

Zusammenfassender Jahresbericht 2013/14

Projekt: Well2Wheel „W2W“

Dokumentation

Version	Datum	Änderung	Bearbeiter
1	10.06.2014		Dr. Buchholz
2	30.06.2014	Änderung	Fenn, Doß, Büchau
3	30.06.2014	Formatierung	Chesi
4	04.07.2014	Ergänzung	Prof. Dr. Schäfer, Quitta
5	18.07.2014	Änderung	Franz
6	21.07.2014	Ergänzung	Klöpfer
7	28.07.2014	Änderung	Doß, Lerchl-Mitsch

Inhalt:

1. Projektmanagement	2
2. Rahmenbedingungen.....	3
2.1. E-Mobileinsatz	3
2.2. Netzintegration, Einsatzszenarien und Geschäftsmodelle.....	4
2.3. IKT-Infrastruktur	5
2.4. Technische Ausstattung Ladestellen und Fahrzeuge	5
2.5. Schnittstellen, Datenflüsse und Datenmodelle	7
2.6. Anforderungen und Potenziale E-Mobile.....	9
3. Betriebsplattform.....	11
3.1. Virtuelles Kraftwerk.....	11
3.2. Fahrzeugintegration	12
3.3. Steuerungsanforderungen.....	13
3.4. Sicherheit und Zuverlässigkeit.....	15
4. Entwicklungsfortschritte und erste Erfahrungen in praktischer Umsetzung	17
4.1. Rot-Grün Visualisierung per Internet und Smart Phone	17
4.2. Ladesäulen und Ladepunktboxen.....	18
4.3. Ergebnisse aus der COM-Box.....	18
4.4. Mechanische Prüfeinrichtung	21
5. Sozialwissenschaftliche Auswertung zum Nutzerverhalten	21
6. Öffentlichkeitsarbeit	24
6.1. Internet, Medien und Demonstrationsvideo	24
6.2. Publikationen.....	25
7. Referenzen	25

1. Projektmanagement

Im Konsortium „W2W“ sind die folgenden Grundlagen des einheitlichen Projektmanagements vereinbart und in der laufenden Arbeit konsequent angewendet.

Das Projekt W2W ist in 8 Arbeitsfelder untergliedert, die wiederum in eine Anzahl Arbeitspakete aufgeteilt sind. Jedes Arbeitsfeld aber auch jedes der Arbeitspakete hat einen namentlich benannten Verantwortlichen.

Ergänzend zu den Aufgabendefinitionen in der mit dem Projektträger abgestimmten Vorhabensbeschreibung werden die Ziele, detaillierten Arbeitsschritte, Schnittstellen, Termine und Teilverantwortlichkeiten der Arbeitspakete in „Paketsteckbriefen“ vereinbart. Dazu ist ein einheitliches Template festgelegt. Ein Paketsteckbrief wird bis 4 Wochen vor Start der jeweiligen Paketbearbeitung zwischen „Paketverantwortlichen“, „Arbeitsfeldverantwortlichen“ und Projektkoordinator vereinbart. Dazu wurde eine Liste der Paketsteckbriefe mit den erwarteten Freigabeterminen ausgearbeitet, die zu den Projektbesprechungen jeweils gecheckt wird. Der Status der Arbeitsschrittbearbeitung wird in den Projektbesprechungen des Konsortiums berichtet.

Es ist ein Projektablaufplan mit den 85 wesentlichen Meilensteinen (MS), Terminen und Verantwortlichkeiten entwickelt, dessen Status ebenfalls zu den Projektbesprechungen gecheckt wird. Terminabweichungen werden auch in einem Projektfortschrittsdiagramm grafisch dokumentiert.

In jeder der bisher 7 Projektbesprechungen wurden notwendige Aktivitäten mit Festlegung von Terminen und Verantwortlichkeiten besprochen und in einer „ToDo-Liste“ festgehalten. Die ToDo-Liste erhält in jeder Projektbesprechung eine aktualisierte Version: Es werden abgeschlossene Aktivitäten entfernt, nicht zeitgerecht erledigte Arbeiten terminlich/inhaltlich angepasst und neue Aktivitäten aufgenommen.

Die Dokumente des Projekts W2W erhalten eine einheitlich vereinbarte Dokumentenkenennung. Für die Dokumentenverwaltung wurde ein Portal auf der E-Learning-Plattform „Moodle“ der FH FFM vereinbart, das von allen Projektpartnern aktiv genutzt wird.

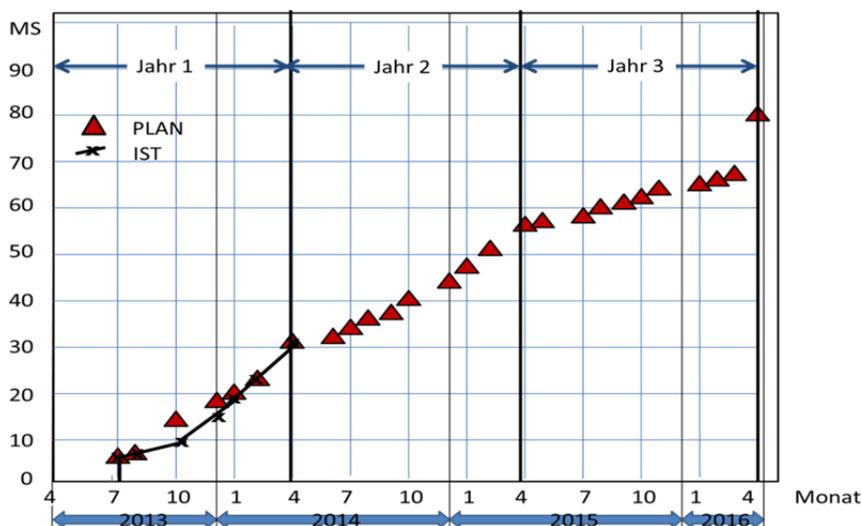


Abbildung 1. Projektfortschrittsdiagramm W2W in Meilensteinen (MS), Status Mai 2014

Im Laufe des ersten Berichtsjahres traten nur geringfügige Abweichungen im Projektfortschrittsdiagramm (Bild1) auf, und zum Jahresende waren alle geplanten Aufgaben abgearbeitet. Die Arbeitsfelder 1 und 2 sind abgeschlossen. Wichtige Ergebnisse wurden in den Arbeitsfeldern 3, 4, 6 und 8 bereits erreicht und sind hier mit dargestellt.

2. Rahmenbedingungen

Das Arbeitsfeld 1 ist dazu vorgesehen, die Randbedingungen des Projektes in Übereinstimmung mit der Vorhabensbeschreibung abzustimmen und zu klären. Diese Aufgabe wurde fristgemäß bis zum Jahresende 2013 abgeschlossen.

2.1. E-Mobileinsatz

Die im Projekt analysierte Flotte setzt sich aus 46 in verschiedenem Besitz befindlichen Elektrofahrzeugen (weiter als E-Mobile bezeichnet) unterschiedlicher Typen zusammen (siehe Tabelle 1)

Tabelle 1. Partner und bereitgestellte E-Mobile

Partner / E-Mobilityp	Opel Ampera	Mitsubishi i-MiEV	Renault Kangoo	Nissan Leaf	e-Smart	BMW i3	Aixam Mega ²⁾
HSE AG 	2	2	6				
				1	1	2	
 1)							4
	20				6		
	2						

1) Stadt Darmstadt, Kleinlastwagen als Müllsammler

Für die eingesetzten E-Mobile wurden die wesentlichen technischen Daten erfasst, u.a.:

- Motorentyp und Einbauart,
- Elektrische Leistung,
- Drehzahlbereich und Drehmoment,
- Mittlerer Energieverbrauch/100 km und Reichweite,
- Höchstgeschwindigkeit,
- Batterietyp und Speicherkapazität,
- Ladeleistung, Betriebsspannung und Ladestrom.

Darüber hinaus sind die organisatorische Zuordnung der E-Mobile sowie die Nutzungsart erfasst und in [1] dargestellt.

Für die Auswertungen des Fahrverhaltens sind die Nutzungsarten wie folgt spezifiziert:

- Nutzung als klassisches Dienstfahrzeug,
- Nutzung für Arbeitsstättenfahrten (Pendler),
- Nutzung bei angewiesenen Fahrten durch Vorgesetzten,
- Außerdienstliche Erprobung,

- Poolfahrzeuge (zeitweilige Nutzung durch unterschiedliche Fahrer).

Die Nutzer der Fahrzeuge sind über die Auswertung des Fahr- und Ladeverhaltens unterrichtet und mit ihrem Einverständnis in das Projekt soweit integriert, dass die Daten anonym für Forschungszwecke genutzt werden.

2.2. Netzintegration, Einsatzszenarien und Geschäftsmodelle

Im 20/0,4 kV-Netzgebiet der HSE wird im Ergebnis des EU-Projektes „Web2Energy“ ein virtuelles Kraftwerk (VK) betrieben und es sind in mehreren Ortsnetzstationen fernauslesbare Messpunkte eingerichtet[2]. Diese Infrastruktur wird nun im Projekt „Well2Wheel“ genutzt, um den Zeitpunkt und die Intensität von Ladevorgängen zu beeinflussen. Im Netzgebiet werden dafür verschiedene „Heimatladepunkte“ von E-Mobilen mit informations- und kommunikationstechnischen (IKT) Komponenten ausgerüstet, die dem Nutzer durch ein Ampelsystem aktuell sowie in der Prognose Hinweise geben, wann ein Laden des E-Mobils am gegebenen Standort vorteilhaft (grün) und wann unerwünscht (rot) ist. Die Ampelphasen werden vom VK ermittelt.

Das Netzgebiet ist in 5 Netzzellen unterteilt, für die das VK unabhängig die Ampelphasen ermittelt und kommuniziert.

Das erläuterte Grundprinzip für die Beeinflussung des Ladeverhaltens ist in Bild 2 dargestellt.

