

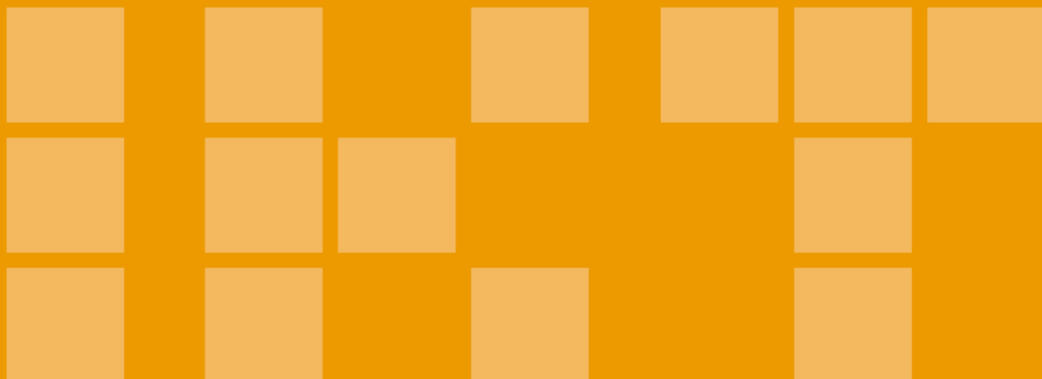


Vision IKT für Elektromobilität

**im BMWi Förderprogramm IKT für Elektromobilität II:
Smart Car – Smart Grid – Smart Traffic**

Szenarien, Basisinnovationen und
Expertenbewertung

Sand: Februar 2016



Autor:

Dr. Patrick Ester (VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.)
Geschäftsstelle der Begleitforschung IKT für Elektromobilität II
Bismarckstraße 33
10625 Berlin

Mit Beiträgen von:

Dr. Thomas Becker (DAKO Systemtechnik und Service GmbH)
Dr. Thomas Becks (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Dr. Patrick Ester (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Hauke Hinrichs (smartlab Innovationsgesellschaft mbH)
Dr. Cornel Klein (Siemens AG)
Uwe Koenzen (Broedersdorff & Koenzen GmbH/Planungsbüro Koenzen)
Karl-Josef Kuhn (Siemens AG)
Paul Leibold (Vispiron GmbH)
Norman Natzke (Carano Software Solutions GmbH)
Prof. Dr.-Ing. Peter Pickel (John Deere European Technology Innovation Center)
Ehsan Rahimzei (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Frank Schnellhardt (INNOMAN GmbH)
Dr. Moritz Vogel (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)
Boris Wulff (HHLA Container- Terminal Altenwerder GmbH)

Inhaltsverzeichnis

1	Studiendesgin und Ergebnisse	1
2	Szenarien der IKT für Elektromobilität	3
2.1	Grundannahmen der Vision IKT für Elektromobilität	3
2.2	Flexible Leichtfahrzeuge für die Stadt.....	4
2.3	Vollelektrische Traktoren für eine energieautarke Landwirtschaft	4
2.4	Emissionsfreie (Schwerlast-) Fahrzeuge in abgeschlossenen Verkehrssystemen.....	4
2.5	Intelligente City-Logistik.....	5
2.6	Gemeinsame Fahrzeugflotten sind rentabel	5
2.7	Elektroautos unterstützen erneuerbare Energien	5
2.8	Moderne Fahrzeugelektronik: das Fahrzeug als mobiles Endgerät	5
2.9	Individuelle, ökologische Mobilität ohne eigenes Auto	6
2.10	Elektrische Busse.....	6
3	Basisinnovationen und Expertenbewertung	7
3.1	Kundenakzeptanz.....	8
3.2	Intermodalität und Sharing von Flotten	8
3.3	Ladeinfrastruktur	9
3.4	Energie/Smart Grid	9
3.5	Batterie	10
3.6	Daten und Vernetzung	10
3.7	Markt	11
3.8	Regulierung.....	11
3.9	Fahrzeugtechnologie.....	12
4	Anhang.....	13
4.1	Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität II“	13
4.2	Projekte des Technologieprogramms IKT für Elektromobilität II.....	14

1 Studiendesgin und Ergebnisse

Klimaschutz, Energiewende und Energieeffizienz treiben weltweit den Wandel in der Entwicklung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren zu Elektro- und Hybridfahrzeugen. Für die Autobauernation Deutschland, die lange Zeit auf Diesel als zentrale Zukunftstechnologie gesetzt hat, bedeutet der Durchbruch der Elektromobilität eine große wirtschafts- und gesellschaftspolitische Herausforderung. Er ist nur in einer abgestimmten Vorgehensweise zwischen Wissenschaft, Industrie sowie Politik möglich. Als disruptive Innovation verändert die Elektromobilität gleich mehrere Branchen in ihren Strukturen und Wertschöpfungsketten. Die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) werden als Schlüssel zum Erfolg gesehen, da diese nicht nur neue Funktionalitäten im Fahrzeug selbst ermöglichen, sondern auch das Fahrzeug mit den Verkehrssystemen und der Energieinfrastruktur zu einem „smarten“ System verknüpfen. Bereits seit 2009 fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) diese intelligente Verknüpfung mit den Programmen ‚IKT für Elektromobilität‘ in seinen Phasen I und II über Forschungsprojekte zu den informations- und kommunikationstechnischen Grundlagen der Elektromobilität. Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft haben in dieser Zeit gemeinsam Fragestellungen zum IKT-gestützten Zusammenspiel der Komponenten des Gesamtsystems Elektromobilität erforscht.

Für den Durchbruch der systemischen Innovation Elektromobilität müssen in allen betroffenen Bereichen Veränderungen erfolgen. Neben den schon länger diskutierten Regelungen des Eich- und Steuerrecht sollten technologische Fortschritte (Fahrzeug, Batterien, Ladeinfrastruktur,...) sowie die Integration in Verkehrs- und Energieinfrastrukturen zeitlich abgestimmt erfolgen. Diese Entwicklungen sind grundlegend, um die Kundenakzeptanz zur Elektromobilität positiv zu beeinflussen und letztlich einen flächendeckenden Durchbruch der Elektromobilität zu ermöglichen.

