

Abschlussbericht der **Vattenfall Europe AG**

zum Verbundvorhaben

**Klimaentlastung durch den Einsatz
erneuerbarer Energien im Zusammenwirken
mit emissionsfreien Elektrofahrzeugen**

im Rahmen des FuE-Programms
"Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität"

Berlin, März 2011

Kurztitel: Mini-E 1.0

Projektpartner: Bayerische Motoren Werke AG, München
Vattenfall Europe Aktiengesellschaft, Berlin
Technische Universität Chemnitz, Chemnitz
Technische Universität Berlin, Berlin
Technische Universität Ilmenau, Ilmenau

Projektlaufzeit: 01.11.2008 – 30.11.2010

Gefördert durch das:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Erneuerbar
mobil

MINI E Berlin powered by Vattenfall

Zuwendungsempfänger: Vattenfall Europe AG	Förderkennzeichen: 16EM0002
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Klimaentlastung durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Zusammenwirken mit emissionsfreien Elektrofahrzeugen – MINI E 1.0“	
Projektleitung: Dr. Oliver Weinmann	
Laufzeit des Vorhabens: 01.12.2008 – 30.11.2010	
Berichtszeitraum: 01.12.2008 - 30.11.2010	
Berichtszeitpunkt: 11.03.2011	

Vattenfall Europe AG
Chausseestr. 23
10115 Berlin

Verbundpartner



Vattenfall Europe AG
Chausseestr. 23
10115 Berlin

Dr. Oliver Weinmann



Bayerische Motorenwerke AG
Petuelring 130
80788 München

Ulrich Kranz



Technische Universität Berlin,
DAI-Labor
Ernst-Reuter-Platz 7
10587 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Sahin
Albayrak



Technische Universität Chemnitz
Straße der Nationen 62
09111 Chemnitz

Prof. Dr. Josef F.
Krems



Technische Universität Ilmenau
Max-Planck-Ring 14
98693 Ilmenau

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Dirk Westermann

Inhaltsverzeichnis

Verbundpartner	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Abkürzungsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis.....	7
1 Zusammenfassung.....	9
2 Aufgabenstellung	11
3 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	13
4 Planung und Ablauf des Vorhabens	15
4.1 Projektüberblick	15
4.2 Projektplanung und -ablauf technisch-inhaltlich	15
5 Wissenschaftlich-technische Ausgangsbasis.....	17
6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	18
7 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse.....	20
7.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse Vattenfall Europe	20
7.1.1 Task 1.0 – Anforderungsmanagement und Systemintegration	20
7.1.2 Task 1.1 – Standortkonzept und Rollout.....	22
7.1.2.1 Ziele und Aufgaben	22
7.1.2.2 Vorgehen / Methodik	23
7.1.2.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen	27
7.1.3 Task 1.2 – Entwicklung der Ladeinfrastruktur.....	29
7.1.3.1 Ziele und Aufgaben	29
7.1.3.2 Vorgehen / Methodik	30
7.1.3.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen	30
7.1.4 Task 1.3 – IT-Systeme	32
7.1.4.1 Ziele und Aufgaben	32
7.1.4.2 Vorgehen / Methodik	32
7.1.4.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen	32
7.1.5 Task 1.4 – Beschaffung und Abrechnung des „grünen“ Stroms	38
7.1.5.1 Ziele und Aufgaben	38
7.1.5.2 Vorgehen / Methodik	38
7.1.5.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen	38
7.1.6 Task 1.5 – Gesteuertes Laden	45

7.1.6.1	Ziele und Aufgaben	45
7.1.6.2	Vorgehen / Methodik	46
7.1.6.3	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	47
7.1.7	Task 1.6 – Prozessmanagement im Pilotbetrieb	52
7.1.7.1	Ziele und Aufgaben	52
7.1.7.2	Vorgehen / Methodik	53
7.1.7.3	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	56
7.2	Zusammenfassung der weiteren Ergebnisse des Verbundprojekts	60
7.2.1	Bayrische Motorenwerke AG.....	60
7.2.2	Technische Universität Chemnitz.....	61
7.2.3	Technische Universität Ilmenau	65
7.2.3.1	Übersicht der wissenschaftlichen Ergebnisse.....	65
7.2.3.2	Verfügbarkeit der Fahrzeuge für Gesteuertes Laden.....	66
7.2.3.3	Energiebedarf.....	67
7.2.3.4	Nutzung der Sofort-Laden-Funktion.....	68
7.2.3.5	Gesteuerte und ungesteuerte Last	68
7.2.3.6	Erfolgsindikatoren für Gesteuertes Laden.....	68
7.2.3.7	Zusammenfassung und Ausblick.....	69
7.2.4	Technische Universität Berlin, DAI-Labor.....	70
7.2.4.1	Versuchsaufbau	70
7.2.4.2	Voraussichtlicher Nutzen.....	71
8	Bekannt gewordene F&E-Ergebnisse von dritten Stellen.....	72
8.1	Projekte zur Elektromobilität in Deutschland	72
8.2	Bekannt gewordene F&E-Ergebnisse	72
8.3	Auswirkungen auf das Projekt MINI E Berlin	77
9	Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse	78
10	Nutzung und Verwertung der Ergebnisse und Erfahrungen.....	83
10.1	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten.....	83
10.2	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit.....	84
10.2.1	Optimierungsansätze mit Blick auf geforderte Reichweiten	84
10.2.2	Gesteuertes Laden V2.0	85
10.2.2.1	Wind-to-Vehicle-Applikation V2.0	85
10.2.2.2	Vehicle-to-Grid V2.0	85
10.2.2.3	Lokales und öffentliches Lastmanagement.....	86
10.2.3	Neue Zielgruppen.....	86

10.2.4	Ladeinfrastruktur V2.0	86
10.2.5	Neue Ladetechnologien	87
10.2.6	Fazit und Ausblick auf Folgeprojekte	88

Abkürzungsverzeichnis

AAA	Authentication, Authorization, Accounting
ASB	Autostrom-Box, auch Ladebox oder Wallbox
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BEV	Battery Electric Vehicle
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
CO2	Kohlendioxid
DSO	Distribution System Operator
EE	Erneuerbare Energien
EMS	Elektromobilitätssystem
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FI	Fehlerstromschalter
FuE	Forschung und Entwicklung
GGEMO	Gemeinsame Geschäftsstelle der Bundesregierung
GSM	Global System for Mobile Communications
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetz
HT	Hochleistungstarif
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
kWh	Kilowattstunde
MR	Minutenreserve
NDL	Netzdienstleistung
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
NT	Niedrigleistungstarif
PLC	Powerline Communication
RFID	Radio-Frequency Identification
V2G	Vehicle-to-Grid
VMZP	Virtuelle mobile Zählpunkte
VPN	Virtual Private Network
W2V	Wind-to-Vehicle
XML	Extended Mark-up Language, spezielles Datenformat
ZP	Zählpunkt

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Installierte Leistung fluktuierender Erneuerbarer Energien.....	11
Abbildung 2	Deutliche Fluktuationen in der Einspeisung erfordern Speichertechniken..	11
Abbildung 3	Erzeugung von Erneuerbaren Energien übersteigt Ist-Last zeitweise	12
Abbildung 4	Projektstrukturplan MINI E Berlin powered by Vattenfall	15
Abbildung 5	Arbeitspakete, Tasks und Meilensteine.....	16
Abbildung 6	Technischer Versuchsaufbau MINI E Berlin.....	20
Abbildung 7	Bewertung und Priorisierung von Standorten für Autostrom-Stationen.....	25
Abbildung 8	Beispiel eines Stromnetzplans in Berlin-Adlershof	26
Abbildung 9	Denkmalkarte von Berlin-Mitte	26
Abbildung 10	Ladesäulenstandorte in Berlin (www.vattenfall.de/mini_e)	27
Abbildung 11	Systemlandschaft Autostrom-Stationen und Autostromboxen.....	34
Abbildung 12	Softwaresystem zur Tankvorgangsverwaltung.....	35
Abbildung 13	Umsetzung des Nutzerportals.....	37
Abbildung 14	Stromabsatz an den Autostrom-Boxen	39
Abbildung 15	Verlauf der Nutzung der Autostrom-Stationen.....	40
Abbildung 16	Ladevorgänge an den Autostrom-Stationen nach Nutzergruppen.....	40
Abbildung 17	Nutzungsintensität der Autostrom-Stationen (1).....	41
Abbildung 18	Nutzungsintensität der Autostrom-Stationen (2).....	42
Abbildung 19	Diskriminierungsfreier Zugang zur Ladeinfrastruktur.....	43
Abbildung 20	Erkenntnisse zur Nutzung der Ladeinfrastruktur	44
Abbildung 21	Gesteuertes Laden als Teil eines ökologisch fundierten Ladekonzeptes .	45
Abbildung 22	Vergleich der Windenergieeinspeisung und Ladelast.....	48
Abbildung 23	Verbesserung der Korrelation aus Wind und Ladeleistung.....	49
Abbildung 24	Verteilung verbundener Fahrzeuge nach Wochentagen und Uhrzeit	50
Abbildung 25	Nutzung der Sofort-Laden-Funktion.....	50
Abbildung 26	Durchschnittliche geladene Strommenge und Verteilung der geladenen Strommenge je Ladevorgang	51
Abbildung 27	Verteilung der Anschlussdauer an Autostromboxen.....	51
Abbildung 28	Prozesse für den Betrieb von Ladeinfrastruktur	54
Abbildung 29	Ansicht der Betriebslage bei der TU Ilmenau	54
Abbildung 30	Aufnahme, Bewertung und Abarbeitung von Fehlern.....	55
Abbildung 31	Konsolidierte Daten aus den Datenloggern und Ladeinfrastruktur	56

Abbildung 32 Fehlerfälle über Betriebsphasen im Fehlertopf.....57
Abbildung 33 Kurzzusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse 66
Abbildung 34 Durchschnittliche Anzahl der Plug-Ins nach Wochentag und Uhrzeit 67
Abbildung 35 Durchschnittliche Anschlussdauer nach Plug-In-Zeit 67
Abbildung 36 Gesamtenergie je ASB in beiden Projektphasen 68
Abbildung 37 Vergleich der Spitzenlast ungesteuerter und gesteuerter Ladung 68
Abbildung 38 Entitäten des V2G-Planungssystems..... 71

1 Zusammenfassung

Die wesentliche umweltpolitische Herausforderung der kommenden Jahre liegt in der Reduzierung der Treibhausgasemissionen zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf maximal 2°C. Um dieses Ziel zu erreichen, muss u.a. die Nutzung regenerativer Energiequellen nachhaltig ausgebaut werden. Hier spielt Windenergie die wichtigste Rolle, doch da sie diskontinuierlich anfällt, resultieren daraus neue Herausforderungen für das Management der Energienetze. Elektromobilität bietet nicht nur die Chance, die Abhängigkeit vom Öl zu reduzieren und Emissionen zu minimieren, sondern kann durch das Prinzip des Gesteuerten Ladens zu einer Stabilisierung des Stromversorgungsnetzes beitragen und somit die Integration erneuerbarer Energien verbessern.

Die Vattenfall Europe AG und die BMW AG haben in einem umfassenden Feldversuch in Berlin und mit ihren wissenschaftlichen Projektpartnern TU Ilmenau, TU Berlin und TU Chemnitz die Potentiale der Elektromobilität für die weitere Entwicklung in Richtung Markteinführung aufgezeigt. Die BMW AG hat eine Flotte von 50 elektrisch betriebenen Pkw der Marke MINI E bereitgestellt, die über einen Zeitraum von zweimal 6 Monaten von ausgewählten Personen in Berlin genutzt wurden. Vattenfall Europe hat unter dem Aspekt des liberalisierten Strommarktes allgemein zugängliche Stromladesäulen und dazugehörige Abrechnungssysteme entwickelt und im Berliner Stadtgebiet zur Erprobung und Weiterentwicklung als vernetztes, komfortables Ladeinfrastruktursystem installiert. Zusätzlich wurden für das Gesteuerte Laden Anschlüsse bei den Nutzern im Haushalt installiert. Für die Stromversorgung der Fahrzeuge wurde „grüner“ Strom bereitgestellt, dessen Herkunft aus Wind- und Wasserkraftwerken mit Zertifikaten nachgewiesen wird.

Im Mittelpunkt des Feldversuchs standen Praxistauglichkeit und Nutzerakzeptanz von Elektromobilität. Speziell wurde die Potenziale der Elektromobilität mit Blick auf die Integration der Erneuerbaren Energien ins Stromnetz, das natürliche Verhalten der Nutzer in Hinblick auf die Elektromobilität und Steuerbarkeit des Ladeverhaltens, der Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur sowie die Erfahrungen mit dem E-Fahrzeug und dessen Komponenten untersucht.

Das Projekt hat gezeigt, dass Elektromobilität auf dem Niveau des heutigen MINI E schon jetzt weitestgehend alltagstauglich ist. Die Ergebnisse belegen, dass sich die Teilnehmer in den allermeisten Fällen in ihrem gewohnten Mobilitätsverhalten durch die eingeschränkte Reichweite des Fahrzeugs nicht beeinträchtigt sehen. Die notwendigen Ladezeiten des MINI E stellten für die Nutzer keine Einschränkung dar. Wer über eine Ladestation zu Hause oder am Arbeitsplatz verfügte, benötigte zum Laden zwischendurch kaum zusätzliche Stationen im öffentlichen Raum. Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass das Gesteuerte Laden über die entwickelte Wind-to-Vehicle-Applikation funktioniert und von den Nutzern begrüßt wird.

Somit konnte das Projekt konnte die Alltagstauglichkeit und Nutzerakzeptanz von Elektromobilität grundsätzlich nachweisen. Allerdings sind bis zur Tauglichkeit im Rahmen eines Massenmarktes noch weitere Entwicklungsschritte notwendig. Auf Basis der im Rahmen des laufenden Projektes gewonnen Erkenntnisse sind hier folgende Punkte zu nennen:

- Optimierungsansätze bezüglich der Reichweite der Fahrzeuge.
- Erhöhung der Korrelation von Windeinspeisung und Ladeleistung

- Erweiterung des Gesteuerten Laden um zwei weitere Applikationen, das Öffentliche und Lokale Lastmanagement
- Evaluierung neuer Zielgruppen
- Weiterentwicklung der Ladeinfrastruktur (technisch und unter Kostengesichtspunkten)
- Entwicklung und Test neuer Ladetechnologien wie z.B. induktives Laden oder Gleichstromladen.

2 Aufgabenstellung

Die installierte Leistung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien (EE) hat sich wesentlich vergrößert. Maßgeblich dazu hat der Ausbau der Windenergieanlagen und insbesondere auch der Photovoltaikanlagen beigetragen. Der größte absolute Zuwachs an Erneuerbaren Energien in Deutschland wurde während der Laufzeit dieses Projekts erreicht. Beachtet werden muss aber, dass beide Erzeugungstypen Strom prinzipbedingt wetterabhängig produzieren und nicht entsprechend des Bedarfs der ans Netz angeschlossenen Verbraucher. Energiewirtschaftlich besteht deshalb das Risiko, dass fehlende Speicher- und Leitungskapazitäten den weiteren Ausbau dieser Energieformen behindern.

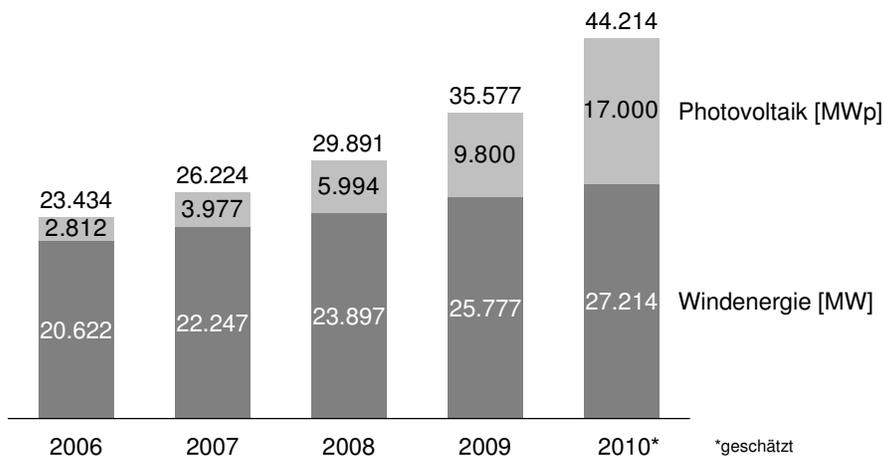


Abbildung 1 Installierte Leistung fluktuierender Erneuerbarer Energien¹

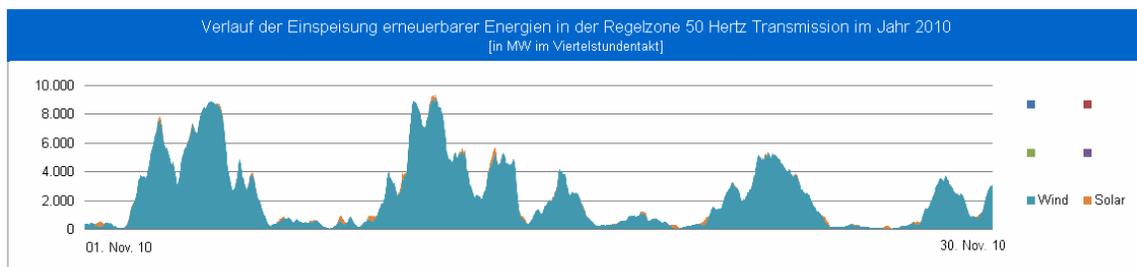


Abbildung 2 Deutliche Fluktuationen in der Einspeisung erfordern Speichertechniken²

Unabhängig davon, aber parallel zu dieser Entwicklung, haben die technischen Komponenten für Elektrofahrzeuge in den letzten Jahren deutliche Fortschritte gemacht. Insbesondere können die Fahrzeugbatterien mittlerweile deutlich mehr Energie aufnehmen, diese länger und sicherer speichern, mit höherer elektrischer Leistung wieder abgeben und das über viele Ladezyklen hinweg.

¹ Quelle: BMU, 2010 & Bundesverband Solarwirtschaft, 2011

² Quelle: 50Hertz Transmission GmbH, 2011

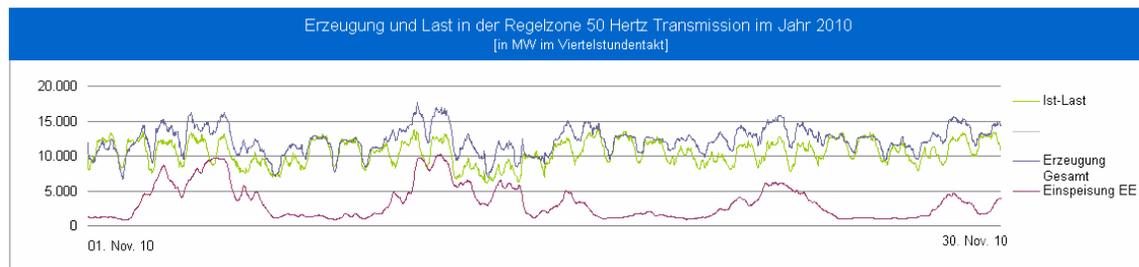


Abbildung 3 Erzeugung von Erneuerbaren Energien übersteigt Ist-Last zeitweise³

Die Aufgabe dieses Forschungsprojektes war zu prüfen, ob und unter welchen Umständen Elektrofahrzeuge als ein Puffer für die unstete Einspeisung von Erneuerbaren Energien ins Netz dienen können und welche Wirkungen dies auf das Verteilnetz hat. Außerdem waren für verschiedene Nutzergruppen die Akzeptanzbedingungen für die Elektromobilität allgemein und die Ladesteuerung im Speziellen zu prüfen.

Die Aufgabe von Vattenfall Europe bestand darin, geeignete Ladegeräte und technische Steuermechanismen für den Ladeprozess zu entwickeln, zum Einsatz zu bringen und zu betreiben. Die Steuerung der Ladevorgänge sollte dabei anhand der Windeinspeisung erfolgen und vom Nutzer beeinflusst werden können.

³ Quelle: 50Hertz Transmission, 2011

3 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das vorliegende Verbundvorhaben wurde durch das Bundesumweltministerium im Förderschwerpunkt „Elektromobilität / Feldversuche Pkw-Verkehr“ über das Konjunkturpaket II der Bundesregierung gefördert.

Während der Projektlaufzeit traf das Konzept der Elektromobilität auf eine vergleichsweise große und weitgehend positive Resonanz in der öffentlichen Diskussion. Dieser Umstand hatte eine erfreuliche Rückwirkung auf die Unterstützung dieses und ähnlicher Projekte durch öffentliche Aufgabenträger und durch die Fachabteilungen der einbezogenen Industrieunternehmen. Insbesondere wurde das Projekt vom Senat der Stadt Berlin und von den Bezirken durch die zeitnahe Genehmigung von Sondernutzungserlaubnissen für die Aufstellung von Ladestationen unterstützt.

Da während der Projektlaufzeit mehrere Projekte unterschiedlicher Konsortien in Berlin stattfanden, wurde eine gewisse Koordination auf technischer und organisatorischer Ebene nötig. Teilergebnisse und Erfahrungen aus dem Projekt flossen in Planungs- und Standardisierungsbemühungen ein, wie beispielsweise in die Nationale Plattform Elektromobilität.

Aufgrund des hohen öffentlichen Interesses an der Elektromobilität wurde das Vorhaben nach einer vergleichsweise kurzen Planungszeit gestartet und nach lediglich sieben Monaten Vorbereitung in die Feldversuchsphase überführt.

Erschwerend wirkte, dass die Projektpartner den Versuch zwar in Berlin durchführten, die Projektmitarbeiter aber verteilt an den Standorten Berlin, München, Hamburg, Chemnitz und Ilmenau arbeiteten. Durch diese Faktoren wurden eine sehr intensive Abstimmung zwischen den Verbundpartnern und ein schrittweises und konzentriertes Vorgehen notwendig.

Im Projekt wurden technische und organisatorische Risiken erhoben, die im Verlauf aber weitgehend abgewendet werden konnten. Zu den wesentlichen Risiken zählten:

Wesentliche Projektrisiken	Auswirkung / Behebung
Verhinderung oder Einschränkung der Nutzung durch Probleme an der prototypischen Ladeinfrastruktur oder am Fahrzeug	Nutzungsverhindernde Probleme traten nicht auf Nutzungseinschränkende Probleme konnten zumeist kurzfristig behoben werden
Verhinderung der Nutzung durch Kollisionen der technischen Konzepte von Fahrzeug und Ladeinfrastruktur	Konzeptprobleme mit dem Gesteuerten Laden konnte in der Entwicklungs- und Testphase erkannt und behoben werden
Umsetzbarkeit des Gesteuerten Rückladens mit dem MINI E im Labor-Experiment aufgrund von zu nicht planbaren Anforderungen an den Realbetrieb	Geplanter Teilversuchsaufbau konnte nicht realisiert werden. Als hinreichender Behelf wurde von der TU Berlin ein Simulator programmiert.

Wesentliche Projektrisiken	Auswirkung / Behebung
Genehmigungen zum Aufbau von öffentlichen Ladestationen werden nicht oder nicht zeitgerecht erteilt	Einige Standorte wurden zu spät genehmigt. Für diese Standorte wurden alternative, öffentlich zugängliche Standorte auf privatem Grund gefunden.
Wetterbedingter Verzug bei der Errichtung der Infrastruktur	Verzögerungen konnten im Projektverlauf durch zusätzliche Kapazitäten weitgehend aufgeholt werden.

4 Planung und Ablauf des Vorhabens

4.1 Projektüberblick

Das Verbundprojekt „Klimaentlastung durch den Einsatz Erneuerbarer Energien im Zusammenwirken mit emissionsfreien Elektrofahrzeugen“ wurde gemeinschaftlich von den industriellen Partnern Vattenfall Europe AG und BMW AG sowie den technischen Universitäten Berlin, Chemnitz und Ilmenau durchgeführt. Der Arbeitstitel lautet „MINI E Berlin powered by Vattenfall“.

Das Projekt hatte eine Laufzeit von zwei Jahren und lief vom 1. Dezember 2008 bis zum 30. November 2010.

4.2 Projektplanung und -ablauf technisch-inhaltlich

Das Projekt ‚MINI E Berlin‘ wurde gemäß folgendem Projektstrukturplan (Abbildung 4) bearbeitet. Ein früherer Projektplan zeigte ein weiteres AP 4. Die direkt zum Forschungsprojekt zugehörigen Aufgaben wurden in die Arbeitspakete 1-3 integriert. Aktivitäten im Projektumfeld („politische Begleitung“) wurden außerhalb des Projekts bearbeitet.

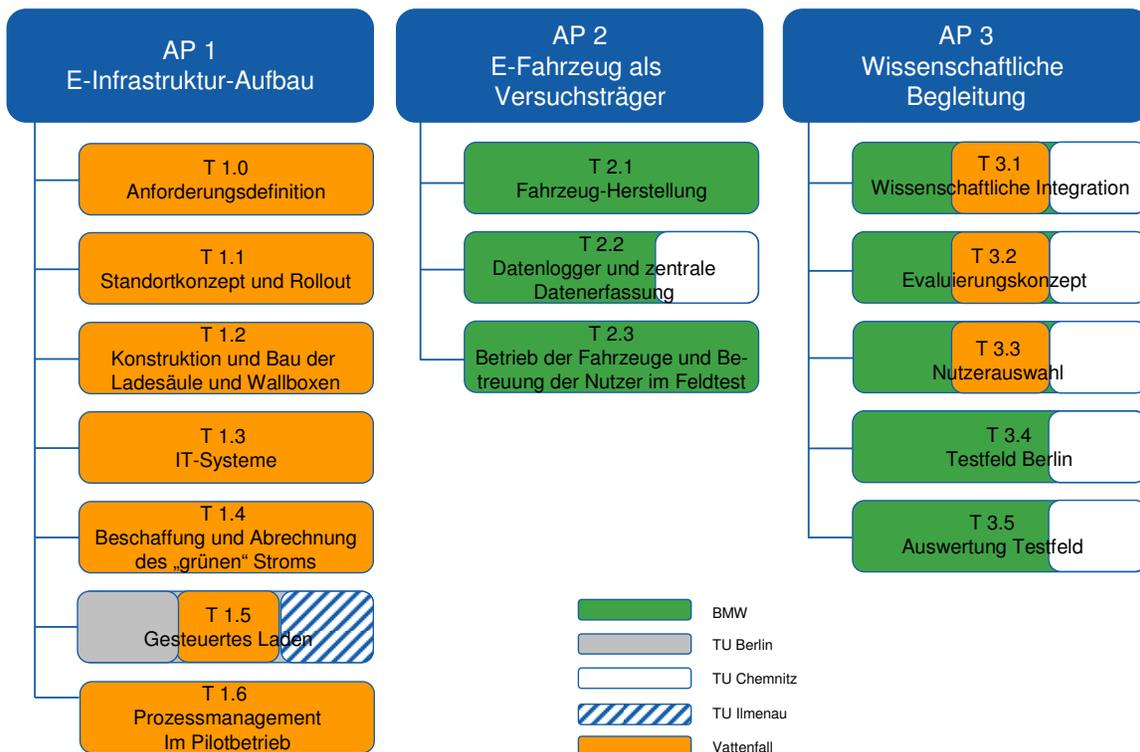


Abbildung 4 Projektstrukturplan MINI E Berlin powered by Vattenfall

Die Zeitplanung und die erreichten wesentlichen Meilensteine sind in Abbildung 5 dargestellt.

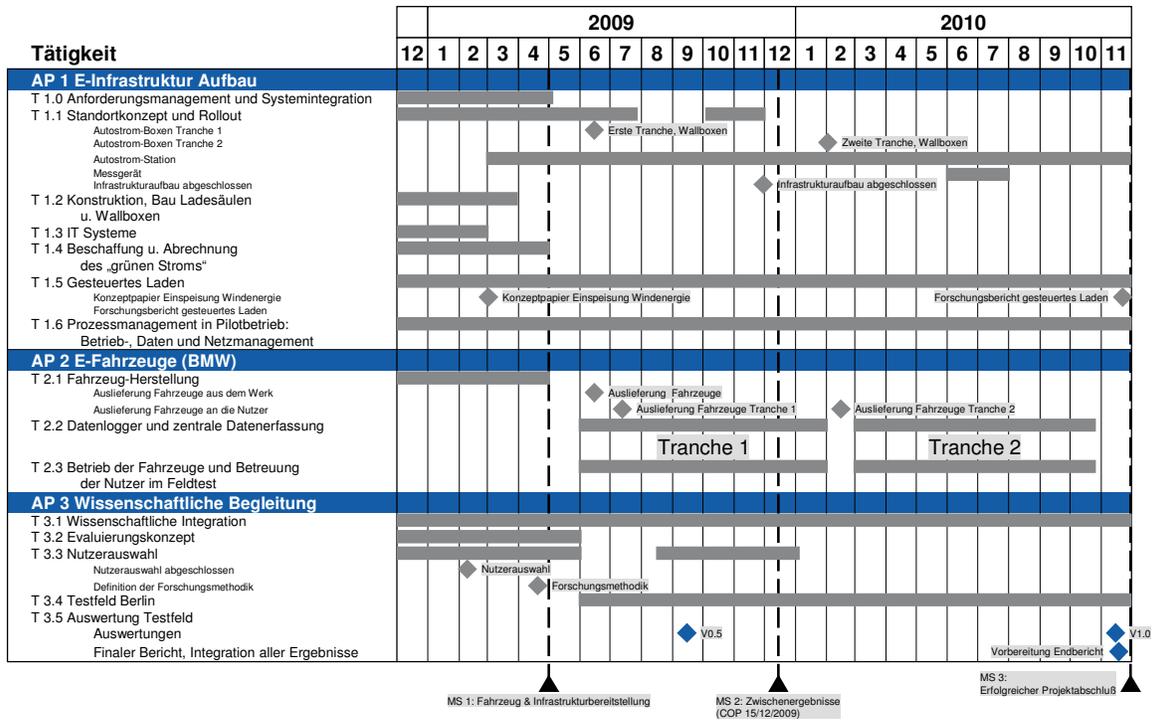


Abbildung 5 Arbeitspakete, Tasks und Meilensteine

5 Wissenschaftlich-technische Ausgangsbasis

Trotz verschiedener Versuche zur Elektromobilität sowie privater Initiativen⁴ in Deutschland⁵ und Europa⁶ war der Erkenntnisstand in den Themenfeldern Infrastruktur und Nutzung vergleichsweise gering. Ende 2008 lagen zwar viele Konzeptvorschläge, jedoch kaum praktisch verwertbare Erfahrungen zum Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastrukturen für moderne Elektrofahrzeuge im großstädtischen Umfeld vor. Dies betraf insbesondere folgende Aspekte:

- Anforderungen der Nutzer an den Gebrauch von Elektrofahrzeugen
- Zweckmäßige Dichte von Ladestationen pro Fahrzeug
- Verteilung von Ladestationen im öffentlichen Raum
- Elektrisches Verhalten von Elektrofahrzeugen und Rückwirkungen auf das Netz
- Verfahren zur Steuerung des Ladevorgangs von Seiten der Ladeinfrastruktur
- Verfahren zur Steuerung von dezentralen Kleinverbrauchern anhand von Netzparametern
- Einzelabrechnung der Nutzenergie für wechselnde Fahrer
- Standortgenehmigungsprozesse (Ladestation, freizuhaltende Stellplätze, Markierungen und Beschilderung)
- Diskriminierungsfreier Zugang zu den Ladestationen
- Kommerzielle Ladeinfrastruktur für den öffentlichen und privaten Raum
- Technische Standards und Anwendungsregeln für Komponenten der Elektromobilität (Stecker, Kommunikationsschnittstellen zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur, etc.)

Andererseits konnten für den Versuchsaufbau auf eine Reihe von Konzepten und Erfahrungen aus ähnlichen Gebieten zurückgegriffen werden. Insbesondere bei der Elektro-, Informations- und Steuerungstechnik wurde auf eine Vielzahl von marktüblichen Techniken zurückgegriffen. Beispiele dafür sind die sichere Datenübertragung (VPN über GSM-Mobilfunk), Nutzung von XML-Datenformaten, Techniken für Internet-Portale oder der Einsatz von energiewirtschaftlichen Standardprozessen bei der Kundenabrechnung.