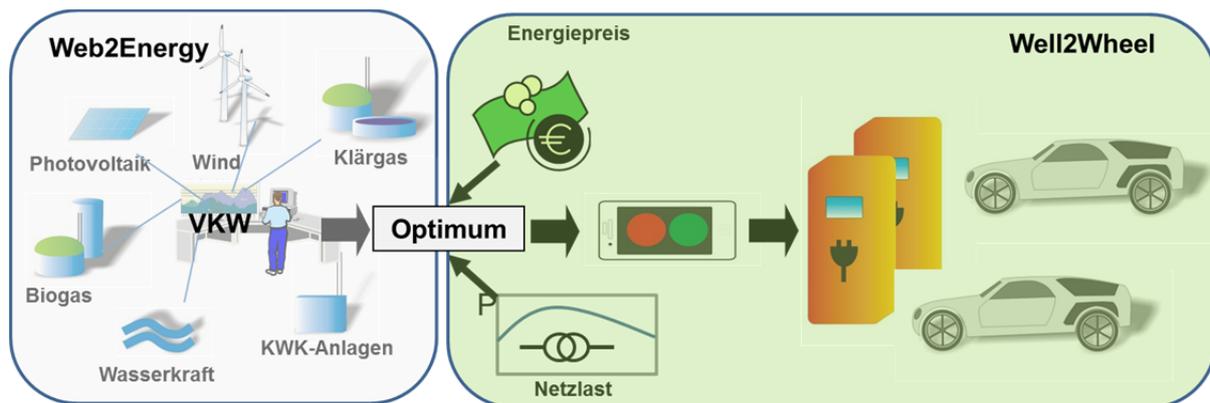


Abbildung 2. Beeinflussung des Ladeverhaltens von E-Mobilen durch das virtuelle Kraftwerk

In Verbindung mit der Beeinflussung des Ladeverhaltens der E-Mobile sind die in Tabelle 2 zusammengefassten Geschäftsmodelle für die Langzeitanalyse entwickelt:

Tabelle 2. Mögliche Geschäftsmodelle VK und E-Mobilität

Geschäftsmodell	Kriterium	Nutzen
Bilanzkreisausregelung	Subbilanzkreis von VK und Ladesäulen	Minimierung Kosten für Bilanzabweichungen
Spotpreisgeführtes Laden	Bezug außerhalb Subbilanzkreis	Kostenbewusstes Laden
Vermiedene Netznutzung	Leistungspreis	Senkung der maximalen Leistungsanspruchnahme
Minutenreserve	Simulation Regelkraftwerk	Zusätzliche Erlöse

Im Projekt soll der Kunde mit der Rot-Grün-Ampelsignalisierung dazu angehalten werden, kostenbewusst zu laden.

2.3. IKT-Infrastruktur

Die Kommunikation von Daten zwischen den am E-Mobility-Prozess beteiligten Komponenten VK – Ladesäule - Fahrzeug ist Voraussetzung für die Umsetzung der Projektziele. Abhängig vom Standort können unterschiedliche Technologien der IKT-Infrastruktur wirtschaftlich effizient genutzt werden: GPRS-Funkverbindungen, Telekommunikationskabel auf Basis von Kupferadern oder Glasfaser-Lichtwellenleitern (LWL).

Die vorhandene IKT-Struktur wurde je nach Standort von HSE bzw. TU Darmstadt aufgenommen. Bei der Festlegung der Kommunikationsanbindung war darauf zu achten, dass es sich mit relativ einfachen Mitteln in die bereits bestehende IKT-Infrastruktur einbinden lässt. Die Auswahl der Kommunikationsanbindung basiert somit auf den bestehenden Netzen sowie den Anforderungen zur Datenübertragung. Die Kommunikationsmöglichkeiten zwischen VNB-Leitstelle und virtuellem Kraftwerk sind aufgenommen und bewertet.

Die Standorte der Ladesäulen an der TU Darmstadt können leicht in das vorhandene Netz der TU Darmstadt eingebunden werden. Von diesen Standorten wird die Kommunikation zum VK über Ethernet-LWL realisiert.

2.4. Technische Ausstattung Ladestellen und Fahrzeuge

Es wird prinzipiell zwischen Ladesäulen und Ladepunkten unterschieden.

Es wurden die Begriffe „Ladesäule“ und „Ladepunkt“ definiert. Die Ampelphasen aus dem virtuellen Kraftwerk sollen an Ladesäule und Ladepunkt je nach Standort dem Nutzer netzzellenbezogen visualisiert werden.

Ladesäulen sind speziell für den Anschluss von E-Mobilen von verschiedenen Herstellern designt und öffentlich zugänglich. Die kommerziell erworbenen Ladesäulen im Projekt Well2Wheel werden für die Kommunikation und Visualisierung der Ampelphasen modifiziert. Ladepunkte sind normale AC-Steckdosen, die mit Boxen zur Visualisierung der Ampelphasen und Kommunikation zum VK ausgestattet werden. Ladepunkte sind in Privathaushalten und in den Partnerunternehmen zu finden.

Im Projekt werden die bereits bestehenden Ladesäulen und – punkte eingebunden und kommunikationstechnisch an das virtuelle Kraftwerk der HSE gekoppelt.

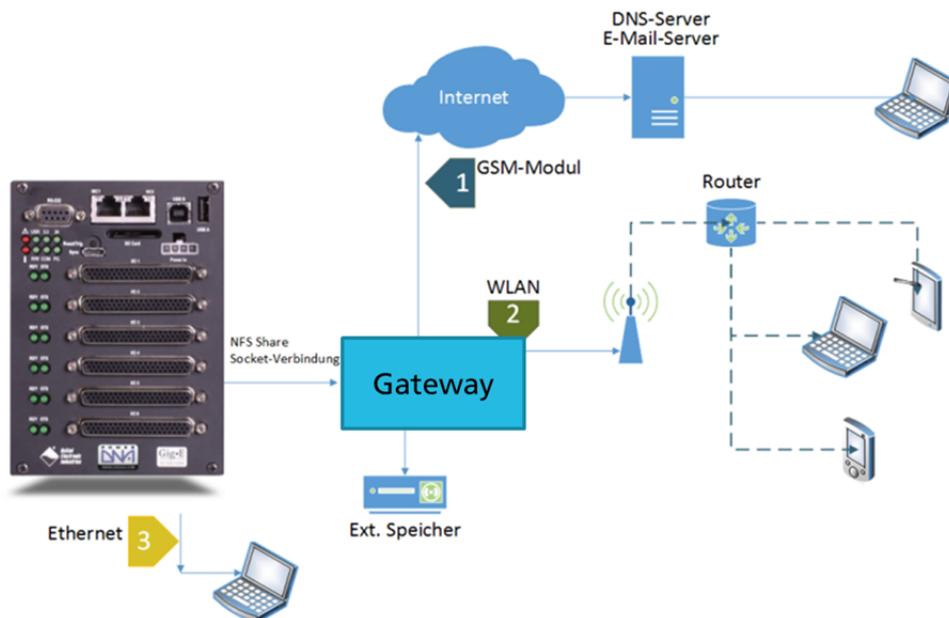
Die Hochrüstung der Ladesäulen und die Gestaltung der Zusatzboxen sind von der TU Darmstadt konzipiert.

Die Zuordnung der Ladesäulen und Ladepunkte zu Standorten und Netzzellen ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3. Standorte von Ladesäulen und Ladepunkten im Projekt W2W

Standorte Ladesäulen	Standorte Tarifvisualisierung
HSE, Darmstadt, Dornheimer Weg 24, Parkplatz QVL	HSE, Darmstadt, Alsfelder Straße, Parkhaus, 4. Etage
TUD, Darmstadt, Landgraf-Georg-Straße 4	HSE, Darmstadt FFS 100, Werkstattgebäude außen
TUD, Darmstadt, Alarich-Weiss-Straße, surPLUShome	HSE, Darmstadt FFS 100, Besucherparkplatz
TUD Darmstadt, Eugen-Kogon-Straße, Eta-Fabrik	HSE, Groß-Zimmern, privat
	LBF Darmstadt, Bartningstr. 47, Parkplatz vor Gebäude
	HWK 64331 Weiterstadt, Rudolf-Diesel-Str. 30, Parkplatz
	EAD Darmstadt, Sensfelderweg 33, Fahrzeughalle 1
	HI, Darmstadt, Kasinostraße 9, Parkhaus 1. Etage
	HI, Frankfurt, Gutleutstraße 116, Parkhaus 4. Unteretage
	HI, Wiesbaden, Abraham-Lincoln-Str. 38, Parkhaus EG
	HI, Wiesbaden, Kreuzberger Ring 22, Parkhaus, EG
	TUD, Darmstadt, Landgraf-Georg-Straße 4
	TUD, Darmstadt, Alarich-Weiss-Straße, surPLUShome

An ausgewählten Fahrzeugen aus der LBF-Fahrzeugflotte wurden am LBF entwickelte Sensoren zur Aufnahme von Betriebsbelastungen appliziert. Zusätzlich werden weitere Lastdaten über den Fahrzeug-Bus mit einer autonomen Messtechnik entsprechend Abbildung erfasst.

**Abbildung 3.** Konzept des aktuellen Referenz-Messsystems und Netzwerkarchitektur

Weiterhin werden die Positionsdaten der Fahrzeuge aufgezeichnet. Alle Messdaten werden zeitsynchron in einer zentralen Datenerfassung gespeichert, um anschließend in zentral vorgenommenen Analysen die Belastungen mit dem Nutzerverhalten korrelieren zu können. Für die einzelnen Fahrzeuge wurde die Instrumentierung entsprechend **Tabelle** durchgeführt:

Tabelle 4. Applikationsmatrix der Fahrzeuge

Fahrzeuge	Beschleunigungsaufnehmer	CAN	Dehnungssensoren	GPS
Nissan Leaf	5 Acc. (xyz), PCB MEMS	Ja	8 Kanäle vorgesehen	Ja
Smart	3 Acc. (xyz), LBF MEMS	Ja	8 Kanäle vorgesehen	Ja
Smart , elektrisch	3 Acc. (xyz), LBF MEMS	Ja	8 Kanäle vorgesehen	ja

2.5. Schnittstellen, Datenflüsse und Datenmodelle

Innerhalb des Projektes W2W ist eine Vielzahl von Schnittstellen zu definieren, um den Datenaustausch zwischen allen beteiligten Systemen reibungslos abzuwickeln. Mit der Zielstellung, den Austausch der Daten hinsichtlich Form und Workflow zu spezifizieren ist die Grundlage für die zu entwickelnden Datenmodelle gelegt.

Die für W2W definierte Kommunikationsarchitektur ist in Bild 3 mit den Schnittstellen vorgestellt.

Die mit 1 – 6 nummerierten Schnittstellen haben folgende Funktionen:

1 - Zeitreihen in der VK-Datenbank (BelVis): Sämtliche Mess- und Sollwerte werden als Zeitreihen mit mindestens 1/4 h-Auflösung in BelVis gespeichert und verarbeitet.

2 – Dateiablage von Zeitreihen: Der Datenaustausch erfolgt über Filetransfer von Dateien im csv- Format. Das Basisverzeichnis ist auf dem Server MS0154 unter <D:\daten\w2w> hinterlegt und für alle Partner zugänglich.