Das vorliegende Papier beschreibt eine Vision für die IKT für Elektromobilität mit einer sehr eingängigen Annahme: **Alle geförderten Projekte der zweiten Phase des Technologieprogramms haben Markterfolg und sind im täglichen Leben und im Straßenbild etabliert.** Diese Annahme wird in zehn verschiedenen Szenarien (in Kapitel 2) beschrieben, angefangen von elektrisch angetriebenen Leicht- und Schwerlastfahrzeugen, über die Integration der Elektromobilität in die Energienetze bis hin zu Carsharing und Mobilität ohne eigenes Automobil. In jedem dieser Szenarien sind Innovationen alltäglich geworden. Einige Innovationen können zeitnah umgesetzt werden, andere später, manche haben noch einen langen Weg bis zur Umsetzung. Die einzelnen Basis-Innovationen der beschriebenen Szenarien wurden im vorliegenden Papier in 8 Bereiche geclustert und von insgesamt 95 Experten bzgl. ihres Marktdurchbruchs eingeschätzt (Kapitel 3).

Nach den hohen Erwartungen aus den Gründungsjahren der NPE bezüglich Marktankündigungen und Stückzahlen zeigt diese Studie deutlich, dass die einzelnen Innovationen Hand in Hand umgesetzt werden müssen. Die Ergebnisse der Expertenumfrage zeigen deutlich, dass der Elektromobilität weiterhin großes Potenzial beigemessen wird. Die Verfügbarkeit, Qualität und Kosten der Batterie werden in den kommenden Jahren besser werden, erst dann wird die Reichweitenangst geheilt sein. Die Fragen der steuer- und energierechtlichen Behandlung des Ladens beim Arbeitgeber müssen ebenfalls geklärt sein, bevor der Kunde reine Elektrofahrzeuge beim Kauf in Betracht zieht. Die Ladeinfrastruktur wird sich nur langsam mit den steigenden Fahrzeugzahlen mit entwickeln. Die Elektromobilität hat die Chance Teil der Energiewende zu werden. Ebenso werden die Fahrzeuge weiter vernetzt. Die wichtigsten und überraschendsten Ergebnisse der Experteneinschätzung im Überblick:

- **Kundenakzeptanz:** Die Reichweitenangst wird erst im Jahr 2020 ‚geheilt‘ sein, erst dann zieht der Kunde reine Elektrofahrzeuge in Betracht.
- **Ladeinfrastruktur:** Ebenfalls erst im Jahr 2020 ist das Roaming flächendeckend in Deutschland gelöst, zwei Jahre später in Europa. Eine Echtzeit-Pol-Datenbank wird 2019 vorhanden sein, dann ist es ebenfalls möglich Ladepunkte zu Reservieren und Blockieren. Eine ausreichende Ladeinfrastruktur für Normalladen wird bis 2019 vorhanden sein, für Schnellladung 2022. Auch mit der aktuellen Diskussion um die Ladesäulenverordnung wird es keine schnelle Lösung für einen einheitlichen Stecker (CCS/CHAdeMO) geben (2023).
- **Energie/Smart Grid:** Die Elektromobilität kann Teil der Energiewende sein, allerdings erst wenn eine signifikante Anzahl von Fahrzeugen vorhanden ist. Dies wird nicht vor dem Jahr 2024 erwartet. Die Energiepreise bleiben in den nächsten 5 Jahren niedrig.
- **Batterien:** Die Zyklenfestigkeit, Verfügbarkeit und Qualität ist für PKW-Anwendungen ab dem Jahr 2020 kein begrenzender Faktor mehr. Preisparität bei der Anschaffung von Fahrzeugen wird schon für das Jahr 2022 erwartet. 2025 werden Post-Li-Ionen Technologien den Durchbruch haben. Eine Zellproduktion ist in Deutschland nicht vor 2024 konkurrenzfähig.
- **Daten/Vernetzung:** Die Vernetzung von Fahrzeugen wird weiter voranschreiten. Der Eigentum von Fahrzeugdaten wird 2020 geklärt sein, dann kann auch auf diese Daten per standardisierte Schnittstelle zugegriffen werden. Kooperative Entscheidungen zw. Fahrzeugen und auch mit der Infrastruktur werden 2023 möglich, eine ausreichende Anzahl von Fahrzeugen wird es 2025 geben.
- **Markt:** Der Mehrpreis von reinen Batteriefahrzeugen ist 2022 nicht mehr ausschlaggebend, dann wird es in allen Fahrzeugklassen Modelle geben. Die Zielmarke von einer Millionen Fahrzeugen wird 2024 erreicht, die zweite Millionen erfolgt dann 2,5 Jahre später. Mit einer Kaufprämie von 5000 € wird das Millionenziel 2021 erreicht (2,5 Jahre früher). Einen Markt für stationäre Batterien gibt es ab 2020.
- **Regulierung:** Die Lösung der steuer- und eichrechtlichen Fragestellungen des Ladens beim Arbeitgeber wird nach Einschätzung der Experten erst 2019 erfolgen.
- **Fahrzeugtechnologie:** Die Fahrerassistenzsysteme werden weiter Einzug in das Fahrzeug halten. Bedingt automatisiertes Fahren wird im Jahr 2020 auf den Straßen sein, hochautomatisiertes Fahren im Jahr 2023, das vollautomatisierte Fahren 2026. Dafür notwendig ist eine hochgenaue Lokalisierung der Fahrzeuge, die im Jahr 2020 etabliert sein wird. Batteriewechselsysteme werden erst später für LKW und Busse in Frage kommen (2023).

Insgesamt schätzen die Experten die Elektromobilität positiv ein, wenn auch sehr zurückhaltend. Es wird nicht mit einem zeitnahen Durchbruch gerechnet. Dieser erfolgt laut Experteneinschätzung erst in den Jahren **2020 bis 2022**. Grundlegende Hemmnisse, wie z. B. die Preis, Zyklenfestigkeit und Qualität der Batterie werden dann komplett überwunden sein, die Reichweitenangst ist dann ebenfalls kein Thema mehr. Es werden reine Elektrofahrzeuge in allen Klassen angeboten, zudem wird ausreichend Ladeinfrastruktur vorhanden sein. Ohne weitere Kaufanreize wird erst dann der echte Markthochlauf beginnen, die Marke von einer Millionen E-Fahrzeugen wird nach Einschätzung der Experten 2024 erreicht. Durchaus positiv wird auch der Trend zur weiteren Vernetzung von Fahrzeugen eingeschätzt.

