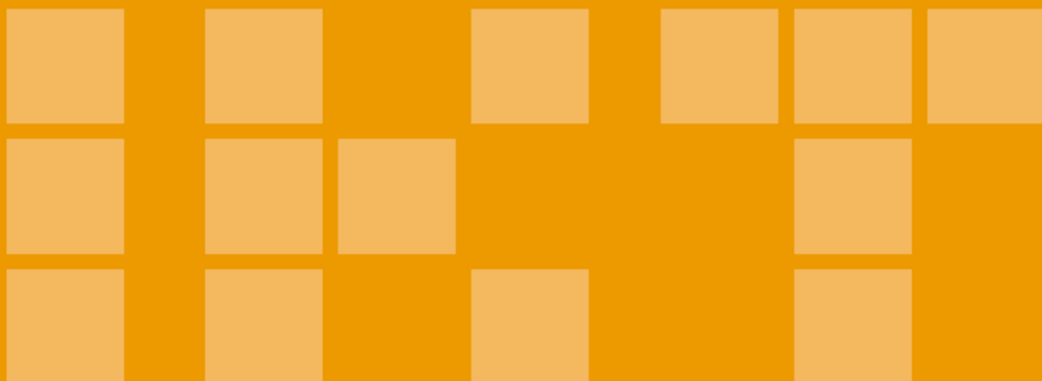




Positionspapier IKT für Elektromobilität

aus dem BMWi Förderschwerpunkt
IKT für Elektromobilität II:
Smart Car – Smart Grid – Smart Traffic

Stand: April 2015



Mit Beiträgen von:

Eberhard Backer (Hochschule Kempten)
Dr. Thomas Becker (DAKO Systemtechnik und Service GmbH)
Dr. Thomas Becks (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Birgit Brand (ASEAG AG)
Dr. Patrick Ester (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Claus Fest (RWE Effizienz GmbH)
Catrina Grella (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Florian Hacker (Öko-Institut e. V.)
Kristin Heller (Deutsches Dialog Institut GmbH)
Dr. Harald Hempel (DAKO Systemtechnik und Service GmbH)
Hauke Hinrichs (smartlab Innovationsgesellschaft mbH)
Benedikt Jäger (TU München)
Dr. Cornel Klein (Siemens AG)
Uwe Koenzen (Broedersdorff & Koenzen GmbH/Planungsbüro Koenzen)
Markus Kroner (TU Dortmund)
Karl-Josef Kuhn (Siemens AG)
Thomas Kwiecien (ESCRYPT GmbH)
Paul Leibold (Vispiron GmbH)
Sven Lierzer (BridgingIT GmbH)
Norman Natzke (Carano Software Solutions GmbH)
Prof. Dr.-Ing. Peter Pickel (John Deere European Technology Innovation Center)
Joachim Pietzsch (Deutsches Dialog Institut GmbH)
Ehsan Rahimzei (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Serge Runge (Energie-Forschungszentrum Niedersachsen)
Ruth Schawohl (Stadtwerke München GmbH)
Andreas Scher (PLANET IC GmbH)
Johannes Schmidt (Uni Göttingen)
Frank Schnellhardt (INNOMAN GmbH)
Dr. Christina Schober (EnBW Energie Baden-Württemberg AG)
Michael Schygulla (PTV Planung Transport Verkehr AG)
Matthias von Tippelskirch (Carano Software Solutions GmbH)
Dr. Moritz Vogel (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Lars Walch (EnBW Energie Baden-Württemberg AG)
Boris Wulff (HHLA Container-Terminal Altenwerder GmbH)
Guido Zeller (AllgäuNetz GmbH & Co. KG)

Geschäftsstelle der Begleitforschung IKT für Elektromobilität II
Bismarckstraße 33
10625 Berlin

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis.....	III
1 Einführung	1
2 Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität II“	2
2.1 Wichtige Ergebnisse des Programmes.....	3
2.2 Projektübergreifend bearbeitete Schlüsselthemen.....	9
3 Studie über gewerblich genutzte Elektromobilität	14
4 Handlungsempfehlungen	17
4.1 Kundenfreundliche öffentliche Ladeinfrastruktur gewährleisten.....	17
4.2 Komplexität senken – Informationsdefizite beheben.....	17
4.3 Beschaffungskoperationen bilden – Elektroflotten gemeinsam nutzen	18
4.4 Elektrofahrzeuge in die Energieversorgung einbinden.....	19
4.5 Die IKT der Mobilität 2025 entwickeln.....	20
4.6 Offene Datenschnittstellen definieren	21
4.7 Der Kostensituation begegnen	22
4.8 Fahrzeugangebot an elektrischen Transportern erweitern	22
4.9 Standards für Busse setzen – Kosten senken.....	23
4.10 Die Elektrifizierung in Nischenbereichen vorantreiben	23
5 Ausblick.....	25
Literaturverzeichnis	26
Anhang	A
Projektübersicht IKT für Elektromobilität II	A

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 01: Das Förderprogramm IKT für Elektromobilität II verknüpft die Bereiche Fahrzeugsysteme, Energiesysteme und Verkehrssysteme, um die Systempotenziale nutzbar zu machen 3
- Abbildung 02: Verteilung der Projekte in Deutschland (Konsortialführer) und ihre Verbindung zu Schlüsselthemen der IKT in der Elektromobilität. 12

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Relative Preiserhöhungen bzw. -minderung zur Bildung eines optimistischen bzw. pessimistischen Szenarios in Referenz zum mittleren Szenario (Hacker et al. 2015) 14

1 Einführung

Die Bundesregierung hatte in ihrem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität im August 2009 für das Jahr 2020 ein ehrgeiziges Ziel von einer Million Elektrofahrzeugen in Deutschland formuliert. Deutschland soll zum Leitmarkt für Elektromobilität, deutsche Automobilhersteller zu Leitanbietern werden. Um dieses Ziel zu erreichen, hatte die Bundesregierung im Jahr 2010 die weltweit bis dahin einzigartige Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) initiiert. Sie soll die Kräfte von Automobilindustrie, Energiewirtschaft und Elektrotechnikindustrie für die Erreichung dieser beiden Ziele bündeln.

Die NPE hatte in ihrer ersten Phase eine Reihe von thematischen Leuchttürmen definiert, in denen die Forschung und Entwicklung fokussiert werden sollten. Das Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität I“ ist vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) als ein solcher Schwerpunkt Ende des Jahres 2010 initiiert und im Jahr 2012 in das Anschlussprogramm „IKT für Elektromobilität II“ überführt worden.

Zum 1. Januar 2015 verzeichnete das Kraftfahrtbundesamt bei insgesamt 44,4 Mio. zugelassenen Personenkraftwagen eine Zahl von 107.754 Hybridfahrzeugen (+25,9 % im Vgl. zum Vorjahr) und 18.948 Elektrofahrzeugen (+55,9 % im Vgl. zum Vorjahr): Der Markthochlauf findet also statt. Der Verband der Automobilindustrie sieht in Deutschland für Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybridfahrzeuge einen jungen, noch kleinen Markt mit einer hohen Marktdynamik. Bis Ende 2014 brachten die deutschen Hersteller 17 Serienmodelle auf den Markt. Im Jahr 2015 werden zwölf weitere Modelle folgen.

Anfang des Jahres 2015 gab es in Deutschland laut NPE 4.800 öffentlich zugängliche Lademöglichkeiten mit normaler und 100 mit schneller Ladegeschwindigkeit. Hinzu kommen Lademöglichkeiten zu Hause und am Arbeitsplatz. Bundesregierung und Industrie wollen vor allem entlang der Autobahnen und in den Metropolregionen die Zahl der öffentlichen Ladestationen stark erhöhen.

Die Infrastruktur wird aufgebaut, die Fahrzeugzahlen steigen, das im Jahr 2009 formulierte Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 wird nach aktueller Prognose allenfalls um wenige Jahre verzögert erreicht werden.

Vor diesem insgesamt sehr positiven Hintergrund gibt das Positionspapier Elektromobilität in 10 Handlungsempfehlungen Hinweise darauf, wie wichtige Teilthemen effizienter gestaltet werden können und wo kurzfristig Entscheidungen getroffen werden sollten, um die Zielerreichung zu beschleunigen. Die Empfehlungen kommen aus der Praxis von 18 Projekten mit ca. 150 beteiligten Partnern aus Industrie und Forschung aller involvierten Branchen. Sie beziehen sich vielfach auf komplexe systemische Fragestellungen, die an den Schnittstellen zwischen den Branchen liegen.

2 Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität II“

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert in seinem Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität II“ 18 Projekte, die auf der Basis moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) neue Konzepte und Technologien für das Zusammenspiel von intelligenter Fahrzeugtechnik im Elektroauto („Smart Car“) mit einer intelligenten Energieversorgung („Smart Grid“) und intelligenten Mobilitätskonzepten („Smart Traffic“) entwickeln. Die Fördersumme der laufenden Projekte beträgt rund 80 Mio. Euro. Zusammen mit den Eigenanteilen der Unternehmen stehen ca. 170 Mio. Euro für die Beantwortung gezielter Forschungs- und Entwicklungsfragen zur Verfügung.

Sowohl in den Teilbereichen als auch im gesamten System Elektromobilität wirken IKT als starker Innovationsmotor. Im Themenschwerpunkt „Smart Car“ ermöglichen sie unter anderem fortschrittliche Steuerungs- und Kommunikationssysteme – in Elektrofahrzeugen bis hin zu zukünftigen Anwendungen wie etwa Drive-by-Wire, das heißt im Idealfall zum Fahren oder Steuern von Fahrzeugen ohne mechanische Kraftübertragung der Bedienelemente auf die Stellelemente. Das Elektroauto kann außerdem mit der Ladeinfrastruktur und Verkehrsmanagementsystemen kommunizieren. Hier liegen auch die Schnittstellen zu den Bereichen „Smart Grid“ und „Smart Traffic“. Wichtige Themen des Projektschwerpunkts „Smart Grid“ sind dementsprechend neue Ladekonzepte und die netzverträgliche Einbindung von Elektrofahrzeugen, die durch intelligente Steuerungsmechanismen als zusätzliche Stromreserve und mobile Speicher genutzt werden. Dazu könnte zum Beispiel überschüssiger Strom aus Windkraft- und Solaranlagen in den Fahrzeugbatterien zwischengespeichert bzw. nicht benötigter Fahrstrom in Zeiten hoher Nachfrage ins Verteilnetz zurückgespeist werden. Bei dem Schwerpunkt „Smart Traffic“ stehen verkehrsträgerübergreifende Mobilitätskonzepte, Flottenmanagement-Lösungen und ein individuelles Verkehrsmanagement für den Fahrer im Vordergrund. Alle geförderten Projekte zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht nur innovative Ansätze für einzelne Bereiche der Elektromobilität liefern, sondern mehrere oder alle Systembereiche miteinander verknüpfen und auf diese Weise vielversprechende Systempotenziale für die Zukunft entfalten.

Die Projekte arbeiten gemeinsam an übergreifenden Schlüsselthemen, die in Abschnitt 2.2 beschrieben werden. In der folgenden Grafik ist die Einordnung der Projekte entlang der drei Themenschwerpunkte „Smart Car“, „Smart Grid“ und „Smart Traffic“ dargestellt.

