



Well2Wheel –

Integration von Elektromobilität in Smart Grids

Ein Kurzresümee des Projekts



Darmstadt, Juli 2016

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Vorwort

In dieser Broschüre wird das Projekt

Well2Wheel – Integration von Elektromobilität in Smart Grids,

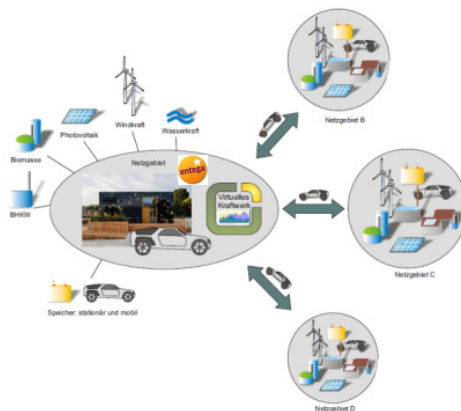
das vom 01. Mai 2013 bis zum 30. April 2016 bearbeitet und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktionsicherheit gefördert wurde, vorgestellt. Dabei werden die Forschungsfragen, die entscheidenden Meilensteine sowie die Kernergebnisse des Projekts skizziert. Zusätzlich gibt es einen ausführlichen Projektbericht, der den Projektverlauf und die Ergebnisse im Detail dokumentiert. Dieser ist unter www.well2wheel.de verfügbar.

Inhalt

Vorwort	3
Projektidee und Forschungsfragen	5
Konsortium.....	6
Von der Quelle bis zum Rad	8
Das Gesamtsystem	9
Die Ampel	11
Auswirkungen auf die Verteilnetze.....	12
Energiemanagement für Privathaushalte	15
Erfassung lokaler Belastung	16
Begleitforschung	18
Zusammenfassung	20

Projektidee und Forschungsfragen

Neben den vielen Vorteilen die Elektromobilität mit sich bringt, ist zunehmend zu beachten, welche Auswirkungen eine steigende Anzahl an E-Mobilen auf deutschen Straßen haben. Neben Themen wie Ladeinfrastruktur, verkehrsplanerischen und städtebaulichen Aspekten sowie rechtlichen Rahmenbedingungen für Elektromobilität, stellt sich die Frage, ob und in welchem Ausmaß Elektromobilität die heutigen Stromnetze beeinflussen wird. Was passiert beispielsweise, wenn abends die Bewohner/innen eines Quartiers alle gleichzeitig ihr E-Mobil laden, oder wenn alle Mitarbeiter/innen eines großen Unternehmens morgens ihr E-Mobil auf dem Firmenparkplatz an das Stromnetz anschließen? Kann das heutige Verteilnetz das bewältigen? Im Sinne der ökologischen Vorteile der Elektromobilität ist es außerdem unabdingbar, E-Mobile mit erneuerbarem Strom zu laden. Dieser steht aber nicht immer zur Verfügung. Ist es möglich, das E-Mobil immer dann zu laden, wenn erneuerbarer Strom vorhanden ist? Passen die Nutzer/innen ihr Ladeverhalten an die Verfügbarkeit des Stroms an? Kann die Batterie des E-Mobils vielleicht sogar als Speicher aktiv in das Verteilnetz eingebunden werden?



Mit diesen Fragen beschäftigte sich ein Konsortium aus sieben Projektpartnern über drei Jahre in dem Projekt Well2Wheel (im weiteren W2W genannt). Zusätzlich wurde das Konsortium von assoziierten Partnern unterstützt, die ihre E-Mobile mit in das Projekt einbrachten und deren Mitarbeiter/innen für Befragungen und Workshops zur Verfügung standen.

Abbildung 1: Integration von Elektromobilität in das Energieversorgungssystem der Zukunft

Konsortium

Das Konsortium im Projekt bestand aus sieben Partnern aus unterschiedlichen Bereichen der Wirtschaft und Wissenschaft. Jeder Partner übernahm im Projekt eigene Arbeitspakete, durch die am Ende der Projektlaufzeit die Forschungsfragen beantwortet werden konnten.