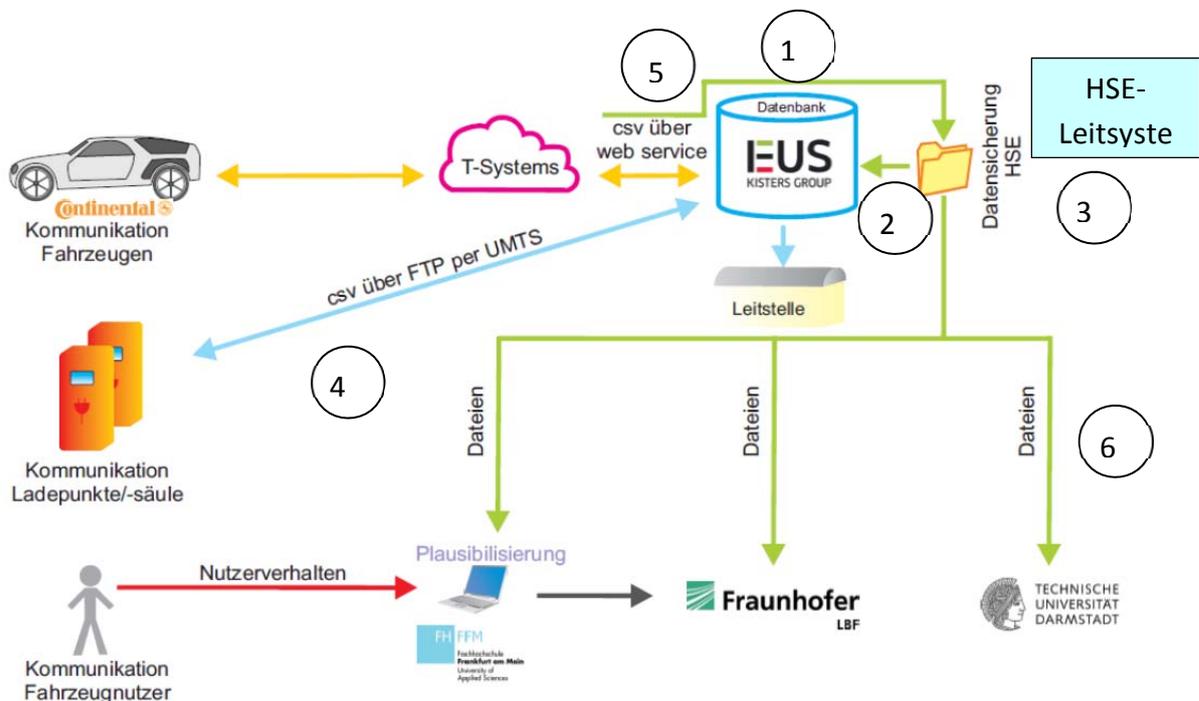


Abbildung 4. W2W-Kommunikationsarchitektur, Schnittstellen und Rollen der Partner

3 - Schnittstellen HSE - Leitsystem - VK-Leitstelle: In dem Unterverzeichnis

D:\daten\w2w\datenimporte_hse werden von dem Leitsystem der HSE zyklisch Dateien für den Import ins VK abgelegt und von dem VK hier abgeholt. Das Format ist gemäß Bild 4 spezifiziert.



AVNR	TXNR	BMTXT	S2_NAME	DIM	DBTM	WISO	MW	ST	Spq L2-N
1780:2160:*20	HAG TS WEA Biopark Süd T2	EEG-Einspeisung							"0338395";"Spq L2-N";"KV";"2013-08-26 15:30:15";"a";11,700064;"D"
1780:2160:*20	HAG TS WEA Biopark Süd T2	EEG-Einspeisung							"0338395";"Spq L2-N";"KV";"2013-08-26 15:30:30";"a";11,700064;"D"
1780:2160:*20	HAG TS WEA Biopark Süd T2	EEG-Einspeisung							"0338395";"Spq L2-N";"KV";"2013-08-26 15:30:45";"a";11,700064;"D"
1780:2160:*20	HAG TS WEA Biopark Süd T2	EEG-Einspeisung							"0338395";"Spq L2-N";"KV";"2013-08-26 15:31:00";"a";11,700064;"D"
1780:2160:*20	HAG TS WEA Biopark Süd T2	EEG-Einspeisung							"0338395";"Spq L2-N";"KV";"2013-08-26 15:31:15";"a";11,692739;"D"
1780:2160:*20	HAG TS WEA Biopark Süd T2	EEG-Einspeisung							"0338395";"Spq L2-N";"KV";"2013-08-26 15:31:30";"a";11,700064;"D"
1780:2160:*20	HAG TS WEA Biopark Süd T2	EEG-Einspeisung							"0338395";"Spq L2-N";"KV";"2013-08-26 15:31:45";"a";11,692739;"D"

Abbildung 5. Dateiformat zum Austausch von Daten zwischen Leitsystem und VK

4 – Schnittstelle Ladestellen – VK: Über die Schnittstelle werden csv-Dateien über GPRS/UMTS abgerufen und gesendet. Dazu gehören:

- Abruf Ampelphasen,
- Senden von Adhoc-Fehlermeldungen,
- Senden von Messwerten (1/4-Std. Werte zu Leistungsmessung, Spannung, cos φ),
- Arten der Ladestelle (ID-Kennung in Bezeichnung der csv-Datei)
 - Typ1: Tarifierungsbox (empfängt Ampelphasen; ID 10 bis 39),
 - Typ2: Tarifierungsbox + Ladesteuerung (Empfängt Ampelphasen + sendet Fehlermeldungen; ID 40 bis 69),
 - Typ3: Tarifierungsbox + Ladesteuerung + Messdaten (Empfängt Ampelphasen + sendet Fehlermeldungen + sendet Messdaten; ID 70 bis 99).

5 - Schnittstellen zu den Fahrzeugen: In ausgewählten Fahrzeugen wird die vom Partner Continental entwickelte Kommunikationsbox als Schnittstelle zwischen dem fahrzeuginternen Can-Bus und der Kommunikation mit dem VK eingesetzt (COM-Box). Die Kommunikation zwischen dem VK und den in Fahrzeugen installierten COM-Boxen erfolgt über WEB-Services mit csv-Files zum internen System des Partners Continental und von dort zu den Fahrzeugboxen.

Das VK stellt regelmäßig, mindestens einmal je Tag und bei Bedarf alle 15 Minuten aktualisiert, für jedes mit einer COM-Box ausgestattete Fahrzeug einen Fahrplan in stündlicher Auflösung für mindestens die nächsten 48 Stunden mit den Ampelphasen zur Verfügung.

Eine rote Phase bedeutet damit die Empfehlung einer Ladeunterbrechung. Die COM-Box entscheidet aufgrund fehlender Datenverbindung eigenständig, ob dieser zuletzt erhaltenen Empfehlung gefolgt wird. Beispiel: Rote Phase um 17:00 Uhr für die kommende Nacht erhalten, Fahrzeug in Tiefgarage abgestellt und kein Datenempfang mehr. In der Zwischenzeit könnte das VK eine neue Empfehlung gegeben haben, diese würde aber nicht empfangen werden können. Daher ggf. dennoch laden. Der Fahrer kann diese Entscheidung jederzeit überstimmen.

Die COM-Box stellt ihre Messwerte (GPS-Koordinaten, km-Stand, Ladezustand Akku, etc.) in der Cloud-Lösung von Continental in eine Datenbank ein. Diese Daten werden seitens Continental regelmäßig, z.B. alle 15 Minuten, mindestens aber einmal je Tag ausgelesen und fahrzeugscharf in einer csv-Datei auf einem definierten FTP-Verzeichnis auf dem HSE-Rechner per Filetransfer abgelegt. Von hier holt das VK die Dateien ab. Importierte Dateien werden aus diesem Verzeichnis vom VK entfernt.

6 - Schnittstellen zur Rot-Grün-Visualisierung und gesteuertes Laden (TU Darmstadt): Abruf von csv-Dateien via Ethernet um 18:00 Uhr mit Ampelphasen, Messwerten, Fehlermeldungen.

Prinzipiell ist bei den Datenmodellen zu unterscheiden zwischen Kommunikation und Datenverwaltung in Datenbanken.

Basierend auf den über die Schnittstellen spezifizierten Datenflüssen sind die Datenmodelle für den Datenaustausch zwischen allen beteiligten Systemen festgelegt hinsichtlich der Form (Datei, API, Webservice) und der Workflow des Austausches (Handshakes, Trigger).

Bei der Modellierung wird nach folgenden Typen unterschieden:

- Erzeuger, volatile Primärenergie: Dies sind Photovoltaik und Windenergieanlagen. Charakterisiert werden diese vor allem durch eine Einspeiseprognose. Im Rahmen dieses Projektes werden diese als nicht beeinflussbar abgebildet.
- Erzeuger, planbar: Dies sind z.B. BHKW (Erdgas oder Biogas), also auch KWK-Anlagen inkl. Wärmespeicher.
- Steuerbare Lasten (elektrische Heizungen, Wärmepumpen)
- Speicher, elektrisch: Rein elektrische Energiespeicher, charakterisiert durch max. Lade- und Entladeleistung, Verluste und Speichervolumen.
- Ladesäule bildet den Anschlusspunkt für einen Ladevorgang. Ob es hier zu einer Prognose des Ladebedarfs je Ladesäule oder indirekt über die Zuordnung von Fahrzeugen zu Ladesäulen kommt, ist noch zu klären. Das Datenmodell der Ladesäulen wird durch Ampelphasen (je $\frac{1}{4}$ h), max. Ladeleistung und Standort / Zellenzuordnung charakterisiert.
- Vertrag: Sämtliche monetären Bedingungen werden in Verträgen abgebildet. Diese können Arbeitspreise, Leistungspreise und Leistungsbereitstellungspreise (Regelenergie) enthalten. Auch gesetzliche bzw. regulatorische Entgelte sind hier zu berücksichtigen.

Der Datenaustausch sowohl bzgl. der Stammdaten (Identifikation neuer Fahrzeuge, Zuordnung zu einem Heimatpunkt in einer Netzzelle, Bilanzkreis und technische Daten wie Speicherkapazität, Ladecharakteristik) als auch von Bewegungsdaten (Zeitreihen bzgl. der Position, des Ladezustandes, der aktuellen Ladedauer/Ladestrom) wird über ein objektorientiertes Datenmodell realisiert.

Das gewählte Datenmodell ist mit aktuell diskutierten und realisierten Datenmodellen von virtuellen Kraftwerken (objektorientierte Modellierung) vereinbar und trägt gleichzeitig den Belangen des Projektes Rechnung bei. Das Datenmodell deckt alle im Projekt verwendeten verschiedenen Modelle von E-Mobilen ab und ist offen für andere Ausprägungen von Fahrzeugen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit in den einzelnen Netzzellen verschiedene Rot-Grün-Phasen zu visualisieren.

