

EVREST

Electric Vehicle with Range Extender as a Sustainable Technology

Analyse und Simulation der Kfz-Nutzung unter
Gesichtspunkten der Elektromobilität sowie Analyse der
Auswirkungen auf das lokale E-Verteilnetz

– Schlussbericht –

Zuwendungsempfänger: Karlsruher Institut für Technologie (Institut für Verkehrswesen und Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung)	Förderkennzeichen: 01MX12017A
Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch	Tel.: +49 721 608-42251 Fax: +49 721 608-46777 Email: peter.vortisch@kit.edu
Laufzeit des Vorhabens: von: 07/2012 bis: 06/2015	
Berichtszeitraum: von: 07/2012 bis: 06/2015	Datum: 31.08.2015

Beteiligte Mitarbeiter

Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch
Dr. Bastian Chlond
Christine Weiß

Prof. Dr. Wolf Fichtner
Dr. Patrick Jochem
Dr. Sonja Babrowski

Inhalt

1. Kurzdarstellung	3
Aufgabenstellung	3
Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	3
Planung und Ablauf des Vorhabens	4
Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	4
Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	5
2. Eingehende Darstellung	6
Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	6
Arbeitspaket 1 (Analysis of car uses):	8
Arbeitspaket 3 (Development of scenarios for establishing electromobility):	9
Arbeitspaket 4 (Simulation of different electric mobility scenarios to define grid impacts and transport related emissions).....	9
Arbeitspaket 5 (Environmental impact of EREVs in different European countries).....	11
Arbeitspaket 6 (Assesment of the user-perspective on critical aspects of EREV user concepts)	11
Arbeitspaket 7 (Synthesis of outputs, sustainable development analysis and recommendations)	11
Arbeitspaket 8 (Project Management / Dissemination / Exploitation).....	11
Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	11
Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	11
Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	12
Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	13
Erfolge oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6.....	15

1. Kurzdarstellung

Aufgabenstellung

Die Aufgabe des KIT innerhalb des EVREST Projektes war es, Nutzungsmuster von Pkw zu identifizieren, um darauf aufbauend je nach Einsatzspektrum eines Pkw geeignete Antriebskonzepte, mit dem Fokus auf die Auslegung von Range-Extender-Konzepten, bestimmen zu können. Die resultierende Nutzung der betrachteten Fahrzeugflotte über den Verlauf einer Woche sollte basierend auf drei Szenarien die Grundlage für eine Analyse der Auswirkungen auf die Auslastung der Stromnetze und den deutschen Kraftwerkpark genutzt werden. Dies ermöglicht, auf Basis vorhandener Daten und Simulationsmodellansätze, die Auswirkungen unterschiedlicher Antriebskonzepte auf die Verbrauchsstrukturen elektrischer Energie abzubilden und diese Daten für weitere Analysen zur Verfügung zu stellen.

Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das EVREST Projekt startete 2012, als in Europa die Zulassungszahlen von E-Pkw erstmalig signifikant anstiegen. Es war noch weitestgehend unklar, welche Technologie sich durchsetzen würde. Insbesondere den reinen Elektrofahrzeugen (BEV) standen viele Marktkenner sehr skeptisch gegenüber. Hybridelektrische und insbesondere Plug-In-Hybridelektrische Fahrzeuge (PHEV) sowie E-Pkw mit Range-Extender (EREV) wurden (und werden weiterhin) als sehr attraktive Übergangstechnologie gesehen. Neben der mit heutigen Fahrzeugen vergleichbaren Reichweite und schnellen Tankvorgängen kann mit diesen EREV-Konzepten auch der Anschaffungspreis gesenkt werden, indem eine Batterie mit einer kleineren Kapazität im Vergleich zu BEV verbaut werden kann. Damit werden EREV mit einer signifikant kleineren Batterie den Mobilitätsanforderungen der Nutzer in gleichem Maße gerecht wie konventionelle Pkw.

Unsere Analysen zur Bestimmung von Nutzungsmustern und zu den Auswirkungen auf die Energiewirtschaft sind für eine erfolgreiche Marktpenetration von E-Pkw von großer Wichtigkeit.

- Die Entwicklung von E-Pkw, die den Nutzeranforderungen und insbesondere den Nutzungsmustern gerecht werden und somit einer Fahrzeugentwicklung „am Markt vorbei“ entgegenstehen kann für den Erfolg der Technologie entscheidend sein. Die Analysen zur Pkw-Nutzung der Pkw-Bestandsflotte über den Zeitraum eines Jahres im Rahmen des EVREST-Projektes haben hier grundlegende Erkenntnisse gebracht, welche unter anderem für die Automobilindustrie von großer Bedeutung sind.
- Weiterhin liefert die Analyse der Pkw-Nutzung der Bestandsflotte wesentliche Erkenntnisse, die für die Entwicklung und Ausgestaltung einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur gerade im Fernverkehr von Relevanz sind.
- Die Modellierung der Elektromobilitätsnutzung und des zeitlichen Verlaufs der aus der Nutzung resultierenden Elektrizitätsnachfrage in der Region Stuttgart liefert wichtige Rückschlüsse für die Energiesystemanalyse sowie eine räumliche Umweltanalyse in der Region.
- Die Analyse der Auswirkungen der Ladeprozesse von E-Pkw auf das Verteilnetz wurde zunächst mit den Netzdaten der Stadt Stuttgart angedacht. Aufgrund verschiedener Komplikationen stand das Netz während der Projektlaufzeit aber nicht zur Verfügung. Es konnte aber auf einen sehr interessanten Netzabschnitt der Stadtwerke Bühl zurückgegriffen werden. Alle Analysen des Verteilnetzes beziehen sich somit auf einen Netzabschnitt der Stadt Bühl sowie auf ein abstrahiertes, künstliches Verteilnetz. Die Ergebnisse sind für Verteilnetzbetreiber von großer Wichtigkeit.
- Die Analysen der Auswirkungen auf das deutsche Elektrizitätsübertragungsnetz sowie den deutschen Kraftwerkspark und dessen CO₂-Emissionen konnte planmäßig mit dem Energiesystemmodell PERSEUS-NET-TS Model durchgeführt werden. Die Ergebnisse wurden in einschlägigen Journalen veröffentlicht und stehen somit anderen Wissenschaftlern und einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung.

Für alle unsere Arbeiten standen im EVREST-Projekt hervorragende Partner in Deutschland, Frankreich und Österreich zur Verfügung mit denen zusammen eine umfassende Analyse zu den genannten Themen realisiert werden konnte. Darüber hinaus konnten weitere Netzwerke der beteiligten Wissenschaftler genutzt sowie die Ergebnisse auf zahlreichen Konferenzen diskutiert werden. Dies half, die Ergebnisse zu verifizieren und weiter zu verbessern. Die Ergebnisse haben damit nicht nur für Deutschland und Länder der beteiligten Institute eine hohe Relevanz, sondern können auch einfach auf weitere entwickelte Länder übertragen werden.

Planung und Ablauf des Vorhabens

Die zentralen Vorhabenziele (s.o., Aufgabenstellung) wurden in verschiedenen Arbeitspaketen adressiert und unter den beiden beteiligten Instituten des KIT – namentlich „Institut für Verkehrswesen“ (IfV) und „Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung“ (DFIU) – aufgeteilt. Zunächst (AP1) erfolgte eine Analyse der Nutzungsmuster aus Längsschnittdaten des deutschen Mobilitätspanels (www.mobilitaetspanel.de, MOP). Hierbei widmete sich das IfV insbesondere der Regelmäßigkeit der Nutzung von Fahrzeugen bzw. der Frequenz von Reiseereignissen, welche den Bereich der Alltagsmobilität überschreiten und damit außerhalb der Reichweite von BEV liegen. Darüber hinaus beteiligten sich beide Institute des KIT am Anfang der Projektlaufzeit an der Definition zukünftiger Szenarien zur E-Fahrzeugnutzung in Deutschland, Österreich und Frankreich (AP3). Darauf aufbauend simulierten das IfV vier Zukunftsszenarien (ein Szenario ohne Elektromobilität, drei Szenarien mit Elektromobilität) der Pkw-Nutzung über eine Woche mit dem mikroskopischen Verkehrsmodell mobiTopp (AP4). Auf Grundlage dieser Daten bestimmte das DFIU die Auswirkungen auf die Netzlast und Kraftwerksstruktur mit dem Energiesystemmodell PERSEUS-NET-TS. Diese Modellergebnisse wurden wiederum an die Umweltwirkungsanalysen (durchgeführt in AP6 von der Universität Stuttgart, LBP-GaBi) weitergegeben. Das DFIU unterstützte die Analysen zur Nutzerakzeptanz von E-Pkw und brachte die gesammelten Erfahrungen des Projektes CROME (www.crome-project.eu) ein (AP6). Alle Ergebnisse wurden mit den anderen Projektergebnissen final zusammengeführt und hinsichtlich ihrer Auswirkung auf Aspekte der nachhaltigen Entwicklung bewertet (AP7) und mit veröffentlicht (AP8). Alle gesteckten Ziele des Antrages wurden – mit kleineren Abweichungen im Zeit- und Kostenplan – erreicht.

Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Das IfV ist seit Anfang der 90er-Jahre im Auftrag des Bundesministers für Verkehr verantwortlich für die wissenschaftliche Konzeption des MOP als Längsschnittorientierte sowie die Auswertung und Nutzung der Daten. Neben deren Eignung zur Darstellung von Mobilitätsverhalten und Prozessen eignen sich die Daten dieser Erhebung aufgrund ihres Konzeptes auch zur Auswertung der Nutzung von Fahrzeugen über längere Zeiträume sowie zur Analyse der Häufigkeit von Fernverkehrsereignissen. Eine Auswertung und damit Nutzung der Daten zu Fragestellungen der Elektromobilität – insbesondere um die Fahrzeugnutzung in einer größeren Stichprobe und über längere Zeiträume zu analysieren – war zu Beginn von EVRST nur konzeptionell und im Ansatz erfolgt.

Am IfV wurde – fußend auf den Daten des MOP – seit 1998 ein mikroskopisches, d.h. agentenbasiertes Verkehrsnachfragemodell (mobiTopp) entwickelt, welches in verschiedenen BMBF-geförderten Projekten (RUDY, OVID) weiterentwickelt wurde und zum Einsatz kam. Dieses Modell bietet im Grundsatz – fußend auf den Paneldaten – die Möglichkeit, die Kfz-Nutzung in einem größeren Gebiet in geeigneter Auflösung abzubilden. Zum Zeitpunkt der Antragstellung war jedoch nur die Simulation eines einzelnen Tages möglich, eine Integration und Abbildung explizit der Nutzung von Pkw, war nicht möglich.

Das DFIU bearbeitet schon seit vielen Jahren zahlreiche Projekte im Bereich der Energiesystemanalyse. Hierfür wurde die Energiesystemmodellfamilie PERSUS (Programme Package for Emission Reduction Strategies in Energy Use and Supply) entwickelt, welche sich zur Ausbauplanung des Deutschen oder Europäischen Energiesystems der kommenden 20 Jahre (und länger) eignet und aus zahlreichen Schwestermodellen besteht. Ziel dieser Modelle ist die Minimierung aller entscheidungsrelevanten und diskontierten Systemausgaben zur Deckung der exogen vorgegebenen Nachfrage und unter Berücksichtigung aller definierten Restriktionen. Hinsichtlich der Elektromobilität wurden am DFIU bestimmte Analysen in Bezug auf den Einfluss auf die Energiewirtschaft angefertigt. Insbesondere wurden die von den Elektrofahrzeugen induzierten Emissionen in der Energiewirtschaft untersucht. Eine konkrete Analyse anhand der Pkw-Nutzung in einem Gebiet und die daraus resultierenden Ladeprozesse und zeitlich wie lokal differenzierten Strommix erfolgte vor EVREST nicht.

Zwar wurde die Belastung der Verteilnetze durch Elektromobilität vielfach pauschal untersucht [u.a. Pollok et al., 2011], eine konkrete Analyse mit konkreten Verkehrsnachfragedaten, die eine Nutzung von Pkw unter Realbedingungen ermöglicht, blieb vor EVREST jedoch unversucht.

Eine Kombination der beiden Ansätze (mobiTopp, PERSEUS) wurde erst in EVREST realisiert.

Darüber hinaus wurden in den Forschungsbereichen des KIT während der gesamten Projektlaufzeit immer wieder Literaturrecherchen in einschlägigen wissenschaftlichen Journals, der Fachpresse sowie im Austausch mit verwandten Forschungsprojekten durchgeführt.

Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Eine enge Zusammenarbeit ergab sich insbesondere mit den Projektpartnern:

- French institute of science and technology for transport, development and networks (IFSTTAR-LTE and IFSTTAR-DEST), Paris und Lyon
- Technische Universität Chemnitz (TUC), Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie I & Arbeitspsychologie
- Universität Stuttgart, Ganzheitliche Bilanzierung (LBP-GaBi)
- Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Institut für Verkehrswesen
- Centre National de la Recherche Scientifique, Paris
- Peugeot Scooters, Paris

Dabei wurde in allen beteiligten Arbeitspaketen ein enger Austausch realisiert. Beispielsweise wurde das Konzept zur Segmentierung der Pkw anhand ihrer Nutzungscharakteristika (AP1) in enger Zusammenarbeit von IfV, BOKU, TUC und IFSTTAR erstellt. Ebenso arbeitete das IfV intensiv mit TUC zusammen, um im Verkehrsnachfragemodell geeigneten Personen und Haushalten EREVs und BEVs zuzuweisen. Hierfür wurden Daten aus den Studien „MINI E Berlin – powered by Vattenfall V1.0 & V2.0“ der TUC verwendet (AP3). Zudem wurden die Simulationsergebnisse zur Pkw-Nutzung und -Ladeprozesse des IfV ans DFIU übergeben und verwendet um typische Verläufe von Ladevorgängen im Laufe einer Woche zu ermitteln (AP4). Diese wurden dann in Lastverläufe übersetzt und dienten als Ausgangssituation für die Szenarienbildung zur Analyse der Einflüsse auf die Stromnetze und den Kraftwerkspark. Die Ergebnisse der entsprechenden Emissionen des Kraftwerkspark sowie die modellierten Pkw-Nutzungsdaten (IfV) wurden wiederum an LBP-GaBi zur Berechnung der Lebenszyklus-Emissionen verwendet (AP5).

Diese Vielzahl gemeinsam zu untersuchender Fragestellungen führte zur Notwendigkeit vielfältiger Meetings und Workshops. Folglich kam es im Projekt EVREST zu diversen Telefonkonferenzen, Projekttreffen und Workshops mit den Projektpartnern, die einen gegenseitigen Austausch als auch eine intensive wissenschaftliche Zusammenarbeit ermöglichten.

Zur Analyse der Auswirkungen von E-Pkw auf die Belastungen im Verteilnetz wurde ein Verteilnetzabschnitt von den Stadtwerken Bühl zur Verfügung gestellt sowie die Analysen entsprechend unterstützt.

In Vorbereitung der Modellierung der Pkw-Nutzung und der resultierenden Elektrizitätsnachfrage mit dem mikroskopischen Verkehrsnachfragemodell mobiTopp (AP4) stellte die PTV AG dem IfV Strukturgrößen für die Modellregion Stuttgart für das Jahr 2025 zur Verfügung. Hierdurch konnte die Modellierung für ein Zukunftsszenario ermöglicht werden.

Darüber hinaus gab es weitere Zusammenarbeit mit den Projektpartnern und weiteren Wissenschaftlern – insbesondere auf Konferenzen (wie beispielsweise auf der Vernetzungskonferenz des BMWi im November 2014 oder der European Electric Vehicle Congress (EEVC) 2014 in Brüssel).

2. Eingehende Darstellung

Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die in den jeweiligen AP abgeleisteten Meilensteine und Berichte (Deliverables). Anschließend werden die Arbeiten sortiert nach APs detaillierter beschrieben. Hierbei wird auch auf die Veröffentlichungen verwiesen, die die inhaltlichen Kernergebnisse der entsprechenden Arbeitspakete enthalten. Diese sind größtenteils im Internet verfügbar oder können von den Autoren angefordert werden.

AP-Nummer	AP-Name	Meilenstein	Deliverable
1	Analysis of car uses	1.1 Review of literature 1.2 Collection of existing surveys 1.3 Specification of an harmonised data-base of car use	1.1 Useful survey data sources 1.2 An harmonized database of car use for different countries
3	Development of scenarios for establishing electric mobility	3.1 Expert workshop to verify the scenarios	3.1 Framework and trends for electromobility of the future 3.2 Catalogue of Scenarios
4	Simulation of different electric mobility scenarios to define grid impacts and transport related emissions	4.1 Specification of model approach 4.2 Enhanced simulation approach implemented /Input data defined 4.3 Impacts on grids defined/Impacts on emissions defined	4.1 Impacts on different specifications of EVs on grids 4.2 Report on the Microscopic Modelling Approach of EREV Usage and the Results
5	Environmental impact of EREVs in different European countries	5.1 Evaluation of existing approaches for regionally differentiated impact assessment 5.2 Integrating spatially differentiated impact methods in LCA tools 5.3 Data collection and definition of specifications finished	5.1 Report on Life Cycle Assessment of EREVs including spatial distribution evaluation and approaches
6	Assessment of the user-perspective on critical aspect of EREV concepts	6.1 Consortium workshop to define questions/hypotheses	6.1 Integrated results from analysis of the user perspective on critical aspects of EREV
7	Synthesis of outputs, SDA and recommendations	7.1 Final partner meeting and delivery of final report	7.1 Final report
8	Project management - Dissemination - Exploitation	8.1 Project logo available 8.2 Project website available 8.3 1st leaflet available	8.1 Half-year report 8.2 Annual report 8.3 Annual report 8.4 Final report 8.5 Project logo, website 8.6 Leaflet 8.7 Exploitation Plan

Die Deliverables stehen auf der Seite <http://www.evrest-project.org> zur Verfügung.