Im Projekt konnten diese Techniken und Verfahren neu kombiniert bzw. an den Nutzungszweck angepasst verwendet werden.

⁴ Park&Charge, <http://www.park-charge.ch/d>

⁵ Erprobung von Elektrofahrzeugen der neuesten Generation auf der Insel Rügen, BMBF, 1996

⁶ Großversuch mit Leicht-Elektromobilen in Mendrisio, Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie, Kommunikation, 2001

6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des Verbundvorhabens und im sachlich-zugehörigen Umfeld wurde mit unterschiedlichen staatlichen, wissenschaftlichen und privaten Organisationen und Unternehmen zusammengearbeitet.

Im Projektkontext fand eine sehr intensive Zusammenarbeit auf tagtäglicher Basis mit dem Partner BMW AG zu organisatorischen, technischen und wissenschaftlichen Aspekten statt. Im Rahmen der Konzeptphase, aber auch bei der Nutzerauswahl und der Auswertungen der Daten wurde mit ähnlicher Intensität auch mit den drei beteiligten Universitäten zusammengearbeitet. Hierzu fanden persönliche Arbeitstreffen sowie Telefonkonferenzen statt und gemeinsame Datenaustauschplattformen wurden eingerichtet. Zu den Ergebnissen der Zusammenarbeit wird im Kapitel 7 'Wissenschaftlich-technische Ergebnisse' ausführlich berichtet.

Ebenfalls wurden die Nutzer der MINI E in die Projektarbeit einbezogen, insbesondere die Privatnutzer, aber auch die Flottenbetreiber Vattenfall Service Group, DB CarSharing und Sixti CarClub. Anzumerken ist, dass insbesondere die Privatnutzer der ersten Feldphase der Gruppe der technikinteressierten "Early Adopter" zuzuordnen waren.

Weitere Stellen, mit denen im Projektrahmen oder im Umfeld des Projekts zusammengearbeitet wurde, waren (Beispiele):

Organisation	Art der Zusammenarbeit
Internationale MINI E Projekte	<ul style="list-style-type: none"> Austausch mit Partnern der wissenschaftlichen Begleitforschung (UC Davis/University of California, USA) und Oxford Brooks University, Großbritannien) der internationalen MINI E Projekte in den USA und in Großbritannien zum Nutzerverhalten und zu methodischen Aspekten.
Senat der Stadt Berlin und Berliner Bezirke	<ul style="list-style-type: none"> Genehmigung von Standorten für Autostrom-Stationen sowie den zugehörigen freigehaltenen PKW-Stellplätzen im öffentlichen Raum Austausch zur Gestaltung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum
50Hertz Transmission GmbH bzw. Vattenfall Europe Transmission	<ul style="list-style-type: none"> Bezug von aktuellen Daten zur Prognose und Hochrechnung der Windstromerzeugung über automatisierte Schnittstellen
RWE Projekt „emobility Berlin“	<ul style="list-style-type: none"> Koordinierte Beantragung von Sondernutzungsgenehmigungen für Ladestationen im öffentlichen Raum Arbeiten zur Herstellung von technischer und vertraglicher Interoperabilität zwischen den Ladestationen von RWE und Vattenfall Europe
Projekt BeMobility (Mo-	<ul style="list-style-type: none"> Arbeiten zur Herstellung von technischer und vertragli-

Organisation	Art der Zusammenarbeit
ellregion des BMVBS)	cher Interoperabilität zwischen den Ladestationen der beiden Projekte
Nationale Plattform Elektromobilität, BDEW Spiegelgremien zur NPE	<ul style="list-style-type: none"> • Austausch zu Erfahrungen bei der Planung und dem Betrieb der Ladeinfrastruktur sowie zu Betriebsmodellen und zur Interoperabilität • Austausch zur Schaffung von technischen Standards
DKE Normungskreis 353	<ul style="list-style-type: none"> • Übertragung von Nutzer- und Nutzungsanforderung in technische Standards für die Elektromobilität

7 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

7.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse Vattenfall Europe

7.1.1 Task 1.0 – Anforderungsmanagement und Systemintegration

Im Pilotversuch sollten Erfahrungen zur Alltagstauglichkeit der Elektromobilität, zur Akzeptanz von Ladekonzept und Fahrzeug durch die Nutzer und zum Umweltnutzen gewonnen werden. Speziell wurde untersucht: (1) Potenziale der Elektromobilität mit Blick auf die Integration der Erneuerbaren Energien ins Stromnetz, (2) Verhalten der Nutzer in Hinblick auf die Elektromobilität und Steuerbarkeit des Ladeverhaltens, (3) Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur und (4) Erfahrungen mit dem E-Fahrzeug und dessen Komponenten.

Zur Bearbeitung des Projekts wurden Anforderungen erhoben und ein umfangreicher technischer Versuchsaufbau geplant, entwickelt und betrieben. Im Mittelpunkt des Versuchsaufbaus standen 50 Fahrzeuge vom Typ MINI E zum Einsatz bei den Nutzern, sowie der Aufbau von Ladeinfrastruktur für die Fahrzeuge.

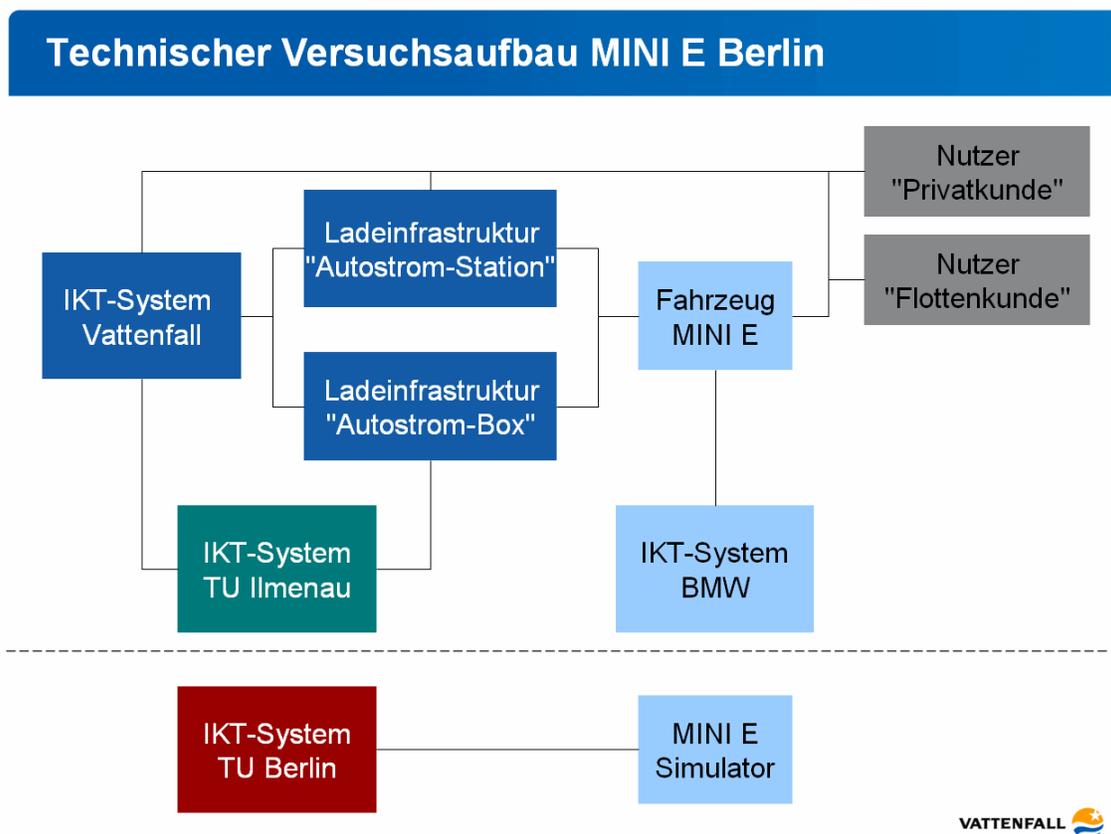


Abbildung 6 Technischer Versuchsaufbau MINI E Berlin

Der Versuchsaufbau wurde in drei Nutzungsszenarien (praktische Erprobung im Feld unter realistischen Bedingungen) und in einem Laborversuch (Erforschung des gesteuerten Rückladens) eingesetzt.

Die Nutzungsszenarien waren wie folgt aufgebaut:

1. Privatnutzer-Szenario

Das Ziel des Privatnutzerszenarios bestand darin, die Alltagstauglichkeit, Akzeptanz und den Umweltnutzen von Elektromobilität bei normalen Privathaushalten zu untersuchen. Dazu sollte eine möglichst große Bandbreite von Nutzern erreicht werden, die in einem mehrstufigen Auswahlprozess identifiziert wurden. Zu den Auswahlkriterien zählten beispielsweise die erwartete Fahrleistung (Vielfahrer vs. Wenigfahrer) oder auch die Anzahl und Art der Fahrzeuge im Haushalt (Erstfahrzeug vs. Zweitfahrzeug) Aus Sicht von Vattenfall mussten z.B. auch eine Möglichkeit zur Installation der Autostrom-Box (Garage o. ä.) vorhanden sein sowie die technischen Voraussetzungen für den entsprechenden Netzanschluss.

- 40 Privatnutzer pro Feldphase
- Aufteilung der Nutzer nach Kriterium
- Feldphase 1: Juni 2009 – Januar 2010
- Feldphase 2: Februar 2010 – September 2010
- Eine Autostrom-Box pro Nutzer, Installationsort konnte vom Nutzer frei bestimmt werden (Privathaus, zugeordneter Firmenparkplatz oder ähnliches)

2. Flottennutzer-Szenario „Fuhrpark“

Das Ziel des Fuhrpark-Szenarios bestand darin, die Alltagstauglichkeit, Akzeptanz und den Umweltnutzen von Elektromobilität im Flottenbetrieb eines Unternehmens zu untersuchen. Da der Nutzerkreis deutlich größer war und damit auch die Nutzungsintensität der Fahrzeuge, galt es herauszufinden, ob ein Einsatz trotz der Restriktionen eines Elektrofahrzeugs alltagstauglich ist oder ob beispielsweise durch die längeren Ladezeiten ein durchgehender Einsatz der Fahrzeuge unmöglich wird. Gleichzeitig sollte herausgefunden werden, ob es Unterschiede im Ladeverhalten gegenüber Privatnutzern gibt und der Einsatz des Gesteuerten Ladens im Flottenbetrieb funktioniert.

- 6 Fahrzeuge im Einsatz im Vattenfall-Fuhrpark
 - Standort Chausseestr. 23: 2-3 Fahrzeuge
 - Standort Puschkinallee 52: 3 Fahrzeuge
- 1 Fahrzeug im Einsatz im REWE-Fuhrpark
 - Einsatzzeitraum: 6 Monate

3. Flottennutzer-Szenario „CarSharing“

Das Ziel des CarSharing-Szenarios bestand darin, zu überprüfen, ob Elektrofahrzeuge auch im kommerziellen Umfeld des CarSharings einsetzbar sind oder ob es aufgrund der Restriktionen eines Elektrofahrzeuges schwierig wird, die Fahrzeuge in diesem Umfeld einzusetzen. Zur Sicherstellung eines möglichst reibungslosen Einsatzes wurden limitierte Nutzergruppen des regulären Carsharings ausgewählt und die Blockzeiten zwischen den Vermietungen eingebaut, die ein Aufladen sicherstellen sollten.

- 2 Fahrzeuge im Einsatz bei DB CarSharing
 - Standort Hauptbahnhof: 2 Fahrzeuge
 - Eingeschränkter Nutzerkreis
 - Einsatzzeitraum: 12 Monate
- 2 Fahrzeuge im Einsatz bei Sixti CarClub
 - Standort Tieckstraße: 2 Fahrzeuge
 - Eingeschränkter Nutzerkreis
 - Einsatzzeitraum: 12 Monate

Die Umsetzung und Auswertung der Nutzungsszenarien im Feldtest wurden durch die TU Chemnitz und die TU Ilmenau maßgeblich begleitet.

Die Arbeit der TU Chemnitz umfasste insbesondere die Konzeption der Nutzerstudie, die Unterstützung bei der Nutzerauswahl, sowie Konzeption, Durchführung, Auswertung der Nutzerbefragungen. Zusätzlich konnte ein Vergleich mit objektiven Nutzerdaten erfolgen (Ladedaten von Vattenfall bzw. der TU Ilmenau sowie Datenlogger aus dem MINI E). Einen Überblick über die wesentlichen Ergebnisse dieses Teilprojekts findet sich in Kapitel 7.2.2.⁷

Die TU Ilmenau hat mit dem Teilprojekt „Lade- und Netzmanagement“ das System zur windeinspeisungsgeführten Ladesteuerung der Autostrom-Boxen errichtet und betrieben sowie die damit generierten Ergebnisse ausgewertet. Einen Überblick über die wesentlichen Ergebnisse dieses Teilprojekts findet sich in Kapitel 7.2.3.⁸

7.1.2 Task 1.1 – Standortkonzept und Rollout

7.1.2.1 Ziele und Aufgaben

Das Ziel des Task 1.1 bestand darin, privat zu nutzende Autostrom-Boxen sowie öffentlich-zugängliche Ladeinfrastruktur (Autostrom-Stationen) für die definierten Nutzungsszenarien zu Beginn der Feldphasen physisch bereitzustellen. Die Ladeboxen sollten dabei am Gesteuerten Laden teilnehmen können.

Aus diesem Ziel leiteten sich die folgenden Aufgaben ab:

- Erarbeitung energiewirtschaftlicher und praktischer Kriterien zur Nutzerauswahl

⁷ Zur Konzeption der Studie und der Nutzungsszenarien vgl. TU Chemnitz, Schlussbericht „MINIEVatt Berlin – Freude am umweltgerechten Fahren“, S. 11ff

⁸ Zum Aufbau des IKT- und Steuersystems der TU Ilmenau vgl. TU Ilmenau, Schlussbericht „Teilprojekt 1.5 Gesteuertes laden“, S. 11ff

- Mitarbeit im Nutzerauswahlprozess
- Ausarbeitung eines Standortkonzepts zur Aufstellung der Ladestationen im öffentlich zugänglichen Raum Berlins
- Bau- und energietechnische Prüfung und vertragliche bzw. genehmigungsrechtliche Sicherung der Standorte für Autostrom-Stationen
- Prüfung der von den Nutzern gewünschten Installationsorte
- Errichtung der Autostrom-Stationen, Vorbereitung zur Inbetriebnahme
- Errichtung der Autostrom-Boxen, Vorbereitung zur Inbetriebnahme, Koordination des Abbaus der Autostrom-Boxen
- Errichtung von Netzmesstechnik

Die Inbetriebnahme der Ladeinfrastrukturen ist die Schnittstelle zum Übergang der Technik in den Betriebsprozess (vgl. auch 7.1.7).

Bemerkung: Ergebnisse der Teilaufgaben von Vattenfall Europe aus den Arbeitspaketen ‚Task 3.1 - Wissenschaftliche Integration‘ und ‚Task 3.3 Nutzerauswahl‘ werden hauptsächlich im Rahmen dieser Teilaufgabe besprochen. Zu weiteren Aspekten der ‚Wissenschaftlichen Integration‘ vergleiche Kapitel 7.1.6.

7.1.2.2 Vorgehen / Methodik

Nutzerauswahlprozess

Der Anspruch an die Nutzerauswahl im Projekt war, dass die ausgewählten Nutzer möglichst repräsentativ für spätere Käufergruppen von Elektrofahrzeugen sind. Ziel war zu gewährleisten, dass die Erkenntnisse aus dem Gesteuerten Laden und aus dem Betrieb der Ladestationen weitgehend generalisierbar sind.

Der Nutzerauswahlprozess für das Privatkundenszenario wurde aus der Perspektive des Task 1.1 wie folgt bearbeitet:

1. Definition von Kriterien aus energiewirtschaftlicher und installationspraktischer Sicht
2. Übertragung der Kriterien in das Internet-Nutzerbewerbungsportal von BMW
3. Auswertung der Nutzerbewerbungen (Filterung nach BMW- und Vattenfall-Muss-Kriterien, Filterschritt 1)
4. Vor-Prüfung der Nutzerbewerbungen (Filterschritt 2)
 - a. auf Konsistenz, Prüfung von Nutzerstandorten in öffentlich zugänglichen Datenbanken (Kartendienste), Ergänzung von unklaren Daten durch telefonische Nachfrage bei den Nutzern
 - b. nach technischen Kriterien anhand von energietechnischen Datenbanken
5. Übergabe der Daten zur Nutzerauswahl nach soziodemographischen Faktoren an die TU Chemnitz und Auswahl von konkreten Nutzern durch die TU Chemnitz
6. Vertragsangebot an die ausgewählten Nutzer (BMW und Vattenfall)

7. Vor-Ort-Prüfung der Nutzer durch Vattenfall-Techniker
8. Installation der Technik nach Vertragsschluss durch beauftragte Fachfirmen

Für die Flottenszenarien konnte ein verkürzter Prüfungs- und Installationsprozess gewählt werden. Die möglichen Standorte waren hier aufgrund der Möglichkeiten der Partnerunternehmen bzw. des Vattenfall Fuhrparks von vornherein eingegrenzt.

Standortkonzept Ladesäulen

Die Autostrom-Stationen dienen im Projekt dazu, die Mobilität der MINI E Probanden zu sichern und die Autostrom-Boxen funktionell zu ergänzen.

Da im Vorfeld über die Reise- und Aufenthaltsplanungen der Nutzer aus den beiden Tranchen keine Erkenntnisse gewonnen werden konnten, wurden bei der Erstellung des Standortkonzepts plausible Annahmen über die grundsätzliche Eignung von Standorten getroffen. Diese umfassen:

- Überwiegende Konzentration der Standorte auf das Stadtgebiet innerhalb des S-Bahn-Rings, wobei zusätzlich Standorte in Subzentren wie Spandau oder Zehlendorf bedient werden.
- Standorte müssen öffentlich zugänglich sein. Das bedeutet nicht, dass die Stellplätze unentgeltlich nutzbar sein müssen.
- Die Standorte müssen eine hinreichend hohe Verweildauer erwarten lassen, damit sich der Ladevorgang für den Nutzer lohnt (MINI E: 1 kWh = 5 km Fahrstrecke = 8 min Ladedauer)
- Gute optische Sichtbarkeit und praktische Auffindbarkeit der Standorte
- Stellflächen müssen für Elektrofahrzeuge freigehalten werden können, damit die wenigen Elektrofahrzeugparkplätze nicht durch Nicht-E-Fahrzeuge dauerbelegt werden. Auf privaten Stellflächen wird hier ein „Bitte freihalten“ Schild aufgestellt.

In den Verhandlungen zwischen dem Senat, RWE und Vattenfall Europe ergab sich die Nebenbedingung, dass für das Projekt MINI E Berlin in der ‚Berliner City‘ lediglich 10 Standorte auf städtischen Grund errichtet werden dürfen. Für diese Standorte ist eine Sondernutzungserlaubnis nötig, zu deren Erlangung die Einbeziehung vieler städtischer Behörden (Bezirksamt, Denkmalschutzamt, Grünflächenamt, Polizei etc.) notwendig war. Für diese Genehmigungsprozesse muss mit einer Dauer von drei bis sechs Monaten gerechnet werden, wobei einzelne Vorgänge länger dauern können. Das Gros der Standorte musste daher bei privaten Partnern gefunden werden. Die Hypothese, dass die Prozesse hier deutlich schneller vonstatten gehen, lässt sich zwar tendenziell verifizieren, im Einzelfall kann der Vertragsprozess aber auch deutlich länger dauern.

Aufgrund dieser Bedingungen wurden ca. 115 Standorte identifiziert, nach den Kriterien bewertet und tabellarisch zusammengefasst (vgl. Abbildung 7).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Nr.	Ort	Plz.	Bezirk	Priorität	Google	UWZ	Qualität [Attraktivität, Frequenz, Standzeit]	Bemerkung
9	7	51	Europaplatz 1 [Hauptbahnhof]	10557	Mitte	1	1	1	Attraktiver und hochfrequenzierter Standort für Tagespendler, aber auch für Besucher des Museums Hamburger Bahnhof mit Restaurant.	Hohe Öffentlichkeitswirksamkeit Seite zur Invalidenstraße, muss vermutlich als Sonderparkplatz Bahn und dem Bezirk abgestimmt werden
11	9	88	Alte Potsdamer Straße 7y [Potsdamer Platz, vor Eingang Arkaden]	10785	Mitte	1	1	1	Attraktiver und hochfrequenzierter Ort für Shopping, Kino, Restaurants, Museen [Gropius-Bau, Neue Nationalgalerie, Gemäldesammlung etc.], Philharmonie, Staatsbibliothek.	An vielen Stellen kein Tiefbau möglich
14	12	74	Zinnowitzerstr. 1 [Holding, Ecke Chausseestr. 23]	10115	Mitte	1	1	1	Attraktivität des Standorts für Vattenfall-Mitarbeiter.	
15	13	76	Oranienburgerstraße 1 [Hackescher Markt / An der Spandauer Brücke]	10178	Mitte	1	1	1	Ausgehmeile mit Theater, Restaurants, Cafés, Geschäften	
17	15	80	Am Lustgarten 1 [Museumsinsel, Berliner Dom]	10117	Mitte	1	1	1	Attraktiver Standort mit hoher Frequenz und Öffentlichkeitswirksamkeit wie Altes Museum, Alte Nationalgalerie, Pergamon-Museum, Bode-Museum, und Deutsches Historisches Museum	
18	16	81	Markgrafenstr. 38 y [Deutscher Dom]	10117	Mitte	1	1	1	Touristisch interessanter Standort, Konzerthaus, Hotels und Restaurants der gehobenen Klasse	
21	19	148	Reinhardtstr. 27c [BDEV]	10117	Mitte	1	1	1	Verbände	aber evtl. keine Parkplätze
24	22	102	Friedrichstraße 191 - 193 [in Ecke Kronenstraße]	10117	Mitte	1	1	1	MINI-Center Mitte	
26	24		Arkanaplatz 6	10435	Mitte	1	1	1	Kultur, Gastronomie	
27	25		Zionskirchplatz 37	10119	Mitte	1	1	1	Kultur, Gastronomie	
35	33		Scheidemannstr. 2 [Reichstag, Kanzleramt, Botschaften]		Mitte	1	1	1	Reichstag, Kanzleramt, etc.	
45	43	107	Badstraße 4 [S-Bhf Gesundbrunnen, Museum für Naturkunde]	13357	Mitte	1	1	0	S-Bhf mit Shopping-Center Gesundbrunnen	Vor dem S-Bhf ist an prominenter Stelle ein Parkplatz

Abbildung 7 Bewertung und Priorisierung von Standorten für Autostrom-Stationen

Im zweiten Schritt wurden die Standorte nach technischen Kriterien geprüft:

- Möglichkeit des Anschlusses an das öffentliche Netz. In Berlin gibt es einige Sondersituationen, wie (1) einphasiger Ausbau von Stromleitungen (2) weit verteilte Objektnetze oder (3) Mittelspannungsanschlüsse bei privaten Stellplätzen (nicht ohne weiteres diskriminierungsfrei belieferbar). Die Prüfung fand durch Nutzung von Datenbanken (vgl. Abbildung 8) und durch Vor-Ort-Begehungen statt.
- Möglichkeit zum Einbringen der Fundamente. Tiefbau ist in Berlin nicht an allen Stellen möglich. Probleme bereiten U-Bahn- und niedrige verlegte Kabeltrassen sowie das Fehlen der Ablademöglichkeit für Fertigfundamente
- Vorhandensein von Mobilfunknetz. In Tiefgaragen und Parkhäusern ist der Empfang oft eingeschränkt oder nicht möglich.
- Standorte an denen unmittelbar oder mittelfristig Baumaßnahmen stattfinden würden Nutzungseinschränkungen unterliegen und sind somit nicht sinnvoll.
- An denkmalgeschützten Standorten werden keine Sondernutzungsgenehmigungen erteilt. Der Status des Standorts wird dahingehend geprüft.

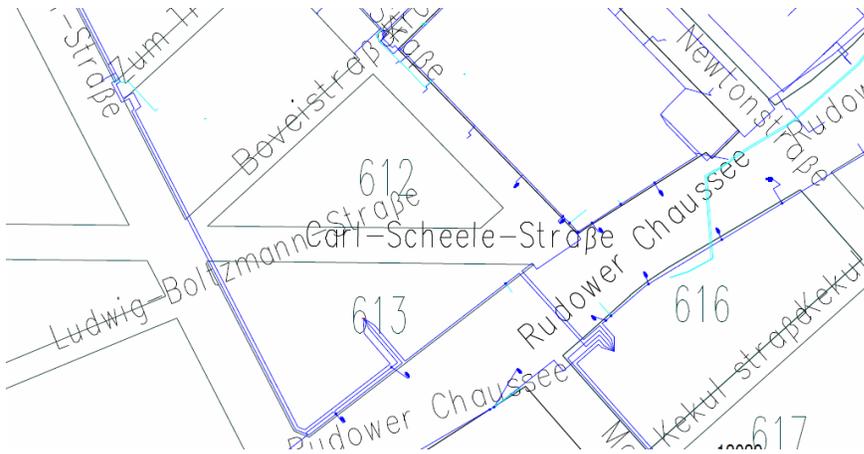


Abbildung 8 Beispiel eines Stromnetzplans in Berlin-Adlershof

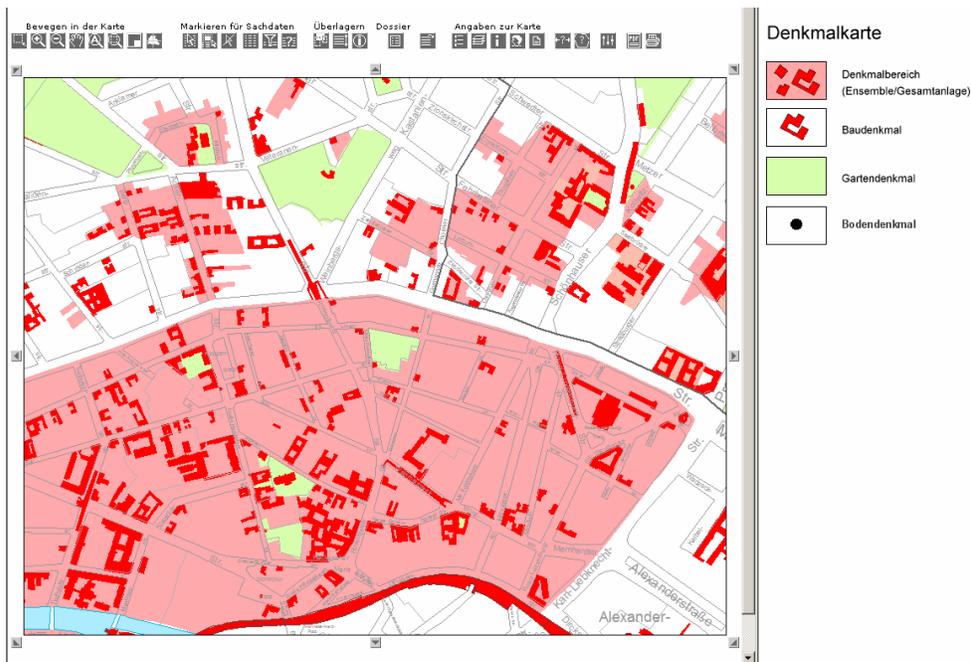


Abbildung 9 Denkmalkarte von Berlin-Mitte⁹

Im dritten Schritt fand das Einholen der Sondernutzungsgenehmigungen bzw. der Standortverträge statt. Mit Vertragsschluss bzw. Erteilung der Genehmigung konnte mit der Errichtung begonnen werden, sofern dies durch Frostbedingungen nicht unmöglich war. Ein Überblick über installierten Säulen zeigt Abbildung 10.

⁹ http://www.stadtentwicklung.berlin.de/denkmal/liste_karte_datenbank/index.shtml

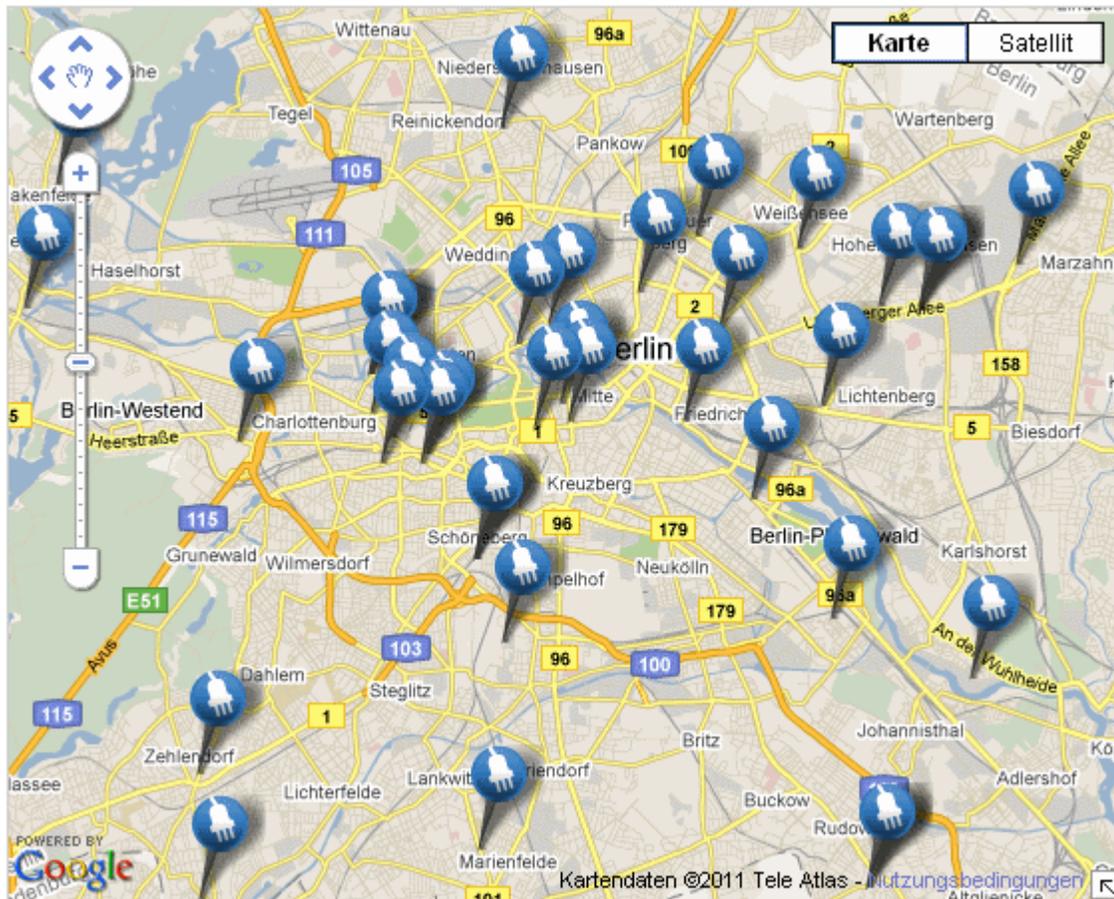


Abbildung 10 Ladesäulenstandorte in Berlin (www.vattenfall.de/mini_e)

7.1.2.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Hauptergebnisse

- Auswahl der Nutzer im Privatanwenderszenario nach energietechnischen Kriterien erfolgt.
- Prüfung, Installation und Rückbau von 2 x 40 Autostrom-Boxen bei Privatanwenders durchgeführt
- Prüfung und Installation von 10 Autostromboxen bei Flottenanwenders durchgeführt
- Standortkonzept für die Aufstellung von Ladestationen in Berlin erstellt
- Prüfung von ca. 115 potenziellen Ladestationsstandorten in Berlin erfolgt
- Sicherung von 45 Ladestationsstandorten durch öffentlich gewährte Sondernutzungsgenehmigungen und privatwirtschaftliche Verträge erfolgt.
- Aufstellung von 43 Ladestationen in Berlin erfolgt.¹⁰

¹⁰ Zwei weitere Säulen dienen Schulungs-, Experimentier-, Ausstell- und Testzwecken. Je eine Säule stand als Referenzsäule für Softwaretests bei den Herstellerfirmen. Eine Säule wurde durch einen Unfall stark

Kriterien für Installation und Betrieb von steuerbaren Autostrom-Ladeboxen

Folgende allgemeine Kriterien müssen erfüllt sein, um fernsteuerbare Autostrom-Boxen zu installieren:

- Der Stellplatz muss in einem vor Vandalismus geschützten Raum liegen, insbesondere, um das unbefugte Abziehen des Ladekabels am MINI E zu verhindern.
- Der Stellplatz muss zudem genügend Bauraum für die Autostrom-Box bieten.
- Beibringen der Installationserlaubnis für die Autostrom-Box durch die Nutzer.
- Bereitschaft zur Teilnahme am Gesteuerten Laden bzw. Unterzeichnung der notwendigen Verträge durch den Nutzer.
- Mobilfunk- bzw. Datenempfang am Installationsort, um das Empfangen des Steuerungssignals für die Wind-to-Vehicle-Applikation sicherzustellen.
- Vorhandensein eines ausreichend dimensionierten Niederspannungs-Netzkabels am Standort des Nutzers.