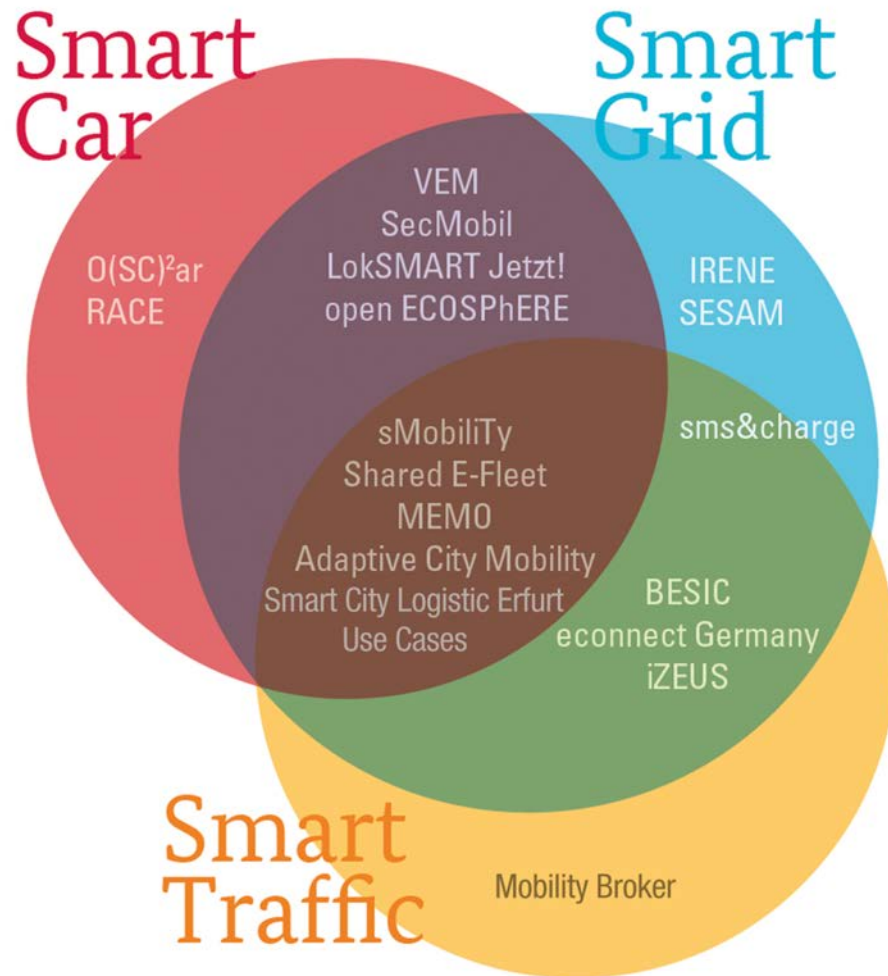


Abbildung 01: Das Förderprogramm IKT für Elektromobilität II verknüpft die Bereiche Fahrzeugsysteme, Energiesysteme und Verkehrssysteme, um die Systempotenziale nutzbar zu machen

2.1 Wichtige Ergebnisse des Programmes

Schon heute zeichnet sich ab, dass das Förderprogramm einen wichtigen Beitrag für die Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland geleistet hat. Das lässt sich an **zehn Ergebnissen** aus verschiedenen Förderprojekten ablesen:

1. Flexible Leichtfahrzeuge für die Stadt

Drei Personen und Gepäck für den Einsatz als Taxi oder als Lieferfahrzeug mit bis zu 140 km Reichweite und einem alltagstauglichen, einfachen Batteriewechselsystem: Eckdaten eines neuen Fahrzeugs, das in ein selbstlernendes IKT-System integriert ist.

Das Modell eines Leichtbau-Elektrotaxis, das durch den Austausch von Modulen schnell in ein Lieferfahrzeug verwandelt werden kann, wurde auf der Hannover Messe 2014 präsentiert. Sein Maximal-

gewicht darf inklusive Ladung 550 Kilogramm nicht überschreiten. Es bietet Platz für einen Fahrer und zwei Personen mit Gepäck. Seine Höchstgeschwindigkeit beträgt 80 km/h, seine Reichweite liegt zwischen 120 und 140 Kilometern. Es ist mit einem zentralen Steuergerät, Radnabenmotoren und Wechselbatterien ausgestattet. Der erste Prototyp dieses „City eTaxis“ wird mit Ende der Projektlaufzeit im Dezember 2015 fertiggestellt sein. In einem Folgeprojekt ist der Bau von acht seriennahen Fahrzeugen bis Ende 2017 geplant. Die Fahrzeuge sind von vorneherein als Teil eines IKT-verknüpften Gesamtsystems für den gezielten Einsatz in Stadtzentren entwickelt worden. Die Vernetzung von Fahrzeugen, Batteriewechselstationen und Smartphones der Fahrer mit dem Backend der Zentrale sowie eine Echtzeitübertragung aller Daten gewährleistet eine intelligente, sichere und wirtschaftliche Steuerung der Elektrotaxis als emissionsfreie Flotte im urbanen Raum.

2. Vollelektrische Traktoren für eine energieautarke Landwirtschaft

Vollelektrische Hoftraktoren mit Batterie und Ackerschlepper mit zusätzlichem Kabel, die ihre Energie aus erneuerbaren Quellen auf dem eigenen Hof erhalten: Vision eines modernen landwirtschaftlichen Betriebs mit alten Tugenden.

Elektrisch angetriebene Traktoren sind zentrale Elemente für die Entwicklung von landwirtschaftlichen Betrieben, die sich vollständig mit Energie aus eigenen erneuerbaren Quellen versorgen (Biogasanlagen, Solardächer, Windräder). Der selbst gewonnene Strom kann entweder in Batterien gespeichert und anschließend mobil verwendet oder über ein elektrisches Kabel dem Traktor zugeführt werden. Beide Varianten werden in diesem von einem großen Landmaschinenhersteller geführten Förderprojekt erprobt. Der Prototyp eines batteriebetriebenen Traktors wurde gebaut. Seine Funktionalität wurde erfolgreich demonstriert. Sein Batteriesystem wurde auf der Grundlage zugekaufter Zellen innerhalb des Projektes entwickelt, um es bestmöglich an die Erfordernisse einer schweren Landmaschine anzupassen. Das Konzept eines kabelgeführten Traktors, der auf eine große Dauerleistung ausgelegt ist, wurde detailliert erarbeitet. Seine prinzipielle Umsetzbarkeit wurde nachgewiesen. Die Erkenntnisse aus dem E-Traktorprojekt werden auch in die Weiterentwicklung von Landmaschinen mit Hybrid-Antrieb einfließen.

3. Emissionsfreies Schwerlastfahrzeug für Containerterminals

Container mit einem Gesamtgewicht von bis zu 60 Tonnen werden mit einer Geschwindigkeit von 16 km/h fahrerlos ohne Abgase und nahezu geräuschlos durch den Hafen gefahren. Die Batterien bilden ein virtuelles Kraftwerk und eröffnen neue wirtschaftliche Potenziale.

In den geschlossenen und weitgehend automatisierten Logistiksystemen von Hafenbetrieben transportieren fahrerlose Lastfahrzeuge (AGV – Automated Guided Vehicles) mit hohem Energiebedarf rund um die Uhr bis zu 60 Tonnen schwere Container. Herkömmliche AGV werden diesel-elektrisch angetrieben. Im Containerterminal Altenwerder des Hamburger Hafens befinden sich bereits zwölf batteriebetriebene AGV mit einer dazugehörigen Batteriewechselstation im Einsatz. Eine IKT-gestützte Steuerung der Ladevorgänge sorgt bidirektional dafür, dass die Batterien geladen werden, wenn Ökostromspitzen aus norddeutschen Windkraftwerken im Netz sind, oder aber bei Flaute Strom ins Netz zurückspeisen. So wird das Containerterminal zu einem Freiluftlabor der Energiewende. Zehn der eingesetzten AGV verfügen über Bleibatterien, die heute bereits wirtschaftlich betrieben werden können, zwei über unterschiedliche Lithium-Ionen-Batterietypen, die wesentlich teurer,

aber auch deutlich zyklenfester sind und viel schneller ge- und entladen werden können. Es ist anzunehmen, dass eine intelligente Ladestrategie auch beim Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien zu Betriebskosteneinsparungen führen und damit richtungsweisend für einen nachhaltigen Schwerlastverkehr sein wird.

4. Intelligente City-Logistik

Fahrerassistenzsysteme, automatisierte Frachtüberwachung und aktive Schnittstellen zu vorhandenen Verkehrsleitsystemen: die Fracht kommt schnell, sicher und ökologisch zu ihrem Adressaten.

Je besser ihre Routen geplant und auf ihre Reichweiten abgestimmt sind, desto eher werden gewerblich genutzte Elektrofahrzeuge in innerstädtischen Logistikketten nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch gegenüber Verbrennungsfahrzeugen von Vorteil sein. Dafür ist die Entwicklung geeigneter Software-Applikationen notwendig, die Faktoren wie zum Beispiel den aktuellen Verkehrsfluss, den Ladezustand und das Fahrverhalten in Echtzeit erfassen und mit den Bedürfnissen des Flottenmanagements abgleichen, um daraus optimale Touren zu errechnen. Eine prototypische IKT-Systemlösung dieser Art entsteht in Erfurt. Sie bezieht Fahrzeuge für die Auslieferung von Expresswaren, Paketen und Medikamenten sowie für die Automatenbestückung ein. Der Austausch von Energie-, Fahrzeug- und Verkehrsdaten wurde dabei rechtskonform geregelt. Derzeit werden erfolgreich getestete Lösungen für den Aufbau von Demonstratoren verwendet, die 2016 erstmals erprobt werden sollen. In einem virtuellen Elektroflottenversuch, dessen Eingangsdaten aus konventionell angetriebenen Taxis und Nutzfahrzeugen stammen, wurden in München in kurzer Zeit eine Vielzahl vergleichbarer anwendungsbezogener Erkenntnisse gewonnen. Sie sollen den künftigen Elektroflottenaufbau von Taxizentralen und anderen großen Betreibern unterstützen.

5. Gemeinsame Fahrzeugflotten sind rentabel

Eine unternehmensübergreifende, dynamische Einsatzplanung mit einem effizienten Energiemanagement macht Elektromobilität rentabel. Das sind die Ergebnisse von Piloterprobungen in Stuttgart, München und Magdeburg.

Für kleine und mittlere Unternehmen wie auch für die Behörden und Stadtverwaltungen lohnt sich der Einsatz von Elektrofahrzeugen erst dann, wenn sie sich diese mit anderen in einer gemeinsam genutzten Flotte teilen können. Von dieser Prämisse ausgehend, wurde eine Cloud-basierte IKT-Lösung konzipiert, die es erlaubt, über Unternehmens- und Abteilungsgrenzen hinweg für eine optimale Auslastung von Elektroautos zu sorgen. Durch die private Nutzung der Fahrzeuge nach Dienstschluss kann deren Auslastung weiter erhöht werden. In Technologieparks in Stuttgart und München sowie von der Stadt Magdeburg wird dieses inzwischen weit ausgereifte Konzept bereits erprobt. Neben der übergreifenden und dynamischen Einsatzplanung für Elektroautos, die für jede Verwendung das aktuell am besten passende Fahrzeug zuweist, hat das Projekt auch Möglichkeiten zur intelligenten Ladesteuerung und für eine Smart-Grid-Integration erarbeitet. Durch die flächendeckende Bereitstellung von Echtzeitdaten in seinen Fahrzeugen bietet es auch die Einbindung in intelligente Verkehrssysteme an. Partneringmodelle sollen darüber hinaus das Anmieten von Elektrofahrzeugen aus Partnerpools an anderen Standorten samt Zugang zum dortigen ÖPNV ermöglichen.

6. Einfach Strom tanken

Mit e-clearing.net finden Kunden an 4500 angeschlossenen Ladepunkten in Belgien, Deutschland und den Niederlanden freie Ladesäulen und können Strom „datensicher“ tanken.

„e-clearing.net“ heißt die internationale E-Roaming-Plattform, über die Elektromobilitätsanbieter und Ladesäulenbetreiber Daten zur Authentifizierung ihrer wechselseitigen Kunden und zur Abrechnung der abgegebenen Strommengen austauschen können. Sie ging im Oktober 2014 anlässlich der Fachmesse eCarTec an den Start. Die Plattform wurde entwickelt, um es Nutzern von Elektroautos zu ermöglichen, ihre Fahrzeuge mit einer einzigen Ladekarte oder Smartphone-App anbieterübergreifend und grenzüberschreitend zu laden. Sie stellt Echtzeitangaben von bisher 4500 angeschlossenen Ladepunkten in Belgien, Deutschland und den Niederlanden bereit, so dass sich freie Ladesäulen schnell finden lassen. Mit dem Open Clearing House Protocol (OCHP) wurde für die Plattform eine offene Schnittstelle entwickelt, die ihre unkomplizierte Erweiterung erlaubt. Die B2B-Plattform¹ finanziert sich ohne Gewinnerzielungsabsicht aus Beiträgen ihrer Mitgliedsunternehmen. Ein entscheidender Aspekt für die Akzeptanz solcher Roaming-Angebote ist die Erfüllung sehr hoher Anforderungen an die IKT-Sicherheit, sowohl an den einzelnen Ladesäulen als auch in der Datenverarbeitung innerhalb des gesamten Systems. Entsprechende Security-Basistechnologien wurden in einem Förderprojekt gezielt entwickelt.

7. Elektroautos unterstützen erneuerbare Energien

Elektroautos als Zwischenspeicher für private Energieerzeuger zur Netzglättung und Lastverschiebung. Viele lokal auftretende Herausforderungen können mit Elektromobilen auch lokal gelöst werden.

