Untertitel:** Unternehmensfuhrparks mit Elektrofahrzeugen und passenden Ladestationen auf Basis erneuerbarer Energien, gesteuert über eine Flottenmanagementlösung
- Kurzbeschreibung:** SAP und das Mannheimer Unternehmen MVV Energie planen als erste Unternehmen deutschlandweit, ihre Fuhrparks mit bis zu 100 Elektrofahrzeugen sowie passenden Ladestationen auszustatten. Die Steuerung erfolgte über den Forschungsprototypen einer Flottenmanagementlösung der SAP und die Versorgung über erneuerbare Energien.
- Fördergeber:** BMU
- Fördernehmer:** SAP AG, MVV Energie AG, Öko-Institut e.V., Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) gGmbH, Hochschule Mannheim
- Konsortialführer:** SAP AG, Projektleitung Joachim Marx
- Ziele:** Nutzung/Integration von rund 100 Elektrofahrzeuge in die Fuhrparks der SAP AG und MVV Energie – angetrieben aus 100% Erneuerbaren Energien
- Umsetzung:**
- Ausstattung des Fuhrparks von Unternehmen mit Elektrofahrzeugen sowie passenden Ladestationen
  - Steuerung der Fahrzeugflotte über eine software-basierte Flottenmanagementlösung (Aufstellung von Anforderungskatalogen an Software, Erstellung von Software-Prototypen)
  - Untersuchung der Nutzerakzeptanz
  - Auswertung von Fahrt- und Fahrzeugparametern z.B. Länge und Dauer der geplanten Fahrt sowie die Reichweite der Fahrzeuge
  - Erstellen von Mobilitätsprofilen
- Internetseite:** [www.futurefleet.de](http://www.futurefleet.de)

Ein wesentlicher Bestandteil des „Future Fleet“-Projektes war die Entwicklung bzw. Erweiterung von Flottenmanagementsystemen, um den spezifischen Anforderungen von Elektromobilitätskonzepten Rechnung tragen zu können. Es wurde untersucht, welche veränderten Nutzungsschemata erforderlich oder vorteilhaft sind, um die Nutzung elektrischer Flotten mit Hilfe eines IKT-gestützten Fuhrparkmanagements zu optimieren. So konnte bspw. die Nutzung von Informationen zum Standort und aktuellen Ladungszustand der Fahrzeuge sowie zu geplanten Fahrten der Fahrer für ein fortschrittliches Flottenmanagement genutzt werden.

Im Rahmen des Projektes wurde eine elektrisch betriebene Fahrzeugflotte aufgebaut, die ausschließlich auf Basis erneuerbarer Energiequellen mit Ladestrom versorgt wurde. In Future Fleet wurden tragfähige Konzepte erarbeitet und unter realen Bedingungen getestet, sowie deren technische und infrastrukturelle Voraussetzungen und Implikationen erforscht. Kernpartner im Projekt waren die MVV Energie AG, die SAP AG sowie die Stiftungsprofessur Energiewirtschaft der Hochschule Mannheim (Prof. Kottnik) sowie das Öko-Institut e.V. in Zusammenarbeit mit dem Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE), Frankfurt/Main.

Die Entwicklung von fortschrittlichen Nutzungskonzepten von Elektrofahrzeugen als Teil größerer Fahrzeugflotten wurde im SAP-Fuhrpark unter realen Bedingungen getestet. Auch die kollektive Nutzung von Elektroautos durch verschiedene Mitarbeiter – anstelle der bisherigen starren Zuordnung von Fahrzeugen zu einzelnen Mitarbeitern – war Teil eines effizienten Nutzungsschemas, mit dem man dem Reichweite-Problem von Elektroautos begegnen und gleichzeitig die Auslastung der Fahrzeuge optimieren konnte. Der Feldversuch wurde begleitet von Analysen und Studien, die durch die beteiligten Forschungsinstitute durchgeführt wurden. Ziel dieser Untersuchungen war die Gewinnung von Erkenntnissen zum Nutzungsverhalten, den Akzeptanzbedingungen und den Änderungen von Mobilitätsstrukturen durch die Einführung von Elektroautos.

## 2.6 MeRegioMobil

Projekt-Logo:



- Titel:** Wenn die Waschmaschine mit dem Auto telefoniert – Elektrofahrzeuge als mobiler Speicher in Smart-Home-Energiemanagementsystemen
- Untertitel:** Kopplung von intelligenten Hausgeräten und Elektrofahrzeugen in Hausnetzen
- Kurzbeschreibung:** Ziel war es, im Jahr 2010 in Baden-Württemberg die Infrastruktur für eine große Zahl Elektrofahrzeugnutzer zu entwickeln und bis Ende 2011 in einem regionalen Feldtest zu erproben. Ein Schwerpunkt lag auf der Kopplung von intelligenten Hausgeräten und Elektrofahrzeugen innerhalb von Hausnetzen.
- Fördergeber:** BMWi
- Fördernehmer:** EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Adam Opel GmbH, Daimler AG, Robert Bosch GmbH, SAP AG, Stadtwerke Karlsruhe GmbH
- Konsortialführer:** EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Projektleitung Lars Walch
- Ziele:** Entwicklung und Aufbau der Infrastruktur für eine große Zahl von Elektrofahrzeugnutzern in Baden-Württemberg und Erprobung in einem regionalen Feldtest
- Umsetzung:**
- Entwicklung und Aufbau der Infrastruktur für eine große Zahl Elektrofahrzeugnutzer in Baden-Württemberg und Erprobung in einem regionalen Feldtest.
  - Nutzung der Batterien als dynamische Pufferspeicher im Energieverbund
  - Aufbau intelligenter Ladestationen
  - Orts- und situationsbezogene Telematikdienste
  - Kopplung von intelligenten Hausgeräten und E-Fahrzeugen innerhalb von Hausnetzen (Smart Home), um das Lastverhalten zu glätten
  - Aufbau eines Demonstrationslabors
- Internetseite:** [meregio mobil.forschung.kit.edu](http://meregio mobil.forschung.kit.edu)

Mit dem Projekt MeRegioMobil wurde die Integration von Elektromobilität in ein intelligentes Energienetz durch Informations- und Kommunikationstechnologie erfolgreich demonstriert. Der Feldtest wurde in den Metropolenregionen Stuttgart und Karlsruhe angesiedelt. Das E-Energy-Schwesterprojekt MeRegio, welches bereits 2008 startete, spielte für MeRegioMobil im Kontext Smart Home Integration eine wichtige Rolle. Eine frühe konzeptionelle und projekttechnische Verzahnung von MeRegio und MeRegioMobil war ein wichtiger und kritischer Erfolgsfaktor, um den mobilen Energiespeicher effizient und effektiv in das MeRegio Smart Home-Konzept zu integrieren.

Im Rahmen des Projektes MeRegioMobil wurde zunächst ein übergreifendes IKT-Referenzmodell erstellt. Darauf bauten die Konzeptforschung zu Infrastruktur, Geschäftsprozessen und Datenschutz sowie die Anbindung an MeRegio auf. Ein Kernthema stellte die Konzeptforschung zu intelligenten Ladesystemen dar. Innovative Hardware, embedded Software und interoperable Abrechnungssysteme wurden hierzu konzipiert, implementiert und im Feldtest durch den Einsatz speziell entwickelter, teilweise rückspeisefähiger Versuchsfahrzeuge erprobt. Zuvor wurden die ausgearbeiteten Konzepte im eigens dafür am KIT aufgebauten Labor getestet und für den Feldtesteinsatz validiert.

Simulationsmodelle boten darüber hinaus einzigartige Möglichkeiten, visionäre Szenarien und Skalierungseffekte auf Basis realer Daten, jedoch ohne direkte Einflüsse auf reale Prozesse zu evaluieren.

## 2.7 eE-Tour Allgäu

Projekt-Logo:



- Titel:** Gipfelsturm mit Strom: IKT und Elektromobilität für Umwelt und Tourismus im Allgäu
- Untertitel:** Anforderungen an Mobilitätsbedürfnisse in ländlichen und Regionen mit spezieller Siedlungsstruktur und Geographie
- Fördergeber:** BMWi
- Fördernehmer:** Allgäuer Überlandwerk GmbH, ABT Sportsline GmbH, AL-KO KOBER AG, Hochschule Kempten, John Deere Werke Mannheim, Zweigniederlassung der Deere & Company, Move About GmbH, Soloplan GmbH, ENERGY4U GmbH, TU München, Universität Tübingen
- Konsortialführer:** Allgäuer Überlandwerk GmbH, Projektleitung Stefan Mayer
- Kurzbeschreibung:** Das Vorhaben widmete sich den besonderen Anforderungen an Mobilitätsbedürfnisse in ländlichen und Tourismusregionen mit spezieller Siedlungsstruktur und Geographie. Untersucht wurde, wie eine vielfältige Flotte unterschiedlicher Nutzung in einem einheitlichen IKT-System betrieben werden kann und welche Geschäftsmodelle sich dafür eignen.
- Ziele:** Mittels Elektromobilität die Anforderungen des Allgäus an umfassende Mobilität und größtmöglichen Umweltschutz zu lösen helfen.
- Umsetzung:**
- Integration der Elektromobilität in eine ländliche Region und Nutzung für den Tourismus in Deutschlands größter Tourismusregion
  - Betrieb von Fahrzeugen unterschiedlichster Art, Betreiber und Nutzung in einem einheitlichen IKT-System (Vielfalt der Flotte, Landschaftsprofile)
  - Intelligente Flottensteuerung: Fahrzeug- und Fahrerprofile
  - Routenmanagement mit Höhenprofilen und Batteriemangement
  - Geschäftsmodelle: Entwicklung, Umsetzung, Akzeptanz („Carsharing“)
  - Dienstleistungspakete: Untersuchen der E-Mobilitätsbedürfnisse
  - Untersuchung der Elektromobilität in der landwirtschaftlichen Nutzung (Hybrid-Traktor, Optimierung des Antriebs, Einspeisen ins Netz)
- Internetseite:** [www.ee-tour.de](http://www.ee-tour.de)

Mit dem Projekt E-Tour wurden die besonderen Merkmale des Allgäus für die Einführung der Elektromobilität nutzbar gemacht. Es wurde gezeigt, dass eine nachhaltige Mobilität unter Nutzung von Elektrofahrzeugen gerade wegen der besonderen Gegebenheiten eines ländlichen, touristisch geprägten Raums möglich und wünschenswert ist, wobei darüber hinaus auch dem Aspekt der Umweltverträglichkeit durch Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen Rechnung getragen wird.



Insbesondere kam dem Projekt neben seinem technisch / wirtschaftlichen Nutzen auch eine Botschafterfunktion im Tourismus zu.

In Verbindung mit unterschiedlichen Konzepten der kommerziellen und privaten Nutzung (kommerzielle Fahrzeugflotten oder als Car-Sharing) und den technischen Gegebenheiten (Ladestationen, Schnellladung, Fahrzeugwechsel) waren unterschiedliche Geschäftsmodelle hinsichtlich der Akzeptanz seitens der Hotels, Firmen und Kommunen, der Einheimischen und Gäste und der sich damit entwickelnden Marktmöglichkeiten Gegenstand des Projektes.

Im Mittelpunkt des Allgäuer E-Mobilitätsprojekts stand die Vielfalt der Flotte. Fahrzeuge unterschiedlichster Art, unterschiedlicher Betreiber und unterschiedlichster Nutzung wurden in einem einheitlichen IKT-System zusammengeführt. Aufgrund des Forschungsprojekt-Charakters waren unterstützende Systeme zu Projektstart nicht verfügbar. So waren etwa auf dem freien Markt keine intelligenten Ladesäulen und zusammenhängenden Ladeinfrastrukturen erhältlich und Elektrofahrzeuge waren, so stellte sich im Laufe des Projektes schnell heraus, bis auf Ausnahme des Think City nur als Prototypen oder Umbauten und mit ungewissen Lieferfristen beschaffbar. All diese Eigenheiten machten und machen die Anwendung elektromobiler Konzepte im Tourismus zu einer besonderen Herausforderung. Auch die Ziel- und Aufgabenabstimmung der aufgrund des unternehmerischen Schwerpunkts sehr heterogen auszuwählenden Partner sowie die Koordination der Tätigkeiten im laufenden Projekt ließen eine umfangreiche und nicht triviale Aufgabe für den Konsortialführer erwarten. Für das Gelingen des Projektauftrags wurden somit Kooperationspartner gesucht, welche die Aufgabenstellung effektiv und in enger Abstimmung mit den Projektpartnern lösen konnten.

Als ein zentrales Ergebnis sind die Navigationsmodelle unter Berücksichtigung der Topologie des Voralpenraums zu nennen. Eine Besonderheit des Projekts war die grenzüberschreitende Zusammenarbeit mit dem Projekt VLOTTE in Vorarlberg. Zu erwähnen ist überdies die enge Kooperation mit dem Projekt Smart Wheels speziell im Bereich Navigation und Routenmanagement.



### 3 Ergebnisse aus der Fachgruppenarbeit

Zur Intensivierung der Zusammenarbeit der Modellprojekte hat die Begleitforschung so genannte Fachgruppen eingerichtet. Den Vorsitz hatte je ein Vertreter der Begleitforschung inne, die Fachgruppen setzen sich aus Vertretern aller sieben Modellprojekte zusammen.

Zu den ständigen Gästen zählten die Fördermittelgeber BMWi und BMU, die Projektträger PT-DLR und PT-Jülich sowie – in der Fachgruppe Interoperabilität – zusätzlich VDE/DKE und DIN.

Die Fachgruppen tagten in der Regel nicht öffentlich. Jedoch wurden auch Expertenrunden initiiert und externe Experten für Fachbeiträge und zur Diskussion hinzugezogen. So nahmen auf Einladung an Einzelsitzungen z.B. Vertreter der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt(PTB), von Eichbehörden, Bundesnetzagentur (BNetzA) und Fachreferate des BMWi, der Datenschutzbeauftragte sowie Vertreter anderer Modellprojekte teil.

Es fand zudem über die Fachgruppenleiter ein reger Informationsaustausch mit den E-Energy-Modellregionen statt.

Im Folgenden werden die Arbeiten und Ergebnisse der Fachgruppen im Einzelnen dargestellt.

#### 3.1 Fachgruppe Interoperabilität

Die Interoperabilität der von den Modellprojekten zu entwickelnden Lösungen unter Beachtung des internationalen Standes der Technik und der Normung war dem BMWi und dem BMU im Rahmen von „IKT für Elektromobilität“ von Anfang an ein wichtiges Anliegen. Die Fachgruppe Interoperabilität der Begleitforschung (FG IOP EM) diente der Umsetzung dieses Anliegens.

Insbesondere verfolgte die Fachgruppe das Ziel, die in den einzelnen Modellprojekten erarbeiteten Lösungen zum intelligenten Einsatz von IKT in der Elektromobilität miteinander zu vergleichen, Möglichkeiten zu einer interoperablen Gestaltung von Protokollen und Schnittstellen zu prüfen und gemeinsam Lösungsvarianten unter Beachtung des internationalen Standes von Normung und Standardisierung zu erarbeiten.

An der von der Begleitforschung moderierten, projektübergreifenden Zusammenarbeit in der FG IOP EM beteiligten sich aktiv ca. 50 Experten aus allen 7 Modellprojekten des Förderprogramms. In diese Zusammenarbeit wurden auch Mitglieder nationaler Normungsgremien wie DKE und DIN mit eingebunden, um gegebenenfalls Einfluss auf laufende und neue Normungsbestrebungen nehmen zu können.

Der Schwerpunkt der Fachgruppenarbeit – durchgeführt im Zeitraum von September 2009 bis August 2011 in Form von sechs Fachgruppentreffen und der zwischenzeitlichen permanenten und parallelen Arbeit von fünf Task Forces (TF) – fokussierte sich auf Beiträge zur interoperablen Gestaltung von Lade- und Abrechnungsszenarien für ein nationales Roaming.

Dazu gehörten

- der Entwurf einer technischen Spezifikation für den RFID-basierten Zugang zu Ladesäulen auf Basis von DESFire (TF-Leiter Johannes Bauer, Bosch Software Innovations GmbH / Modellprojekt MeRegioMobil),
- eine Prozessspezifikation für den alternativen Zugang zu Ladesäulen durch den Einsatz von Mobiltelefonen (TF-Leiter Dr. Jörg Heuer, Siemens AG / Modellprojekt Harz.EE-mobility),
- der Entwurf zur Spezifikation eines ID-Schemas für beide genannten Zugangsarten sowie des ID-Handling-Prozesses, die als Vorschlag zur Standardisierung als DINSPEC für ISO/IEC JWG1 V2G CI eingereicht wurde (TF-Leiter Stephan Voit, RWE Effizienz GmbH/ Modellprojekt e-Mobility),
- eine Spezifikation für den Abrechnungs-Interface-Daten-Austausch (Roaming) von Ladedaten (TF-Leiter Jörg Röhlen, regio iT aachen / Modellprojekt Smart Wheels)

DE-AAA-123456-P

Land Lieferant Kundenvertrag Prüfziffer

Die vier von den Task Forces erarbeiteten und in der gesamten Fachgruppe abgestimmten Abschlussdokumente waren die Basis für Implementierungen in den Modellprojekten. Aus den Implementierungen resultierende praktische Erfahrungen werden die Spezifikationen aus den Abschlussdokumenten in der Folgezeit ergänzen.

Die Modellprojekte des Förderprogramms IKT-EM haben die von ihnen erarbeiteten Ergebnisse allen (auch zukünftigen) Elektromobilitäts-Projekten zur Verfügung gestellt. Dies soll dazu anregen, die von der FG IOP EM erarbeiteten Ergebnisse zu übernehmen, darauf aufzubauen und diese ggf. weiterzuentwickeln. Damit möchte die FG IOP EM einen über die Laufzeit des Förderprogramms hinausgehenden Beitrag zum Voranbringen der Elektromobilität leisten.

Die vier Abschlussdokumente stehen dem interessierten Fachpublikum im PDF-Format zum Download auf der Internetseite [www.ikt-em.de](http://www.ikt-em.de) zur Verfügung. Für Fragen zum Inhalt oder bei Interesse einer Weiterentwicklung stehen die in den Dokumenten genannten Kontaktpersonen als Ansprechpartner zur Verfügung.

## 3.2 Fachgruppe Rechtsrahmen

Die Fachgruppe „Rechtsrahmen / Rechtsfragen“ setzte sich aus Teilnehmern aller sieben Modellprojekte zusammen und kooperierte eng mit der gleichnamigen Fachgruppe des BMWi-Förderprogramms „E-Energy“.

### 3.2.1 Arbeitsgruppe Datenschutz – Motto: „Gelebtes Privacy by Design“

Ziel war die Formulierung von datenschutzrechtlichen Anforderungen im Zusammenhang mit Smart Grid. Die Arbeit umfasste:

- Einbeziehung der Bundes- und Landes-Datenschutzbeauftragten von Beginn der Projektarbeit an
- Erarbeiten einer Muster-Einwilligungserklärung, welche die Verbraucher zu unterzeichnen haben
- Vorstellung der Empfehlungen des KIT/Modellregion MeRegioMobil auf der Konferenz zum Datenschutz in Smart Grids am 17. Juni 2010 im BMWi in Berlin im Beisein des Bundesdatenschutzbeauftragten Schaar, des Berliner Landesdatenschutzbeauftragten Dix, Vertreter des Düsseldorfer Kreises sowie weiterer Landesdatenschutzbeauftragten und Verbraucherschützer. Der Bundesdatenschutzbeauftragte Schaar wie der Landesdatenschutzbeauftragte Dix äußern öffentlich, dass Klimaschutz ein gleichwertiges Verbraucherschutzgut ist wie der Datenschutz
- Vorstellung von sieben Datenschutzszenarien (darunter zwei zur Elektromobilität), die durch die Mitglieder der Fachgruppe, in der alle Modellregionen vertreten sind, erstellt wurden, auf dem E-Energy Jahreskongress am 11./12. Januar 2011. Erstmals wurden durch Vertreter von Unternehmen der IT- und der Energiewirtschaft gemeinsam mit Forschungseinrichtungen ausführliche Szenarien zum Smart Grid und zur Elektromobilität erstellt und datenschutzrechtlich geprüft.

Die Anmerkungen und Anregungen zum „Datenschutz in Smartgrids“ wurden Anfang Juni 2011 als Buch veröffentlicht und erfreuen sich seitdem einer großen Nachfrage.