Im Rahmen des Innovations(T)Raum Elektromobilität 2015 wurde gemeinsam mit den Projekten das Positionspapier IKT für Elektromobilität (Downloadbar unter: www.ikt-em.de) erarbeitet. Hier wurden neben den zehn wichtigsten Erfolgen des Technologieprogramms IKT EM II auch zehn Handlungsempfehlungen formuliert. So wurden neben einer kundenfreundlichen Ladeinfrastruktur, der stärkeren Einbindung von Elektrofahrzeugen in die Energieinfrastrukturen auch die Empfehlung eines Runden Tisches für elektrische Transport- und Nutzfahrzeuge abgegeben. Mit den Ergebnissen der hier durchgeführten Umfrage

zeichnet sich ein deutlich differenziertes Bild der zu erwartenden Entwicklung ab. Auf dieser Basis lassen sich fundierte Annahmen für die Verwertungsperspektiven der beteiligten Projektpartner ableiten, aber auch Aussagen über die prioritären Handlungsfelder der nächsten Jahre. Diese stellen zugleich auch die primären Handlungsfelder dar, die in der Begleitforschung zum kürzlich gestarteten Technologieprogramm IKT EM III (Einbindung von gewerblichen Elektrofahrzeugen in Logistik-, Energie- und Mobilitätsinfrastrukturen) aufgenommen und bearbeitet werden müssen. Das vorliegende Visionspapier soll bewusst den Startpunkt für eine weiterführende Diskussion setzen.

2 Szenarien der IKT für Elektromobilität

Das in Kapitel 4.1 beschriebene Technologieprogramm IKT für Elektromobilität II setzt seinen Schwerpunkt auf die Bereiche Smart Car, Smart Grid und Smart Traffic. Die in diesem Programm geförderten Projekte (siehe Kapitel 4.2) haben sich zum Ziel gesetzt, die Bereiche Fahrzeug, Verkehr und Energie zusammenzuführen. In diesem Kapitel wird eine Vision in neun Szenarien beschrieben, in der alle Forschungsansätze der Technologieprojekte Markterfolg haben. Allen Szenarien gemeinsam sind einige Grundannahmen, die zunächst beschrieben werden.

2.1 Grundannahmen der Vision IKT für Elektromobilität

1. Alle geförderten Projekte der zweiten Phase des Technologieprogramms IKT für Elektromobilität haben sich am Markt etabliert, Sie sind im Leben und im Straßenbild alltäglich.
2. Moderne Fahrerassistenzsysteme und Verkehrsmanagement tragen wesentlich dazu bei, dass bei nahezu unverändertem Ausbaustand des Straßennetzes ein Verkehrskollaps in Deutschland vermieden werden kann. Anders als für internationale Megacitys erwartet, wird sich in Deutschland der Individualverkehr per Auto, per Bahn und der ÖPNV gemeinsam weiter entwickeln. Intermodales Reisen ist auch für Geschäftsreisen normal, das eigene Auto wird durch Sharing-Angebote ergänzt, aber nicht (komplett) ersetzt.
3. Einfach Strom tanken: Diese grundlegende Voraussetzung zur breiten Marktdurchdringung wird zurzeit intensiv bearbeitet, ohne dass aktuell ein tragfähiges Geschäftsmodell für die Ladung abzusehen ist. Nichtsdestotrotz ist die Erwartungshaltung sehr positiv. Die heute etablierten Roaming-Plattformen haben erkannt, dass eine Zusammenarbeit Vorteile für alle Partner und für die Elektromobilität insgesamt aufweist. Hierzu wurden bereits europäische Initiativen gestartet. Es wird erwartet, dass in der Zukunft einfaches Strom tanken inklusive Abrechnung möglich ist.
4. Aufgrund der zu erwartenden weiteren Batterieentwicklung werden Robustheit und Zyklfestigkeit/Lebensdauer der Batterien keine kritischen Faktoren für PKWs mehr sein. Fraglich ist aber weiterhin die Verfügbarkeit von großen Systemen (bsp. für Schwerlastfahrzeuge) in großen Stückzahlen. Die Fragestellungen nach einer Verfügbarkeit der Zelle aus deutscher oder europäischer Produktion sind nicht Teil dieser Betrachtung.
5. Schnell Strom tanken: Ebenfalls aufgrund der fortschreitenden Batterieentwicklung werden in den nächsten Jahren immer höhere Ladeströme möglich, die typische Ladezeiten in die Größenordnung regulärer Tankzeiten für Benzin und Diesel rücken. Hierzu werden die jeweiligen Standards entwickelt, und sind daher nicht Teil dieser Betrachtung.
6. Wie auch heute schon wird die Einführung neuer Technologien künftig von der grundlegenden Erfüllung von Datenschutz und IT-Sicherheit begleitet. Beide Themen sind äußerst relevant, und werden aufgrund von kontinuierlicher Innovation niemals „abgeschlossen“ sein. Dies ist daher nicht Teil der Betrachtung, als Annahme wird die Privatsphäre als geschützt angenommen.

2.2 Flexible Leichtfahrzeuge für die Stadt

Elektrisch angetriebene Leichtfahrzeuge (L7e¹) für den innerstädtischen Verkehr sind etabliert. Vorrangiger Einsatz der Fahrzeuge sind Taxen (drei Personen und Gepäck) und Lieferfahrzeuge für die Feinverteilung, sie werden jedoch auch für Städtetouren in der Touristik oder als Car-Sharing Fahrzeug eingesetzt. Die Reichweite der Fahrzeuge ist in diesem Einsatzszenario kein limitierender Faktor, da sowohl ausreichend Batteriekapazität als auch alltagstaugliche Batteriewechselsysteme (insbesondere für den Taxieinsatz im Mehrschichtbetrieb) und eine ausgereifte Ladeinfrastruktur vorhanden sind. Natürlich sind die Fahrzeuge vernetzt und können den Passagieren Mehrwertdienste bieten. Auch innerhalb der Fahrzeuge haben sich Innovationen durchgesetzt, die 48 V Technologie für den Antriebsstrang hat Ihre Vorteile in Bezug auf Wartung und Robustheit unter Beweis gestellt und stellt keinen kritischen wirtschaftlichen Faktor mehr da.

2.3 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 sind neben einem stationären Energiespeicher die wesentlichen Elemente der energieautarken Landwirtschaft. Elektrisch angetriebene Traktoren haben sich als zentrale Elemente für die landwirtschaftlichen Betriebe etabliert, die sich vollständig mit Energie aus eigenen erneuerbaren Quellen versorgen (Biogasanlagen, Solaranlagen, Windräder). Hierdurch ist eine wesentliche Reduzierung der Energiekosten möglich. Der selbst gewonnene Strom wird in Batterien gespeichert und steht somit dem Hof (z.B. Ställen) zur Verfügung. Zudem dient er der Aufladung der Traktoren. Alternativ kann der Strom dem kabelgebundenen Traktor auf dem Feld zugeführt werden.