Elektroautos (bzw. Flotten) können dazu beitragen, bei Bedarf kurzzeitige Lasten im Stromnetz aufzunehmen und somit Spitzen auszugleichen, die durch die Zufuhr stark fluktuierender Energien aus Sonnen- und Windkraft entstehen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Batterien in lokalen Verteilnetzen IKT-gesteuert und idealerweise als bidirektionale Pufferspeicher eingesetzt werden. Das zeigen die Ergebnisse von Förderprojekten in Bayern, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Thüringen. In der Allgäuer Modellgemeinde Wildpoldsried (2500 Einwohner) zum Beispiel, wo der eingespeiste Anteil erneuerbarer Energien besonders hoch ist, sind Schwankungen in der Erzeugung von drei Megawatt innerhalb einer halben Stunde keine Seltenheit. Mithilfe intelligenter Messtechnik und Netzanalyse gelang es dort, Stromerzeugung und -verbrauch in einem selbstorganisierenden System automatisiert aufeinander abzustimmen und dabei das geregelte Laden von Elektrofahrzeugen einzubeziehen. Die technischen Grundlagen für die Kopplung von Photovoltaikanlagen einzelner Haushalte mit den Traktionsbatterien eigener Elektrofahrzeuge über eine zwischengeschaltete stationäre Batterie wurden in einem anderen Projekt gelegt, das den Nutzen autarker lokaler Smart Grids

¹ B2B: Business-to-Business

propagiert. Testreihen in Erfurt und Karlsruhe ergaben überdies, wie sich das häusliche Energiemanagement für Smart-Home-Lösungen unter Einbeziehung der Elektrofahrzeugbatterie optimieren lässt.

8. Moderne Fahrzeugelektronik: das Fahrzeug als mobiles Endgerät

Die gesamte Fahrzeugsteuerung für Lenkung, Antrieb und Bremsen, das Infotainment – alle Funktionen laufen über eine redundante hardwareunabhängig ausgelegte IKT-Architektur. Dies spart Kosten und Gewicht und bringt Flexibilität für neue Apps und Dienste – mit der Sicherheit von Flugzeugen.

Die Elektrik und Elektronik herkömmlicher Automobile wird über historisch gewachsene CAN-Bussysteme geführt und verschaltet, die angesichts der zunehmenden Digitalisierung der Fahrzeugtechnik an ihre Leistungsgrenzen stoßen. Elektroautos unterstützen die Verwirklichung einer zentralisierten IKT-Architektur, die neue Fahr-, Assistenz- und Infotainmentfunktionen hardwareunabhängig als Software zuschalten können. Dank dieser Architektur kann auf viele Steuergeräte verzichtet und die Datenverarbeitung über wenige zentrale Recheneinheiten organisiert werden. In zwei Prototypen wurde diese neuartige IKT-Architektur zum einen vollständig und potenziell zulassungsfähig umgesetzt („Revolution“), zum anderen für einen Migrationspfad validiert, der von herkömmlichen Architekturen ausgeht („Evolution“). Die Integration dieser Architektur soll in StreetScooter²-Fahrzeugen erfolgen, für die wiederum eine offene Kommunikationsplattform entwickelt wurde, die fortlaufend aktualisiert werden kann. Statt eines traditionell verwendeten festen Servers nutzt diese Plattform die Vorteile einer systemübergreifenden Open Service Cloud. Das eröffnet einen herstellerunabhängigen Markt für Mehrwertdienste („Apps“) und verbessert die Kommunikation zwischen Fahrzeugen untereinander und mit ihrer Umgebung (z. B. Ladesäulen). So ermöglicht sie exakte Reichweitenberechnungen und erhöht damit die Energieeffizienz der Mobilität. Die Cloud-basierte Plattform vereinfacht auch die Wartung durch Drittanbieter.

9. Individuelle, ökologische Mobilität ohne eigenes Auto

Per App unterwegs auf einem „Marktplatz“ für alle Mobilitätsangebote einer Region. Intermodales Reisen mit einfacher Buchung und Abrechnung am Smartphone.

Intermodalität ist vor allem für Städte mit hoher Verkehrsdichte ein wichtiger Schlüssel für die Gestaltung ihrer Zukunft. Wenn es ihnen gelingt, den öffentlichen Nahverkehr nahtlos und nutzerfreundlich mit Fernverkehrszügen, Carsharingangeboten und Leihfahrrädern zu verknüpfen, werden immer mehr Menschen auf ein eigenes Fahrzeug verzichten und dadurch zur Schonung der Umwelt und zur Erhöhung der städtischen Lebensqualität beitragen. Wie ihnen das gelingen kann, wird derzeit in der Region Aachen beispielhaft erforscht. Alle dort allgemein zugänglichen Mobilitätsangebo-

² siehe <http://www.streetscooter.eu/> für nähere Informationen

te werden auf einem web- und app-basierten Marktplatz zusammengeführt. So müssen die Bürgerinnen und Bürger nur noch ein einziges Medium kontaktieren, um ihre Fahrten zu planen, durchzuführen und abzurechnen. Ihre individuellen Präferenzen werden von der IKT-basierten In-Intermodalitätsplattform beim Berechnen des optimalen Weges und beim Vorschlag der geeigneten Verkehrsmittel berücksichtigt. Das Projekt befindet sich erst am Anfang des zweiten Drittels seiner Laufzeit und hat Elektrofahrzeuge von vorneherein einbezogen. Es misst seine Fortschritte auch an kommerziellen Intermodalitätsangeboten wie Moovel und Qixxit, die sich im Aufbau befinden.

10. Rahmenbedingungen pro Elektromobilität

Unterstützung des Markthochlaufs durch den Abbau von Innovationshürden: von eindeutigen ID-Nummern in der Ladeinfrastruktur, über das Laden am Arbeitsplatz bis zum Eichrecht.

Eindeutige Identifikatoren (ID-Nummern) für Stromversorger und Ladesäulenbetreiber sind eine unerlässliche rechtliche Voraussetzung für die regionen- und anbieterübergreifende Nutzung der Ladeinfrastruktur. Andernfalls könnten Nutzer ihre Elektroautos nur an den Säulen des Anbieters laden, dessen Vertragskunden sie sind. In einem Konsensbildungsverfahren im Rahmen der Begleitforschung des Förderprogramms einigten sich alle relevanten Akteure der Elektromobilität auf eine neutrale Instanz zur bundesweiten Vergabe solcher ID-Nummern: Am 1. März 2014 hat der BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. diese Aufgabe übernommen.

Um der Elektromobilität zum Durchbruch zu verhelfen, ist es unter anderem empfehlenswert, das Laden am Arbeitsplatz nicht als geldwerten Vorteil zu sanktionieren. Eine entsprechende Stellungnahme, wonach das Vorhalten eines Parkplatzes mit Ladeinfrastruktur durch den Arbeitgeber als nicht steuerbare Leistung eingeordnet werden sollte, wurde dem Bundesfinanzministerium im Februar 2014 übermittelt. Auch die derzeit bestehende Deckelung des steuerlichen Nachteilsausgleichs für Elektroautos auf eine Batteriekapazität von 20 Kilowattstunden wird als hinderlich beurteilt. Die Aufhebung dieser Deckelung wird empfohlen, weil der Markthochlauf von Elektroautos zu einem großen Teil über den Einsatz in Firmenflotten erfolgen werde, dort jedoch in der Regel Batteriekapazitäten von mehr als 30 Kilowattstunden nachgefragt würden.

Die Diskussionen der Fachgruppe Recht innerhalb des Förderprogramms haben überdies grundsätzliche Klarheit hinsichtlich der Anwendung des Eichrechts auf Ladevorgänge geschaffen.

2.2 Projektübergreifend bearbeitete Schlüsselthemen

Die Förderprojekte haben sich projektübergreifend intensiv zu folgenden Schlüsselthemen ausgetauscht, die auch für die weitere Entwicklung der Elektromobilität von besonderer Bedeutung sind:

Neue Dienstleistungen und Fahrzeugapplikationen

Das beschleunigte Zusammenwachsen von Internet, Smartphone und Fahrzeug führt zu vielen neuen Diensten, die immer einfacher im Fahrzeug verfügbar sind. Dabei beschränkt sich diese Entwicklung keineswegs auf Elektrofahrzeuge sondern beschreibt einen allgemeinen Trend der Fahrzeugbranche unter dem Stichwort „Konnektivität“.

Die nutzerfreundliche Verbindung von Smartphone bzw. Apps mit dem Fahrzeug treibt die Branche zu Innovationen und zu branchenübergreifenden Projekten an. So kooperieren die großen Softwarekonzerne wie Microsoft, Apple oder Google mit den Automobilherstellern, um vor allem In-Vehicle-Infotainment (IVI) auf einen Stand und Komfort zu bringen, den der Nutzer vom Smartphone her gewohnt ist.

(Elektro-)Fahrzeuge werden zukünftig virtuell mit einer webbasierten Dienstleistungsplattform verbunden sein, über die sie diverse Daten schnell senden und empfangen können. Software-Applikationen, wie sie von Smartphones und Tablets vertraut sind, werden dann auch die Fahrzeugkommunikation regeln, von der Reservierung von Parkplätzen und Ladesäulen über die Ferndiagnose und -wartung bis hin zur individuellen Reiseplanung. Datenplattformen, auf denen die Informationen vieler Fahrzeuge zusammenfließen, werden das Verkehrs- und Energiemanagement optimieren.

Privates Energiemanagement

Das private (oder auch lokale) Energiemanagement beinhaltet die Bereitstellung von dezentral erzeugter Energie zur Ladung von Elektrofahrzeugen. Die zum Beispiel im privaten Haushalt (durch Photovoltaikanlagen oder Blockheizkraftanlagen) erzeugte Energie sollte mittels geeigneter Steuerungsinstrumente intelligent im Haus genutzt und dem Elektrofahrzeug zugeführt werden. Gegenstand der Untersuchungen sind hier auch stationäre Puffer-Speicher und die Möglichkeit der Schnellladung sowie einer netzverträglichen Rückspeisung von Energie aus dem Fahrzeug. Im privaten Energiemanagement kann die Laststeuerung mit lokal erzeugten erneuerbaren Energien gekoppelt werden. Nicht nur für private Haushalte, sondern auch für kleine Gewerbebetriebe bietet das Energiemanagement viele Vorteile. So können beispielsweise Bauernhöfe Energie selbst erzeugen und mit elektrischen mobilen Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeugen verbrauchen. In beiden Fällen ist eine gute Prognose von Energieerzeugung sowie Energiebedarf notwendig. Die Fragestellung der netzverträglichen Kopplung des Smart Home an das regionale Energienetz wird immer wichtiger.

(Halb-)öffentliches Energiemanagement

Durch die Energiewende befindet sich das Energienetz aktuell in einem starken Umbruch. Betroffen sind davon alle Bereiche: Erzeugung, Verteilung und Verbrauch. Trotz aller Veränderungen durch die Energiewende muss die hervorragende Versorgungsqualität unseres Netzes erhalten bleiben. Das (halb-) öffentliche Energiemanagement befasst sich mit dem Lastmanagement aus Sicht des Energieerzeugers/Verteilnetzes und nicht aus Sicht eines einzelnen Fahrzeugs/Haushalts.

Elektrofahrzeuge können der Energiewirtschaft dabei helfen, wenn sie in ausreichender Zahl (ggf. als bidirektionale Speicher) ans Netz angeschlossen sind. Dies setzt allerdings den Aufbau einer belastbaren öffentlichen Ladeinfrastruktur voraus. Ferner müssen Steuerungsstrategien für ein intelligentes Lastmanagement, das Schnellladevorgänge einbezieht, entwickelt und Geschäftsmodelle verwirklicht werden, die für Erzeuger und Verbraucher gleichermaßen attraktiv und sicher sind. Viele gleichzeitig ladende Fahrzeuge an einem Verteilerpunkt stellen aber eine enorme Belastung für das Netz dar. Eine bezüglich des Netzes zeitlich optimierte Steuerung der Ladung kann dagegen die Integration von erneuerbaren Energien in das Energienetz erleichtern. Hierdurch können überregional erzeugte erneuerbare Energien bestmöglich mit den Bedürfnissen des lokalen Verteilungsnetzes abgeglichen werden.

Das (halb-)öffentliche Energiemanagement bietet die Möglichkeit, zwischen Erzeugung und Verbrauch zu vermitteln und damit die Netzqualität nicht nur zu erhalten, sondern auch einen Beitrag für einen kostenoptimierten Netzausbau zu leisten.