Folgende weitere Kriterien mussten erfüllt sein, um Autostrom-Ladeboxen im Rahmen des MINI E Berlin Projekts zu installieren:

- Vorhandensein eines geeigneten Stellplatzes im Berliner Stadtgebiet, weil nur hier Vattenfall Verteilnetzbetreiber ist.
- Entfernung zwischen Hausanschluss und Autostrom-Box soll in der Regel nicht größer als 7m sein.
- Eignung der örtlichen Kabelverteilstation zur Installation von Messtechnik.

Bei der Auswahl der Nutzer hat sich gezeigt, dass die Installationsvoraussetzungen häufig nicht erfüllt werden können. Insbesondere verfügten viele Kandidaten nicht über einen geeigneten Stellplatz im privaten Raum bzw. der Stellplatz war zu weit vom Netzanschlussort entfernt, wodurch der Aufbau zu teuer gewesen wäre. Auch der Aufbau in Tiefgaragen gestaltet sich schwierig, da Mobilfunk- bzw. Datenempfang häufig nicht gegeben und die Kabelverlegung aufgrund einzuhaltender Trassen besonders aufwendig ist.

Unbefriedigend war die Tatsache, dass einige Nutzer nach kurzer Teilnahme am Projekt wieder vom Vertrag zurücktraten, sodass mehr Installationen erforderlich wurden als geplant.

Für die 10 Flottennutzer galten im Wesentlichen die gleichen Installationsvoraussetzungen. Die eindeutigeren Eigentumsverhältnisse und der Umstand, dass an einem Standort meist mehrere Fahrzeuge geladen werden und damit auch mehrere Ladegeräte aufgebaut wurden, senkten den Installationsaufwand erheblich.

beschädigt und dient nun Ausstellungs- und Testzwecken. Weitere Säulen wurden für kurzfristige Ersatzteilbedarfe genutzt.

Schlussfolgerungen

Die Bereitstellung von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge ist unter den Bedingungen einer Großstadt nicht unproblematisch.

- Unkompliziert ist die Installation in Privathäusern bei denen Hauseigentümer und Nutzer identisch sind. Dann können Absprachen zur Kabelverlegung direkt getroffen werden. In Mietshäusern müssen dagegen Genehmigungen vom Hausverwalter bzw. Hauseigentümer eingeholt werden, was den Aufwand deutlich erhöht. Die reinen Installationskosten im Privatanwenderszenario bewegten sich im Projekt zwischen 458 Euro und 1.663 Euro, wobei Installationen über einem bestimmten Betrag im Regelfall abgelehnt wurden. Eine effektive Maßnahme zur Senkung der Kosten könnte sein, Neubauten mit Leerrohren zwischen Hausanschluss und Ladeort auszurüsten. Möglich ist auch, die Fahrzeuge an der bestehenden Hausverkabelung zu laden. Dann besteht aber nicht die Möglichkeit die Fahrzeuge mit einem separaten Tarif zu bedienen (Haus: Stromprodukt X, E-Auto: Ökostromprodukt Y).
- Bei der Installation von öffentlichen oder öffentlich zugänglichen Ladestationen ist Kostensituation noch dramatischer. Im Projekt betragen die Installationskosten (Monteurleistung und Material) zwischen 1.936 Euro und 7.270 Euro (Mittelwert: 2.464 Euro), obwohl teure Standorte bei der Erstellung des Standortkonzepts abgelehnt wurden. Die Standorte müssen lange in Betrieb sein, um die Kosten wieder einzuspielen. Mit dem Instrument der Sondernutzungsgenehmigungen kann dies nicht gewährleistet werden.¹¹
- Zur optimalen Aufstellung von Ladesäulen sind weitere Forschungen nötig. Im Projekt wurden einige Säulen kaum oder gar nicht von Projektnutzern genutzt. Zu prüfen ist, ob sich diese Situation ändert, wenn Nutzer keine private Ladeinfrastruktur zur Verfügung haben.

7.1.3 Task 1.2 – Entwicklung der Ladeinfrastruktur

7.1.3.1 Ziele und Aufgaben

Im Rahmen von Task 1.2 wurden die Ladeinfrastrukturen für die Elektrofahrzeuge entwickelt und erstellt. Diese umfassen die bei den Nutzern installierten Autostrom-Boxen mit der Funktion des Gesteuerten Ladens und die für den öffentlich zugänglichen Raum konstruierten Autostrom-Stationen. In beiden Fällen bestand das Ziel darin, die Basisfunktionalitäten für die Funktionsdemonstration sicherzustellen. Es war erklärtermaßen nicht das Ziel, eine marktreife Lösung zu testen. Vielmehr sollen die auf der Basis der mit dieser Konfiguration im Piloten gemachten Erfahrungen die Grundlage für den weiteren Entwicklungsprozess darstellen.

¹¹ Im Projekt wurden einzelne Sondernutzungsgenehmigungen widerrufen, weil sich die Bebauungssituation änderte.

7.1.3.2 Vorgehen / Methodik

Die Entwicklung der Ladeinfrastruktur fußte auf Vorarbeiten des Tasks 1.0 und wurde parallel und unter Einbezug der Zwischenergebnisse der Tasks 1.1, 1.3 und 1.4 und 1.5 vorangetrieben. Dabei fand eine intensive Abstimmung mit BMW und der TU Ilmenau statt.

Die Arbeit gliedert sich in zwei Zeitphasen:

- Erstellung der Lastenhefte für Autostrom-Stationen, Autostrom-Boxen und Netzmesstechnik
 - Zusammenstellung der Anforderungen
 - Erhebung Stand der Technik
 - Erarbeitung erster Lastenhefte
 - Bau und Test eines Experimentier-Prototypen
 - Erstellung der finalen Lastenhefte
- Produktion und Abnahme der Ladeinfrastruktur
 - Lieferantensuche und Bewertung
 - Beauftragung der Lieferanten
 - Begleitung der Produktion
 - Abnahme eines Erstmusters
 - Abnahme der Lade- und Unterstützungsinfrastruktur

7.1.3.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Hauptergebnisse

- Funktionale Anforderungen an die Ladeinfrastruktur aus den Forschungszielen und mutmaßlichen Nutzeranforderungen abgeleitet
- System-Architektur und Sicherheitskonzept für die Gesamt-Ladeinfrastruktur erarbeitet
- Detaillierte Lastenhefte zum Bau der Autostrom-Boxen auf Basis der Anforderungen von BMW und der TU Ilmenau erstellt
- Beauftragung und Überwachung der Produktion von insgesamt 60 (inkl. 10 Reservegeräten) Autostrom-Boxen durch die Firmen ‚Burri Schaltanlagen GmbH‘ und ‚Günter Kuck Schalt- und Steueranlagen e.K.‘
- Beistellung von Mess- und Steuertechnik für das Gesteuerte Laden
- Begleitung und Abnahme des Einbaus der Mess- und Steuertechnik für das Gesteuerte Laden in insgesamt 50 Autostrom-Boxen ¹²
- 60 Autostrom-Boxen produziert, davon 50 mit Fernwirktechnik für das Gesteuerte Laden ausgerüstet und in Betrieb

¹² Der Einbau der Technik in die Autostrom-Boxen wurde von der TU Ilmenau durchgeführt.

- Detaillierte Lastenhefte zum Bau der Autostrom-Stationen auf Basis der Anforderungen von BMW und der VE Information Services erstellt
- Auswahl von Lieferanten für den Bau der Autostrom-Stationen durchgeführt
- Umfangreicher Test je einer Mustersäule der beiden Hersteller bei Vattenfall
- Beauftragung und Überwachung der Produktion von insgesamt 50 (inkl. x Reserve-, Versuchs- und Testgeräten) Autostrom-Stationen durch die Firmen ‚KIENZLE ARGO GmbH‘ und ‚BRITZE Elektronik und Gerätebau GmbH‘
- Fachliche Begleitung des Betriebs sowie Koordinierung des Fehlerbehebungsprozesses
- Beschaffung von Ladekabeln durchgeführt.

Schlussfolgerungen

- Im Projekt mussten zahlreiche Kompromisse zwischen den Faktoren Produktions- und Entwicklungszeit, Integrationstiefe, Formfaktoren, Produktionskosten, Wartungsfreundlichkeit und Nutzungsfreundlichkeit eingegangen werden. Entwicklungsmaßgabe war, dass zur Senkung der Entwicklungszeiten möglichst fertige Komponenten zu nutzen sind, auch wenn dies den Formfaktor vergrößert oder die Kosten treibt. Heutige industrielle Produkte bauen auf die Erfahrungen des MINI E Projekts auf und unterliegen diesen Limitierungen aufgrund höherer Integrationsgrade nur noch zum Teil.
- Künftig zu entwickelnde Ladeinfrastrukturen sollten einen modularen Ansatz testen. Die Trennung zwischen Autostrom-Station und Autostrom-Box erscheint von Seiten der Steuerungselektronik und der IT-Komponenten nicht sinnvoll. Im Idealfall sollte künftig nur die Anwendungsumgebung den Formfaktor bestimmen.
- Die Beschränkung auf einen Ladepunkt pro Ladebox oder Ladesäule war im Projekt Ziel führend – auch aufgrund der geringen Anzahl an Fahrzeugen. Für den Einsatz im kommerziellen Betrieb könnte eine Ladestation mit zwei oder mehr logischen Ladepunkten ausgerüstet werden. Dadurch wird eine deutliche Kostensenkung möglich.
- Einzelne Elemente des im Projekt eingesetzten Designs haben sich jedoch bewährt. Die Klappe an den Autostrom-Stationen war zwar sehr fehleranfällig, allerdings konnte das Kabel gegen unbefugtes Herausziehen gesichert werden. Außerdem konnte durch die Kombination aus Projekt- und Schukostecker die Zahl der potenziellen Nutzer vergrößert werden.

7.1.4 Task 1.3 – IT-Systeme

7.1.4.1 Ziele und Aufgaben

Task 1.3 hat zum Ziel, die für die Auswertung des Nutzerverhaltens nötigen Daten über die Nutzung der Ladeinfrastruktur zu generieren und bereitzustellen. Abrechnungsrelevante Daten werden dabei in den standardisierten energiewirtschaftlichen Prozessen erhoben und verarbeitet. Dadurch wird die Übertragbarkeit der Feldphasenergebnisse auf die spätere Marktphase nicht unnötig eingeschränkt.

Aus diesem Ziel ergeben sich folgende Haupt-Aufgaben:

- Konzeption und Realisierung folgender Softwarekomponenten: Kundenverwaltung, Nutzerportal, Kartenverwaltung, Säulenverwaltung, Netznutzungsabrechnung, Tankvorgangsverwaltung / Verbrauchsabrechnung
- Konzeption, Realisierung und Betrieb einer geeigneten Systemarchitektur bzw. -umgebung

Wie in Abbildung 6 und Abbildung 11 gezeigt, besteht eine Schnittstelle zum IKT-System der TU Ilmenau. Von der TU Ilmenau wurde eine Steuerungs- und Ladevorgangsauswertesoftware für Autostrom-Boxen entwickelt und betrieben. Diese Software wurde über das Vattenfall-seitige Nutzerportal mit Nutzereingaben bespielt. Die Verbrauchsdaten der Autostromboxen wurden aus Gründen der Abrechnung und Messdatenverifikation parallel auch über Lastganzähler erhoben und für die Auswertung bereitgestellt.

7.1.4.2 Vorgehen / Methodik

Zur Konzeption der IT-Systeme wurde wie folgt vorgegangen:

1. Festlegung des Versuchsaufbaus im Konsortium, Erarbeitung der funktionalen Anforderungen an die System-Lösung
2. Aufnahme der nötigen Prozesse
3. Definition der Schnittstellen zwischen den beteiligten externen Partnern und den Tasks 1.2, 1.4 und 1.6 im Rahmen von gemeinsamen Workshops und wöchentlichen Jour Fixes
4. Erstellung von Lastenheften für die Softwarekomponenten
5. Aufbau der Infrastruktur
6. Software- und Schnittstellenprogrammierung, Test der Software
7. Durchführung eines End-to-End-Test
8. Betrieb der Software und Infrastruktur

7.1.4.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Hauptergebnisse

- IT-System-Konzept und Lastenhefte erstellt.

- Basis-IT-Infrastruktur (Server, Datenverbindungen) für die das IKT-System von Vattenfall Europe und Anbindung an die Partnersysteme errichtet und in der Pilotphase betrieben.
- Softwarekomponenten/Anwendungen für den Betrieb der Ladeinfrastruktur anhand der erstellten bzw. aufgenommenen Prozesse zeitgerecht entwickelt, getestet, an veränderte Anforderungen während der Betriebsphase angepasst und betrieben, insbesondere
 - Stammdatenverwaltung (Kundenverwaltung, Kartenverwaltung, Säulen- und Boxenverwaltung)
 - Abrechnungsdatenverwaltung (Tankvorgangsverwaltung, Schnittstellen zu SAP IS-U)
 - Webportal für das Gesteuerte Laden sowie Ladesäulenübersicht
- Lagezentrum eingerichtet und betrieben.

Architektur des IKT-Systems von Vattenfall Europe

Die Abbildung 11 veranschaulicht die Systemlandschaft, also die konkrete Ausgestaltung des in Abbildung 6 gezeigten IKT-Systems und die wesentlichen Datenflüsse beim Betrieb der Ladeinfrastruktur.

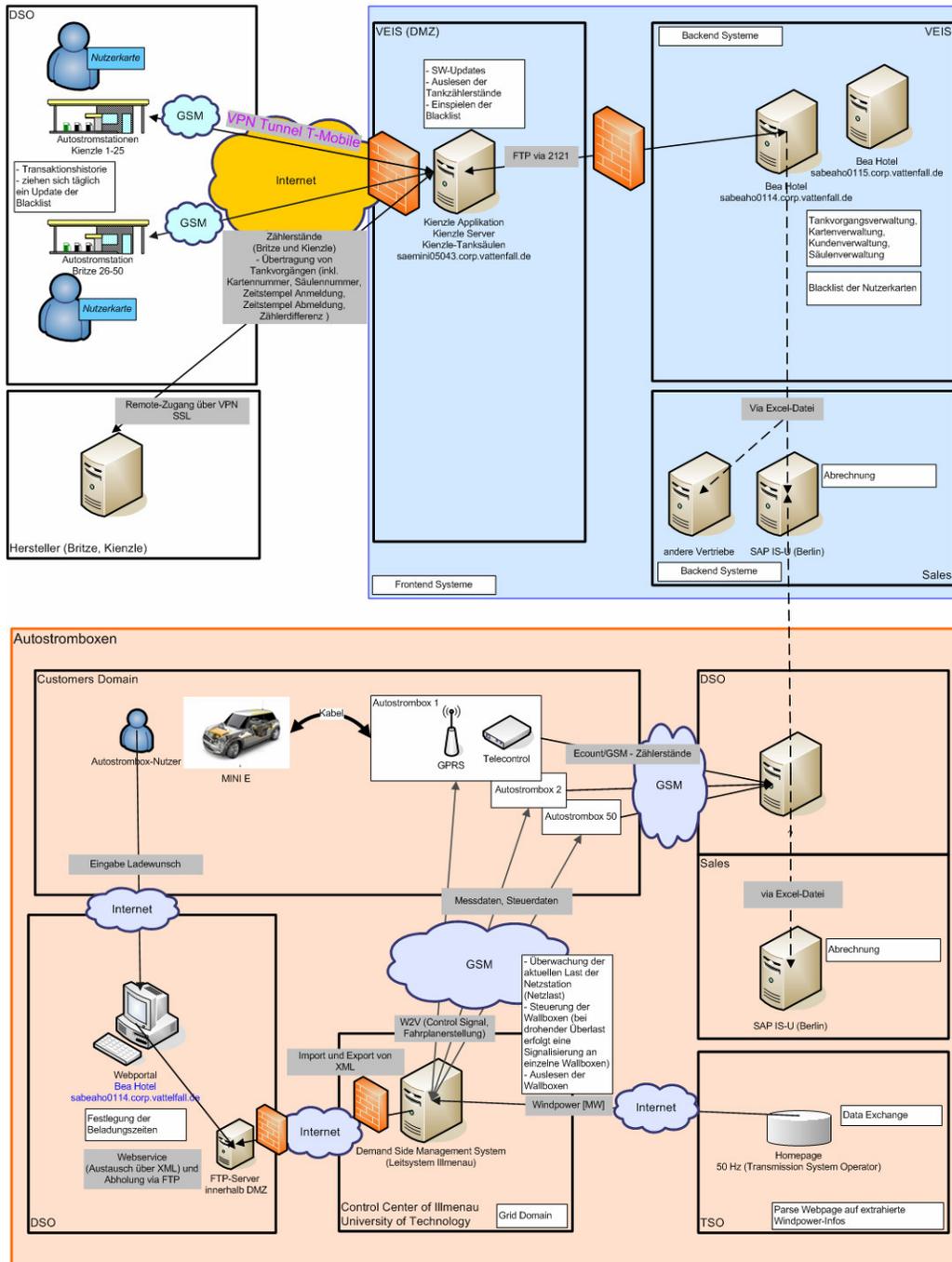


Abbildung 11 Systemlandschaft Autostrom-Stationen und Autostromboxen

Nutzungsabrechnung mit Kleinstverbrauchern

Energielieferungen können in vielen energiewirtschaftlichen Systemen nur mit einer Genauigkeit von ganzen Kilowattstunden (kWh) weiterverarbeitet werden. In Anbetracht der Ables- und Abrechnungszyklen ist dieses Vorgehen sinnvoll.

Für die Elektromobilität stellt sich die Frage jedoch neu. Im Projekt wurden Kleinladungen von unter einer Kilowattstunde als „Kein Verbrauch“ ausgewiesen (vergleiche

Abbildung 12). Das bedeutet, dass beispielsweise Anwender von Elektrofahrrädern oder kleinen Elektromotorrädern praktisch ohne Berechnung laden können, weil die Batterien der Fahrzeuge nur eine niedrige Speicherkapazität haben.

Vattenfall Europe ~ Emobility VATTENFALL

Tankvorgangsverwaltung

Hauptseite

Suche nach: Monat des Export:

Säulen-ID [↕]	Standort [↕]	Datum [↑]	ZP-Karte [↕]	Karten-Nr. [↕]	Menge [↕]	Export-Dateien [↕]
011017	Bismarckstr. 10, 10625 Berlin	09.07.2009 18:16:00	DE0000801243500000000000080878612	1055	0	Kein Verbrauch
011016	Nürnberger Str. 12, 10789 Berlin	11.07.2009 13:12:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	5	20090902_VE_Sales_07_2009.bt, 20090902_NETZ_07_2009.bt
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	11.07.2009 17:57:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	6	20090902_VE_Sales_07_2009.bt, 20090902_NETZ_07_2009.bt
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	11.07.2009 18:25:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	3	20090902_VE_Sales_07_2009.bt, 20090902_NETZ_07_2009.bt
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 10:09:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 10:12:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 10:15:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 10:23:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 10:25:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	0	Kein Verbrauch
011016	Nürnberger Str. 12, 10789 Berlin	12.07.2009 11:45:00	DE0000801243500000000000080878604	1054	9	20090902_VE_Sales_07_2009.bt, 20090902_NETZ_07_2009.bt
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 18:58:00	DE0000801243500000000000080878581	1050	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 19:00:00	DE0000801243500000000000080878581	1050	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 19:04:00	DE0000801243500000000000080878581	1050	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 19:09:00	DE0000801243500000000000080878581	1050	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 19:18:00	DE0000801243500000000000080878581	1050	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 19:33:00	DE0000801243500000000000080878581	1050	0	Kein Verbrauch
011002	Kurfürstendamm 31, 10719 Berlin	12.07.2009 19:42:00	DE0000801243500000000000080878581	1050	0	Kein Verbrauch

◀ Seite 31 von 181 ▶

Abbildung 12 Softwaresystem zur Tankvorgangsverwaltung

Sollte der Bedarf für eine echte Abrechnung dieser Elektrokleinfahrzeuge wachsen, ist es möglich die Beträge in der Tankvorgangsverwaltung für einzelne Kunden zu kumulieren. Dies ist technisch umsetzbar, da Energiezähler direkt von der Ladestation ausgelesen werden und die Daten anschließend in die Tankvorgangsverwaltung importiert werden. Erst die anschließenden Systeme können auf ganzzahlige kWh-Abrechnungen limitiert sein. Einschränkend sei gesagt, dass die Aufkumulierung im Konzept des diskriminierungsfreien Zugangs nur per DSO, aber nicht über alle Betreiber geleistet werden kann.

Unter praktischen Aspekten sollten für Kleinstverbraucher jedoch auch alternative Vertragsmodelle in Betracht gezogen werden (Gebühr pro Nutzung, pauschale Abrechnung).

Offline-Modus an Ladestationen

Ein weiterer Erkenntnis-Aspekt betrifft die Authentifizierung und Autorisierung an den Autostrom-Stationen. Zu Projektende marktgängige Ladestationen nutzen Online-Verbindungen, um die Nutzer zur Ladung zuzulassen. Aus dem Vorarbeiten des Task 1.1 wurde jedoch deutlich, dass Mobilfunkübertragungen¹³ an einigen Standorten nur mit niedrigen Verfügbarkeitsraten möglich sind – Verbindungen sind bei ungünstigem Wetter oft nicht möglich.

Daher wurde ein Offline-Modus mit einem einfachen Blacklist/Whitelist-System implementiert. Dadurch können Nutzer auch dann das Elektrofahrzeug laden, wenn die Datenverbindung zum Backend nicht aufgebaut werden kann. Zu beachten ist, dass ein einfaches Blacklist-Whitelist-Verfahren bei größeren Nutzerzahlen nicht mehr optimal skalieren könnte. Weitere Forschungen könnten den Einsatz von Authentifizierungs- und Autorisierungssystemen auf Basis von asymmetrischen Kryptographieverfahren prüfen. Erste Arbeiten in diese Richtung hat das DAI-Labor der TU Berlin bereits im Rahmen des Tasks 1.5, hier allerdings im Kontext des Vehicle-to-Grid-Systems geleistet.¹⁴

Nutzerportal für das Gesteuerte Laden

Das im Versuch eingesetzte Wind-to-Vehicle-Konzept erfordert, dass Nutzer dem System melden wann das Fahrzeug wieder zum Einsatz kommen soll. Die Zeitspanne zwischen automatisch gemessenen Ansteckzeitpunkt und per Webportal gemeldeten Abfahrbedarf steht für die Ladesteuerung bereit. Um den Komfort für die Nutzer zu erhöhen, wurde gemäß Abbildung 13 ein dreistufiges Eingabesystem implementiert (Regeleinstellung, geplante Abweichungen von der Regel und Sofortladenfunktion).

In den Befragungen der TU Chemnitz wünschten sich die Privatanutzer mehr Informationen zum Stand des Ladevorgangs bzw. mehr Transparenz über den Erfolg des Gesteuerten Ladens.¹⁵ Da das System für Privatanwender konzipiert wurde, hatten Flottenbetreiber keine Gesamtsicht auf alle verwalteten Ladeboxen. Entsprechend niedrig war die Nutzung des Portals durch diese Gruppe.

¹³ In der Konzeptphase des Task 1.3 wurden verschiedene Datenübertragungsvarianten zwischen den Ladestationen und dem Hintergrundsystem geprüft. Die Entscheidung fiel auf Mobilfunkdatenübertragung. Grundsätzlich möglich erschien die Datenübertragung manuell, per Festnetz (ISDN, ADSL) oder per Mobilfunk. Manuelle Datenübertragung kam für den Forschungszweck aus Kosten- und Zeitgründen nicht in Frage, Festnetzleitungen bedürfen längerer Vorlaufzeiten und führen zu hohen Installations- und Betriebskosten. Mobilfunk ist dagegen flexibel und eher kostengünstig, aber auch fehleranfällig und nicht hochverfügbar.

¹⁴ Vgl. Schlussbericht des DAI-Labors der TU Berlin, S. 9f und 13ff

¹⁵ Vgl. Schlussbericht der TU Chemnitz, S. 61f



Abbildung 13 Umsetzung des Nutzerportals

Schlussfolgerungen

Im Task 1.3 konnte gezeigt werden, dass für die Umsetzung der Basisfunktionen der Elektromobilität (Laden und Abrechnen) keine grundlegend neuen Systeme in der Energiewirtschaft notwendig sind. Die für den diskriminierungsfreien Zugang zur Ladeinfrastruktur geschaffenen Systeme erlauben die Einbindung in energiewirtschaftliche Standardprozesse.

Um den Nutzerbedürfnissen nach mehr Transparenz entgegen zukommen und die Vorbereitung bzw. Durchführung der Ladevorgänge zu erleichtern, kann die Nutzerinteraktion noch erweitert werden. Denkbar ist:

- Rückmeldungen über den Status des Ladevorgangs zur Verfügung zu stellen (unabhängig davon, ob an einer Autostrom-Box oder einer Autostrom-Station geladen wird),
- Dynamische Information über freie Ladesäulen bereitzustellen und
- speziellen Bedürfnissen der Flottenkunden nach einer Übersicht über alle Ladeboxen gerecht zu werden.

In diesem Kontext erscheint es sinnvoll, ebenfalls Informationen zum Ladeerfolg (Ladestand der Batterie) aus dem Fahrzeug in das Nutzerportal zu transportieren. Hierfür sind jedoch kommunikationsfähige Fahrzeuge und ein Industriestandard zur Nutzung der Informationen nötig.

Zur besseren Abbildung der betrieblichen Belange des Betreibers der Ladestationen sollten Informationen zum Zustand der Ladestation in Form von Fehlercodes verfügbar gemacht werden. Ebenfalls erscheint die Implementierung von Fernwartungsfunktionen hilfreich, um die Betriebskosten der Stationen zu senken und die Verfügbarkeit der Stationen zu erhöhen.

Auch für die Implementierung der Informations- und Wartungsfunktionen in die Ladeinfrastruktur ist die Etablierung eines Industriestandards aus Kostengründen hilfreich.

7.1.5 Task 1.4 – Beschaffung und Abrechnung des „grünen“ Stroms

7.1.5.1 Ziele und Aufgaben

Ziel des Tasks 1.4 war es, die MINI E an allen Ladeinfrastrukturen mit Strom aus Erneuerbaren Energien zu versorgen, sowie geeignete Abrechnungsmodelle zu entwickeln und zu testen.

7.1.5.2 Vorgehen / Methodik

Zur Abarbeitung der Aufgaben war es nötig, die energiewirtschaftlichen Verträge zur Nutzung der Ladeinfrastruktur zu erstellen und abzuwickeln. Einen Überblick über die nötigen Verträge zeigt Abbildung 19. In der Analysephase wurden die Daten aus den Lastgangzählern der Autostrom-Boxen und die „Tankdaten“ aus den Autostrom-Stationen analysiert und interpretiert.

7.1.5.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

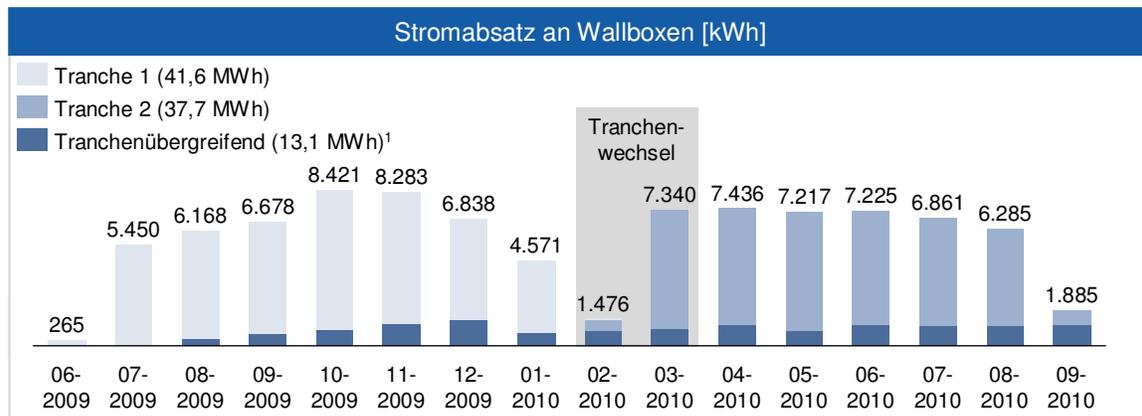
Hauptergebnisse

- Vervollständigung des Anforderungskatalogs bezüglich der Ladeinfrastruktur aus Kundensicht
- Konzept zum diskriminierungsfreien Zugang zur Ladeinfrastruktur erstellt
- Stromlieferkonzept und Abrechnungskonzept erarbeitet und umgesetzt
- Tarifmodell für den speziellen Anwendungsfall erstellt und in die betriebswirtschaftlichen Systeme eingepflegt
- Verträge zur Belieferung von Objektnetzen mit dem Auto-Stromprodukt erstellt
- Verhandlungen zur vertraglichen Interoperabilität geführt, sodass Nutzer auf die Ladesäulen von RWE hätten zugreifen können. Verhandlungen wurden nach Umstellung des Stecksystems an den RWE-Säulen auf IEC Typ2 abgebrochen
- Erarbeitung und Kontrahierung der für den energiewirtschaftlichen Betrieb nötigen Verträge in Bezug auf die Ladeinfrastruktur erfolgt
- Erstellung der 88 Projektstromlieferverträge¹⁶, Kontrahierung der Nutzer und Abwicklung der Verträge (inkl. Rechnungsstellung)
- Kundenservice auf Fragen der Nutzer vorbereitet
- Unterstützung der Datenanalyse und Datenaufbereitung geleistet

Nutzung der Autostrom-Boxen

Erwartungsgemäß war die Nutzung der Autostrom-Boxen im Vergleich sehr hoch. In der Tranche 2 war ein konstanteres Ladeverhalten festzustellen.

¹⁶ Außerhalb des Projekts wurden 38 weitere Stromlieferverträge für „Freie Nutzer“ geschlossen.