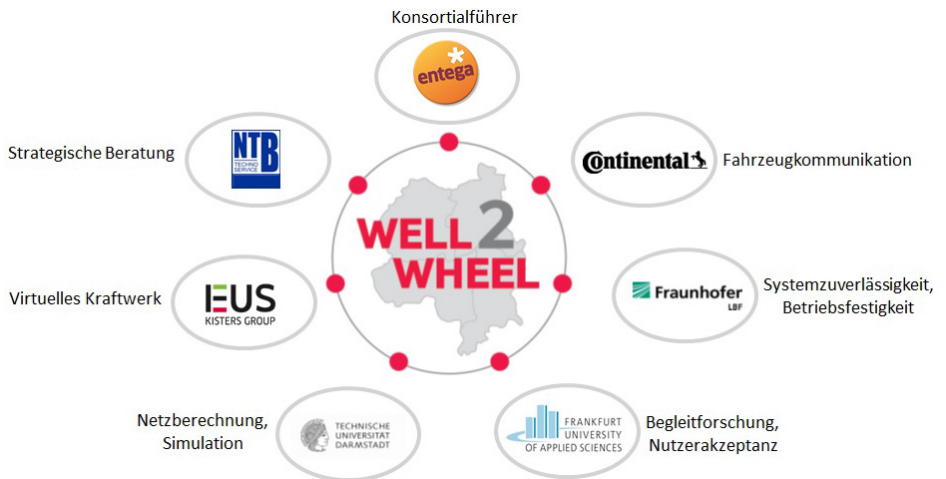


Abbildung 2: Konsortium im Projekt „Well2Wheel“

ENTEKA AG vormals HEAG Südthessische Energie AG (HSE)
Dipl.-Ing. Bernhard Fenn
bernhard.fenn@entega.ag
Tel.: 06151 701 8030

NTB Technoservice (NTB)
Dr. Bernd-Michael Buchholz
bernd.buchholz@ntb-technoservice.com
Tel.: 09180 1407

Continental Automotive GmbH (Continental)
Lutz-Wolfgang Tiede
Lutz-Wolfgang.Tiede@Continental-corporation.com
Tel.: 0941 790 5165

EUS GmbH (EUS)
Dr.-Ing. Volker Bühner
Volker.Buehner@eus.de
Tel.: 02301 18591 12

Technische Universität Darmstadt (TU)
Prof. Dr.-Ing. Jutta Hanson
jutta.hanson@e5.tu-darmstadt.de
Tel.: 06151 16 24660

Frankfurt University of Applied Sciences (Frankfurt UAS)
Prof. Dr.-Ing. Petra K. Schäfer
petra.schaefer@fb1.fra-uas.de
Tel.: 069 1533 2797

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und
Systemzuverlässigkeit LBF (LBF)
Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz
Dr.-Ing. Chalid el Dsoki
chalid.el.dsoki@lbf.fraunhofer.de
Tel.: 06151 705 8490

Von der Quelle bis zum Rad

> Ein Projekt betrachtet das Gesamtbild <

Das Besondere an dem Projekt Well2Wheel war es, dass die Forschungsfragen auf mehreren Ebenen betrachtet wurden:

- Ebene 1: Erzeugung nachhaltigen Stroms.
- Ebene 2: Einbindung in ein virtuelles Kraftwerk (im weiteren VK genannt).
- Ebene 3: Modellierung und Visualisierung von verfügbarem regenerativem und konventionellem Strom.
- Ebene 4: Weitergabe der Visualisierung an die Nutzer/innen über verschiedene Kommunikationsmedien.
- Ebene 5: Integration der Elektrofahrzeuge in das Verteilnetz.
- Ebene 6: Betrachtung des Nutzerverhaltens.