Arbeitspaket 1 (Analysis of car uses):

- Es wurde relevante Literatur gemeinsam mit den anderen Partnern zusammengetragen, der Stand der Literatur wurde in einer Excel-Liste festgehalten und steht allen Projektpartnern zur Verfügung. (*Meilenstein 1.1. – Review of Literature*)
- In Abstimmung mit den anderen Projektpartnern aus Österreich, Frankreich und Deutschland konnte ein Überblick über die verfügbaren Datenquellen zur Pkw-Nutzung gewonnen werden.
- Vorhandene Datenbestände in Deutschland wurden gesichtet und auf ihre Verwendbarkeit im Hinblick zur Forschungsfrage geprüft. Von Seiten des IfV werden die Daten zu Alltagsmobilität und Pkw-Nutzung (Tankbuch) des Deutschen Mobilitätspanels (MOP), sowie der INVERMO-Erhebung (Fernverkehr) einbezogen. (*T1.1 State of the art of existing data and data needed by subsequent APs*)
- In *Deliverable 1.1* wurden die vorhandenen Datenbestände beschrieben, verglichen und erste vergleichende Auswertungen wurden durchgeführt. Zudem wurden Evaluierungskriterien für die Datensätze entwickelt (z.B. sind Informationen zum Pkw bekannt; wird die Mobilität über längere Zeiträume (> 1 Tag) erhoben). In einem nächsten Schritt wird anhand dieser Kriterien bestimmt, mit welchen Datensätzen in der weiteren Analyse gearbeitet wird. (*Deliverable 1.1 Useful survey data sources*)
- In Absprache mit den in Arbeitspaket 1 beteiligten Partnern (d.h. Welche Möglichkeiten bieten die vorhandenen Daten?) sowie den in Arbeitspaket 2 beteiligten Partnern (d.h. Welche Anforderungen werden an die Daten gestellt?) wurde eine vereinheitlichte Methodik entwickelt, welche es ermöglichen sollte, Fahrzeugnutzungen über längere Zeiträume in einer einheitlichen Form und in einer für eine Dimensionierung von Batteriekapazität und Range-Extender-Leistung geeigneten Form darzustellen (*T.1.2 Methodology for extracting useful information from non homogeneous survey designs, AP 2 Simulated sizing and optimization of technologies*). Hierzu wurden verschiedene Variablen zur Datenauswertung definiert und mit den beteiligten Partnern auf dem Projektmeeting in Chemnitz (12.12.2012) abgestimmt. Es wurde eine vereinheitlichte Methodik entwickelt, um die Fahrzeugnutzung über längere Zeiträume abzubilden. Es gelang, spezifische Tageskilometer für jeden Tag eines ganzen Jahres für eine für Deutschland repräsentative etwa 3,100 Pkw umfassende Flotte zu modellieren. Für die Modellierung und Ergebnisvalidierung wurden die Daten der Alltagsmobilitäts-erhebung sowie der Tankbuchehebung des Deutschen Mobilitätspanels (MOP, Erhebungsjahre 2005/05-2011/12), der Fernverkehrserhebung INVERMO und der Erhebung Mobilität in Deutschland (MiD) genutzt. Die Ergebnisse der Modellierung wurden auf dem Projektmeeting in Wien (13.06.2013) vorgestellt. *Meilenstein 1.3 (Specification of an harmonized database of car use)* wurde somit erreicht.
- In einem umfangreichen Prozess in Abstimmung insbesondere mit IFSTTAR-LTE wurden die modellierten Pkw-Nutzungsdaten analysiert und es wurden Pkws im Datensatz identifiziert, welche aufgrund ihrer Nutzung durch EREVs ersetzt werden können. In zahlreichen iterativen Schritten wurden Variablen definiert und selektiert anhand dessen eine Einordnung und Klassifizierung von potentiellen EREV-Nutzern ermöglicht wird. Eine umfangreiche Abstimmung dazu fand in zahlreichen Telefonkonferenzen sowie zum Projekttreffen in Wien am 13.06.2013 statt. Der implementierte Clusterprozess wurde allen Projektpartnern zum 6. Projekttreffen in Lyon am 11.12.13. vorgestellt.
- Im *Deliverable 1.2 (An harmonized database of car use for different countries)* wurden die für die weitere Analyse genutzten Datensätze beschrieben, die Methodik zur Berechnung der Fahrzeugnutzung über längere Zeiträume dargelegt und die Ergebnisse der vergleichenden Analyse der Pkw-Nutzungsdaten anhand der erarbeiteten Methodik diskutiert.
- Im Rahmen des Arbeitspaketes 1 wurden vom IfV zwei Konferenzbeiträge angefertigt, um das am KIT erstellte Pkw-Nutzungsmodell über längere Zeiträume vorzustellen. Die im Rahmen der ETC 2013 (European Transport Conference) erstellte Veröffentlichung "Capturing the Usage of the German Car Fleet for a one Year Period to Evaluate the Suitability of Battery Electric Vehicles – a Model Based Approach" (Autoren: Weiss, C.; Chlond, B.; Heilig, M.; Vortisch, P.) wurde Mitte 2014 für eine Veröffentlichung in dem Journal Transport Research Procedia (No. 1/2014) akzeptiert und veröffentlicht. Für die TRB 2014 (Transport Research Board) wurde ein Paper mit dem Titel „A Hybrid Modelling Approach of Car Uses in Germany based on Empirical Data with Different Granularities“ (Autoren: Chlond, B.; Weiss, C.; Heilig, M.; Vortisch, P.) eingereicht. Diese Veröffentlichung wurde auf der TRB am 15.01.2014 im Rahmen einer Posterpräsentation vorge-

stellt und Mitte 2014 im ISI-gerankten Journal Transport Research Record (No. 2412) akzeptiert und veröffentlicht.

- Es wurde im Rahmen des EVREST Projektes eine gemeinsame Veröffentlichung zu “Optimizing Components Size of an Extended Range Electric Vehicle according to the Use Specifications” für die TRA (Transport Research Arena) erstellt. (Autoren: Derollepot, R.; Weiss, C.; Kolli, Z.; Franke, T.; Trigui, R.; Chlond, B.; Armoogum, J.; Stark, J.; Klementschtz, R.; Baumann, M.; Pélissier, S.). Das KIT wirkte bei der Veröffentlichung mit, indem es die Ergebnisse aus Arbeitspaket 1, welche für die Komponentenmodellierung der EREVs benötigt werden, beschrieb.

Arbeitspaket 3 (Development of scenarios for establishing electromobility):

- Relevante Mobilitätstrends und -treiber, welche die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen (ePkw mit Reichweitenverlängerung, Batterieelektrische Pkw) beeinflussen, wurden zusammengetragen. Diese Zusammenstellung ist das Ergebnis einer umfassenden Literaturanalyse sowie einer Analyse von Primärdaten (Deutsches Mobilitätspanel) (T3.1 Trends of Mobility).
- Das KIT hat den Partner BOKU bei der Definition von Szenario-Rahmenbedingungen unterstützt, um in sich schlüssige Mobilitätsszenarien für Deutschland zu definieren (T3.2 Definition of scenario framework conditions). Diese Szenarien bilden im AP 4 die Grundlage, um die E-Mobilnutzung unter zukünftigen Rahmenbedingungen zu simulieren.
- In T3.3 (*Definition of scenarios on the basis of users' need*) hat IfV den Partner TU Chemnitz bei der Beschreibung der Szenarien auf Grundlage der Nutzerbedürfnisse unterstützt.
- Das KIT trug bei dem im Rahmen der Szenariendefinition angesetzten Expertenworkshop zu dessen Erfolg bei und hat u. a. geeignete Partner aus der Industrie zu diesem Austausch eingeladen.
- Von den Bearbeitern des Arbeitspaketes 3 wurde für die TRA 2014 (Transport Research Arena) eine Publikation erstellt, welche die Vorgehensweise der Szenariengenerierung dokumentiert und die Szenarienergebnisse beschreibt. Titel des Artikels ist „Future Scenarios of Electric Vehicles with Range Extender in Austria, Germany and France“ (Autoren: Stark, J.; Klementschtz, R.; Link, C.; Weiss, C.; Chlond, B.; Franke, T.; Günther, M.).