Neue IKT-Architektur im Fahrzeug

Die heutigen IKT im traditionellen Fahrzeugbau sind eine über Jahre gewachsene Struktur, die aus verschiedenen Elektrik/Elektronik (E/E) Ansätzen bestehen. Kommunikationsbasis sind verschiedene Bussysteme (wie K-Line, CAN, FlexRay, MOST, Ethernet), die heute in der Regel parallel zur Anwendung kommen. So werden sicherheits- und zeitkritische Steuergeräte (ABS, DSC, Motormanagement) mittels CAN-Bus gesteuert, während für Infotainment und Multimediaanwendungen, die hohe Bandbreiten benötigen, MOST oder Ethernet verwendet werden.

Diese hohe Komplexität gilt es zu reduzieren. Hierfür bieten gerade die Elektrofahrzeuge eine große Chance. Ein Problem beispielsweise ist die Vielzahl an Steuergeräten für die unterschiedlichsten Funktionen eines Fahrzeugs, die über die verschiedenen Bussysteme gesteuert werden. Ein Beispiel ist die Ersetzung aller Steuergeräte durch wenige leistungsstarke Recheneinheiten und breitbandige Bussysteme wie Ethernet als Kommunikationsstruktur. Neben einer fahrzeugspezifischen IKT-Architektur spielen für die Elektromobilität insbesondere die Schnittstellen zur Umgebung eine entscheidende Rolle

Verkehrsmanagement

In das Thema „Smart Traffic“ werden hohe Erwartungen gesetzt. Es soll dazu beitragen, das Verkehrsgeschehen effizienter, ökologischer und sicherer abwickeln zu können. Ziel ist es, die vorhandene Infrastruktur optimal zu nutzen, die Verkehrsteilnehmer umfassend und aktuell zu informieren und den Verkehr gezielt und dynamisch zu steuern bzw., wo notwendig, zu verlagern. Voraussetzung hierfür ist die möglichst genaue Kenntnis der aktuellen Verkehrslage, die Meldung aktueller Ereignisse (Staus, Baustellen, Unfälle, ...) sowie Informationen zu den Reisezielen. Nur so können langfristige Prognosen der Verkehrssituation und individuelle Routenvorschläge erstellt werden. In den Leitzentralen müssen große Datenmengen bewältigt und zu Informationen weiterverarbeitet werden.

Für das intelligente Verkehrsmanagement der Zukunft im Sinne eines Smart Traffic bleiben Themen, wie taktile, sensorbestückte Straßen und die Bewältigung großer Datenmengen (Big-Data) interessant. In diesen Feldern werden Fragen der Machbarkeit in technischer und finanzieller Hinsicht, als auch Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz zu adressieren und zu lösen sein.

Neue Mobilitätskonzepte

In vernetzten Mobilitätsangeboten liegt die Zukunft. Sie bieten ein großes Potenzial, um dem hohen und spezifischen Bedarf sowie den steigenden ökologischen Anforderungen an die Mobilität der Zukunft gerecht zu werden. Als vielversprechend gelten vor allem multi- und intermodale Mobilitätsangebote sowie Flotten und Carsharing-Modelle. Mobilität wird durch die intelligente Verknüpfung von Carsharing, Zweiradverleih und ÖPNV für die Kundschaft schneller und günstiger als mit dem privaten Auto.

Während Elektrofahrzeuge auf Grund der hohen Anschaffungskosten und der geringen Nutzungsintensität für die Individualnutzung bislang wirtschaftlich nur begrenzt attraktiv sind, steigt die Nachfrage nach Carsharing-Angeboten in Großstädten zunehmend. Der Einsatz von umweltfreundlichen Elektrofahrzeugen bietet sich in diesem Rahmen besonders an.

Es werden sich voraussichtlich Bündelangebote durchsetzen, die Information, Buchung und Abrechnung mehrerer Teilleistungen wie ÖPNV, Mietwagen, Taxi, Car- und Bike Sharing überregional durch ein einziges Ticket (eine Mobilitätskarte) abbilden.

Sicherheit

Die Vernetzung von Fahrzeugen mit ihrer Umgebung birgt Sicherheitsrisiken, die erkannt und gemindert werden müssen. Fahrzeuge und Infrastrukturen sind durch die Entwicklung neuer Security-Basistechnologien vor Hackerangriffen und viralen Schäden durch „Malware“ zu schützen. Kostengünstige Verfahren der Personen- und Fahrzeugauthentifizierung sind wichtig, um zum Beispiel Ladevorgänge zuverlässig abrechnen zu können. Dem Datenschutz muss Rechnung getragen werden, um beispielsweise zu verhindern, dass unerlaubt Bewegungsprofile von Nutzern erstellt werden. Sowohl im Sinne von „Safety“ (Schutz von Menschen vor den IKT) als auch von „Security“ (Schutz der IKT vor Menschen) kommt der Sicherheit und dem Thema „Security-by-Design“ eine besondere Bedeutung für alle Schlüsselthemen des Förderprogramms zu.

Plattformtechnologien

Ein wesentlicher Mehrwert der IKT für die Elektromobilität liegt in der Möglichkeit zur intelligenten Vernetzung von Plattformen durch multicastbasierte Cloud-Computing-Ansätze, unter anderem auf der Basis neuer Mobilfunktechnologien. Auf solchen Plattformen können Daten aus Fahrzeugen, Stromnetzen und Verkehrszentralen ausgewertet werden, um daraus Empfehlungen für optimale Reiserouten im Fernverkehr oder innerhalb urbaner Mobilitätsverbünde abzuleiten. Nicht nur in Bezug auf Netzabdeckung und Übertragungsqualität stellt das ungewohnt hohe „automotive“ Anforderungen an die IKT. Auch Framework Konzepte zur Integration neuer Funktionen und Dienstleistungen sowie Security-Basistechnologien müssen entwickelt werden und hohen Performance-Ansprüchen genügen.

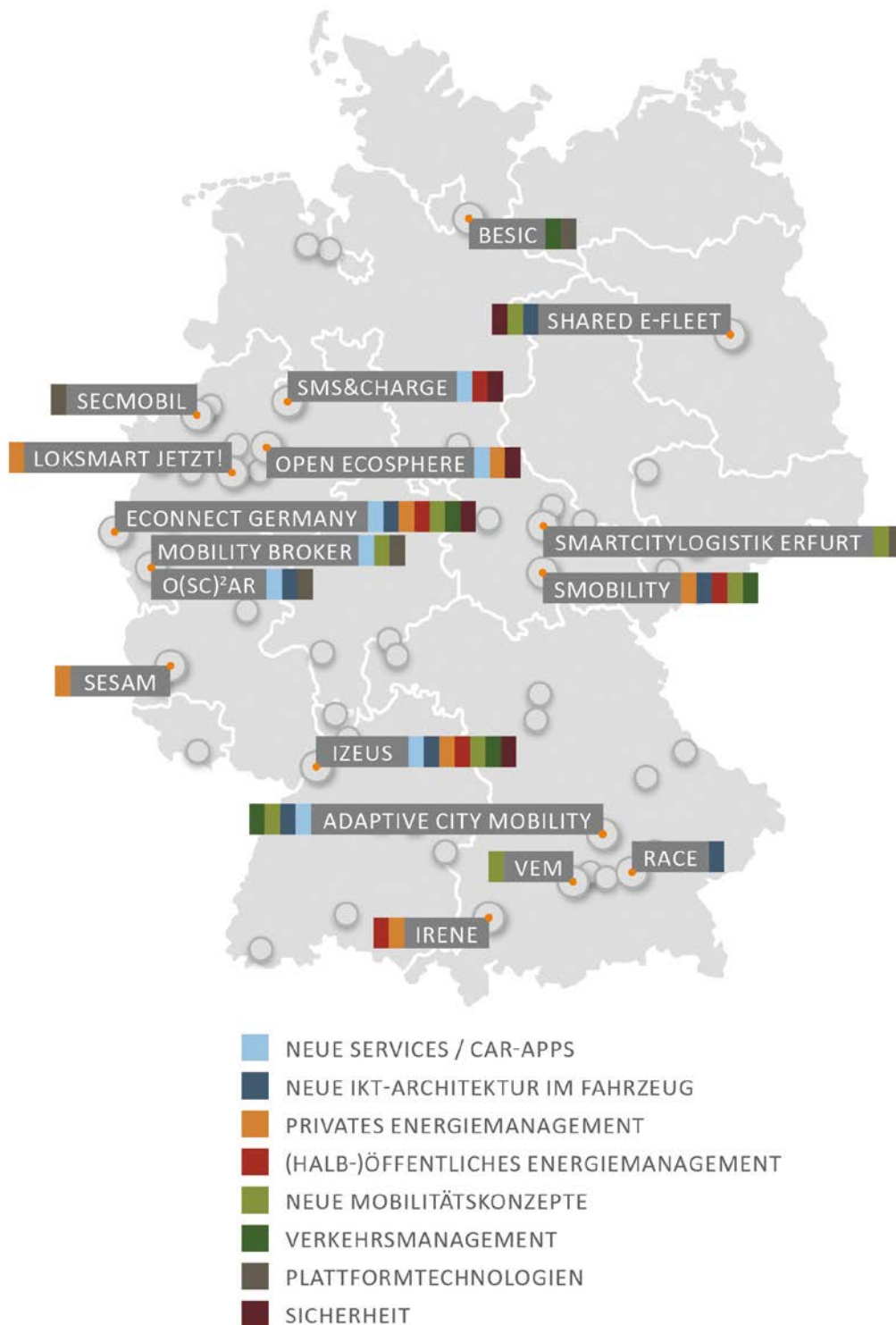


Abbildung 02: Verteilung der Projekte in Deutschland (Konsortialführer) und ihre Verbindung zu Schlüsselthemen der IKT in der Elektromobilität.

Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr

Viele der 18 Projekte des Technologieprogramms beschäftigen sich mit gewerblichen Anwendungen.

Unter einer Vielzahl von Treibern und möglichen Vorteilen einer Elektrifizierung sprechen insbesondere folgende Punkte dafür, dass sich Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen schneller durchsetzen wird als in der privaten Nutzung:

- **Wegfall der Mehrwertsteuer und Abschreibungsmöglichkeiten:**
Die höheren Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen führen auch zu höheren Mehrwertsteuerabgaben. Diese entfallen jedoch beim gewerblichen Einsatz. Weitere Kostenvorteile entstehen dadurch, dass Wirtschaftsbetriebe das Fahrzeug als Investitionskosten steuerlich geltend machen können. Die höheren Investitionskosten der Elektrofahrzeuge führen so zu höheren Steuereinsparungen, was den Anschaffungskostennachteil zumindest verringert.
- **Höhere mittlere Jahresfahrleistungen:**
In vielen gewerblichen Anwendungen sind die Jahresfahrleistungen im Durchschnitt höher als im Privatverkehr. Das ist ein wesentlicher Schlüssel zur Wirtschaftlichkeit, weil die Betriebskosten von Elektrofahrzeugen gegenüber Verbrennerfahrzeugen geringer sind.
- **Transparentere und gleichmäßigere Fahrprofile:**
In gewerblichen Anwendungen liegen oftmals transparentere und gleichmäßigere Fahrleistungen und somit eine bessere Planbarkeit vor. Festgelegte geografischen Einsatzgebiete oder gar wiederkehrenden Touren begünstigen die Elektromobilität, weil sie einer verminderten Nutzerakzeptanz entgegen wirken, die sonst durch die begrenzten Reichweiten und die langen Ladezeiten von Elektrofahrzeugen entstehen können.
- **Gemischte Flotten mit Verbrenner- und Elektrofahrzeugen:**
Auch durch den kombinierten Einsatz von Elektrofahrzeugen und Verbrennerfahrzeugen in Fahrzeugpools lässt sich die Reichweitenproblematik entschärfen. Durch ein geschicktes Fuhrparkmanagement kann die Einsatzhäufigkeit der Elektrofahrzeuge auf den geeigneten Routen maximiert werden, um so eine hohe elektrische Jahresfahrleistung zu erzielen und die Betriebskostenvorteile zu optimieren

Trotz der Vorteile, die die gewerbliche Elektromobilität gegenüber der privaten Nutzung hat, stellt sich die Frage, ob und unter welchen Bedingungen batterie-elektrische Fahrzeuge unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten mit konventionellen (Diesel-)Fahrzeugen konkurrieren können. Auf der Grundlage ihrer Vorarbeiten wurde daher die Studie „Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen – Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und möglicher CO₂-Minderung“ (Hacker et al. 2015) beim Öko-Institut e. V. in Auftrag gegeben. Die Erstellung der Studie wurde aus dem Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität II“ heraus durch die „Task Force Nutzfahrzeuge“ begleitet. Die Studie ist auf der Programm-Homepage frei zum Herunterladen verfügbar (<http://www.ikt-em.de/de/Downloads.php>)

3 Studie über gewerblich genutzte Elektromobilität

In der Studie (Hacker et al. 2015) wird die Wirtschaftlichkeit von vollelektrischen Fahrzeugen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugvarianten für verschiedene Fahrzeugkategorien und unterschiedliche gewerbliche Anwendungsfälle bis zum Jahr 2020 anhand von Gesamtkostenanalysen betrachtet. Auf Grundlage des jeweiligen Kostenvergleichs werden ökonomische Potenziale für die Elektromobilität identifiziert und die mögliche Minderung der Treibhausgasemissionen quantifiziert. Die Analysen umfassen im Kern Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, mittelschwere Lkw und Linienbusse.