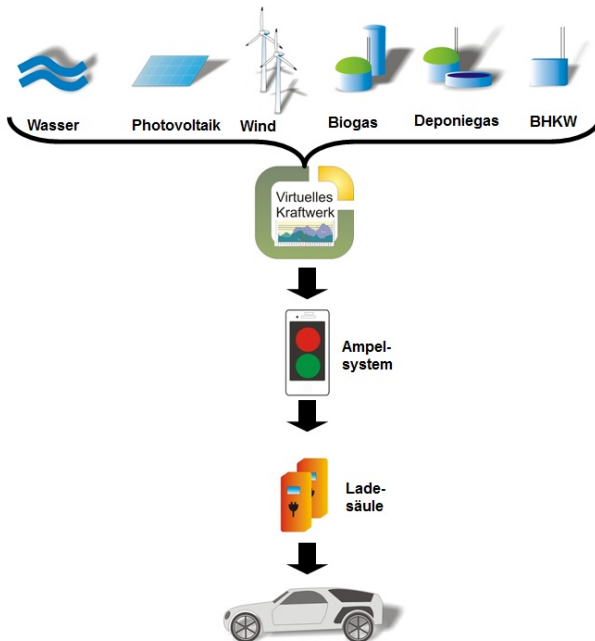


Abbildung 3: „Von der Quelle bis zum Rad“

In diesem Projekt wurde, neben der netzseitigen Kommunikationstechnik, ein starker Fokus auf das Nutzerverhalten gelegt. Bei den Entwicklungen im Projekt wurden die Nutzer/innen über Befragungen, Teilnahmen an Workshops und Auswertungen zum Verhalten in die Prozesse einbezogen. Dies ermöglichte, die technischen Komponenten noch in der Projektlaufzeit mit den Nutzer/innen zu reflektieren und die Ergebnisse in den laufenden Prozess einzubinden.

Das Gesamtsystem

> Ein virtuelles Kraftwerk als Basis des Projekts <

Um den Prozess von der Quelle bis zum Rad zu betrachten, waren viele Zwischenschritte nötig. Als Projektgebiet bot sich das Versorgungsgebiet der ENTEGA in Südhessen an, da dort die Infrastruktur eines intelligenten Energieversorgungsnetzes bereits bestand. Aus dem vorherigen Projekt Web2Energy wurde die schon bestehende Infrastruktur eines virtuellen Kraftwerks sowie die Visualisierung des verfügbaren Stroms in das Projekt W2W übernommen und von EUS GmbH betreut. Im VK wurde die Verfügbarkeit von Strom im Untersuchungsgebiet, das in fünf Netzzellen unterteilt wurde, modelliert, um Unterschiede in verschiedenen Gebieten im Netz darstellen zu können. Relevante Einflussfaktoren, wie Wetterprognosen und aktuelle Preise, liefen dort zusammen. Daten über die aktuelle Stromerzeugung wurden über verschiedene Schnittstellen gesammelt und in das VK importiert. Für die Datenbank des VK wurden u. a. Schnittstellen mit der Netzleitwarte der ENTEGA genutzt, von der zyklisch reale Daten über erneuerbare Energien in die Datenbank des VK importiert wurden. Eine weitere Schnittstelle wurde zwischen Fahrzeug und VK gebildet. Das entsprechende Modul, das die Kommunikation zwischen dem VK und den Fahrzeugen realisierte, wurde vom Projektpartner Continental entwickelt. Dieses Modul, die COM-Box, wurde in mehrere Fahrzeuge der assoziierten Partner eingebaut. Damit wurde eine Übertragung der Daten zum

Fahrverhalten, Ladeverhalten sowie energetische Kennziffern der E-Mobile an das VK möglich. Die für die projektspezifischen Anwendungen beschafften Ladesäulen wurden in den Netzzellen installiert und in das VK integriert.