Arbeitspaket 4 (Simulation of different electric mobility scenarios to define grid impacts and transport related emissions)

- Die in Arbeitspaket 3 vom BOKU ermittelten Daten zur Neuwagennachfrage wurden vom KIT (IfV und DFIU) für das Arbeitspaket 4 aufbereitet, um ausgehend von den Verkäufen am Neuwagenmarkt die Penetration von EREVs und BEV in der Pkw-Bestandsflotte im Jahr 2025 abzuschätzen.
- In T 4.1 (Definition of use profiles and activity places with/without recharging facilities for different scenarios) wurden für die verschiedenen Modellierungsszenarien Orte (zuhause, am Arbeitsplatz etc.) definiert, an denen Fahrzeuge laden können. Zudem wurde eine Methodik erarbeitet, mit welcher im agentenbasierten Verkehrssimulationsmodell mobiTopp EREVs und BEVs Modellagenten zugeordnet werden können. Im Rahmen der Erarbeitung der Methodik wurde festgestellt, dass es sinnvoll ist, für diesen Schritt nicht nur die in Arbeitspaket 1 erarbeiteten Modellergebnisse zur Fahrzeugnutzung über längere Zeiträume zu nutzen, sondern auch die Daten der Studien „MINI E Berlin – powered by Vattenfall V1.0 & V2.0“ der TU Chemnitz einzubeziehen. Durch die Nutzung beider Studien werden die EREVs/BEVs modellseitig nicht nur an Haushalte verteilt, die aufgrund ihrer Pkw-Nutzung ihren Pkw ersetzen könnten, sondern zudem wird in die Verteilung einbezogen, ob sich Personen mit einer bestimmten Soziodemografie für Elektromobilität interessieren.
- In T 4.2 (Simulation of vehicle use in 4 different scenarios) wurden verschiedene notwendige Arbeitsschritte (Konzepte zur Implementierung, Schaffung der Modell- und Datenstrukturen, die eigentliche Implementierung und Optimierung des laufzeitintensiven Programmcodes) durchgeführt, um eine Abbildung von Pkw-Nutzung und Pkw-Ladung über eine Woche im mikroskopischen Verkehrsnachfragemodell mobiTopp zu ermöglichen: Es wurde ein Autobesitzmodell in das Verkehrssimulationsmodell mobiTopp implementiert, anhand dessen, der Antrieb des Pkws (konventionell, EREV, BEV) und das Pkw-Segment (klein, mittel, groß) festgelegt wurde. Mit diesem EREV-Besitzmodell wird abgebildet, welche der ca. 2 Millionen Agenten in der Modellregion im Jahr 2025 einen EREV besitzen werden. Zudem wurden Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen in mobiTopp implementiert. Es ist nun möglich, Ladedateien ausgeben zu lassen, in welcher sämtliche modellierten Ladevorgänge im Simulationszeitraum in räumlicher und zeitlicher Diffe-

renzung enthalten sind. Außerdem wurden Reichweiteeinschränkungen von Elektrofahrzeugen im Zielwahlmodell und im Verkehrsmittelwahlmodell von mobiTopp berücksichtigt. Das entwickelte E-Fahrzeug-Besitzmodell wurde zudem in mobiTopp implementiert. Die PTV AG stellte dem IfV freundlicherweise eine VISUM-Datei zur Verfügung, wodurch eine Fortschreibung der Strukturdaten für das Jahr 2025 möglich gemacht wurde. Des Weiteren wurden Simulationsläufe für die verschiedenen zuvor definierten Szenarien durchgeführt. Es wurden im Rahmen des Projektes ein Szenario ohne Elektromobilität (Ohne-Fall) und drei Szenarien mit Elektrofahrzeugen betrachtet, die sich in der Zahl der Elektrofahrzeuge in der Pkw-Flotte und in den Batterie-Lademöglichkeiten unterscheiden.

- Es wurde das Deliverable 4.2 (Report on the Microscopic Modelling Approach of EREV Usage and the Results) verfasst. In diesem sind die in mobiTopp durchgeführten Modellerweiterungen sowie eine Zusammenstellung wichtiger Modellergebnisse enthalten.
- Die im Rahmen des T4.2 erarbeiteten Ergebnisse wurden auf mehreren Konferenzen vorgestellt: Das Simulationsmodell mit Fokus auf dem Pkw-Besitzmodell sowie der benötigten Eingangsdaten der Modellierung wurde in der Veröffentlichung "Assessing the Effects of a Growing Electric Vehicle Fleet Using a Microscopic Travel Demand Model" (Autoren: Weiss, C; Mallig, N.; Heilig, M.; Chlond, B.; Franke, T.; Schneidereit, T.; Vortisch, P.) auf der International Conference on Travel Behaviour Research (IATBR) vorgestellt. Die Modellergebnisse wurden insbesondere hinsichtlich der entstandenen Elektrizitätsnachfrage in der Veröffentlichung "Modelling the Weekly Electricity Demand Caused by Electric Cars" (Autoren: Mallig, N.; Heilig, M.; Weiss, C; Chlond, B.; Vortisch, P.) dargestellt. Diese Veröffentlichung erhielt die Auszeichnung des Best Paper Awards auf der 6th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2015). Zudem wurde ein Beitrag für das Transportation Research Board 2016 mit dem Titel "How Much Range is Required? A Model Based Analysis of Potential Battery Electric Vehicle Usage" (Autoren: Weiss, C; Mallig, N.; Heilig, M.; Schneidereit, T.; Franke, T.; Vortisch, P.) eingereicht.
- In T 4.3 (Definition of impacts on the energy system (grids and electricity generation)) wurden zur Analyse möglicher Auswirkungen auf die Stromerzeugung im Energiesystemmodell PERSEUS-NET-TS die Zeitstruktur in Analogie zum mobiTopp Modell angepasst, der abgebildete Kraftwerkspark erneuert, die Abbildung von E-Pkw verbessert (insbesondere zur Abbildung des Lastverschiebepotentials) und 2012 als neues Basisjahr festgelegt. Mit Hilfe dreier Modellrechnungen wurden der dem Ladestrom zugrundeliegende Elektrizitätsmix und die resultierenden Emissionen berechnet. Dabei wurde das Modell einmal ohne zusätzliche Nachfrage für Elektromobilität gerechnet, einmal mit ungesteuertem Laden der zusätzlichen Nachfrage und einmal mit einer gesteuerten zusätzlichen Nachfrage. Sowohl der durchschnittliche Elektrizitätsmix, als auch der zeitlich differenzierte und der marginale Mix konnten so für beide Ladestrategien identifiziert werden. Die Ergebnisse dieser Rechnungen wurden auf zwei Konferenzen (IAEE-Conference, Düsseldorf 2013, 10th International Colloquium Fuels, Esslingen) und für das Paper "Assessing Real Time CO₂ Emissions of Electric Vehicles from Power Plants" aufgearbeitet und in einem renommierten Journal (Transport Research Part A) veröffentlicht. Die Anpassungen des PERSEUS-NET-TS Modells (insbesondere hinsichtlich des Lastfolgeverhaltens thermischer Kraftwerke) wurde auf der Konferenz der International Association of Energy Economics (IAEE) in New York präsentiert und in den Konferenz-Proceedings veröffentlicht.
- Zudem wurden zur Analyse möglicher Auswirkungen auf das Verteilnetz zwei exemplarische Verteilnetze mittels MATPOWER (einem Programmpaket von MATLAB®) abgebildet und analysiert. Dabei handelt es sich um ein auf einer Literaturrecherche basierendes "Referenznetz" und um ein vergleichsweise neues Vorstadtnetz aus Bühl, dass von den Stadtwerken Bühl für diese Analyse zur Verfügung gestellt wurde. Mit den abgebildeten Netzen wurden Lastflussberechnungen für verschiedene Situationen durchgeführt. In einem worst-case Szenario (u. a. hohe Last an einem Winter Nachmittag und eine hohe Ladeleistung von 11 kW) wurde die in den Netzen jeweils kritische Menge an Elektrofahrzeugen berechnet, die gleichzeitig am Netz laden können. Erste Ergebnisse dabei waren, dass in dem Vorstadtnetz von Bühl selbst bei der ungünstigsten Verteilung der Fahrzeuge an ca. 30 % der Häuser gleichzeitig mit 11 kW geladen werden kann, ohne dass das Netz überlastet ist. Bei einer Ladeleistung von 3,5 kW bedeutet dies, dass an jedem Haus ein Fahrzeug geladen werden könnte. Im Referenznetz ist die Zahl mit ca. 6 % wesentlich kleiner. Allerdings gilt auch hier, dass bei einer gleichmäßigeren Verteilung auf die abgebildeten Netzstränge ca. 18% der Haushalte gleichzeitig ein Elektrofahrzeug mit 11 kW laden könnten. Mit 3,5 kW ist eine Ladung dementsprechend schon über die Hälfte der Haushalte möglich.