2.4 Emissionsfreie (Schwerlast-) Fahrzeuge in abgeschlossenen Verkehrssystemen

Container mit einem Gesamtgewicht von bis zu 70 Tonnen werden mit einer Geschwindigkeit von 21 km/h fahrerlos ohne Abgase und nahezu geräuschlos durch den Hafen gefahren. Die Batterien eines Batteriewechselsystems bilden ein virtuelles Kraftwerk und eröffnen neue wirtschaftliche Potenziale. In geschlossenen und weitgehend automatisierten Logistiksystemen wie z.B. Hafenbetrieben und Flughäfen sind elektrisch angetriebene Fahrzeuge der Standard. Früher wurden AGVs² diesel-elektrisch betrieben, heute werden ausschließlich elektrische Antriebe benutzt. Die Batterietechnologie hat sich bewährt und neben ökologischen auch zu sichtbaren Kostenvorteilen geführt. Eine IKT-gestützte Steuerung der Ladevorgänge sorgt bidirektional dafür, dass die Batterien geladen werden, wenn Ökostromspitzen z.B. aus küstennahen Windkraftwerken im Netz sind, oder aber bei Flaute Strom ins Netz zurückgespeist wird. So wird das Containerterminal als virtueller Speicher zum Teil der Energiewende. Aber nicht nur in Häfen sondern auch in anderen abgeschlossenen Verkehrssystemen wie z. B. Flughäfen haben sich elektrische Antriebe sowohl für die Schwerlastfahrzeuge als auch für weitere Einsatzfahrzeuge etabliert.

¹ Vierrädriges Kraftfahrzeug (das nicht unter L6e fällt) mit einer Leermasse bis 400 kg (bis 550 kg für Güterbeförderung) ohne Batterien bei Elektrofahrzeugen und max. Nutzleistung bis zu 15 kW

² Ein fahrerloses Transportfahrzeug (engl. Automated Guided Vehicle, AGV) ist ein flurgebundenes Fördermittel mit eigenem Fährantrieb, das automatisch gesteuert und berührungslos geführt wird.

2.5 Intelligente City-Logistik

Durch eine optimale Routen- und Einsatzplanung sind gewerblich genutzte Elektrofahrzeuge in innerstädtischen Logistikketten nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch gegenüber Verbrennungsfahrzeugen von Vorteil. Fahrerassistenzsysteme, automatisierte Frachtüberwachung und aktive Schnittstellen zu vorhandenen Verkehrsleitsystemen sind die Voraussetzungen, um die Fracht schnell, sicher und ökologisch zu ihrem Adressaten zu bringen. Software-Applikationen erfassen und überwachen den aktuellen Verkehrsfluss, den Ladezustand und das Fahrverhalten in Echtzeit und gleichen dies mit den Bedürfnissen des Flottenmanagements ab, um daraus optimale Touren zu errechnen.

2.6 Gemeinsame Fahrzeugflotten sind rentabel

Eine unternehmensübergreifende, dynamische Einsatzplanung mit einem effizienten Energiemanagement macht Elektromobilität rentabel. Viele Unternehmen haben sich neuen Anbietern für gemeinsam genutzte Dienstwagenflotten angeschlossen. Sowohl Unternehmen die bislang keine eigene Dienstwagenflotte betrieben haben, als auch große Unternehmen profitieren von dieser Lösung. Basis des Erfolgs ist eine Cloud-basierte IKT-Lösung, die es erlaubt, über Unternehmens- und Abteilungsgrenzen hinweg für eine optimale Auslastung von Fahrzeugen zu sorgen. Durch die genaue Prognose kann der Anteil von Elektrofahrzeugen maximiert werden. Die private Nutzung der Fahrzeuge nach Dienstschluss erhöht deren Auslastung weiter. Zudem werden die Elektrofahrzeuge über eine intelligente Ladesteuerung in lokale Smart-Grids integriert und dienen somit der Energiewende. Durch die flächendeckende Bereitstellung von Echtzeitdaten aus den Fahrzeugen sind diese ebenfalls in intelligente Verkehrssysteme eingebunden. Über Partneringmodelle können darüber hinaus von Elektrofahrzeugen aus Pools an anderen Standorten samt Zugang zum dortigen ÖPNV angemietet werden.

2.7 Elektroautos unterstützen erneuerbare Energien

Elektroautos (bzw. Flotten) tragen dazu bei, bei Bedarf kurzzeitige Lasten im Stromnetz zu bilden und somit Spitzen auszugleichen, die durch die Zufuhr stark fluktuierender Energien aus Sonnen- und Windkraft entstehen. Die Batterien werden in lokalen Verteilnetzen IKT-gesteuert und als bidirektionale Pufferspeicher eingesetzt. Mithilfe intelligenter Messtechnik und Netzanalyse werden Stromerzeugung und -verbrauch in einem selbstorganisierenden System automatisiert aufeinander abgestimmt. Dabei werden Elektrofahrzeuge natürlich in das Gesamtenergiemanagement einbezogen. Die technischen Grundlagen für die Kopplung von Photovoltaikanlagen einzelner Haushalte mit den Traktionsbatterien eigener Elektrofahrzeuge über eine zwischengeschaltete stationäre Batterie sind entwickelt und werden für lokale Smart Grids bzw. das Smart Home genutzt. Um die dezentrale Energieerzeugung zu unterstützen, haben sich Quartierspeicher als sinnvolle Alternative zu stationären Speichern im Eigenheim etabliert. Die Steuerung der Energieflüsse erfolgt über eine IKT-optimierte Steuerung auf Basis einer extrem genauen Bedarfsprognose der angeschlossenen Haushalte.

2.8 Moderne Fahrzeugelektronik: das Fahrzeug als mobiles Endgerät

Die Elektrik und Elektronik herkömmlicher Automobile ist historisch gewachsen. Sie besteht aus verschiedensten Bussystemen und einer großen Anzahl an Steuergeräten die angesichts der zunehmenden Digitalisierung der Fahrzeugtechnik an ihre Leistungsgrenzen stoßen. Elektroautos unterstützen die Verwirklichung einer zentralisierten IKT-Architektur, die es auch zulässt neue Fahr-, Assistenz- und Infotainmentfunktionen als Software „Apps“ per „Plug and Play“ auf das Fahrzeug hochzuladen. Dank dieser Architektur kann auf viele dedizierte Steuergeräte verzichtet und die Datenverarbeitung über wenige zentrale Recheneinheiten organisiert werden. Die gesamte Fahrzeugsteuerung für Lenkung, Antrieb und

Bremsen, automatisiertes Fahren und Infotainment – alle Funktionen laufen über eine redundante hardwareunabhängig ausgelegte IKT-Architektur. Dies reduziert die Komplexität und Fehleranfälligkeit und spart zusätzlich Kosten und Gewicht – ein Vorgehen das bereits im Flugzeugbau erfolgreich etabliert ist. Für die Integration dieser Fahrzeuge in die Smart Traffic Umgebung wurde eine offene Kommunikationsplattform entwickelt. Statt traditionell verwendeter fester Server nutzt diese Plattform die Vorteile einer systemübergreifenden Open Service Cloud. Das ermöglicht einen herstellerunabhängigen Markt für Mehrwertdienste und verbessert die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und ihrer Umgebung.