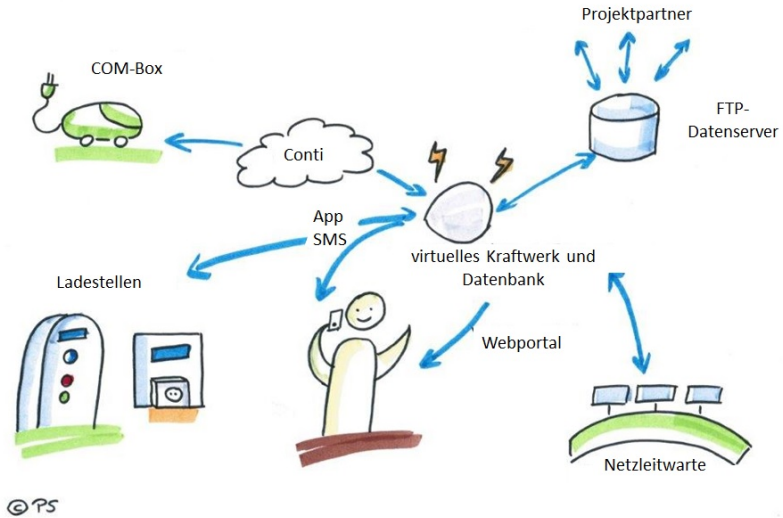


Abbildung 4: Zusammenhang der Einzelbausteine mit dem virtuellen Kraftwerk

Die Ampel

> Eine Ampel als Informationsinstrument <

Die Rot-Grün-Phasen-Ampel war ein wichtiger Bestandteil im Projekt, da sich eine der entscheidenden Forschungsfragen mit dem Zusammenhang von Ladeverhalten und der Information über den verfügbaren Strom beschäftigte. Deshalb musste ein Weg gefunden werden, den Nutzer/innen die Information über die Art des verfügbaren Stroms zu kommunizieren. Die Ampel ist dafür eine einfache Visualisierungsmöglichkeit und wurde bereits im Projekt Web2Energy erfolgreich angewendet. Aus den Daten, die im VK zusammenliefen, wurden die Ampelphasen für die jeweiligen Netzzellen modelliert und prognostiziert. Zusätzlich zu der Information über die aktuelle Verfügbarkeit wurde eine Prognose für den darauffolgenden Tag berechnet. Diese Phasen wurden für alle Netzzellen modelliert.

Ampelphase für Ihren Ladepunkt Netzgebiet: Darmstadt

Rote Ampelphase:

Das Angebot an regenerativen Energien reicht nicht aus, um die Energienachfrage zu decken. Bitte laden Sie Ihr Fahrzeug möglichst nicht in dieser Phase auf.

Grüne Ampelphase:

Das Angebot an regenerativen Energien (Wind, Sonne) ist höher als die Nachfrage nach Energie. Bitte laden Sie Ihr Fahrzeug in dieser Phase auf.

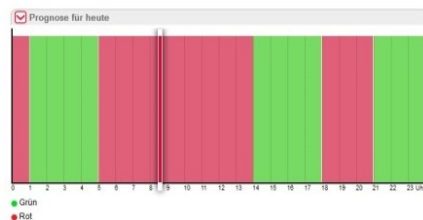


Abbildung 5: Zusammenhang der Ampelvisualisierung in den einzelnen Kommunikationseinheiten

> *Visualisierung der Rot-Grün-Phasen* <

Den Nutzer/innen standen verschiedene Medien zur Auswahl, um die Rot-Grün-Phasen abzufragen. Der erste Weg führte über die Internetseite des Projekts, wo die Phasen in den verschiedenen Netzzellen, über die Eingabe der Postleitzahl, aufgerufen werden konnten. Die Webansicht konnte zusätzlich als mobile Ansicht auf dem Smartphone genutzt werden. Ein weiterer Weg, die Nutzer über die Phasen zu informieren, bildete eine Schnittstelle zwischen VK und den Ladesäulen bei den assoziierten Partnern, sodass an den Ladesäulen eine rote oder grüne Lampe aufleuchtete und die Verfügbarkeit des Stroms im Vergleich zum prognostizierten Verbrauch visualisierte.