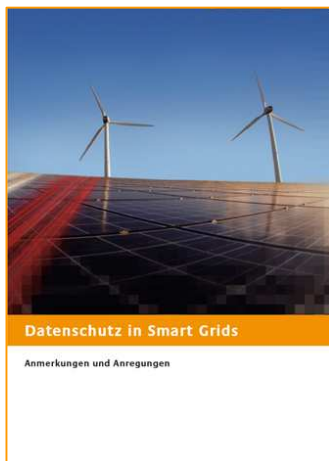


Abb. 6: Publikation „Datenschutz in Smartgrids. Anmerkungen und Anregungen“

Hrsg.: Raabe, Pallas, Weis, Lorenz, Boesche, ISBN 978-1-907150-01-4

Quelle: Begleitforschung “IKT für Elektromobilität” 2011

Die Arbeitsgruppe beschäftigte sich auch mit dem Thema Datenformate. Das Problem: Die heute übliche Marktkommunikation der Verteilnetzbetreiber über EDIFACT MSCONS sieht keine Felder für die Übertragung von signierten Daten vor. Dieses Datenformat genügt daher nicht den Anforderungen des Datenschutzes und der flexiblen Kommunikation, die das Smart Grid und die Elektromobilität erfordern. Der Fachgruppe ging es dazu vor allem um eine Ausnahmeklausel für Pilotprojekte. Der Arbeitsablauf war:

- Einbringung der Beteiligten der FG Recht, AG Datenschutz, in die Konsultation der BNetzA zur Festlegung der Geschäftsprozesse im Messwesen
- Festlegung der BNetzA zur Standardisierung von Verträgen und Geschäftsprozessen sind ergangen am 9. September 2010 und gelten ab 1. Oktober 2011
- Darin: Ausnahme von Festlegung des Datenformats EDIFACT für Pilotprojekte eingeräumt (XML, SML u. a.).

Die bedeutsame Ausnahmeklausel ist nur aufgrund der Äußerungen einzelner E-Energy-Modellregionen im BNetzA-Konsultationsverfahren geschaffen worden.

### 3.2.2 Arbeitsgruppe Beweissicherheit/Eichrecht

Die Arbeitsgruppe bearbeitete sowohl Belange der Elektromobilität als auch damit in Verbindung stehende Fragen im Bereich Smart Grid:

- März 2010: Fragenkatalog der Fachgruppe Recht der Begleitforschung E-Energy und IKT für Elektromobilität an die Arbeitsgemeinschaft Mess- und Eichwesen (AGME), die PTB, die Eichbehörden und das BMWi („Eichrechts-Referat“) betreffend Fragen der Auslegung des Eichrechts in Bezug auf Elektromobilität (insbes. Ladesäule bzw. Zusatzgerät)
- 4. Mai 2010: Antworten der AGME, der PTB und der Eichbehörden
- 15. Juli 2010: Ausführliche Stellungnahme der Fachgruppe Recht, Task Force Eichrecht, an die AGME, die PTB, die Eichbehörden und das BMWi basierend auf der Auslegung des geltenden Eichrechts.
- 3. September 2010: Stellungnahme der AGME zu der E-Energy-Stellungnahme (nur noch wenige Diskussionspunkte: Zeit als Messgröße für die Realisierung neuer Messwerte z.B. bei zeitvariabler Tarifierung).

Gemeinsam mit der PTB, den Eichbehörden und dem BMWi leistete die Arbeitsgruppe zentrale Beiträge zur Weiterentwicklung des Eichrechts:

1. Betreffend Smart Grids:
  - Das Display kann vom Zähler getrennt sein, d.h. der Zähler kann einfach strukturiert sein wie etwa der bisherige Ferraris-Zähler und z.B. im Keller hängen. Das Display als Teil des smarten Mess-Systems kann sich getrennt vom Zähler in den Wohnräumen befinden.
2. Betreffend Smart Grids und Elektromobilität:
  - Ändern sich während des Ladevorgangs bzw. der Stromnutzung die Preise/Konditionen (relevant nur bei EDL 40, nicht bei EDL 21), werden die Messwerte (Zählerstände) mit Zeitstempeln versehen.
3. Betreffend Elektromobilität:

- Es ist kein Belegausdrucker an der Ladesäule erforderlich.
- Der Einbau eines Displays an der Ladesäule ist möglich, aber rechtlich nicht zwingend vorgeschrieben.
- Die Anmeldung an der Ladesäule ist eichrechtlich irrelevant, sie kann durch den Fahrer, das KFZ oder eine Smartcard erfolgen, wichtig ist nur die Zuordnung zu einem Vertrag.
- Die gesetzliche Zeit wird zur eichrechtlich gesicherten Übertragung von Messwerten seitens der PTB über das Internet zur Verfügung gestellt.
- Die vier Werte Vertrags-ID, Messwert, Zeit und Status müssen zusammen signiert und dem Kunden angezeigt werden (Anzeige auf Home PC oder Smart Phone möglich).

### 3.2.3 Arbeitsgruppe „Regulierungsrecht“

Mit dieser Arbeitsgruppe konnten aus dem Programm IKT-EM mehrfach Impulse zur aktuellen Gesetzgebung gegeben werden:

- Die mündlichen (im Rahmen von Workshops im Beisein auch des Energierechtsreferats des BMWi) wie schriftlichen Äußerungen der Fachgruppe sind eingeflossen in die Novellierung des Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) (in Kraft getreten am 3. August 2011). So wurde mit § 14a EnWG erstmals eine Vorschrift geschaffen für eine intelligente Steuerung von Verbrauchseinrichtungen auf Niederspannungsebene. Verbrauchseinrichtungen, wie Wärme- und Kühlanlagen, sowie ausdrücklich auch Elektromobile (§ 14a S. 2 EnWG) erhalten ein niedrigeres Netznutzungsentgelt, welches Teil des Strompreises ist, wenn sie dem Netzbetreiber das Recht einräumen, sie zeitweilig abzuschalten bzw. (im Falle von Elektromobilität) herunterzuriegeln.
- Darüber hinaus wurden – wie ebenfalls von der FG Recht angeregt – Vorschriften zur Konkretisierung des intelligenten Messsystems (§§ 21b-21i EnWG) ins novellierte Energiewirtschaftsgesetz aufgenommen (Definitionen, Einhaltung der Datenschutzprinzipien, technische Präzisierungen, Einhaltung des Eichrechts). Die weiteren Anregungen zur Konkretisierung des § 14a EnWG, der Datenschutzvorgaben etc. könnten im Rahmen von Rechtsverordnungen auf Grundlage von § 21i EnWG Berücksichtigung finden. Die FG Recht hat zudem Anreize für dynamische Strompreise angeregt. Mit § 40 EnWG ist eine Grundlage geschaffen worden, um zeit- und lastvariable Tarife anzubieten, die über einen bloßen Tag-/Nachtтарif hinausgehen; sie genügt jedoch noch nicht. Die Anregung, klarzustellen, ob Elektromobile bzw. Ladesäulen unter den neu aufgenommenen Begriff der Kundenanlage (§ 3 Nr. 24a EnWG) fallen, wurde bislang noch nicht berücksichtigt. Das gesetzgeberische Verständnis, dass dies nicht so ist, wurde aber im Rahmen der Workshops mehrfach mündlich geäußert.

- Zum Thema „Diskriminierungsfreier Zugang zur Ladesäuleninfrastruktur (LIS) wurde unter der Leitung von B.A.U.M. Consult (Frau Dr. Boesche) und NOW (Frau Tenhoff) eine gleichnamige Task Force gemeinsam mit der Arbeitsgruppe Ordnungsrecht der BMVBS-Modellregionen eingerichtet. Im Rahmen dieser Task Force wurden die Begriffe öffentliche LIS, private LIS, halböffentliche LIS definiert, Rollen und Aufgaben aller beteiligten Akteure definiert und beschrieben sowie die Anforderungen an die Vorgabe eines diskriminierungsfreien Zugangs beschrieben. Teilnehmer an der Task Force waren neben den Vertretern aus den IKT-EM-Modellregionen und den BMVBS-Modellregionen Vertreter des Berliner Landesdatenschutzbeauftragten sowie des Gemeinde- und Städtetages.

### 3.2.4 Einspeisung Erneuerbarer Energien

Da es Konsens ist, dass Elektromobilität soweit als möglich mit Strom aus erneuerbaren Energien funktionieren soll, fanden gemeinsame Initiativen der entsprechenden Gruppen von IKT-EM und E-Energy statt. Das Thema wurde in mehreren Workshops mit dem für die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) zuständigen Referats des BMU sowie Vertretern des BMWi (Abt. EEG, Elektromobilität) behandelt. Es erfolgte die Formulierung einer Stellungnahme an das BMU zur verbesserten Netz- und Marktintegration von Strom aus Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien. Darin finden sich vor allem Ausführungen zu folgenden Fragestellungen:

- Darlegung von Voraussetzungen für ein Smart Grid (Systemwechsel: nicht der Verbrauch bestimmt die Erzeugung, sondern die Erzeugung bestimmt den Verbrauch)
- Anregungen zur Steigerung der Direktvermarktung
- Anregungen zur Unterscheidung zwischen neuen (geförderten) und alten (nach Ende der Förderung) kleinen und großen EE-Anlagen hinsichtlich einer Marktintegration

Die Anregungen zur Steigerung der Direktvermarktung sind in der Novelle des EEG teilweise berücksichtigt worden.

### 3.2.5 Thema „Interoperabilität“

Hier erfolgte ein Austausch mit der FG Interoperabilität in Form von Sitzungs-Teilnahmen mit der FG IOP und deren Task Forces (TF) unter dem Motto „Technik und Recht gehen Hand in Hand“ (z.B. beim Thema Datenformate).



### 3.3 Fachgruppe Geschäftsszenarien

Die sieben Modellprojekte des BMWi-Förderschwerpunktes IKT für Elektromobilität diskutierten in der Fachgruppe „Geschäftsszenarien für Elektromobilität“ die Akzeptanz, Verhaltensweisen sowie nationale und internationale Chancen hinsichtlich der intelligenten Integration von Elektromobilität in bestehende und zukünftige Energie- und Stromnetze. Die Marktbeurteilung war ein weiteres wichtiges Aufgabengebiet dieser Fachgruppe.

Prototypisch und konzeptionell arbeiteten die im Wettbewerb stehenden Partner aus den Modellprojekten unter Leitung der Begleitforschung an zentralen Fragestellungen:

- Wie entwickelt sich der Individualverkehr durch IKT-basierte Lösungen im Rahmen der Elektromobilität?
- Auf welche Akzeptanz stößt der Paradigmenwechsel, der im Zuge verschiedener intelligenter Bezahlssysteme durch die Masseneinführung von Elektromobilität womöglich eintreten wird?
- Wie kann Elektromobilität länderübergreifend sinnvoll und für den Verbraucher einfach und sicher gestaltet werden?
- Welche Marketingstrategien lassen sich daraus ableiten?

Die Fachgruppe Geschäftsszenarien versuchte diesen Fragen nachzugehen und erste Definitionen und Vorgaben für den zukünftigen Markt der IKT-unterstützten Elektromobilität zu geben. Schwerpunkt der Herangehensweise war es festzustellen, von welchen „Leitplanken“ bei der Entwicklung von Geschäftsszenarien im Rahmen der laufenden Projekte und mittelfristig ausgegangen werden kann und wie die Verknüpfung der Elektromobilität mit den erneuerbaren Energien sich in Geschäftsmodellen abbilden lässt. Dazu wurde u. a. ein Klassifizierungsschema in Form eines „morphologischen Kastens“ entwickelt, mit dem die in den Modellprojekten entwickelten bzw. verwendeten Geschäftsszenarien sowie ähnliche Modelle außerhalb der Modellprojekte, die für die Entwicklung in Deutschland von Bedeutung sein könnten, miteinander verglichen und diskutiert werden können (siehe Abbildung auf den folgenden Seiten).

Hierbei wurden auch Charakteristika möglicher Geschäftsszenarien mit Blick auf die zukünftige Marktfähigkeit der Ergebnisse aus den KoPa II-Förderprojekten Elektromobilität und des Programms „IKT für Elektromobilität“ nach Abschluss der Feldversuche und mit Blick auf die Ergebnisse der Akzeptanzforschung thematisiert.

Merkmal	Gestaltungsform				
<b>Fahrzeug</b>					
individuell nutzbare Fahrzeuge	Einspur- und Kleinstfahrzeuge	Kleinwagen	Mittelklassefahrzeuge	Oberklasse	Nutzfahrzeuge
Firmenpools	homogene Flotte gleicher	heterogene Auto-Flotte	heterogene Flotte inkl. Scooter,	Sportwagen	Nutzfahrzeuge
Carsharing	homogene Flotte gleicher	heterogene Auto-Flotte	heterogene Flotte inkl. Scooter,		Nutzfahrzeuge
intermodales Mobilitätssystem	Einspur- und Kleinstfahrzeuge	Automobile	ÖPNV	Bahn	Flüge
<b>Batterie</b>					
fest dem Fahrzeug zugeordnet	bis 50 km	50 - 120 km	120 - 200 km	über 200 km	
Wechselbatterie	bis 50 km	50 - 120 km	120 - 200 km	über 200 km	
<b>Fahrassistenz</b>					
Onboard-Gerät	Navigation	Reichweiteninfo			
Mobilitätszentrale	Karten	Reichweiteninfo			
<b>Service</b>					
Vertragswerkstätten	Karosserie	Antriebsstrang und Batterie	Elektronik		
Risikomanagement	mobiler Service	Mobilitätsgarantie (Abholservice)	Versicherung (auch Akku)	Aktivierung "Reservekapazität"	
<b>Ladeinfrastruktur</b>					
Steckdose zuhause	1-phasig	Schnellladen	Ultraschnellladen	gesteuertes Laden	Rückspeisung
Steckdose am Arbeitsplatz	1-phasig	Schnellladen	Ultraschnellladen	gesteuertes Laden	Rückspeisung
Ladestationen im öffentlichen Raum	1-phasig	Schnellladen	Ultraschnellladen	gesteuertes Laden	Rückspeisung
Ladestationen an privaten Stellen	1-phasig	Schnellladen	Ultraschnellladen	gesteuertes Laden	Rückspeisung
Tankstelle mit Ladesäulen	1-phasig	Schnellladen	Ultraschnellladen	gesteuertes Laden	Rückspeisung
Tankstelle mit Batteriewechselstation	1-phasig	Schnellladen	Ultraschnellladen	Zwischenspeicherung	Rückspeisung
<b>Ladeenergie</b>					
konventionell	Standardmix	spezielles Angebot			
erneuerbar	virtuell per Zertifikat	real durch Zubau	Eigenerzeugung (soweit möglich)		
<b>Systemleistung im Netz</b>					
zeitliche Verlagerung des Ladens	direkte Steuerung	indirekte Steuerung	keine Steuerung		
Rückspeisung in das Netz	direkte Steuerung	indirekte Steuerung	keine Rückspeisung		

Farbcodierung:

aktuell Gegenstand in den Projekten oder geplant
mögliche Ausbaustufe
derzeit weder untersucht noch geplant

Quelle: Begleitforschung "IKT für Elektromobilität", 2011

Abb. 7: Klassifizierungsschema der in den Modellprojekten entwickelten sowie geplanten Geschäftsszenarien – Teilbereich Gestaltungsform

Merkmal	Abrechnung (mit dem Fahrzeugnutzer)						
<b>Fahrzeug</b>							
individuell nutzbare Fahrzeuge	Kauf	Leasing / Mietkauf					Mobilitätspaket
Firmenpools		Dienstfahrzeug	Dienstfahrzeug	Poolfahrzeug			
Carsharing					nach Zeit bzw. km	flat rate	Mobilitätspaket
intermodales Mobilitätssystem				fahrzeugspezifisch (h, km)	fahrzeugunabhängig (h, km)	flat rate	Mobilitätspaket
<b>Batterie</b>							
fest dem Fahrzeug zugeordnet	Kauf	Leasing / Mietkauf	kostenlos		nach Zeit bzw. km	flat rate	Mobilitätspaket
Wechselbatterie	Kauf	Leasing / Mietkauf	kostenlos		nach Zeit bzw. km	flat rate	Mobilitätspaket
<b>Fahrassistenz</b>							
Onboard-Gerät	Kauf	Leasing / Mietkauf	kostenlos			flat rate	Mobilitätspaket
Mobilitätszentrale			kostenlos		nach Zeit bzw. km	flat rate	Mobilitätspaket
<b>Service</b>							
Vertragswerkstätten			kostenlos		nach Aufwand	flat rate	Mobilitätspaket
Risikomanagement			kostenlos		nach Zeit bzw. km	flat rate	Mobilitätspaket
<b>Ladeinfrastruktur</b>							
Steckdose zuhause	Kauf	Leasing / Mietkauf	kostenlos				Mobilitätspaket
Steckdose am Arbeitsplatz	Kauf	Leasing / Mietkauf	kostenlos				Mobilitätspaket
Ladestationen im öffentlichen Raum			kostenlos	Direktbezahlung	Roaming	flat rate	Mobilitätspaket
Ladestationen an privaten Stellen			kostenlos	Direktbezahlung	Roaming	flat rate	Mobilitätspaket
Tankstelle mit Ladesäulen			kostenlos	Direktbezahlung	Roaming		Mobilitätspaket
Tankstelle mit Batteriewechselstation			kostenlos	Direktbezahlung	Roaming		Mobilitätspaket
<b>Ladeenergie</b>							
konventionell			kostenlos	fixer Tarif	dynamischer Tarif	flat rate	Mobilitätspaket
erneuerbar			kostenlos	fixer Tarif	dynamischer Tarif	flat rate	Mobilitätspaket
<b>Systemleistung im Netz</b>							
zeitliche Verlagerung des Ladens			keine Vergütung	fixer Tarif	dynamischer Tarif	flat rate	Mobilitätspaket
Rückspeisung in das Netz			keine Vergütung	fixer Tarif	dynamischer Tarif	flat rate	Mobilitätspaket

Quelle: Begleitforschung "IKT für Elektromobilität", 2011

Abb. 8: Klassifizierungsschema der in den Modellprojekten entwickelten sowie geplanten Geschäftsszenarien – Teilbereich Abrechnung mit dem Fahrzeugnutzer

Strategie- bezug / Strategie- Ausrichtung	Gesellschaft	Markt
<b>defensiv</b> (Widerstand, Aussitzen, PR und Rückzug)	<b>Marktabsicherungsstrategien</b> (Erhalt bestehender Marktstrukturen, Absicherung von Standorten, Technologien, Stoffen und Produkten)	<b>Kostenstrategien</b> (Anerkennung der gesellschaftlichen Anforderungen und Ausschöpfung der strategischen Potenziale durch effizienten Umgang mit natürlichen Ressourcen)
<b>offensiv</b> (Innovation, Umstellung, Differenzierung, Marktentwicklung)	<b>Marktentwicklungsstrategien</b> (Abbau von Markteintrittsbarrieren, wie z.B. eingefahrene Nutzungsverhalten, fehlende Infrastruktur)	<b>Differenzierungsstrategien</b> (Erarbeitung und Vermarktung von Wettbewerbsvorteilen durch offensive Auseinandersetzung mit ökologischen Problemen, wie CO2 Ausstoß)

Abb. 9: Marktentwicklungsstrategien

Da die Entwicklung der Geschäftsszenarien von verschiedenen Themen beeinflusst wird, waren darüber hinaus die Förderung der Elektrofahrzeuge bzw. Infrastruktur in Deutschland, die Bedürfnisse der Kunden und ggf. veränderte Nutzungsanforderungen für Fahrzeuge sowie die Verbindung von EEG-Novelle und Geschäftsmodellen für Elektromobilität Gegenstand der Fachgruppenarbeit. Diese Themen wurden vielfach in Zusammenarbeit mit der entsprechenden Fachgruppe bearbeitet (vgl. Kap. 3.2).

### 3.4 Fachgruppe Kommunikation

Die Fachgruppe Kommunikation diente in erster Linie dazu, eine schlüssige Außenwahrnehmung über alle Modellprojekte hinweg zu erreichen und ein gemeinsames und aufeinander abgestimmtes Kommunikationskonzept umzusetzen. Diese Gesamtkommunikation sollte die modellprojektspezifischen Transfermaßnahmen zum einen unterstützen, und zum anderen bündeln. Vertreten waren in der Fachgruppe explizit die Kommunikationsverantwortlichen jedes Modellprojekts.

Kernstück der Fachgruppenarbeit war ein Kommunikatoren-Workshop im Sommer 2010, der zugleich ein wichtiger Meilenstein für die Abstimmung der gemeinsamen Kommunikationsaktivitäten zwischen Begleitforschung und den Modellprojekten war. Hier wurde beispielsweise die Marketing-Toolbox vorgestellt, die den Modellprojekten die eigene Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit erleichtern sollte und wichtige Hinweise gab, worauf bei der Außendarstellung zu achten ist.