2.9 Individuelle, ökologische Mobilität ohne eigenes Auto

Intermodalität war und ist vor allem für Städte mit hoher Verkehrsdichte ein wichtiger Schlüssel für die Gestaltung ihrer Zukunft. Einige Städte haben es vorgemacht, weitere Städte werden folgen. Es gelang den öffentlichen Nahverkehr nahtlos und nutzerfreundlich mit Fernverkehrszügen, Carsharing-Angeboten und Leihfahrrädern zu verknüpfen. Immer mehr Menschen können „angeschlossen werden“ und haben dadurch die Möglichkeit auf ein eigenes Fahrzeug zu verzichten. Dadurch wird die Umwelt geschont und die städtische Lebensqualität erhöht. Alle allgemein zugänglichen regionalen und überregionalen Mobilitätsangebote 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 Intermodalitätsplattform beim Berechnen des optimalen Weges und beim Vorschlag der geeigneten Verkehrsmittel berücksichtigt.

2.10 Elektrische Busse

Die Weiterentwicklung der Batterietechnik hat zu immer höheren Leistungsdichten bei gleichzeitig sinkenden Kosten geführt. Daher wurden zunehmend auch Nutzfahrzeuge, Lkw und Busse elektrifiziert. Insbesondere die Stadtbusse mit ihren festgelegten, immer gleichen Routen sind bereits vollständig elektrifiziert worden. Je nach Streckenbedingungen kommen Busse mit sehr großen Batterien zum Einsatz, die im Depot geladen werden oder aber Busse mit kleineren Batterien, die an Haltestellen oder während Aufenthaltszeiten an Endhaltestellen in kürzester Zeit per Schnellladung (induktiv oder konduktiv) nachgeladen werden. Dank Kostendegression, modularer Batteriesysteme und standardisierter Schnittstellen zwischen Bus und Infrastruktur sind Elektrobusse auch wirtschaftlich konkurrenzfähig geworden. Die Lärm- und Abgasbelastung in den Städten, insbesondere rund um die Haltestellen, sank nach ihrer Einführung merklich. Auch das Fahren in den Bussen selbst ist dank der ruhigen und vibrationsarmen Elektromotoren deutlich angenehmer geworden.

3 Basisinnovationen und Expertenbewertung

Für die in Kapitel 2 beschriebene Vision besteht aus vielen Basisinnovationen, deren Umsetzung notwendig für die Marktentstehung und den Markterfolg ist. Diese Basisinnovationen betreffen die Technologie, die Kundenakzeptanz, die Preisentwicklung und auch die Regulierung. Zum Durchbruch der Elektromobilität bedarf es einer möglichst zeitgleichen Umsetzung der verschiedenen Basisinnovationen. Hierzu wurde eine Umfrage unter den Experten des Technologieprogramms IKT für Elektromobilität II und dem Branchendienst electrive.net gestartet. Ziel ist es ein Bild der Expertenmeinung zu erhalten, welche Anforderungen zeitnah und welche erst später umgesetzt werden. In einer online geführten Umfrage konnten die Teilnehmer der Befragung Jahreszahlen für die erwartete Umsetzung zw. 2015 und 2030 angeben (oder auch später/nie). Eine schmale Normalverteilung deutet hierbei auf eine einheitliche Meinung der Experten hin, eine breite Verteilung deutet auf eine große Uneinigkeit hin.



Abbildung 01: Beispiel der online-Umfrage: Zu jeder Basisinnovation konnten die Experten eine Einschätzung zum Umsetzungszeitpunkt abgeben.

Die Anforderungen wurden in die Bereiche Kundenakzeptanz, Intermodalität/Sharing von Fahrzeugflotten, Ladeinfrastruktur, Energie/Smart Grid, Batterie, Daten/Vernetzung, Markt Regulierung und Fahrzeugtechnologie geclustert. Ziel war es schnell und einfach eine Einschätzung der Experten zu bekommen. Die Umfrage sollte nicht mehr als 5 bis 10 min in Anspruch nehmen. Die Anforderungen sind dabei bewusst kurz gehalten, ohne eine detaillierte Beschreibung von Sonderfällen.

Insgesamt haben 95 Experten an der Umfrage teilgenommen. Die Ergebnisse dieser Experteneinschätzung sind als mit entsprechend dieser für eine Statistik geringe Teilnehmerzahl zu werten. Für alle Kategorien sehen Sie den Mittelwert der Expertenmeinung sowie die Standardabweichung – diese dient dabei als Maß der „Einigkeit“ unter den Experten. Mittelwert und Einigkeit wurden nur für konkret angegebene Jahreszahlen ermittelt. Standardabweichungen unterhalb 2,82 Jahre entsprechen einer besonders großen Einigkeit (++), bis 3,34 Jahre³ ist diese als groß (+), bis 3,85 Jahre gering (-) einzuschätzen. Standardabweichungen oberhalb von 3,85 Jahren werden als große Uneinigkeit (--) eingestuft.

³ 3,34 Jahre ist der Mittelwert der Standardabweichungen.

3.1 Kundenakzeptanz

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):
Kundenakzeptanz				
1 Reichweitenangst ‚geheilt‘	2020,3	+	3%	2%
2 Der Kunde zieht Elektromobilität (reines Batteriefahrzeug) beim Kauf in Betracht.	2019,7	+	2%	0%
3 Der Kunde zieht Elektromobilität (Plug-In Hybrid-Fahrzeug) beim Kauf in Betracht.	2017,1	++	0%	3%
4 Der Kunde zieht Brennstoffzellenfahrzeug beim Kauf in Betracht.	2023,0	--	10%	16%
5 Kunde akzeptiert elektromobile Leichtfahrzeuge als Privatfahrzeuge	2021,4	--	3%	17%
6 Kunde akzeptiert elektromobile Leichtfahrzeuge als Taxen und Transportfahrzeuge	2018,8	+	5%	0%
7 Kunde akzeptiert, dass das Fahrzeug für Smart Grid Anwendungen während des Parkens immer am Netz sein muss	2021,0	--	10%	9%

Die Expertenmeinung zeigt deutlich, dass die viel diskutierte Reichweitenangst im Jahr 2020 keine Rolle mehr spielen wird. Der Kunde zieht ab 2017 verstärkt Plug-In Hybride in Betracht, ab 2020 dann auch reine Batterieelektrische Fahrzeuge. Brennstoffzellenfahrzeuge werden laut den Experteneinschätzungen erst im Jahr 2023 relevant, wobei es hier größere Uneinigkeit unter den befragten Experten gab. Leichtfahrzeuge werden zunächst als Taxen und Lieferfahrzeuge genutzt werden (2019), bevor Sie 2021 auch verstärkt als Privatfahrzeuge in Betracht gezogen werden. Dass der Kunde sein Fahrzeug für Smart Grid Anwendungen während des Parkens am Netz halten muss, wird ebenfalls erst 2021 akzeptiert allerdings herrscht hierbei große Uneinigkeit bei den Befragten.