- Die gegenüber der ursprünglichen Antragstellung notwendig gewordenen Kürzungen wurden insbesondere in T 4.4 (Definition of emissions from the transport system) realisiert. Eine detaillierte Darstellung der Emissionen aus dem Verkehrssystem musste aus Aufwandsgründen entfallen. Diese Kürzung war an dieser Stelle sinnvoll, da die Ergebnisse nicht anderweitig in dieser Detaillierung benötigt wurden. Um diesen Aspekt der detaillierten Betrachtung nicht gänzlich fallen zu lassen, wurden Analysen zu Emissionseinsparungen durch Elektrofahrzeugnutzung für verschiedene sozio-demografische Gruppen im Haushaltskontext durchgeführt; diese finden sich im Deliverable 4.2. Die hauptsächlichen Arbeiten zur räumlich differenzierten Darstellung der Emissionen werden von LBP-GaBi in T 5.3 durchgeführt.

Arbeitspaket 5 (Environmental impact of EREVs in different European countries)

- Die Ergebnisdateien der Verkehrsnachfragesimulation mobiTopp wurde an LBP-GaBi übergeben und LBP-GaBi wurde maßgeblich bei der Erstellung eines Datenaufbereitungsprogramms mit der Software SAS (Statistical Analysis Software) unterstützt, um die in AP4 erstellten Ergebnisse an die Inputspezifikationen aus AP5 anzupassen.
- Die aus dem PERSEUS-NET-TS Modell für die verschiedenen Szenarien resultierenden Stromerzeugungsmixe von Deutschland in 2030 wurden vom DFIU für die Datenübergabe an LBP-GaBi aufbereitet und Ende 2014 übergeben.

Arbeitspaket 6 (Assesment of the user-perspective on critical aspects of EREV user concepts)

- Das DFIU beteiligte sich am Ergebnisabgleich und Erfahrungsaustausch hinsichtlich der Akzeptanzforschung von Elektromobilität (beispielsweise aus den Projekten CROME, get eReady, RheinMobil und MeRegioMobil) insbesondere mit dem TUC.

Arbeitspaket 7 (Synthesis of outputs, sustainable development analysis and recommendations)

- In diesem AP wurden insbesondere in Zusammenarbeit mit den Partnern die Zwischenberichte und der Endbericht für das nationale und das europäische Berichtswesen verfasst.
- IfV und DFIU unterstützten den Partner BOKU bei der Durchführung der Nachhaltigkeitsbewertung, indem sie dem Partner relevante Daten zur Verfügung stellten.

Arbeitspaket 8 (Project Management / Dissemination / Exploitation)

- In diesem AP wurde in Zusammenarbeit mit den Partnern eine zentrale Projektwebseite (<http://www.evrest-project.org>) sowie institutsspezifische Seiten (http://www.ifv.kit.edu/26_349.php und http://www.iip.kit.edu/1064_1953.php) erstellt. Ebenso fallen in dieses AP die Aufwendungen für die Veröffentlichungen (siehe unten „Erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6“) sowie die für den Projektverlauf notwendigen Managementarbeiten.

Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises sind die Personalausgaben.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Das KIT hat in der Projektlaufzeit Nutzungsmuster der Pkw-Bestandsflotte identifiziert, von E-Pkw identifiziert und Auswirkungen auf die Energiewirtschaft analysiert. Diese Arbeiten sind bei der Entwicklung von nutzerbedarfsgerechten E-Pkw durch die Automobilindustrie sowie der notwendigen Berücksichtigung seitens der Energiewirtschaft und damit für eine erfolgreiche Marktpenetration von E-Pkw von großer Relevanz. Dies gilt insbesondere für EREV.

Der Zuwendungsempfänger wäre ohne die Förderung nicht in der Lage gewesen, diese Arbeiten durchzuführen. Dies bezieht sich insbesondere auf den Kontakt zu bzw. den Austausch mit den ausländischen Forschungspartnern und zur Industrie, der eine praxisnahe Analyse ermöglichte. Die Förderung ermöglichte darüber hinaus die erhaltenen Ergebnisse im Austausch mit den Partnern aus zum Teil anderen Fachdisziplinen zu verbessern und entsprechend zu veröffentlichen. Dies beinhaltet nicht nur die inhaltlichen Beiträge im Projekt, sondern auch die Kommunikation mit der Öffentlichkeit und der Weiterverwendung der Projektergebnisse in weiteren Projekten, Beratungstätigkeiten und der Ausbildung neuer Experten in diesem Bereich.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die folgende Tabelle dokumentiert die Verwertung, es wird dabei auch die Termineinhaltung sowie der Nutzen der Ergebnisse aufgeführt.

Verwertungsplan:

Lfd.Nr.	Bezeichnung	Zeitpunkt der Erfüllung und Weiterführung
1	Bereitstellung von Ergebnissen zur Pkw-Nutzung, um eine nachfragegerechte Gestaltung von Range-Extender-Konzepten und Hybridantrieben zu forcieren	Plan: Ab Mitte 2013 Ist: Ab Mitte 2013 Weiterführung: Die Ergebnisse stehen einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung (vgl. Veröffentlichungen)
2	Ausbau der wissenschaftlichen Kompetenzen im Bereich der Elektromobilität und in Bezug auf die Datennutzung und Modellierung von Nutzerverhalten und der Kraftfahrzeugnutzung generell	Plan: fortlaufend Ist: fortlaufend Weiterführung: Das angeeignete Wissen wurde und wird an zahlreiche Studenten weitergegeben und in neuen Projekten weiterentwickelt.
3	Nutzung eines erweiterten Simulationsmodells MobiTopp entsprechend den Anforderungen der Kfz-Industrie bzw. der Energiewirtschaft	Plan: Ab Mitte 2013 Ist: Ab Mitte 2013 Weiterführung: Das Modell wurde vollständig implementiert und in weiteren Projekten weiterentwickelt.
4	Verbreitung der Ergebnisse über die Projektwebsite	Plan: fortlaufend Ist: fortlaufend Weiterführung: Die Seite wird bis auf weiteres verfügbar sein.
5	Wissenschaftliche Verwertung in Form von Publikationen in Fachzeitschriften, Vorstellung des Vorhabens und der Ergebnisse in internationalen Fachtagungen.	Plan: fortlaufend Ist: fortlaufend Weiterführung: Die Ergebnisse wurden auf zahlreichen Konferenzen und in Fachzeitschriften veröffentlicht und werden als Grundlage für weitere Arbeiten dienen.
6	Transfer der Forschungsergebnisse in die Lehrinhalte (unmittelbare Nutzung in Seminaren und anderen Lehrveranstaltungen)	Plan: fortlaufend Ist: fortlaufend Weiterführung: Die Forschungsergebnisse wurden in verschiedene Lehrveranstaltungen integriert (bspw. Vorlesung „Electric Mobility“)

Zusammenfassend besteht der Nutzen aus dem Verwertungsplan insbesondere in den veröffentlichten Ergebnissen, die einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden (vgl. Veröffentlichungsliste in „Erfolgen oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6“) sowie den Erkenntnissen zu den entwickelten Fahrzeugkonzepten, welche von der Fahrzeugindustrie für die Entwicklung von nutzergerechten EREV genutzt werden können. Darüber hinaus ist der Erkenntnisgewinn der beteiligten Mitarbeiter, dessen Weitergabe an die Studenten im Rahmen zahlreicher Seminare, Vorlesungen (insb. der Vorlesung „Electric Mobility“ von Herrn Jochem am KIT und der HECTOR School) und Abschlussarbeiten sowie die Weiterentwicklung der gewonnenen Erkenntnisse in weiteren Forschungsprojekten (vgl. Erfolgskontrollbericht, „Fortschreibung des Verwertungsplans“). Im kleineren Maße gehen die Ergebnisse auch in einen Forschungsaufenthalt als „visiting Professor“ von Herrn Dr. Patrick Jochem im Sommer 2015 an der mathematischen Fakultät der University of Waterloo, Ontario, ein.

Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit erschienen zahlreiche relevante FE-Ergebnisse von dritter Seite:

- **„Roadmap zur Kundenakzeptanz“** vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fhg ISI) bietet einen Überblick über die durchgeführte sozialwissenschaftliche Begleitforschung der Elektromobilität in Modellregionen. Sie trifft Aussagen über zukünftige Trends, Technologien, Rahmenbedingungen und Anforderungen und gibt abschließend Empfehlungen an Politik, Industrie und Kommunen. Die dort präsentierten Ergebnisse wurden mit denen der in EVREST durchgeführten Nutzerakzeptanzanalyse verglichen und bei den aus EVREST abgeleiteten Handlungsempfehlungen berücksichtigt.
- **„Markthochlaufszzenarien für Elektrofahrzeuge“** vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung im Auftrag der Nationalen Plattform Elektromobilität und der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) untersucht, wie viele Elektrofahrzeuge es in Deutschland in verschiedenen Zukunftsszenarien geben wird. Die Autoren der Studie benennen das Angebot, an Elektrofahrzeugen, die Entwicklung der Kaufpreise sowie die Preisentwicklung von Strom und Kraftstoff als wesentliche Einflussgrößen für die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen. Das Ziel der Studie ist ähnlich zu den in EVREST-AP3 getätigten Arbeiten. Im Unterschied zu der genannten Studien war es jedoch in EVREST das Ziel, die Nachfrage nach dem im Rahmen von EVREST konzipierten EREVs in den Ländern Deutschland, Österreich und Frankreich mit einer einheitlichen Methodik abzuleiten.
- **„Attraktivität und Akzeptanz von Elektroautos“** vom Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) fokussiert auf eine qualitative Untersuchung von subjektiven Einschätzungen und Bewertungen unterschiedlicher Zielgruppen in Bezug auf Elektrofahrzeuge. Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit denen aus dem Projekt EVREST ermöglichte es auch emotionale Dimensionen mit in die bilaterale Evaluation einfließen zu lassen.
- **„Perspektiven von Elektro-/Hybridfahrzeugen in einem Versorgungssystem mit hohem Anteil dezentraler und erneuerbarer Energiequellen“** von den Verbundpartnern Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik (TT), Abt. Systemanalyse und Technikbewertung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart, Institut für Fahrzeugkonzepte (FK), Abt. Innovative Fahrzeugkonzepte und Technikbewertung, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg, Bereich Elektrische Energiesysteme, RWTH Aachen, Institut für Hochspannungstechnik (IfHT) und Forschungsgemeinschaft für Elektrische Anlagen und Stromwirtschaft e.V., Aachen (FGH).
Der Ausblick zu den Perspektiven von Elektro-/Hybridfahrzeugen in einem Versorgungssystem mit hohem Anteil dezentraler und erneuerbarer Energiequellen ermöglicht es in EVREST neben der Nutzung der Elektrofahrzeuge zudem einen Blick auf deren Versorgung mit Strom zu werfen. Auch im Rahmen der Konzeptforschung zur Infrastruktur müssen höhere Anteile von dezentralen und erneuerbaren Energiequellen berücksichtigt werden wofür die dargestellten Perspektiven die nötige Grundlage bilden können. Unsere Ergebnisse werden hier weitgehend bestätigt und ergänzt.
- Das Projekt **„Cross-border Mobility for Electric Vehicles“** (CROME) vom KIT und 9 Industriepartnern aus Frankreich und Deutschland hatte zum Ziel eine grenzüberschreitende, sichere, benutzerfreundliche und zuverlässige Elektromobilität zwischen Frankreich und Deutschland zu gestalten, zu ermöglichen und zu analysieren, um Antworten auf Fragestellungen zum europäischen Standardisierungsprozess der Elektromobilitätsinfrastruktur (Netzanschluss, Kabel etc.) sowie zu Elektromobilitätsdienstleistungen (Authentifizierung, Billing, Roaming, Reservierung, etc.) geben zu können. In diesem Gemeinschaftsprojekt wurden folgende Ergebnisse erzielt: (a) grenzüberschreitender Verkehr mit Elektrofahrzeugen wurde demonstriert, (b) eine grenzüberschreitende, kompatible Ladeinfrastruktur (Ladestecker, Ladekabel, Lade-Kommunikation, Zugangssysteme, Services, etc.) konzipiert und erprobt, (c) neuartiger E-Mobilitätskonzepte (Roaming, etc.) entwickelt, implementiert und getestet, (d) grenzüberschreitendes Nutzerverhalten der Fahrzeugnutzer umfassend analysiert sowie Handlungsempfehlungen für grenzüberschreitende Elektromobilitätsnutzung gegeben. Insbesondere die Erkenntnisse aus der Nutzerakzeptanzstudie (Fahrzeugnutzung) konnten im Rahmen des EVREST-Projektes verwendet werden.
- **„Anwendersicht auf Elektromobilität in gewerblichen Flotten“** vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung mit Ergebnissen aus den Projekten mit gewerblichen Nutzern von Elektrofahrzeugen im Rahmen des BMVBS-Vorhabens „Modellregionen für Elektromobilität 2009-2011“ fokussiert die Anwendersicht auf Elektromobilität in gewerblichen Flotten. Das Projekt verfolgte das Ziel, die Ergebnisse aus der ersten Phase der Modellregionen hinsichtlich der Akzeptanz für Elektrofahrzeuge in gewerblichen Flotten zusammenzutragen, um eine Konsolidierung des erarbeiteten Wissensstandes zu erreichen. Die Studie stützt sich dabei zum einen auf die Daten, die mit dem Minimaldatenset, einer gemeinsamen Erhebung in allen Projekten des Programms, erh-

ben wurden. Zum anderen werden die Ergebnisse aus den einzelnen Projekten berücksichtigt, indem die vorliegenden Projektberichte vergleichend ausgewertet werden.

- Im Rahmen des „**Innovationsclusters Regional Eco Mobility 2030**“ (REM2030) wurde ein REM 2030 Fahrzeugkonzept als Range Extender System entwickelt. Das vom Land Baden-Württemberg und von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderte Projekt wird von verschiedenen Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft und des KIT bearbeitet. Im Fokus dieses Projektes steht die Betrachtung eines systemischen Ansatzes, der die Themen Fahrzeug, Infrastruktur und neue Geschäftsmodelle verbindet. Dort wurde ein innovativer EREV-Typ mit Hochtemperaturpolymerelektrolytmembran (HT-PEMFC) und vorgeschaltetem Methanoldampfreformer untersucht. Für die Bemessung des EREV-Konzeptes wurde ein Fahrzyklus entwickelt, welcher sich an einem realen Fahrprofil im Raum Karlsruhe orientiert. Im Gegensatz zum EVREST-Projekt wurden in REM2030 bei der EREV-Bemessung die Fahrzeugnutzung jedoch nicht im Längsschnitt und damit auch nicht die Häufigkeiten der möglichen Fernverkehrsnutzung im gleichen Maß berücksichtigt. Zudem unterscheidet sich der Analysefokus: während bei REM2030 das Assessment neuer Geschäftsmodelle und Infrastruktur im Mittelpunkt steht, wurde in EVREST insbesondere die Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage, das Energiesystem und Emissionen untersucht.
- Das Projekt „**BMW ActiveE Leipzig**“ von der BMW AG, der TU Chemnitz und den Stadtwerken Leipzig fand im Rahmen des Schaufensterprojektes „Elektromobilität verbindet“ der Bundesländer Sachsen und Bayern statt und hatte zum Ziel, die Elektromobilität über den urbanen Bereich hinaus zu untersuchen. Der Fokus hierbei lag auf Berufspendlern, die längere Fahrten mit mehr als einer Batterieladung pro Tag fahren. In einem Feldversuch wurden in fünf festgelegten Zeiträumen je 15 Nutzern ein BMW ActiveE für eine Dauer von 12 Wochen bereitgestellt. Es zeigte sich, dass Elektrofahrzeuge auch für Berufspendler geeignet sind und dass mit steigender Erfahrung die Sorge um die Reichweite kontinuierlich abnimmt. Die unzureichend ausgebaute Ladeinfrastruktur erwies sich als eine der Hauptbarrieren für Elektromobilität.
- Das Projekt „**PREMIUM**“ von der BMW AG, der Alphabet Fuhrparkmanagement GmbH, der Universität Duisburg-Essen, der Universität der Bundeswehr München und der Universität Passau startete Anfang des Jahres 2014 und hat zum Ziel verschiedene Antriebskonzepte unter Berücksichtigung von Einsatzzweck, Ladeinfrastruktur, Ladezeiten, Batteriekosten, Verbrauch und Emissionen zu evaluieren. Ähnlich wie auch im Projekt EVREST sollen neben Umweltaspekten auch spezifische Kundenanforderungen im Mittelpunkt stehen. Hierzu sollen, abgrenzend zum Projekt EVREST, Fahrzeuge mit verschiedenen Antriebskonzepten (BEVs, EREVs, PHEVs) direkt vom Kunden unter realen Alltagsbedingungen genutzt und anschließend bewertet werden.
- Das IFEU befasste sich im Rahmen des Projekts „**UMBReIA**“ mit Fragestellungen zur Ökobilanz von Elektromobilität. Neben der Ökobilanz der Fahrzeugkonzepte wurden detaillierte Szenarien der zukünftigen Entwicklung der Stromerzeugung und möglicher Strombereitstellungskonzepte analysiert. Weiterhin wurden die Verbesserungspotentiale der Umweltbilanz durch den Einsatz von Leichtbautechnologien und zukünftige Veränderungen im Energiemix der Fahrzeugfertigung analysiert.
- Das Projekt „**OPTUM**“ befasste sich mit Fragestellungen der Akzeptanz, der ressourcenpolitischen Aspekte, der Wirtschaftlichkeit von Energiespeichern sowie der Marktentwicklung und der Ableitung förderpolitischer Ziele. Im Rahmen dieses Projektes wurde eine detaillierte Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Elektromobilitätskonzepten und der Stromversorgung auf die CO₂-Bilanz der Elektromobilität durchgeführt. Andere Umweltwirkungskategorien wurden nicht betrachtet. Zudem lag der Fokus der Umweltanalyse auf der Fahrzeugnutzung und der Untersuchung verschiedener Strombereitstellungskonzepte. Potentielle Umweltwirkungen während der Fahrzeugherstellung und Entsorgung werden nicht thematisiert.
- Das Schweizer Projekt „**THELMA**“ stellt ein weiteres Projekt mit einer umfassenden Umweltanalyse von Elektrofahrzeugkonzepten dar. Die Ökobilanzen des THELMA-Projekts basierten auf Arbeiten der EMPA und des PSI.
- Im Begleitforschungsprojekt „**Praxperform E**“, das im Rahmen der Förderrichtlinie Elektromobilität des BMVI durchgeführt wurde, befassten sich das Fraunhofer IBP und die PE International AG mit der Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltperformance von Elektro- und Hybridfahrzeugen im Bereich der Personenkraftwagen (PKW) und der leichten Nutzfahrzeuge (NFZ). Grundlage für die Bewertung lieferten Langzeitmessdaten der eingesetzten Fahrzeuge aus den verschiedenen Modellregionen und -projekten. Hauptziel war es, wichtige herstellerunabhängige Betriebserkenntnisse verschiedenster Hybrid- und Elektrofahrzeugtypen für ein breites Einsatzspektrum zu gewinnen und daraus den ökologischen Beitrag der Elektromobilität in den Bereichen Individual- und Wirtschaftsverkehr abzuleiten.

Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Zeithorizont
1	Unter Führung des Koordinators (IFSTTAR – Frankreich) wurde eine Projektwebseite erstellt. http://www.evrest-project.org/	
2	Es wurde eine lokale Projektwebsite auf dem Internetauftritt des IfV erstellt. Diese ist erreichbar unter: http://www.ifv.kit.edu/26_349.php	
3	Es wurde eine lokale Projektwebsite auf dem Internetauftritt des DFIU erstellt. Diese ist erreichbar unter: http://www.iip.kit.edu/1064_1953.php	
4	Paper: ETC (European Transport Conference) "Capturing the Usage of the German Car Fleet for a one Year Period to Evaluate the Suitability of Battery Electric Vehicles – a Model Based Approach" (Autoren: Weiss, C.; Chlond, B.; Heilig, M.; Vortisch, P.) Das Paper wurde 2014 für eine Veröffentlichung im Journal Transport Research Procedia (No. 1/2014) akzeptiert und veröffentlicht.	Einreichung Full Paper: 30.08.2013 Präsentation: 02.10.2013 Konferenz: 30.09.-02.10.2013 Veröffentlichung Journal: Mitte 2014
5	Paper: TRB (Transport Research Board) „A Hybrid Modelling Approach of Car Uses in Germany based on Empirical Data with Different Granularities" (Autoren: Chlond, B.; Weiss, C.; Heilig, M.; Vortisch, P.) Das Paper wurde 2014 für eine Veröffentlichung im ISI-gerankten Journal Transport Research Record (No. 2412) akzeptiert und veröffentlicht.	Einreichung Full Paper: 31.07.2013 Poster-Präsentation: 15.01.2014 Konferenz: 12.-16.01.2014 Veröffentlichung Journal: Mitte 2014
6	Paper: TRA (Transport Research Arena) „Future Scenarios of Electric Vehicles with Range Extender in Austria, Germany and France" (Autoren: Stark, J.; Klementschtz, R; Link, C.; Weiss, C.; Chlond, B.; Franke, T.; Günther, M.)	Einreichung Full Paper; 30.09.2013 Konferenz: 14.-17.4.2014
7	Paper: TRA (Transport Research Arena) "Optimizing Components Size of an Extended Range Electric Vehicle according to the Use Specifications" (Autoren: Derollepot, R.; Weiss, C.; Kolli, Z.; Franke, T.; Trigui, R.; Chlond, B.; Armoogum, J.; Stark, J.; Klementschtz, R.; Baumann, M.; Pélissier, S.)	Einreichung Full Paper; 30.09.2013 Konferenz: 14.-17.4.2014
8	Paper: Transportation Research A: Policy and Practice (Elsevier) „Assessing Real Time CO ₂ Emissions of Electric Vehicles from Power Plants" (Autoren: Jochem, P.; Babrowski S.; Fichtner W.)	Einreichung: Juli 2014 Akzeptiert: Februar 2015
9	Paper: IAEE (International Association of Energy Economics) "Modeling the Ability of Thermal Units to Perform Load Changes in Energy Systems" (Autoren: Babrowski S.; Jochem, P.; Fichtner W.)	Einreichung Full Paper 15.04.2015 Präsentation: 16.06.2014
10	Paper: EEVC (European Electric Vehicle Congress) "The Impact of Electric Vehicles on the Power Plant Portfolio: A German Case Study for 2030" (Autoren: Jochem, P.; Babrowski S.; Fichtner W.)	Einreichung Proceedings 30.09.2015 Präsentation: 04.12.2014 Konferenz: 3.-5.12.2014

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Zeithorizont
11	Abstract: TRB (Transport Research Board, Call for Poster Displays des TRB Committee on Environmental Analysis in Transportation (ADC10)) "Microscopic Simulation of Electric Vehicle Use to Assess Impacts on the Electricity System – A model based case study for Germany in the framework of the EVREST" (Autoren: Jochem, P.; Weiss, C.; Babrowski, S.; Mallig, N.; Chlond, B.; Fichtner, W.; Vortisch, M.)	Einreichung Abstract: 10.09.2014 Ablehnung: 03.10.2014
12	Presentation: "10 th International Colloquium Fuels - Conventional and Future Energy for Automobiles", "The Impact of Electric Vehicles on the Power Plant Portfolio: A German Case Study for 2030" (Autoren: Jochem, P.; Babrowski S.; Fichtner W.)	Einreichung Abstract: Oktober 2014 Präsentation: 21.01.2015 Konferenz: 20-22.01.2015
13	Poster: Vernetzungskonferenz Elektromobilität (BMW), "Auswirkung von Elektromobilitätsnutzung auf das Energiesystem – Eine modellbasierte Fallstudie im Rahmen des EVREST-Projekts" (Autoren: Weiß, C.; Babrowski, S.; Chlond, B.; Jochem, P.; Mallig, N.)	Einreichung Abstract: 21.09.2014 Poster-Präsentation: 19.-20.11.2014 Konferenz: 19.-20.11.2014
14	Abstract: Fachkonferenz Nachhaltig mobil: Wissenstransfer von der Forschung in die Praxis (Fachkonferenz im Auftrag des LM für Verkehr und Infrastruktur Ba-Wü), „Dimensionierung von unterschiedlichen Elektrofahrzeug-Konzepten: Simulation der Nutzung, resultierender elektrischer Verbrauch und verkehrsseitige Emissionen“ (Autoren: Weiss, C.; Chlond, B.; Mallig, N.; Babrowski, S.; Jochem, P.; Baumann, M.; Brethauer, L.)	Einreichung Abstract: 21.11.2014 Ablehnung: 28.01.2015
15	Paper: IATBR (International Conference on Travel Behaviour Research), "Assessing the Effects of a Growing Electric Vehicle Fleet Using a Microscopic Travel Demand Model" (Autoren: Weiss, C; Mallig, N.; Chlond, B.; Franke, T.; Schneidereit, T.; Vortisch, P.)	Einreichung Abstract: 30.11.2014 Einreichung Full Paper: 19.05.2015 Konferenz: 19.-23.07.2015
16	Paper: ANT (International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies), „Modelling the Weekly Electricity Demand Caused by Electric Cars“ (Autoren: Mallig, N.; Heilig, M.; Weiss, C; Chlond, B.; Vortisch, P.) Diese Veröffentlichung erhielt den „Best Paper Award“	Einreichung Full Paper: 07.02.2015 Konferenz: 02.-05.06.2015
17	Paper: TRB (Transport Research Board), „How Much Range is Required? A Model Based Analysis of Potential Battery Electric Vehicle Usage“ (Autoren: Weiss, C; Mallig, N.; Heilig, M.; Schneidereit, T.; Franke, T.; Vortisch, P.)	Einreichung Full Paper: 01.08.2015 Rückmeldung derzeit noch ausstehend
18	Monatsvortrag im LM für Verkehr und Infrastruktur Ba-Wü, „EVREST – Electric Vehicles with Range Extender as a Sustainable Technology“ (Vortragende: Christine Weiß) (Der Vortrag erfolgte auf	20.07.2015