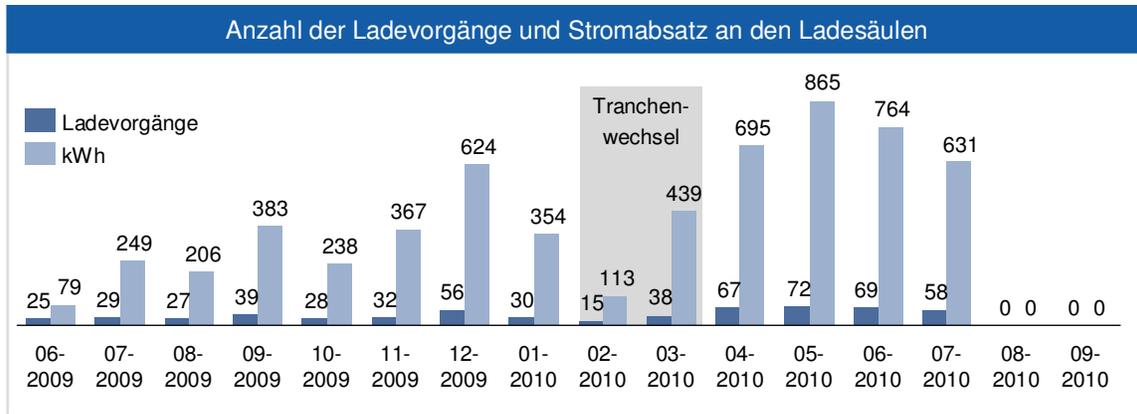
- ▶ Insgesamt wurden während der Projektlaufzeit ca. 92.400 kWh Strom geladen
- ▶ 33% der Wallbox-Nutzer lädt zusätzlich an öffentlichen Ladesäulen. Innerhalb dieser Gruppe beträgt der Anteil des Ladesäulen-Stroms an der Gesamtstrommenge nicht mehr als 23%
- ▶ In jedem Monat wurde mindestens die 7-fache Menge des öffentlichen Stromabsatzes über die privaten Wallboxen geladen
- ▶ Dennoch wollen die Nutzer nicht auf eine öffentliche Ladeinfrastruktur verzichten

* Tranchenübergreifende Nutzer: Vattenfall Fuhrpark, Deutsche Bahn, Sixti

Abbildung 14 Stromabsatz an den Autostrom-Boxen

Nutzung der Autostrom-Stationen

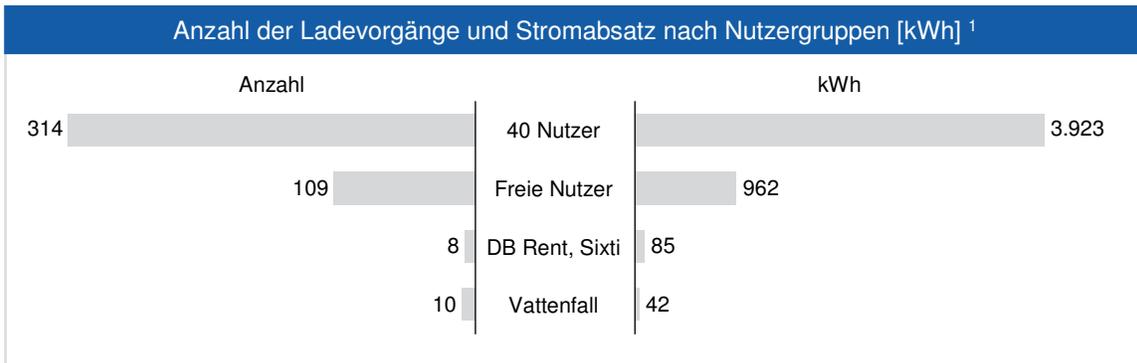
Da die Nutzer aller drei Nutzungsszenarien mit einer fernschaltbaren Autostrom-Box ausgestattet waren, wurden die öffentlichen und öffentlich zugänglichen Autostrom-Stationen tatsächlich nur als Rückfall-Ladelösung genutzt. Abbildung 15 zeigt, dass die Nutzer der Tranche 2 die Stationen häufiger und intensiver nutzten.



- ▶ 2009 wurden monatlich durchschnittlich 30 Ladevorgänge durchgeführt, in denen rund 269 kWh geladen wurden
- ▶ 2010 wurden monatlich durchschnittlich 50 Ladevorgänge durchgeführt, in denen rund 552 kWh geladen wurden
- ▶ In den sehr kalten Wintermonaten Januar bis März 2010 wurden mit 28 Ladevorgängen unterdurchschnittlich viele Ladungen vorgenommen. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass die Fahrzeuge zeitweise nicht bei den Nutzern waren

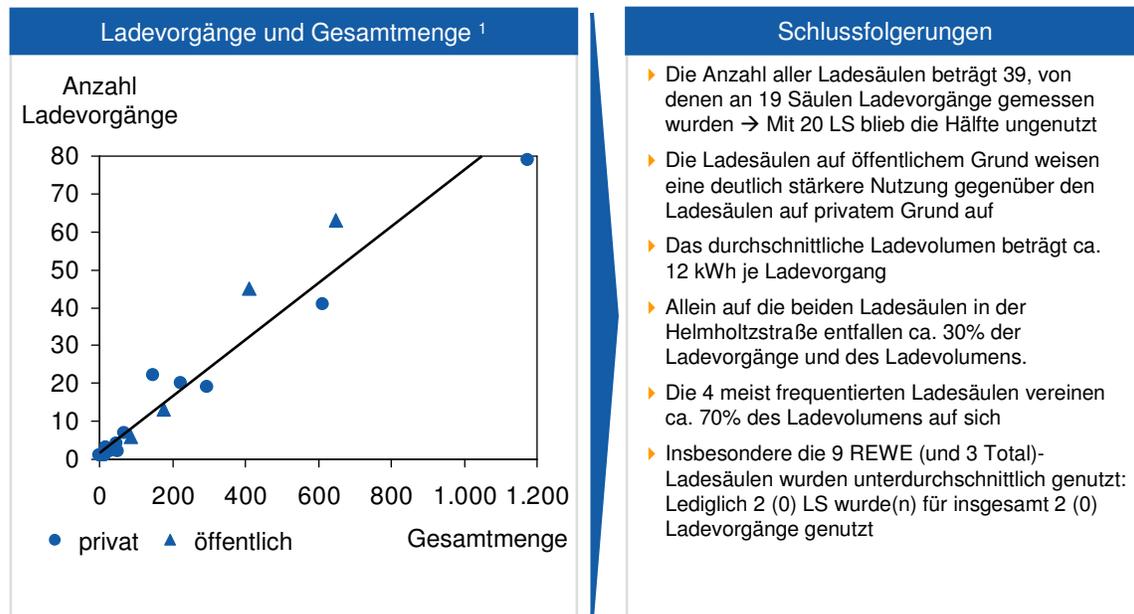
Abbildung 15 Verlauf der Nutzung der Autostrom-Stationen

Neben den Nutzern der drei Nutzungsszenarien Privatanutzer, Flottenutzer Fuhrpark und CarSharing wurden auch Nicht-Projektnutzer für die Ladestationen frei geschaltet. Diese Gruppe nutzte die Ladestationen am zweithäufigsten (Abbildung 16). Die Mehrzahl der Ladevorgänge dieser Gruppe stammt wiederum aus nicht am Projekt teilnehmenden fuhrparkgebundenen Elektroautos.



- ▶ Der durchschnittliche Strombezug je Ladevorgang lag bei der Gruppe der 40 Nutzer bei ca. 12,5 kWh
- ▶ Der durchschnittliche Strombezug der freien Nutzer lag lediglich bei ca. 9 kWh je Ladevorgang, wobei der Absatz innerhalb dieser Gruppe stark variiert (Es wurden Ladungen bis zu 48 kWh vorgenommen)

Abbildung 16 Ladevorgänge an den Autostrom-Stationen nach Nutzergruppen



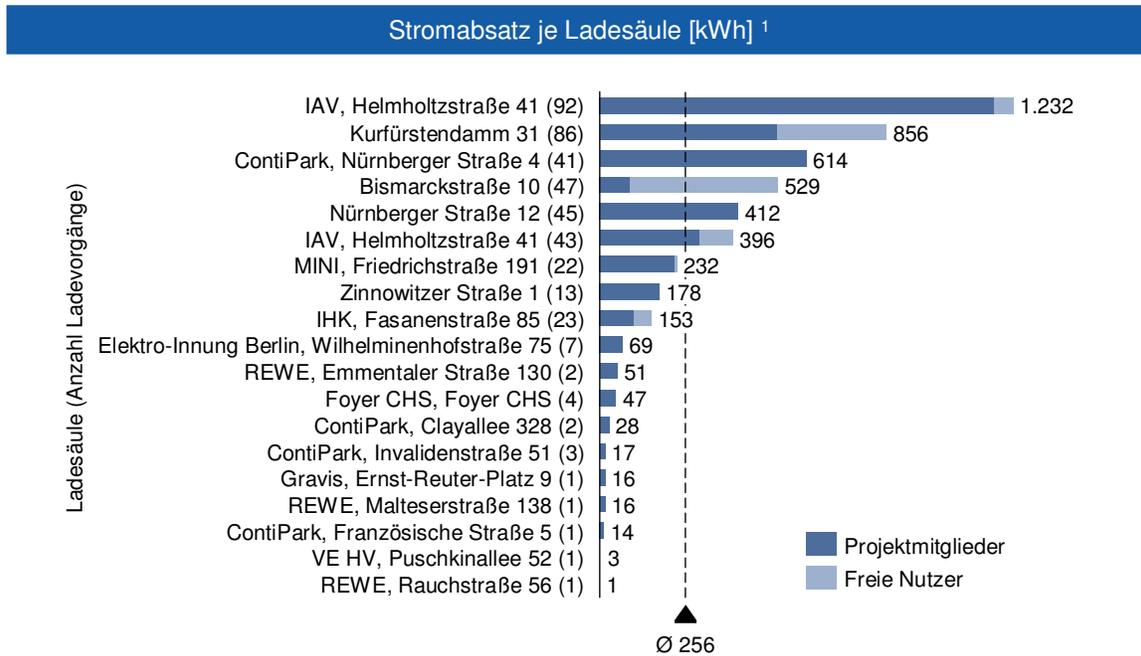
¹ Berücksichtigt wurden ausschließlich Vorgänge, in denen Strom geflossen ist, ohne freie Nutzer und Service

Abbildung 17 Nutzungsintensität der Autostrom-Stationen (1)

Abbildung 17 und Abbildung 18 zeigen die Nutzungsintensität der Autostrom-Stationen im Projekt. Stationen auf öffentlichem Grund werden häufiger genutzt als Stationen auf privatem Grund. Eine Ursache hierfür war sicherlich, dass die Stationen im öffentlichen Raum an attraktiven Orten installiert sind (City West) und dass die zugehörigen Stellplätze kostenfrei nutzbar sind.

Viele der Säulen auf privatem Grund wurden demgegenüber kaum genutzt. Gründe für die Nichtnutzung der Säulen können sein:

- Ladestation lag nicht entlang üblichen Fahr-Routen der Nutzer
- Ladestation lag zwar auf der Route eines Nutzers, aufgrund der Nutzung der privaten Autostrom-Box bestand aber kein Anlass zur Nutzung
- Ladestation war durch anderes Fahrzeug belegt
- Technische Defekte oder Ausfall durch Vandalismus oder Baumaßnahmen an den zugehörigen Stellplätzen



¹ Berücksichtigt wurden ausschließlich Vorgänge, in denen Strom geflossen ist, ohne Service
An den übrigen Ladesäulen wurden keine „echten“ Ladevorgänge gemessen

Abbildung 18 Nutzungsintensität der Autostrom-Stationen (2)

Diskriminierungsfreier Zugang zur Ladeinfrastruktur

Die Aufstellung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum ist aktuell nur mit einer Sondernutzungserlaubnis möglich. Ein gesetzlicher Anspruch eines Betreibers auf Erteilung der Erlaubnis besteht nicht.

Vor allem aus Gründen der Gestaltung des Stadtbilds sind viele Städte dazu übergegangen, die Zahl und Vielfalt an Stadtmöbeln zu reduzieren oder die Sichtbarkeit im öffentlichen Raum zu verringern. Für Betreiber ist die Aufstellung von Ladestationen wiederum nur sinnvoll, wenn in Kabelreichweite der Ladestation ein für Elektrofahrzeuge freigehaltener Stellplatz vorhanden ist. In Innenstädten kollidiert dieses Konzept derzeit mit der klassischen Parkraumbewirtschaftung.

Eine Lösung muss gewährleisten, dass Elektroautofahrer jederzeit und ohne wesentliche Hürden die Stationen nutzen können, sodass sich der zahlenmäßige Bedarf an Ladestationen nicht allein wegen der ineffizienten Nutzung der Stationen vergrößert. Ineffizienzen können zum Beispiel entstehen, wenn Nutzer nur an Stationen laden können, mit dessen Betreiber sie einen Vertrag geschlossen haben oder Informationen über freie Ladestationen nicht zur Verfügung stehen.

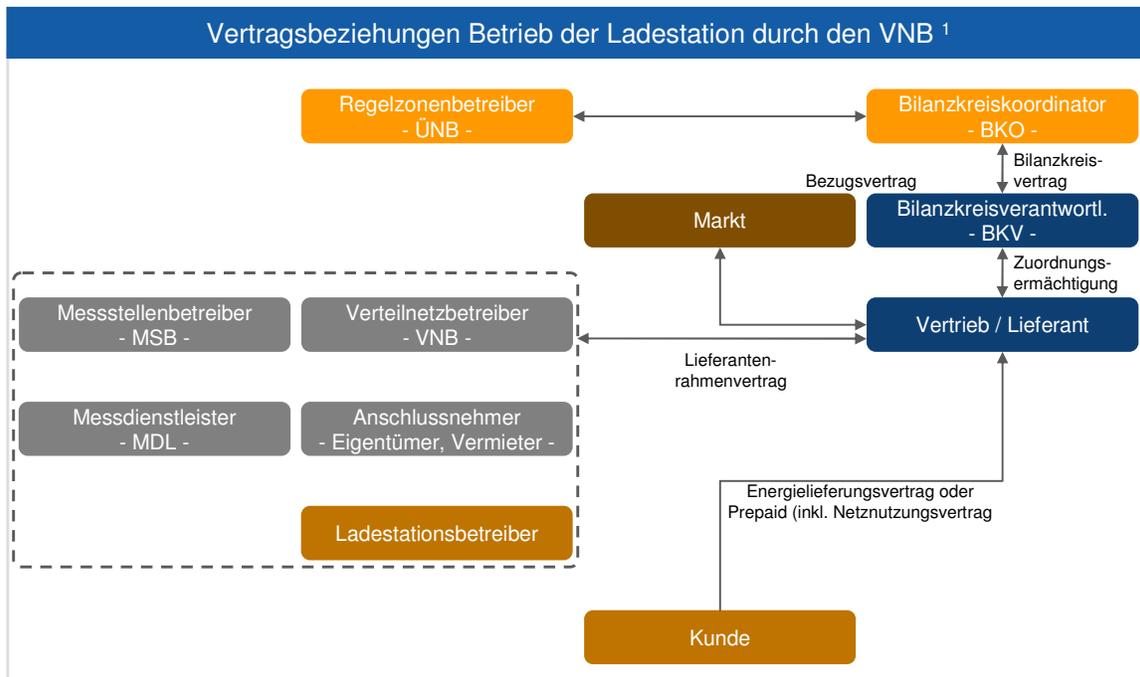


Abbildung 19 Diskriminierungsfreier Zugang zur Ladeinfrastruktur

Im Rahmen des Projekts hat Vattenfall Europe das Konzept des diskriminierungsfreien Zugangs zur Ladeinfrastruktur entwickelt. Hierin betreibt ein Verteilnetzbetreiber (DSO) die Ladestationen in seinem Netzgebiet und stellt den Stromvertrieben die Infrastruktur zur Nutzung bereit.

Den angeschlossenen Vertrieben werden virtuelle mobile Zählpunkte zugeordnet, die diese über ein Authentifizierungs-, Autorisierungs- und Abrechnungssystem (z.B. per RFID-Karte) an Kunden weitergeben können. Nutzer erhalten mit ihrer RFID-Karte Zugriff auf alle an das System angeschlossenen Ladestationen. Ein aufwendiger Kundenwechselprozess kann somit umgangen werden.

Im IKT-System des Verteilnetzbetreibers findet die Zuordnung der virtuellen mobilen Zählpunkte zu den Zählpunkten der Stromzähler in den Ladestationen während der Nutzung statt.

Der Stromvertrieb fasst die Nutzungsdaten seiner Kunden über die in Anspruch genommenen Ladesäulen der verschiedenen Verteilnetze zusammen und erstellt daraus eine Abrechnung. Im Projektrahmen wurde die Lösung zum Anschluss eines DSO entwickelt und mit einem Vertrieb getestet. Weitere Vertriebe wurden zur Beteiligung aufgerufen.

Für einen überregionalen Einsatz sind folgende Weiterentwicklungen zu leisten:

1. Vergabe der virtuellen mobilen Zählpunkte muss durch eine übergeordnete Instanz erfolgen. Diese Instanz muss eine Datenbank über die Zuordnung der virtuellen mobilen Zählpunkte (VMZP) zu Vertrieben vorhalten und eine Blacklist über ungültige VMZP führen.
2. Schaffung eines Standardvertrags für die Nutzung von Ladesäulen durch Stromvertriebe.

3. Schaffung eines Informationssystems, das Auskünfte über freie Ladestationen vorhält (optional).
4. Setzung eines Authentifizierungs- und Autorisierungsstandards für Ladeinfrastruktur.¹⁷

Fazit: Der ‚diskriminierungsfreie Zugang zur Ladeinfrastruktur‘ („Durchleitungsmodell“) ist eine Alternative zum Roamingmodell (Beispiel: RWE-Ladeinfrastruktur) und zum sogenannten ‚Frankfurter Modell‘ (technische Integration von Ladesäule und Parkautomat, Zahlung am Parkautomaten).

Der Vorteil des Konzepts ist, dass Nutzer die Stromqualität durch Lieferantenwahl wählen können, tatsächlich geliefert bekommen und eine Sammelrechnung erhalten. Die energiewirtschaftliche Logik (Zählpunkt) wird beibehalten.

Schlussfolgerungen

In Abbildung 20 sind die wesentlichen Thesen und Erkenntnisse zur Nutzung der Ladeinfrastruktur zusammengefasst.

Ausgangssituation	Ergebnis	Erkenntnis
<ul style="list-style-type: none"> ▶ These: Reichweite der Fahrzeuge ist begrenzt, daher werden Nutzer die Fahrzeuge wann und wo immer möglich Laden. ▶ These: Dauern von bis zu 8 Stunden für eine Batterievollladung werden von den Nutzern akzeptiert. ▶ These: Bei vorhandener privater Ladeinfrastruktur wird trotzdem ein gut ausgebautes öffentliches Ladenetz begrüßt. ▶ These: Auch private Nutzer fahren häufig wiederkehrende Routen. ▶ These: Mit zunehmender Nutzung der Ladeinfrastruktur steigt das Vertrauen in die Technik. ▶ These: Öffentliche Ladeinfrastruktur wird auch von nicht am Projekt beteiligten, sogenannten freien Nutzern angenommen. ▶ These: Eine möglichst gleichmäßige Verteilung der öffentlichen Ladeinfrastruktur ist für die Elektrofahrzeug-Nutzung förderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Umgang mit begrenzter Reichweite wurde von Nutzern schnell gelernt, Fahrzeuge waren nur am Netz wenn Laden notwendig war (durchschnittlich jeden 2-3 Tag). ▶ Im normalen täglichen Mobilitätsablauf hatte jeder Nutzer mindestens ein Zeitfenster, in dem das Fahrzeug >8Std Netzanschluss hatte. ▶ Der Stromabsatz an den Wallboxen liegt weit über dem Absatz an den Ladesäulen. ▶ E-Fahrzeugnutzer verwenden jeweils immer wieder die selben Ladesäulen. ▶ Innerhalb der einzelnen Tranchen ist ein Anstieg bei der Nutzung der Ladesäulen zu beobachten gewesen. ▶ Durch die freien Nutzer wurde ca. ein Drittel der Ladevorgänge sowie ein Viertel der Stromabsatzes in Anspruch genommen. ▶ Ein Großteil der Ladevorgänge und des Stromabsatzes entfällt auf eine geringe Anzahl von Ladesäulen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Zur Optimierung der Effektivität der Windintegration (W2V) müssen Nutzer motiviert werden, die Fahrzeuge anzuschließen auch wenn keine Vollladevorgang notwendig ist. ▶ Die meiste Zeit des Tages steht das Fahrzeug. Bei konsequentem Anschluss an das Netz ist somit der Stromspeicheransatz V2G realistisch. ▶ Die Nutzer verwenden öffentliche Ladesäulen tagsüber meist kurzzeitig, während die privaten Wallboxen in der Nacht genutzt werden. ▶ Eine sorgfältige Analyse des Nutzerverhaltens ermöglicht eine effektivere Planung öffentlicher Ladeinfrastruktur. ▶ Die Bedienerfreundlichkeit des gesamten Ladevorgangs inklusive Finden, Reservieren und selbsterklärenden Menüs muss besser werden. ▶ Einheitliche Standards bei den Ladeanschlüssen, sowohl in Form als auch in den Leistungsdaten müssen mit Nachdruck EU-weit vorangetrieben werden. ▶ Die Standorte für Ladesäulen sollten sorgfältig und unter Berücksichtigung der Mobilitätsgewohnheiten der Fahrzeugnutzer ausgewählt werden.

Abbildung 20 Erkenntnisse zur Nutzung der Ladeinfrastruktur

Darüber hinaus lässt sich feststellen:

- Der Bedarf an öffentlichen oder öffentlich zugänglichen Ladestationen konnte mit dem vorliegenden Versuchsaufbau nicht hinreichend geprüft werden. Klar ist je-

¹⁷ Hieran wird im Rahmen des Projekts BMWi-Projekts ‚IKT für Elektromobilität‘ in der Fachgruppe Interoperabilität gearbeitet. Website: <http://www.ikt-em.de>

doch, dass Nutzer den Komfort einer privaten Ladeinfrastruktur schätzen und öffentliche Ladung meist nur im „Notfall“ nutzen.

- Da die Dichte von 0,05 Autostrom-Stationen pro km² Fläche für Berlin sehr niedrig war, lassen sich aus den vorhandenen Daten schwerlich Erkenntnisse über die Nutzung von öffentlicher Ladeinfrastruktur unter Massenmarktbedingungen ableiten. Für weitere Experimente mit öffentlicher Ladeinfrastruktur sollte gegebenenfalls nur ein Bezirk oder ein Ortsteil als Versuchsfeld herangezogen werden.
- Sollte ein Netz öffentlicher Ladestationen aufgebaut werden, sind Einzelabrechnungen und nutzerspezifische Stromprodukte möglich. Das Konzept des Diskriminierungsfreien Zugangs zur Ladeinfrastruktur ist dabei eine mögliche Alternative.

7.1.6 Task 1.5 – Gesteuertes Laden

7.1.6.1 Ziele und Aufgaben

Das Gesteuerte Laden bildet den Kern des Projektes und besteht aus den beiden Applikationen Wind-to-Vehicle und Vehicle-to-Grid. Über gesteuertes Be- und Entladen sollen beide das wachsende Angebot an Windenergie in die Stromnetze integrieren und einen Beitrag zum Glätten von Lasttälern und -spitzen im Stromnetz leisten. Die Wind-to-Vehicle-Applikation adressiert die Sicherstellung der Netzstabilität im Kontext der Integration fluktuierender Windenergie. Gleichzeitig wird mit ihr das Potenzial der Windkraftanlagen bestmöglich ausgeschöpft. Das Gegenstück, die Vehicle-to-Grid-Applikation, soll dafür sorgen, dass die in den Fahrzeugbatterien gespeicherte Windenergie zur Abdeckung von Lastspitzen genutzt werden können. Verbunden damit ist das Ziel, CO₂-Emissionen konventioneller Reservekraftwerke zu substituieren, die heute eigens zum Abdecken von Lastspitzen vorgehalten werden.



Abbildung 21 Gesteuertes Laden als Teil eines ökologisch fundierten Ladekonzeptes

Mit dem geplanten Ausbau von Windkraftanlagen will die Bundesregierung den Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen deutlich erhöhen. Das Angebot von Windenergie unterliegt allerdings zeitlichen Schwankungen, welche zudem häufig asynchron zur Nachfrage verlaufen. Deshalb wird es zukünftig immer häufiger in Schwachlastzeiten zu einem Angebotsüberschuss kommen, welcher die Netzstabilität gefährden kann. Hier setzt die Wind-to-Vehicle-Applikation an, in dem sie die Ladevorgänge der E-Fahrzeuge

exakt in solche netzkritische Zeitfenster steuert, in denen das Angebot an Windenergie hoch und die Last im Netz gering ist. Mit der Erzeugung zusätzlicher Last in nachfrage-schwachen Zeiten soll die Balance zwischen Angebot und Nachfrage wieder hergestellt werden, so dass sich die Betriebszeiten der Windkraftanlagen im Idealfall uneingeschränkt ausschöpfen lassen.

7.1.6.2 Vorgehen / Methodik

Für das Projekt MINI E Berlin powered by Vattenfall V1.0 hat Vattenfall die Anforderungen an die Wind-to-Vehicle-Applikation in einem Konzeptpapier definiert und die von der TU Ilmenau entwickelte Applikation in die Netzumgebung und den Betrieb integriert. Zu den definierten funktionalen Anforderungen zählen:

1. **Zielfunktion:** Maximierung der Ladevorgänge in „Windzeitfenstern“, in denen das Windangebot hoch, die Netzlast dagegen gering ist.

Das Gesteuerte Laden dient dem Zweck, das Potenzial der Windenergie optimal zu nutzen. Daraus ergibt sich als Ziel, die Ladevorgänge der Elektrofahrzeuge in die Zeitfenster hineinzusteuern, in denen Aufkommen an Windenergie mit Lasttälern zusammentreffen. Für das Gesteuerte Laden sind somit zwei Inputgrößen essenziell: Das Windsignal sowie die Netzbelastung.

2. **Nebenbedingung:** Nutzer legen die Rahmenbedingungen fest, innerhalb derer der Netzbetreiber die Ladevorgänge in „Windzeitfenster“ hineinsteuert.

Als Nebenbedingung muss die Mobilität der Nutzer gewährleistet werden. Für das Gesteuerte Laden ergibt sich daraus, dass der Nutzer Rahmendaten zur Erfüllung der Nebenbedingung festlegt und das Netzmanagement innerhalb dieses Rahmens das Potenzial der Windenergie maximal ausnutzt.

Der Nutzer soll also möglichst wenig involviert sein.

Vereinfacht formuliert kommen aus Sicht der Nutzer zwei Grundmuster in Frage:

Fall A: Die Reichweite des MINI E deckt zumeist den Tagespendelbereich gut ab. Im Regelfall wird es also ausreichen, wenn das Fahrzeug morgens vollgeladen zur Verfügung steht und im Laufe des Tages wieder an die Autostrombox angeschlossen wird. Die ist im Allgemeinen abends der Fall, kann aber durchaus auch vorher erfolgen. Dementsprechend ergibt sich ein großes oder kleineres Zeitfenster, innerhalb dessen das Netzmanagement die Optimierungsaufgabe lösen kann.

Fall B: Parallel muss sichergestellt sein, dass ein Nutzer auch zwischendurch Strom laden kann [Sofortladung]. In diesem Fall würde das Zeitfenster zur Optimierung unterbrochen.

Für den Nutzerprozess lassen sich daraus folgende Funktionalitäten ableiten, welche über das Web-Portal dem Nutzer bereitgestellt werden müssen:

Als Default-Einstellung war 07:00 Uhr als Abfahrtszeit hinterlegt. Damit Tagesschwankungen mit Blick auf die tatsächliche Abfahrtszeit die Reichweite nicht beeinträchtigen, soll die Batterie jeweils eine Stunde vor der vom Nutzer vorgegebenen Abfahrtszeit bereits vollständig geladen sein. In der Default-Einstellung bedeutet das, dass der Ladevorgang um 06:00 Uhr abgeschlossen sein muss.

Über ein einfach zu bedienendes Web-Interface (vgl. Abbildung 13) hatten die Nutzer die Möglichkeit, diese Regeleinstellung für alle Tage zu ändern oder für einzelne Tage –

z.B. am Wochenende – eine abweichende Abfahrtszeit vorzugeben. Als dritte Option stand den Nutzern die Sofort-Laden-Funktion zur Verfügung, um den Ladevorgang unmittelbar anzustoßen. Nach einem Sofort-Lade-Vorgang findet wieder die Regeleinstellung Anwendung, sofern keine Abweichung für den entsprechenden Tag vorgegeben wurde.

Anforderungen an das Anreizsystem

Für das Anreizsystem ist prinzipiell wichtig, das Nutzerverhalten so zu steuern, dass das Potenzial der Windenergie bestmöglich ausgeschöpft werden kann. Deshalb soll der Nutzer angehalten werden,

- seine im System hinterlegten Abfahrtszeiten möglichst genau den tatsächlichen anzupassen; wer zum Beispiel als Default 07:00 Uhr eingetragen hat, tatsächlich aber erst um 12:00 Uhr losfährt, reduziert das Potenzial zum Gesteuerten Laden;
- das Fahrzeug bei jedem Abstellvorgang mit der Autostrombox zu verbinden, wenn er zuhause oder am Arbeitsplatz ist, unabhängig von der tatsächlich in der Batterie gespeicherten Restenergiemenge;
- möglichst selten die Sofortladung zu aktivieren.

In Version 1.0 hat sich das Anreizsystem auf den HT/NT-Tarif beschränkt. Zu einem späteren Zeitpunkt soll ein echter ökonomischer Anreiz aus der Kombination mit V2G entstehen: In Schwachlastzeiten mit viel Windstrom würde dann billig geladen und zu Spitzenlastzeiten teuer verkauft.

Mit Blick auf die Umsetzung und betriebliche Integration hat Vattenfall die Fernwirktechnik von der TU Ilmenau in die Autostromboxen einbauen lassen. Die Wind-to-Vehicle-Applikation konnte allerdings nur in Bezug auf das Windsignal umgesetzt werden, nicht jedoch mit Blick auf die Messung der Last im lokalen Netz. Die hierfür notwendigen Messgeräte konnten aus Platzmangel nicht in den Netzstationen eingebaut werden, welche mit den Standorten der Fahrzeuge korrespondieren. Nach erfolgter Systemintegration hat Vattenfall im Rahmen des Probebetriebes die Analyse der Betriebsdaten ebenso begleitet wie die Auswertung der Evaluierung der Nutzerakzeptanz.

7.1.6.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Gesteuertes Beladen: Wind-to-Vehicle

Durch den Einbau und die Verwendung der Fernwirktechnik der TU Ilmenau konnte grundsätzlich die Funktionsfähigkeit des gesteuerten Beladens in Abhängigkeit von der Windenergieeinspeisung bewiesen werden. Dafür konnte im Idealfall bei einem Anstieg der Windenergieeinspeisung die Last durch die Autostromboxen analog erhöht werden. Kritische Voraussetzung dafür war eine entsprechende Verfügbarkeit der Elektrofahrzeuge, deren Last variabel gestaltet werden konnte (und nicht z.B. über einen Sofort-Lade-Vorgang beladen wurden).

Der Erfolg der Wind-to-Vehicle-Applikation wird anhand des Korrelationskoeffizienten zwischen Windeinspeisung und Ladestrom für jeden Tag gebildet. Aufgrund des bedingt deterministischen Nutzerverhaltens schwankt dieser Wert stark. Im Betrieb wurden dabei Werte nahe 90% Korrelation erreicht; diese traten jedoch nur an ca. 4% aller Versuchstage auf, was zu einem geringen durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten über den gesamten Projektzeitraum führt. Bis dato lässt sich zeigen, dass der Mechanismus

der Applikation zwar gut funktioniert, der Zielerreichungsgrad gleichwohl noch zu wünschen übrig lässt. In der nachfolgenden Graphik wird an einem Beispielzeitraum im Projekt deutlich, dass in der entsprechenden Nacht – wenn grundsätzlich eine höhere Anzahl an Elektrofahrzeugen verfügbar ist – die Ladelast der Elektrofahrzeuge parallel zum Anstieg der Windeinspeisung erhöht werden konnte. Entsprechend konnte für dieses Zeitfenster eine hohe Korrelation erzielt werden.