Der Gesamtkostenvergleich basierte größtenteils auf bereits vorhandenen Rahmendaten wie zum Beispiel der Energiereferenzprognose im Auftrag der Bundesregierung (Schlesinger et al. 2014) für die Entwicklung des Strom- und Dieselpreises. Für die Berechnung der Fahrzeugpreise wird im „Total Cost of Ownership“ (TCO) Modell für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge die Batteriepreisentwicklung zugrunde gelegt, welche von der Arbeitsgruppe II der Nationalen Plattform Elektromobilität angenommen wird (NPE 2011). Deren Annahmen bilden die Grundlage für ein mittleres Szenario. Aufgrund der unsicheren zeitlichen Entwicklung dieser Einflussgrößen werden die Kostenbetrachtungen jedoch zusätzlich um ein pessimistisches und um ein optimistisches Szenario ergänzt.

	Optimistisches Szenario	Pessimistisches Szenario
Batteriepreis	- 10 %	+ 10 %
Strompreis	- 10 %	+ 10 %
Benzin-/ Dieselpreis	+ 10 %	- 10 %

Tabelle 1: Relative Preiserhöhungen bzw. -minderung zur Bildung eines optimistischen bzw. pessimistischen Szenarios in Referenz zum mittleren Szenario (Hacker et al. 2015)

Ausgehend vom mittleren Szenario werden dafür die Batterie- und Energiepreise entsprechend Tabelle 1 variiert.

Die wichtigsten Ergebnisse der Studie lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Der batterieelektrische Antrieb kann bei hohen Jahresfahrleistungen und langer Haltedauer insbesondere bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen bereits kurzfristig Gesamtkostenvorteile gegenüber dem jeweiligen verbrennungsmotorischen Vergleichsfahrzeug aufweisen.
- Im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge können Elektrofahrzeuge in den gewählten Anwendungsbereichen und unter den aktuellen Rahmenbedingungen hingegen noch nicht wirtschaftlich betrieben werden, bedingt durch die höheren Anforderungen an die Batteriekapazität und deutlich höhere spezifische Batteriepreise.

- Die Wirtschaftlichkeit der Elektromobilität bis zum Jahr 2020 hängt maßgeblich von der Entwicklung der Rahmenbedingungen ab, die teilweise mit sehr hohen Unsicherheiten behaftet sind. Die wichtigsten Einflussgrößen stellen in allen Anwendungen die Entwicklung der Energie- und Batteriepreise sowie die Restwertentwicklung der Elektrofahrzeuge dar.
- Die unsichere Entwicklung zentraler Einflussgrößen wird in den Kostenbetrachtungen über Szenarien abgebildet. Im optimistischen Szenario ließen sich bis zum Jahr 2020 rund 700.000 batterieelektrische Pkw und leichte Nutzfahrzeuge wirtschaftlich betreiben. Im mittleren Szenario reduziert sich die Anzahl auf 80.000 Fahrzeuge, im pessimistischen Szenario besteht kein ökonomisches Potenzial bis 2020.
- Für Stadtbusse ist das wirtschaftliche Potenzial im mittleren Szenario unter den getroffenen Annahmen bis 2020 vernachlässigbar. Im optimistischen Szenario könnten bis zum Jahr 2020 etwa 40 Prozent des Gesamtbestandes an Stadtbusen wirtschaftlich mit Elektrobussen betrieben werden. Dieses Potenzial setzt jedoch niedrige Kosten für die Ladeinfrastruktur voraus und berücksichtigt keine möglichen betrieblichen Restriktionen. Im pessimistischen Szenario besteht in diesem Zeitraum kein ökonomisches Potenzial. Elektrische Lkw im städtischen Verteilverkehr können unter den getroffenen Annahmen bis zum Jahr 2020 in keinem Szenario wirtschaftlich betrieben werden.
- Könnte bis 2020 das aus dem optimistischen Szenario abgeleitete Potenzial von 700.000 batterieelektrischen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen erschlossen werden, so wäre dies, unter der Voraussetzung einer vollständigen Bereitstellung des Strombedarfs aus regenerativen Energien, mit einer Minderung der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen im Jahr 2020 um 2,6 Millionen Tonnen verbunden.
- Würde das aus dem optimistischen Szenario abgeleitete Potenzial an Elektrobussen des optimistischen Szenarios bis 2020 vollständig realisiert und der Strombezug aus rein erneuerbaren Quellen sichergestellt werden, könnten im Jahr 2020 etwa 1,3 Millionen Tonnen Treibhausgasemissionen eingespart werden.

Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse fallen insbesondere die großen Unterschiede im ökonomischen Potenzial von Elektromobilität in den drei untersuchten Szenarien (pessimistisch/mittel/optimistisch) auf. Dies weist einerseits auf die hohe Relevanz der variierten Einflussgrößen hin, ist andererseits aber auch ein Indiz für den teilweise relativ geringen Kostenunterschied zwischen der elektrischen und der konventionellen Fahrzeugvariante. Geringfügige Änderungen der Rahmenbedingungen können somit zu verhältnismäßig starken Veränderungen im wirtschaftlichen Potenzial führen.

Neben der Wirtschaftlichkeit ergibt sich bei gewerblichen Fahrzeugen insbesondere bei größeren Fahrzeugen grundsätzlich die Problematik, dass dem ermittelten Potenzial bislang ein sehr begrenztes Modellangebot an Serien- bzw. Kleinserienfahrzeugen gegenüber steht. Dies kann dazu führen, dass das wirtschaftliche Potenzial nicht ausgeschöpft werden kann.

Grundsätzlich zeigt der Gesamtkostenvergleich auf, dass Elektrofahrzeuge in gewerblichen Anwendungen zum Teil heute oder schon bald wirtschaftlich betrieben werden können. Hauptursachen dafür sind im Vergleich zum privaten Einsatz besonders geeignete Fahrzeugnutzungsprofile sowie günstigere finanzielle bzw. steuerliche Rahmenbedingungen. Die Analysen weisen jedoch auch auf die besondere Relevanz der Entwicklung der Energiepreise, des Batteriepreises und der Restwertentwicklung der Fahrzeuge für die Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität hin. Verlässlichere Aussagen zu deren zukünftiger Entwicklung würden die Unwägbarkeiten der Wirtschaftlichkeitsanalysen – und damit die Investitionsrisiken für Un-

ternehmen – reduzieren. Ferner sind jedoch auch weitere nicht-monetäre Nutzungsrestriktionen zu beachten, die die Kaufentscheidung beeinflussen wie z. B. emotionale Faktoren, Risikoaversion, Markenbindung und Modellverfügbarkeit.

Wie die Realität zeigt, werden die identifizierten frühen wirtschaftlichen Potenziale bestimmter Anwendungen bisher in der Praxis nur in einem sehr geringen Maße tatsächlich erschlossen. Der Abbau von Informationsdefiziten, die Verringerung von Vorbehalten bezüglich der Fahrzeugnutzung sowie der verbleibenden Investitionsrisiken stellen daher wichtige Voraussetzungen für den nachhaltigen Markterfolg von Elektrofahrzeugen im Wirtschaftsverkehr dar.

4 Handlungsempfehlungen

Aus den bisher hier dargelegten Ergebnissen des Förderprogramms „IKT für Elektromobilität II“ ergeben sich spezifische Problemstellungen und Arbeitsfelder, für die im Folgenden Handlungsempfehlungen formuliert werden. In diese fließen auch Ergebnisse aus der Studie (Hacker et al. 2015) ein. Am 18. Februar 2015 fand in den Räumen des BMWi ein Workshop zu dieser Studie statt, bei dem rund 150 Experten vordefinierte Handlungsempfehlungen diskutierten und priorisierten.

4.1 Kundenfreundliche öffentliche Ladeinfrastruktur gewährleisten

Das Vertrauen in eine verlässliche, öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur entscheidet mit über den Erfolg der Elektromobilität. Im aktuell frühen Marktstadium ist die Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum jedoch nur in geringem Maß verfügbar. Gemäß dem vierten Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität hat sich der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur in den vergangenen Jahren sogar verlangsamt (NPE 2014, S.22). Eine zusätzliche Hürde stellen unterschiedliche Authentifizierungsverfahren beim Zugang zur Ladeinfrastruktur dar. Die Aktivitäten für einen systemoffenen und übergreifenden Zugang zur öffentlichen Ladeinfrastruktur sind bisher nicht flächendeckend aufeinander abgestimmt. Über den Kilowattstundenpreis für den Verkauf von Strom an öffentlichen Ladesäulen werden die Betreiber die hohen Kosten für den Bau und die Wartung der Ladeinfrastruktur zudem kaum einspielen.

Die Politik hat mit dem Projekt SLAM – Schnellladernetz für Achsen und Metropolen Projekt positive Impulse für den Aufbau von Schnellladestationen an Autobahnen gesetzt, die Metropolregionen miteinander verbinden. An Hauptverkehrsachsen können sich solche Schnellladesäulen lohnen, da dort eine höhere Zahlungsbereitschaft der Kundinnen und Kunden besteht. Aufgrund fehlender tragfähiger Geschäftsmodelle bleibt jedoch die Frage, wie es in der Fläche mit der öffentlichen Ladeinfrastruktur weitergeht. Eventuell ist diese ohne Subventionierungen nicht umsetzbar.

Der Vision, der die ISO/IEC 15118 zugrunde liegt, nämlich die Authentifizierung des Nutzers über den Lade-stecker mittels eines im Fahrzeug befindlichen elektronischen Schlüssels, welcher auch eine automatische Abrechnung des Ladevorgangs ermöglicht, sollte auch bei anderen technischen Lösungen gefolgt werden. D.h. die Nutzung eines öffentlichen Ladepunktes sollte sich für den Fahrer eines Elektrofahrzeugs vergleichbar oder einfacher gestalten als der Tankvorgang eines konventionellen Fahrzeugs. Dafür müssen die unterschiedlichen Zugangssysteme sehr schnell vereinfacht und standardisiert werden, dies kann u. U. die kostenintensive Ausstattung von Ladepunkten mit mehreren Zugangssystemen zur Folge haben. Im Fokus sollte aber immer und konsequent der schnelle Abbau von Nutzungsbarrieren stehen. Im Rahmen einer freiwilligen Selbstvereinbarung sollten verpflichtende Termine gesetzt werden, bei deren Nichteinhaltung der Gesetzgeber tätig werden sollte.

4.2 Komplexität senken – Informationsdefizite beheben

Elektrofahrzeuge werden privat oder gewerblich gekauft oder genutzt. In der gegenwärtigen Markthochlaufphase setzen sich die Käufer dieser Fahrzeuge Risiken aus, zu denen neben der unbekanntem Restwertentwicklung auch zu erwartete Technologiesprünge zählen, die bereits in naher Zukunft zu größeren

Reichweiten und niedrigeren Anschaffungskosten führen könnten. Zusammen mit der originären Kauf- oder Investitionsentscheidung sind aber weitere Entscheidungen zu treffen, die für viele neuartig, aufwendig oder ungewohnt sind. Im Vergleich zur Beschaffung von Verbrennerfahrzeugen bedeutet dies eine wesentlich höhere Kaufschwelle.

Der Privatkäufer eines Elektrofahrzeugs entscheidet sich mit dem Kauf zumeist auch für eine bestimmte Batteriegröße (Reichweite) und einen bestimmten Steckertyp für die Schnellladefähigkeit. Will er zuhause laden, muss er einen elektrisch sicheren Ladepunkt errichten lassen und mit seinem Stromanbieter über günstige Ladetarife verhandeln. Will er zusätzlich unterwegs die öffentliche Ladeinfrastruktur nutzen, muss er sich auf mindestens eins von mehr als zwei Dutzend Zugangssystemen und einen Stromanbieter festlegen. Beim Laden am Arbeitsplatz ist mit dem Arbeitgeber eine Regelung über den gewährten geldwerten Vorteil zu treffen.