2.6. Anforderungen und Potenziale E-Mobile

Die Integration der E-Mobile über Ladestellen beeinflusst die Betriebsweise des elektrischen Verteilungsnetzes. Bei der Analyse dieser Einflüsse wird ein systemischer Ansatz verfolgt, durch welchen Einflüsse und Potentiale von E-Mobilen im gesamten HSE-Smart-Grid-Umfeld betrachtet werden. Durch den systemischen Ansatz werden nicht nur z.B. eventuelle wirtschaftliche Vorteile von E-Mobilen für die Eigentümer ermittelt, sondern auch Potentiale für die Netzstützung im Verbund eines virtuellen Kraftwerkes.

Netzsimulationen im Rahmen des Arbeitsfelds 3 werden diese Potenziale auf Basis der evaluierten Lade-, Speicher- und Energiemanagementstrategien für unterschiedliche Netzabschnitte untersetzen. Folgende Strategien sind definiert:

- Eigenbedarfsoptimiertes Laden: Lastmanagementstrategien der W2W-Fahrzeugnutzer, um mittels der E-Mobile z.B. den Eigenverbrauch ihrer Photovoltaikanlagen zu erhöhen,
- Pufferstrategien in Gebäuden zur Vermeidung auftretender Lastspitzen im Verteilnetz bei zeitgleichem Laden,
- Mögliche Systemdienstleistungen für das HSE-Verteilnetz:
 - Verbesserung der Spannungshaltung an kritischen Netzknoten und
 - Engpassmanagement (Vermeidung thermischer Überlastung) durch intelligente Ladestrategien

Die Anforderungen und Potentiale von E-Mobilen im Smart Grid ergeben sich in Abhängigkeit von den Rollen der Marktakteure, die Zugriffe auf die Ladezyklen von E-Mobilen haben. Diese wurden definiert.

Welche Herausforderungen und Potenziale E-Mobile im Verteilnetz bieten, ist abhängig von der konkreten Netztopologie. Hierzu wurden entsprechende Datensätze zu unterschiedlichen Netzstrukturen aufbereitet. Ebenso sind Erzeugungs- und Verbrauchsdatensätze angelegt worden. Die Auswertung von Stand- und Fahrzeiten von Fahrzeugnutzern ist ebenfalls erfolgt. Aktuell sind die Datensätze und Netzabschnitte für die im Arbeitsfeld 3 vorgesehenen Netzberechnungen formatiert und zugeordnet. Danach erfolgt die Implementierung in ein Netzberechnungsprogramm als Vorbereitung für die Netzsimulationen.

3. Betriebsplattform

Im Rahmen des Arbeitsfeldes 2 wird die komplette Betriebsplattform für das Projekt W2W mit allen Komponenten gemäß Bild 5 spezifiziert.

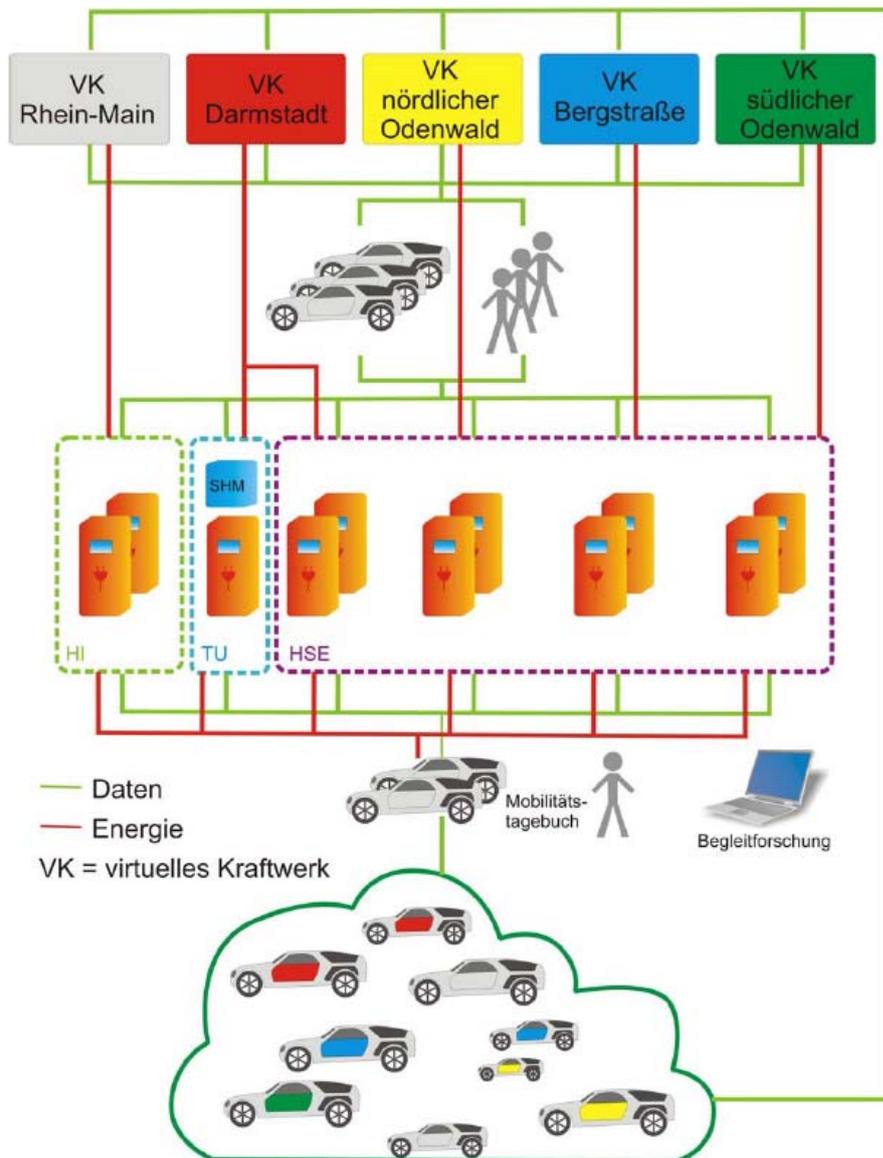


Abbildung 6. W2W-System mit den Komponenten der Betriebsplattform

Das fertiggestellte Pflichtenheft ist auf dem WEB-Portal des Projekts abrufbar [4].

3.1. Virtuelles Kraftwerk

Für das Virtuelle Kraftwerk bzw. die Einbeziehung der E-Mobile in dieses müssen die Fahrzeuge, die Ladepunkte, die Anzahl und Größe der Netzzellen sowie die Geschäftsmodelle modelliert und systemintegriert werden. Für die Bestimmung des Ladebedarfs (Menge und Zeitpunkt) der Fahrzeuge werden Prognosealgorithmen benötigt. Die dazu notwendigen Anforderungen sind in einem Anforderungsprofil zusammengestellt, das als Basis der nachfolgenden Spezifikationen im Pflichtenheft [4] dient. Da die Ladestellen 5 verschiedenen Netzzellen zugeordnet sind (Tabelle 3), ist für jede Netzzelle ein eigenes virtuelles Kraftwerk definiert, in dem die jeweilige Netz- und Erzeugungssituation

individuell für die Netzzelle abgebildet werden kann. Die Rot-/Grün-Phasen werden somit für jede Zelle getrennt bestimmt und können voneinander abweichen.

Den Fahrzeugen kann eine Heimatsteckdose und damit eine Heimatnetzzelle zugeordnet werden, sie können aber auch in andere Zellen fahren und dort laden.

Die in Tabelle 2 zusammengefassten Geschäftsmodelle sind im Virtuellen Kraftwerk als Markt mit Kosten und Erlösen modelliert.

Eine Voraussetzung für den Erfolg der Geschäftsmodelle ist die Prognosegüte.

Für die Erstellung und die Adaption einer Prognose werden historische Daten benötigt. Zur Identifikation werden daher fahrzeugspezifische Zeitreihen, wie km-Stände, Durchschnittsgeschwindigkeiten, Außentemperatur, Ladezustand und Energiebedarf benötigt.

Es sind grundsätzlich zwei Ansätze anwendbar. Ein modellbasierter Ansatz, bei dem über eine Modellannahme eine Beziehung zwischen Profil der Strecke (Stadt, Land, Autobahn), Außentemperatur, Streckenlänge und Fahrzeugtyp ein Energiebedarf berechnet wird. Alternativ wird eine Korrelationsanalyse auf historische Zeitreihen ausgeführt, bei der ein Prognosealgorithmus die Lastdaten sowie die Eingangsdaten analysiert und ein Modell erstellt. In jedem Fall ist die Umgebungstemperatur, bei der geladen wird, relevant.

Aus Sicht des Netzbetreibers ist die aus dem Netz aufgenommene Leistung wichtig. Dabei müssen nicht nur das von der Fahrleistung abhängige Laden sondern auch andere laufende Verbräuche des Fahrzeugs mit berücksichtigt werden (z.B. Heizung).

Die Ampelphasen sollen mit einem Vorlauf für die nächsten 48 Stunden ermittelt werden, daher ist der Ladebedarf für mindestens diese Zeit zu prognostizieren.

Die Optimierung im VK führt die Einsatzplanung aller modellierten Elemente für den Day-ahead-Prozess gleichzeitig und in einem Schritt durch. Der Prozess stellt sich wie folgt dar:

1. Bereitstellen Prognosen (Lasten, Wetter, Preise),
2. Bereitstellen der Ladebedarfsprognosen (E-Mobile, an welchem Standort),
3. Bereitstellen von Verfügbarkeitsinformationen (z.B. Revisionen / Ausfälle von Erzeugern),
4. Bereitstellen des aktuellen Zustandes von Batterien und Erzeugern als Startbedingung der Optimierung,
5. Bestimmung der Ampelphasen, des Fahrplans / Prognosen für die Erzeugungsanlagen, und des Fahrplans der Batterien durch das Virtuelle Kraftwerk,
6. Export der so erzeugten Fahrpläne an die Ladesäulen und die Leitwarte.

Die Prognose des Day-ahead-Prozesses weicht normalerweise im Tagesverlauf ab. Die Prognosegüte wird durch Intra-day-Korrekturen deutlich verbessert.

Die Optimierung im VK führt die Einsatzplanung aller modellierten Elemente für den Intra-day-Prozess gleichzeitig und in einem Schritt durch. Die Prozessabläufe der Intra-day-Prognose sind identisch zur Day-ahead-Prognose.

3.2. Fahrzeugintegration

Für die Fahrzeugintegration in das Mobilitätsmanagement werden verschiedene Verfahren angewendet:

- Rot-Grün-Visualisierung an den Ladesäulen und Ladepunkten,
- Fahrerinformation per E-Mail, Web oder SMS über die Ampelphasen an seiner Ladestelle bzw. an Ladestellen in Standortnähe

Für die Rot-Grün-Visualisierung werden 3 Ladesäulen der Firma ABB nachgerüstet. Für die Ladepunkte sind von der TUD entsprechende Anzeigeboxen entwickelt. Nach den Prototypen werden 14 weitere dieser Boxen in der Ausbildungswerkstatt der HSE gefertigt. Die Standorte der hochgerüsteten Ladestellen sind in Tabelle 3 angegeben.