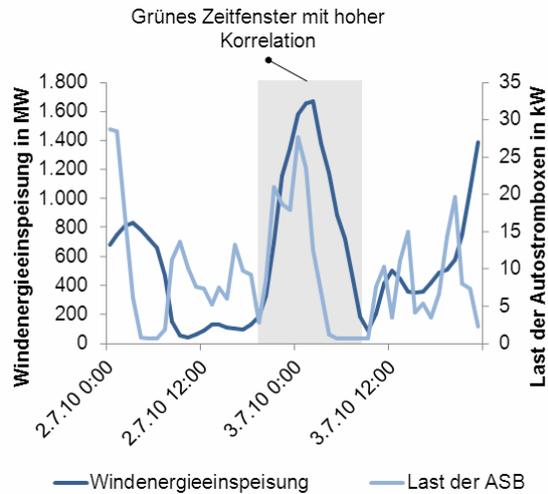


Abbildung 22 Vergleich der Windenergieeinspeisung und Ladelast

Auf der Basis dieser Zwischenergebnisse hat das Projektteam Schlussfolgerungen gezogen, wie sich der Korrelationskoeffizient als Erfolgsindikator steigern lässt [siehe nachfolgende Grafik]. Hier ist zum Beispiel die Verbesserung der Ladezustandsinformation zu nennen. Dann lässt sich der Zeitpunkt besser abschätzen, ab wann der Ladevorgang auf jeden Fall gestartet werden muss. Diese Maßnahme wäre in einem Folgeprojekt mit relativ geringem Aufwand umsetzbar. Die Erhöhung der Fahrzeugverfügbarkeit und somit des Absorptionspotenzials würde zwar eine große Hebelwirkung entfalten, wäre aber mit einem relativ hohen Aufwand verbunden.

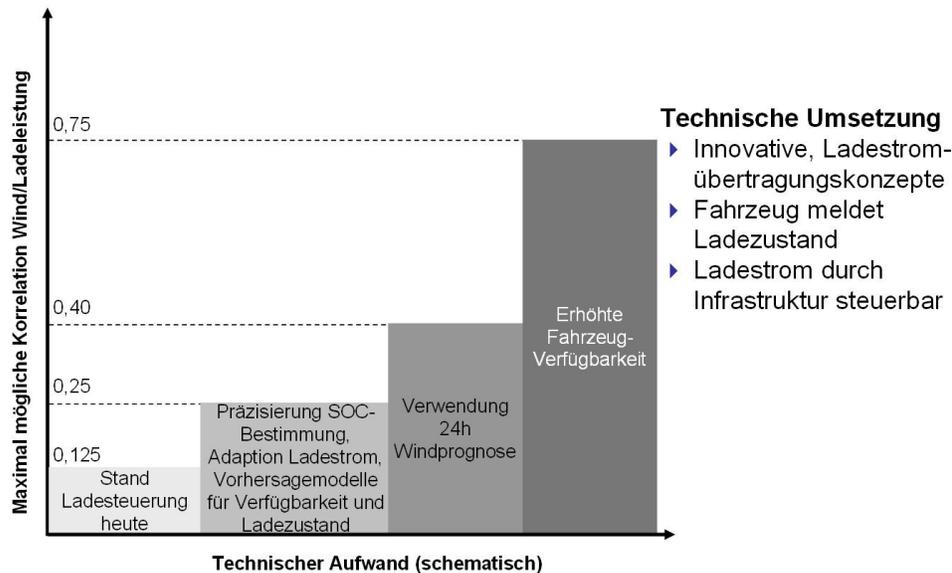


Abbildung 23 Verbesserung der Korrelation aus Wind und Ladeleistung¹⁸

Verfügbarkeit der Fahrzeuge

Die Auswertung der Ladevorgänge zeigt, dass die Nutzer ihre Fahrzeuge überwiegend nachts und an Arbeitstagen zum Laden an die Steckdose anschließen. Bezogen auf die Tageszeit wird die höchste Anschlussrate zwischen 00:00 Uhr und 08:00 Uhr mit durchschnittlich 8 Fahrzeugen (entspricht 20% der Nutzer) erzielt. In der Zeit von 12:00 bis 20:00 Uhr sinkt die Anschlussrate auf durchschnittlich 3 bis 5 Fahrzeuge (ca. 10% der Nutzer). Generell lässt sich allerdings feststellen, dass die Anzahl der angeschlossenen Fahrzeuge sehr stark schwankt und im Durchschnitt zwischen 0 und 17 (> 40% aller Nutzer) lag. Es gab in beiden Tranchen Stunden, in denen kein Fahrzeug angeschlossen war. Am Wochenende ist der Verlauf etwas weniger zyklisch und die Anschlussrate am geringsten.

Angesichts der 39 ausgewerteten Autostromboxen im Feld bedeutet das im Umkehrschluss, dass die Nutzer lediglich ca. alle drei Tage ihre Batterien aufladen. Das ist mit Blick auf die Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen ein positiver Befund, weil das Thema Reichweitenangst nicht so gravierend erscheint wie ursprünglich vermutet. Für das Einspeisen von Windenergie ist das Ergebnis allerdings unbefriedigend, weil das Potenzial an Batteriekapazitäten zur Absorbierung überschüssiger Windenergie dann nicht voll ausgeschöpft werden kann.

¹⁸ Quelle: TU Ilmenau (2010), Daten stammen aus Vorstudien zum Versuchsprojekt

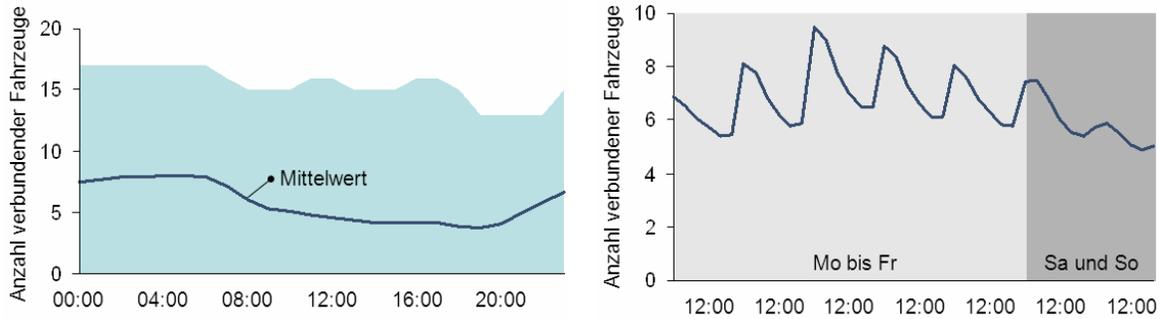


Abbildung 24 Verteilung verbundener Fahrzeuge nach Wochentagen und Uhrzeit

Die Verfügbarkeit der Fahrzeuge für Gesteuertes Laden ist allerdings nicht allein vom Anschluss der Fahrzeuge abhängig, sondern zudem von den Nutzervorgaben. Ein Ladevorgang, für den die Sofort-Laden-Funktion aktiviert wurde, steht nicht für das Gesteuerte Laden zur Verfügung. Generell lässt sich festhalten, dass ein Großteil der Nutzer auf die Sofort-Laden-Funktion verzichtet und die Verfügbarkeit der Fahrzeuge dadurch nur geringfügig eingeschränkt wird.

Über beide Tranchen ist die Sofort-Laden-Funktion in lediglich ca. 6% aller Ladevorgänge aktiviert worden. In Tranche 1 wurde die Funktion über den Projektverlauf in konstant ca. 8% bis 9% aller Ladevorgänge aktiviert. In Tranche 2 lag die Nutzung bei durchschnittlich gut 4% und hat zum Projektende sogar noch abgenommen. Das Nutzungsverhalten ist stark heterogen: Von 40% (Tranche 1) bzw. 50% (Tranche 2) aller Nutzer ist das Sofort-Laden nie aktiviert worden, dafür von einzelnen Nutzern Tranche 1 verstärkt. Diese Einzelnutzer waren verantwortlich für die stärkere Nutzung in Tranche 1.

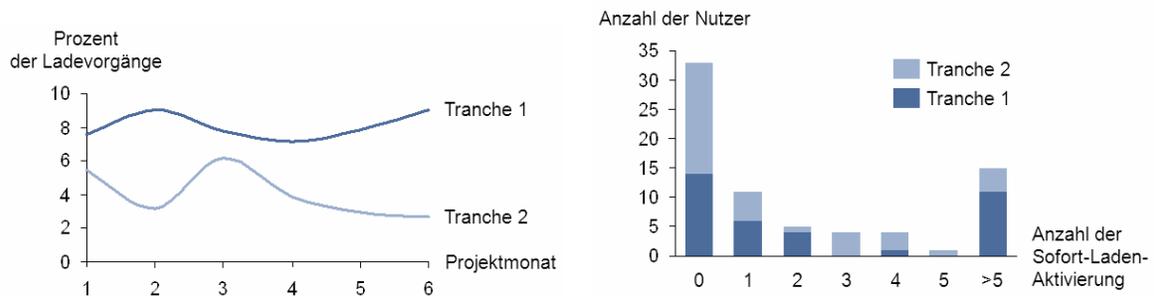


Abbildung 25 Nutzung der Sofort-Laden-Funktion

Weitere wichtige Kriterien für die Verfügbarkeit der Fahrzeuge für das Gesteuerte Laden sind zum einen die Anschlussdauer bei einem Ladevorgang und zum anderen der Ladezustand zu Beginn des Ladevorgangs; wie viel Zeit steht also bei einem Anschlussvorgang zur Verfügung, um die Last zu steuern.

Unter der Annahme, dass die Batterien der Fahrzeuge in der Regel vollständig geladen werden, dient die geladene Strommenge je Ladevorgang als guter Indikator für den Ladezustand der Batterie zu Beginn des Anschlussvorgangs. Es hat sich gezeigt, dass die geladene Strommenge je Ladevorgang in beiden Tranchen relativ konstant bei ca. 13 kWh lag. Parallel wurden in 80% aller Ladevorgänge weniger als 20 kWh geladen. Wird die Leistung eines durchschnittlichen Hausanschlusses mit 3,7 kW zugrunde gelegt, bedeutet das, dass die Fahrzeuge durchschnittlich 3,5 Stunden und in weniger als 20%

aller Ladevorgänge länger als 5,5 Stunden für eine Vollladung benötigen würden. Wird die Leistung wie im Projekt auf 7,4 kW erhöht, halbiert sich die benötigte Zeit für eine Vollladung.

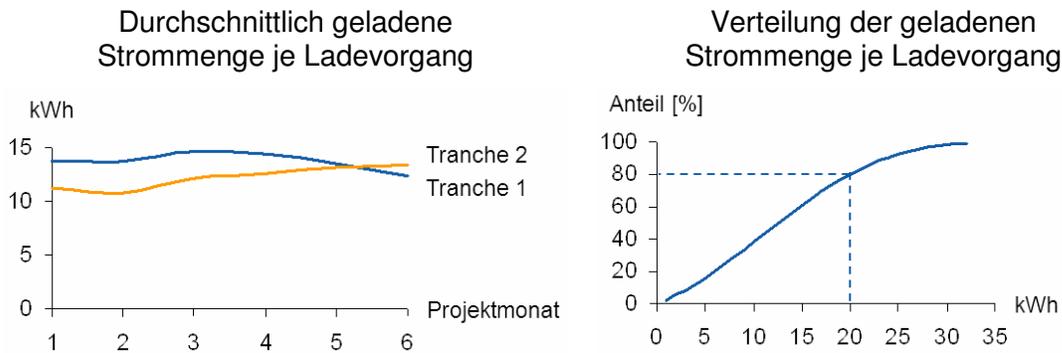


Abbildung 26 Durchschnittliche geladene Strommenge und Verteilung der geladenen Strommenge je Ladevorgang

Verglichen mit der Anschlussdauer je Ladevorgang zeigt sich, dass in der Regel ausreichend Zeit für eine Steuerung der Ladelast zur Verfügung steht. Die durchschnittliche Anschlussdauer je Ladevorgang lag zwischen 11 und 12 Stunden. Lediglich 20% aller Anschlussvorgänge besaßen eine Dauer von weniger als 4 Stunden und wären somit nicht ausreichend für eine Vollladung (bei vollständig entleerter Batterie) mit 32 Ampere bzw. 7,4 kW Leistung gewesen.

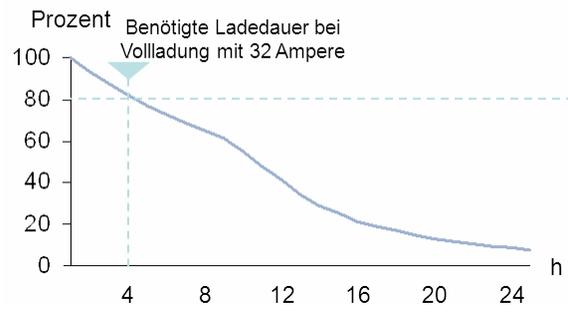


Abbildung 27 Verteilung der Anschlussdauer an Autostromboxen

Durch das Projekt MINI E 1.0 konnte gezeigt werden, dass das Gesteuerte Beladen von Elektrofahrzeugen funktioniert. Werden die Projektergebnisse auf eine größere Anzahl von zur Verfügung stehenden Elektrofahrzeugen projiziert, lässt sich ein erhebliches Potenzial zur Steuerung der zunehmenden volatilen Einspeisung regenerativer Energien ableiten.

Gesteuertes Entladen: Vehicle-to-Grid-Applikation

Die Vehicle-to-Grid-Applikation stellt darauf ab, die über die Wind-to-Vehicle-Applikation in die Fahrzeugbatterien eingespeiste Windenergie für das Abdecken von Lastspitzen nutzbar zu machen. Deshalb ist hier das gesteuerte Entladen der Fahrzeugbatterien vorgesehen, wenn sich die Stromnachfrage nicht mehr durch Grund- und Mittellastkraft-

werke abgedeckt lässt. Wenn die im Raum verteilten E-Fahrzeuge über die Leitwarte virtuell zusammengeschaltet werden, kann ein solches virtuelles Kraftwerk die gespeicherte Windenergie als Regelenergie dem Netz zur Verfügung stellen.

Im Verbundprojekt MINI E Berlin 1.0 kann das Thema Vehicle-to-Grid-Applikation aufgrund der Komplexität der Kombination fahrzeugseitiger und ladeseitiger Systeme nur konzeptionell bearbeitet werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung der beteiligten Hardwarekomponenten sowie auf den softwareseitigen Basisfunktionen. Die ursprüngliche Idee, durch BMW der TU Berlin eine Batterie nebst Leistungselektronik für den Laboraufbau der Vehicle-to-Grid-Applikation zur Verfügung zu stellen, ließ sich nicht realisieren. Der Vehicle-to-Grid-Ansatz bedingt eine erweiterte lokale Intelligenz in den Fahrzeugen. Vattenfall hat daher als Konsortialführer koordinierend die Suche nach einer alternativen Lösung unterstützt, um die Ziele des Task 1.5 auch für die V2G Applikation zu erreichen. Nunmehr ist vorgesehen, dass BMW in Kooperation mit dem Batterie-lieferanten AC Propulsion einen MINI E so aufrüstet, dass er V2G-fähig wird. Detaillierte Informationen dazu finden sich in den Zwischenberichten der BMW AG und der TU Berlin.

Die TU Berlin konnte in ihrem Teilprojekt die Funktionsfähigkeit des V2G-Ansatzes bestätigen. Über das Gesteuerte Beladen von Fahrzeugen hinaus bieten Elektrofahrzeuge als virtuelles Kraftwerk verbunden zusätzliches Potenzial zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage auf dem Strommarkt.

Schlussfolgerungen

Das Pilotprojekt konnte die Möglichkeit des Gesteuerten Ladens unter Einsatz von Elektrofahrzeugen bestätigen. Dabei mussten eine Reihe von Unsicherheiten in Kauf genommen werden, deren Beseitigung zukünftig eine deutlich verbesserte Steuerung ermöglichen sollte. Dazu zählt vor allem eine direkte Kommunikation des Fahrzeugs mit der Ladeinfrastruktur. Teilt das Fahrzeug z.B. den Ladezustand seiner Batterie und damit den Energiebedarf mit, kann daraus ein größeres Potenzial für das Gesteuerte Laden abgeleitet werden.

Gegenstand weiterer Untersuchungen sollte der Einfluss von Elektrofahrzeugen auf das lokale Netz sein. Die in diesem Projekt nicht realisierte Datenaufzeichnung an Netzknotenpunkten kann Aufschluss auf potenzielle zukünftige Belastungen des Verteilnetzes durch die Elektromobilität liefern.

7.1.7 Task 1.6 – Prozessmanagement im Pilotbetrieb

7.1.7.1 Ziele und Aufgaben

Wesentliches Ziel dieses Tasks war es, die Infrastruktur für den Versuchsbetrieb funktionstüchtig zu halten. Außerdem waren die notwendigen Geschäftsprozesse, insbesondere das Betriebs- und Datenmanagement zu entwickeln und stabil in die Prozesslandschaft von Vattenfall zu integrieren.

Das Ziel der Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Ladesäulen und Autostrom-Boxen mit den MINI E wurde durch ein umfangreiches Testprogramm, bestehend aus Abnahmetests, Installationstest, Abrechnungstest und Probetrieb erreicht. Die für den Pilotbetrieb erforderlichen Geschäftsprozesse bewiesen ihre Eignung und Stabilität durch den täglichen Einsatz im Vattenfall Geschäftsumfeld.

Im Betriebsmanagement mussten die folgenden Teilprozesse realisiert werden:

- Errichten und Betreiben eines Lagezentrums zur Steuerung der Regel- und Störfallprozesse
- Abschluss aller notwendigen Verträge und Vereinbarungen für Wartungs- und Reparaturarbeiten an der Ladeinfrastruktur
- Programmierung und Ausgabe der RFID-Zugangskarten an die Vertriebsgesellschaften

Für das Datenmanagement waren die folgenden Teilprozesse umzusetzen:

- Sicherstellung des Datentransfers der Daten der Lastgangzähler (in Autostrom-Stationen und Autostrom-Boxen installiert) in die Betriebszentrale; parallel: Sicherstellung des Datentransfers der „Tankdaten“ aus den Autostrom-Stationen in die Betriebszentrale
- Sortierung der „Tankdaten“ aus den Autostrom-Stationen und Zählern der Autostrom-Boxen nach Vertriebsgesellschaften und Versand derselben an die Vertriebsgesellschaften

Weitere ursprünglich in Task 1.6 geplante Kundenprozesse wurden nach Task 1.4 und zum Teil nach Task 1.1 verlagert. Prozesse zum Netzmanagement wurden in Task 1.5 bearbeitet.

7.1.7.2 Vorgehen / Methodik

Inbetriebnahme und Startphase

Nach Aufstellung der Ladeinfrastruktur wurde diese jeweils einem Abnahmetest unterzogen, um die korrekte Installation sowie die einwandfreie Funktion zu prüfen. Hierüber wurde jeweils ein Abnahmeprotokoll erstellt.

Im jeweils ersten Betriebsmonat der Tranchen 1 und 2 wurde eine technische Hotline für Fehlerfälle und Fragen zum Ladevorgang im Zeitraum von 6 - 22 Uhr eingerichtet. Durch diesen Service konnte ein vergleichsweise reibungsloser Betriebsstart gewährleistet werden.

Betrieb, Wartung und Fehlerbeseitigung

In Anlehnung an bestehende Betriebs- und Wartungsprozesse von Stromnetzinfrastruktur wurden die Prozesse zur Inbetriebnahme, zum Betrieb und zur Wartung der Ladeinfrastruktur definiert. Einen Überblick über einige der Prozesse zeigt Abbildung 28.

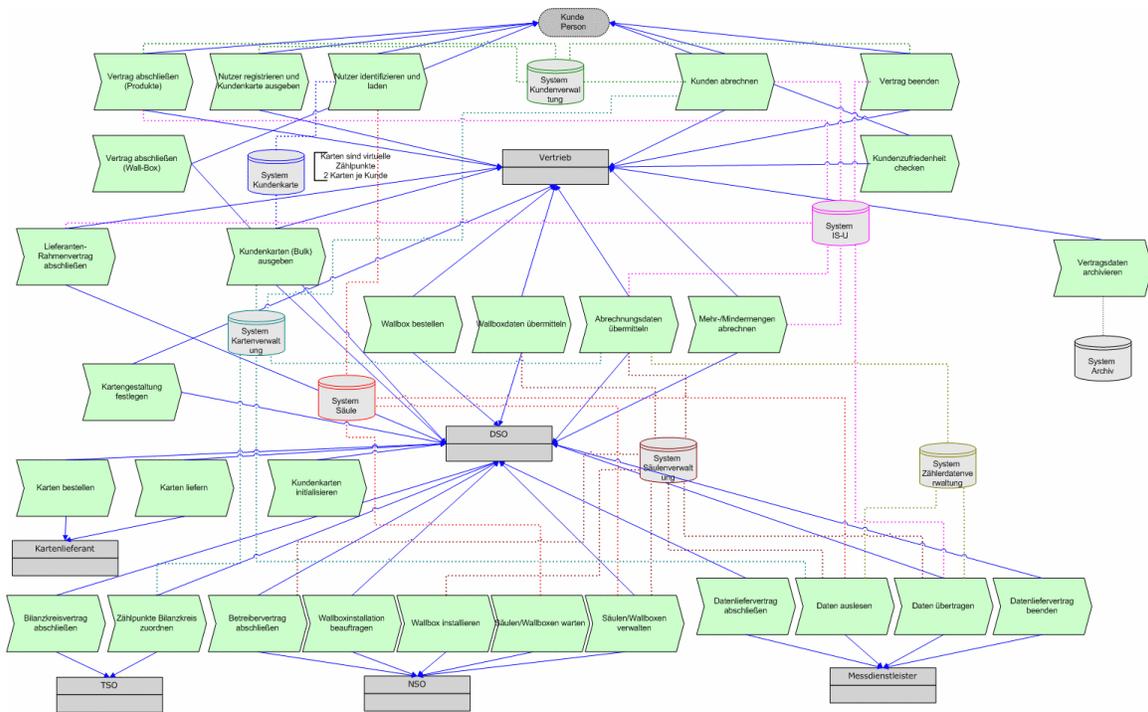


Abbildung 28 Prozesse für den Betrieb von Ladeinfrastruktur

Während des Einsatzes stand die im Projekt eingesetzte Ladeinfrastruktur über Funk mit dem Lagezentrum der TU Ilmenau in ständiger Verbindung. Fehler der Autostrom-Boxen – beispielsweise Fahrzeuge mit zu niedrig eingestelltem Ladestrom oder Probleme mit der Stabilität der Mobilfunkverbindung – konnten dadurch erkannt und beseitigt werden. Die TU Ilmenau hat Vattenfall einen Zugang zu diesem System eingerichtet.



Bild: TU Ilmenau

Abbildung 29 Ansicht der Betriebslage bei der TU Ilmenau

Die AutoStrom-Stationen waren nicht mit Funktionen zur automatischen Erkennung und Meldung von Fehlern ausgestattet. Fehler sind oft im Rahmen der monatlichen Prüfarbeiten oder im Rahmen von Wartungsarbeiten aufgefallen.

Dem Nutzer stand während der gesamten Projektlaufzeit eine sowohl auf den AutoStromboxen als auch auf den RFID-Karten aufgedruckte 24-Stunden Servicenummer zur Verfügung, über die auch nicht für das Lagezentrum ersichtliche Fehler gemeldet werden konnten.

Fehlfunktionen und Ausfälle wurden dann umgehend in einem Fehlertopf registriert und per Prüf- bzw. Reparaturauftrag bearbeitet. Über die Speicherung der Fehler in der Datenbank konnten Häufungen spezifischer Fehlerursachen erkannt werden. Systematische Fehler wurden so aufgedeckt und konnten von den Herstellern der Ladetechnik behoben werden.

Speichern & Schließen		Ausfall		Fehler gemeldet	Fehler gemeldet	Fehler gemeldet			
Nr.	Säulen Nr.	Ort	Hersteller	Kategorie	In Tage	Beschreibung des Fehlers	am	durch	an
Altbestand Störungen aus dem Jahr 2009									
Störungen im Jahr 2010									
Januar									
Februar									
März									
April									
Mai									
Juni									
122	1 011020	Puschkinallee		1	-40302	LED's an der Steckdosenklappe ausgefallen	04.05.2010	Hr. Siegmund	Hr. Daubitz
123	2			4	63	Bedienungsanleitung für Schuko-Steckdose wird geschrieben und in die Säulen geklebt	11.05.2010	DB Rent	Hr. Weber
124	3 012005	Rauchstr.		4	-40309	Die Schranken des Parkplatzes werden nachts geschlossen. Somit ist ein parken für "Ladene" nachts nicht möglich.	11.05.2010	Hr. Siegmund	Hr. Weber
125	4 012004	Puschkinallee		1	55	Uhrzeit geht eine Stunde nach	11.05.2010	Hr. Askani	Hr. Hodrea
126	5 012010	Invalidenstr.		1	21	Pflaster sinkt ein	20.05.2010	DB Rent	Hr. Weber
127	6 012013	Nürnberger Str. (Contipark)		3	2	Ladeklappe öffnet nicht	04.06.2010	Hr. Askani	Hr. Siegmund
128	7 012015	Clayallee		3	2	Ladeklappe schließt nicht (Endschalter defekt), Schloß muss justiert werden	01.06.2010	Hr. Siegmund	Hr. Hodrea
129	8 011009	Frankfurter Allee		1	-40332	Säule wird aus TN-S-Netz versorgt, PE und N sind jedoch zusammengeklemmt, d. h. PE-Klamme fehlt	03.06.2010	Hr. Tschepe	Hr. Höke
130	9 012022	Groß-Ziethener Chau:		3	0	FI-Schutzschalter von Doepke ausgelöst.	10.06.2010	Hr. Askani	Hr. Tschepe
131	10 012018	Groß-Ziethener Chau:		3	0	Klappe öffnet nicht mehr, Ladekabel kann nicht entfernt werden	10.06.2010	Kunden Wollenberg	Störungsleitstelle
132	11 012018	Groß-Ziethener Chau:		3	0	Klappe öffnet nicht mehr (Anzeige. Auf Wiedersehen...)	10.06.2010	MA NB-S	Störungsleitstelle
133	12 012022	Groß-Ziethener Chau:		3	0	Klappe öffnet nicht mehr (Anzeige. Auf Wiedersehen...)	10.06.2010	MA NB-S	Störungsleitstelle
134	13 012018	Groß-Ziethener Chau:		1	4	Untere Tür schwer zu öffnen. Schloss muss justiert werden.	11.06.2010	Hr. Tschepe	Hr. Siegmund
135	14 012022	Groß-Ziethener Chau:		1	4	Scheiben beider Türen und der Klappe haben kleine Löcher in der Oberfläche	11.06.2010	Hr. Tschepe	Hr. Siegmund
136	15 012023	Ostseestr.23		3	0	FI-Schutzschalter (Steuerung) ausgelöst.	11.06.2010	Hr. Tylnski	Hr. Tschepe
137	16 012011	Conti Franz. Str.52/ Glinka 38		3	3	Säule ohne Funktion	15.06.2010	Kase-Wahl DB	Hr. Gebser
138	17 011015	Puschkinallee 52		3	1	Klappe öffnet nur zur Hälfte.	15.06.2010	Störung Nr. 2010047	Hr. Siegmund
139	18 012003	Kiehlholzstr.		3	-40347	Klappe öffnet nicht mehr (Anzeige. Auf Wiedersehen...)	18.06.2010	Hr. Tschepe	Hr. Gebser
140	19 012003	Kiehlholzstr.		1	-40347	Untere Tür schließt nicht richtig. Schloss muss justiert werden.	18.06.2010	Hr. Tschepe	Hr. Gebser
141	20 011003	VE Zinnwitzer Str.		3	0	Säule mieste "Reset" werden. Klamme öffnet nur zur Hälfte.	25.06.2010	Hr. Waher	Hr. Siegmund

Abbildung 30 Aufnahme, Bewertung und Abarbeitung von Fehlern

Datenmanagement

Für die Aufgabe der Sortierung und Weiterleitung der Zähl- und Tankdaten („betriebliches Datenmanagement“) konnte auf die im Task 1.3 erstellten Anwendungen und Schnittstellen bzw. auf die vorhandenen Energiedatenmanagementsysteme zurückgegriffen werden.

Die Auswertung und Aufbereitung der Daten für die wissenschaftliche Begleitforschung erfolgte weitgehend auf manuellen Weg. In diesem Schritt wurden die Zähl- und Tankdaten aus den Lastgangzählern mit den Daten des Versuchsaufbaus der TU Ilmenau stichprobenartig qualitativ gesichert.

Anschließend wurde für einzelne Projektphasen eine Gesamttabelle zu den Ladevorgängen erstellt (vgl. Abbildung 31). Darin fließen Daten der Datenlogger, die „Tankda-

ten“ der Autostrom-Stationen und die Daten der TU Ilmenau zu den Autostrom-Boxen ein.

Chassis	gültig ab	gültig bis	Zuordnung	ASB Nummer / Typ Lademöglichkeit (ASB Nummer)	Datum - Ende Fahrt - Zündung at	Stecker an / Anmeldung TUI/VE	Ladeende TUI/VE	Stecker ab / Abmeldung TUI/VE	SOC-Hub [kWh] BM	max Ladestrom [A] (VMS-Signal)	abgegeben er Strom [kWh] TU	Sofortlade n
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	1	1	1 7.09.20:15	2.7.09.0:15	2.7.09.9:30	2.7.09.9:48	0	12	18,04041616	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	1	1	5.7.09.16:27	5.7.09.17:00	6.7.09.6:30	6.7.09.6:26	0	12	22,07514125	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	1	1	10.7.09.23:54	11.7.09.0:15	11.7.09.14:00	11.7.09.14:17	0	32	31,3525372	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	1	1	14.7.09.19:22	14.7.09.20:15	14.7.09.21:45	14.7.09.21:50	0	32	9,580034954	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	1	1	15.7.09.8:45	15.7.09.21:15	15.7.09.21:45	15.7.09.21:44	0	32	4,267212966	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	1	1	17.7.09.8:45	17.7.09.20:30	17.7.09.23:15	3.8.09.14:22	0	32	1,108423038	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	1	1	3.8.09.23:29	3.8.09.23:45	4.8.09.14:30	4.8.09.14:26	0	32	17,20000013	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	0	1	#####	5.8.09.0:15	5.8.09.9:15	#####	0	0	0	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	0	1	#####	5.8.09.11:15	6.8.09.14:00	#####	0	0	0	0
K95783	'22.06.2009	'10.02.2010	1	1	7.8.09.8:28	7.8.09.20:30	7.8.09.21:45	7.8.09.21:49	0	32	4,763600268	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	29.6.09.9:27	30.6.09.0:15	30.6.09.7:45	30.6.09.7:57	0	12	9,64480846	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	30.6.09.17:04	1.7.09.0:15	1.7.09.7:30	1.7.09.7:55	0	12	3,030806708	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	0	2	#####	3.7.09.19:00	3.7.09.19:15	#####	0	0	3,006487621	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	3.7.09.18:47	3.7.09.19:00	3.7.09.19:15	3.7.09.20:43	0	32	3,006487621	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	3.7.09.20:56	3.7.09.23:30	4.7.09.12:15	4.7.09.17:53	0	32	5,557106658	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	5.7.09.16:59	5.7.09.17:15	6.7.09.10:00	6.7.09.10:38	0	32	10,24470622	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	6.7.09.18:23	6.7.09.18:30	6.7.09.20:45	6.7.09.20:52	0	32	2,969190422	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	7.7.09.16:41	8.7.09.21:45	9.7.09.16:45	10.7.09.8:17	0	32	6,76105487	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	10.7.09.22:12	10.7.09.22:15	10.7.09.22:30	10.7.09.22:35	0	32	1,972372013	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	12.7.09.1:05	12.7.09.1:15	12.7.09.10:15	12.7.09.15:52	0	32	16,11380516	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	13.7.09.13:07	13.7.09.22:45	14.7.09.8:00	15.7.09.8:05	0	32	8,55745751	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	16.7.09.20:48	16.7.09.21:00	17.7.09.8:15	17.7.09.8:28	0	32	12,58064875	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	18.7.09.16:40	18.7.09.16:45	18.7.09.17:45	18.7.09.18:02	0	32	6,29521409	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	19.7.09.0:20	19.7.09.0:30	19.7.09.17:45	20.7.09.9:29	0	32	9,394955129	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	20.7.09.13:37	20.7.09.20:45	21.7.09.13:00	21.7.09.13:11	0	32	13,95928404	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	10.8.09.16:16	10.8.09.22:45	11.8.09.12:15	11.8.09.13:36	0	32	0,467579441	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	11.8.09.22:56	11.8.09.23:00	12.8.09.7:45	12.8.09.7:44	0	32	10,44054653	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	12.8.09.11:10	12.8.09.20:45	13.8.09.8:45	13.8.09.8:45	0	32	8,814941415	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	18.8.09.22:47	18.8.09.22:45	19.8.09.7:45	19.8.09.8:09	0	32	6,718711971	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	19.8.09.16:21	19.8.09.21:15	20.8.09.7:00	20.8.09.8:20	0	32	19,17647299	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	24.8.09.23:33	24.8.09.23:45	25.8.09.8:00	25.8.09.8:06	0	32	12,7800369	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	26.8.09.18:39	26.8.09.20:30	27.8.09.8:00	27.8.09.8:11	0	32	5,559035257	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	28.8.09.18:40	28.8.09.22:45	29.8.09.13:00	29.8.09.19:06	0	32	17,2242809	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	31.8.09.11:27	31.8.09.22:00	1.9.09.8:00	1.9.09.8:03	0	32	9,682445123	0
K95799	'22.06.2009	'07.01.2010	2	2	3.9.09.20:58	3.9.09.21:00	4.9.09.10:15	4.9.09.14:40	0	32	18,26869349	0

Abbildung 31 Konsolidierte Daten aus den Datenloggern und Ladeinfrastruktur

Die Interpretation der Ergebnisse im Rahmen der Vattenfall-Aktivitäten erfolgte in den Tasks 1.4 sowie 1.5. Außerdem wurden die Daten bei den Partnern BMW, TU Ilmenau und TU Chemnitz analysiert und interpretiert.