3.2 Intermodalität und Sharing von Flotten

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):
Intermodalität/Sharing von Fahrzeugflotten				
1 Einheitliche Buchung und Abrechnung von Mobilitätsleistungen auch Dritter möglich	2020,0	-	8%	7%
2 Ausreichend Sharing Angebote für Intermodalität in der Stadt vorhanden (ÖPNV, Fahrräder, E-Bikes, PKW,...)	2018,9	+	1%	9%
3 Ausreichend Sharing Angebote für Intermodalität auf dem Land vorhanden (ÖPNV, Fahrräder, E-Bikes, PKW,...)	2019,6	+	4%	1%
4 Intermodalität auch für Geschäftsreisende normal	2023,6	-	19%	7%
5 Sharingangebote und ÖPNV sind ausreichend gut miteinander verknüpft	2020,8	-	7%	1%

Ein Durchbruch von einheitlichen Buchungssystemen, mit denen auch Abrechnungen von Mobilitätsleistungen Dritter möglich werden, wird für das Jahr 2020 erwartet. Ausreichende Sharingangebote für Intermodalität sind sowohl in der Stadt als auch auf dem Land im Jahr 2019 bis 2020 vorhanden. Das Intermodalität für Geschäftsreisende zur Normalität wird, ist nicht vor dem Jahr 2023 zu erwarten. 19% der befragten Experten erwarten dies noch später als 2030. Die ausreichende Verknüpfung zwischen ÖPNV und Sharingangeboten wird für das Jahr 201 erwartet.

3.3 Ladeinfrastruktur

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):	
Ladeinfrastruktur					
1	Flächendeckende Daten zur Ladeinfrastruktur in „Echtzeit“ gewährleistet (POI Datenbank) vorhanden	2018,9	++	1%	6%
2	Reservieren und Blockieren von Ladepunkten ist möglich	2018,8	++	1%	1%
3	Ausreichende Ladeinfrastruktur „Normalladen“ vorhanden	2019,3	+	0%	3%
4	Ausreichende Ladeinfrastruktur „Schnellladen (AC)“ vorhanden	2020,4	+	1%	10%
5	Ausreichende Ladeinfrastruktur „Schnellladen (DC)“ vorhanden	2021,2	+	1%	3%
6	Nur noch ein Steckertyp (CHAdeMO ODER CCS) im Markt verfügbar	2022,5	--	15%	26%
7	Einheitlicher Zugang (Freischialtung) zur Ladeinfrastruktur gewährleistet	2021,5	-	3%	13%
8	Flächendeckendes Roaming in Deutschland gewährleistet	2020,2	+	1%	4%
9	Flächendeckendes Roaming in Europa gewährleistet	2022,4	-	13%	6%

Die Experteneinschätzung zur Verfügbarkeit der Echtzeit-POI Datenbank der Ladeinfrastruktur zeigt für das Jahr 2019 einen Durchbruch. Ebenfalls 2019 hat sich das Reservieren und Blockieren am Markt durchgesetzt. In diesen Punkten herrschte besonders große Einigkeit unter den Experten. Eine ausreichende Ladeinfrastruktur wird für das Jahr 2020 erwartet, wobei es nur geringe Unterschiede für Normalladen sowie Schnellladen (AC/DC) geben wird. Große Uneinigkeit wird es weiterhin bei der Steckerfrage geben. Trotz oder auch wegen der aktuellen Diskussion um die Ladesäulenverordnung gibt es keine einheitliche Erwartung wann sich ein Steckertyp durchsetzen wird. Das Ergebnis der Umfrage lautet zwar 2025 – allerdings ist hier die Standardabweichung besonders groß – zudem meinen 15% der Experten eine Lösung wird erst nach 2030 erfolgen, 26% trauten sich keine Einschätzung zu. Ein einheitlicher Zugang zur Ladeinfrastruktur wird es 2021 geben, wobei ein flächendeckendes Roaming in Deutschland für 2020 erwartet wird, 2 Jahre später interoperabel in ganz Europa. Standardisierungen für DC/DC Schnellladungen, sowie Schnellladungen für Busse im Jahr 2021.

3.4 Energie/Smart Grid

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):	
Energie/Smart Grid					
1	Batteriespeicher setzen sich für Heimanwendungen (bsw. Solar) durch	2020,5	+	9%	3%
2	Elektrofahrzeuge sind Teil der Energiewende über virtuelle Kraftwerke	2023,5	--	7%	4%
3	Elektromobilität ist signifikanter Bestandteil der Energiewende (CO2-Reduktion)	2023,1	-	11%	0%
4	Energiepreise bleiben niedrig bis zum Jahr	2020,8	--	7%	29%

Der Marktdurchbruch für Batteriespeicher für Heimanwendungen wird für das Jahr 2020 erwartet. Eine Nutzung von Elektrofahrzeugen als virtuelle Kraftwerke für die Energiewende wird erst 2023 erwartet (hohe Uneinigkeit). Hierfür müssen natürlich ausreichend Fahrzeuge auf den Straßen vorhanden sein. Ebenfalls ist die Elektromobilität im Jahr 2023 ein Bestandteil der Energiewende (über CO2-Reduktionen). Wie lange die Energiepreise niedrig bleiben wollten 29% der befragten nicht einschätzen, die weiteren Experten erwartet dies bis zum Jahr 2021, allerdings mit einer hohen Uneinigkeit.

3.5 Batterie

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):	
Batterie					
1	Zyklusfestigkeit der Batterie für PKW kein Problem mehr	2019,9	-	3%	6%
2	Zyklusfestigkeit der Batterie für Nutzfahrzeuge kein Problem mehr (Bus, LKW, Sonderfahrzeuge,...)	2020,8	-	4%	15%
3	Preisparität bei der Anschaffung von E-PKW	2021,9	+	4%	9%
4	Preisparität bei der Anschaffung von Nutzfahrzeugen	2022,1	-	9%	10%
5	Verfügbarkeit und Qualität von Batteriezellen kein Problem mehr	2020,4	-	3%	7%
6	Post-Li-Ionen-Technologie löst Li-Ionen ab.	2024,9	-	3%	15%
7	Zellproduktion in D konkurrenzfähig	2023,7	-	12%	44%

Viele Studien und Forschungsergebnisse befassen sich mit der Zyklusfestigkeit der Batterie. Für elektromobile Anwendungen wird es hier erst im Jahr 2020 keine Probleme mehr geben. Die Zyklusfestigkeit für Nutzfahrzeuge wird im Jahr 2021 kein Problem mehr darstellen. Preisparität der Fahrzeuge aufgrund der sinkenden Batteriepreise wird für das Jahr 2022 erwartet (PKW und NFZ). Die Verfügbarkeit und Qualität von Batterien ist für 2020 erwartet. Im Jahre 2025 wird die Post-Li-Ionen Technologie Ihren Marktdurchbruch erlangen. Eine konkurrenzfähige Zellproduktion in Deutschland wird mit einer hohen Unsicherheit für das Jahr 2024 erwartet, wobei 12 % der Teilnehmer diese erst nach 2030 erwarten. Bei dieser Frage hat ein besonders hoher Anteil von 44% der Befragten keine Einschätzung abgegeben.