Die Fahrerinformation über Mobilfunk ist in Diskussion mit Nutzern fertig designt.

Die COM-Box stellt Messwerte (GPS-Koordinaten, km-Stand, Ladezustand, Status Zündung an/aus, Ladestecker an-/abgesteckt, etc.) in der Cloud-Lösung von Continental in eine Datenbank ein. Die Prototypenentwicklung der COM-Boxen wurde für die Fahrzeugtypen

- i-MiEV,
- E-Smart,
- Ampera,
- Renault-Kangoo

im Juli 2014 abgeschlossen.

Da der Ampera zwei unterschiedliche Can-Bus-Systeme betreibt, wurde hier eine zusätzliche Sonderentwicklung erforderlich, um Daten beider Systeme (Bewegungsdaten, energetische Daten) zu erfassen.

Der Einbau-Rollout wird ab M7/14 für insgesamt 20 Fahrzeuge auf der Grundlage der Continental-Bereitstellungen von Boxen, Kabeln und Einbuanleitungen erfolgen.

3.3. Steuerungsanforderungen

Für die aktive Ladesteuerung der E-Mobile muss die in Abschnitt 2.5 erläuterte Kommunikation zwischen den Komponenten VK, Ladestellen und Fahrern/ Fahrzeugen etabliert sein. Die Anforderungen an diese Steuerung bzw. Kommunikation sind definiert. Dabei ist den verschiedenen Arten von Ladesäulen Rechnung getragen.

Vom Leitsystem der HSE werden zyklisch Dateien für den Import zum VK abgelegt und von dem VK hier abgeholt. Abgeholte Dateien werden verschoben und somit aus diesem Verzeichnis entfernt. Die Dateien enthalten jeweils mindestens die Werte der letzten ¼ h und maximal für einen Tag. In Gegenrichtung erfolgen die Übergaben der Sollfahrpläne für die im HSE-Netz angeschlossenen steuerbaren Erzeuger und Batterien.

Das Format für den Austausch der csv-Dateien zwischen dem VK und Continental-Server ist in Tabelle 5 beschrieben.

Tabelle 5. Datenaustausch zwischen VK und Continental-Server – COM-Box

Date	Vehicle ID	Number plate	Chrg	RtC	SoC	RR	Odo	Spd	TBatt	ECons	EChrg	ERecu	Ign	TOut	PosLat	PosLong
26.11.13 00:00:40	3484	TE-ST 0123	0	0	66	63	13431	0	16	0,32	2,97	0,05	0	12	49,88468	8,651085

Erläuterung der Spalteninhalte:

ID	Bedeutung	Format
Date	Datum und Uhrzeit, zu der die Daten im Fahrzeug ermittelt wurden	TT.MM.JJ hh:mm:ss
VehicleID	Eine von Continental im System angelegte interne ID	String
Number plate (optional)	Kennzeichen. Optional, falls Zuordnung über ID nicht eindeutig wäre, wird nicht übertragen.	String
Chrg	Flag, das anzeigt, ob das Fahrzeug aktiv lädt	0/1
RtC	Ready to Charge - dieses Flag zeigt an, dass das Fahrzeug mit einer externen Stromquelle verbunden wurde, und somit bereit ist, das Laden zu beginnen	0/1
SoC	State of Charge - Ladestand der Hochvolt-Batterie (wird von Fahrzeug-CAN gelesen). Unter bestimmten Bedingungen können auch Werte leicht über 100% auftreten.	%
RR	RemainingRange - verbleibende Reichweite (wird von Fahrzeug-CAN gelesen)	km
Odo	Odometer - Kilometerstand des Fahrzeugs (wird von Fahrzeug-CAN gelesen)	km
Spd	Speed - Fahrzeuggeschwindigkeit (wird von Fahrzeug-CAN gelesen)	km/h
TBatt	Battery Temperature - Temperatur der Hochvoltbatterie (wird von Fahrzeug-CAN gelesen)	°C
ECons	Energy consumed - akkumulierte Energie, die bei der Fahrt aus der Batterie entnommen wird. Der Wert wird kontinuierlich weitergeführt. Die Basis liefert die momentane elektrische Leistung, die vom Fhz-CAN gelesen wird.	kWh
EChrg	Energy charged - akkumulierte Energie, die beim Ladevorgang in die Batterie geführt wird. Der Wert wird kontinuierlich weitergeführt. Die Basis liefert die momentane elektrische Leistung, die vom Fhz-CAN gelesen wird.	kWh
ERecu	Energy recuperated - akkumulierte Energie, die beim Fahren in die Batterie geführt wird. Der Wert wird kontinuierlich weitergeführt. Die Basis liefert die momentane elektrische Leistung, die vom Fhz-CAN gelesen wird. Anmerkung: möchte man den Energieverbrauch des Fahrzeugs pro 100km bestimmen: $E_Verbrauch_pro_km = (\delta_ECons - \delta_ERecu) / (\delta_Odo)$ $\delta = \text{Endwert} - \text{Startwert}$	kWh
Ign	Ignition – Flag, das anzeigt, ob das Fahrzeug "fahrbereit" (im Kombiinstrument wird "ready" angezeigt) ist.	
TOut	Außentemperatur - (wird von Fahrzeug-CAN gelesen, falls dort verfügbar)	°C
PosLat / PosLong	Geo-Koordinaten aus dem systeminternen GPS-Empfänger	GRAD / double
Free Battery Capacity (optional)	Gibt an, wieviel Energie vom Auto aufgenommen werden kann (theoretisch). Der Wert berechnet sich aus der nominellen Batteriekapazität und dem aktuellen SoC: $E_free = E_bat * SoH * (1 - SoC)$	kWh
maxCharge Current (optional)	Einige Fahrzeuge (aktuell nur für den Kangoo bekannt) liefern die Information über den vom Ladeanschluss bereitgestellten maximalen Ladestrom (wechselstromseitig).	A

In Gegenrichtung stellt das VK dem Continental-Server maximal alle 15 Minuten je Fahrzeug eine Datei mit der entsprechend der GPS-Koordinaten des Fahrzeugs netzzellenbezogenen Ampelphase zur Verfügung. Diese Dateien werden in dem Unterverzeichnis „Ampelphasen“ auf dem FTP-Server abgelegt. Der Abruf und das Senden der csv-Dateien zwischen den Ladestellen und dem VK erfolgt über Funk GPRS/UMTS.

Der Abruf der Ampelphasen seitens der TU Darmstadt von dem VK (via dem FTP-Server) erfolgt täglich um 18:00 Uhr. Die TU Darmstadt legt täglich um 19:00 Uhr auf dem FTP-Server die erfassten Messwerte ab (¼ h-Werte Leistung, Spannung, Leistungsfaktor). Auftretende Fehlermeldungen werden spontan in einer Datei abgelegt.

Für die verschiedenen Kommunikationswege werden Datenvolumen gemäß Tabelle 4 erwartet:

Tabelle 6. Übersicht über die Datenflüsse zwischen den Systemkomponenten

Quelle	Senke	Werte je Stunde	Werte je Datei	Dateien je Tag	Werte je Tag	Werte je Jahr
Continental-Backendserver	VK (via FTP)	Je 1/4h und je Fahrzeug (20), 18 Werte je Zeitstempel	360	96	34.560	12.614.400
VK	Continental-Backendserver (via FTP)	Alle 1/4h Ampelphasen je Fahrzeug (20) für nächsten 96 1/4h	1.920	96	184.320	67.276.800
Leitwarte	VK (via FTP)	9 Batterien, 9 PV, 10 Einspeiser, jeweils Istwerte P, im Mittel 4 Zeitstempel je Datei	112	96	10.752	3.924.480
VK	Leitwarte (via FTP)	Sollwerte als 1/4h Fahrplan für die nächsten 96 1/4 h für 9 Batterien, 9 PV und 10 Einspeiser	2.688	96	258.048	94.187.520
Ladesäulen (TUD-Server)	VK (via FTP)	1/4h Messwerte P, cos phi, U für 9 Säulen, einmal täglich	2.592	1	2.592	946.080
VK	Ladesäulen (TUD-Server)	Ampelphasen (5) für die nächsten 96 1/4h, einmal täglich abgeholt	96	5	480	175.200

Die Datenzugriffe sind je Projektpartner durch die Zugangsberechtigungen zu den relevanten Servern geregelt. Für jeden beteiligten Partner wurde mindestens ein User eingerichtet.

Für das W2W-System sind die Testfälle zur Verifizierung des plausiblen und sicheren Datenverkehrs unterteilt in Modultests für alle Systemkomponenten bis hin zum Systemintegrationstest definiert [4].

3.4. Sicherheit und Zuverlässigkeit

Ziel dieses Arbeitspakets ist die Aufnahme von sicherheits- und/oder zuverlässigkeitsrelevanten Attributen der in W2W verwendeten Komponenten und Systeme in das zu erarbeitende Pflichtenheft. Dazu müssen diese Komponenten und Systeme bekannt sein, benannt und entsprechend analysiert werden. Insbesondere sind auch die zu erfüllenden Anforderungen hinsichtlich Sicherheit/Zuverlässigkeit zu erfassen und zu dokumentieren. Diese Erfassung und Analyse hat in Kooperation mit den Partnern in W2W zu erfolgen, die für die Erstellung der sicherheits-/zuverlässigen Komponenten und Systeme verantwortlich sind.

Diese sicherheits- und/oder zuverlässigkeitsrelevanten Attribute sind im ersten Berichtsjahr erfasst und wurden in das Pflichtenheft [4] übertragen.

Die eine Bestandsaufnahme ergibt eine hierarchisch gegliederte Systemstruktur, deren Gliederungsebenen die Grenzen des Gesamtsystems und die enthaltenen Teilsysteme, im Wesentlichen dem virtuellen Kraftwerk, der Smart-Grid-Zelle und den übergeordneten Versorgungsnetzen in den obersten Gliederungsebenen widerspiegeln. In den unteren Ebenen der Strukturdarstellung sind die funktionalen Einheiten gruppiert, die wiederum deren Einzelbestandteile aufzeigen.

Die für das Projekt W2W im Wesentlichen relevante Systemstruktur ist mit ihren Subkomponenten in Bild 6 dargestellt.



Abbildung 7. Auswahl der Subsysteme für die Zuverlässigkeits- (grün) und Sicherheitsbetrachtung (rot).