### 3.5 Zusammenfassung

Die Arbeit aller Fachgruppen war wesentlich dafür verantwortlich, dass es zu einer projektübergreifenden Zusammenarbeit kam und so eine gemeinsame Fachexpertise für das Programm erarbeitet werden konnte. Wenngleich jedes Modellprojekt seine eigenen Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte hatte, ergaben sich zahlreiche Gemeinsamkeiten bei den jeweiligen Frage- und Problemstellungen. Hier führten der Austausch und die gemeinsame Suche nach einheitlichen ebenso wie alternativen oder sich ergänzenden Lösungsansätzen nicht nur für die Modellprojekte sondern auch für das Programm als solches zu einem hohen Erkenntnisgewinn.

Gerade in den Bereichen Interoperabilität sowie Rechtsfragen bewegten sich die Arbeiten der Projekte oftmals in einem bisher nicht abschließend geregelten Umfeld – vom Eichrecht über nicht standardisierte Stecker bis hin zum Datenschutz, um nur einige zu nennen. Hier gingen von der Begleitforschung und den Modellprojekten entscheidende Impulse für die Verbesserung der Rahmenbedingungen aus.

Darüber hinaus war die Fachgruppenarbeit eine bedeutende Grundlage für den Wissenstransfer und die Vernetzung mit weiteren externen Experten. So waren beispielsweise Vertreter der Modellprojekte sowie der Begleitforschung mehrfach in die Arbeitsgruppen der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) eingebunden.



## 4 Erkenntnisse aus begleitenden Studien

Bereits bei der Auswahl der sieben Modellprojekte im Technologiewettbewerb für „IKT für Elektromobilität“ wurde berücksichtigt, dass die jeweiligen Forschungsschwerpunkte der Projekte zusammen gesehen das Gesamtsystem Elektromobilität möglichst umfassend abdecken. Etwaige Lücken sollten im Rahmen der Aktivitäten der Begleitforschung geschlossen werden. Mit einer Analyse der Projektaktivitäten wurde daher zunächst der Grad der Abdeckung in einem Gesamtbild erfasst. Ziel war es, Fragestellungen zu identifizieren, die durch die einzelnen Arbeiten der Modellprojekte aufgrund ihrer Schwerpunktsetzung nicht umfassend abgehandelt werden konnten, aber für die Ziele des Förderprogramms eine hohe Relevanz hatten. Diese nicht abgedeckten speziellen Forschungsfragen sollten über begleitende Studien im Auftrag der Begleitforschung die Arbeiten der Modellprojekte ergänzen.

Nach dieser Analyse konnte identifiziert werden, dass insbesondere das Thema „Elektromobilität als Stellglied im Stromnetz“ nicht übergreifend bearbeitet wurde, wenngleich jedes Modellprojekt Teilaspekte dazu behandelte. Der Aspekt der Netzintegration, einschließlich Rückspeisung, war jedoch eines der Kernelemente des Förderprogramms und Aussagen dazu waren eine wesentliche Zielstellung. Daher wurde dieses Forschungsthema Gegenstand zweier Untersuchungen. Die eine Untersuchung befasste sich mit technologischen Aspekten der Netzintegration, die andere mit sozio-ökonomischen Fragestellungen. Mit der Durchführung wurden entsprechend geeignete Institute beauftragt.

Beide Untersuchungen liegen dem Auftraggeber als vollständige, aber zum Zeitpunkt des Evaluationsberichts unveröffentlichte, Dokumente vor. Im Folgenden werden die Studien daher kurz dargestellt.

### 4.1 Untersuchung zur Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen

Mit der Untersuchung zu den technologischen Aspekten von Elektromobilität als Stellglied im Stromnetz wurde die Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Regenerative Energien, unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartkopf beauftragt.

Unter dem Titel „Begleitforschungsstudie Elektromobilität: Potentialermittlung der Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen und der sich daraus ergebenden Vorteile“ wurden für Elektrofahrzeuge die technischen und wirtschaftlichen Potenziale eines gesteuerten Ladens (Grid-to-Vehicle, G2V) und der Rückspeisung von elektrischer Energie in das Stromnetz (Vehicle-to-Grid, V2G) untersucht. Dazu wurden Aspekte der Elektromobilität betrachtet, die Auswirkungen auf das Lastmanagement und das Lastverschiebungspotenzial von G2V und V2G haben können. Neben den IKT-EM-Vorhaben wurden auch aktuelle V2G-Projekte in Deutschland und deren Ergebnisse berücksichtigt.

Zur Potenzialbewertung wurden mögliche Einsatzfelder für V2G-Anwendungen im deutschen Stromnetz aufgezeigt und bewertet und anschließend mit einer Szenarioanalyse drei mögliche Entwicklungen dargestellt, aus denen das technische Potenzial von Elektrofahrzeugen

für V2G-Anwendungen abgeleitet werden sollte. Für die Studie wurde ein Bestand von einer bis fünf Millionen Elektrofahrzeugen in der Bundesrepublik angenommen.

Abschließend wurde bewertet, inwiefern eine Lastverschiebung durch V2G und G2V ein für Fahrzeugbesitzer wirtschaftliches Potenzial besitzt. Dazu wurde das V2G-Potenzial für eine Zwischenspeicherung von elektrischer Energie im Vergleich zu konkurrierenden Speichertechnologien ermittelt.

Kernaussagen der Studie sind:

- Aus Umweltgesichtspunkten ist eine Nutzung der entstehenden Potenziale positiv zu bewerten. Soweit Elektrofahrzeuge in ihrer Betriebsphase mit Energie aus regenerativen Quellen betrieben werden, kann die Ökobilanz im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor verbessert werden. Ressourcen-Engpässen soll durch Recycling entgegengewirkt werden.
- Bei den zugrunde gelegten Marktdurchdringungsraten bleiben bei einem ungesteuerten Laden die Auswirkungen von Elektromobilität auf die Netzinfrastruktur sehr gering. Dies ist vor allem der stochastischen Verteilung der Ladvorgänge geschuldet. Nur vereinzelt werden aufgrund von Überlastungen Netznachrüstungen nötig.
- Bei gesteuertem Laden (Grid-to-Vehicle) kann die Zahl gleichzeitig ladender Fahrzeuge über die stochastische Verteilung hinaus künstlich erhöht werden. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn bei steigender Erzeugung etwa aus Photovoltaik der Strompreis sinkt und entsprechende Preissignale über dynamische Tarife weitergegeben werden. Last- und Netzmanagement müssen daher koordiniert werden, um Überlastungen zu verhindern.

Da durch Elektromobilität induzierte Ladepeaks vielfach mit Nachfragepeaks zeitlich zusammenfallen, ist eine zeitliche Verschiebung der Ladezeiten sowohl für eine lokale Netzentlastung als auch für eine übergeordnete Regelung eine einfache und effektive Möglichkeit, Lastmanagement zu betreiben.

Eine leicht umsetzbare Möglichkeit der Steuerung stellen zeitvariable Tarife dar, welche schon in einem frühen Stadium der Entwicklung von Elektromobilität möglich sind. Bei einer weiteren Marktdurchdringung werden dynamische Tarife und durch Lastverlagerung die Bereitstellung von negativer Regelleistung denkbar. Das Verlagerungspotenzial ist hierfür groß, da das Einsparpotenzial für Fahrzeugnutzer durch aktive Steuerung des Ladevorgangs sehr hoch ist. Zur Verdeutlichung wurde in dieser Studie ein maximaler Ladetarif von etwa 0,5 €/kWh hergeleitet, den ein Fahrzeugnutzer durch aktive Ladesteuerung vermeiden kann.

Eine umfassendere Steuerung stellt die Rückspeisung elektrischer Energie aus Batterien von Elektroautos in das Stromnetz (Vehicle-to-Grid) dar. Für V2G ergibt sich eine Vielzahl von Anwendungsgebieten. Zum einen kann Energie für verschiedene Anwendungsgebiete zwischengespeichert werden, um Energieversorgern und Händlern die Optimierung ihres Geschäftsmodells zu ermöglichen. Hierunter fallen Fahrplangeschäfte, Effizienzerhöhungen für Betreiber konventioneller Kraftwerke und die Zwischenspeicherung von Energie aus regene-



rativen Quellen. Zum anderen kann positive und negative Regelleistung erbracht werden, da elektrische Leistung im Millisekunden-Bereich abrufbar ist.

Um jedoch die zusätzliche Möglichkeit der Rückspeisung zu ermöglichen, sind in der Ladeinfrastruktur zusätzliche Komponenten wie bidirektionale Ladegeräte mit Wechselrichter und Sicherungseinrichtungen nötig, deren Einsatz mit zusätzlichen Kosten verbunden ist. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist der Einbau einer V2G-fähigen Ladeinfrastruktur deshalb nur darstellbar, wenn auf diese Weise genügend Einnahmen generiert werden können.

Das technische Potential für V2G wurde mittels Szenario-Analyse bestimmt. Es variiert deutlich über die drei ermittelten Szenarien und liegt in etwa in der Größenordnung der gesamten deutschen Pumpspeicherkraftwerke, wobei das Verhältnis von Energieinhalt zu Leistungsbereitstellung bei Fahrzeugbatterien deutlich geringer als bei Pumpspeichern ist.

Für eine Zwischenspeicherung von Energie aus regenerativen Quellen über einen längeren Zeitraum von mehreren Tagen hinweg sind Fahrzeugbatterien zwar wirtschaftlich konkurrenzfähig zu anderen Speichertechnologien, doch reicht deren Speicherkapazität nicht aus, um einen ansatzweise relevanten Bedarf zu decken.

Die Batterien von Elektrofahrzeugen bieten nutzbare Speicherzeiten im Bereich von Sekunden bis zu mehreren Stunden. Sie sind somit vor allem als Tagesspeicher für den Lastausgleich interessant. Konkurrierende Speichertechnologien wie Pump- oder Druckluftspeicher sind in diesem Bereich jedoch deutlich kostengünstiger.

Der entscheidende Faktor, ob sich Fahrzeugbatterien als wirtschaftliche Option zur Speicherung von Energie aus regenerativen Quellen darstellen lassen, ist die zukünftige Entwicklung der Batteriesysteme. Neben dem auf den Energieinhalt bezogenen Batteriepreis und den zusätzlichen Kosten der bidirektionalen Ladeanbindung kann die Lebensdauer der Batterie ein entscheidender Faktor sein. Da Fahrzeugbatterien eine von der Anzahl der gefahrenen Zyklen abhängige Lebensdauer aufweisen, ist hierbei das wichtigste Kriterium die Zyklenfestigkeit. Zum einen setzt V2G die Lebensdauer der Batterie durch das Fahren zusätzlicher Zyklen herunter, zum anderen kann ein schonender Umgang mit der Batterie die Lebensdauer erhöhen – dies führt allerdings möglicherweise zu reduzierten Kapazitäten für V2G.

Bedeutend für die Wirtschaftlichkeit von V2G kann das Verhältnis von Batterielebensdauer zur Lebensdauer des Fahrzeugs sein. Falls die Batteriesysteme die Lebensdauer des Fahrzeugs übersteigen, kann V2G wirtschaftlich sinnvoll sein, im umgekehrten Fall eher nicht.

Da deutsche Studien darüber hinaus dargestellt haben, dass die jährlichen Einnahmen aus der Bereitstellung von Regelleistung relativ gering ausfallen würden, ist unter heutigen Bedingungen die Wirtschaftlichkeit von V2G fraglich und der damit verbundene Einbau bidirektionaler Ladegeräte wirtschaftlich nicht lohnend.

Für ein gesteuertes Laden sind die wirtschaftlichen und technischen Potentiale jedoch groß und sollten genutzt werden. Da dem Fahrzeugbesitzer durch G2V keine finanziellen Nachteile entstehen, können für diesen zusätzliche Einnahmen generiert werden, während die

Energiewirtschaft das gesteuerte Laden für Netzdienstleistung und eine Lastverschiebung nutzen kann.

Aus den skizzierten Gründen sind Fahrzeugbatterien für die Zwischenspeicherung von Energie aus erneuerbaren Quellen und das Lastmanagement im Sinne von G2V aus der heutigen Perspektive ungeeignet.

Insgesamt ist in jedem Fall weiterer Forschungsbedarf vorhanden, insbesondere vor dem Hintergrund der sich ändernden Rahmenbedingungen im technologischen und politischen, aber auch wirtschaftlichen und sozio-ökonomischen Bereich.

## **4.2 Untersuchung zur Akzeptanz von Elektromobilität als Stellglied im Stromnetz**

Mit der Untersuchung zu den sozioökonomischen Aspekten von Elektromobilität als Stellglied im Stromnetz wurde das IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung GmbH beauftragt.

Um Aussagen zum Potenzial von Elektrofahrzeugen zur Netzstabilität machen zu können, werden bisher vorwiegend technische Fragestellungen diskutiert, auch die reine Anzahl der Elektrofahrzeuge wird betrachtet. Jedoch werden es die Nutzungsstrukturen sein, die für eine Netzintegration von Belang sein werden, da erst diese die tatsächliche Verfügbarkeit der mobilen Speicher bestimmt.

Unter dem Titel „Akzeptanz von Elektromobilität als Stellglied im Stromnetz“ wurde der Frage der Akzeptanz bei potenziellen Nutzen hinsichtlich der Netzintegration nachgegangen. Die Untersuchung fand vor dem Hintergrund statt, welche Rolle Elektrofahrzeuge bei der Stabilisierung von Verteilnetzen spielen können, insbesondere im Hinblick auf die Bewältigung der Herausforderungen, die durch volatile Einspeiser (z.B. erneuerbare Energie-Anlagen) entstehen. Anders als bei der Studie der TUD (siehe Kap. 4.1) wurden hier allerdings Fragen des Nutzerverhaltens analysiert. Ein Ausgangspunkt war z.B. die Frage, ob die Nutzer ihre Fahrzeuge anstecken und für das Lastmanagement bereitstellen, selbst wenn kein Ladevorgang nötig ist.

Die Untersuchung wurde sehr differenziert durchgeführt, sodass es „den E-Mobilisten“ nicht gibt und die Nutzer in der Hochlaufphase wohl nur einen Ausschnitt der Bevölkerung abdecken. Die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität kann nicht nur in quantitativer Weise verschiedene Ausprägungen annehmen, auch der Weg zu avisierten Verbreitungszahlen kann durchaus verschiedenen Pfaden folgen. Da die deutschen Autofahrer in ihrem Mobilitätsverhalten konservativ sind und der Pkw in ihrem Besitz ihren Mobilitätsanforderungen entspricht und gleichzeitig die individuelle Kostengrenze für diese Mobilität widerspiegelt, gilt es in jedem Falle, möglichst frühzeitig interessierte Nutzergruppen zu identifizieren und die marktbezogenen Strategien daran auszurichten. Es gilt daher, die sich abzeichnenden Rahmenbedingungen für G2V- und V2G-Konzepte zu skizzieren, die ein erfolgreiches Zusam-

menspiel zwischen nutzerspezifischen Anreizen und Geschäftsmodellen und den zu erwartenden Präferenzen je nach Nutzergruppe darstellen.

Da aufgrund der quasi nicht vorhandenen Marktverfügbarkeit von Elektromobilität für die Nutzerakzeptanz als solche und insbesondere der für die Netzintegration zu betrachtenden Aspekte kaum valide Daten vorliegen, sollte hauptsächlich eine Sekundäruntersuchung durchgeführt werden. Daraus ließen sich belastbare Schlussfolgerungen sowie ergänzende Forschungsfragen ableiten. Sofern verfügbar, wurde die Untersuchung grundgelegt und ergänzt durch die Ergebnisse der Feldversuche der sieben Modellprojekte. Im Mittelpunkt standen dabei stets die sozio-ökonomischen Aspekte. Dazu gehören z.B. Lebensstile, Mobilitätsverhalten und Innovationsaffinität, aber auch strukturelle Rahmenbedingungen wie Strompreise, Einspeisevergütung etc. Ziel war es, eine Auskunft zum „State of the Art“ bzw. zum Stand des Wissens vor allem folgender Themen zu erhalten:

- Generelle Bereitschaft, Elektrofahrzeuge zu nutzen (ggf. unter Berücksichtigung sich abzeichnender neuer Mobilitätsangebote, die durch verstärkten Einsatz von IKT ermöglicht werden)
- Nutzungsmuster von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen (ebenfalls unter Berücksichtigung innovativer Mobilitätsangebote) und sich daraus ableitende Nutzeranforderungen (differenziert nach Nutzergruppen)
- Abschätzung von möglichen (fiktiven oder realen) erfassten Szenarien und Geschäftsmodellen, die Anreize schaffen, Elektrofahrzeuge im Sinne von „Stehzeugen“ als Pufferelemente für die Optimierung des Stromnetzbetriebs einzusetzen
- Anforderungen an das Nutzerverhalten, die sich aus den erfassten Szenarien und Geschäftsmodellen ergeben, und Korrelationen mit vergleichbaren Anforderungen in anderen Bereichen
- Zu erwartende Verhaltensmuster und Möglichkeiten zur Beeinflussung derselben im Sinne der Zielstellung „Vehicle for the Grid“.

Als Grundannahme für die Untersuchung galt, dass Restriktionen und Hindernisse hinsichtlich folgender Punkte weitestgehend abgebaut sind:

- Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur
- Technisch ausgereifte Möglichkeit der Rückspeisung in das Stromnetz.

Nutzergruppen nach ihrer potenziellen Bereitschaft für V2G-Konzepte zu befragen, ist aufgrund der zu vernachlässigenden Marktverfügbarkeit von Elektrofahrzeugen derzeit noch nicht umsetzbar. Zudem muss eine Reihe grundsätzlicher Probleme berücksichtigt werden: Die Technologien und Nutzungsprozesse sind nur schwer vorstellbar, die Forschungsfragen bleiben theoretisch, d.h. entscheidende Charakteristika werden unterschätzt oder nicht berücksichtigt und die Befragten sind bei solch frühen Untersuchungen selten repräsentativ. Vor allem aber lassen erste Befragungen von Nutzern in den Modellprojekten von IKT-EM darauf schließen, dass die Nutzer die Möglichkeit z.B. einer Stromrückspeisung derzeit gar nicht kennen und daher nicht beurteilen können.

Was man jedoch bereits heute untersuchen kann, sind Nutzungsprofile verschiedener Verkehrsträger ebenso wie Nutzertypen sowie mögliche Eigentumsverhältnisse das Fahrzeug betreffend. Ebenfalls gut abschätzen kann man die Ladeoptionen. Bereits an diesen Determinanten kann man identifizieren, in welchen Situationen sich Netzintegration generell anbieten würde und realisieren lassen könnte.

Im Rahmen der Untersuchung konnten bestimmte Schlüsselfaktoren für eine Akzeptanz von Netzintegrationskonzepten identifiziert und bewertet werden:

- Standzeiten der Fahrzeuge
- Nutzungsprofile
- Persönlicher Nutzen
- Netzanschlusspunkte
- Eigentumsverhältnisse hinsichtlich Fahrzeug und Batterie
- Kosten
- Anreize und Geschäftsmodelle.

Setzt man die Schlüsselfaktoren miteinander in Bezug, bildet sich teilweise deutlich heraus, wo Anknüpfungspunkte zu finden sind:

- Das Beispiel „Smart Home“ weist eine Kombination von begünstigenden Ausprägungen der Schlüsselfaktoren auf. In diesem Fall liegen eine private Ladeinfrastruktur, ein persönlicher Vorteil aus der Netzintegration (Überschusspeicherung der Eigenenergie) sowie positive Kosteneffekte (Rückspeisung zur Reduzierung des Strombezugs) gleichzeitig vor. Absehbar sind Anschaffungspakete „Smart Home“ mit Fahrzeug und Integrations-Technologie. Ähnlich kann dies auch für Flotten mit planbaren längeren Standzeiten auf Betriebsgeländen gelten.
- Das Beispiel „flexibles Carsharing“ weist eine Kombination von ungünstigen Ausprägungen der Schlüsselfaktoren auf: nicht planbare Fahrten, unterschiedliche Nutzerprofile, Notwendigkeit öffentlicher Ladeinfrastruktur.

Auf Grundlage der Literaturanalyse und der Bestimmung von Schlüsselfaktoren in Bezug auf die Netzintegration von Elektrofahrzeugen wurden im Rahmen der Untersuchung acht Fallbeispiele zum gesteuerten Laden und Entladen entwickelt. Diese dienen dazu, die sozialen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zu verdeutlichen, welche die Bereitschaft zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen bestimmen. Hinsichtlich der Netzintegration herrscht jedoch u. a. noch Forschungsbedarf, inwiefern im Detail Stoß- und Standzeiten mit Lastspitzen und -senken korrelieren.

Weiterer Bedarf für sozialwissenschaftliche Forschung wird vor allem für folgende Fragen gesehen:

- Welche Werte verbinden die Nutzer mit welcher Art von Mobilität und wie können Elektroautos hier im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen positioniert werden?