In den Unternehmen und Behörden stehen die Einkäufer zusätzlich vor weiteren Fragen. Welche Anforderungen soll die Ladeinfrastruktur auf dem eigenen Betriebsgelände erfüllen? Wer baut diese mit welchen Ladesäulen als zukunftsichere Investition auf? Wird der Ladesäulenbetreiber bei der Abgabe von Strom an Besucher zum Stromhändler, mit den damit verbundenen organisatorischen und steuerrechtlichen Aufwänden? Wie rechnet ein Arbeitnehmer den heimischen Ladevorgang mit seinem Dienstfahrzeug korrekt ab?

Die beschriebene Komplexität sollte auf der Ebene der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) in einem konsensualen und mit Fristen versehenen Prozess abgebaut werden durch:

- aus der Nutzersicht standardisierte, einfache Zugänge zur öffentlichen Ladeinfrastruktur (Stecker, Authentifizierung und Abrechnung) beispielsweise über die Ladeverbindung,
- bundesweit einheitliche Regelungen zur steuerlichen Behandlung von Laden und der identisch ausgelegten Definition von Stromhandel sowie
- der Schaffung von transparenten Angeboten zum Aufbau von privaten oder gewerblich genutzten Ladepunkten.

In der Übergangszeit könnte ein webbasierter Leitfaden für (potenzielle) Nutzer von Elektrofahrzeugen helfen, Informationsdefizite zu beheben. Darin könnte ein Rechner für die Lebenszykluskosten eingebunden sein, mit dem der Anwender Verbrennerfahrzeuge und Elektrofahrzeuge objektiv vergleichen kann.

4.3 Beschaffungsk Kooperationen bilden – Elektroflotten gemeinsam nutzen

Zum 1. Januar 2015 verzeichnete das Kraftfahrtbundesamt bei insgesamt 44,4 Mio. zugelassenen Personenkraftwagen eine Zahl von 107.754 Hybridfahrzeugen (+25,9 % im Vgl. zum Vorjahr) und 18.948 Elektrofahrzeugen (+55,9 % im Vgl. zum Vorjahr): Der Markthochlauf findet also statt. Der Verband der Automobilindustrie (VDA) sieht in Deutschland für Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybridfahrzeuge einen jungen, noch kleinen Markt mit einer hohen Marktdynamik. In keinem anderen Land steht den Kunden dabei eine solche segmentübergreifende Fahrzeugvielfalt zur Auswahl. Bis Ende 2014 brachten die deutschen Hersteller 17 Serienmodelle auf den Markt. Im Jahr 2015 werden zwölf weitere Modelle folgen. Das

im Jahr 2009 formulierte Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 wird allenfalls um wenige Jahre verzögert erreicht werden. Auch die öffentliche Hand kann dazu beitragen, dieses Ziel möglichst schnell zu erreichen.

Nach Schätzung von Experten sind in Deutschland gegenwärtig etwa drei Millionen Fahrzeuge in öffentlichen Flotten und Fuhrparks unterwegs. Das öffentliche Auftragswesen ist verpflichtet, beim Kauf von Fahrzeugen nach dem Gebot der Wirtschaftlichkeit zu handeln. Dieses Gebot schließt die Einbeziehung innovativer Kriterien jedoch explizit ein. Unter Berücksichtigung des mittel- bis langfristigen Nutzwerts und der gesamten Lebenszykluskosten können mit dem Einkauf von Elektrofahrzeugen wirtschaftliche Vorteile verbunden sein. Grund sind die längerfristig niedrigeren Betriebskosten, die Vorteile in der „Total Cost of Ownership“-Betrachtung bringen. Auch der vermiedene Schadstoffausstoß muss in die Bewertung aufgenommen werden. Öffentliche Auftraggeber können die Nachfrage verschiedener (zentraler) Beschaffungsstellen in Beschaffungsk Kooperationen und -initiativen bündeln, um dadurch Kosten zu sparen und ihre Verhandlungsposition aufgrund größerer Abnahmemengen zu stärken. Der daraus erzielte niedrigere Preis kann letztlich den Ausschlag zur Anschaffung innovativer Elektrofahrzeuge geben. Die öffentliche Hand würde hiermit positive Signale senden und Elektromobilität für viele erstmals erfahrbar machen.

Die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen resultiert auch aus ihrer tatsächlichen Auslastung. Dazu kann die behördenübergreifende, gemeinsame Nutzung von Elektrofahrzeugen wichtige Beiträge liefern. In einem Förderprojekt wurde eine Software für die organisationsübergreifende, dynamische Einsatzplanung von Elektrofahrzeugen in gemeinsam genutzten Flotten entwickelt. Dadurch kann ein mobiles und einfaches Zugangs- und Identitätsmanagement, sowohl für den Zugang zu den gemeinsam genutzten Fahrzeugen als auch zur Ladeinfrastruktur über Apps erfolgen.

4.4 Elektrofahrzeuge in die Energieversorgung einbinden

Die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen ist stark von den Stromkosten abhängig. Die Erschließung von Stromkostensenkungspotentialen ermöglicht somit eine schnellere Wirtschaftlichkeit, d.h. bei moderateren Jahresfahrleistungen. Eine intelligente Anbindung von Elektrofahrzeugen an das Stromnetz würde eine Reduzierung der Anschlusskosten und des Netzausbaues ermöglichen, gleichzeitig könnten Ladevorgänge auf Zeiten günstigerer Stromerzeugungskosten verlegt werden oder gar eine Teilnahme am Regenergiemarkt ermöglicht werden.

Durch eine Strompreisflexibilisierung über variable Fahrstromtarife könnten diese Kostenvorteile an den Endkunden weitergegeben werden und somit einen Anreiz für die intelligente Netzintegration von Elektrofahrzeugen darstellen. Variable Stromtarife nach § 40(5) EnWG bedingen jedoch erweiterte Gestaltungsspielräume durch flexible Preisbestandteile. Erste erfolgreiche Ansätze über die Integration von Elektrofahrzeugen als „unterbrechbare Verbrauchseinrichtung“ nach § 14a weisen in die richtige Richtung.

Es bedarf jedoch der Schaffung weiterer Anreizinstrumente für ein netzdienliches Verbraucherverhalten. Dies könnte durch eine netzdienliche Flexibilisierung von Strompreiskomponenten erreicht werden. Daher sollten folgende Handlungsoptionen geprüft werden:

- Einführung leistungsabhängiger Netzentgelte im Niederspannungsnetz
- Reduzierung zusätzlicher Preiskomponenten wie EEG-Umlage, Stromsteuer, etc. für Fahrstromtarife
- Konkretisierung des Rechtsrahmens für „unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen“ nach § 14a EnWG
- Erweiterung des Rechtsrahmens im Sinne „steuerbarer Verbrauchseinrichtungen“

Im Rahmen des Technologieprogramms wurde die Netz- und tarifgesteuerte Ladung von Elektrofahrzeugen untersucht und der verfügbare Rechtsrahmen für „unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen“ nach § 14a EnWG ausgeschöpft.

4.5 Die IKT der Mobilität 2025 entwickeln

Die Vernetzung von Fahrzeugen untereinander, aber auch mit der Verkehrsinfrastruktur sowie verschiedenartiger Clouds schreitet immer weiter voran. Das Fahrzeug wird immer stärker in ein System der Mobilität eingebettet, es interagiert mit seiner Umgebung. Der aktuelle Stand und die erwartete Entwicklung beim Zusammenwirken von Fahrzeug (inkl. Umfelderkennung), Verkehrsinfrastruktur und Kommunikation sowie die daraus entstehenden Dienstleistungen sollten regelmäßig neutral untersucht werden. Ziel ist die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen und Infrastrukturen, die eine führende deutsche Position ermöglichen:

- Smart Traffic: Es gilt die Verkehrsflüsse der Zukunft zu optimieren, eine reine individuelle Routenplanung reicht nicht aus. Übergeordnete Prognosen zur Verkehrsnetzkapazität sind zu erstellen. Verkehrsleitzentralen müssen vernetzt werden, um die Fahrzeuge mit übergeordneten Routenvorschlägen zu organisieren.
- Infotainment: Im Fahrzeug der Zukunft wird Infotainment eine sehr große Rolle spielen. Der Fahrer bzw. dem Fahrer werden laufend aktuelle Nachrichten und Informationen zur Verkehrssituation bereitgestellt. Weiterhin halten Video on Demand, Social Media und das Internet für die Beifahrer Einzug ins Fahrzeug. Diese unterschiedlichen Datenströme müssen priorisiert und sicher übertragen werden.
- Autonomes Fahren: Das autonome Fahrzeug muss seine Umwelt genauestens erkennen – und nutzt hierfür eine Vielzahl an Sensoren. Hohe Datenströme müssen ausgewertet werden (im Fahrzeug und in einer Cloud), um Objekte identifizieren zu können.
- Internet der Dinge und Dienste: Das Auto wird Teil des „Internet of Things“. Es erhält eine Anbindung an soziale Netzwerke, Reiseinformationssysteme, Carsharing-Dienste und Plattformen oder auch die Möglichkeit Stromladestationen und Parkplätze zu reservieren und zu blockieren.

Mindestens für die vier genannten Anwendungsfälle müssen sowohl die Informations- und Kommunikationstechnologien, als auch die organisatorischen und politischen Rahmenbedingungen auf den Prüfstand gestellt werden. Es gilt, ein neues Feld der IKT für Mobilität 2025 zu gestalten.

4.6 Offene Datenschnittstellen definieren

Die IKT heutiger Fahrzeuge basieren auf der evolutionären Entwicklung von mikrocontrollerbasierten Steuergeräten und Bussystemen, sowohl bei klassischen Verbrenner- als auch bei Elektrofahrzeugen. Die Kommunikation im Fahrzeug erfolgt über Bussysteme, die auf standardisierten und genormten Technologien wie CAN, LIN, FlexRay, MOST oder Ethernet basieren. Dateninhalte, die über die standardisierten und genormten Bussysteme übertragen werden, sind jedoch proprietär, so dass i. d. R. ohne Informationen des Herstellers keine Informationen aus einem Fahrzeug in Klartext „mitgelesen“ werden können. Um die Kommunikation zu verstehen, die im Fahrzeug stattfindet, wird die herstellerspezifische Kennmatrix des Bussystems benötigt.

Dem Gesetzgeber ist es mit Blick auf die gesellschaftliche Relevanz des Umweltschutzes gelungen, diese Abschottung der Fahrzeugdaten für eine Anwendung aufzuheben und über die sog. On-Board-Diagnose-Schnittstelle (kurz OBD) eine genormte Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und extern zu realisieren. Über diese Schnittstelle, die weltweit für alle Verbrennerfahrzeuge Pflicht ist, werden Informationen über den Zustand des Motors (Drehzahl, Last, Kraftstoffverbrauch, Abgase, u.v.m.) aber auch Fahrdaten bereitgestellt.

Aktuell existiert weder in den kommerziell erhältlichen noch in den in Förderprojekten entstehenden Elektrofahrzeugen eine frei verfügbare Schnittstelle, die Daten über die aktuelle Fahrzeugsituation zur allgemeinen Verfügung stellt und Prognoseinformationen aus externen Systemen entgegennehmen kann.³

Insbesondere im gewerblichen Einsatz ist das Wissen über den aktuellen IST-Zustand eines Fahrzeugs (inklusive Ladezustand und Leistungsparameter des elektrischen Antriebs), die angeschlossenen und betriebenen Arbeitsgeräte und die transportierte Fracht jedoch von großer wirtschaftlicher Bedeutung in Bezug auf die Planung, Optimierung und Kontrolle der Fahrten. Als Beispiel aus dem konventionellen Fahrzeugbereich seien der FMS-Standard⁴ und die entsprechende standardisierte Schnittstelle in allen schweren Nutzfahrzeugen genannt.

Der Zugang zu Daten elektrisch betriebener Fahrzeuge ist also nicht möglich und stellt ein erhebliches Innovationshemmnis dar. Dies gilt sowohl für Pkw, als auch für Nutzfahrzeuge und Busse. Es wird daher dringend empfohlen, mit allen beteiligten Industriepartnern die Rahmenbedingungen für einen solchen Standard zu diskutieren und umzusetzen.

³ Im Rahmen der Schaufenster Elektromobilität und der Modellregionen wird aktuell über die Nutzung des NOW Minimaldatensatzes zur zentralen Auswertung durch ein Projekt zum zentralen Datenmonitoring (ZDM) diskutiert. Diese Datenfreigabe ist aber auf die zentrale Auswertung der öffentlich geförderten Projekte beschränkt.