Die nachfolgende Umsetzung dieses Themenfeldes umfasst die folgenden Schritte, deren hierarchische Anordnung und Zusammenspiel auch in Bild 7 visualisiert ist:

- Erstellung der System- und Funktionsstruktur des Systems (z.B. analog zum Schema der Failure Mode and Effects Analysis - FMEA)
- Eruierung der Datenlage zu den technischen Teilsystemen (z.B. Ausfallraten, Nutzungsszenarien, Belastungen / Belastbarkeit, etc. ...)
- Auswahl von Beispiel-Nutzungsszenarien (z.B. ein zusammenhängender Komplex aus Fahrten, Datenkommunikation, Reaktion des Nutzers, Aufladen, ... usw.)
- Festlegung von Zuverlässigkeits- und Sicherheits-Zielen für die Subsysteme anhand der Nutzungsszenarien
- Durchführung von Experten-Workshops zur Datenerhebung z. B. FMEA, Risikoanalyse u.a.



Abbildung 8. Schematischer Ablauf der Untersuchungen zu Zuverlässigkeit und Sicherheit

4. Entwicklungsfortschritte und erste Erfahrungen in praktischer Umsetzung

4.1. Rot-Grün Visualisierung per Internet und Smart Phone

Die Rot-Grün-Visualisierung per Smart Phone wurde zunächst als Pilotierung entworfen, den Nutzern vorgestellt und mit ihnen diskutiert. Aufgrund des Nutzer-Feedbacks wurde das in Bild 8 dargestellte Design für die WEB-Präsentation implementiert.

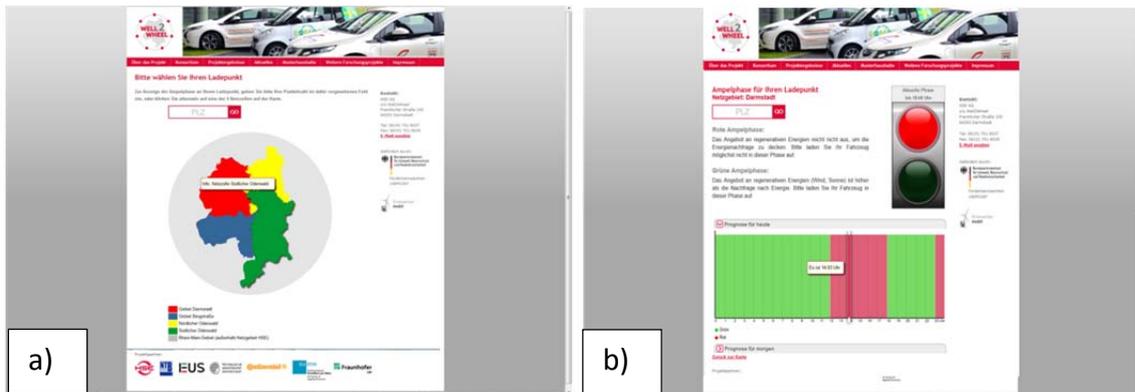


Abbildung 9. Internet-Darstellung der Ampelphasen: a) Standortwahl, b) Prognose

Der Nutzer wählt im Eingangsmenü seinen Standort ggf. nach Postleitzahl aus, womit die Zuordnung zur Netzzelle erfolgen kann (Bild 8a). Im darauf folgenden Display (Bild 8b) werden die aktuelle Ampelphase sowie die prognostizierten Änderungen im Tagesverlauf angezeigt. Eine Erläuterung der Bedeutung der Ampelphasen wird gegeben. Die Möglichkeit der Ampelphasendarstellung über das Smart Phone oder Tablet ist in Bild 9 gezeigt.

Abbildung 10. Standortwahl und Visualisierung der Ampelphasen über Smart Phone oder Tablet



Auch hier wird zunächst die Standortwahl durchgeführt und anschließend wird die netzzellenspezifische Prognose angezeigt.

4.2. Ladesäulen und Ladepunktboxen

Von der TU Darmstadt wurden drei unterschiedliche Ladesäulen gemäß Bild 10 hinsichtlich ihrer Eignung auf die Nachrüstung zur Ampeldarstellung untersucht.

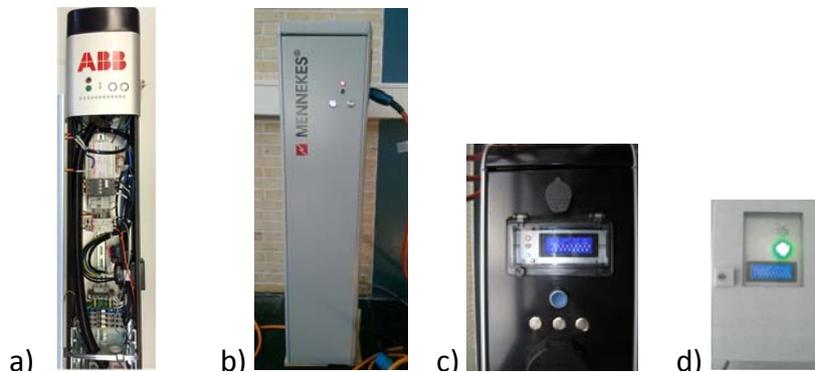


Abbildung 11. Ausrüstungen für die Signalisierung der Ampelphasen

- a) ABB-Säule für gesteuertes Laden
- b) Mennecke-Standsäule mit KNX- Schnittstelle
- c) Mennekes-Wandbox
- d) Tarifvisualisierungsbox für Ladepunkte

Die ABB- Ladesäule (Bild 10a) ist aufgrund günstigerer Platzverhältnisse besser für die Nachrüstung geeignet. Der Prototyp wurde im Juni 2014 fertiggestellt. Die Nachrüstung ist für zwei weitere Säulen vorgesehen.

Die Mennekes-Ladesäule (Bild 10b) wurde zur Einbindung in das Energiemanagement der Gebäudeautomatisierung mit einer KNX-Schnittstelle erweitert. Das bestehende Gebäudeautomatisierungssystem am SurPLUShome basiert auf dem KNX-Feldbussystem. Der Prototyp wurde konzipiert und wird bis November 2014 in das gesamte Energiemanagement des SurPLUShome mit PV-Anlage, Lithium-Ionen-Speicher und flexiblen Haushaltsverbrauchern eingebunden. Danach erfolgt die Entwicklung und Implementierung unterschiedlicher Strategien eines autarken Energiemanagements (Eigenverbrauchsoptimierung, regeneratives Laden, Netzstützung, etc.).

Die Tarifvisualisierungsbox für die Ladepunkte (Bild 10d) ist ebenfalls fertig projiziert. Sie ermöglicht die Anzeige der aktuellen Ampelphase und einer Prognose für die kommenden 12 Stunden an öffentlichen Standorten (z.B. Parkplätzen). Die Tarifübertragung erfolgt via GPRS/UMTS. Es wurden Bauzeichnungen angefertigt, das Material beschafft und die ersten Prototypen gefertigt. Die Fertigung von insgesamt 15 Boxen ist im August 2014 abgeschlossen. Anschließend erfolgen Langzeittests der Systeme.

4.3. Ergebnisse aus der COM-Box

Es liegen bereits erste Auswertungen zum Nutzungsverhalten eines an Pilotkunden seit Dezember 2013 vergebenen E-Mobiles mit eingebauter COM-Box vor (i-MiEV, 70 Ladevorgänge). Die Auswertungen basieren noch nicht auf einer ausreichenden statistischen Basis, zeigen aber erste Trenderkenntnisse, die durch eine größere statistische Breite mit mehr Fahrzeugen, mit unterschiedlichen Nutzern und über längere Zeiträume zu untersetzen sind.

Es wurden dabei 2.554 km Strecke gefahren bei einer Energieaufnahme von 390 kWh. Im Mittel entspricht das 155 Wh/km. Trotz Nutzung der Heizung in den Wintermonaten entspricht das einem energieäquivalenten Benzinverbrauch von 1,5 l / 100 km. Die mittlere Energieaufnahme betrug pro Ladevorgang 5,5 kWh, was 42 % der Batteriekapazität entspricht.

Bild 11 gibt eine Zusammenfassung des mittleren Nutzungsverhaltens in Monaten mit aktiver Fahrzeugnutzung (Januar und März 2014).

Hier ist die Nutzung für Fahrten zwischen 5:30 Uhr und 22:00 Uhr verteilt. Zwischen 7:00 Uhr und 8:30 Uhr bzw. gegen 15:00 Uhr sowie 17:00 Uhr ist die Wahrscheinlichkeit des Fahrens mit ca. 10 % am höchsten.

Die aktive Ladezeit hat eine deutliche Spitze bis zu 40 % Wahrscheinlichkeit zwischen 19:00 Uhr und 20:00 Uhr. Das stellt für das Netz eine besondere Herausforderung dar, da in dieser Zeit auch die abendliche Lastspitze liegt.

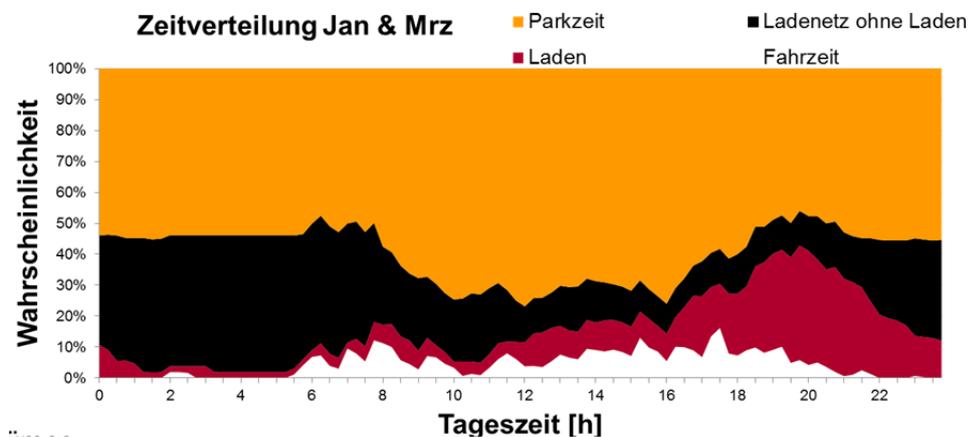


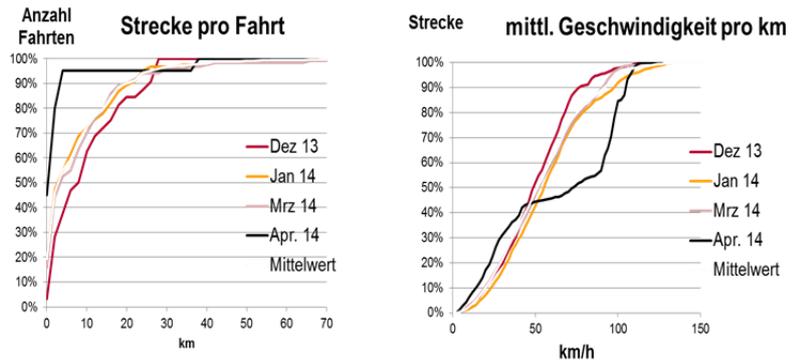
Abbildung 12. Mittleres E-Mobil-Nutzungsprofil im Tagesverlauf

Die sehr hohen Zeitanteile des Netzanschlusses ohne Laden zeigen aber auch die Möglichkeiten zur Verschiebung des Ladevorgangs in günstigere Zeiten, insbesondere in den Nachtstunden, auf.