- Welche infrastrukturellen Systeme zum gesteuerten (Ent-)Laden werden von welchen Nutzergruppen konkret genutzt?
- Inwieweit würden Nutzer ihre Mobilitätsmuster zeitlich an Lastgänge und fluktuierende Erzeugung anpassen und welche Rolle spielen dabei Anreize und Geschäftsmodelle?
- Wie kann die Nutzerakzeptanz für Netzintegration positiv beeinflusst werden, beispielsweise auch im Zusammenhang mit zielgruppenspezifischen Segmenten und mit anderen Bedürfnisfeldern (z.B. Konsum)?

Diese und andere in diesem Kontext wichtige Fragen sind zwar in anderen Zusammenhängen bereits untersucht worden (z.B. in Bezug auf die Akzeptanz von variablen Tarifen oder Smart Meters), insgesamt ist das für die öffentliche Forschung zugängliche Wissen jedoch noch vergleichsweise dürftig. Das wird insbesondere dann zur Herausforderung, wenn daraus Resultate für die Beratung politischer Entscheidungsträger gewonnen werden sollen.



## 5 Transfermaßnahmen

Wesentlicher Aufgabenbestandteil der Begleitforschung war es, die Vernetzung und den Wissenstransfer im Rahmen des Förderprogramms zu gewährleisten. Dazu wurden während der gesamten Laufzeit umfangreiche Austausch- und Kooperationsbeziehungen aufgebaut und sowohl in sozialen Netzwerken als auch durch vielfältige weitere Informationsleistungen erfolgreich umgesetzt.

Zu den Adressaten zählten zunächst die Modellkonsortien selbst, darüber hinaus Expertinnen und Experten in Unternehmen und sonstigen Organisationen, aber auch Innovationsjournalisten, Verbände und Nichtregierungsorganisationen sowie die interessierte Öffentlichkeit.

Von Projektbeginn an wurden die Kontaktdaten der mit der Begleitforschung in Austausch- und Kooperationsbeziehungen stehenden Akteure in einer Datenbank erfasst, die zum Projektende rund 1.700 Einträge von größtenteils persönlichen Kontakten aufwies. Die Datenbank diente u. a. als Basis für E-Mail-Einladungen zu eigenen Veranstaltungen, aber auch als Pool für Experten und Ansprechpartner, z.B. für die Einbindung in Veranstaltungen der Modellprojekte, für Befragungen und Gespräche oder den Erfahrungsaustausch auf Modellprojektebene. Die Vernetzungsaktivitäten waren eng an die Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse gekoppelt, sodass sich hier zahlreiche Synergieeffekte ergeben haben.

Die Verbreitung und Veröffentlichung der Ergebnisse des Förderschwerpunktes und seiner Projekte wurde mit Hilfe vielfältiger zeitgemäßer Maßnahmen erfolgreich realisiert und bildete damit zugleich eine wesentliche Voraussetzung für die fachliche Vernetzung und den Aufbau umfassender Austausch- und Kooperationsbeziehungen.

Die Öffentlichkeitsarbeit des Förderprogramms IKT für Elektromobilität fußte auf fünf zentralen Säulen. Im Mittelpunkt der Aktivitäten stand eine intensive und nachhaltige Presse- und Medienarbeit. Zentrales Instrument der Öffentlichkeitsarbeit ist die Webseite [www.ikt-em.de](http://www.ikt-em.de) als wichtiger Informations- und Kommunikationskanal.

Um für die notwendige Sichtbarkeit des Forschungsprogramms „IKT für Elektromobilität“ zu sorgen, wurden zur Präsentation des Forschungsprogramms jährlich zahlreiche Messeauftritte organisiert (Hannover Messe Industrie (HMI), CeBIT, eCarTec, Deutscher Elektromobilitätskongress in Bonn etc.) und es wurde eine intensive Presse- und Medienarbeit betrieben. Sowohl TV- als auch Radio-, Online- und Printmedien (überregionale Zeitungen ebenso wie Fachmedien) berichteten regelmäßig über die Entwicklungen rund um das Forschungsprogramm IKT für Elektromobilität. So konnte allein über die Print- und Online-Medien eine Reichweite im hohen zweistelligen Millionenbereich erzielt werden.

Eine Reihe von Publikationen (Broschüre, Flyer etc.) und die Website waren wirkungsvolle Instrumente zur Information der Fachöffentlichkeit, aber auch zur Aufklärung einer an IT- und Elektromobilitätsthemen interessierten, breiteren Öffentlichkeit.

Mit einer Flash-basierten Animation zu „IKT für Elektromobilität“ (siehe [www.ikt-em.de](http://www.ikt-em.de)) konnte ein sehr erfolgreiches Tool zur Verbreitung des Systemansatzes des Förderprogramm „IKT für Elektromobilität“ geschaffen werden, das nach wie vor auf große Nachfrage stößt.

Im Rahmen des Abschlusskongresses „Lebenswelt Elektromobilität“ in Mannheim sind Kurzfilme zu jedem Projekt erstellt worden, welche die Arbeit und Leistung der Modellprojekte auf lebendige und verständliche Weise darstellen.

Der so aufgebaute beständige Dialog sowie der Mix aus den unterschiedlichen Maßnahmen haben zu einer ausgezeichneten Sichtbarkeit in der Öffentlichkeit geführt. Als Besonderheit kann hier die Kommunikation und Moderation der Modellprojekte selbst angeführt werden. Die Begleitforschung unterstützte sie, eigene Aktivitäten der Öffentlichkeitsarbeit mit Erfolg durchzuführen und so besonders bei Messeauftritten große Erfolge zu erzielen.

## 5.1 Presse- und Medienarbeit

Grundlage für eine umfangreiche und positive Berichterstattung über das Forschungsprogramm IKT für Elektromobilität war die kontinuierliche Information und Ansprache der relevanten Fach-, Wirtschafts- und Wissenschaftsjournalisten durch den Ergebnistransfer. Als besonders wirkungsvoll haben sich direkte Informationen von und Interviews mit den Beteiligten des Forschungsprogramms erwiesen. Darüber hinaus war der kontinuierliche Dialog mit den relevanten Fachmedien ein wichtiges und erfolgreiches Instrument. Eine große Versandaktion mit Presseunterlagen zu Beginn des Forschungsprogramms im Dezember 2009 hat die 150 wichtigsten Meinungsmacher in den Bereichen IKT und Elektromobilität erreicht.

Folgende Maßnahmen wurden ergriffen:

- Kontinuierliche und kompetente Besetzung des IKT-EM-Pressebüros
- Regelmäßige Erstellung von informativen Presseunterlagen, Pressemitteilungen, Infografiken, etc.
- Erstellung eines umfangreichen und passgenauen Presseverteilers sowie eines Themenplanes
- Kontinuierliche Medienansprache
- Medienauswertung und Evaluation
- Erstellung einer PR- und Marketing-Toolbox für die Modellprojekte



Die Ergebnisse der Medienarbeit lassen sich in Zahlen wie folgt darstellen, wobei eine erhebliche Steigerung der Reichweite zu erkennen ist:

	<b>PRINT/Online Anzahl Beiträge</b>	<b>PRINT Auflage gesamt<sup>3</sup></b>
2010	201	9,4 Mio.
2011	598	25,5 Mio. <sup>4</sup>
Summe	799	34,9 Mio.

Die wichtigsten Erkenntnisse aus der Berichterstattung über das Forschungsprogramm IKT für Elektromobilität zusammengefasst:

- Der Zusammenhang von IKT und Elektromobilität war zu Beginn des Forschungsprogramms in IT-Magazinen nur wenig bis kaum verankert. In vielen Gesprächen mit den Journalisten konnte der Ergebnistransfer mit Hilfe der Experten aus den Modellprojekten hier Basisarbeit leisten und so die Berichterstattung anstoßen. Waren sie bis dahin der Meinung, dass sich Elektrofahrzeuge nur und erst dann durchsetzen würden, wenn es leistungsfähige Batterien gäbe, konnten sie vom Zusammenhang einer gut ausgebauten Infrastruktur als notwendiger Voraussetzung für eine funktionierende Elektromobilität überzeugt werden.
- In den Fachmagazinen zu Elektromobilität konnte das Forschungsprogramm gut verankert werden. Sowohl über das übergreifende Thema IKT als auch die Themen der einzelnen Modellprojekte wurde kontinuierlich berichtet.
- Die Berichterstattung in den Wirtschaftsmedien konnte nicht im gewünschten Umfang erzielt werden. Auch bei den Wirtschaftsmedien steht die Berichterstattung über die Batteriefunktion im Zusammenhang mit Elektromobilität im Fokus. Die Notwendigkeit einer funktionierenden Infrastruktur als unmittelbare Voraussetzung für funktionierende Elektromobilität wurde von den Redakteuren erst in einem zweiten Schritt erkannt.
- Die Modellprojekte wurden übergreifend in der Medienlandschaft wahrgenommen. Es wird vor allem im praxisorientierten Zusammenhang über sie berichtet. Von besonderem Reiz waren dabei attraktive Projektinhalte wie die von eE-Tour Allgäu.

<sup>3</sup> Summe der jeweiligen Einzelauflagen

<sup>4</sup> U.a. erschien im August 2011 ein Beitrag in der ADAC Motorwelt mit einer Auflage von 13 Mio.

## 5.2 Veranstaltungen und Messen

Durch eine umfangreiche Teilnahme an verschiedenen brancherelevanten Veranstaltungen und den zentralen Messen sowohl mit Schwerpunkt Elektromobilität als auch bei den Informations- und Kommunikationstechnologien konnte ebenfalls eine große Sichtbarkeit in der Öffentlichkeit erzielt werden.

In den Jahren 2010 und 2011 war IKT für Elektromobilität jeweils auf der CeBIT und der Hannover Messe Industrie präsent und konnte sich auf dem BMWi-Gemeinschaftsstand ausführlich darstellen. Im Ergebnis sorgte eine umfangreiche Berichterstattung in den Medien sowohl auf der CeBIT als auch auf der Hannover Messe für die weitere Steigerung des Wissens um den Zusammenhang zwischen Infrastruktur und funktionierender Elektromobilität.

Im ersten Jahr war IKT-EM darüber hinaus zentraler Bestandteil des Bitkom-Gemeinschaftsstandes zur Green IT-World.

Bemerkenswert war, dass trotz des frühen Zeitpunkts der Präsentation alle Modellprojekte sehr repräsentative Exponate beisteuern konnten und damit einen großen Beitrag zum Gelingen des gesamten Messestandes beigetragen haben.



Quelle: Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“, 2010

Abb. 10: Bundeswirtschaftsminister Rainer Brüderle am Messestand von „IKT für Elektromobilität“ auf der CeBIT 2010



Quelle: Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“, 2010

Abb. 11: Messestand von „IKT für Elektromobilität“ als Teil des Bitkom-Gemeinschaftsstandes zur Green IT-World 2010

Ein Highlight des Forschungsprogramms war der eigene IKT-EM-Messestand auf der eCar-Tec 2010. Auf rund 160qm zeigte IKT-EM neue, auf IKT basierende Schlüsseltechnologien für gesteuertes Laden und Rückspeisung, die Fahrnavigation und Fahrassistenz, Tarife und Abrechnungen sowie Fahrzeugflotten und Mobilitätsservices. Zahlreiche interessierte Besucher konnten erste Ergebnisse der Modellprojekte im Auto oder an der Ladesäule sehen und ausprobieren sowie sich davon überzeugen, dass ein Gesamtsystem Elektromobilität möglich ist. Dieses wurde vor allem vom Modellprojekt Harz.EE-mobility demonstriert, das vom Fahrerinformationssystem über die Identifizierung an der Ladesäule und den Ladevorgang bis zur Überwachung in der Leitwarte das gesamte System präsentierte.



Quelle: Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“, 2010

Abb. 12: Messestand von „IKT für Elektromobilität“ auf der eCarTec München 2010

Zentrale Veranstaltungen im Rahmen der Begleitforschung waren die zwei Kongresse zu IKT für Elektromobilität, die im November 2010 und im September 2011 stattfanden. Sie waren maßgeblich sowohl für die Vernetzung und den Wissenstransfer der Projekte mit der nationalen und internationalen Fachwelt als auch für die Verbreitung und Veröffentlichung der Ergebnisse.

Der erste Kongress war eingebettet in den VDE-Kongress in Leipzig und firmierte unter dem Titel „Forum Elektromobilität“. Neben einem umfangreichen Kongressprogramm, in dem auch die Zwischenergebnisse des Forschungsprogramms vorgestellt wurden, präsentierte sich IKT-EM auf einem rund 150qm großen Messestand, der nicht nur aufgrund seiner Lage zum Zuschauermagneten wurde. Zu dem hochrangig besetzten Kongress in Leipzig kamen zahlreiche, zum Teil hochkarätige Medienvertreter.

Am 9. und 10. September 2011 fand in Mannheim der Kongress "Lebenswelt Elektromobilität" statt, der gleichzeitig Abschlusskongress für das Forschungsprogramm IKT-EM war. Er wurde in Zusammenarbeit von B.A.U.M. Consult und der Mannheimer Messeorganisation m:con organisiert und unter Schirmherrschaft von BMWi und BMU durchgeführt.



Über 150 Referenten aus dem In- und Ausland stellten den aktuellen Entwicklungsstand und die ganze Bandbreite der technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen der Elektromobilität dar. Dabei ging es vor allem um die Schnittstellen von Energie, Fahrzeug, Verkehr sowie Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Der Kongress bot gleichzeitig eine Plattform für einen branchenübergreifenden Dialog und die Vernetzung zwischen Entwicklern und Nutzern von Elektromobilität sowie Entscheidungsträgern in diesem Bereich.

Im Fokus standen nach zweieinhalb Jahren intensiver Forschung die Ergebnisse der sieben Modellprojekte „IKT für Elektromobilität“. Der Parlamentarische Staatssekretär beim Bundesminister für Wirtschaft und Technologie, Ernst Burgbacher, stellte in seiner Grußrede heraus: „Damit Elektromobilität im Alltag funktioniert, brauchen wir neben bezahlbaren Elektrofahrzeugen eine funktionierende Infrastruktur: Zum Beispiel für das Aufladen der Fahrzeuge, das Abrechnen und für den Austausch notwendiger Informationen zwischen Elektrofahrzeugen, Verkehrs- und Energienetzen. Die Ergebnisse der BMWi-Modellprojekte zeigen, dass wir bei vielen dieser Fragen mit Hilfe der modernen IKT einen entscheidenden Schritt vorangekommen sind“.

Vorgestellt wurden im Rahmen des Kongresses zum Beispiel Lösungen für Netz schonendes Laden und Rückspeisen, Navigation und Fahrassistenz, Flottenmanagement und Mobilitäts-services sowie für einheitliche Identifikations- und Abrechnungsverfahren.

Neben aktuellen Ergebnissen aus laufenden Forschungsprojekten gab der Kongress auch einen Ausblick auf die Zukunft IKT-basierter Forschung im Bereich Elektromobilität. So konnten sich die neuen Modellprojekte aus dem Folgeprogramm „IKT für Elektromobilität II – Smart Cars, Smart Grid, Smart Traffic“ am zweiten Kongresstag auf dem Podium vorstellen.



Quelle: Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“, 2011

Abb. 13: Die Projektleiter der Modellprojekte und der Begleitforschung mit dem Parlamentarischen Staatssekretär im BMWi, Ernst Burgbacher auf dem Kongress "Lebenswelt Elektromobilität" in Mannheim 2011



Quelle: Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“, 2011

Abb. 14: Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann und der Parlamentarische Staatssekretär im BMWi, Ernst Burgbacher, testen den Ladevorgang beim Projekt MeRegioMobil auf dem Kongress "Lebenswelt Elektromobilität" in Mannheim 2011

Über den eigentlichen Kongress hinaus wurden zusätzlich vorbereitende Sonderformate durchgeführt, durch die zum einen eine inhaltliche Vorbereitung, zum anderen eine Erhöhung der Sichtbarkeit des Kongresses erreicht werden sollte. So wurden in Berlin am 29. Juni 2011 das Symposium „Lebenswelt Elektromobilität“ mit rund 100 Teilnehmern sowie am 31. August 2011 in Mannheim der Workshop „Lebenswelt Elektromobilität – Anforderungen an die Stadt- und Verkehrsplanung“ mit rund 40 Teilnehmern veranstaltet.

Die Medienresonanz auf beide Kongresse war sehr gut. Insgesamt konnten Beiträge durch Nachrichtenagenturen (u. a. dpa), in wichtigen Print- (u. a. VDI Nachrichten) und Onlinepublikationen (u. a. tagesschau.de, heise.de) sowie im Hörfunk und TV erreicht werden.

Sowohl der Leipziger Kongress als auch der Kongress Lebenswelt Elektromobilität haben den Projekten und der gesamten Branche wichtige Impulse für den weiteren Ausbau ihrer Aktivitäten rund um die Elektromobilität gegeben. Die Resonanz auf beide Kongresse, nicht nur in den Medien, beweist ihren hohen Stellenwert innerhalb der Community. Damit waren die Kongresse wichtige Meilensteine bei der Projektentwicklung und bei der Darstellung nach außen.

Neben den genannten großen Kongressen präsentierte sich IKT-EM auf weiteren, kleineren Kongressen:

- Teilnahme 2010 und 2011 auf dem Deutschen Elektro-Mobil-Kongress in Bonn mit Kongressbeiträgen und kleinerem Messestand. 2011 präsentierte sich „IKT für Elektromobilität“ auf einem gemeinsamen Messestand mit dem BMVBS und dem BMU.
- 2011 Forum Elektromobilität in Berlin – Infostand
- Juni 2010 Lange Nacht der Wissenschaften Berlin – Infostand.

Darüber hinaus hat der Ergebnistransfer der Begleitforschung folgende Aktivitäten der Modellprojekte, die letztendlich auch in den Medien Abbildung fanden, bei der Pressearbeit unterstützt:

- Eröffnungsevent eE-Tour Allgäu im Juni 2010
- Einweihung der Future Fleet-Elektrowagenflotte im Januar 2011
- Einweihung des MeRegioMobil Smart Home auf dem KIT-Campus im Nov. 2010
- Abschlussveranstaltung Harz.EE-mobility im Juni 2011
- Smart Watts – Smart Wheels. Event im Juli 2010 des Modellprojekts Smart Wheels.

### 5.3 Publikationen und Filme

Flankiert wurden diese Aktivitäten von einer Reihe von Publikationen, welche die Begleitforschung entwickelt hat. Zentrale Publikation war eine Broschüre mit den wichtigsten Informationen rund um das Forschungsprogramm. Auf insgesamt 26 Seiten wurden die einzelnen Modellprojekte vorgestellt und die Bedeutung der Entwicklungen herausgearbeitet. Wichtige Experten und Partner des Förderprogramms wurden in Form von Interviews und Fachbeiträ-

gen eingebunden. Die Broschüre wurde mit einer Auflage von 10.000 Exemplaren gedruckt und ist neben den zuvor beschriebenen Veranstaltungen auch bei einer Vielzahl weiterer Veranstaltungen zum Einsatz gekommen.

Darüber hinaus wurden Flyer und Faltblätter zu IKT für Elektromobilität entwickelt. Der Basis-Flyer ist neben der deutschen und der englischen Fassung auch auf Chinesisch erschienen, um den asiatischen Markt zu bedienen. Insgesamt wurden die Flyer mit einer Auflage von 10.000 Exemplaren produziert. Auch für die Messen und Veranstaltungen wurden individuelle Kurzpublikationen entwickelt (z.B. Forum Elektromobilität auf dem VDE-Kongress 2010).



Zum Projektende hin, anlässlich des abschließenden Kongresses „Lebenswelt Elektromobilität“ wurde zudem für jedes Modellprojekt ein rund dreiminütiger Kurzfilm erstellt. Ziel war es, die Arbeitsschwerpunkte des Projekts allgemeinverständlich und öffentlichkeitswirksam darzustellen, stets unter Berücksichtigung des Bezugs zum Förderprogramm „IKT für Elektromobilität“. Die Filme funktionieren damit als Einzelprodukte für die Modellprojekte eben-

so wie als Zusammenschau für das Förderprogramm als Ganzes. Die Filme sind auf der Internetseite [www.ikt-em.de](http://www.ikt-em.de) verfügbar.

## 5.4 Internetseite

Die Internetseite des Forschungsprogramms IKT für Elektromobilität wurde kontinuierlich auf- und ausgebaut, um die Besucherzahl stetig zu erhöhen. Leider kann an dieser Stelle kein Nachweis in Form einer Statistik erbracht werden, da der Website-Provider Ende 2011 das Statistikprogramm durch ein neues ersetzt hat und die alten Statistiken dabei verloren gingen. Den größten Besucheransturm erlebte die Seite immer dann, wenn interaktive Elemente in die Seite integriert (z.B. IKT-EM-Animation) oder Filme eingespielt wurden. Einen Besucherrekord erzielte die Seite am Tag der Integration des Films über DBM Energy.