7.1.7.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Hauptergebnisse

- Die Erstinbetriebnahme der Ladeinfrastruktur (Autostrom-Boxen und Autostrom-Stationen) erfolgte zeitgerecht. Dabei erfolgte jeweils eine Qualitätssicherung durch Prüfung der Infrastruktur auf Funktion und elektrotechnische Sicherheit.
- Der Betrieb der Ladeinfrastruktur während der Pilotphasen wurde sichergestellt. Entsprechende Wartungs- und Servicevereinbarungen wurden getroffen und abgewickelt. Einzelleistungen waren:
 - Schulung von ca. 100 Mitarbeitern der Störungsbeseitigung zur Behandlung von im Betrieb auftretenden Fehlern bei Autostrom-Stationen und –Boxen. Schulung der Vattenfall Störungshotline.
 - Durchführung der monatlichen Regelprüfung / Inspektion und der 6-Monatswartung bei den Autostrom-Stationen.
 - Einrichtung eines Lagezentrums zur Überwachung der Ladeinfrastruktur. Monitoring der Funktionsfähigkeit der Ladeinfrastruktur und systematische Erhebung, Bewertung, Behebung und Auswertung der aufgetretenen Störfälle.

- Prüfung der Autostrom-Boxen nach Abschluss der Tranchen 1 durch die Installationsfirmen, Qualitätssicherung durch Vattenfall.
- Die Datenerhebung und Konsolidierung für Forschungszwecke und Datenweiterleitung für Abrechnungszwecke fand in den definierten Abständen statt. Einzelleistungen waren:
 - Stammdatenpflege zur Infrastruktur
 - Codierung, Registrierung und Ausgabe der Nutzerkarten an die Vertriebe je nach Bedarf
 - Messung der elektrischen Arbeit („Stromverbrauch“), Zuordnung und Übersendung der Daten zu den Vertrieben.
 - Datenerhebung und Analyse gemäß vorab definiertem Vorgehen.
- Etablierung eines Fehlererkennungs-, Fehleraufnahme und Fehlerbehebungsprozesses unter Nutzung eines Fehlertopfes zur Dokumentierung der Fehlerfälle
- Rückbau der Autostrom-Boxen bzw. Versetzen in den Originalzustand bei Nutzern des Verbundprojektes MINI E Berlin 1.0.

Die Prüf-, Inbetriebnahme und Funktionsbetreuungsaktivitäten im Task 1.6 wurden zeitlich durch den Installationsfortschritt (Task 1.1) bestimmt, sodass für den Task 1.6 keine Änderungen / Abweichungen vom Arbeitsplan eingetreten sind.

Fehlerfälle beim Betrieb der Ladeinfrastruktur

Im Projekt traten Fehlern auf, die insbesondere die Funktion der Autostrom-Stationen negativ beeinträchtigte und zu Nutzungseinschränkungen und Mehraufwand bei der Datenauswertung führte. Die Fehler und die Behebung der Fehler durch die Hersteller der Technik oder den technischen Service wurden überwacht (Abbildung 32).

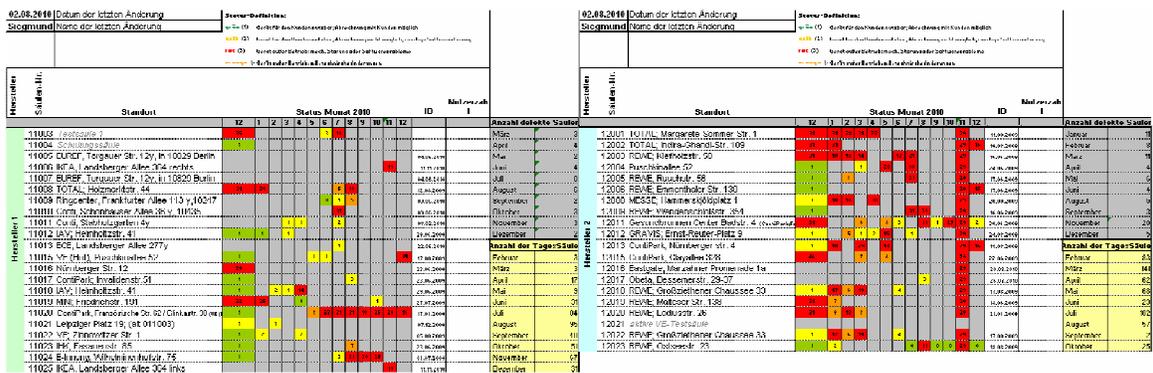


Abbildung 32 Fehlerfälle über Betriebsphasen im Fehlertopf

Die folgende Übersicht zeigt die wichtigsten Fehlerbilder an der Ladeinfrastruktur, technische Ursachen und die Fehlerbehebungsmöglichkeiten.

Fehlerbild	Ursachen	Behebung
------------	----------	----------

Fehlerbild	Ursachen	Behebung
FI-Schutzschalter fällt ab, Ladung nicht mehr möglich	Elektrischer Fehler am MINI E	Behebung am MINI E nicht möglich. Schulung der Nutzer über die Absteckreihenfolge. Behebung des Fehlers vor Ort.
Mechanischer Defekt der Klappe an der Ladesäule	Fehlbedienung durch Nutzer, ungünstige Konstruktion	Ersatz der fehlerhaften Teile
Keine Datenübertragung	Fehler in der Firmware der Autostrom-Station	Neuprogrammierung der betroffenen Softwareteile
Display ausgefallen	Kondenswasser beschädigt Display	Ersatz des Displays, Einbau anderer Dichtmasse.
Systemdatum zurückgesetzt. Datensätze haben Integrität verloren.	Kein Kontakt zum GSM-Netz in Verbindung mit Programmierfehlern	Umprogrammierung der betroffenen Säulensoftware
Nutzung des Schukosteckers nicht möglich	Nutzer kommen mit Bedienkonzept nicht zurecht	Umprogrammierung der betroffenen Säulensoftware
Ladesäule zeigt „belegt“, obwohl kein Nutzer angeschlossen ist	Nutzer hat Ladevorgang initialisiert, ohne Stecker einzustecken	Umprogrammierung der Säule (Messung von Stromfluss am Schuko-steckplatz)
Nutzer lassen Kabel in der Säule stecken. Ladevorgang läuft.	Nutzer wollen Säule für späteren Einsatz reservieren.	Keine technische Lösung möglich.
Incable-Controllbox soll nicht im Schmutz liegen (Toyota).	Ungünstiges Produktdesign des Fahrzeugs.	Aluschiene zur Ablage der Box in der Säule installiert.
Mechanischer Defekt der Klappe an der Ladesäule	Unterschiedliche Bedienung je nach Hersteller verwirrt Nutzer und führt zu Fehlbedienung.	Nutzer geschult (Schritt 1), Bedienung der Säulen weitgehend vereinheitlicht
Fahrzeug lädt scheinbar nicht	Wegen niedriger Umgebungstemperatur wird der Ladestrom begrenzt. Der Nutzer hat den Eindruck des Nicht-Ladens.	Information der Nutzer

Die Fehlerursachen fallen in folgende Hauptgruppen:

- Probleme oder Eigenschaften des Fahrzeugs, die zu Folgefehlern bei der Infrastruktur oder scheinbaren Fehlerbildern führen
- Mechanische Probleme der Ladeinfrastruktur

- Softwareprobleme der Ladeinfrastruktur
- Durch Fehlbedienung verursachte Probleme / Ungünstiges Bedienkonzept
- Zu Projektbeginn fehlende Standards

Die Analyse der Fehlerbilder mit Vergleich der Fehler zwischen den Herstellern der Technik zeigt, dass Probleme oft in konstruktiven Mängeln der Mechanik und Qualitätsproblemen der Software begründet sind. Ursächlich hierfür ist einerseits die kurze Entwicklungs- und Produktionsphase, die eine Qualitätssicherung während der Entwicklung nur teilweise zuließ. Andererseits lagen auch kaum Erfahrungen über die spezifischen Anforderungen dieser Art Infrastruktur vor.

Schlussfolgerungen

- Rückwirkungen vom Fahrzeug auf die Ladeinfrastruktur bzw. das Netz müssen systematisch untersucht und elektrische Fehler ausgeschlossen werden, da sonst der Betrieb gefährdet wird. Idealerweise veröffentlichen Hersteller des Fahrzeugs ein Datenblatt mit den fahrzeugspezifischen Besonderheiten zum Ladevorgang. Für Fahrzeuge, die nicht für den deutschen bzw. europäischen Markt konstruiert sind, sind gegebenenfalls erweiterte Prüfungen im Rahmen der Zulassung nötig.
- Zur Verbesserung der Steuer- und Wartbarkeit aus betrieblicher Sicht müssen in der Infrastruktur Fernsteuerungs- und Fernüberwachungsfunktionen implementiert werden. Dies betrifft beispielsweise das Fernriegeln des Kabels, die Fernrücksetzung sowie Aspekte vorgeschriebener monatlicher Prüfzyklen von Komponenten. Wünschenswert wäre die Nutzung, Herausbildung oder Etablierung eines Industriestandard zum Management dieser Schnittstellen.
- Für die Bedienung der Infrastruktur sollten sich langfristig einheitliche Konzepte etablieren, um Nutzern einfache und komfortable Nutzung von Ladeinfrastruktur in ganz Deutschland zu ermöglichen.
- Die Erfahrungen aus der Behebung der Fehlerfälle fließen in die Entwicklung neuer Ladeinfrastruktur ein.

7.2 Zusammenfassung der weiteren Ergebnisse des Verbundprojekts

7.2.1 Bayrische Motorenwerke AG

Aus Sicht des Gesamtprojekts ‚MINI E Berlin powered by Vattenfall‘ kann über die Projektergebnisse der BMW AG das Folgende berichtet werden. Zu den detaillierten Ergebnissen der Arbeiten von BMW im Verbundvorhaben wird auf den entsprechenden Schlussbericht verwiesen.

- Die BMW AG hat im Rahmen des Vorhabens durch die Produktion und Bereitstellung von 50 MINI E Erprobungsfahrzeugen sowie durch die Installation einer funktionsfähigen Service- und Betreuungsorganisation in Berlin die Voraussetzungen zur wissenschaftlichen und technischen Erprobung des Einsatzes erneuerbarer Energie im Zusammenhang mit Elektromobilität sichergestellt.
- Die BMW AG koordinierte im Verbund mit Vattenfall Europe und der TU Chemnitz die Rekrutierung und Befähigung der Privat- und Flottennutzern der Elektrofahrzeuge im Rahmen des Projektes.
- Durch den schnellen Einsatz der 50 MINI E bei Nutzern in 06/2009 mit einer entsprechenden öffentlichen und privaten Ladeinfrastruktur durch Vattenfall Europe im Großraum Berlin war das Vorhaben bereits in 12/2009 in der Lage, erste Forschungsergebnisse zu kommunizieren.
- Der im Rahmen des Flottentests dargestellte Stand der Technik demonstriert die prinzipielle Alltagstauglichkeit von Elektromobilität sowie die technische Machbarkeit der Einspeisung von Windenergie zur Stromversorgung der Elektrofahrzeuge.
- Die Ergebnisse der Nutzerstudie zeigen, dass die in der Öffentlichkeit stark diskutierten Barrieren der Reichweite und der erforderlichen Ladezeiten der Elektrofahrzeuge bei den Nutzern keine große Einschränkung darstellen.
- Das Nutzerverhalten mit dem MINI E unterscheidet sich nur marginal vom Nutzerverhalten mit konventionellen Fahrzeugen (MINI Cooper, BMW 116i) im gleichen Fahrzeugsegment.
- Aus den ausgewerteten Daten lässt sich ableiten, dass ein serienreifes Elektrofahrzeug mit etwas größerer Reichweite und mit einem erweiterten Platzangebot, gegenüber den eingesetzten MINI E Fahrzeugen, die Mobilitätsbedürfnisse von Großstädtern nahezu zu 100 Prozent abdecken wird.
- Vorrangiges Problem ist derzeit die für eine erfolgreiche Markteinführung notwendige Verfügbarkeit und Entwicklung von leistungsfähigen und zuverlässigen Komponenten für ein Elektrofahrzeug (z.B. Leistungselektronik, E-Speicher) zu wirtschaftlich darstellbaren Konditionen für alle Marktteilnehmer.

7.2.2 Technische Universität Chemnitz

Aus Sicht des Gesamtprojekts ‚MINI E Berlin powered by Vattenfall‘ kann über die Projektergebnisse der TU Chemnitz das Folgende berichtet werden. Zu den detaillierten Ergebnissen des Teilprojekts ‚MINIEVatt Berlin – Freude am umweltgerechten Fahren‘ im Verbundvorhaben wird auf den Schlussbericht der TU Chemnitz verwiesen.

Evaluierungsziele: Nutzerakzeptanz und Verbesserungspotenziale ableiten

Das Ziel des Projektes ‚MINI E Berlin powered by Vattenfall‘ war, die Alltagstauglichkeit der Elektromobilität zu demonstrieren. Elektromobilität wird von den Konsortialpartnern als sektorübergreifendes Konstrukt aus Automobilindustrie und Energiewirtschaft verstanden und umfasst somit ein Kompositum aus Fahrzeug- und Ladekonzept. Beide Teilkonzepte fußen auf Funktionsdemonstratoren. Der MINI E ist als Konversionsfahrzeug ein Technologieträger und damit von einem Serienprodukt weit entfernt. Ähnlich verhält es sich mit dem Ladekonzept, bestehend aus Ladesäulen und -boxen sowie dem IKT-basierten Steuerungskonzept. Hier wurde auf Funktionalitäten bestehender Module zurückgegriffen, welche nicht speziell für den Anwendungsfall Elektromobilität entwickelt worden sind.

Mit Blick auf die Begleitforschung haben die beiden industriellen Partner Vattenfall und BMW ihre jeweiligen betrieblichen Implikationen selbst evaluiert. Die hierzu komplementäre Aufgabe der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung durch die Technische Universität Chemnitz bestand darin, das Kompositum aus MINI E und Gesteuertem Laden anhand der Nutzerpräferenzen zu evaluieren und, darauf aufbauend, Empfehlungen für die Weiterentwicklung von Fahrzeug- und Ladekonzept abzuleiten.

In diesem Kapitel werden folgende Themen behandelt:

- Methodik: Methodenrepertoire entwickelt und gruppenspezifisch angepasst
- Ergebnis: Alltagstauglichkeit gegeben, Verbesserungspotenziale definiert
- MINI E: Die technologischen Beschränkungen spielen in der Praxis keine wesentliche Rolle
- Ladekonzept: Gesteuertes Laden funktioniert und findet Anklang
- Ausblick: Verschiedene Hinweise für Weiterentwicklungen

Methodik: Methodenrepertoire entwickelt und nutzergruppenspezifisch angepasst

Weil ein speziell auf die Belange der Elektromobilität zugeschnittenes Methoden-Set nicht verfügbar war, hat die TU Chemnitz ein breit gefächertes Methodenrepertoire entwickelt und in beiden Nutzungsphasen zur Anwendung gebracht. Zu Beginn, während und noch einmal am Schluss einer Nutzungsphase haben die Forscher Daten erhoben. Dazu zählen sowohl subjektive Daten zu Einstellungen, Präferenzen und Bewertungen als auch protokollierende Daten aus den Wege- und Ladetagebüchern sowie objektive Datenloggerdaten im Fahrzeug.

Die Nutzer lassen sich in drei Gruppen klassifizieren: Private Haushalte, Car-Sharing-Nutzer sowie Nutzer des Fahrzeugpools der Vattenfall Europe AG. Der ersten Gruppe der privaten Haushalte wurden 40 MINI E zugeordnet, so dass über zwei Nutzungsphasen insgesamt 80 Datensätze erzeugt werden konnten. Je zwei MINI E waren bei zwei

Car-Sharing-Betreibern im Einsatz, welche in beiden Fällen von mehr als 60 Personen genutzt wurden. Hinzu kommen noch die Vattenfall-Mitarbeiter, welche die MINI E aus dem Fahrzeugpool heraus gebucht haben. Aufgrund der Unterschiede zwischen den Nutzergruppen zum Beispiel mit Blick auf Zugang zum MINI E oder Nutzungshäufigkeit, hat die TU Chemnitz das Methodenpaket nutzergruppenspezifisch angepasst.

Ergebnis: Alltagstauglichkeit gegeben, Verbesserungspotenziale definiert

Das zentrale Ergebnis der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung lässt sich wie folgt zusammenfassen: Aus der Perspektive der Nutzer war die Funktionsdemonstration des Kompositums aus dem Technologieträger MINI E, der aus Standardmodulen bestehenden Ladeinfrastruktur sowie der Applikationen des Gesteuerten Ladens zur Windintegration [Wind-to-Vehicle] ein Erfolg. Sowohl das Fahrzeug- als auch das Ladekonzept haben die Alltagstauglichkeit unter Beweis gestellt. Jedoch stellten die winterlichen Temperaturen der besonders kalten Wintertage 2009/2010 eine erhebliche Einschränkung bezüglich der erlebten Alltagstauglichkeit dar. Insbesondere die Systemzuverlässigkeit und die Systemperformanz bei niedrigen Temperaturen wurden bemängelt.¹⁹

Aus der Nutzerbefragung können gezielte Anregungen abgeleitet werden, welche auf dem Wege zur Marktreife von beiden Industriepartnern aufgegriffen werden sollten.

MINI E: Die technologischen Beschränkungen spielen in Praxis keine wesentliche Rolle

Zu Beginn des Projektes wurden der Elektromobilität große Potenziale zugeschrieben. Allein die technologisch bedingten Limitationen zum Beispiel in Bezug auf die Reichweite und Ladedauer, so hieß es damals, würden einer Alltagstauglichkeit entgegen stehen. Messlatte war – und ist zum Teil bis heute – das Automobil mit herkömmlichem Verbrennungsmotor.

Entgegen diesen Hypothesen zeichnen die Ergebnisse der Nutzerbefragung sowie der Auswertung der Datenlogger allerdings ein anderes, viel versprechendes Bild.

- **Reichweite:** Die durchschnittlich erzielbare Reichweite des MINI E beträgt ca. 150 km. Die Ergebnisse der Nutzerbefragung zeigen, dass sich die Nutzer de facto an ihrer tatsächlichen Tagesfahrleistung orientieren. Diese liegt nahe dem Durchschnittswert für Ballungsräume in Deutschland [ca. 35 km; Quelle Mobilität in Deutschland]. Demzufolge empfinden die Nutzer die im Vergleich zum konventionellen Auto eingeschränkte Reichweite von ca. 150 km als alltagstauglich und konnten sich gut damit arrangieren. Trotzdem gaben sie als Präferenz Reichweiten von über 200 km an.²⁰
- **Reichweitenbedenken:** Aufgrund der begrenzten Reichweite ist in der Öffentlichkeit davon die Rede, dass E-Fahrzeuge auf eine geringe Akzeptanz stoßen könnten, weil Nutzer befürchten, ihre Fahrtziele nicht zu erreichen. Die Ergebnisse der Nutzerstudie sprechen gegen diese Hypothese. Der überwiegende Teil der Nutzer empfand die Reichweite als ausreichend für den Alltag. Zwar gaben 84 % der Nutzer an, dass sie besorgter um die Reichweite seien, als bei einem

¹⁹ Vgl. Technische Universität Chemnitz (2011), S. 88

²⁰ Vgl. Technische Universität Chemnitz (2011), S. 81

konventionellen Auto, aber nur 14% hatten tatsächlich während der Fahrt Bedenken bezüglich der Reichweite. Trotz der durch die Mehrheit bestätigten Alltags-tauglichkeit wünschen sich viele Nutzer eine höhere Reichweite, um bei nicht all-täglichen Fahrten ein höheres Maß an Flexibilität zu erhalten.

- **Mobilitätsbedürfnisse:** Der MINI E erfüllt als Technologieträger die Mobilitäts-anforderungen der Nutzer bereits sehr gut. Laut Angaben in den Wegetagebü-chern konnten weniger als 15% der Fahrten aus elektrofahrzeugspezifischen Gründen nicht mit dem MINI E durchgeführt werden. Die Ursachen dafür sind al-lerdings nicht mit der Antriebstechnologie zu erklären, denn mangelnde Reich-weite wurde fast nie als Grund angegeben. Vielmehr sind es Restriktionen dieses speziellen Technologieträgers [nur zwei Sitzplätze, kaum Stauraum], welche in Serienfahrzeugen nicht gegeben sein müssen.
- **Ladedauer:** Auch in Bezug auf die Ladedauer werden immer wieder Vergleiche mit Tankvorgängen an einer herkömmlichen Zapfsäule gezogen. Das Argument lautet, dass Ladedauern von vier Stunden [32 Ampere] respektive knapp elf Stunden [12 Ampere] im Vergleich zu den wenigen Minuten dauernden Tankvor-gängen nicht alltagstauglich seien. Tatsächlich sind lange Ladezeiten im Alltag unproblematisch, sofern zu Hause und/oder am Arbeitsplatz eine Lademöglich-keit verfügbar ist, weil Automobile im Alltag kaum länger als 90 Minuten bewegt werden [Quelle: Mobilität in Deutschland], mithin 22,5 Stunden pro Tag entweder zuhause oder am Arbeitsplatz stehen.
- **Fahreigenschaften:** Das Fahren mit dem MINI E unterscheidet sich von her-kömmlichen Fahrzeugen in puncto Fahrdynamik, Geräuscharmheit und Rekupera-tion. Alle diese Eigenschaften werden von den Nutzern als positiv bewertet. Ein gesteigertes Gefährdungspotenzial infolge der Geräuscharmheit konstatieren viele Nutzer. Gleichwohl ist es in keinem Fall zu Unfällen aufgrund der Geräuscharmheit gekommen.

Ladekonzept: Gesteuertes Laden funktioniert und findet Anklang

In Bezug auf das Ladekonzept waren sich alle Akteure von Anfang an einig, dass Elek-tromobilität seine CO₂-bezogenen Vorteile insbesondere mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen ausschöpfen kann. Darüber hinaus sollte gezeigt werden, dass die Fahr-zeuggatterie auch als Speicher für überschüssige Windenergie genutzt werden kann. Ergänzend zur Analyse der technisch-betrieblichen Machbarkeit seitens Vattenfall war es an der TU Chemnitz, im Rahmen ihrer sozialwissenschaftlichen Begleitforschung die Akzeptanz des Ladekonzeptes bei den Nutzern zu evaluieren.

Aus Sicht von Vattenfall lassen sich Mithilfe der Nutzerbefragung Aussagen zu folgen- den zentralen Aspekten formulieren:

- **Erneuerbare Energien:** Während Grünstromprodukte bei privaten Haushalten im Allgemeinen ein Nischendasein fristen, ergibt sich bei der Anwendung Elekt-romobilität ein anderes Bild. Denn bei weitem die meisten Nutzer befürworten Autostrom aus erneuerbaren Quellen.²¹

²¹ Vgl. Universität Chemnitz (2011), S. 73

- **Ladekabel:** Das Übertragen von Strom via Kabel ist eine sehr effiziente Methode. Allerdings ist das Ladekabel relativ dick und mehrere Meter lang. Wie zu erwarten war, wird der Umgang mit dem Ladekabel als umständlich bewertet; da dieses schwer ist und insbesondere bei Regen und Schnee leicht zu Verschmutzungen führt.²²
- **Windintegration:** Ergänzend dazu kann man festhalten, dass auch das Gesteuerte Laden im Sinne der Windintegration [Wind-to-Vehicle] als sinnvoll angesehen und akzeptiert wird. Gleichwohl zeigen die Ergebnisse, dass es hin und wieder betriebliche Mängel gegeben hat [z.B. eingeschränkte Verfügbarkeit der GSM-Verbindung] und dass die Eingabe der für die Windintegration maßgeblichen Rahmendaten durch die Nutzer über das Web-Portal als unbefriedigend empfunden worden ist.²³
- **Öffentliche Ladestationen:** Zu Beginn des Feldversuchs fand die These großen Zuspruch, wonach öffentliche Ladestationen aufgrund der limitierten Reichweite notwendig seien. Tatsächlich werden die Ladesäulen jedoch wenig genutzt. Der wichtigste Grund ist, dass das Laden zuhause in Verbindung mit der Reichweite den Tagesbedarf abdeckt. Es liegt aber auch daran, dass die für das Projekt gewählten Standorte nicht in die alltäglichen Mobilitätsmuster der Nutzer passten. Aber auch an relativ stark frequentierten Standorten ist die Verfügbarkeit eines reservierten Parkplatzes wichtiger als das Stromladen. Dessen ungeachtet, etwas überraschend, sehen viele Nutzer die Existenz öffentlicher Ladestationen als notwendig an – allerdings ohne mit den damit entstehenden Kosten konfrontiert worden zu sein.²⁴

Ausblick: Verschiedene Hinweise für Weiterentwicklungen

Die TU Chemnitz hat mit der Evaluierung der Einstellungen und Präferenzen der Nutzer, der Analyse der Alltagserfahrungen sowie der Bewertung der Nutzer des im Projekt dargestellten Kompositums aus MINI E und Ladekonzept einen wichtigen Projektbeitrag geliefert. Denn die Ergebnisse liefern wichtige Hinweise darauf, wie die industriellen Partner ihre jeweiligen Teilkonzepte weiterentwickeln müssen, um die Akzeptanz im Markt zu steigern. Die folgenden Funktionalitäten werden deshalb in Folgeprojekten adressiert:

- **Eingeschränktes Platzangebot und Stauraum:** Der MINI E dient dem Zweck, als Technologieträger die Eigenschaften des batterieelektrischen Antriebs zu demonstrieren. Als Konversionsfahrzeug sind damit in Bezug auf anderen Funktionalitäten typischerweise Nutzungseinschränkungen verbunden. Bei Serienprodukten wird eine zweckspezifische Fahrzeugarchitektur zum Einsatz kommen, welche ein in sich stimmiges Fahrzeugkonzept erwarten lässt.
- **Informationen zu Standort und Verfügbarkeit öffentlicher Ladestationen:** Ein Grund, wenn auch nicht der wichtigste, für die geringe Nutzung der Ladesta-

²² Vgl. Universität Chemnitz (2011), S. 72

²³ Vgl. Universität Chemnitz (2011), S. 64

²⁴ Vgl. Universität Chemnitz (2011), S. 69

tionen im öffentlichen Raum beruhte auf Informationsdefiziten. Die Nutzer wünschen sich entsprechende dynamische Informationen.

- **Reichweite:** Grundsätzlich bewerten die Nutzer die aktuelle Reichweite von 130 - 150 km als alltagstauglich. Streng genommen ist die Reichweite einerseits dafür sogar zu groß. Und weil die Batterie der größte Kostentreiber im E-Fahrzeug darstellt, könnte man über eine Reduzierung der Batteriekapazität nachdenken. Andererseits wünschen sich die Befragten eine etwas höhere Reichweite, um bei den relativen wenigen nicht- alltäglichen Fahrten eine größere Flexibilität zu haben. Dieser Befund eröffnet zahlreiche Optimierungsspielräume für die Batteriekapazität mit und ohne Reichweitenverlängerung.
- **Gesteuertes Laden:** Die Eingabe der Nutzerdaten über ein Web-Portal bietet zwar die notwendigen Funktionalitäten, ist aber nicht nutzerfreundlich. Deshalb soll die Eingabe zukünftig über ein intelligentes Telefon, die Autostrom-Box und / oder das Fahrzeug möglich sein. Die Kommunikation der Autostrom-Box über GSM ist zwar praktisch, ist aber mit Empfangsproblemen verbunden. Deshalb sollen in Folgeprojekten andere Funktechnologien oder auch terrestrische Datenverbindungen erprobt werden.
- **Ladekabel:** Die Nutzer empfinden den Umgang mit dem langen und schweren Ladekabel als unpraktisch, auch, weil die Verschmutzungsgefahr hoch ist. Eine einfache Lösung ist eine Hängevorrichtung an der Autostrom-Box. Es sollen auch andere Übertragungsverfahren wie z.B. Induktion erprobt werden.
- **Standorte der öffentlichen Autostrom-Stationen:** Die geringe Nutzung der öffentlichen Autostrom-Stationen wird gemäß Nutzerbefragung auch damit erklärt, dass die Standorte nicht mit den Alltagsgewohnheiten der Befragten kompatibel ist. Insofern muss diesbezüglich eine eingehendere Analyse zum Nutzen öffentlicher Ladestationen und deren Verteilung im Raum erfolgen.

7.2.3 Technische Universität Ilmenau

Aus Sicht des Gesamtprojekts ‚MINI E Berlin powered by Vattenfall‘ kann über die Projektergebnisse der TU Ilmenau zusätzlich zu den Erkenntnissen aus Kapitel 7.1.6 das Folgende berichtet werden. Zu detaillierten Ergebnissen vergleiche den Schlussbericht der TU Ilmenau.

7.2.3.1 Übersicht der wissenschaftlichen Ergebnisse

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass die Technische Universität Ilmenau eine abweichende Notation zur Anschluss- bzw. Ladedauer verwendet. Die TU Ilmenau untersucht in ihrem Bericht nicht die reine Ladedauer während eines Anschlussvorgangs, sondern betrachtet ausschließlich die Gesamtdauer des Anschlussvorgangs. Diese wird mit „Ladedauer“ bezeichnet. Abweichend dazu wird in dem vorliegenden Bericht zwischen der Anschluss- und Ladedauer differenziert. Wird im Schlussbericht der TU Ilmenau also von Ladedauer gesprochen, wird diese hier mit Anschlussdauer bezeichnet.