⁴ Die Flotten-Management-Schnittstelle (FMS; engl. *fleet management system*) ist eine standardisierte Schnittstelle zu Fahrzeugdaten von schweren Nutzfahrzeugen

4.7 Der Kostensituation begegnen

Elektrische Fahrzeuge sind in der Anschaffung teurer als entsprechende Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben, weisen aber oft geringere Unterhaltskosten auf. Der Kostennachteil von elektrischen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen wird daher mit zunehmender Fahrleistung kleiner. Die für das Erreichen der Wirtschaftlichkeitsschwelle nötige Jahresfahrleistung wird heutzutage jedoch nur in Ausnahmefällen erreicht (Hacker et al. 2015). Der in den letzten Monaten stark gefallene und bislang anhaltend niedrige Ölpreis verschärft momentan die wirtschaftlichen Nachteile von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu herkömmlichen verbrennungsmotorischen Fahrzeugen zusätzlich.

Um die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen bereits kurzfristig zu erhöhen, werden unterschiedliche Maßnahmen diskutiert. So empfiehlt beispielsweise die Nationale Plattform Elektromobilität im vierten Fortschrittsbericht die Einführung einer Sonder-AfA für Elektrofahrzeuge als zentrale Marktanreizmaßnahme (NPE 2014). Diese würde gewerblichen Fahrzeughaltern erlauben, 50 % der Investitionskosten zusätzlich zum regulären Abschreibungsvolumen bereits im Jahr der Anschaffung steuerlich geltend zu machen. Eine Sonder-AfA bietet durch die vorgezogene Abschreibung einen Liquiditäts- und Zinsvorteil. Anders als bisher diskutiert, sind dies die einzigen steuerlichen Vorteile einer Sonder-AfA. In der bisherigen Darstellung wurde nicht berücksichtigt, dass bei einem Wiederverkauf des Fahrzeugs vor einer vollständigen Abschreibung (im Regelfall nach 6 Jahren) die Differenz zwischen Verkaufserlös und Restbuchwert versteuert werden muss. Da bei einer Sonder-AfA der Restbuchwert schneller sinkt, muss beim Wiederverkauf ein höherer Erlös versteuert werden.

Die Einführung einer Sonder-AfA bringt somit zwar steuerliche Vorteile für Elektrofahrzeuge, die allerdings kleiner ausfallen als bislang angenommen und nur in geringem Maße den Gesamtkostennachteil von Elektrofahrzeugen reduzieren. Daher sind zusätzliche Anreize, wie beispielsweise attraktive Fahrstromtarife (siehe 4.4 Elektrofahrzeuge in die Energieversorgung einbinden) nötig, um sich der Wirtschaftlichkeitsschwelle von Elektromobilität weiter anzunähern.

4.8 Fahrzeugangebot an elektrischen Transportern erweitern

Wie die Ergebnisse der Studie des Öko-Institutes e. V. zeigen, kann der Einsatz von elektrischen Fahrzeugvarianten bei leichten Nutzfahrzeugen unter realistischen Rahmenbedingungen wirtschaftlich sein (Hacker et al. 2015). Auch im ersten Zwischenbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE 2010) wurden leichte Nutzfahrzeuge als einer von drei elektrischen Fahrzeugtypen genannt, die zur Erreichung des Ziels von einer Millionen Elektrofahrzeuge bis 2020 erforderlich sind.

Bisher sind jedoch kaum elektrische Serienfahrzeuge verfügbar. Insbesondere bei leichten Transportern der „Sprinter-Klasse“, welche z. B. für Paketzusteller interessant sind, gibt es aktuell kein entsprechendes Elektrofahrzeug deutscher Volumenhersteller. Es stellt sich die Frage, wie die Hersteller einer Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten verschiedener Anwender mit einer möglichst absatzsicheren große Fahrzeugcharge begegnen und in der Entwicklung und Produktion schneller voranschreiten können. Die Herausforderung auf der Herstellerseite sind die finanziellen Risiken, die mit der Konzeption und Produktion neuer Fahrzeuge einhergehen, sei es durch hohe Entwicklungskosten oder durch Investitionen in neue Fertigungslinien.

Um diese Herausforderung zu lösen, könnte ein runder Tisch von großen deutschen Flottenbetreibern und Herstellern einberufen werden. Sein Ziel wäre es, eine Wunschkonfiguration für ein leichtes elektrisches Nutzfahrzeug zu erarbeiten und ein gemeinsames Interesse, samt der damit verbundenen Stückzahlen zu bekunden.

4.9 Standards für Busse setzen – Kosten senken

Ein wichtiges Ergebnis der Studie (Hacker et al. 2015) ist auf den ersten Blick ernüchternd: Für elektrische Stadtbusse ist das wirtschaftliche Potenzial unter den im mittleren Szenario getroffenen Annahmen bis 2020 vernachlässigbar gering. Im pessimistischen Szenario besteht überhaupt kein ökonomisches Potenzial in diesem Zeitraum. Im optimistischen Szenario könnten jedoch bis zum Jahr 2020 etwa 40 Prozent des Gesamtbestandes an Stadtbussen wirtschaftlich mit Elektrobussen betrieben werden. Dieses Potenzial setzt jedoch niedrige Kosten für die Ladeinfrastruktur voraus, die der Bus im Linienbetrieb nutzt.

Für Anwendungen im städtischen Umfeld besitzen Elektrobusse jedoch eine Reihe von Vorteilen, wie zum Beispiel weitgehende Lärm- und Schadstoffemissionsfreiheit. Gerade im Bereich von hochfrequentierten Haltestellen stellt ein geräuscharmer Betrieb der Busse für Anwohner und Wartende einen hohen Mehrwert dar. Diese Vorteile sollten monetär bewertet und bei der Beschaffung berücksichtigt werden. Die höheren Kosten der Beschaffung könnten über kostenpflichtige Zufahrtsregelungen für konventionelle Busse in Innenstädte ausgeglichen werden. Angesichts der hohen spezifischen Batteriekosten bietet die Option kleinerer Batterien, die häufiger nachgeladen werden müssen, wirtschaftliche Betriebsvorteile gegenüber der Variante einer großen Batterie, die ausschließlich nachts geladen wird.

Weiterhin gilt es, die Gesamtkosten der Nutzung (TCO) über folgende Maßnahmen zu reduzieren:

- Einigung auf standardisierte Second-Life-Konzepte zur konsequenten Erschließung des Batterierestwertes.
- Organisation einer überregionalen Kooperation von Verkehrsbetrieben zur Identifikation geeigneter Strecken für Elektrobusse. Über eine hohe Anzahl von Bussen und Strecken können Anschaffungspreise, Installationskosten für die Ladeinfrastruktur und laufende Kosten gesenkt werden.
- Einigung auf technische Standards zur Ladeschnittstelle. Ein Gebrauchtmärkte für Elektrobusse wird nur dann möglich, wenn eine standardisierte Ladeschnittstelle vorhanden ist.
- Die Klimatisierung des Innenraums (Heizung und Kühlung) der Elektrobusse sollte effizienter werden. Zudem sollten Nebenaggregate und Leistungselektronik effizient und langlebig/robust werden. Hier sollte in Forschung und Entwicklung investiert werden.

4.10 Die Elektrifizierung in Nischenbereichen vorantreiben

Die innerhalb der Studie durchgeführten Rechnungen und recherchierten Informationen zu einer Elektrifizierung des Flughafenvorfeldes weisen darauf hin, dass sich in diesem Bereich auch heute schon wirtschaftliche Vorteile ergeben. Im Rahmen der Technologieprogramms IKT für Elektromobilität II wird in einem ähnlichen Anwendungsfeld die Vollelektrifizierung von autonomen Schwerlasttransportern für

Container in einem Hafen untersucht. Oftmals müssen derartige Spezialfahrzeuge ein hohes Eigengewicht besitzen, so dass ein hohes Batteriegewicht sogar von Vorteil ist.

Trotz möglicher Kostenvorteile und weiterer Vorteile in der Nutzung (wie beispielsweise emissionsfreier Betrieb, hohes Drehmoment des Motors und geringe Wartungsintensität) spielen reine Elektrofahrzeuge in diesen Anwendungsfeldern bisher noch eine untergeordnete Rolle. Um die bereits bestehende hohe Elektrifizierungsquote in der Intralogistik bei Flurförderfahrzeugen auf weitere Einsatzgebiete (z. B. Häfen, Flughäfen, Containerumschlagsplätze an Bahnhöfen ...) auszudehnen sollten folgende Punkte berücksichtigt werden.

- Die Ergebnisse von entsprechenden Pilotvorhaben sollten transparent gemacht, und die Wirtschaftlichkeit dieser Anwendungen sollte diskutiert werden.
- Bis das nötige Vertrauen geschaffen ist, sollte der ergänzende Einsatz dieser neuen Technologie (z. B. zu Spitzenzeiten) empfohlen werden.
- In Zusammenspiel der elektrischen (Spezial-)Fahrzeuge mit dem Energiesystem des Betreibers und ggf. vorhandener lokaler Stromerzeuger ergibt sich in solch abgeschlossenen Systemen ein besonders hohes Potenzial für Lastmanagement (Demand Side Management). So können sich Einsparungspotentiale bei Anschluss- und Energiekosten ergeben.

In der Intralogistik liegen auch besonders günstige Bedingungen für Batteriewechselsysteme vor. Hier gilt es über modulare Batteriesysteme und neue Standards marktfähige Angebote bereitzustellen.

5 Ausblick

Nicht nur die Elektromobilität allein bewegt derzeit viele Akteure in Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft – auch ihr erfolgskritischer Zusammenhang mit Informations- und Kommunikationstechnologien wird immer besser begriffen und in zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten auf nationaler und internationaler Ebene adressiert.

Auch wegen der starken Einbeziehung der IKT finden sich in Deutschland sehr gute Voraussetzungen dafür, in absehbarer Zeit tatsächlich zum weltweiten Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu werden. Allerdings haben sich die entsprechenden Forschungsaktivitäten in Deutschland im Lauf der vergangenen Jahre so vielfältig entwickelt und breit aufgefächert, dass ein Überblick über bereits gewonnene Erkenntnisse nicht einfach zu gewinnen ist, wenngleich die Nationale Plattform Elektromobilität weltweit ihresgleichen sucht.

Es ist unbestritten, dass die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Fahrzeugen zu tiefgreifenden Veränderungen in der gesamten automobilen Wertschöpfungskette führen wird. Das Fahrzeug wird immer mehr in ein System der Mobilität integriert, in dem der Wandel nicht nur die Fahrzeug- und Zulieferindustrie selbst betrifft, sondern auch weitreichende Auswirkungen auf andere Industriebranchen wie die Energiewirtschaft oder die IKT-Branche hat.

Insbesondere gewerblich genutzte Fahrzeuge bieten für die Elektromobilität ein großes, bisher noch wenig genutztes Potenzial. Verschiedene Nutzfahrzeugtypen sind nicht nur unter Umweltgesichtspunkten, sondern auch in wirtschaftlicher Hinsicht perspektivisch vorteilhaft. Ihre Fahrstrecken sind meist planbar und sie kehren immer wieder an ihren Ausgangspunkt zurück, so dass sie nicht auf eine öffentliche Ladeinfrastruktur angewiesen sind und relativ einfach als Pufferspeicher in das Stromnetz eingebunden werden können. So fallen die im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen geringeren Betriebskosten stärker ins Gewicht, was dazu beiträgt, die höheren Anschaffungskosten elektrisch angetriebener Fahrzeuge auszugleichen. Das kürzlich vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ausgeschriebene Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität III“ setzt genau an dieser Stelle an. Es zielt auf die Einbindung von gewerblichen Elektrofahrzeugen in Logistik-, Energie- und Mobilitäts-Infrastrukturen.

Nach dem ersten großen Hype und der darauffolgenden Anpassung der Erwartungen gegenüber der Elektromobilität nimmt deren Umsetzung in Deutschland Fahrt auf. Die Möglichkeiten einer konvergenten IKT unterstützen diese dabei maßgeblich. Als Impulsgeber und Integratoren beschleunigen sie die Fahrt in eine elektromobile Zukunft mit Sicherheit.

Literaturverzeichnis

(Hacker et al. 2015): Hacker, F.; von Waldenfels, R; Mottschall, M. Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen. Öko-Institut e. V., 2015.

(NPE 2010): Nationale Plattform Elektromobilität (NPE). Zwischenbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität, Berlin, 2010.

(NPE 2011): Nationale Plattform Elektromobilität (NPE). Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität, Berlin, 2011.

(NPE 2014): Nationale Plattform Elektromobilität (NPE). Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung, Berlin, 2014.