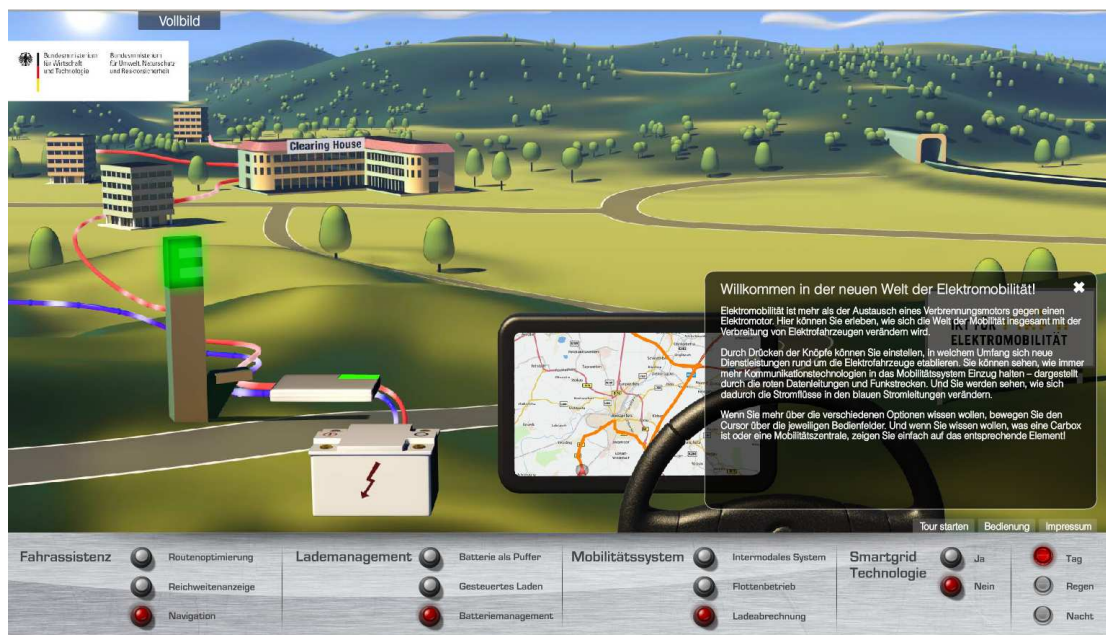
## 5.5 Animation

Auf Basis und als Ergänzung zur E-Energy-Animation wurde eine Flash-basierte Animation zu IKT-EM entwickelt, die auf einfache und verständliche Art das System der Elektromobilität mit der dazugehörigen Infrastruktur darstellt. Die Animation bringt sowohl Experten als auch der interessierten Öffentlichkeit das Thema auf anschauliche und interaktive Weise näher. Sie wird von der Begleitforschung und den Modellregionen sowohl auf Messen und Veranstaltungen als auch auf der Internetseite des Projekts eingesetzt. Die Resonanz auf die Animation ist außergewöhnlich positiv und übersteigt die Erwartungen sehr deutlich.

Die Bedienung der Animation ist intuitiv und bewusst einfach gehalten. Zu Beginn erklärt eine Sprechertour in wenigen Schritten, wie die Infrastruktur rund um Elektromobilität funktioniert. Über eine separate Steuerleiste kann der Text zugeschaltet, die Tour gestoppt und zwischen den einzelnen Schritten hin und her geschaltet werden. Innerhalb von Mouseover-



Fenstern werden dem Nutzer die einzelnen Elemente in der Welt der Elektromobilität näher gebracht. Neben der deutschen gibt es auch eine englische Version der Animation. So kann der Nutzer spielerisch die Zukunft der Elektromobilität kennenlernen und erleben.



Quelle: Begleitforschung von „IKT für Elektromobilität“, 2012

Abb. 15: Animation zu „IKT für Elektromobilität“

## 5.6 Zusammenfassende Betrachtung

Die Medienberichterstattung zur Elektromobilität in Tageszeitungen und Wirtschaftsmedien war und ist nach wie vor geprägt von der Diskussion um leistungsfähige Batterien. Dem Thema Infrastruktur wird nur am Rande Relevanz eingeräumt. Mit dem Start des Forschungsprogramms „IKT für Elektromobilität“ wurde dem Thema Infrastruktur erstmals etwas mehr Raum gegeben, wenn auch nicht im erhofften Maße. Auch die IT-Fachzeitschriften sind beim Thema IKT für Elektromobilität noch sehr zurückhaltend und betrachten es als Thema, das in etwa 10 Jahren relevant wird, wenn aus ihrer Sicht das Batterieproblem keines mehr sein wird.

Die Platzierung von Themen zum Projekt „IKT für Elektromobilität“ war etwas aufwändiger als zunächst angenommen. Zu beobachten war aber dennoch, dass die Berichterstattung im Zusammenhang mit den Modellprojekten immer dann von Erfolg gekrönt war, wenn es um praktische Beispiele ging. So zum Beispiel bei Harz EE-Mobility: Hier wurde vom Fahrerinformationssystem über die Identifizierung an der Ladesäule und den Tankvorgang bis zur Überwachung in der Leitwarte das gesamte System gezeigt. Ebenso beim Modellprojekt eE-

Tour Allgäu, wo Touristen eigenständig das gesamte System von der Buchung bis zur Nutzung ausprobieren konnten. Journalisten nahmen dies gern zum Anlass, um über das Forschungsprogramm zu berichten.

Dass die Modellprojekte mit fortgeschrittener Dauer zunehmend mehr und weiter entwickelte Praxisbeispiele präsentieren konnten, war ein weiterer Grund für die über die Projektlaufzeit gestiegene Berichterstattung. In den Fachmedien rund um die Elektromobilität und in den Energie-Fachmedien wurde kontinuierlich über IKT-EM berichtet.

Grundlage dafür war die stete Information und Ansprache der relevanten Fach-, Wirtschafts- und Wissenschaftsjournalisten durch den Ergebnistransfer. Als besonders wirkungsvoll erwiesen sich ausführliche Hintergrundgespräche, Briefings und Interviews mit den Experten des BMWi, den Leitern der Begleitforschung oder den Projektleitern der Modellprojekte. Dies erforderte zwar ein erhebliches Zeitinvestment aller Beteiligten für die Vorbereitung und Durchführung, zahlte sich aber letztendlich durch kontinuierlich steigende Berichterstattung aus. Auch die Präsenz des Förderprogramms bei wichtigen Branchenmessen wie eCarTec, CeBIT und Hannover Messe Industrie oder auf dem VDE-Kongress stellten sich als wichtiger Treiber für die Medienpräsenz von IKT-EM heraus.

Für das Nachfolgeprogramm IKT-EM II wird es darauf ankommen, die mit IKT-EM I gelegte Basis weiter auszubauen und besonders außerhalb der Fach-Community und weg von der Batterieforschung für das Thema Infrastruktur zu sensibilisieren.

## 6 Fazit

Im Zweiten Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität vom Mai 2011 ist der Stellenwert von Elektromobilität schon im ersten Satz deutlich beschrieben: „Elektromobilität ist der Schlüssel zu einer klimafreundlichen Umgestaltung der Mobilität. Sie ist Chance und Herausforderung, die Spitzenposition Deutschlands als Industrie-, Wirtschafts-, Wissenschafts- und Technologiestandort weiter auszubauen“. Mit den sieben Modellprojekten von „IKT für Elektromobilität“ haben die Fördergeber BMWi und BMU schon sehr früh begonnen, Grundlagen dafür zu legen.

Die IKT-EM Projekte ergänzten dabei vor allem die zahlreichen Projekte, die im Rahmen des Konjunkturpakets II durchgeführt wurden, insbesondere die Aktivitäten in den acht Modellregionen, die vom BMVBS gefördert wurden. Die Merkmale des Förderprogramms machen deutlich, inwiefern die Schwerpunkte anders lagen als bei den meisten anderen Förderprojekten bzw. darüber hinausgingen. Im Kern der Untersuchung standen die Informations- und Kommunikationstechnologien und deren Anwendung in folgenden Bereichen

- Bewältigung der Anforderungen an Mobilitätsservices und das Managen von Fahrzeugflotten, resultierend aus der Heterogenität und Menge der in den Feldversuchen eingesetzten Fahrzeuge
- Feldforschung zu Fahrzeugbatterien und insbesondere deren Integration in das Stromnetz durch gesteuertes Laden und Rückspeisen
- Innovationen bei Geschäftsmodellen, aufbauend auf der intelligenten Gestaltung der Prozesse rund um Tarife und Abrechnung
- Schaffung von mehr Komfort mittels Navigation und Fahrassistenz als Grundlage für eine gesteigerte Akzeptanz seitens der Nutzer.

Trotz der sehr kurzen Laufzeit von nur zwei Jahren konnten die Projekte – insbesondere wegen der von der Begleitforschung koordinierten Zusammenarbeit – viele Erkenntnisse zur Schaffung von Rahmenbedingungen und Anreizen sowie zur Gestaltung der weiteren Innovationsmaßnahmen liefern. Dass die Konsortien trotz teilweise bestehender Wettbewerbssituationen – speziell in den Fachgruppen Interoperabilität und Recht – sehr eng zusammenarbeiteten, verdient eine besondere Erwähnung.

Den Modellprojekten ebenso wie der Begleitforschung war es ein großes Anliegen, die Vorhaben, Fortschritte und Teilergebnisse umfassend gegenüber der (Fach-)Öffentlichkeit zu kommunizieren. Einige Projekte konnten dabei besonderes Interesse bei den Medien wecken, insbesondere das eng mit dem Tourismus verbundene Vorhaben eE-Tour Allgäu. Neben den Auftritten auf den einschlägigen Messen CeBIT, HMI und eCarTec boten besonders die Elektromobilitätskongresse in Bonn sowie der VDE-Kongress 2010 große Bühnen für das Kommunizieren der Ergebnisse. Ein weithin sichtbares Highlight war der Abschlusskongress *Lebenswelt Elektromobilität* 2011 in Mannheim, der zum Ende des Automobilsommers im

Zusammenhang mit „125 Jahre Automobil“ gleichzeitig den Aufbruch in eine neue Ära der Mobilität markierte.

Der Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität konstatiert: „Mobilität bedeutet Wohlstand, Freiheit, Lebensqualität, soziale und kulturelle Teilhabe. Doch Mobilität von morgen muss noch effizienter sein: klima- und umweltfreundlicher, ressourcenschonender und leiser. Hier sind innovative technologische Lösungen gefragt ...“. Das IKT-EM Programm lässt sich an diesem Anspruch messen. Im Folgenden wird dargestellt, inwiefern es mit seinen Untersuchungen und Erkenntnissen einen Beitrag geleistet hat.

## 6.1 Bewertung der Ergebnisse

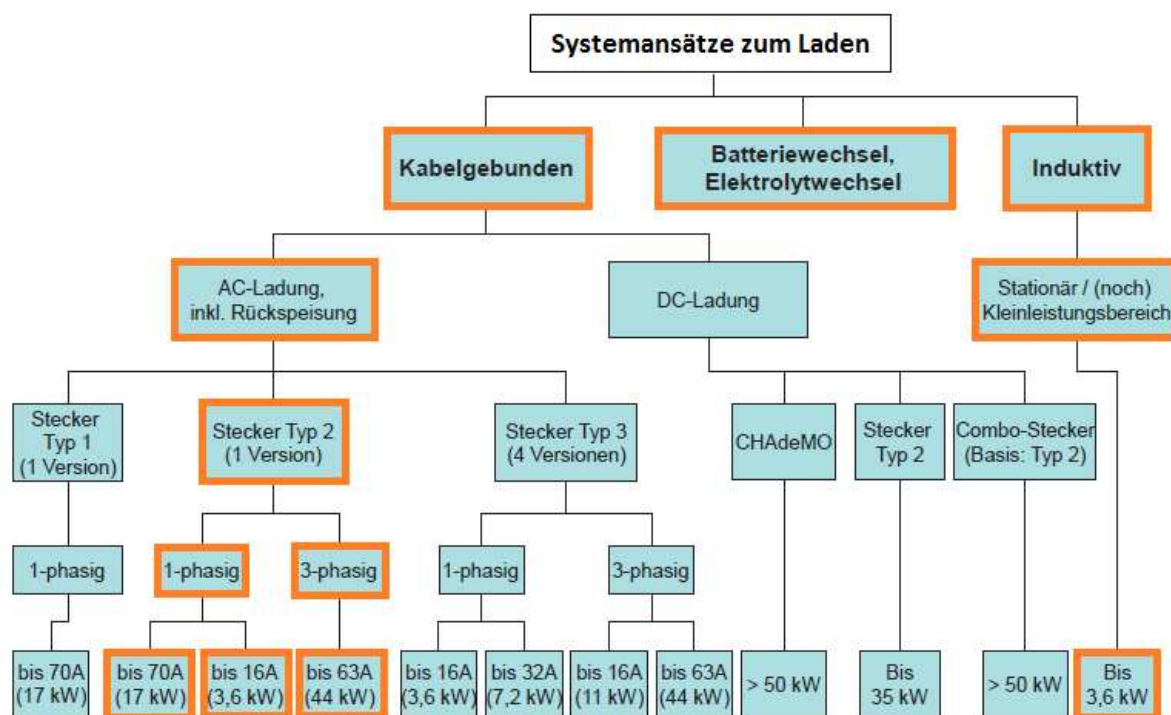
### 6.1.1 Beitrag zum Innovationsfortschritt

Von den im Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität identifizierten technologischen „Leuchttürmen“ (Batterie, Antriebstechnologie, Leichtbau, IKT, Infrastruktur, Recycling) hat IKT-EM schwerpunktmäßig den Bereich IKT abgedeckt. Dabei konnten aber auch in den Leuchttürmen Infrastruktur und Batterie Erkenntnisse gewonnen werden. Zusammen mit der Begleitforschung haben die IKT-EM-Modellprojekte eine Reihe von Ansätzen modellieren, realisieren und testen können. Und sie haben Einfluss auf die rechtlichen Rahmenbedingungen genommen, unter denen diese Ansätze in Zukunft umfassend realisiert werden können.

Ein Schwerpunkt der Innovationen der Modellprojekte lag im Bereich Ladeinfrastruktur und Abrechnung. Wie Abb. 16 zeigt, wurden dabei alle im Rahmen der NPE favorisierten Formen des Ladens in die Untersuchungen einbezogen. Bei den Steckerverbindungen wurde pragmatisch operiert. Zu Beginn wurden Schuko-Stecker und alle Arten von Industriesteckern genutzt. Gegen Ende der Projekte dominierte der Stecker IEC 62196-2 Typ 2, der sich wohl in Europa durchsetzt.

Großes Augenmerk wurde auf die Authentifizierung und Abrechnung gelegt. Im Hinblick auf die Kosten von Ladestationen war dabei die Frage der Notwendigkeit von Displays und Belegdruckern bei Ladesäulen von Relevanz. In enger Zusammenarbeit mit der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) konnte die Fachgruppe Recht Folgendes erreichen:

- Der Einbau eines Displays an der Ladesäule ist möglich, aber rechtlich nicht zwingend vorgeschrieben,
- An der Ladesäule ist kein Belegdrucker erforderlich,
- die Art der Anmeldung an der Ladesäule wird als eichrechtlich irrelevant betrachtet und kann somit durch den Fahrer, das KFZ oder eine Smartcard erfolgen, solange nur die Zuordnung zu einem Vertrag möglich ist,
- die gesetzliche Zeit zur eichrechtlich gesicherten Übertragung von Messwerten seitens der PTB über das Internet zur Verfügung gestellt wird.



Quelle: Basisbild aus *Die deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität – Version 2*

Abb. 16: Abdeckung der Technologiefelder für Ladeinfrastruktur durch IKT-EM Projekte

Die Entsperrung der Ladestation ist noch nicht einheitlich geregelt. Sie erfolgt i. d. R. durch eine RFID-Karte oder den Einsatz von Mobiltelefonen, also einer UMTS / SMS basierten Freischaltung. Im Rahmen der Arbeit in der Fachgruppe Interoperabilität konnten sich alle Modellprojekte auf einheitliche Dateninhalte für beide Verfahren sowie ein standardisiertes Leseverfahren für die RFID-Lösung verständigen. Dazu gehörte der Entwurf eines ID-Schemas für beide genannten Zugangsarten sowie eines zugehörigen ID-Handling-Prozesses. Beides wurde als Vorschlag zur Standardisierung als DINSPEC für ISO/IEC JWG1 V2G CI eingereicht. So konnten Prozesse definiert werden, die verschiedenen Ladesäulenhersteller und angeschlossenen Mobilitätszentralen das Weiterleiten von Karteninhalten und das Abrechnen im Sinne eines Roamings erlaubten. Die Praxistauglichkeit wurde sogar grenzüberschreitend getestet: zwischen eE-Tour Allgäu und VLOTTE in Vorarlberg sowie zwischen Smart Wheels und dem Projekt e-laad in den Niederlanden. Damit konnte IKT-EM einen über die Laufzeit des Förderprogramms hinausgehenden Beitrag zum Gelingen der Elektromobilität leisten.

Alle Projekte entwickelten in der einen oder anderen Form Fahrassistenzsysteme. Wegen der Kürze der Projektdauer kamen sie jedoch über frühe Prototypen kaum hinaus. Sie reichten allerdings aus, um Erkenntnisse über die Erwartungen und das Verhalten von Nutzern zu gewinnen. So zeigte sich zum Beispiel:

- Die hohe Komplexität der Elektromobilität darf sich nicht in einer komplizierten Bedienung des Fahrassistenzsystems abbilden.
- Die Angst von „Elektromobilitäts-Neulingen“, liegenzubleiben, weicht schon nach kurzer Gewöhnungsphase einer sehr realistischen Einschätzung bezüglich Reichweite und Notwendigkeit des Ladens – sofern sie den Angaben des Assistenzsystems vertrauen.
- Der Verbrauch hängt maßgeblich vom Gelände, der Temperatur und der Fahrweise ab. Hilfreich sind Assistenzsysteme, die – ohne die Fahrer zu bevormunden – zu energiesparendem Fahren anhalten.

Von großer Bedeutung für die Weiterentwicklung der Assistenzsysteme ebenso wie für Planung und Betrieb von Ladeinfrastrukturen sind gute Prognosen bezüglich des Wann und Wie von Ladevorgängen. Im Projekt Harz.EE-mobility wurden Prognosesysteme, wie sie für das E-Energy Schwesterprojekt RegModHarz entwickelt wurden, entsprechend angepasst. In Zusammenarbeit von Universität Reutlingen und TU München wurden für eE-Tour Allgäu Höhenprofile für die Reichweitenberechnung und damit für die Abschätzung notwendiger Ladevorgänge hinterlegt.

Als Engpass bei der Entwicklung der Assistenzsysteme stellte sich der Zugriff auf das Batteriemangement im Fahrzeug heraus. Dieser ist aber notwendig, um zuverlässige Daten über den Ladezustand (SOC – state of charge) und die Qualität der Zellen zu erhalten und darauf aufbauend Reichweitenprognosen zu erstellen. Hier gilt es, zu einheitlichen Standards im Fahrzeug zu kommen.

Auf Innovationen im Bereich der Batterie und deren Nutzung können vor allem Smart Wheels, eE-Tour Allgäu und Grid Surfer verweisen. In Aachen entwickelte die RWTH eine eigene Batterielösung und ein eigenes Batteriemangementssystem, das auch bidirektionales Laden erlaubt. Im Allgäuer Projekt entwickelte John Deere einen Prototypen eines Hybridtraktors, dessen Batterie zukünftig in Form einer Wechselbatterie auf einer „Smart Farm“ als Puffer im Stromnetz dienen soll. Eine ähnliche Lösung, allerdings für den E3-PKW, wurde mit der Wechselstation von EWE in der Windstromregion im hohen Norden verfolgt.

Neben dem oben genannten Autorisieren und Abrechnen von Ladevorgängen im öffentlichen oder halb-öffentlichen Raum wurde in mehreren Projekten die Integration der Ladepunkte in privaten Umgebungen untersucht. Den am weitesten gehenden Ansatz verfolgte hier das Projekt MeRegioMobil. Die Integration eines Elektrofahrzeugs in ein Haus-Energie-Managementssystem erfolgte im Rahmen eines KIT Forschungs- und Demonstrationslabors in Form eines Smart Homes mit einer Fläche von ca. 60qm, das von realen Menschen bewohnt wurde und eine prototypische Ausstattung erhielt: Als Erzeuger eine Photovoltaikanlage sowie eine Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlage und als Verbraucher marktübliche Haushaltsgeräte (Waschmaschine, Spülmaschine, Kühlschrank etc.). Als Speicher dienten stationäre sowie die mobilen Batterien des Elektrofahrzeugs, die in die intelligente Steuerung des Hauses integriert wurden. Der Batteriespeicher des Elektrofahrzeugs konnte als flexibel zuschaltbarer Verbraucher überschüssige, selbst erzeugte Energie in Niedriglastzeiten auf-

nehmen und diese zu Hochlastzeiten wieder ins häusliche Energienetz zurückspeisen. Dieser Zugang und vergleichbare Ansätze in anderen Projekten sind innovationstechnisch von großer Bedeutung, da allgemein Smart Home-Lösungen eine technisch wie wirtschaftlich große Rolle bei der Energiewende und dem Umbau der Verteilnetze in naher Zukunft spielen wird.