Zusätzlich wurde von Continental eine Smartphone-App entwickelt, die ermöglicht, Ladevorgänge in Form eines Ladeplans für mehrere Tage oder Wochen zu programmieren sowie das Laden automatisiert durchzuführen. Die Ampel wurde in der Begleitforschung als wichtiges Instrument genutzt, um Rückschlüsse auf das Ladeverhalten der Nutzer/innen ziehen zu können.

Auswirkungen auf die Verteilnetze

> *Simulationen zur Einbindung von E-Mobilen in Verteilnetze* <

Eine der entscheidenden Forschungsfragen war es, wie sich Elektromobilität auf die bestehenden Verteilnetze auswirken wird. Durch die Integration von E-Mobilen stellen sich neue Herausforderungen für die Verteilnetze. Vor allem wenn viele E-Mobile gleichzeitig geladen werden und erneuerbarer Strom nur begrenzt zur Verfügung steht, kann dies Auswirkungen auf die Verteilnetzstabilität haben.

Hierzu hat die TU Darmstadt im Projekt Simulationen zur Netzstabilität in Wohn- und Gewerbegebieten im Versorgungsgebiet der ENTEGA durchgeführt und untersucht. Wohn- und Gewerbegebiete wurden deshalb getrennt voneinander betrachtet, da jeweils die Infrastruktur der Netze unterschiedlich ausgebaut ist. In Wohngebieten ist das Netz auf die „normale“ Nutzung von

privaten Haushalten ausgelegt, in Gewerbegebiete sind, aufgrund der generell höheren Belastung der Netze, die Netze „robuster“ ausgebaut.

Für die Simulation wurde die Annahme getroffen, dass 20 % des aktuellen Pkw-Bestands in Deutschland E-Mobile sind, was einer Anzahl von rund 8,8 Mio. entspricht. Als weitere Einflussfaktoren wurde festgelegt, dass ein E-Mobil 20 kWh auf 100 km verbraucht. Außerdem wurden die durchschnittlichen Fahr- und Ankunftszeiten in der Simulation berücksichtigt.

> Ladesteuerung in Wohngebieten <

Der höchste Ladebedarf wird in Wohngebieten in den Abendstunden zwischen 17 und 19 Uhr erwartet. Damit entsteht durch den zusätzlichen Ladebedarf eine Spitzenbelastung in einem sowieso schon lastintensiven Zeitraum. Das kann zu einer Verdopplung der durchschnittlichen Lastspitze und für Verteilnetzbetreiber zu Verteilspannungsproblemen im Netz führen.

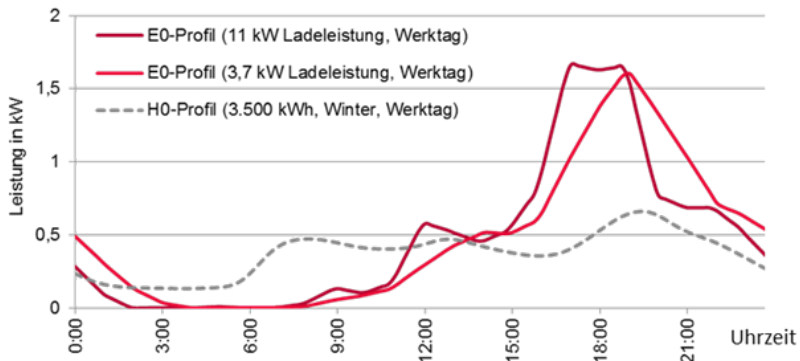


Abbildung 6: Auswirkungen des Ladebedarfs von E-Mobilen in Wohngebieten

Lösungen, die einen Ausbau der Netze vermeiden, können Ladesteuerungen darstellen. Die Ladesteuerung kann kollektiv oder über individuelle Steuersignale erfolgen. Mit kollektiven Ladesteuerungen würde der Betreiber beispielsweise Sperrintervalle einrichten, in denen nicht die volle Ladeleistung genutzt werden kann. Das bedeutet, dass der Netzbetreiber, bevor

Instabilitäten entstehen können, die zur Verfügung stehende Ladeleistung im gesamten Wohngebiet für alle Nutzer/innen reduziert.