Die meiste Zeit (von 50 % bis zu 70 % Wahrscheinlichkeit) wird das E-Mobil ohne Netzanschluss geparkt. Auch hier würde bei Vorhandensein öffentlicher Ladesäulen an Parkplätzen eine hohe Ladeflexibilität möglich sein.

Die COM-Box liefert auch wertvolle Aussagen zum Fahrverhalten der Nutzer hinsichtlich Fahrstrecken und Geschwindigkeit, wie in Bild 12 dargestellt. Das E-Mobil wird in der Regel nur für die kurzen Strecken des alltäglichen Bedarfs (mittlere Fahrstrecke 8,08 km - Bild 12a) eingesetzt und die Verteilung der Geschwindigkeiten (mittlere Geschwindigkeit 41,2 km/h - Bild 12b) lässt auf bevorzugten Einsatz im Stadtgebiet schließen.

Abbildung 13. Fahrverhalten bei der E-Mobilnutzung



Wichtige Erkenntnisse können auch zum Ladeverhalten und zu den energetischen Eigenschaften gewonnen werden. Bild 13 zeigt die Auswertung des Ladeverhaltens abhängig vom Ladezustand der Batterie (State of Charge – SOC). Es zeigt sich, dass die Batteriekapazität ganz selten (< 8 %) bis auf 20 % Entladungstiefe ausgenutzt wird. Über 50 % der Ladevorgänge werden bei einem SOC von 50 % gestartet.

Andererseits werden ca. 30 % der Ladevorgänge vor dem Erreichen eines SOC ≥ 90 % abgebrochen. Auch aus diesem Verhalten lässt sich eine hohe Flexibilität für die Verschiebbarkeit der Ladevorgänge ableiten.

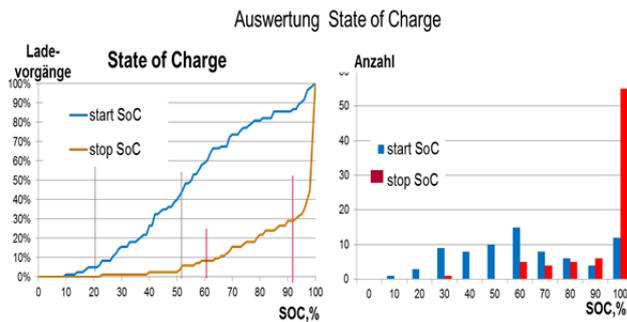


Abbildung 14. Mittleres Ladeverhalten abhängig vom SOC

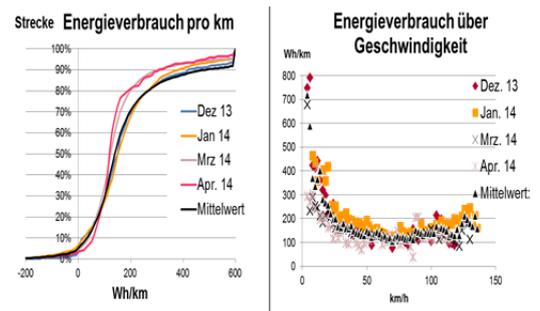


Abbildung 15. Abhängigkeiten des Energieverbrauchs

Die Abhängigkeiten des Energieverbrauchs sind in Bild 14 dargestellt. Auf 80 % der Fahrtstrecken konzentriert sich der Energieverbrauch um den Mittelwert 155 Wh/km, während geringe Verbräuche von 50-100 Wh/km sowie hohe Verbräuche von 300 – 600 Wh/km jeweils nur auf 10 % der Strecken entfallen. Der geschwindigkeitsabhängige Energieverbrauch zeigt eine deutliche Varianz – bei Anfahren bis zu 750 Wh/km, im Geschwindigkeitsbereich 50 – 100 km/h zwischen 100 und 150 Wh/km und 200-250 Wh/km bei Geschwindigkeiten von 100 bis 120 km/h.

Diese interessanten Auswertungen werden mit dem Einbau von 20 COM-Boxen in verschiedenen E-Mobilen weitergeführt.

4.4. Mechanische Prüfeinrichtung

Eine wichtige Komponente für die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Ladevorgänge ist die Steckverbindung zwischen Fahrzeug und Netzanschluss, die hohen mechanischen aber auch thermischen Belastungen durch den Stromdurchfluss ausgesetzt ist. Zur Lebensdaueruntersuchung von fahrzeugseitigem Ladegerät und Ladestecker wurde eine spezielle Prüfvorrichtung gemäß Bild 15 bei Fraunhofer LBF entwickelt.

Diese Vorrichtung ist so konstruiert, dass sie die unterschiedlichen Arten, wie ein Stecker vom Nutzer in die Ladestation gesteckt wird, abbilden und auf Abnutzung testen kann.

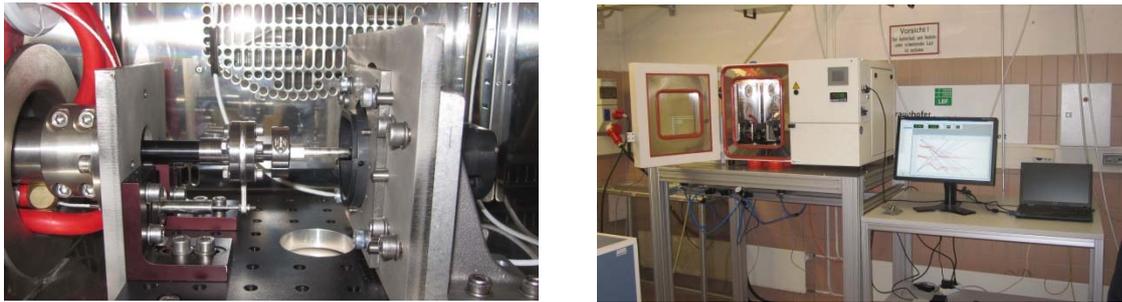


Abbildung 16. Mechanische Prüfeinrichtung und Computerauswertepplatz für Steckverbindungen

Mit der Entwicklung und Konstruktion dieser komplizierten Einrichtungen sind die Voraussetzungen für umfangreiche Festigkeits- und Stabilitätsuntersuchungen geschaffen.

5. Sozialwissenschaftliche Auswertung zum Nutzerverhalten

Die Fachhochschule Frankfurt am Main hat sich zum 1. Juli 2014 umbenannt in Frankfurt University of Applied Sciences. Die sozialwissenschaftliche Begleitforschung der Hochschule trägt kontinuierlich während der Projektlaufzeit dazu bei, dass die Nutzerinnen und Nutzer der E-Fahrzeuge im Fokus bleiben, um aus der Verhaltensanalyse Schlussfolgerungen für die Akzeptanz einer künftigen Breitenanwendung der in W2W untersuchten Verfahren zu gewinnen.

In Abstimmung mit den Partnern wurde eine Systematik mit unterschiedlichen Befragungsbausteinen entwickelt, die auch auf die verschiedenen Nutzergruppen spezialisiert wurden. Im Vorfeld gab es einige organisatorische Aspekte zu lösen bezüglich Datenschutz und Anonymität der Teilnehmer. Tabelle 5 zeigt die Übersicht zur Systematik der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung mit den unterschiedlichen Befragungsbausteinen. Es werden Befragungen zum Mobilitätsverhalten, zu den Erfahrungen und den Erwartungen an die E-Fahrzeuge auf Basis von Fragebögen in drei Stufen durchgeführt. Die Nutzerinnen und Nutzer führen ergänzend dazu Mobilitätstagebücher.

Tabelle 7. Systematik der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung

Baustein	Befragungsform	Zeitpunkt	Themen
Befragungen zu den Themen Mobilität und Elektrofahrzeugen			
T0-Befragung (AP 6.1)	Online-Fragebogen	vor der ersten Nutzung des Elektrofahrzeuges	aktuelles Mobilitätsverhalten; Erwartungen an das Elektrofahrzeug
T1-Befragung - Sommer und Winter (AP 6.2)	Online-Fragebogen	abhängig von Nutzergruppe: üblicherweise nach 3-5 Fahrten oder nach einer Woche (bei Testnutzern); jeweils ein halbes Jahr später im Sommer bzw. Winter	bisherige Nutzung des E-Fahrzeuges; Erfahrungen mit dem Elektrofahrzeug; Einstellungen zum Thema Elektromobilität
T2-Befragung - Sommer und Winter (AP 6.3)	Online-Fragebogen	nach mehreren Monaten der Nutzung; jeweils ein halbes Jahr später im Sommer bzw. Winter	Alltagserfahrungen mit dem E-Fahrzeug
Mobilitätstagebücher			
M0-Mobilitätstagebuch (AP 6.8)	Papierheft, das ausgefüllt werden muss	vor der ersten Nutzung des Elektrofahrzeuges; mindestens für eine Woche zu führen	Eintrag jedes zurückgelegten Weges (unabhängig von Verkehrsmittel und Zweck)
M1-Mobilitätstagebuch (AP 6.9)	Papierheft, das ausgefüllt werden muss	während der Nutzung des Elektrofahrzeuges; mindestens für eine Woche zu führen	Eintrag jedes zurückgelegten Weges (unabhängig von Verkehrsmittel und Zweck)
Befragung zum Ladeverhalten			
L0-Befragung (AP 6.5)	Online-Fragebogen	nach einigen Wochen der Nutzung	Ladegewohnheiten; Erfahrungen mit dem Laden
L1-Befragung (AP 6.5)	Online-Fragebogen	nach Einführung der Ampel-Signalisierung	Einfluss der Ampel auf das Laden

Ladetagebücher			
LT0-Befragung (nicht in der Vorhabensbeschreibung vorgesehen)	Papierheft, das ausgefüllt werden muss	nach einigen Wochen der Nutzung	Eintrag jeder Fahrt und jeder Ladevorgang mit dem E-Fahrzeug
LT1-Befragung (nicht in der Vorhabensbeschreibung vorgesehen)	Papierheft, das ausgefüllt werden muss	nach Einführung der Ampel-Signalisierung	Eintrag jeder Fahrt und jeder Ladevorgang mit dem E-Fahrzeug; evtl. Angabe der Ampel-Signalisierung
Fokusgruppenworkshops			
Workshops „Mobilitätsverhalten“ (AP 6.4)	Gruppenworkshops	Sommer 2014 und Winter 2014/15	Fragen der täglichen Mobilität und Integration der Elektromobilität in diese
Tiefeninterviews			
Interviews „Bedienungsfreundlichkeit“ (AP 6.6)	Einzelinterviews	Im Anschluss an die Workshops	Bedienungsfreundlichkeit der Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur; Ampel-Signalisierung
Experteninterviews zur Projektevaluation (AP 6.7)	Einzelinterviews	Zweite Hälfte des Projektzeitraumes	Projektevaluation, sowie Beurteilung der Nutzerwünsche und -erwartungen

Befragungen zum Ladeverhalten insbesondere hinsichtlich der Beeinflussung durch die Ampelphasen werden auf Basis weiterer Fragebögen in zwei Stufen organisiert. Auch hierzu sind entsprechende Ladetagebücher entwickelt worden.