Innovationspolitisch betrachtet konnten die Projekte trotz der sehr kurzen Laufzeit große Erfolge erzielen. Drei Projekte haben sogar Schutzrechte aus IKT-EM heraus angemeldet. Alle haben gute Grundlagen für eigene Weiterentwicklungen und die Übernahme der Erkenntnisse in andere Entwicklungsvorhaben gelegt.

### 6.1.2 Beitrag zu den energiepolitischen Zielen

„Elektrofahrzeuge reduzieren die Abhängigkeit vom Öl und werden erst durch die Kopplung der Elektromobilität an erneuerbaren Strom praktisch zu Nullemissionsfahrzeugen“ – so steht es im Energiekonzept der Bundesregierung. Und weiter: „Elektrofahrzeuge sollen bei entsprechender technologischer Innovation langfristig als Stromspeicher zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage beitragen, zum Beispiel indem sie in Starkwindzeiten geladen werden“. Dieser Zusammenhang war eine Triebfeder für die Definition des IKT-EM Programms und Grund dafür, die Elektromobilitätsprojekte eng mit den parallel laufenden Projekten des Förderschwerpunkts E-Energy zu verknüpfen.

Durch die dezentrale Einspeisung von erneuerbaren Energien werden die dafür nicht ausgelegten Netze in manchen Gebieten stark belastet. Zu klären ist, inwiefern das Laden von Elektrofahrzeugen eine zusätzliche Belastung darstellt, wie diese Belastung zu minimieren ist und wie die E-Fahrzeuge möglicherweise sogar zu einer Entlastung beitragen können.

Insgesamt ist zunächst zu fragen, inwiefern die Elektromobilität überhaupt von Relevanz für den bevorstehenden Aus- und Umbau der Netze ist. Nimmt man an, dass im Jahr 2030 die geplanten 6 Mio. Fahrzeuge auf den Straßen unterwegs sind, so verbrauchen diese gerade einmal rund 10 % des Stroms. Dies spricht zwar für die hohe Effizienz der Elektrofahrzeuge, darf aber für die Bedeutung im Versorgungssystem nicht überbewertet werden. Aus heutiger Sicht wird die Elektromobilität weder bei der Belastung der Netze insgesamt noch für die Zwischenspeicherung überschüssigen Stroms in den nächsten Jahren eine sehr große Rolle spielen.

Während sich die Modellprojekte vor allem mit der technischen und rechtlichen Realisierung von Ladeinfrastruktur beschäftigten, untersuchten die TU Darmstadt und das IZT im Rahmen der Begleitforschung die Frage der Be- und Entlastung von Netzen in verschiedenen Ausbau- und Hochlaufszenerarien und kamen im Kern zu folgenden Ergebnissen:

- Bei den angenommenen Marktdurchdringungsraten von bis zu knapp über 10 % bleiben die Auswirkungen der Elektromobilität auf die Netzinfrastruktur selbst bei einem ungesteuerten Laden sehr gering. Allerdings müssen sie auch differenziert betrachtet werden. Solche Aussagen gehen von einer weitgehend räumlichen Gleichverteilung der Fahrzeuge und Ladevorgänge aus. Dazu gibt es bisher keine belastbaren Untersuchungen. Es lässt sich vielmehr auf Basis der in Hochlaufszenerarien angenomme-

nen Kundenstrukturen (siehe auch Begleitforschungsstudie von IZT) eher vermuten, dass es zu räumlichen Ballungen der Nutzer kommt. Treffen diese mit einer schwachen oder durch dezentrale Energien belasteten Netzinfrastruktur zusammen, mag sich lokal ein ganz anderes Bild ergeben. Dort können Elektrofahrzeuge durchaus eine entscheidende zusätzliche Belastung darstellen oder umgekehrt beim Ausgleich kurzfristiger Erzeugungs- oder Verbrauchsspitzen als lokale Puffer genutzt werden.

- Die in Entwicklung befindlichen Technologien und Geschäftsmodelle für eine Verbrauchssteuerung im Smart Grid mittels Preissignalen könnte im Zusammenhang mit dem Laden von Elektrofahrzeugen ein Problem für den Netzbetrieb darstellen. Wird z.B. bei Überproduktion aus erneuerbaren Energien – auch in entfernten Gegenden – über dynamische Tarife ein niedriger Strompreis signalisiert, könnte dies – sofern nicht entsprechende Vorkehrungen getroffen werden – zu einer Gleichzeitigkeit von Ladevorgängen führen, die über der stochastisch zu erwartenden Zahl liegt. Durch intelligente Steuerung von Erzeugung und Verbrauch unter Berücksichtigung der Anforderungen eines sicheren Netzbetriebs können solche Situationen vermieden werden. Allgemein werden diese Mechanismen und die anzuwendenden Lösungen wie Prognosesysteme, Prioritätssignale etc. in den E-Energy-Projekten untersucht und im Feld getestet (vgl. auch Ampelmodell von BDEW und E-Energy).
- Für ein gesteuertes Laden sind die technischen Lösungen – nicht zuletzt durch Entwicklungen im Rahmen von IKT-EM – weitgehend vorhanden, es gilt, sie jedoch im Sinne des oben Beschriebenen unter Berücksichtigung der Entwicklungen im E-Mobilitätsbereich zu gestalten. Da dem Fahrzeugbesitzer – anders als bei der Rückspeisung – keine Kosten durch ein teures bidirektionales Lademanagement entstehen, kann er zusätzliche Einnahmen generieren, da die Energiewirtschaft das gesteuerte Laden für Netzdienstleistung und eine Lastverschiebung nutzen und honorieren kann. Die notwendigen Anlagen für das Energiemanagement mit Lastverschiebung und die zugehörigen Honorierungsmodelle werden u. a. im Zusammenhang mit E-Energy und diversen Smart Home Lösungen entwickelt und getestet.
- Das Laden im Zusammenhang mit Smart Home Lösungen erscheint aktuell besonders lukrativ. Dies gilt vor allem, wenn dadurch die Eigenverbrauchsregelung nach EEG zum Tragen kommt. Speziell zu solchen Ansätzen konnten die IKT-EM Projekte (allen voran MeRegioMobil) Beiträge leisten.
- Für eine Zwischenspeicherung großer Mengen überschüssiger Energien sind die Fahrzeugbatterien aus heutiger Sicht ungeeignet. Zwar könnten die Batteriespeicher preislich bald konkurrenzfähig sein. Aber das Speicherpotential aller Elektrofahrzeuge liegt nur in der Größenordnung der gesamten deutschen Pumpspeicherkraftwerke, und von diesen weiß man, dass sie für das Zwischenspeichern großer Mengen von aus Wind erzeugtem Strom um Größenordnungen zu klein sind. Hier zeigt die Tendenz deutlich in Richtung einer Speicherung im Gasnetz.
- Die Batterien von Elektrofahrzeugen können theoretisch auch bei stark steigendem Bedarf an Regelleistung dazu beitragen, das Stromnetz zu stabilisieren. Allerdings ist



zu beachten, dass zwar schon bei fünf bis sechs Millionen E-Fahrzeugen grundsätzlich ausreichend Leistung zur Verfügung stehen würde, um den Gesamtbedarf an Primärregelung, Sekundärregelung und Minutenreserve zu decken. Dass aber bei Bereitstellung der Maximalleistung die Energie nur über ca. eine Stunde abgegeben werden kann, wobei schon die Minutenreserve eine Bereitschaft von vier Stunden benötigt und Primär- und Sekundärregelung 24 bzw. 12 Stunden fordern.

- Selbst wo das Bereitstellen von Regelenergie aus Fahrzeugbatterien technisch plausibel ist, werden Honorierungsmodelle häufig scheitern: Der Preis für Regelenergie ist in den letzten Jahren stetig gesunken und liegt in einem Bereich, der den Einbau bidirektionaler Ladegeräte in absehbarer Zeit nicht lohnenswert erscheinen lässt. Dennoch dürfte es Nischenlösungen geben, bei denen in enger Zusammenarbeit von Netzbetrieben und Mobilitätsanbietern beider Geschäftsmodell optimiert werden kann. Zu denken ist hier an spezielle Fahrplangeschäfte oder die Steigerung der Effizienz konventioneller Kraftwerke, da elektrische Leistung aus Fahrzeugbatterien im Millisekunden-Bereich abrufbar ist.

Diese Ergebnisse decken sich weitgehend mit Aussagen aus anderen Untersuchungen und den Erkenntnissen der IKT-EM-Modellkonsortien. Allerdings ist eine Frage bisher nicht gelöst: Wie können die Fahrzeugnutzer motiviert werden, ihre Batterie immer ans Netz anzuschließen, auch wenn es nicht notwendig ist, sie zu laden?

Denn nur dann steht das Fahrzeug als „Stehzeug“ für die skizzierten Netzdienstleistungen zur Verfügung. Die Modellprojekte lieferten hier eher Skepsis: Nach einer gewissen Gewöhnungsphase, in der jede sich nur bietende Gelegenheit zum Laden genutzt wurde, lernten die Nutzer ihr Fahrzeug und ihre Bewegungsprofile so gut kennen, dass sie das Fahrzeug aus Komfortgründen nur sehr gezielt an die Ladestation anschlossen. Die Untersuchungen des IZT im Rahmen der Begleitforschung zielten darauf ab, hierzu genaue Erkenntnisse zu gewinnen, trotzdem gibt es bisher kaum belastbare Primäruntersuchungen. Da monetäre Anreize eher nicht ausreichen werden, hoffen viele auf eine technische Lösung im Bereich des berührungslosen Ladens und Entladens.

### **6.1.3 Effekte für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung**

In ihrem Energiekonzept verspricht die Bundesregierung, sie werde „konkrete Angebote machen, um umweltfreundliche Mobilitätsformen als Alternativen zum motorisierten Individualverkehr zu stärken“. Solche Angebote müssen und werden über die bestehenden Angebote des Öffentlichen Nahverkehrs und des überregionalen Schienenverkehrs hinausgehen. Die Modellprojekte von IKT-EM haben gezeigt, dass Elektrofahrzeuge die Bereitschaft steigern, über neue, intelligente Mobilitätssysteme nachzudenken. An dieser Stelle seien nur einige innovative Ansätze der Modellprojekte stichwortartig benannt:

- Umstellung auf Car Pooling zur Optimierung der Auslastung (Future Fleet)
- Batteriewechsel-System in Verbindung mit Leasing (Grid Surfer)

- Car-to-Infrastructure-Kommunikation mit Reservierungsdienst für Ladesäulen und -plätze sowie Authentifizierungsdienst (MeRegioMobil)
- Intermodales Konzept mit verschiedenen Fahrzeuggattungen: Elektrobus, Bahn, Elektrofahrzeuge und -roller inkl. Fahrstromkonzept StromSTA® E-mobil zum Ausbau des umweltschonenden, elektromobilen Individualverkehrs (Smart Wheels)
- Anbieten einer heterogenen Fahrzeugflotte im öffentlichen, touristischen Umfeld über Hotels, Bahnhöfe und Flughafen als Hubs (eE-Tour Allgäu).

Während es nicht das zentrale Ziel der IKT-EM Projekte war, konkrete Geschäftsmodelle zu testen, konnten sie damit dennoch die Richtung für weitere Entwicklungen weisen.

Wenn die Experten der NPE Recht behalten, gibt es bis zum Jahr 2020 in der Automobil- und Zulieferindustrie sowie im Bereich Infrastruktur ein Potenzial von rund 30.000 zusätzlichen Arbeitsplätzen. Es war nicht Aufgabe der IKT-EM Projekte, dies zu verifizieren. Allerdings konnten aus den Modellprojekten folgende Hinweise abgeleitet werden:

- Bei den öffentlichen und halböffentlichen Ladestellen fallen hohe Installations-, Betriebs- und Servicekosten an. Für die Hochlaufphase der Elektromobilität mag das hinderlich sein, andererseits stecken gerade im Aufbau der Infrastruktur erhebliche wirtschaftliche und Arbeitsplatzpotenziale.
- Im Rahmen der Diskussion um Elektromobilität entstehen insgesamt neue Mobilitätsangebote, speziell im Bereich Carsharing und intermodale Systeme. Sie sind dienstleistungsorientiert und bieten damit eine gute Ergänzung zur bisherigen Produktionsorientierung in der Automobilwirtschaft.
- Der Übergang zu neuen Systemen bedeutet immer auch eine hohe Anforderung an die Aus- und Weiterbildungssysteme. Die Zusammenarbeit mit Handwerksbetrieben, deren Verbänden und Qualifizierungseinrichtungen hat gezeigt, dass hier viel Arbeit entstehen wird.
- Allein durch die Projekte wurden in den beteiligten Unternehmen und Forschungsinstituten neue Einrichtungen, Strukturen und Arbeitsplätze für das Thema Elektromobilität geschaffen. Beispiele dafür sind:
  - Abt: neue E-Car Abteilung
  - Allgäuer Überlandwerk: neue Abteilung „Projekte und Produktinnovationen“,
  - *Bosch Software Innovations* ist durch IKT-EM zum Kompetenzzentrum für Ladeinfrastruktur im Bosch-Konzern geworden
  - Fraunhofer ISI: zahlreiche Doktorandenstellen.
  - Hochschule Kempten: Kompetenzzentrum Elektromobilität und Institut für angewandte Batterieforschung

- John Deere: Ausbau der Abteilung AT&E sowie neue Stelle in der Abteilung AE
- TU München: neuer Forschungsschwerpunkt Energieinformatik.

Dass in der Elektromobilität ein bedeutendes wirtschaftliches Potenzial steckt, haben vor allem auch die Stadtwerke erkannt. Das im Rahmen von Smart Wheels entwickelte Modell wurde von vielen Stadtwerken übernommen. Die Smartlab Innovationsgesellschaft, eine aus dem IKT-EM Projekt Smart Wheels heraus entwickelte Tochter der Stadtwerke Aachen, Duisburg und Osnabrück etwa, hat sich mit ihrem Angebot *ladenetz.de* eine gute Marktposition geschaffen.

Deutschland will vor allem Leitanbieter für Elektromobilität werden. Hier haben die IKT-EM Projekte wichtige Bausteine im Technologie- und Standardisierungsbereich beigetragen. Einem Leitanbieter steht es gut an, seine Lösungen auch selbst im Sinne eines Leitmarkts zu nutzen. Die sieben Modellprojekte von IKT-EM haben in einer frühen Phase der Entwicklung gezeigt, wie Elektromobilität praktisch aussehen und wie man Menschen dafür gewinnen kann. Wo es zu Schwierigkeiten kam, kann man das stets unter „Kinderkrankheiten“ buchen. Mit dem großen Engagement der Modellkonsortien – und mitunter der Unterstützung des als Partner eingebundenen ADAC – konnten sie meistens schnell gelöst werden. Damit konnten die Projekte neben den technologischen Beiträgen auch einen nennenswerten Beitrag zur Steigerung der Akzeptanz für diese neue Technologie leisten.

## 6.2 Handlungsempfehlungen

Informations- und Kommunikationstechnologien spielen eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung der Elektromobilität. So sorgen sie erst dafür, dass die Fahrzeuge überhaupt funktionieren und schaffen den notwendigen Komfort in Form von Fahrassistenzsystemen. Sie erlauben es, an jedem Ladepunkt zu „tanken“ und die Kosten korrekt zuzuordnen. Nicht zuletzt ermöglichen sie ganz neue Mobilitätskonzepte, die verschiedene Transportarten intermodal verknüpfen. Viele Grundlagen dafür konnten in den sieben Modellprojekten von IKT-EM entwickelt und erprobt werden. Die vom Rahmen des Konjunkturpaket II vorgegebene Laufzeit von zwei Jahren war allerdings zu kurz, um alle Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsaufgaben auf diesem Gebiet zu erledigen. Weitere Projekte müssen folgen und einige sind schon zum Ende des laufenden Programms unter dem Titel „IKT-EM II“ auf den Weg gebracht worden.

Ausgehend von den Ergebnissen und Erfahrungen der IKT-EM I-Projekte sollten vorrangig folgende Themen weiter verfolgt werden:

### **Elektrofahrzeuge als Puffer im Stromnetz**

Die Bedeutung der Elektromobilität für die Be- bzw. Entlastung der Stromnetze wird wesentlich von der Entwicklung der Batterietechnologie abhängen. Sollen die Batterien als Stellglieder im Netz eingesetzt werden, müssen sie resistent gegen häufiges Laden und Entladen

sein. Durch die Elektronik im Batteriemangement einerseits und intelligentes Optimieren der Nutzung der Batterien andererseits lässt sich ein wirtschaftlicher Einsatz realisieren.

Ein besonderes Augenmerk sollte auf die Rebound-Effekte gelegt werden, die durch Anreizsysteme im Smart Grid entstehen können. Es gilt, Algorithmen zu entwickeln, die eine Abstimmung der Ladevorgänge erlauben, um Gleichzeitigkeiten bei entsprechenden Preissignalen vermeiden. Diese Abstimmung muss lokal erfolgen, da Überlastungen des Netzes vor allem in den Verästelungen des Verteilungsnetzes zu erwarten sind. Hier sind die Methoden des Cloud Computing gefragt.

Aktuell wird davon ausgegangen, dass der größte Teil der Elektrofahrzeuge Plugin-Hybride sein werden. Wegen des relativ kleinen Batterievolumens eignen sie sich weniger als voll-elektrische Fahrzeuge als Puffer im Netz. Hier wäre eine Untersuchung zu wünschen, wie Hybride nutzbar gemacht werden können (auch unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens) und inwiefern weiterhin die Elektromobilität als Partner für die Netzbetreiber relevant sein wird.

### **Elektrofahrzeuge im Smart Home**

Immer mehr Gebäude – sowohl im Bereich der Einfamilienhäuser als auch im Geschosswohnungsbau – entwickeln sich zu autonomen Zellen im Verteilnetz. Sie versuchen, mit eigenen Erzeugungsanlagen (Mikro-Blockheizkraftwerk, Photovoltaik) ihren Strom selbst zu erzeugen und in stationären oder mobilen Speichern zu puffern. Gesteuert werden solche Gebäude durch Energiemanagement-Systeme, deren Entwicklung erst am Anfang steht. Während dabei bisher vor allem das Steuern der Heizung (inkl. der Wärmepumpe) und das Managen von weißen und braunen Haushaltsgeräten im Mittelpunkt stand, können in Zukunft die mobilen Speicher der Elektrofahrzeuge intelligent eingebunden werden. Neben den dafür zu entwickelnden Schnittstellen sind es vor allem Optimierungsalgorithmen, die unter Berücksichtigung von Erzeugungsprognosen, dynamischen Einspeise- und Verbrauchstarifen und der geplanten Fahrten optimale Lade- (und ggf. Entlade-)Pläne berechnen.

### **Prognosesysteme**

An vielen Stellen müssen Vorhersagen über die Nutzung von Elektrofahrzeugen gemacht werden, um das Gesamtsystem technisch wie wirtschaftlich zu optimieren:

- Anders als bei Hybridfahrzeugen wird es bei rein batterieelektrisch betriebenen notwendig sein, die Reichweite sehr genau zu bestimmen. Hier gilt es, die Methoden der IKT-EM I-Projekte weiter zu verfeinern. Insbesondere müssen Standards für das Erfassen von Ladezustand und Qualität der Batteriezellen definiert werden, damit Fahrerassistenzsysteme diskriminierungsfrei darauf zugreifen können.
- Insgesamt wäre es von Vorteil, die Bewegungs- und damit Verbrauchsmuster von Elektrofahrzeugen in hoher Zeitauflösung zu kennen. So könnten Prognosen über die zu erwartenden Ladevorgänge erstellt werden, die dann zusammen mit anderen Verbrauchsprognosen und den Erzeugungsprognosen fluktuierender Energien zur Optimierung der Erzeugung und des Netzbetriebs herangezogen werden können. Tech-

nologien hierfür sind in den Bereichen GPS- / UMTS-Tracking sowie in der künstlichen Intelligenz zu suchen.

- Prognosesysteme sind auch für die intermodalen Mobilitätskonzepte bzw. das Carsharing nötig. Nur wenn die aktuellen Standorte und die Bewegungsmuster von Fahrzeugen bekannt sind, können weit im Voraus Reservierungen und Buchungen durchgeführt werden.