> Belastbarkeit der Verteilnetze in Gewerbegebieten <

In Gewerbegebieten hat die Belastung der Netze aufgrund der Ladung der E-Mobile, eine andere Verteilung. Die Fahr- und Ladezeiten von Flottenfahrzeugen oder Fahrzeugen in gewerblicher Nutzung werden über den Tag verteilt. Dadurch entsteht, anders als im Wohngebiet, keine Lastspitze. Gewerbegebiete sind in der Regel „robuster“ und stabiler gebaut, so dass Schwankungen in der Netzspannung seltener auftreten bzw. das Netz die Belastung durch Ladevorgänge ausgleichen kann.

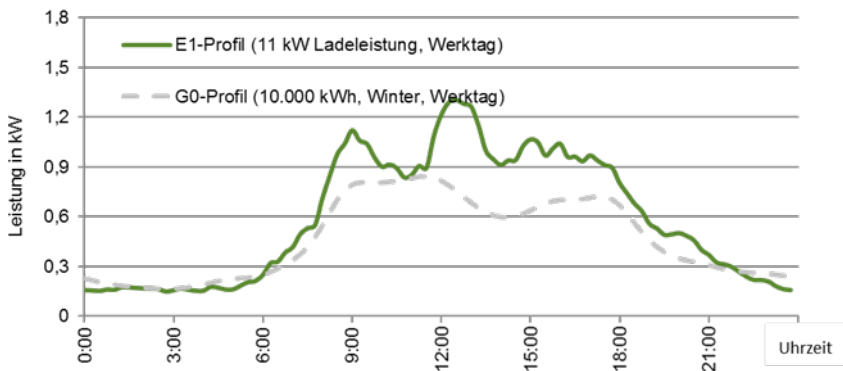


Abbildung 7: Auswirkungen des Ladens von E-Mobilen im Gewerbegebiet

Energiemanagement für Privathaushalte

> *Ein intelligentes Energiemanagement zur Vorbeugung von Instabilität im Verteilnetz* <

Ebenfalls von der TU Darmstadt wurde ein intelligentes Energiemanagement für private Haushalte im Projekt entwickelt, in das Photovoltaikanlagen, E-Mobile und hauseigene Energiespeicher integriert wurden. Als Versuchsstandort wurde das Energiekonzepthaus surPLUShome, das auf dem Campus Lichtwiese steht, gewählt. Eine für die projektspezifischen Anwendungen beschaffene Ladesäule wurden vor dem Haus aufgebaut und in das System integriert.

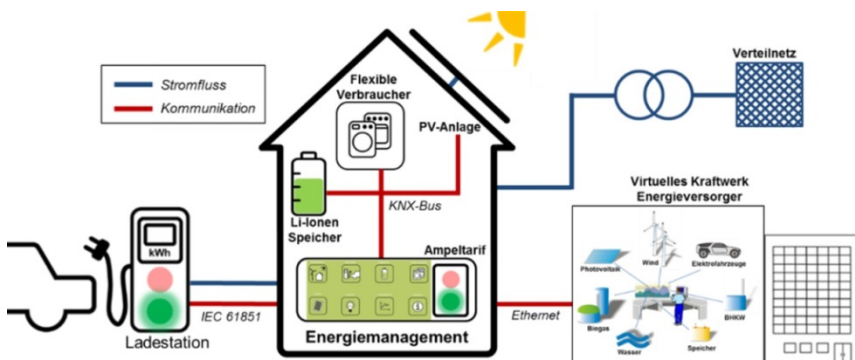


Abbildung 8: Eigenständige Regelung des Stromverbrauchs durch IKT im Haus und der Ladeinfrastruktur

Zur Regelung des Energiemanagements wurde eine grafische Oberfläche entwickelt, über die die Nutzer/innen das System steuern können. Außerdem können Informationen zur aktuellen Ampelphase, über den Speicherzustand und Wetterprognosen abgerufen werden. Über die Oberfläche werden beispielsweise die Haushaltsgeräte bedient. So werden diese, in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit des eigenproduzierten Stroms durch die Photovoltaikanlage, an- und ausgeschaltet. Wenn ein Überschuss an regenerativem Strom besteht, kann beispielsweise das E-Mobil als