Befragungen und Tagebuchaufzeichnungen werden teilweise ergänzt durch die Auswertungen der COM-Boxen.

Zur Vertiefung der sozialwissenschaftlichen Erkenntnisse werden Fokusgruppenworkshops und Tiefeninterviews durchgeführt.

Die beschriebene Systematik ist mit allen inhaltlichen Details konzipiert und entwickelt. Mit den Partnern, die E-Fahrzeuge im Rahmen des Vorhabens zur Verfügung stellen, wurde das genaue Vorgehen bei den Befragungen besprochen.

Bis zum Ende des ersten Projektjahres konnten erste Ergebnisse erzielt werden.

Es wurden u.a. folgende Daten erhoben und ausgewertet:

- Die Nutzerzusammensetzung ist nach Geschlecht und Alter analysiert.
- Die Art und Häufigkeit der Nutzungen wurden erfasst (Bild 16a und b).
- Die Kosteneinstellungen wurden befragt und ausgewertet (Bild 16c).
- Die Einstellungen zur E-Mobilität wurden allgemein erfasst und ausgewertet.

- Der Nutzertest zur Ampelsignalisierung erbrachte eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen.
- Die Tiefeninterviews bei EAD wurden bezüglich Erfahrungen und Feedback der Nutzer ausgewertet.

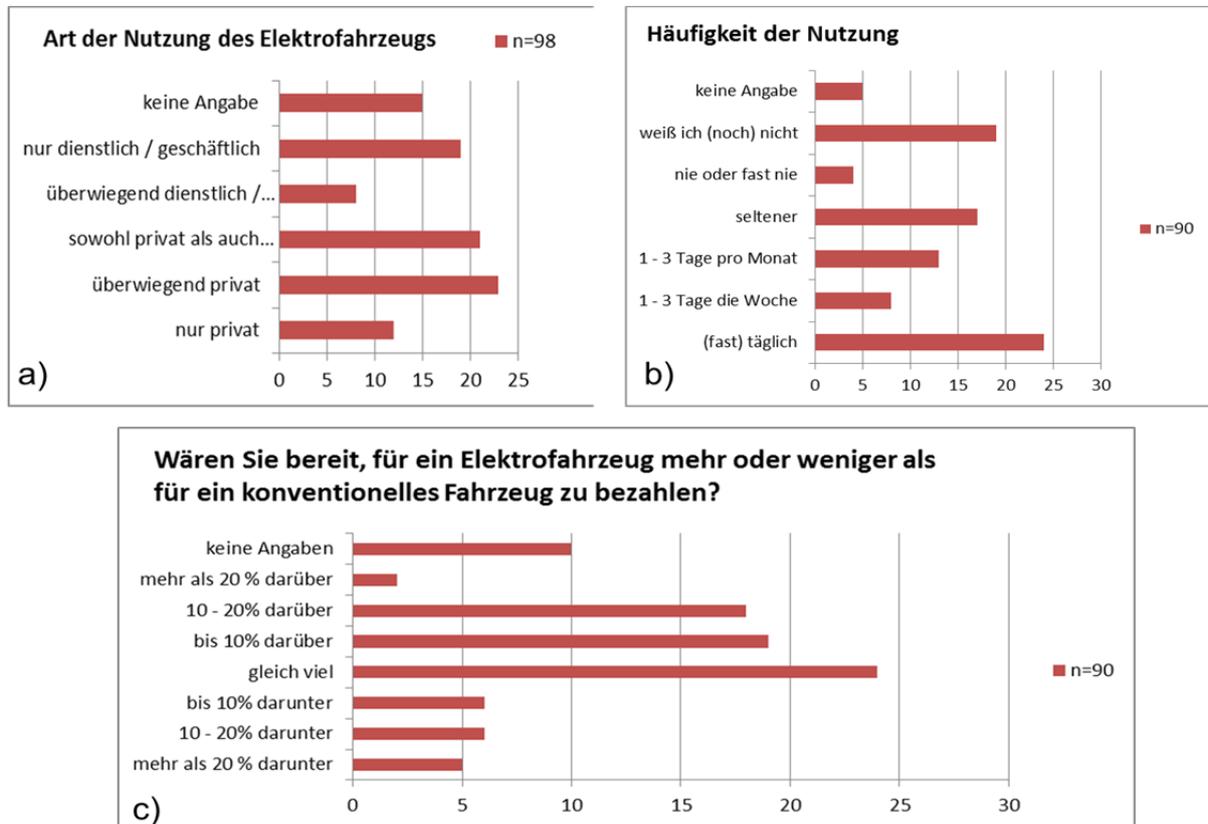


Abbildung 17. Ergebnisse von Erhebungen zu a) Nutzungsart, b) Nutzungshäufigkeit, c) Einstellung zu Kosten

Die ersten Fokusworkshops wurden für den Mai/Juni 2014 konzipiert und geplant. Die weiteren Tiefen- und Experteninterviews und Befragungsstufen werden gemäß Systematik planmäßig erfolgen.

6. Öffentlichkeitsarbeit

Das Arbeitsfeld „Dissemination“ dient der öffentlichkeitswirksamen Verbreitung der Ergebnisse des W2W-Projekts in der Tages- und Fachpresse, in Massenmedien, im Internet, auf Tagungen und auf Nutzerveranstaltungen. Ein projektbezogenes Video sorgt für anschauliche Darstellungen der Ziele.

6.1. Internet, Medien und Demonstrationsvideo

Zum Projektstart wurde eine Pressekonferenz durchgeführt, die eine Reihe von Presseberichten über das Projekt erbrachte.

Der Flyer zum Projektstart wurde erstellt und vom Projektträger freigegeben.

Die Internetseite des Projekts www.well2wheel.de ist seit Juli 2013 eröffnet und wird kontinuierlich gepflegt. Über die Seite werden nicht nur Informationen zum Projekt an die Öffentlichkeit gegeben.

Das Portal wird auch zum Dialog mit den E-Mobilnutzern eingesetzt, bietet Nutzerinformationen und Anleitungen und präsentiert die Prognosen der Ampelphasen. Für das Projektvideo wurde das Drehbuch erstellt und ein erster Entwurf im Konsortium vorgeführt. Die dabei vorgeschlagenen Anregungen werden umgesetzt, sodass das Video in der Endversion bis September 2014 allen Partnern zur Verfügung gestellt werden kann. Auf mehreren Tagungen wurden die Projektziele und das Vorgehen diskutiert. Die HSE war Mitaussteller auf der Internationalen Automobilausstellung 2013 in Frankfurt.

6.2. Publikationen

Die Publikationen und Tagungsbeiträge sind in einer Referenzliste zusammengefasst, die kontinuierlich gepflegt wird. Besonders hervorzuheben ist, dass das Projektteam Beiträge auf den drei wichtigsten internationalen Kongressen 2013 und 2014 platzieren konnte (Bild 17).

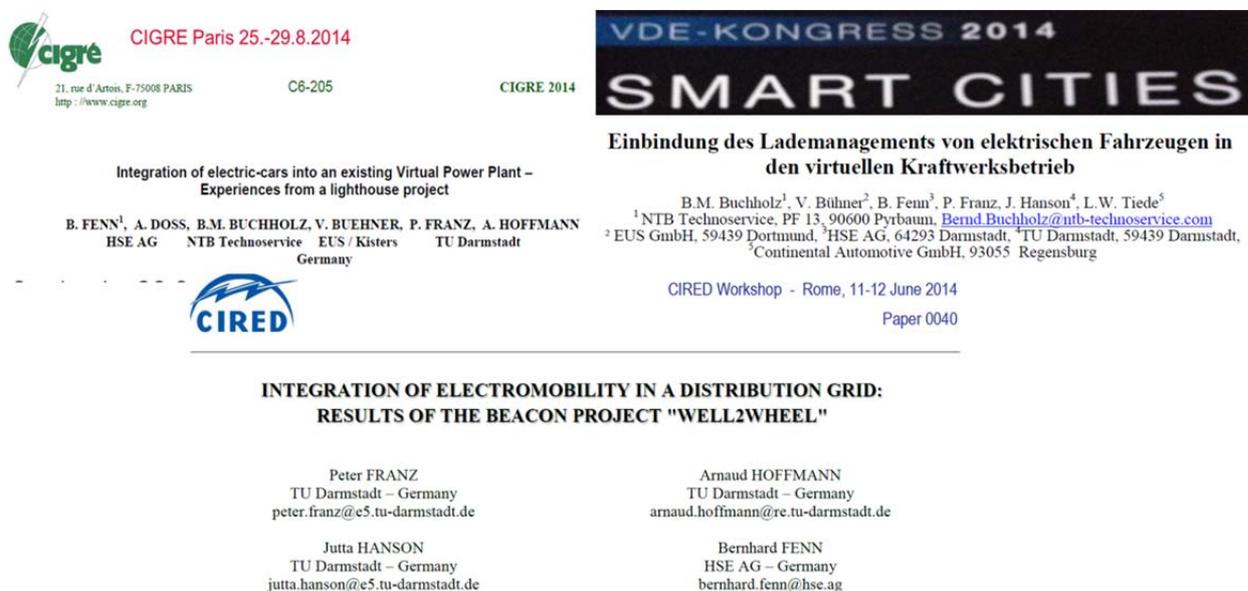


Abbildung 18. Wichtige Tagungsbeiträge des Projektteams 2013

Die Projektteilnehmer sind mit Vorträgen und in den Diskussionsrunden auf der CIGRE, der CIRED und beim VDE-Kongress aktiv.

7. Referenzen

- [1] W2W-Bericht: Arbeitsfeld 1 Rahmenbedingungen vom 14.11.2014
- [2] B. Fenn, O. Hopp, M. Ahner, B.M. Buchholz, V. Buehner, A. Doss, N. Hess, W. Wagner, Z.A. Styczynski; Advanced technologies of Demand Side Integration by VPPs and through smart metering in households – Experiences from a lighthouse project. CIGRE 2012, C6-1-108, Paris, 26th – 31st August 2012
- [3] W2W-Bericht: Geschäftsmodelle vom 20.11.2013
- [4] W2W-Bericht: Pflichtenheft Betriebsplattform vom 14.5.2014