### **intermodale Mobilität**

Die Bereitschaft vieler Menschen, auf Individualfahrzeuge zu Gunsten von Carsharing oder intermodaler Mobilität zu verzichten, ist groß. Allerdings bestehen immer noch bedeutende Hemmnisse. Die Akzeptanz könnte deutlich gesteigert werden, wenn es über die Grenzen der Mobilitätsanbieter hinweg einheitliche Buchungs- und Abrechnungssysteme gäbe. Diese Systeme müssten auch Lösungen für „the last mile“, die letzte Meile, anbieten, also das Problem lösen, wie man ohne Individualfahrzeug zum Standplatz der Elektrofahrzeuge respektive zum Bahnhof kommt. Hier geht es um IKT sowohl für die Organisation solcher heterogenen Systeme als auch und vor allem um Bedien- und Nutzungskomfort in Form von leicht zu bedienenden Apps.

### **Internationale Sichtbarkeit**

Das Interesse an den Ergebnissen der IKT-EM I-Projekte war hoch. Auch international wurden sie vorgestellt, z.B. in Berichten der Deutschen Welle, auf einer Konferenz in Shanghai und im Rahmen des deutsch-japanischen Umweltgipfels. Im Vordergrund der Berichterstattung standen dabei allerdings meist die Fahrzeuge. In Zukunft muss noch deutlicher werden, welche Schlüsselrolle die IKT spielen und dass die integrierten systemischen Lösungen dafür aus Deutschland kommen. Soll die Elektromobilität weiter an Fahrt aufnehmen und sollen die für den Hochlauf definierten Ziele erreicht werden, bedarf es eines koordinierten Vorgehens. Automobilindustrie, Energiewirtschaft und – wegen des Aufbaus der Infrastruktur – Kommunen müssen an einem Strang ziehen. Die zahlreichen Projekte in den „Schaufenstern Elektromobilität“ und in anderen Förderprogrammen sollten aufeinander abgestimmt und zusammen koordiniert werden. Diesbezüglich wäre eine Ausweitung der Methodik der Begleitforschung von IKT-EM zu wünschen.

## ANHANG: Publikationen aus den Modellprojekten (Auswahl)

### GridSurfer

- Lindemann, J. (2010): Konzeption einer Nutzungsstrategie für Energiespeicher in Elektrofahrzeugen zur Kompensation der fluktuierenden Einspeisung regenerativer Energiequellen, Diplomarbeit, FH Bochum.
- Nießé, A. et al. (2011): Smart Integration of Electric Vehicles. Tagungsbeitrag, OTTI – Smart Grid & E-Mobility 2011, München.
- Scherfe, S. et al. (2011): Simulationsbasierte Untersuchungen zur Integration von Elektrofahrzeugen in das Stromnetz. Tagungsbeitrag, VDE-Kongress Smart Cities, Leipzig.
- Schlager, K.; Oltersdorf, K. M. (2011): Ist die Zukunft heute schon möglich? Ein Zwischenfazit der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung im Projekt GridSurfer, In: Rammler S.; Wieder, M. (Hg.): Das Elektroauto, Bilder für eine zukünftige Mobilität, LIT Verlag, Berlin.
- Schulte-Loh, G. (2010): Entwicklung eines Simulationsmodells zur Nachbildung von Fahrzeugbewegung auf Basis statistischer Daten, Diplomarbeit, Universität Oldenburg.
- Schütte, S. (2011): A domain-specific language for simulation composition. Tagungsbeitrag, 25th European Conference on modelling and Simulation, Krakow.
- Schütte, S. (2011): Composition of Simulations for the Analysis of Smart Grid Scenarios. Energieinformatik 2011, Karlsruhe.
- Schütte, S.; Scherfe, S.; Tröschel, M. (2011): Mosaik: A Framework for Modular Simulation of Active Components in Smart Grids. IEE SmartGridComm (1st Int. Workshop on Smart Grid Modelling & Simulation), Brüssel.
- Tröschel, M. et al. (2011): Maximierte PV-Integration in Niederspannungsnetzen durch intelligente Nutzung von Elektrofahrzeugen. Tagungsbeitrag, ETG-Kongress 2011, Würzburg.
- Tröschel, M. et al. (2011): Using Electric Vehicle Charging Strategies to Maximize PV-Integration in the Low Voltage Grid. Tagungsbeitrag, 6. Internationale Konferenz und Ausstellung zur Speicherung Erneuerbarer Energien (IRES 2011), Berlin.
- Vornberger, J. et al. (2010): Optimierte Netzintegration von Elektrofahrzeugen durch dezentrale Koordination mittels intelligenter Agenten, Diplomarbeit, Universität Oldenburg.
- Vornberger, J.; Tröschel, M.; Nießé, A.; Appelrath, H-J. (2011). Optimized Management for Electric Vehicles. Tagungsbeitrag, 1st International 100% Renewable Energy Conference and Exhibition (IRENEC 2011), Istanbul.

## Harz.EE-mobility

- Baier, A., Wickert, M., Lichtner, P., Mackensen, R. (2010): Benefit of a Prediction System for Integrating Electrical Vehicles into Electrical Grids. In: Conference Proceedings of Renewable Energy World Europe 8th-10th June 2010, RAI, Amsterdam.
- Geske, M.; Lipiec, K.; Komarnicki, P. (2010): Influence of electric mobility on medium- and low-voltage power grids. 55th IWK – Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Ilmenau, September 2010.
- Geske, M.; Stötzer, M.; Komarnicki, P.; Styczynski, Z. A. (2010): Modeling and Simulation of Electric Car Penetration in the Distribution Power System – Case Study. Modern Electric Power Systems 2010 (MEPS'10), Wroclaw, Poland, September 2010.
- Geske, M.; Winkler, T.; Komarnicki, P.; Heideck, G. (2010): Controlled Battery Charger for Electric Vehicles. 28th Symposium of Progress in Electromagnetics Research (PIERS) 2010, Cambridge, USA, July 2010.
- Hänsch, K.; Naumann, M.; Stötzer, M.; Komarnicki, P.; Kutzler, T. (2011): Elektromobilitätssystem Harz / Magdeburg – Komponenten und Schnittstellen. In: Tagungsband 16. Magdeburger Logistiktage „Sichere und Nachhaltige Logistik“, 29. Juni– 1. Juli 2011. Fraunhofer Verlag, 2011. ISBN 978-3-8396-0281-2.
- Heuer, J.; Komarnicki, P.; Styczynski, Z. A. (2011): Integration of Electrical Vehicles into the Smart Grid in the Harz.EE-mobility Research Project . IEEE Power & Energy Society General Meeting, Detroit, Michigan, USA, July 2011.
- Heuer, M.; Heideck, G.; Styczynski, Z. A.; Winkler, T.; Komarnicki, P.; Müller, G. (2009): Electric vehicle charging stations in Magdeburg“. Proceedings of IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, 5th International IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Dearborn, USA; ISBN 978-1-424-42601-0, September 2009.
- Jargstorf, J. (2011): Bereitstellung von negativer Sekundärregelleistung durch einen Pool von E-KFZ. Diplomarbeit. FU Hagen, Fh-IWES Kassel.
- Komarnicki, P.; Styczynski, Z. A. (2011): Harz.ErneuerbareEnergien-mobility. Ziele und bisherige Ergebnisse. 3. VDI-Fachkongress Elektromobilität, Nürtingen, März 2011.
- Komarnicki, P.; Müller, G. (2010): E-car as an active component of electrical network. In: Proceedings of Blackout Conference 2010, 4th International Blackout Conference (Blackout a Krajowy System Energetyczny), Poznan-Rosnowko, Poland; Juni 2010.
- Lipiec, K.; Komarnicki, P. (2010): Modeling Storage Characteristics of Electric Vehicles in the Grid. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPCC 2010), Lille, France, September 2010.
- Pezeshki, S.; Prior, J.; Ringelstein, J.; Funke, S. (2010): Netzschnittstellen für Elektrofahrzeuge. Kasseler Symposium, September 2010

- Stötzer, M.; Naumann, A.; Styczynski, Z.A. (2010): Integration of electric vehicles into the grid – Grid-to-Vehicle. In: Tagungsband des 15. Kasseler Symposiums Energie-Systemtechnik, Kassel, Germany, September 2010.
- Stötzer, M.; Naumann, A.; Styczynski, Z.A. (2010): Untersuchung der Versorgungssicherheit von elektrischen Netzen mit einem hohen Elektrofahrzeuganteil anhand von simulativ erzeugten Ladeprofilen mit agentenbasierter Simulation. In: VDE Kongress 2010: „E-Mobility: Technologien – Infrastruktur – Märkte“, Leipzig, November 2010.
- Styczynski, Z.; Komarnicki, P.; Naumann, A. (2012) (Hr.): Harz.EE-MOBILITY Abschlussbericht. Harz.ErneuerbareEnergien-Mobility. Einsatz der Elektromobilität vernetzt mit dem RegModharz-Projekt. Universität Magdeburg.
- Styczynski, Z. A.; Komarnicki, P. (2011): E-Energy- Projekt RegModHarz und IKTEM-Projekt Harz.EE-Mobility: Integration von Elektromobilität in den Netzbetrieb. Symposium „Innovative Informations- und Kommunikationstechnologien als Rückgrat von Smart Distribution 2011“, Darmstadt, April 2011.
- Unger, C.; Naumann, A.; Styczynski, Z. A.; Komarnicki, P. (2010): Auswirkungen des Anschlusses von Elektrofahrzeugen auf die Spannungsqualität von Niederspannungsnetzen. VDE Kongress 2010: „E-Mobility: Technologien – Infrastruktur – Märkte“, Leipzig, November 2010.
- Wenge, M.; Komarnicki, P.; Styczynski, Z. A. (2010): Models and boundaries of data exchange between electric-vehicle and charging-point. Example of a practical realization. Modern Electric Power Systems 2010 (MEPS'10), Wroclaw, Poland, September 2010.
- Wenge, M.; Stötzer, M.; Winkler, T.; Komarnicki, P. (2011): Power Quality Measurements of Electric Vehicles in the Low Voltage Power Grid. EPQU 11 International Conference, Lisbon, Portugal, October 2011.
- Wickert, M.; Baier, A.; Lichtner, P.; Prior, J. (2010): Benefit of a Simulation Model of a Decentralized Energy Management System for Electric Vehicle Charging. In: Conference Proceedings of VDE Kongress "E-Mobility: Technologies - Infrastructure - Markets" 8th-9th November 2010, Congress Center Leipzig .
- Wickert, M.; Baier, A.; Lichtner, P. ; Prior, J. (2010): Benefit of a Simulation Model of a Decentralized Energy Management System for Electric Vehicle Charging. In: Conference Proceedings of VDE Congress "E-Mobility: Technologies - Infrastructure - Markets" 8th-9th November 2010, Congress Center Leipzig .



## e-mobility

- Ahrend, C. et al. (2011): E-Mobility 2025. Drei mögliche Szenarien für die Region Berlin. In: Performance. Ausgabe 1.2011. S. 26 – 33.
- Bertram, T.; Frei, S.; Kulig, S.; Rehtanz, C.; Wietfeld, C. (2010): Elektromobilität - Systementwurf und Modellbildung. In: Zukunft und Faszination der Elektro- und Informationstechnik, Verlag Alpha GmbH, Lampertheim.
- Diefenbach, I.; Gaul, A.; Voit, S. (2010): Intelligente Einbindung von E-Fahrzeugen in die Netze und daraus abgeleitete Anforderungen an die V2G-Kommunikation. In: VDE-Kongress „E-Mobility – Technologien, Infrastruktural, Märkte“ Band 1 – Kongressbeiträge, Berlin, Offenbach.
- Fest, C. et al. (2010): E-Roaming: Konzepte und Standards für interoperable E-Mobility. In: VDE-Kongress „E-Mobility – Technologien, Infrastruktural, Märkte“ Band 1 – Kongressbeiträge, Berlin, Offenbach.
- Fest, C., Franz, O. und Haas, G. (2010): Energiewirtschaftliche und energiewirtschaftsrechtliche Fragen der Elektromobilität – Teil 1. In: et – ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN, Ausgabe 4/10, S. 93, Essen.
- Fest, C.; Franz, O.; Gaul, A. (2010): Energiewirtschaftliche und energiewirtschaftsrechtliche Fragen der Elektromobilität – Teil 2. In: et – ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN, Ausgabe 5/10, S. 79, Essen.
- Fest, C.; Franz, O.; Gaul, A. (2010): E-Roaming: ein Schlüsselement für den flächendeckenden Rollout der Elektromobilität. In: emw – Zeitschrift für Energie, Markt, Wettbewerb, Heft 4/2010, S. 6-10.
- Horenkamp, W.; Rolink, J.; Rehtanz, C. (2012): Integration von Elektrofahrzeuge in eine Smart Grid Infrastruktur. In: Berliner Handbuch Elektromobilität, Beck Verlag.
- Jawurek, M. & Johns, M. (2010): Security Challenges of a Changing Energy Landscape. Karlsruhe.
- Johns, M., Thomas, I. & Weidlich, A. (2010): IT-Gestützte Geschäftsprozesse in zukünftigen E-Mobility Szenarien. Offenbach.
- Kettner, S., Schwedes, O. & Tiedtke, B. (2011): Die politischen Rahmenbedingungen der Genehmigung von Ladeinfrastruktur für Elektroverkehr im öffentlichen Raum. Berlin.
- Kollosche, I. (2011): E-mobility Berlin 2025. Die Wege in eine elektromobile Zukunft. In: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis, 20. Jg., Heft 1, April 2011, S. 64-67.
- Lewandowski, C., Gröning, S., Schmutzler, J. and Wietfeld, C. (2011): Performance Evaluation of PLC over the IEC 61851 Control Pilot Signal. Accepted for presentation on Fifth Workshop on Power Line Communications (WSPLC 2011), Arnhem, The Netherlands, pages: 1-6.

- Lewandowski, C., Haendeler, S. and Wietfeld, C. (2011): Performance Evaluation of Large-Scale Charge Point Networks for Electric Mobility Services. Accepted for presentation on International Conference on Systems and Networks Communications (ICSNC 2011), Barcelona, Spain, IARIA, pages:1-6.
- Lewandowski, C.; Schmutzler, J.; Wietfeld, C. (2010): A Simulation Environment for Electric Vehicle Charging Infrastructures and Load Coordination. Informatik 2010 - Energiesysteme der Zukunft Workshop, Leipzig.
- Müller, C., Schmutzler, J., Wietfeld, C. (2012): Study on ICT System Engineering Trends for Regional Energy Marketplaces supporting Electric Mobility. In: Communication and Networking in Smart Grids, CRC Press, Taylor Francis Group, Vol. 1.
- Rehtanz, C. (2010): Elektrofahrzeuge als Dienstleister für erneuerbare Energien und Netze. In: Wegweiser Elektromobilität, VDE-Verlag, Berlin, Offenbach.
- Rehtanz, C.; Horenkamp, W.; Ruthe, S. (2011): Integration in Smart Grid erfordert bidirektionale Kommunikation. In: etz-Elektrotechnik und Automation, VDE Verlag, Berlin Offenbach.
- Rehtanz, C.; Rolink, J. (2010): Rahmenbedingungen zum Lastmanagement von Plug-In Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Internationaler ETG Kongress (ETG-FB 118), Düsseldorf.
- Rehtanz, C.; Rolink, J. (2010): Netzintegration und Lastmanagement von Plug-In Hybrid- und Elektrofahrzeugen. In: ETG-Mitgliederinformation 2/2010.
- Rolink, J.; Horenkamp, W.; Rehtanz C. (2012): Auswirkungen von Elektrofahrzeugen auf das Niederspannungsnetz. In: Berliner Handbuch Elektromobilität, Beck Verlag.
- Rolink, J.; Horenkamp, W.; Rehtanz C. (2012): Ladeinfrastrukturen für die Netzintegration von Elektrofahrzeugen. In: at - Automatisierungstechnik, 2/2012.
- Rolink, J.; Rehtanz, C. (2011): Capacity of Low Voltage Grids for Electric Vehicles. 10th IEEE Conference in Environment and Electrical Engineering (EEEIC), Rome, Italy.
- Rolink, J.; Ruthe, S.; Rehtanz, C. (2011): Aufbau einer Test- und Simulationsumgebung zur Nachbildung von Elektrofahrzeugen am Netz. ETG-Kongress 2011, Würzburg.
- Ruthe, S.; Schmutzler, J.; Rehtanz, C.; Wietfeld, C. (2011): Study on V2G Protocols against the Background of Demand Side Management. International Journal of Interoperability in Business Information Systems (IBIS).
- Schmutzler, J., Voit, S., Jundel, S.; Wietfeld, C. (2011): A Mutual Charge Schedule Information Model for the Vehicle-to-Grid Communication Interface. Accepted for presentation on 7th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC) 2011, Chicago, Illinois, USA, IEEE, pages: 1-6.
- Schmutzler, J.; Gröning, S.; Wietfeld, C. (2010): A Vehicle to Grid Communication Interface enabling Plug & Charge and supporting Mobile PKI based Authentication. In: VDE-

- Kongress „E-Mobility – Technologien, Infrastruktur, Märkte“ Band 1 – Kongressbeiträge, Berlin, Offenbach.
- Schmutzler, J.; Gröning, S.; Wietfeld, C. (2011): Management of Distributed Energy Resources in IEC 61850 using Web Services on Devices. Accepted for presentation on 2nd IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm) 2011, Brussels, Belgium, IEEE, pages: 1-6.
- Schmutzler, J.; Gröning, S.; Wietfeld, C. (2012): Kommunikationstechnische Aspekte zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen und Automation von Ladeinfrastrukturen. In: Berliner Handbuch Elektromobilität, Beck Verlag.
- Schmutzler, J.; Wietfeld, C. (2010): Analysis of Message Sequences and Encoding Efficiency for Electric Vehicle to Grid Interconnections. 2nd IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), Jersey City, New Jersey, USA.
- Schwedes, O. (2011): Die politischen Rahmenbedingungen der Genehmigung von Ladeinfrastruktur für Elektroverkehr im öffentlichen Raum. Technische Universität, Berlin.
- Schwedes, O. (2011): Planning sustainable e-mobility. In: Brebbia, Carlos A.; Elias Beriatos (Hrsg.): Sustainable Development and Planning V, S. 727-736.
- Schwedes, O.; Kollosche, I. (2011): Elektromobilität als technologischer Treiber der Stadtentwicklung. In: Manfred Schrenk et al. (Hrsg.): Real Corp 2011. Change for Stability: Lifecycles of Cities and Regions, 16th International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society, Schwechat-Rannersdorf, S. 239-246.
- Subik, S., Lewandowski, C., Weber, D., Wietfeld, C., Schreckenberger, H. (2010): A Combined Traffic and Rasio Network Simulation based on Predictive Scenarios. European Simulation and Modeling Conference (ESM), Hasselt, Belgium.
- Thomas, I.; Weidlich, A.; Johns, M. (2010): IT-gestützte Geschäftsprozesse in zukünftigen E-Mobility-Szenarien, in: VDE-Kongress „E-Mobility – Technologien, Infrastruktur, Märkte“ Band 1 – Kongressbeiträge, Berlin, Offenbach.
- Wietfeld, C. et al. (2010): ICT Reference Architecture Design based on Requirements for Future Energy Marketplaces. 1st IEEE SmartGridComm 2010, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Wietfeld, C., Georg, H., Gröning, S., Lewandowski, C., Müller, C. and Schmutzler, J. (2011): Wireless M2M Communication Networks for Smart Grid Applications. European Wireless 2011 (EW2011), Vienna, Austria.
- Wietfeld, C.; Müller, C. ; Schmutzler, J. 2010): IKT-Referenzarchitektur: Anforderungen und Entwurf. In: Tagungsband zur Fachtagung Smart Energy 2010 der Alcatel-Lucent Stiftung für Kommunikationsforschung, Dortmund, Germany, Verlag Werner Hülsbusch.