(Schlesinger et al. 2014): Schlesinger, M.; Hofer, P.; Kemmler, A.; Kirchner, A.; Koziel, S.; Ley, A.; Piégua, A.; Seefeldt, F.; Straßburg, S.; Weinert, K.; Lindenberger, D.; Knaut, A.; Malischek, R.; Nick, S.; Panke, T.; Paulus, S.; Tode, C.; Wagner, J.; Lutz, C.; Lehr, U. & Ulrich, P. Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Endbericht. Basel, Köln, Osnabrück: Prognos AG; Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI); Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS), 2014

Anhang

Projektübersicht IKT für Elektromobilität II

Adaptive City Mobility

Vision einer neuen Mobilität in Großstädten



- Flexibles Leichtfahrzeug für die Stadt
- Manuelles Batteriewechselsystem
- Selbstlernende IKT-Einbindung
- Skalierbares Geschäftsmodell mit Stadtlizenzen

Konsortialpartner:

VISPIRON CARSYNC GmbH (Konsortialführer), BMZ Batterie-Montage-Zentrum GmbH, Fraunhofer-Gesellschaft e. V., Heinzmann GmbH & Co. KG, Roding Automobile GmbH

BESIC

Wirtschaftliche und umweltfreundliche Elektromobilität im Containerterminal

- Containertransport mit Ökostromspitzen
- Intelligente Betriebsweisen und Ladestrategien
- Batterieelektrische Schwerlastfahrzeuge (Nutzlast: 70 t)
- Vergleichender Test von Blei- und Li-Ionen-Batterien

Konsortialpartner:

HHLA Container-Terminal Altenwerder GmbH (Konsortialführer), Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Georg-August-Universität Göttingen, Terex MHPS GmbH, TU Clausthal, Vattenfall Europe Innovation GmbH

econnect Germany

Stadtwerke machen Deutschland elektromobil



- Integration in intelligente Stromnetze
- Roaming-Plattform e-clearing.net
- Intelligente Ladevorgänge und Flottenmanagement
- Elektrobusse für den ÖPNV
- Parkhaus der Zukunft
- Dynamische Tarifierung

Konsortialpartner:

smartlab Innovationsgesellschaft mbH (Konsortialführer), ABB AG, Allgäuer Überlandwerk GmbH, Energieversorgung Sylt GmbH, FH Kempten, HaCon Ingenieurgesellschaft mbH, Hochschule Trier, John Deere GmbH & Co. KG, Kellendonk Elektronik GmbH, MSR-Solutions GmbH, Phoenix Contact Electronics GmbH, PSI AG, RWTH Aachen, Schleupen AG, Siemens AG, Soloplan GmbH, STAWAG Stadtwerke Aachen AG, Stadtwerke Duisburg AG, Stadtwerke Leipzig GmbH, Stadtwerke Osnabrück AG, Stadtwerke Trier AÖR, Universität Duisburg-Essen

IRENE

Integration regenerativer Energien und Elektromobilität



- Elektrofahrzeuge können in vergleichbaren Netzen mit der in 2020 für Deutschland erwarteten bzw. gewünschten Dichte ohne weiteren Netzausbau betrieben werden.
- Aktive Verteilernetze mit Echtzeit-Messung und -Regelung können signifikant Netzausbaukosten sparen und die Aufnahmefähigkeit für erneuerbare Energien massiv erhöhen.
- Für eine wirksame und stabile Regelung eines intelligenten Verteilernetzes ist eine aufwändige Smart Meter Infrastruktur nicht notwendig.
- Batteriespeichersysteme eröffnen viele neue Möglichkeiten zur Netzbetriebsführung, stellen aber heute keine wirtschaftlich sinnvolle Alternative für die ausschließliche Lösung von Spannungs- und Leistungsproblemen dar.
- Standardisierte Lösungen können in vielen Fällen eingesetzt werden, erfüllen aber derzeit nicht vollumfänglich die für intelligente Netze notwendigen Anforderungen

Konsortialpartner:

Allgäuer Überlandwerk GmbH (Konsortialführer), Hochschule Kempten, RWTH Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Siemens AG

IZEUS

Intelligente Verkehrsplanung und -lenkung mit Strom



- Verbindung von Verkehrs- und Energiesystemen
- Innovative Netzintegrationskonzepte mit bidirektionalen Ladegeräten
- Flottenenergiemanagement
- Stationärer Li-Ionen-Batteriespeicher

Konsortialpartner:

EnBW Energie Baden-Württemberg AG (Konsortialführer), Adam Opel AG, ads-tec GmbH, Daimler AG, Fraunhofer-Gesellschaft e. V., Karlsruher Institut für Technologie (KIT), PTV Planung Transport Verkehr AG, SAP AG, TWT GmbH Science & Innovation

LokSMART Jetzt!

Kraft-Wärme-Kopplung, regenerative Quellen und Elektromobilität



- Pufferung lokal erzeugter Energie in Batteriespeicher
- Bidirektionale Gleichstrom-Schnellladung mit dem Elektroauto
- Fokus auf gewerbliche Anwendungen
- Analyse und Prognose des Marktpotenzials

Konsortialpartner:

Planungsbüro Koenzen (Konsortialführer), Hochschule Osnabrück, SenerTec Center Sachsen e. K., Stadtwerke Hilden GmbH, Westsächsische Hochschule Zwickau (FH)

Mobility Broker

Per App unterwegs: Mobilität inter- und intraregional gestalten



- Digitaler „Marktplatz“ für alle Mobilitätsangebote einer Region
- Systemarchitektur für Buchung und Abrechnung
- Standardisierte Schnittstellen
- Pilotversuch: Mobilpunkte an der RWTH Aachen University

Konsortialpartner:

ASEAG Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG (Konsortialführer), IVU Traffic Technologies AG, regio iT gesellschaft für informationstechnologie mbH, RWTH Aachen, Stadtwerke Osnabrück AG

Open ECOSPHERE

Elektrofahrzeuge als Verbraucher und Speicher erneuerbarer Energien



- Energiemanagementlösungen zur Ladeplanung für Fahrzeugpools
- Einsatzstrategien für Systemdienstleistungen durch Elektrofahrzeuge
- Neue Services wie bargeldlosen Zahlen, Plug & Charge
- Umsetzung von „1-click-Anwendungen“

Konsortialpartner:

RWE Effizienz GmbH (Konsortialführer), Continental Automotive GmbH, Ewald Consulting GmbH & Co. KG, Power PLUS Communications AG, RWTH Aachen, SAP AG, TU Dortmund

O(SC)2ar

Mehrwertdienste dank cloudbasierter Smartphone-Apps



- Neue offene IKTEE-Architektur für Elektrofahrzeuge
- Funktionserweiterung der Elektrofahrzeuge durch Apps
- Verbesserte Diagnosemöglichkeiten und Vorabdiagnose
- Verbesserte Reichweitenprognose durch Cloud-Daten
- Integration der RACE Architecture in StreetScooter

Konsortialpartner:

StreetScooter GmbH (Konsortialführer), DEE Dräxlmaier Elektrik- und Elektroniksysteme GmbH, FEV GmbH, Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e. V., Hans Hess Autoteile GmbH, QSC AG, regio iT gesellschaft für informationstechnologie mbH, RWTH Aachen

RACE

Neue IKT-Architektur für Elektrofahrzeuge



- Einheitliche, offene Basisplattform für eine Komplexitätsreduktion der IKT-Architektur
- Unterstützung neuer, komplexer Funktionen (z. B. autonomes Parken)
- Plug & Play- und Zulassungsfähigkeit
- Darstellung eines Migrationspfades
- Zusammenarbeit mit ACM und O(SC)2ar

Konsortialpartner:

Siemens AG (Konsortialführer), AVL Software and Functions GmbH, fortiss GmbH, Fraunhofer-Gesellschaft e. V., Lucas Varsity GmbH, RWTH Aachen, TU München, Universität Stuttgart

SecMobil

IT-Sicherheit für Elektromobilität



- Technologien zur vertrauenswürdigen, kostengünstigen Stromerfassung
- Sichere Zusatzdienste durch Security-Basistechnologien im Fahrzeug
- Security-Basistechnologien für die Infrastruktur und für Dienste
- Support für alle Projekte im Technologieprogramm

Konsortialpartner:

ESCRYPT GmbH – Embedded Security (Konsortialführer), Daimler AG, ELMOS Semiconductor AG (bis 2012), Ruhr-Universität Bochum, smartlab Innovationsgesellschaft mbH, Westfälische Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen

SESAM

Ein Traktor für die Stromernte

- Vision des energieautonomen landwirtschaftlichen Betriebs
- Aufbau und Erprobung eines voll(-batterie-)elektrischen Traktors
- Entwicklung und Netzanbindung des Batteriesystems
- Konzeptstudie für einen kabelgeführten Traktor

Konsortialpartner:

John Deere GmbH & Co. KG (Konsortialführer), B.A.U.M. Consult GmbH, TU Kaiserslautern

Shared E-Fleet

Die „grünen“ Dienstwagenflotten von morgen



- Cloud-basiertes Management unternehmensübergreifender Flotten
- Dynamische Einsatzplanung und Energiemanagement
- Intelligente Ladesteuerung und komfortables Buchen
- Integration in intelligente Verkehrssysteme
- Transparentes Trustcenter basiertes Berechtigungsmanagement

Konsortialpartner:

Carano Software Solutions GmbH (Konsortialführer), baimos technologies gmbh, Fraunhofer-Gesellschaft e. V., Ludwig-Maximilians-Universität München, Marquardt GmbH, MGH-Münchner Gewerbehof- und Technologiezentrumsgesellschaft mbH, Siemens AG, STEP Stuttgarter Engineering Park GmbH, TWT GmbH Science & Innovation

SMART CITY LOGISTIK Erfurt

Elektrofahrzeuge in der innerstädtischen Logistik



- IT-Systemplattform für das intelligente Flottenmanagement mit serviceorientierter Architektur
- Konfigurierbare Schnittstellen in Bestandssysteme und die Einbindung externer Datenquellen (Verkehr und Wetter)
- Fahrerassistenzsystem und automatisierte Frachtüberwachung
- Geschäftsmodelle für verschiedene logistische Anwendungsszenarien
- Kooperation mit sMobility zu Routing und Verkehrsflussanalyse

Konsortialpartner:

DAKO Systemtechnik und Service GmbH & Co. KG (Konsortialführer), BTF GmbH & Co. KG, ELOG Systembetrieb GmbH, EPSa Elektronik & Präzisionsbau Saalfeld GmbH, FH Erfurt, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Navimatix GmbH, TVT Tabakwarenvertriebsgesellschaft Thüringen mbH & Co. KG

sMobility

Smart Nutzung vorhandener Strukturen



- Cloudbasierte offene System- und Serviceplattform zur Vernetzung vorhandener Infrastrukturen
- Navigationslösung mit lokalen Verkehrslagedaten aus der Verkehrs-Infrastruktur „taktile Straße“
- Netzdienliches, gesteuertes Laden im häuslichen Umfeld
- Kooperation mit SMART CITY LOGISTIK Erfurt zu
- Routing und Verkehrsflussprognose

Konsortialpartner:

INNOMAN GmbH (Konsortialführer), ACX GmbH, Bauhaus-Universität Weimar, envia Mitteldeutsche Energie AG, EPSa Elektronik & Präzisionsbau Saalfeld GmbH, Fraunhofer-Gesellschaft e. V., HKW-Elektronik GmbH, IMMS GmbH, Landeshauptstadt Erfurt, TAF mobile GmbH

sms&charge

Zeitabhängiges Abrechnen von Ladevorgängen über die Mobilfunkrechnung



- Diskriminierungsfreier Zugang zur Ladesäule – ohne Registrierung
- Kostengünstige und transparente Abrechnung über die Mobilfunkrechnung
- Individuelle Tarifierung und zeitbasierte Bezahlung
- Steuerung des Ladevorganges über das Mobiltelefon

Konsortialpartner:

Elektro-Bauelemente GmbH (Konsortialführer), Allgäuer Überlandwerk GmbH, EWE AG, sunhill technologies GmbH, TU Dortmund

VEM

Mit dem E-Taxi durch die Stadt



- Simulation des Verhaltens von Elektrofahrzeugen inkl. der notwendigen Infrastruktur
- Vergleich von Fahrzeugarchitekturen
- Evaluation vielfältiger Anwendungsszenarien
- Akzeptanzuntersuchung mit direktem Anwenderfeedback
- Routing und Verkehrsflussanalyse

Konsortialpartner:

Stadtwerke München GmbH (Konsortialführer), Handwerkskammer für München und Oberbayern, Taxi-Verband München e. V., TU München