	Phase 1	Phase 2
Durchschnittliche Menge des geladenen Stroms pro Tag und ASB [kWh]	5,2	6,3
Durchschnittliche Anzahl der Ladevorgänge pro Tag	12,3	13,7
Durchschnittliche Menge des geladenen Stroms je Ladevorgang [kWh]	14,6	13,3
Anteil der Anschlüsse zwischen 20 und 24 Uhr	30%	
Durchschnittliche Anschlussdauer eines Ladevorgangs [hh:mm]	12:42	11:49
Anteil der Anschlussdauern zwischen 8 und 12 Stunden	30%	
Anteil der Anschlussdauern zwischen 0 und 2 Stunden	12%	
Anteil der Sofort-Laden-Funktion an allen Ladevorgängen	8,19%	3,67%
Korrelation aus Windeinspeisung und Last der Elektrofahrzeuge	an 25% aller Tage mind. 0,5	

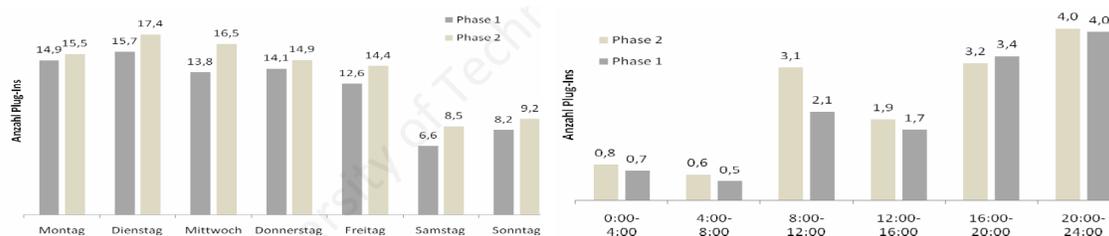
Abbildung 33 Kurzzusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse²⁵

7.2.3.2 Verfügbarkeit der Fahrzeuge für Gesteuertes Laden

Maßgeblich für die Verfügbarkeit der Fahrzeuge ist die gleichzeitige Verfügbarkeit des Fahrzeugs sowie der dazugehörigen Autostrombox (ASB). Fehlt die Kenntnis über die zeitliche Verfügbarkeit einer Komponente, wird die entsprechende Autostrombox nicht in die Betrachtung für Durchschnittswerte einbezogen. Dadurch ergibt sich für die Phase 2 eine Flottengröße von 34 ASBs obwohl tatsächlich 39 ASBs installiert waren.

Nutzung der ASBs

Das Ladeverhalten an Werktagen unterscheidet sich deutlich von Wochenendtagen. So fanden an einem durchschnittlichen Tag am Wochenende 47% weniger Ladevorgänge statt als einem durchschnittlichen Werktag. Im Schnitt wurde 15% mehr Energie an einem Werktag geladen. Am Dienstag wurde die höchste Ladeaktivität verzeichnet. Offensichtliche Unterschiede zwischen beiden Phasen existieren nicht.



²⁵ Vgl. Technische Universität Ilmenau (2011), S. 21

Abbildung 34 Durchschnittliche Anzahl der Plug-Ins nach Wochentag und Uhrzeit²⁶

In Phase 1 beträgt die durchschnittliche Anzahl der Plug-Ins (Anschluss an die ASB) eines Nutzers je Woche 2, bei einer durchschnittlichen Anschlussdauer von 13,5 Stunden je Vorgang. In Phase 2 wurden durchschnittlich 3 Ladevorgänge pro Woche und Nutzer durchgeführt, die eine mittlere Dauer von 9,5 Stunden aufwiesen.

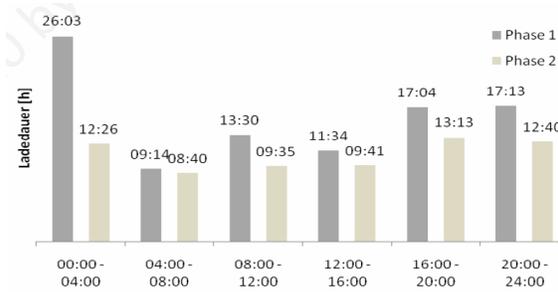
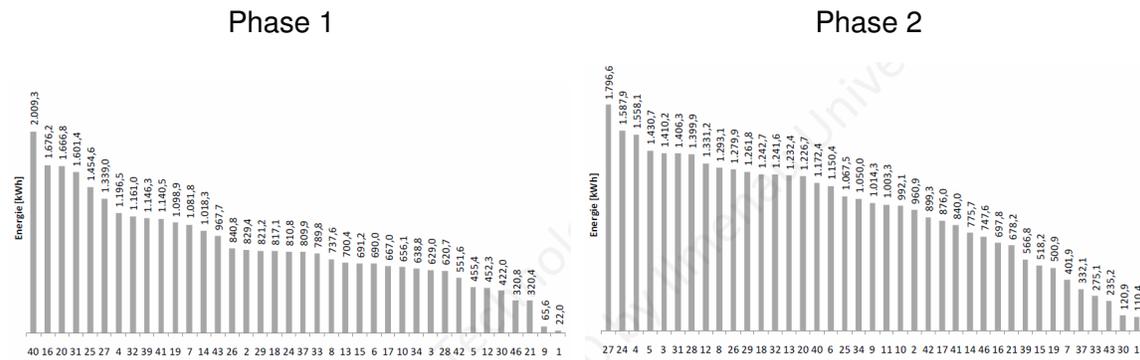


Abbildung 35 Durchschnittliche Anschlussdauer nach Plug-In-Zeit²⁷

7.2.3.3 Energiebedarf

In Phase 1 wurde ein Gesamtenergiebedarf von durchschnittlich 169,5 kWh pro Tag ermittelt, welches einem normierten Verbrauch von 5,2 kWh je ASB und Tag entspricht. In der zweiten Phase wurde 183,5 kWh bzw. 6,3 kWh gemessen. Dabei ist über den Projektverlauf eine hohe Fluktuation des täglichen Energiebedarfs zu beobachten gewesen.

Der Gesamtenergiebedarf je ASB



²⁶ Quelle: Technische Universität Ilmenau (2011), S. 23

²⁷ Quelle: Technische Universität Ilmenau (2011), S. 27

Abbildung 36 Gesamtenergie je ASB in beiden Projektphasen²⁸

7.2.3.4 Nutzung der Sofort-Laden-Funktion

Projektnutzer hatten die Möglichkeit, über ein Online-Nutzerportal eine Sofortladung zu initiieren. Durch diese Funktion wurde der W2V-Algorithmus für die entsprechende ASB außer Kraft gesetzt und die Ladung des Elektrofahrzeugs erfolgte unverzüglich. Der Anteil der Nutzung an allen Ladevorgängen lag über den gesamten Zeitraum bei 5,7% (Projektphase 1: 8,2%; Projektphase 2: 3,7%). Die Verfügbarkeit der Fahrzeuge für das Gesteuerte Laden wurde also durch das Eingreifen der Nutzer geringfügig eingeschränkt.

Die Nutzung der Sofort-Laden-Funktion wurde insgesamt sehr unterschiedlich in Anspruch genommen. Während in beiden Phasen ca. 45% der Nutzer nie diese Funktion verwendet haben, wurde sie – insbesondere in Phase 1 – von einzelnen Nutzern verstärkt in Anspruch genommen.

7.2.3.5 Gesteuerte und ungesteuerte Last

Während des gesamten Projektes wurde das Lastprofil aller Projektnutzer betrachtet. Aus der Summierung der Einzellasten aller ASBs ergab sich das Summenprofil und die Ermittlung der Spitzenlast. Um eine Aussage zu der jeweiligen Spitzenlast zu treffen, wurde als Vergleichsgröße die Spitzenlast bei ungesteuertem Laden herangezogen. In Phase 1 konnte die Spitzenlast um 4%, in Phase 2 um 8,5% reduziert werden.

Nutzerphase	Spitzenlast [kW]	
	ungesteuert	gesteuert
Phase 1	86,4	82,75
Phase 2	79,2	72,42

Abbildung 37 Vergleich der Spitzenlast ungesteuerter und gesteuerter Ladung²⁹

7.2.3.6 Erfolgsindikatoren für Gesteuertes Laden

Die Festlegung auf einen Erfolgsindikator wurde aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an das Gesteuerte Laden als schwierig betrachtet.

Korrelationskoeffizient

Der Steuerungsalgorithmus wurde mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten zwischen Windeinspeisung und kumulierter Last der Elektrofahrzeuge bewertet. Dabei wurde bei

²⁸ Quelle: Technische Universität Ilmenau (2011), S. 33f

²⁹ Vgl. Technische Universität Ilmenau (2011), S. 39

25% aller Tage in beiden Phasen eine Korrelation von mind. 0,5 erreicht. Eine Korrelation von 0,9 wurde in 4,2% (Phase 1) bzw. 4,3% (Phase 2) erzielt. Die gesamte Korrelation im Projekt betrug 0,05 (Phase 1) bzw. 0,04 (Phase 2) als Durchschnittswert.

Optimierungspotenzial zur Erzielung einer höheren Korrelation wird unter anderem darin gesehen, dass historische Daten über die Fahrzeugverfügbarkeit bei Projektbeginn noch nicht vorlagen und erst im Verlauf des Projektes aus den Messwerten abgeleitet wurden.

„Die Anwendung der W2V-Steuerung mit dem Ziel eine der Windvorhersage folgende Last zu erzeugen kann insgesamt als erfolgreich bezeichnet werden.“³⁰

Laden in grünen Fenstern

Als weiterer Erfolgsfaktor wurde der Anteil des Ladens in grünen Zeitfenstern gesehen. Ein grünes Fenster ergab sich, wenn in der Regelzone ‚50Hertz Transmission‘ der Anteil der Windenergieeinspeisung am Gesamterzeugungsmix größer als 17,33% war. In diesen Fenstern war der Anteil der regenerativen Erzeugung überdurchschnittlich hoch. Über die gesamte Projektlaufzeit lag die durchschnittliche Verfügbarkeit der grünen Fenster bei 38%. Diese konnten fast immer registriert werden und zur Beladung der Fahrzeugflotte genutzt werden.

7.2.3.7 Zusammenfassung und Ausblick

„Die beschriebenen [...] Ergebnisse haben gezeigt, dass eine windinduzierte Ladung von Elektrofahrzeugen mit der entworfenen Infrastruktur möglich ist. Die verwendete Systemarchitektur lieferte zuverlässig Messwerte an das Leitsystem und Steuerbefehle an die Autostrombox. Dabei konnten grundlegende Erkenntnisse zur Nutzung einer fest installierten Ladeinfrastruktur im privaten Umfeld gewonnen werden.“³¹

„Der [...] eingesetzte Steueralgorithmus garantiert unabhängig vom Windangebot die Mobilität jedes Einzelnen bei gleichzeitiger klimaentlastender Wirkung. Das stochastische Verhalten der Fahrzeugnutzer wirkte einem [...] optimalen Betriebsverhalten oftmals entgegen.“³²

„Zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit einer windinduzierten Ladung muss der Informationsgehalt des Steuerungssystems deutlich erhöht werden. Die Umsetzung von fahrzeugseitiger Kommunikation mit dem Leitsystem, sowie die Verfügbarkeit von verlässlichen Prognosemodellen, können dazu einen wesentlichen Beitrag leisten und werden in einem nachfolgenden Vorhaben untersucht und erprobt.“³³

³⁰ Quelle: Technische Universität Ilmenau (2011), S. 41

³¹ Quelle: Technische Universität Ilmenau (2011), S. 43

³² Quelle: Technische Universität Ilmenau (2011), S. 43

³³ Quelle: Technische Universität Ilmenau (2011), S. 43

7.2.4 Technische Universität Berlin, DAI-Labor

Aus Sicht des Gesamtprojekts ‚MINI E Berlin powered by Vattenfall‘ kann über die Projektergebnisse des DAI-Labors das Folgende berichtet werden.

Im Rahmen des von der technischen Universität Berlin (TU Berlin) durchgeführten Teilprojektes „Vehicle 2 Grid – Intelligentes Laden und Entladen verteilter Energiespeicher“ wurden die Elektrofahrzeuge als Teil eines virtuellen Kraftwerks eingesetzt. Außerhalb des Flottenversuchs sollte unter realen Bedingungen ein Batteriesystem so eingesetzt werden, dass es nicht nur Strom bezieht, sondern auch ins Netz zurückspeisen kann. Dadurch sollen CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung zu Spitzenlastzeiten und der notwendige Netzausbau reduziert werden. Dazu wurde von der TU Berlin ein dezentrales intelligentes Energiemanagementsystem sowie ein Lösung für diskriminierungsfreien Zugang zur Ladeinfrastruktur und eine anbieterunabhängige Abrechnung entwickelt.

7.2.4.1 Versuchsaufbau

Das entwickelte intelligente Energiemanagementsystem koordiniert die unterschiedlichen Bedürfnisse der Systemkomponenten. Folgende Entitäten sind hierbei relevant: Fahrer, Fahrzeug bzw. dessen Batterie, Ladestationen, Zustände im Energienetz. So werden auf Basis möglicher Lade- und Einspeisezeiten kooperativ mögliche Lastpläne berechnet, die abhängig von den Zielen (CO₂-Reduzierung, Mobilität, Netzauslastung) den Gesamtnutzen optimieren. Die Zeiten ergeben sich dabei dynamisch aus geplanten Nutzungsterminen des Fahrzeugs, dem Ladezustand der Batterie, der Verfügbarkeit der Ladestationen sowie dem Energieverbrauch und dem Nutzerverhalten.

Die realitätsnahe Testumgebung beinhaltet eine Emulation der fahrzeugseitigen Steuerungseinheit und eine Ablaufsimulation, die die Fahrten, Standzeiten sowie Be- und Entladevorgänge der Fahrzeuge im Zeitraffer durchführt und visualisiert.

Fahrzeugkomponenten

Die Kommunikation des Fahrzeugs wurde über ein CAN-Bus-Modul gewährleistet. Zusätzlich dienen UMTS- und WLAN-Module der Kommunikation im nicht verbundenen Zustand. Da kein Batteriesatz mit Leistungselektronik eingesetzt wurde, mussten die fahrzeuginternen Funktionen nachgebildet werden.

Ladestation als Laboraufbau

Der Laboraufbau berücksichtigt die besonderen Anforderungen des Szenarios (PLC-Kommunikation, Einspeisefähigkeit) und beinhaltet andere Funktionen, die für den realen Einsatz notwendig sind (z.B. Absicherung für den Einsatz im Außenbereich) nicht.

Intelligentes V2G Planungssystem

Um den unterschiedlichen Anforderungen der betroffenen Systemkomponenten oder Entitäten gerecht zu werden, wurde ein verteiltes, agentenbasiertes System eingesetzt. Die unterschiedlichen Agenten vertreten ihre jeweiligen Interessen und planen gemeinsam Lade- und Einspeisevorgänge.

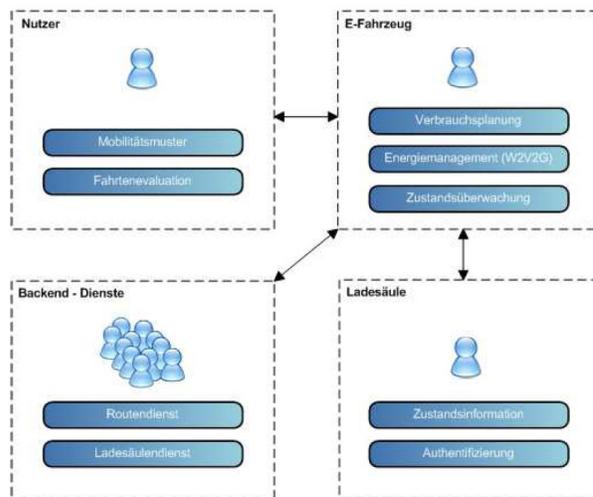


Abbildung 38 Entitäten des V2G-Planungssystems³⁴

Ablaufsimulation

Nach Abschluss der Simulation konnten in einer Zusammenfassung z.B. die CO₂-Emissionen eines Elektrofahrzeugs im gesteuerten sowie ungesteuerten Modus im Vergleich zu einem aktuellen Benziner betrachtet werden. In einem ausgewählten Szenario (Typischer Pendler inkl. Freizeitaktivität und einer Fahrstrecke von täglich 133 km) ergab sich nicht nur eine enorme Einsparung der CO₂-Emissionen durch Elektrofahrzeuge sondern zusätzlich eine weitere Einsparung in Höhe von knapp 50% durch die intelligente Steuerung der Auf- und Entladungen.

7.2.4.2 Voraussichtlicher Nutzen

Eine Übertragung von Prozessen und Standard aus dem Mobilfunkbereich z.B. auf die AAA-Infrastruktur (Authentication, Authorisation, Accounting) der Elektromobilität kann einen wichtigen Beitrag zu Standardisierungsbestrebungen in diesem Bereich leisten. Die V2G-Funktionalität ist vor allem darauf ausgelegt, Fahrzeugnutzern und EVUs einen zusätzlichen Mehrwert zum Betrieb von Elektrofahrzeugen zu bieten und so die relativen Investitionskosten von Elektrofahrzeugen ggü. Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu senken.

Die Projektergebnisse können sowohl im Folgeprojekt „Gesteuertes Laden V2.0“ als auch in einer späteren Praxisanwendung durch die Skalierbarkeit des Systems weiterverwendet und optimiert werden.

Zusätzlich kann der Ansatz der Vorausplanung der Lade- und Einspeisevorgänge auf Basis der evaluierten Mobilitätsnutzer in weiteren Projekten herangezogen werden.

³⁴ Quelle: TU Berlin (2011), S. 17

8 Bekannt gewordene F&E-Ergebnisse von dritten Stellen

8.1 Projekte zur Elektromobilität in Deutschland

Auf Ebene der Bundesrepublik Deutschland wurden mehrere Programme zur Erforschung der Elektromobilität gestartet.

Die Bundesregierung erstellte den ‚Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität‘ mit dem Ziel, Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität zu machen. Bis 2020 sollen eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen unterwegs sein. [1] Im Rahmen des Konjunkturpakets II stehen bis 2011 deshalb 500 Mio. Euro für Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Elektromobilität zur Verfügung. [1]

Zentrale Anlaufstelle für Elektromobilität ist seit Anfang 2010 eine Gemeinsame Geschäftsstelle der Bundesregierung (GGEMO). Die im Mai 2010 von Bundeskanzlerin Angela Merkel etablierte Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) mit Vertretern der beteiligten Wirtschaftsbranchen, Forschungsdisziplinen und Bundesministerien soll weitere konkrete Vorschläge für die Erreichung der Ziele des Nationalen Entwicklungsplans erarbeiten. [2]

Projekte zur Elektromobilität im Rahmen des Konjunkturpakets II werden vielfältige Erkenntnisse und Erfahrungen aufzeigen. Die Projekte haben häufig eine Laufzeit bis zum 30.06.2011 oder bis zum 30.09.2011. Wahrscheinlich aus Gründen der Projektlaufzeit sind der Vattenfall Europe AG erst wenige F&E-Ergebnisse bekannt geworden, die im Folgenden dargestellt werden.

8.2 Bekannt gewordene F&E-Ergebnisse

Erst gegen Ende des Projekts MINI E Berlin sind Zwischen-Ergebnisse aus anderen Elektromobilitätsprojekten in Deutschland bekannt geworden. Die folgenden Projekte und Vorhaben wurden betrachtet.

Projekt / Quelle	Relevante Ergebnisse
Analyse von Ladeinfrastrukturkonzepten für Elektromobilität [4]	<p>Anhand von Mobilitätsdaten konnte gezeigt werden, dass das Laden mit einer Maximalleistung von 3,7 kW im Regelfall ausreichend ist. Die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur mit höheren Leistungen erhöht den Anteil elektrischen Fahrens nur unerheblich.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schnellladekonzept: hohe Ladeleistung verändert Batteriesystemauslegung <ul style="list-style-type: none"> ○ Einsatz von Zellen mit höherer Leistungsfähigkeit, geringerer Energiedichte und höheren Kosten nötig ○ Erhöhung des Kühlaufwands der Batterie • Zunächst wird Laden zu Hause mit geringer Ladeleistungen stattfinden • Bei höherer Marktdurchdringung: Ladeinfrastruktur

Projekt / Quelle	Relevante Ergebnisse
	auch im halb-öffentlichen und später im öffentlichen Raum
Resonante Energieübertragung als kontaktlose Ladetechnik zukünftiger Elektrofahrzeuge [5]	<p>Entwicklung, Aufbau und Vermessung eines induktiven Übertragungssystems für 10 kW. Die veröffentlichten Systemeigenschaften ließen sich im Rahmen von Fertigungs- und Simulationstoleranzen eindeutig identifizieren und reproduzieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dämpfungseigenschaft des Fahrzeugbodens unzureichend geklärt, elektromagnetische Sicherheit in der Fahrgastzelle nach den Empfehlungen der ICNIRP nicht abschließend gewährleistet • elektrische bzw. magnetische Einwirkung auf wichtige Fahrzeugkomponenten nach heutigem Wissenstand nicht abschätzbar • Abhängigkeit der Kundenakzeptanz von Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und -empfehlungen
Ladestrategien für Elektrofahrzeuge [6]	<p>Drei mögliche Ladestrategien werden vorgestellt und auf Basis der Modellierung des Verhaltens von Referenzautos in einem beispielhaft ausgewählten Verteilnetzabschnittes werden Aussagen über die Konsequenzen der Anwendung dieser Ladestrategien auf Fahrzeugnutzer und den Betrieb des Verteilnetzes getroffen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dezentrales EMS mit Kenntnis über geplanten Abfahrtszeitpunkt und Preisprofil <ul style="list-style-type: none"> + Kostenreduktion – Steigerung des maximalen Bezugs von Ladeleistung und eventuelle Notwendigkeit von Ausbaumaßnahmen • Zentrale Steuereinheit mit Kenntnis über Anzahl der angeschlossenen Fahrzeuge und ihrer geplanten Abfahrtszeit <ul style="list-style-type: none"> + Ladeleistung über gesamte Standzeit der Fahrzeuge verteilen > geringste Auswirkungen auf Verteilnetz – Schwierigkeiten bei kommunikativer Einbindung der Ladestationen in ein zentrales EMS und die Bereitstellung der Nutzerdaten – Reduktion der Flexibilität des Abfahrtszeitpunktes > Reduktion des Nutzer-Komforts • Hohe gesamtwirtschaftliche Effizienz durch Mischformen der zentralen und dezentralen Steuerung <ul style="list-style-type: none"> ○ Entscheidung über Zeitpunkt der Ladung und

Projekt / Quelle	Relevante Ergebnisse
	<p>Ausnutzung der maximalen Anschlussleistung muss dezentral beim Fahrzeugnutzer liegen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Signale von Energieversorger und Netzbetreiber an Fahrzeugnutzer zur Anpassung des Ladeverhaltens an Netzbelastung
<p>Welche Netzdienstleistungen können Elektrofahrzeuge sinnvoll erbringen? [7]</p>	<p>Die Ladezeiten sollen durch Steuerung von Seiten der Netzbetreiber und von Seiten des Fahrzeugs verteilt werden. Auch eine Reduzierung der Ladeleistung zur Entlastung des Netzes ist in Extremfällen ohne großen Aufwand möglich. Weitere Netzdienstleistungen (NDL) erfordern Verzicht des Fahrzeugnutzers auf einen Teil der elektrischen Reichweite des Fahrzeugs.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Negative Minutenreserve (MR) oder Ausgleichsleistung anbieten <ul style="list-style-type: none"> ○ Akkus dürfen nur bei Anforderung von Reserve- oder Ausgleichsleistung vollgeladen werden ○ BEV könnte über einen Block von 4 h eine Leistung von 2 kW zur Verfügung stellen oder für 2 Blöcke 1 kW. Den damit erzielbaren Erlös stehen noch unbekannte Kosten für steuerungstechnische Infrastruktur gegenüber • Abgabe von Leistung aus E-KFZ ins Netz während Spitzenlastzeit und Nachladung nachts <ul style="list-style-type: none"> ○ Akkus müssten stets möglichst vollgeladen werden; negative und positive Minutenreserve schließen sich demnach gegenseitig aus. ○ Rückspeisung ins Netz technisch aufwändig und kostet Fahrzeugakku-Lebensdauer
<p>Integriertes Verkehrs- und Energieflussmodell [8]</p>	<p>Es wurde eine Methodik zur integrierten Modellierung und Analyse von Elektrizitätsnetzen entwickelt um das Potenzial zur Beeinflussung von Lastflüssen auf elektrische Leitungen mit Hilfe der mobilen Speicher in Elektrofahrzeugen zu untersuchen. Mittels Simulationen wurden die maximal in ein Gebiet hinein transportierten Energiemengen ermittelt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungsgegenstand ist Energiemenge, die von Elektrofahrzeugen in elektrochemischen Energiespeichern transportiert werden kann, ohne dass dadurch Einschränkungen für Fahrzeugnutzer entstehen • Größten Energieanteil liefern Fahrzeuge, die an einem Tag nicht bewegt werden • Von bewegten Fahrzeugen ist die gelieferte Energie

Projekt / Quelle	Relevante Ergebnisse
	<p>in den Abendstunden am größten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Signifikante Reduzierung des Lastflusses auf einzelne Leitungen zu Spitzenlastzeiten auch schon mit kleinen Durchdringungsraten möglich
Energiekonzept 2050 [9]	<p>Begrenzung des Temperaturanstiegs auf max. 2 °C erfordert Reduktion der energiebedingten Kohlendioxidemissionen in der Europäischen Union um min. 90 % und damit den vollständigen Umbau des gesamten Energiesystems.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realisierung des Energiekonzepts 2050 erfordert Transformation des Energiesystems in eine dezentrale, intelligente, last- und angebotsorientierte Energieversorgungsstruktur. Ergänzt wird dezentrale Erzeugung durch Aufbau eines Hochspannung-Gleichstrom-Übertragungsnetzes (HGÜ) in Europa und Nordafrika. • Strom als universell einsetzbarer und leicht transportierbarer Energieträger ein Hauptpfeiler der künftigen Energieversorgung • Stromerzeugung erfolgt im Energiekonzept 2050 vor allem mit Wind und Photovoltaik, hinzu kommen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die mit Biogas betrieben werden, sowie mit Methan oder Wasserstoff, die mit erneuerbaren Energien erzeugt werden • Mobilität ist im Jahr 2050 vor allem Elektromobilität • Biokraftstoffe werden vor allem im Langstrecken- und Güterverkehr und in der Luftfahrt eingesetzt • Aufbau und Integration großer Speicherkapazitäten in das Energieversorgungssystem ist Grundvoraussetzung für einen großen Anteil fluktuierender Energiequellen
Endbericht Modellregion Elektromobilität München [10]	<p>Mögliches Potenzial für Elektromobilität in der Modellregion München wurde anhand eines Filtermodells bestimmt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Homeladestation wird das Grundgerüst für den sukzessiven Aufbau einer Ladeinfrastruktur bilden. <ul style="list-style-type: none"> ○ Meisten Fahrzeugnutzer werden zunächst über eigene Garage/Stellplatz verfügen (Gesamtpotenzial an Elektrofahrzeugen reduziert sich zunächst um den Anteil, der „Laternenparker“) ○ Ergänzend ist die Schaffung einer Grundversorgung an „semi-öffentlichen“ Ladestationen

Projekt / Quelle	Relevante Ergebnisse
	<p>sinnvoll, um Reichweitenangst zu begegnen</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Schnell-Ladungen unter einer halben Stunde scheinen realistisch, jedoch ist physikalische Grenze der Batterie zu beachten, deshalb ist davon auszugehen, dass Hochleistungs-ladesäulen eher für wenige Fälle, in denen schnell geladen werden muss, in Frage kommen
Abschlussbericht e-connected [11]	<p>Der künftige Forschungsbedarf liegt im Bereich effizienterer Energiespeicher und dem entsprechenden Batteriemangement von Elektrofahrzeugen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Europaweite Normung und Standardisierung der Steckverbindungen zum Aufladen der Elektrofahrzeuge in den Ladestationen und der Ausstattung der Ladestationen • Etablierung eines einheitlichen Abrechnungssystems • Auswirkung und mögliche Maßnahmen auf das Netz bei hohen Penetrationen mit Elektrofahrzeugen sind im Detail noch zu erforschen • Thema Versorgungssicherheit und Versorgungsqualität wird das Thema aus Netzsicht wesentlich mitbestimmen
Swiss2G – Pilot- and Demonstration Project [3]	<p>Untersuchung eines alternativen Ansatzes zur dezentralen Netzregelung aus den Traktionsbatterien von Elektrofahrzeugen.</p> <p>Dabei soll lokal beim Elektrofahrzeug aufgrund von gemessenen Netzparametern entschieden werden, wann das Fahrzeug geladen und wann Energie ins Netz zurückgespeist werden soll.</p>

Quellen:

- [1] Die Bundesregierung (Hrsg.) (2009). Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. [Internet]. Verfügbar unter: http://www.bmbf.de/pubRD/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf [08.03.2011].
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.) (2010). Elektromobilität: Umweltfreundlich und zukunftsfähig! [Internet]. Verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/industrie,did=329150.html>. [08.03.2011].
- [3] Rudel, Roman & Rainer Bacher (2010). Swiss2G – Pilot- and Demonstration Project. Jahresbericht 2010.

- [4] Lunz, Benedikt; Prof. Dr. ir. De Donecker, Rik W. & Prof. Dr. Uwe Sauer (2010). Analyse von Ladeinfrastrukturkonzepten für Elektromobilität. Beitrag auf dem VDE-Kongress 2010 in Leipzig.
- [5] Bilgic, Winfried; Mathar, Sebastian & Achim Bahr (2010). Resonante Energieübertragung als kontaktlose Ladetechnik zukünftiger Elektrofahrzeuge. Beitrag auf dem VDE-Kongress 2010 in Leipzig.
- [6] Büdenbener, Kathrin; Stetz, Thomas; Emmerich, Roy; Bätz-Oberhäuser, Fabian; Einfeld, Hauke & Martin Braun (2010). Ladestrategien für Elektrofahrzeuge. Beitrag auf dem VDE-Kongress 2010 in Leipzig.
- [7] Hennings, Wilfried & Jochen Linssen (2010). Welche Netzdienstleistungen können Elektrofahrzeuge sinnvoll erbringen? Beitrag auf dem VDE-Kongress 2010 in Leipzig.
- [8] Helmschrott, Thomas; Perissinotto, Devid; Scheufen, Martin & Prof. Dr. Armin Schnettler (2010). Integriertes Verkehrs- und Energieflussmodell. Beitrag auf dem VDE-Kongress 2010 in Leipzig.
- [9] ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (Hrsg.) (2010). Energiekonzept 2050. Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100% erneuerbaren Energien.
- [10] Forschungsstelle für Energiewirtschaft (Hrsg.) (2010). Modellregion Elektromobilität München. Szenarien für das Potenzial an Elektrofahrzeuge im Münchner Individualverkehr bis 2030.
- [11] Klima- und Energiefonds (Hrsg.) (2009). e-connected Abschlussbericht

8.3 Auswirkungen auf das Projekt MINI E Berlin

Die von dritter Seite bekannt gewordenen FuE-Ergebnisse haben hauptsächlich aufgrund verschiedener Forschungsschwerpunkte sowie zum Teil aufgrund der Veröffentlichung der Ergebnisse zum Ende der Projektlaufzeit keine Änderung der Zielsetzung des Projekts erforderlich gemacht. Vor diesem Hintergrund haben die Projektpartner an der Zielformulierung festgehalten.