## Smart Wheels

- Ansorge, B.; Frombach, R. (2010): SmartWheels: Mit Leistungssystemen vom Hype zur Innovation in der Elektromobilität. In: UdZ – Unternehmen der Zukunft, Nr. 2-2010, Jg.11, S. 48-49.
- Ansorge, B.; Frombach, R. (2011): SmartWheels: Vom Hype zur Innovation in der Elektromobilität. In: Service Today, Nr. 3-2011, S. 38-39.
- Budde, O.; Golovatchev, J. (2011): Descriptive Service Product Architecture for Communication Service Provider. In: Conference Proceedings of the 3rd CIRP International Conference on Industrial Product Service Systems, Braunschweig.
- Budde, O.; Golovatchev, J.; Sarituc, T. (2019): Evaluating Product Complexity in Network Industries. In: Proceedings of the 16th International Conference on Concurrent Enterprises, Lugano.
- Budde, O.; Schuh, G. Uam, J.-Y. (2011): Holistic PLM-Model - Deduction of a Holistic PLM-Model from the General Dimensions of an Integrated Management, In: Conference Proceedings of the International Conference on Product Lifecycle Management.
- D.U.; Eckstein, L. (2011): Gesamtfahrzeugintegration von Traktionsbatterien: Herausforderungen und Lösungsansätze“, Kraftwerk Batterie, März 2011, Aachen.
- Dornberg, J.-H.; Lutz, T. (2011): Selected findings from a German lighthouse project on electric mobility. In: 11th International Conference on Telecommunications for Intelligent Transport Systems, St. Petersburg.
- Federlein S., Matrose C. (2010): SmartWheels - Intelligente Elektromobilität in der Modellregion Aachen. In: RWTH Themen, Elektromobilität made in Aachen, Ausgabe 02/2010, ISSN-Nr. 0179-079X.
- Fluhr, J. (2012): Identifikation in der Elektromobilität. In: Boesche, K. V.; Fest, C.; Franz, O. H.; Gaul, A. (Hr.): Berliner Handbuch Elektromobilität, Verlag C.H. Beck, München.
- Fluhr, J. (2012): Typen und Aufgaben von LIS/Wettbewerb von Ladeinfrastrukturen. In: Boesche, K. V.; Fest, C.; Franz, O. H.; Gaul, A. (Hr.): Berliner Handbuch Elektromobilität, Verlag C.H. Beck, München.
- Fluhr, J.; Ahlert, K.-H.; Weinhardt, C. (2010): A Stochastic Model for Simulating the Availability of Electric Vehicles for Services to the Power Grid. In: Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences, Hrsg.: IEEE Computer Society Washington, 2010.
- Fluhr, J.; Golovatchev, J.; Budde, O. (2011): SmartWheels: PLM als strategische Erfolgsposition in der Energiewirtschaft. In: UdZ – Unternehmen der Zukunft, Nr. 2-2011, Jg.12 (2011), S. 39-41.

- Fluhr, J.; Lutz, T. (2009): SmartWheels: Integration einer intelligenten Elektromobilität in das „Internet der Energie“. In: UdZ – Unternehmen der Zukunft, Nr. 3-2009, Jg.10 (2009), S. 11-13.
- Fluhr, J.; Lutz, T. (2010): Using the Energy Name Service (ENS) for Electric Mobility Roaming. In: eChallenges e-2010 Conference Proceedings, Warschau.
- Fluhr, J.; Lutz, T. (2011): Communication with and for Electric Vehicles. In: Seref, S. (Hr.): Electric Vehicles - The benefits and barriers. INTECH Open Access Publisher, Rijeka, 2011, S. 159 - 172.
- Fluhr, J.; Lutz, T. (2011): Use Case Types for Communication with and for Electric Vehicles (EV). In: Proceedings of the 17th International Conference on Concurrent Enterprising, Hrsg.: Klaus-Dieter Thoben, Volker Stich and Ali Imtiaz, Aachen.
- Fluhr, J.; Lutz, T.; Laing, P. (2010): Uniform Identification Scheme for Roaming in E-mobility Charging Infrastructure. In: Proceedings of 2nd European Conference SmartGrids & E-Mobility, Brüssel.
- Fluhr, J.; Siemons, C.; Röhlein, J. (2010): Elektromobilität durch IKT beschleunigen. In: UdZ – Unternehmen der Zukunft, Nr. 3-2010, Jg.11 (2010), S. 18-20.
- Frombach, R.; Grefrath, C. (2011): Innovation process sustained – development of an integrated innovation and simulation concept. In: Conference Proceedings of the XXII ISPIM Conference, Hamburg.
- Genender P., Speckens F.W., Schürmann G. (2011): „Akustikentwicklung von Range Extendern für Elektrofahrzeuge“, MTZ 03/2011, S. 192-197, FEV Motorentchnik GmbH, RWTH Aachen University, Aachen.
- Homann, J.; Geulen, G.; Töpler, F.; Eckstein, L.; Lunz, B.; Rothgang, S.; Christoph, M.; Lar-esgoiti, I.; Sauer, D.U. (2011): Smart Wheels Electric Bus – A Concept for Electric Mobility in Public Transportation. In: 20. Aachener Kolloquium "Fahrzeug- und Motorentech-nik", October 2011, Aachen.
- Kahlen C., Krings H., Wittlinger P., Schowe-von der Brelie B., Federlein S., Matrose C., Frings R., Smolka T. (2010): Einflüsse und Auswirkungen von Elektromobilität auf das Energieversorgungsnetz sowie Anforderungen und Voraussetzungen für eine interoperable Netzintegration“, Internationaler ETG-Kongress, Leipzig, November 2010.
- Lunz, B.; Walz, H.; Sauer, D.U. (2011): Optimizing Vehicle-to-Grid Charging Strategies Using Genetic Algorithms under the Consideration of Battery Aging. In: Proceedings of the 7th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, September 2011, Chicago, IL, USA.
- Mathar, S.; Rothgang, S.; Schaeper, C.; Laresgoiti, I.; Lunz, B.; Gehrmann, S.; Sauer, Myoung-ho Kim; Rosekeit, M.; Seung-Ki Sul; De Doncker, R.W.A.A. (2011): A dual-phaseshift control strategy for dual-active-bridge DC-DC converter in wide voltage range. In: Power Electronics and ECCE Asia (ICPE & ECCE), 2011 IEEE 8th International Conference, May/June 2011, Jeju, Korea.

- Pischinger S., Wolff K., Eisele G., Genender P., Schürmann G. (2011): How does the future sound? In: Wiener Moterensymposium 2011, FEV Motorentechnik GmbH, RWTH Aachen.
- regio iT aachen gesellschaft für informationstechnologie mbh (2010): Umsetzung der arkt-prozesse für Elektromobilität. Grundlagenpapier zu Marktmodellen, Prozessen und IT-Anforderungen rund um die Ladeinfrastruktur.
- Rosekeit, M.; De Doncker, R.W. (2011): Galvanically Isolated, Bi-directional Charger for Electric Vehicles - Analysis and Implementation", 4th International Conference on Automotive Power Electronics (APE), April 2011, Paris, France.
- Rosekeit, M.; De Doncker, R.W. (2011): Smoothing power ripple in single phase chargers at minimized dc-link capacitance", IEEE 8th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia (ICPE & ECCE), May/June 2011, Jeju, Korea.
- Waag, W.; Fleischer, C.; Schaeper, C.; Berger, J.; Sauer, D.U. (2011): Selbstadaptierende Onboard Diagnosealgorithmen für Lithium-Ionen Batterien. In: Kraftwerk Batterie, Aachen.

## Future Fleet

- Brunn, C.; Schmit, K. & Schultz, I. (2011): Erfolgsfaktoren und Hemmnisse bei der Einführung von Elektrofahrzeugen in die Fahrzeugflotte der SAP. Bericht an das Bundesumweltministerium im Rahmen des Projektes „Future Fleet“.
- Deffner, J. et al. (2011): Elektrofahrzeuge in betrieblichen Fahrzeugflotten – Akzeptanz, Attraktivität und Nutzungsverhalten. Ergebnisbericht im Rahmen des Projektes Future Fleet.
- Kasten, P.; Leppler, S. & Zimmer, W. (2011): CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale durch den Einsatz von elektrischen Fahrzeugen in Dienstwagenflotten. Ergebnisbericht im Rahmen des Projektes „Future Fleet“.
- Projektkonsortium Future Fleet (2011): Schlussbericht zum Forschungsprojekt Future Fleet.

## MeRegioMobil

- Ahlert, K.H. (2010): Assessing the Market Price Impact of Distributed Storage Systems for Demand Response. In: The Advanced Energy Storage Forum 2010, 26.-27.
- Ahlert, K.H. (2010): Economics of Distributed Storage Systems – An economic analysis of arbitrage-maximizing storage systems at the end consumer level. PhD Thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

- Ahlert, K.H.; Block, C. (2010): Assessing the Impact of Price Forecast Errors on the Economics of Distributed Storage Systems. System Sciences (HICSS), 2010 43rd Hawaii International Conference on. 1–10. doi:10.1109/HICSS.2010.72.
- Ahlert, K.H.; Dinther, C.v. (2010): Robustness of Scheduling Algorithms for Distributed Storage Systems. Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI). (Göttingen, Germany). 2010 2195–2206.
- Allerding, F.; Becker, B.; Schmeck, H. (2010): Integration intelligenter Steuerungskomponenten in reale smart-Home-Umgebungen. In: K.-P. Fähnrich, B. Franczyk (Hr.): Informatik 2010: Service Science - neue Perspektiven für die Informatik, Band 1. Bonn, Gesellschaft für Informatik, 2010 (ISBN 978-3-88579-269-7), pp 455-460.
- Bauer, J. (o.J.): Technische Spezifikation der RFID-Umgebung zur interoperablen Authentifizierung v1.0. Innovations Software Technology GmbH. Immenstaad : s.n.
- Becker, B. et al. (2010): Decentralized energy-management to control smart-home architectures. In: Proceedings of the 23rd International Conference on Architecture of Computing Systems (ARCS 2010), Band 5974 - LNCS, Seiten 150–161. Springer Verlag, Februar 2010.
- Dietz, B.; Ahlert, K.H.; Schuller, A.; Weinhardt, C. (2011): Economic Benchmark of Charging Strategies for Battery Electric Vehicles. In: Proceedings of the IEEE Powertech 2011 Conference.
- Dütschke, E. et al. (2011): Moving towards more efficient car use - what can be learnt about consumer acceptance from analysing the cases of LPG and CNG? In: ECEEE 2011 Summer Study Proceedings.
- Fluhr, J.; Ahlert, K.H., Weinhardt, C. (2010): A Stochastic Model for Simulating the Availability of Electric Vehicles to the Power Grid. In: Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Science (HICSS-43). Hawaii, USA.
- Gastes, D.; Paetz, A.-G. (2011): Marktumbruch in der Automobilbranche?, in: Business + Innovation Steinbeis Executive Magazin, Heft 1/2011, Seiten 34-42.
- Henss, J. (2010): Performance prediction for highly distributed systems. In: Bühnová, B. et al. (Hr.), Proceedings of the Fifteenth International Workshop on Component-Oriented Programming (WCOP) 2010, volume 2010-14 of Interne Berichte, pages 39-46, Karlsruhe Institute of Technology.
- Jochem, P. et al. (2010): Integrating Battery Electric Vehicles Into the German Electricity Market, Proceedings of World Conference of Transport Research Society, Lisbon, Portugal.
- Kamper, A.; Esser, A. (2009): Strategies for decentralised balancing power. In: S. R. M. Lewis, A.; Mostaghim (Hr.): Biologically-inspired Optimisation Methods - Parallel Algorithms, Systems and Applications, 210/2009 in Studies in Computational Intelligence, Seiten 261–289. Springer, Heidelberg.

- Kaschub, T. et al. (2009): Elektromobilität: Auf dem Weg in den Wettbewerb – Anreize und Geschäftsmodelle. *BWK - das Energie-Fachmagazin*, BWK -61 (11): Seiten 44–48.
- Kaschub, T. et al. (2010): Intelligentes Laden von batterieelektrischen Fahrzeugen im Kontext eines Stadtviertels. In: Tagungsbandbeitrag VDE Kongress Smart Cities, Leipzig, 2010.
- Kaschub, T.; Jochem, P.; Fichtner, W. (2011): Integration von Elektrofahrzeugen und Erneuerbaren Energien ins Elektrizitätsnetz - eine modellbasierte regionale Systemanalyse. In: Tagungsband 7. Internationale Energiewirtschaftstagung Wien.
- Kropff, A. v. (2011): Erfahrung mit gesteuertem Laden. *Lebenswelt Elektromobilität*.
- Paetz, A.-G. & Dütschke, E. (2011): Dynamische Stromtarife - nur gesetzliche Pflicht oder Kundenwunsch? In: *SIV.news*, Heft 1/2011, S. 47-49.
- Paetz, A.-G. et al. (o.J.): Shifting Electricity Demand with Smart Home Technologies – an Experimental Study on User Acceptance. In: 30th USAEE North American Conference Online Proceedings.
- Paetz, A.-G.; Dütschke, E.; Schäfer, A. (2011): Die Last mit der Lastkontrolle, in: *Energie & Management*, Heft 12/2011, S. 19.
- Paetz, A.-G.; Jochem, P.; Fichtner, W. (2010): Smart Home & E-Mobility – Analyse der Effekte von Anreizsystemen, In: Tagungsbandbeitrag VDE Kongress, Leipzig.
- Paetz, A.-G.; Kaschub, T.; Fichtner, W. (2010): Intelligente Integration - Elektromobilität und Smart Homes, In: *SIV.news*, Heft 2/2010, Seiten 34-36.
- Paetz, A.-G.; Kaschub, T.; Jochem, P.; Fichtner, W. (2011): Erfahrungen mit dynamischen Tarifkonzepten im intelligenten Haus. In: Tagungsband VDE Kongress 2011.
- Pallas, F.; Raabe, O.; Weis, E. (2010): Beweis- und eichrechtliche Aspekte von Elektromobilität, *Computer & Recht* 6/2010, S. 404-410.
- Pallas, F.; Raabe, O.; Weis, E. (2010): Modellierung rechtskonformer kollaborativer Bereitstellung von Regelenergie im SmartGrid. In: *Informatik 2010, Proceedings*, Bd. 1, S. 443-448. *GI-Edition-Lecture Notes in Informatics (LNI)*.
- Raabe, O.; Pallas, F.; Weis, E.; Lorenz, M.; K.V. Boesche (2011): *Datenschutz in Smart Grids. Anmerkungen und Anregungen*. London
- Reiner, U.; Kahl, M.; Leibfried, T.; Allering, F.; Schmeck, H. (2010): MeRegioMobil-Labor – Entwicklungsumgebung für zukünftige Smart-Homes. In: *ETG, Internationaler ETG-Kongress 2010*, VDE, Berlin-Offenbach.
- Reiner, U.; Leibfried, T.; Allering, F.; Schmeck, H. (2009): Potenzial rückspeisefähiger Elektrofahrzeuge und steuerbarer Verbraucher im Verteilnetz unter Verwendung eines dezentralen Energiemanagementsystems. In: *Internationaler ETG-Kongress 2009 (ETG-FB 118)*, Seiten 329–334. VDE Verlag, Berlin, Offenbach.



- Schell, F.; Dinger, J.; Hartenstein, H. (2009): Performance evaluation of identity and access management systems in federated environments. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Seiten 90–107, Springer Verlag.
- Schönfelder, M.; Kaschub, T.; Jochem, P.; Fichtner, W. (2010): Elektromobilität und Solarstrom. In: Karlsruher Transfer, Heft 2/2010, S. 22-25, Karlsruhe.
- Schuller, A. (2010): Marktintegration der Elektromobilität: Ein agentenbasierter Ansatz für das Smart Grid. In: Appelrath, H. J.; Nieße, A.; Sonnenschein, M.; Troeschel, M. (Hr.), Energieinformatik 2010.
- Schuller, A.; Ilg, J. (2011): Renewable Energy for Electric Vehicle Operation: A wind-power-based tariff for EV charging. In: Proceedings of the Smart Energy Strategies Conference 2011.
- Wagner, A. et al. (2010): Basic Privacy Principles for the Smart Grid. W3C Workshop on Privacy for Advanced Web APIs.
- Wagner, A. et al. (2010): Linked Data and Complex Event Processing for the Smart Energy Grid. Linked Data in the Future Internet at the Future Internet Assembly.
- Wagner, A.; Junghans, M.; Speiser, S.; Harth, A. (2011): Privacy-aware Semantic Service Discovery for the Smart Energy Grid. 8th Extended Semantic Web Conference, Springer.
- Wagner, A.; Speiser, S.; Harth, A. (2010): Semantic Web Technologies for a Smart Energy Grid: Requirements and Challenges. ISWC 2010, Springer.
- Wagner, A.; Speiser, S.; Raabe, O.; Harth, A. (2010): Linked Data for a privacy-aware Smart Grid. Informatik für die Energiesysteme der Zukunft Workshop, INFORMATIK 2010, Springer.
- Walther, S.; Markovic, I.; Schuller, A.; Weidlich, A. (2010): Classification of Business Models in the E-Mobility Domain. In: Proceedings of the 2nd European Conference Smart Grids and E-Mobility. Brussels, Belgium.
- Wehage, R. (2010): Konzeptionelle Modellierung eines IKT Referenzmodells. Innovations Software Technology GmbH. Immenstaad.
- Weis, E. (2010): Tagungsbericht "Nutzerschutz im Energieinformationsnetz". In: Computer & Recht 9/2010, S. R103-R105.
- Weis, E. (2011): Beweis- und eichrechtliche Aspekte in Bezug auf Elektrofahrzeuge im Smart Grid. In: Informatik 2011, Proceedings, GI-Edition: Lecture Notes in Informatics" (LNI), 2011, 280.
- Wiedmann, K.-P. et al. (2010): Mit dem Smart Customer zum Smart Grid. In: e|m|w, Heft 1/2010, Seiten 54-59.

## eE-Tour Allgäu

- Artmeier, A.; Haselmayr, J.; Leucker, M. and Sachenbacher M. (2010): The optimal routing problem in the context of battery-powered electric vehicles. Second International Workshop on Constraint Reasoning and Optimization for Computational Sustainability at CPAIOR.
- Artmeier, A.; Haselmayr, J.; Leucker, M. and Sachenbacher, M. (2010): The shortest path problem revisited: Optimal routing for electric vehicles. In: 33rd Annual German Conference on Artificial Intelligence.
- Bachofer, F. (2011): Einfluss der vertikalen Genauigkeit von DGM auf das EcoRouting von Elektrofahrzeugen. In: Angewandte Geoinformatik 2011, Wichmann Verlag, S. 338-346.
- Bachofer, F.; Hochschild, V. (2010): Indices for the Efficiency Assessment of Road Networks. In: Digital-Proceedings of „Networks for Mobility“, 5th Int. Symposium.
- Bachofer, F.; Hochschild, V. (2010): Spatial Studies for Electric Mobility. In: Proceedings of “Networks for Mobility”, 5th Int. Symposium, S. 83-84.
- Bachofer, F.; Klett, S. & Hochschild, V. (2010): Verkehrsraumanalysen mit GIS. In: Geoinformatik 2010, Akademische Verlagsgesellschaft AKA GmbH, S. 189-190.
- Bachofer, F.; Klett, S. & Hochschild, V. (2010): Verkehrsraumbewertung anhand lokaler und regionaler Indizes. In: Angewandte Geoinformatik 2010, Wichmann Verlag, S. 464-473.
- Brandt, V.; Langer, S. & Rothfuss, R. (2011): Mensch und Mobilität im Mittelpunkt: Wer ist in Zukunft elektrisch mobil? In: Rothfuss, R.; Hochschild, V. (Hr.): Elektromobilität als Baustein eines zukunftsfähigen Verkehrssystems. Konzepte, Strategien und Methoden für einen ganzheitlichen Ansatz. Reihe: KAGIT, Nr. 30.
- Jahn, S.; Weiss, B. & Rothfuss, R. (2011); Elektromobilität aus globaler Perspektive: Mögliche Beiträge in einer Welt aus nachholender Motorisierung und sozialer Mobilitätsapartheid. In: Rothfuss, R.; Hochschild, V. (Hr.): Elektromobilität als Baustein eines zukunftsfähigen Verkehrssystems. Konzepte, Strategien und Methoden für einen ganzheitlichen Ansatz. Reihe: KAGIT, Nr. 30.
- Koch, A.; Bris, J. le; Ernst, T.; Fischer, S. & Rothfuss, R. (2011): Neue Wege für Kommunen. Elektromobilität als Baustein zukunftsfähiger kommunaler Entwicklung in Baden-Württemberg, Tübingen Stuttgart.
- Leucker, M. & Sachenbacher, M. (2009): Energy Informatics - Computer Science for Power and Energy Systems of the Future. Extended Abstract, 5th Annual European Computer Science Summit (ECSS-09), Paris, October 2009.
- Projektkonsortium eE-Tour Allgäu (Hrsg.) (2011): eE-Tour Ergebnisbuch. Kempten.
- Rothfuss, R. et al. (2011): Räumliche Analysen und Nutzerbefragungen. In: Allgäuer Überlandwerk (Hr.): IKT als Wegbereiter für Elektromobilität. Impulse aus dem BMWi-Projekt eE-Tour Allgäu – effiziente Elektromobilität und Tourismus. Kempten, S. 61-65.

Rothfuss, R.; Hochschild, V. (2011) (Hr.): Elektromobilität als Baustein eines zukunftsfähigen Verkehrssystems. Konzepte, Strategien und Methoden für einen ganzheitlichen Ansatz. Reihe: KAGIT, Nr. 30.

Sachenbacher, M. & Leucker, M. (2009): Modeling and Optimization for Efficient Electrical Mobility: Challenges from the E-Tour Project. Proceedings of First International Workshop on Constraint Reasoning and Optimization for Computational Sustainability (CROCS-09), Lisbon, Portugal, September 2009.

**IKT FÜR  ELEKTROMOBILITÄT**