3.6 Daten und Vernetzung

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):	
Daten / Vernetzung					
1	Kloppung von Verkehrsinfrastrukturdaten (Bsp. Ampelschaltungen) an die individuelle Routenplanung (im Sinne von Smart Traffic)	2022,3	-	15%	6%
2	Dateneigentum von Fahrzeugbetriebsdaten (Fahrzeughersteller / Nutzer) geklärt	2019,9	++	5%	11%
3	Zugriff auf Fahrzeugdaten (Ladezustand, Fahrverhalten, Echtzeit) über eine standardisierte Schnittstelle am Fahrzeug möglich	2020,5	+	2%	6%
4	Kooperative Fahrzeug-Infrastruktur Interaktion möglich (bsp. PKW-Ampel, Verkehrssteuerung)	2023,0	-	11%	6%
5	Kooperative Fahrzeug-Fahrzeug Interaktion möglich (bsp. Platooning, Kreuzungen)	2023,6	-	9%	8%
6	Erfassung des aktuellen Verkehrsflusses („Echtzeit“) auch auf allen Nebenstraßen	2021,2	--	11%	5%
7	Applikation: "Share my View" - durchgesetzt	2023,7	-	11%	59%
8	Fahrzeug im Internet of Things eingebunden	2021,9	--	6%	14%

In der Kategorie Daten und Vernetzung wird eine Etablierung der Kopplung von Verkehrsinfrastrukturen an die individuelle Routenplanung für das Jahr 2022 erwartet. Die Frage nach dem Dateneigentum von Fahrzeugbetriebsdaten wird nach Ansicht der Experten im Jahr 2020 geklärt sein, hierbei gab es eine große Einigkeit. Ebenso im Jahr 2020 wird dann auch der Zugriff auf diese Daten über eine standardisierte Schnittstelle möglich sein. Kooperative Interaktionen werden im Jahr 2023 möglich sein, dies sowohl zwischen unterschiedlichen Fahrzeugen (C2C), als auch mit der Infrastruktur (C2X). Eine ausreichende Anzahl von Fahrzeugen für kooperative Entscheidungen wird dann für das Jahr 2025 erwartet. Die Erfassung der aktuellen Verkehrssituation auf Nebenstraßen in Echtzeit ist 2022 vorhanden. Ebenfalls 2022 wird das Fahrzeug im Internet der Dinge (engl. Internet of Things – IoT) vernetzt sein. 59% der befragten haben keine Aussage zur der Applikation „Share my View“ machen können. Dieser UseCase beschreibt den Zugriff auf die Frontkamera des vorausfahrenden Fahrzeugs (ggf. einen LKW), um die Verkehrssituation für einen Überholvorgang einschätzen zu können. Der UseCase war wahrscheinlich zu unbekannt um ihn ohne weitere Erläuterung einschätzen zu können.

3.7 Markt

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):
Markt				
1 Verfügbarkeit von reinen E-Fahrzeug-Modellen in allen Klassen	2022,6	-	13%	2%
2 Mehr-Preis der Fahrzeuge nicht mehr ausschlaggebend	2022,0	++	8%	6%
3 Verfügbarkeit von elektromobilen Nutzfahrzeugen („Sprinter-Klasse“)	2021,0	-	0%	5%
4 Verfügbarkeit von elektromobilen kostengünstigen Leichtfahrzeugen (L7e)	2019,8	+	2%	9%
5 Smart Home und Elektromobilität ‚arbeiten‘ zusammen	2021,7	--	6%	3%
6 Markt für stationäre Batterien vorhanden	2019,8	-	2%	3%
7 Deutschland hat eine Millionen E-Fahrzeuge auf den Straßen	2024,1	++	3%	0%
8 Deutschland hat zwei Millionen E-Fahrzeuge auf den Straßen	2026,5	++	20%	3%
9 Wann werden die 1. Mio Fahrzeuge mit einer Kaufprämie von 5000 € erreicht?	2021,5	++	2%	6%
10 Deutschland ist echter Leitmarkt	2023,5	+	23%	31%
11 Deutschland ist echter Leitanbieter	2021,8	-	8%	19%

Im Jahr 2022 werden reine Elektrofahrzeuge in allen Fahrzeugklassen verfügbar sein, der Mehr-Preis ist dann nicht mehr ausschlaggebend. Elektromobile Nutzfahrzeuge der Sprinterklasse werden erst im Jahr 2021 Ihren Marktdurchbruch haben, Leichtfahrzeuge der L7e Klasse schon ein Jahr früher. Dass das Elektrofahrzeug in das Smart Home energetisch eingebunden ist und beide Systeme zusammenarbeiten wird für das Jahr 2022 erwartet (hohe Uneinigkeit). Eine große Einigkeit hatten die Experten in der Einschätzung zur Millionen-Frage: Deutschland wird im Jahr 2024 eine Millionen E-Fahrzeuge auf den Straßen haben. Eine Kaufprämie von 5.000,-€ wird diese Zielmarke um 2,5 Jahre beschleunigen, aber ebenfalls nicht mehr im Jahr 2020 erreichen. Der Sprung zur nächsten Millionenmarke (ohne Förderung) dauert dann noch einmal 2,5 Jahre (20% der befragten sind der Meinung dass diese Marke erst nach 2030 erreicht wird). Die „echte Leitanbieterschaft“ von Deutschland wird im Jahr 2022 erwartet, der Leitmarkt knapp 2 Jahre später – hierbei enthielten sich allerdings 31% der befragten, 23 % erwarten ihn nach 2030.

3.8 Regulierung

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):
Regulierung				
1 Laden beim Arbeitgeber einfach möglich – Steuerrechtliche Fragestellungen geklärt	2018,8	+	2%	6%
2 Laden beim Arbeitgeber einfach möglich – Energierechtliche Fragestellungen geklärt	2018,9	+	2%	2%

Die in der Fachgruppe Recht und Regulierungsökonomie vieldiskutierten Fragestellungen zum Steuer- und Energierecht werden im Jahr 2019 geklärt sein (hohe Einigkeit).