Zwischenspeicher genutzt werden. Das Energiemanagement unterstützt die Nutzer/innen dabei zu erkennen, wo und wann es sinnvoll ist, eines der Elemente zu bedienen. Hinter der Bedienoberfläche steht zwar ein komplexes System zur Gebäudeautomatisierung, jedoch wurde bei der Oberfläche auf einfache und intuitive Bedienbarkeit für die Nutzer/innen geachtet.

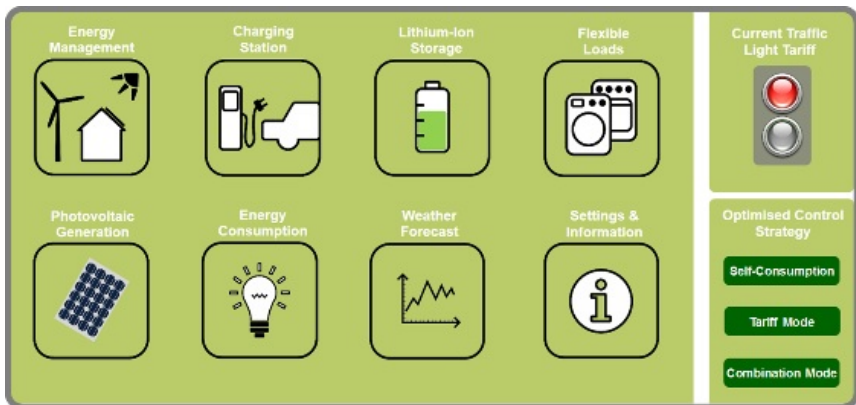


Abbildung 9: Bedienoberfläche zum Energiemanagement

Erfassung lokaler Belastung

> Prüfung der Steckverbindungen <

In der Akzeptanz der Elektromobilität kommt dem Thema Zuverlässigkeit und Sicherheit besondere Bedeutung zu. In der Wahrnehmung der Nutzer/innen spielen insbesondere diejenigen Komponenten eine Rolle, mit denen diese im täglichen Leben direkt in Berührung kommen. Daher wurden vom Fraunhofer LBF die an dem Prozess des Aufladens beteiligten Komponenten näher untersucht, insbesondere der Ladestecker, die Ladesäule, der Fahrzeuganschluss und das Ladekabel. Im ersten Schritt wurde eine umfangreiche Analyse auf mögliche Fehlerzustände des gesamten Systems mithilfe einer im industriellen Umfeld etablierten Methode, der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse, durchgeführt.

Beim Ladestecker war insbesondere von Interesse, ob das oftmalige Ein- und Ausstecken zu Veränderungen in den Eigenschaften des Steckers führt und ob die Steckverbindung für ein häufiges Ein- und Ausstecken geeignet ist. Daher wurden die metallischen Kontakte des Steckers näher betrachtet. In Bild 11 ist zu sehen, wie der Stecker im Computer mittels einer sogenannten Finite-Elemente Simulation untersucht wird. Damit ist es möglich, die im realen Betrieb auftretenden mechanischen Belastungen während des Ein- und Aussteckvorgangs zu simulieren und zu bewerten. Voraussetzung dazu ist die Erfassung der realen Betriebsbeanspruchungen, was im Projekt durch Testprobanden/innen realisiert wurde, die den Stecker nutzten. Aus den Protokollierungen der Ein- und Aussteckvorgänge konnte auf die Belastungen an den Metallkontakten geschlossen werden.

Im Ergebnis wurde ermittelt, dass bei privater Nutzung, unter der Annahme, dass der Stecker etwa einmal am Tag eingesteckt wird, eine Nutzungsdauer von über 100 Jahren möglich wäre. Bei gewerblicher Nutzung in öffentlichen Tankstellen wäre bereits nach wenigen Jahren mit ersten Ausfällen zu rechnen.