9 Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Vorstellung der Ergebnisse auf Konferenzen und Messen sowie Präsentation vor Fachpublikum

- [1] Weinmann, Oliver (2008): Herausforderung Elektromobilität, Beitrag für „Nationale Strategiekonferenz Elektromobilität, Berlin“, 25. - 26.11.2008
- [2] Weinmann, Oliver (2009): MINI E powered by Vattenfall - Informationen zum Projekt, Beitrag für „InfoParlm.Kreis“, 09.02.2009
- [3] Hampel, Gregor (2009): MINI E Berlin powered by Vattenfall, Beitrag für „Informationsveranstaltung für die Bezirke / Tiefbauämter Berlins“, 16.03.2009
- [4] Weinmann, Oliver (2009): MINI E Berlin powered by Vattenfall, Beitrag für „Tag der Verkehrswirtschaft, Berlin“, 22.04.2009
- [5] Fischer, Clemens (2009): MINI E Berlin powered by Vattenfall, Beitrag für „Berliner Energietage, Berlin“, 04. - 06.05.2009
- [6] Metten, Elmar (2009): Elektroautos am Netz: Status quo und absehbare Weiterentwicklung, Beitrag für „1. Sitzung, FNN-Förderkreis, Berlin“, 15.05.2009
- [7] Hampel, Gregor (2009): Elektromobilität und ihre Auswirkungen auf die Energiewirtschaft, Beitrag für „Vortrag auf der EUROFORUM-Konferenz, Köln“, 19.05.2009
- [8] Weinmann, Oliver (2009): Herausforderung für die Energiewirtschaft, Beitrag für „dena, Berlin“, 23.06.2009
- [9] Weinmann, Oliver (2009): E-Mobility projects within Vattenfall Europe, Beitrag für „Climate week“, Juni 2009
- [10] Hampel, Gregor (2009): Die emissionsfreie Mobilität der Zukunft, Beitrag für „Eletro-Innung Berlin“, 28.08.2009
- [11] Fischer, Clemens (2009): Elektromobilität, Beitrag für „VDE YoungNet, Düsseldorf“, 26.10.2009
- [12] Vattenfall Europe (2009): First experiences of an infrastructure fieldtest, Beitrag für „2nd International Congress Electric Vehicles, Berlin“, 02. - 04.11.2009
- [13] Weinmann, Oliver (2009): Flottenversuch MINI E Berlin, Erste Erfahrungen im Pilotprojekt, Beitrag für „BDEW Konferenz Elektromobilität, Berlin“, 10.11.2009
- [14] Schuth, Franziska (2009): Flottenversuch MINI E Berlin powered by Vattenfall, Beitrag für „3. Euroforum-Konferenz, München“, 23. - 24.11.2009
- [15] Schuth, Franziska (2009): Chancen und Herausforderungen für Energieversorger, Beitrag für „ZDK Forum“, 25.11.2009
- [16] Schuth, Franziska (2009): Potential of Electric Mobility (and how to realize it), Beitrag für „7th BBE/UFOP International Conference on Bio fuels, Berlin“, 01.12.2009
- [17] Weinmann, Oliver (2009): Elektromobilität - Chancen und Herausforderungen für die Energiewirtschaft, Beitrag für „ETG Workshop“, 03.12.2009
- [18] Landeck, Erik (2009): Eletroautos im Trend - Welchen Einfluss hat eMobillity auf Verteilungsnetze, Beitrag für „Euroforum, Das Stromnetz der Zukunft“, 03.12.21009

- [19] Weinmann, Oliver (2010): Challenges and Opportunities to Supply Clean Fuels to Transportation - A Utility Perspective, Beitrag für „Schwedische Botschaft“, 10.02.2010
- [20] Kratz, Sven-Erik (2010): Saubere Mobilität von morgen - Fahren mit Batterie und Wasserstoffantrieb, Beitrag für „E-World, Essen“, 08. - 11.02.2010
- [21] Vattenfall Europe (2010): Beitrag für „Solar Energy Berlin“, 16. - 20.02.2010
- [22] Weber, Andreas (2010): MINI E Berlin powered by Vattenfall: Challenge, Set-up, Results, Next Steps, Beitrag für „Zweite deutsch-amerikanische Energiekonferenz 2010“, 10.03.2010
- [23] Weber, Andreas (2010): Ergebnisse MINI E Berlin, Beitrag für „IQPC-Konferenz Elektromobilität 2010“, 16.03.2010
- [24] Fischer, Clemens (2010): Erfahrungsbericht über den ersten Flottentest mit Elektrofahrzeugen in Berlin, Beitrag für „IQPC Kongress Elektromobilität, Potsdam“, 16.03.2010
- [25] Aßmann, Ralf (2010): Erfahrungen im ersten deutschen Flottentest, Beitrag für „1. VDI Fachkonferenz Elektromobilität Automobilindustrie trifft Energiewirtschaft“, 17. - 18.03.2010
- [26] Weber, Andreas (2010): Potential of Electric Mobility (and how to realize it), Beitrag für „US Wirtschaft, Berlin“, 24.03.2010
- [27] Hampel, Gregor (2010): Beitrag für „Fachkongress "Elektromobilität", Stuttgart“, 14. - 15.04.2010
- [28] Schuth, Franziska (2010): Mobilitec 2010 Mit Innovationen den Zukunftsmarkt von morgen erschließen, Beitrag für „BDEW“, 20.04.2010
- [29] Weinmann, Oliver (2010): Beitrag für „Tag der Verkehrswirtschaft in Berlin (IHK)“, 22.04.2010
- [30] Weinmann, Oliver (2010): Beitrag für „Kongress Elektromobilität 2010 Düsseldorf Vortrag + Diskussion“, 26. - 27.04.2010
- [31] Weinmann, Oliver (2010): MINI E Berlin powered by Vattenfall: Challenge, Set-up, Results, Next Steps, Beitrag für „IEA Presentation, Berlin“, 29.04.2010
- [32] Weber, Andreas (2010): Flottenversuch MINI E Berlin - Erkenntnisse und nächste Schritte, Beitrag für „4. Salzgitter Forum Mobilität der FH Braunschweig“, 04.05.2010
- [33] Fischer, Clemens (2010): Netzwerk Hybridtechnik und Elektromobilität, Beitrag für „Deutsche Umwelthilfe, Berlin“, 06.05.2010
- [34] Schuth, Franziska (2010): Erfahrungen mit Elektromobilität, Beitrag für „Berliner Energietage, Berlin“, 11.05.2010
- [35] Fischer, Clemens (2010): Erfahrungsbericht über den ersten Flottentest mit Elektrofahrzeugen in Berlin, Beitrag für „Bundesverband Wärmepumpen e.V., Berlin“, 18.05.2010
- [36] Weber, Andreas (2010): MINI E Berlin powered by Vattenfall - Ergebnisse des Flottenversuchs, Beitrag für „T-Labs-Talk zu Smart-Grid-Anwendungen“, 19.05.2010

- [37] Schuth, Franziska (2010): Elektromobilität in Megacities - Erste Erfahrungen aus dem Pilotprojekt, Beitrag für „Euroforum Konferenz, Hamburg“, 20. - 21.05.2010
- [38] Vattenfall Europe (2010): Erfahrungen mit Elektromobilität, Beitrag für „Dialog an Deck in Berlin“, 21.05.2010
- [39] Weinmann, Oliver (2010): Vattenfall Aktivitäten im Bereich Green eMobility, Beitrag für „Energietreff“, 10.06.2010
- [40] Schuth, Franziska (2010): Erfahrungen mit Elektromobilität, Beitrag für „Brennstoff - Erfahrungsaustausch Marketing Energie“, 17.06.2010
- [41] Weinmann, Oliver (2010): Herausforderungen an die EVUs im Bereich Elektromobilität, Beitrag für „Frost & Sullivan Electric Vehicle Event in London“, 22. - 23.06.2010
- [42] Landeck, Erik (2010): Herausforderungen an die EVUs im Bereich Elektromobilität, Beitrag für „1. Smart Technologies Forum“, 23. - 24.06.2010
- [43] Fr. Ribbeck (2010): Herausforderungen an die EVUs im Bereich Elektromobilität, Beitrag für „BDEW Kongress“, 29. - 01.07.2010
- [44] Weber, Andreas (2010): MINI E Berlin powered by Vattenfall: Challenge, Results and Next Steps, Beitrag für „Internationales Treffen der Wirtschaftsjunioren „Beat of Berlin““, 02.07.2010
- [45] Weinmann, Oliver (2010): Green eMobility, Beitrag für „Toyota Motor Europe, Deutsche Bahn AG“, 05.07.2010
- [46] Schuth, Franziska (2010): Erfahrungen im ersten deutschen Flottentest, Beitrag für „VDI Fachkonferenz Elektromobilität Automobilindustrie trifft Energiewirtschaft“, 06. - 07.07.2010
- [47] Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Strategic Importance, Experiences, and Outlook, Beitrag für „MINI E Workshop with BMW, CATRAC and State Grid, Beijing“, 29.07.2010
- [48] Kühle, Uta (2010): Herausforderungen an die EVUs im Bereich Elektromobilität, Beitrag für „dena-Jugendkongress“, 05. - 08.08.2010
- [49] Kratz, Sven-Erik (2010): Erfahrungen mit Elektromobilität, Beitrag für „Infotag E-Traktion“, 09.08.2010
- [50] Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Trends of Charging technologies in Germany, Beitrag für „3. German-Japanese Environmental Dialogue Forum, Berlin“, 07. - 08.09.2010
- [51] Weber, Andreas (2010): MINI E Berlin powered by Vattenfall: Challenge, Set-up, Results, Next Steps, Beitrag für „3. deutsch-japanisches Umweltdialogforum 2010“, 09.09.2010
- [52] Kratz, Sven-Erik (2010): Erfahrungen mit Elektromobilität, Beitrag für „BDEW Lehrerworkshop "Schülerwettbewerb 2011"“, 13.09.2010
- [53] Vattenfall Europe (2010): Beitrag für „Messe IFAT Ensorga, München“, 13. - 17.09.2010
- [54] Weinmann, Oliver (2010): Built-up of Infrastructure for Battery-electric and Hydrogen Mobility, Beitrag für „Clean Mobility Insights, Berlin“, 15.09.2010

- [55] Zisler, Stefan (2010): Renewable Energy and E-mobility Synergies and Concepts, Beitrag für „NOW Conderence "Clean Mobility Insights"“, 16.09.2010
- [56] Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Beitrag für „Besuch Abgeordnete der Hamburger Bürgerschaft“, 16.09.2010
- [57] Weber, Andreas (2010): Flottenversuch MINI E Berlin Erkenntnisse und nächste Schritte, Beitrag für „Vortrag für jap. Verkehrsministerium“, 20.09.2010
- [58] Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Saubere Mobilität von morgen - Elektromobilität und ihr Einfluss auf das Stromnetz, Beitrag für „CTI Forum Batterietechnologien, München“, 29. - 30.09.2010
- [59] Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Beitrag für „You Messe“, 01. - 03.10.2010
- [60] Weber, Andreas (2010): Green eMobility Market situation, current activities and outlook, Beitrag für „Green eMobility für die kanadische Datenschutzbeauftragte“, 07.10.2010
- [61] Kühle, Uta (2010): Beitrag für „dena-Jugendkongress“, 12. - 13.10.2010
- [62] Schuth, Franziska (2010): Messe für Elektromobilität und Infrastruktur, Beitrag für „eCarTec München“, 19. - 21.10.2010
- [63] Weber, Andreas (2010): Potential of Electric Mobility (and how to realize it), Beitrag für „CARTAC, Berlin“, 26.10.2010
- [64] Weinmann, Oliver (2010): Beitrag für „BDEW-Innovationsforum 2010“, 03. - 04.11.2010
- [65] Weinmann, Oliver (2010): Beitrag für „4. Berliner Wirtschaftskonferenz 2010 "Mobilität made in Berlin"“, 04.11.2010
- [66] Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Strategic Importance, Experiences, and Outlook, Beitrag für „Meeting with General Electric, Berlin“, 04.11.2010
- [67] Landeck, Erik (2010): Beitrag für „ETG-Fachtagung im Rahmen des VDE-Kongresses“, 08. - 09.11.2010
- [68] Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Strategic Importance, Experiences, and Outlook, Beitrag für „Meeting with the delegation of State Grid and Catarc, Berlin“, 11.11.2010
- [69] Weinmann, Oliver (2010): Vattenfall Innovation GmbH, Beitrag für „Presentation to the delegation of State Grid and Catarc, Berlin“, 11.11.2010
- [70] Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Elektromobilität aus energiewirtschaftlicher Sicht, Beitrag für „8. Parlamentarierkolloquium Paris-Berlin, Bordeaux“, 19.11.2010
- [71] Weinmann, Oliver / Eckhardt, Carl Friedrich (2010): Beitrag für „Bundesrechnungshof, Berlin“, 22.11.2010
- [72] Hampel, Gregor (2010): Beitrag für „Expertentreff Energiemetropole Leipzig“, 29.11.2010
- [73] Kratz, Sven-Erik (2010): Beitrag für „CTI Systemposium, Berlin“, 30.11.2010
- [74] Schuth, Franziska (2010): Beitrag für „1. Wirtschaftswoche Synergieforum E-Mobility 2010, Berlin“, 06.- 07.12.2010

Presseveranstaltungen zum Projekt mit Beteiligung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

- 25.11.2008 Bekanntmachung des Kooperationsprojekts
- 18.02.2009 Einweihung der ersten öffentlich zugänglichen Ladestation und Start der Bewerbungsphase für Nutzer
- 22.06.2009 Offizieller Start der Pilotphase und Übergabe der Fahrzeuge an Nutzer
- 15.12.2009 Veröffentlichung der Zwischenergebnisse nach der ersten Projektphase
- 31.03.2011 Veröffentlichung der finalen Ergebnisse und Übergabe des Endberichts an das BMU (geplant)

10 Nutzung und Verwertung der Ergebnisse und Erfahrungen

10.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten der gewählten Fahrzeug- und Ladekonzepte sind in dieser Konfiguration im Sinne einer Funktionsdemonstration sicher nicht gegeben. Allerdings liefern die betrieblichen Erfahrungen sowie die begleitende Nutzerforschung ausgesprochen wertvolle Hinweise darauf, wie das Konzept Elektromobilität weiterentwickelt und perspektivisch zu einem wirtschaftlichen Erfolg geführt werden kann.

Im Hinblick auf eine mögliche Weiterentwicklung der Elektromobilität in Richtung Wirtschaftlichkeit, werden an dieser Stelle ausgewählte Verbesserungspotenziale genannt, welche sich prinzipiell aus den betrieblichen Erfahrungen sowie den Nutzerbefragungen ableiten lassen. In diesem Kapitel werden einige zentrale Stellhebel herausgearbeitet. Im Kapitel zu der wissenschaftlich-technischen Anschlussfähigkeit werden diese aufgegriffen und exemplarisch erläutert, wie man diese Herausforderungen meistern kann. Des Weiteren wird auf den Abschlussbericht der BMW Group verwiesen.

Für die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten der Elektromobilität lassen sich aus dem Projekt MINI E Berlin powered by Vattenfall folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- **Fahrzeugarchitektur:** Der MINI E ist als Technologieträger konzipiert und deshalb ein Konversionsfahrzeug. Mithin hat man die konventionellen Antriebskomponenten entfernt und die dann insgesamt verfügbaren Freiräume mit denen des elektrischen Antriebes gefüllt. Für ein zukunftsfähiges E-Fahrzeug ist es jedoch wichtig, das Automobil praktisch neu zu erfinden.
- **Reichweite:** Die Batterie wird auf absehbare Zeit das teuerste Einzelteil in E-Fahrzeugen bleiben. Deshalb ist es zum einen bedeutsam, die spezifischen Kosten zu senken und die Energiedichte zu steigern. Zum anderen wird es darum gehen, das Verhältnis zwischen Batteriekapazität und erzielbaren Reichweiten zu optimieren. Der Feldversuch MINI E Berlin V1.0 hat gezeigt, dass eine Reichweite von 130 – 150 km für den Alltag und damit für mehr als 90% aller Fahrten gemessen an den Kosten zu großzügig bemessen ist. Allerdings äußern viele Nutzer auch den gegenläufigen Wunsch, auch für nicht-alltägliche Fahrten gewappnet sein zu wollen. Bei entsprechender Zahlungsbereitschaft könnte man diesen Wunsch prinzipiell mit einer größeren Batterie bedienen. Realistisch betrachtet ist das aber keine Option. Alternativ kann man die Batterie verkleinern und eine Reichweitenverlängerung einbauen, entweder auf fossiler Basis oder als Brennstoffzelle. Denkbar wäre auch, für die wenigen Fälle ergänzende Mobilitätsdienstleistungen vorzusehen. Das Spektrum reicht dann von langstreckentauglichen Automobilen bis hin zu multi-modalen Mobilitätsdienstleistungen, welche das Reisen mit der Bahn oder dem Flugzeug einschließt.
- **Ladeinfrastruktur:** Die Systemkosten der im Projekt verwandten Ladeinfrastruktur sind viel zu hoch. Das liegt zum Beispiel an den geringen Stückzahlen, aber auch an der System-Architektur. So lassen sich Kosten einsparen, wenn man eine Master-Slave-Architektur in Verbindung mit modularer Bauweise wählt. Im Ergebnis sind dann anwendungsspezifische Lösungen leicht implementierbar, ohne jeweils eine eigene Lösung entwickeln und bauen zu müssen. Speziell im öffentlichen Raum zeigt sich, dass Ladesäulen in Verbindung mit Ladekabeln für das

große Segment der Laternenparker nicht geeignet sind. Erstens sind die Kosten zu hoch. Zweitens birgt das unhandliche Kabel große Verschmutzungsgefahren, ist also für Nutzer unkomfortabel. Drittens stoßen die Ladesäulen als Stadtmöbel auf eine geringe Akzeptanz

- **Gesteuertes Laden:** Das Gesteuerten Laden im Sinne der Wind-to-Vehicle- und Vehicle-to-Grid-Applikation funktioniert in seinen Grundzügen. Aber Effektivität und Effizienz lassen sich noch steigern. Ein wichtiger Hebel hierbei ist die informationstechnische Integration von Fahrzeug- und Ladekonzept. Aber auch andere Zielgruppen helfen hier, wenn sie die Verfügbarkeit der E-Fahrzeuge am Netz verbessern. In diesem Sinne sollte auch induktives Laden erprobt werden, weil dann E-Fahrzeuge gewissermaßen automatisch und mit hohem Komfort ans Netz angeschlossen werden.

Die beiden industriellen Partner Vattenfall Europe und BMW haben bereits damit begonnen, die bislang erworbenen Erkenntnisse in ihr weiteres Entwicklungsprogramm einfließen zu lassen. Deshalb werden die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten in Summe als nach wie vor sehr gut angesehen. Zur Absicherung dieses Zwischenstandes wurden Szenario-Analysen durchgeführt, um den kritischen Pfad besser abschätzen zu können. Diese Szenario-Analysen werden fortgeschrieben.

10.2 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Projektphase bzw. die nächsten innovativen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der FuE-Ergebnisse.

Ziel des Projektes MINI E Berlin 1.0 war es, die Alltagstauglichkeit der Elektromobilität zu testen. Dies konnte mit den Ergebnissen des Projektes grundsätzlich gezeigt werden. Allerdings sind bis zur Tauglichkeit im Rahmen eines Massenmarktes noch weitere Entwicklungsschritte notwendig. Auf Basis der im Rahmen des laufenden Projektes gewonnen Erkenntnisse sind das aus Sicht des Konsortialführers unter anderem folgenden Punkte [darüber hinaus wird auf die Endberichte der anderen Konsortialpartner verwiesen:

10.2.1 Optimierungsansätze mit Blick auf geforderte Reichweiten

Die mit dem MINI E erzielbare Reichweite von 130 - 150 km ist im Alltagsgebrauch mehr als ausreichend. Das zeigen sowohl die subjektiven als auch die objektiven Befunde der Evaluierung. Vor diesem Hintergrund und in Verbindung mit der entscheidenden Bedeutung der Batteriekosten ist es denkbar, die Batteriekapazität zu reduzieren. Gleichwohl steht dem der Wunsch einiger Nutzer gegenüber, die Reichweite auch über den üblichen Tagesbedarf hinaus zu steigern, um auch für nicht alltägliche Mobilitätsanlässe gewappnet zu sein. Zur Lösung dieses Zielkonfliktes stehen mehrere Optionen zur Verfügung, zwei seien hier genannt: Zum einen kann man mit einer kleineren Batterie die Kosten senken, macht ein E-Fahrzeug dann allerdings zu einem auf Kurzstreckenfahrten hochgradig spezialisiertem Verkehrsmittel. Für längere Fahrtstrecken könnte man dann ein Mobilitätspaket schnüren, welches den Zugriff auf einen Car Pool mit Langstreckenfahrzeugen beinhaltet und / oder multi-modale Ergänzungsmodule. Zum anderen kann

man auch einen Range Extender einführen. Es bleibt der weiteren Entwicklungsarbeit vorbehalten, aufbauend auf den vorliegenden Befunden das wirtschaftliche Optimum zu finden.

Während Nutzer mit Lademöglichkeit im privaten Umfeld auf das Laden im öffentlichen Raum in der Regel nicht angewiesen sind, gilt das für das große Segment der Laternenparker nicht. Für sie ist das Wissen um die Standorte und aktuelle Verfügbarkeit öffentlicher Ladesäulen, idealerweise in Verbindung mit einer Reservierungsoption durchaus wichtig. Deshalb könnten dynamische Informationen zu öffentlich zugänglichen Ladestationen hilfreich sein, aber auch solche zu multi-modalen Mobilitätsdienstleistungen.

10.2.2 Gesteuertes Laden V2.0

10.2.2.1 Wind-to-Vehicle-Applikation V2.0

Im laufenden Projekt konnte die Basisapplikation für W2V realisiert werden. So ist die Ladung der E-Fahrzeuge in Abhängigkeit vom Windenergieaufkommen steuerbar und es konnte eine Korrelation von Windeinspeisung und Ladeleistung in Höhe von rund 20% dargestellt werden. Deutlich wird damit allerdings auch, dass diese Korrelation noch verbesserungsfähig durch eine höhere Verfügbarkeit der Fahrzeuge am Netz und kundenfreundlichere Lösungen ist. Ein wichtiger Schritt zu einer höheren Effektivität und Effizienz besteht in der IKT-basierten Integration von Fahrzeug- und Ladekonzept. Bislang gibt es zwischen dem MINI E und der Ladeinfrastruktur keine kommunikative Verbindung, weshalb für die Steuerung des Ladevorgangs Informationen wie den Batteriefüllstand nicht aus der Batterie bezogen sondern lediglich indirekt über die Ladeströme – grob – abgeschätzt werden können.

Darüber hinaus: Die Kommunikation zwischen Ladeinfrastruktur und den zentralen Rechnersystemen basiert auf dem GSM-Standard. Allerdings sind GSM-Signale nicht überall in hinreichendem Maße verfügbar, insbesondere in Parkhäusern und Tiefgaragen. Dieser Sachverhalt schränkt die für das Gesteuerte Laden infrage kommenden Standorte und damit das Marktpotenzial für die Windintegration deutlich ein.

Die Ergebnisse der Begleitforschung zeigen, dass die Nutzer das Gesteuerte Laden grundsätzlich positiv bewerten und daran teilnehmen möchten. Dennoch passen Nutzer nur selten ihre individuellen Rahmendaten im Webportal an, so dass das Potential der Anwendung noch nicht ausgeschöpft wird. Eine Erhöhung der Nutzerfreundlichkeit durch einen vereinfachten Zugang/Schnittstelle wie beispielsweise durch ein Smart Phone mit entsprechenden Applikationen oder eine Eingabemöglichkeit im Fahrzeug oder an der Autostrom-Box könnte die Bereitschaft zur individuellen Anpassung der Rahmendaten fördern und damit die Effizienz des Systems erhöhen. Neben der Verbesserung der Eingabe der Input-Daten ist auch eine Visualisierung des W2V-Erfolges [Output] möglich. Dies könnte ebenfalls die Akzeptanz und damit den Erfolg der Anwendung erhöhen. Nicht zuletzt könnten Nutzer mithilfe monetärer oder nicht-monetärer Anreize motiviert werden, sich mit dem Gesteuerten Laden zu befassen.

10.2.2.2 Vehicle-to-Grid V2.0

Zunächst war geplant, die Basisfunktionalitäten für die Vehicle-to-Grid-Applikation [V2G] in einer Laborumgebung zu erproben. Dazu sollte der TU Berlin eine Batterie nebst Steuerungselektronik zur Verfügung gestellt werden. Im Laufe des Projektes hat sich gleichwohl gezeigt, dass es doch zielführender ist, einen MINI E entsprechend umzurüs-

ten und V2G-tauglich zu machen. Dementsprechend können die Basisfunktionalitäten bereits „unter rollendem Rad“ getestet werden.

Als nächster Schritt könnte die Applikation funktional erweitert anhand mehrerer Fahrzeuge erprobt werden [„Freilandlabor“]. Da das Zusammenspiel von Fahrzeugen und Ladeverhalten im Zusammenhang mit der Vehicle-to-Grid-Applikation noch unklar ist, sollten die Nutzer nur geschulte Mitarbeiter aus dem Projektteam sein. Dabei soll das Gesamtsystem aus V2G-fähigen Fahrzeugen, der dafür ausgestatteten Ladeinfrastruktur, das dezentrale V2G-Energiemanagement und eine Kundenverwaltung für den diskriminierungsfreien Zugang zu V2G-Diensten umgesetzt werden. Hier sind das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten und ihre gegenseitige Beeinflussung von besonderem Interesse.

10.2.2.3 Lokales und öffentliches Lastmanagement

Das Gesteuerte Laden muss um zwei weitere Applikationen erweitert werden, das Öffentliche und Lokale Lastmanagement: Eine räumliche Konzentration von E-Fahrzeugen, die gleichzeitig laden, kann je nach Leitungskapazität vor Ort zu Engpässen im Netz führen. Im öffentlichen Netz muss deshalb sichergestellt werden, dass die Leistung des örtlichen Trafos nicht überstrapaziert und die Stromversorgung unterbrochen wird. Dies kann durch eine intelligente Steuerung im öffentlichen Netz bewerkstelligt werden [öffentliches Lastmanagement]. Analog kann dies im privaten Umfeld passieren, welches letztlich die Anzahl der Fahrzeuge an einem Standort limitiert. Das Lokale Lastmanagement nutzt die vorhandene statische Kapazität optimal aus und führt somit dynamisch zu einer Kapazitätssteigerung.

10.2.3 Neue Zielgruppen

Die Analyse des Ladeverhaltens speziell der privaten Haushalte zeigt, dass in diesen Anwendungsfällen die Verfügbarkeit der Fahrzeuge am Netz relativ gering ist. Dies beeinträchtigt die Effektivität und Effizienz der Windintegration. Deshalb ist es sinnvoll, andere Zielgruppen zu evaluieren. Ideal scheinen Flottenanwendungen mit Lieferfahrzeugen zu sein. Diese haben in der Regel eine höhere Tagesfahrleistung und müssen daher bei gegebener Batteriekapazität praktisch jeden Tag ans Netz. Zudem ist deren Verfügbarkeit regelmäßiger und daher besser prognostizierbar. Aber auch Car Sharing-Anwendungen erscheinen vielversprechend. Die im Projekt gemachten Erfahrungen zeigen, dass das Einsatzprofil – entgegen der ursprünglichen Erwartung – nicht nur besser zur Elektromobilität als solcher passt. Zum einen konnte die für das Laden zwischendurch eingeplanten Blockzeiten reduziert respektive aufgehoben werden. Zum anderen findet das Gros der Ladung über Nacht statt, was sich wiederum mit den Anforderungen der Windintegration gut verträgt. Auch ist es sinnvoll, sich mit der in urbanen Siedlungsstrukturen dominierenden Zielgruppe der Laternenparker zu befassen und zwar sowohl unter dem Gesichtspunkt der Mobilisierung eines großen Nutzerpotenzials als auch – im Erfolgsfall – mit Blick auf das Potenzial für die Absorption überschüssiger Windenergie.

10.2.4 Ladeinfrastruktur V2.0

Bei Konstruktion und Bau der Ladeinfrastruktur musste bislang auf Standardkomponenten zurückgegriffen werden, welche noch nicht für die spezifischen Anforderungen der Elektromobilität ausgelegt sind. Deshalb sind die Autostrom-Stationen und Autostrom-Boxen noch relativ teuer und groß und stellen somit eine wichtige Markteintrittsbarriere

dar. Um den Markteintritt zu fördern, muss die künftige Ladeinfrastruktur beispielsweise den verschiedenen Kundenanforderungen entsprechen, besser städtebaulich integriert werden und den Anforderungen des Denkmalschutzes genügen.

Kostensenkungen können zunächst aufgrund konstruktiver Innovationen erzeugt werden. Beiträge können kleinere und günstigere, inzwischen geeichte Zähler leisten. Aber auch die System-Architektur im Sinne von Master- und Satelliten-Säulen versprechen Vorteile. Andere Materialien sind ebenso denkbar. Einen wichtigen Beitrag kann auch eine anwendungsspezifische Anforderungsanalyse in Verbindung mit modularer Bauweise leisten. So ist zum Beispiel nicht überall eine Identifikation der Nutzer notwendig oder auch das detaillierte Abrechnen jeder einzelnen Kilowattstunde unterschiedlicher Nutzer auf unterschiedliche Kostenstellen ist nicht in jedem Anwendungsfall zielführend.

Perspektivisch lassen sich die Systemkosten durch einen Wechsel der Abrechnungslogik drastisch reduzieren. Im Verhältnis zum monetären Wert weniger Kilowattstunden sind die Prozesskosten für das Abrechnen derselben derzeit unverhältnismäßig hoch. Der Wechsel auf Zeittarife ist vielversprechend, setzt allerdings die Kooperation der privaten und öffentlichen Marktpartner voraus.

Allerdings: Es liegt in der Natur der Sache, dass das Gesteuerte Laden den vollen Funktionsumfang verlangt und deshalb am teuersten bleiben wird.

10.2.5 Neue Ladetechnologien

Neben dem kabelgebundene Laden mit Wechselstrom rücken zwei Alternativen in den Fokus der Betrachtung: Induktives Laden und Schnellladen mit Gleichstrom;

- **Induktives Laden:** Die Analyse des Gesteuerten Ladens hat gezeigt, dass der Verfügbarkeit der E-Fahrzeuge am Netz für die Güte der Wind-to-Vehicle-Applikation eine sehr hohe Bedeutung beizumessen ist. Insofern sind Ladetechnologien wie das induktive Laden geeignet, einen entsprechenden Beitrag zu leisten. Dieses wird gestützt durch die Befunde, dass Nutzer den Umgang mit dem Kabel negativ bewerten und [u. a. deshalb] nur alle zwei bis drei Tage ihr Fahrzeug ans Netz anschließen. Deshalb hat induktives Laden auch einen Komfortaspekt, welcher speziell für Premiumanbietern gegenüber den Massenherstellern eine Differenzierungsmöglichkeit eröffnet.
- **Schnellladesysteme:** Mit der heutigen Ladetechnologie wird man nach jetzigem Kenntnisstand das große Potenzial der Laternenparker nicht bedienen können. Dagegen sprechen die hohen Kosten, aber auch die Anforderungen der Kommunen, welche zusätzliche Stadtmöbel wegen der negativen Auswirkungen auf das Stadtbild nicht akzeptieren. Schnellladesysteme mit Gleichstrom können hier einen Ausweg liefern. Mit einer deutlich verkürzten Ladedauer kann man von dem vollständig dezentralen Infrastrukturkonzept abrücken und auf zentralere Standorte zurückgreifen. Gleichzeitig steigert dies die Auslastung und damit die Chance auf einen wirtschaftlichen Betrieb. Allerdings ist noch zu prüfen, wo diese Lösung am sinnvollsten zum Einsatz kommen sollte und wie sich das in die Alltagsroutinen der Nutzer integrieren lässt. Denn wenn diese zwei- bis dreimal pro Woche an eine Tankstelle fahren müssen, entstehen durchaus merkliche Transaktionskosten.

10.2.6 Fazit und Ausblick auf Folgeprojekte

Durch das Projekt ‚MINI E Berlin powered by Vattenfall‘ wurde der Grundstein für das Gesamtsystem Elektromobilität gelegt. Die Applikationen Wind-to-Vehicle und das Ladekonzept und die Infrastruktur funktionieren im Wesentlichen. Das geplante F&E-Projekt Gesteuertes Laden V2.0 soll diese Technik vor dem Hintergrund der Steigerung der Effizienz und Effektivität weiterentwickeln und damit einen stärkeren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung Deutschlands zu leisten, wenn es gelingt, die Korrelation zwischen Windeinspeisung und Ladestrom substanziell ebenso zu erhöhen und die Akzeptanz der Elektromobilität im Allgemeinen. Durch eine Verbesserung der Effektivität des gesteuerten Ladevorgangs kann die Windenergie noch besser genutzt werden. Durch Integration von V2G Applikationen wird zudem sichergestellt, dass auch Aufgaben der Netzstabilisierung verstärkt durch Erneuerbare Energien realisiert werden können. Demgegenüber stellt das Projekt ‚MINI E powered by Vattenfall V2.0‘ darauf ab, bei konstantem technologischen Ansatz die Akzeptanz der Elektromobilität und ihre Kompatibilität mit dem Gesteuerten Laden bei neuen Zielgruppen zu evaluieren. Speziell soll getestet werden, inwieweit ein Mobilitätsassistent beitragen kann, mit der begrenzten Reichweite noch besser umgehen zu können.