3.9 Fahrzeugtechnologie

Anforderungen	Mittelwert:	Einigkeit:	Später als 2030 (%):	Weiß nicht(%):
Fahrzeugtechnologie				
1 Standardisiertes modulares Batteriewechselsystem für PKW verfügbar	2023,8	--	34%	23%
2 Standardisiertes modulares Batteriewechselsystem für LKW und/oder Busse verfügbar	2022,8	+	20%	20%
3 48 V Technologie im Antriebsstrang durchgesetzt	2021,5	-	2%	39%
4 Kostengünstige hochgenaue Lokalisierung möglich	2019,6	+	2%	13%
5 Telematikanalyse für Versicherungen	2019,1	+	3%	11%
6 Bedingt automatisiertes Fahren (SAE-Stufe 3)	2020,1	+	2%	16%
7 Hochautomatisiertes Fahren (SAE-Stufe 4)	2023,4	-	5%	17%
8 Vollautomatisiertes Fahren (SAE-Stufe 5)	2025,8	-	17%	17%

In der Kategorie Fahrzeugtechnologie enthielten sich deutlich mehr Teilnehmer der Umfrage als in den anderen Kategorien. Ein standardisiertes modulares Batteriewechselsystem für PKW wird erst 2024 den Durchbruch erhalten (hohe Uneinigkeit), ein Jahr früher könnte dies aber für LKW und Busse in den Markt kommen. Ganze 34% der Befragten denken, dass im Bereich der Pkw ein standardisiertes modulares Batteriesystem erst nach 2030 eingeführt werden wird (sofern überhaupt) bei Lkw und Bussen liegt dieser Wert bei 20%. Den Nutzfahrzeugen wird in diesem Punkt also eine höhere Praktikabilität zugestanden. Den Durchbruch der 48V Technologie in Antriebsstrang sehen die Experten im Jahr 2021. Eine hochgenaue Lokalisierung soll für viele Anwendungen (Fahrerassistenzsysteme, Hochautomatisiertes Fahren,...) benötigt, dies soll im Jahr 2019 möglich sein. Einen Marktdurchbruch der Telematikanalyse für Versicherungen wird es ebenfalls im Jahr 2019 geben. Der Marktdurchbruch für bedingt automatisiertes Fahren soll im Jahr 2020 erfolgen, das hochautomatisierte Fahren im Jahr 2023 sowie das vollautomatisierte Fahren im Jahr 2026.

4 Anhang

4.1 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 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 Verkehrsträger übergreifende 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. In der folgenden Grafik ist die Einordnung der Projekte entlang der drei Themenschwerpunkte ‚Smart Car‘, ‚Smart Grid‘ und ‚Smart Traffic‘ dargestellt.

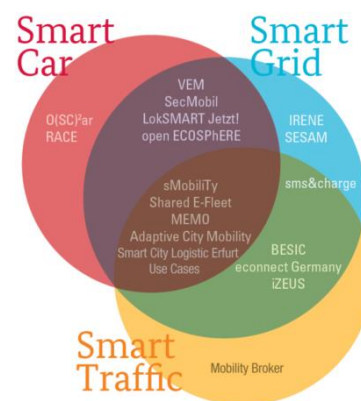


Abbildung 02: Das Förderprogramm IKT für Elektromobilität II verknüpft die Bereiche Fahrzeugsysteme, Energiesysteme und Verkehrssysteme, um die Systempotenziale nutzbar zu machen

Im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm wurden die Forschungsansätze analysiert und acht projektübergreifende Schlüsselthemen formuliert: ‚Neue Services/Car Apps‘, ‚Privates Energiemanagement‘, ‚(Halb)öffentliches Energiemanagement‘, ‚Neue IKT-Architektur im Fahrzeug‘, ‚Verkehrsmanagement‘ sowie ‚Neue Mobilitätskonzepte‘. Innerhalb dieser Schlüsselthemen wurden gemeinsam mit den Projekten Innovationshürden identifiziert und bearbeitet. Durch diese Zusammenarbeit konnte das Technologieprogramm wichtige Ergebnisse erzielen. Sie zeigen deutlich, dass sich für den Standort Deutschland die Erfolgchancen der Elektromobilität erhöhen lassen, wenn die bis dahin weitgehend getrennt agierenden Bereiche Fahrzeug, Verkehr und Energie systemisch durch die IKT zusammengeführt werden.

4.2 Projekte des Technologieprogramms 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:

BMZ GmbH (Konsortialführer), Roding Automobile GmbH, EuroDesign GmbH, Siemens AG, GreenCity Projekt GmbH, RWTH Aachen, Fraunhofer ESK, Streetscooter GmbH, Weiss Plastic GmbH, Ametras rentconcept GmbH

BESIC

Wirtschaftliche und umweltfreundliche Elektromobilität im Containerterminal



- Vollelektrische 120 t Schwerlastfahrzeuge
- Test von zwei 330 kWh Li-Ionen-Batterien
- Batterielade- und Energiemanagement
- Einsatz als virtuelles Kraftwerk

Konsortialpartner:

HHLA Container-Terminal Altenwerder GmbH (Konsortialführer), Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Georg-August-Universität Göttingen, Gottwald Port Technology 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
- Elektrobuse 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



- Wissensbasierte Netzanalyse
- Netzmessung und -validierung
- Applikationsbasierte Optimierung
- Modellgemeinde Wildpoldsried im Allgäu

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



- „Marktplatz“ für alle Mobilitätsangebote einer Region
- Systemarchitektur für Buchung und Abrechnung
- Standardisierte Schnittstellen
- Großversuch mit der RWTH Aachen

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

- Aufbau und Erprobung eines vollelektrischen Traktors
- Entwicklung eines leistungsfähigen Batteriesystems
- Konzept für einen kabelgeführten Traktor
- Energieautarker landwirtschaftlicher Betrieb als Vision

Konsortialpartner:

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

Shared E-Fleet

Die „grünen“ Dienstwagenflotten von morgen



- Unternehmensübergreifende, dynamische Einsatzplanung und Energiemanagement
- Intelligente Ladesteuerung und komfortables Buchen
- Integration in intelligente Verkehrssysteme
- Partneringmodelle und Bedarfsvorhersagen

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 Logistikkette



- 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
- Geschäftsmodellen 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 Verkehrslagedaten aus der Infrastruktur
- Gesteuertes Laden im häuslichen Umfeld
- Kooperation mit SMART CITY LOGISTIK Erfurt zu Routing und Verkehrsflussanalyse

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

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