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Zeithorizont
	Einladung vom Ministerium; Zuhörer: Mitarbeiter des Ministeriums)	
19	Beitrag im Newsletter der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft (DVWG) zum Projekt EVREST mit dem Titel „Range Extender als Brückentechnologie“	Veröffentlichung: September 2015

Verwendete Literatur

Pollok, T., Matrose, C., Dederichs, T., Schnettler, A., Szczechowicz, E., 2011. Classification and comparison of multi-agent-based control strategies for electric vehicles in distribution networks. In: Proceedings of 21st International Conference Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 2011), Frankfurt, Germany.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel EVREST (Electric Vehicle with Range Extender as a Sustainable Technology) – Analyse und Simulation der Kfz-Nutzung unter Gesichtspunkten der Elektromobilität sowie Analyse der Auswirkungen auf das lokale E-Verteilnetz		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Weiss, Christine Jochem, Patrick Chlond, Bastian Babrowski, Sonja Peter Vortisch Wolf Fichtner	5. Abschlussdatum des Vorhabens Juni 2015	
	6. Veröffentlichungsdatum Oktober 2015	
	7. Form der Publikation Bericht	
	9. Ber. Nr. Durchführende Institution	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Verkehrswesen (IfV) & Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU) Kaiserstraße 12 76133 Karlsruhe	10. Förderkennzeichen 01MX12017A	
	11. Seitenzahl 22	
	13. Literaturangaben 19	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Scharnhorststr. 34-37 10115 Berlin	14. Tabellen 4	
	15. Abbildungen 0	
	16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung <p>Elektrofahrzeuge (Electric Vehicles, EVs) stellen eine mögliche Lösung zur Reduzierung von Emissionen in städtischen Gebieten dar. Aufgrund der hohen Kosten und der begrenzten Reichweite ist die Marktdurchsetzung von EVs derzeit jedoch gering. Europäische Statistiken zeigen allerdings, dass ein großer Anteil täglicher Fahrten weit unter der durchschnittlichen maximalen Reichweite der neuesten Generation von EVs liegt. Das weist daraufhin, dass das Reichweitenproblem eher psychologischer Natur ist. Innerhalb des Projekts EVREST soll untersucht werden, wie Elektrofahrzeuge mit Range Extender (Extended Range Electric Vehicles, EREVs) verschiedene Nutzungsbedürfnisse erfüllen können, während gleichzeitig die Batteriegröße (und somit die Kosten), das Fahren seltenerer längerer Strecken und das Sicherstellen der Zielerreichung im Falle eines Batterieausfalls berücksichtigt werden. Dazu wird eine globale und interdisziplinäre Bewertung einer solchen Lösung vorgeschlagen, sowie verschiedene Elektromobilitätsszenarien für batterieelektrische Fahrzeuge (BEVs) und EREVs entwickelt.</p> <p>Der im Rahmen vom EVREST Projekt verfolgte Ansatz berücksichtigt das Nutzungsverhalten der analysierten Mobilitätsdaten in drei europäischen Ländern: Deutschland, Frankreich und Österreich. Auf Grundlage von Tagesfahrleistungen konnten mittels einer Clusteranalyse festgestellt werden, dass für Frankreich und Deutschland EREVs ein erhebliches Potential aufweisen den Nutzeranforderungen der Pkw-Nutzer gerecht zu werden. Zahlreiche Simulationen wurden für verschiedene Szenarien durchgeführt um die Haupteinflüsse auf das Verkehrsverhalten, die Pkw-Nutzung sowie auf das Netz und die Kraftwerkseinsatzplanung zu identifizieren. Die Mobilitätsanalyse wurde mit dem mikroskopischen Verkehrsnachfragemodell mobiTopp für die Metropolregion Stuttgart durchgeführt. Der Einfluss auf die Deutschen Kraftwerke und das elektrische Transportnetz wurde vom PERSEUS-NETTS-Modell berechnet. Diese Berechnung beinhaltet die jährlichen, durchschnittlichen und marginalen CO₂-Emissionen von E-Pkw. Die Ergebnisse der Simulationen mit dem mobiTopp Modell zeigen, dass das Nutzungsprofil von die EREVs zwar sehr ähnlich zu konventionellen Pkw ist, sich jedoch von jenem der BEVs deutlich unterscheidet. Die Einführung eines kontrollierten Ladeprozesses erscheint ausreichend zu sein, um die Herausforderungen des zusätzlichen Elektrizitätsbedarfs von BEVs und EREVs zu meistern. Dieses sollte jedoch zeitnah eingeführt werden.</p>		
19. Schlagwörter Elektromobilität, Range Extender, Mobilitätsdaten, Mobilitätsbedürfnisse, Nutzererwartungen, Antriebsdesign, Verkehrsnachfragemodell, Stromnetz, Kraftwerkspark, CO ₂ -Emissionen		
20. Verlag	21. Preis	

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title EVREST (Electric Vehicle with Range Extender as a Sustainable Technology) – Analyse und Simulation der Kfz-Nutzung unter Gesichtspunkten der Elektromobilität sowie Analyse der Auswirkungen auf das lokale E-Verteilnetz	
4. author(s) (family name, first name(s)) Weiss, Christine Jochem, Patrick Chlond, Bastian Babrowski, Sonja Peter Vortisch Wolf Fichtner	5. end of project June 2015
	6. publication date October 2015
	7. form of publication Report
8. performing organization(s) (name, address) Karlsruhe Institute of Technologie (KIT) Institute for transport studies (IfV) & French-German Institute for Environmental Research (DFIU) Kaiserstraße 12 76133 Karlsruhe	9. originator's report no.
	10. reference no. 01MX12017A
	11. no. of pages 22
12. sponsoring agency (name, address) Federal Ministry for Economic Affairs and Energy Scharnhorststr. 34-37 10115 Berlin	13. no. of references 19
	14. no. of tables 4
	15. no. of figures 0
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract Electric Vehicles (EVs) are expected to be an effective solution to cope with pollutant and noise emission in urban areas. However, the EV market penetration is still very weak mainly because of the high cost and the limited range. On the other hand, European statistics show that a large proportion of current daily trips are far below the maximum range announced for the new generation of EVs. This means that the range problem is either psychological or occasional. The main idea of EVREST project is to study how EVs with a Range Extender (RE) could match the different usage patterns while decreasing the battery size (cost), fulfilling occasional long trips and ensuring the user to reach his destination in case of battery failure. A global evaluation of this solution is then proposed and contributes to develop scenarios of electromobility including battery electric vehicles (BEVs) and extended range electric vehicles (EREVs). The approach proposed in EVREST takes into account the car usage behavior by analysing travel behavior surveys in three European countries: Germany, France and Austria. A clustering method of car usage on the basis of daily distances has been developed. The analyses show that EREVs have a high potential in meeting the needs of car users as assessed with car usage data from France and Germany. Several simulations were undertaken for different scenarios in order to identify the main impacts on travel behavior and car usage characteristics as well as on grid and power plant commitment. The mobility analysis is conducted using a microscopic travel demand model MobiTopp for the Stuttgart metropolitan region. The impact on the German power plant fleet and the transmission grid are derived from by the PERSEUS-NET-TS model. This includes a calculation of annual, average and marginal CO ₂ emissions of electric vehicles. The mobiTopp simulation results show EREVs are used rather similar to conventional vehicles and have another use profile than BEVs. The implementation of a smart controlled charging seems to be an adequate solution to handle the challenges that come along with the additional electricity demand from EVs and EREVs and should be introduced contemporary.	
19. keywords Electric mobility, range extender, car travel behavior, mobility needs, user's expectation, drivetrain design, travel demand model, electricity grid modeling, power plant portfolio, CO ₂ emissions, distribution grid, transmission grid	
20. publisher -	21. price