Zusätzlich wurde mit einem im Projekt entwickelten Prüfstand der Ein- und Aussteckvorgang an den Metallkontakten experimentell nachgestellt, mit dem Ziel, Materialveränderungen an den Metallkontakten nachzuweisen. Dabei wurde nach einer relativ geringer Zahl von ca. 1000 Steckvorgängen bereits ein Abrieb der Kontakte festgestellt, was eine Veränderung der Kontakteigenschaften während der ersten Jahre der Nutzung erwarten lässt.

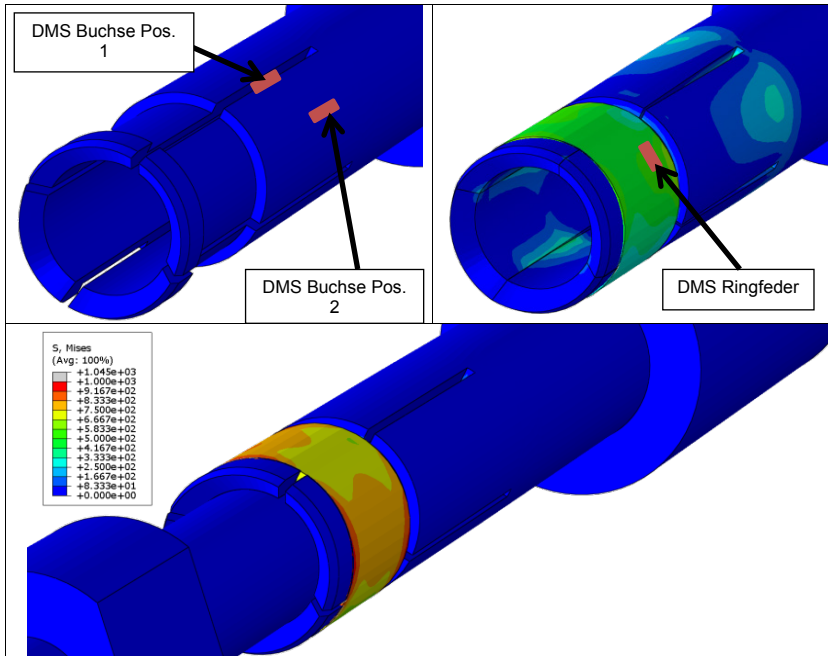


Abbildung 10: Finite-Elemente Simulation der metallischen Steckverbindung des Ladesteckers

Begleitforschung

> Mobilitätsverhalten der Nutzer/innen <

Die Frankfurt University of Applied Sciences übernahm im Rahmen des Projekts die Begleitforschung. Die Forschungsfragen bezogen sich auf das Nutzerverhalten und die Möglichkeit, dieses zu beeinflussen. Dabei wurde auf der einen Seite das Mobilitätsverhalten und die generelle Akzeptanz gegenüber Elektromobilität betrachtet, auf der anderen Seite ging es darum herauszufinden, ob Nutzer/innen ihr Ladeverhalten an das Stromnetz anpassen können bzw. dies wollen. Das methodische Konzept, das für das

Projekt W2W erstellt wurde, bestand aus einem Methodenmix aus quantitativen und qualitativen Erhebungen. Auf quantitativer Seite wurde ein mehrstufiges Befragungskonzept angewendet und durch ebenfalls mehrstufige Mobilitäts- und Ladetagebücher ergänzt. Auf qualitativer Seite wurden Workshops mit Nutzer/innen der E-Mobile, sowie Experteninterviews durchgeführt.

> Umgang der Nutzer/innen mit Ladevorgängen <

Bei den Nutzer/innen konnte ein grundsätzliches Interesse und Offenheit gegenüber Elektromobilität festgestellt werden. Die bekannten Hemmnisse der Elektromobilität, wie eine vermeintlich zu kurze Reichweite, hohe Anschaffungskosten und eine nicht flächendeckende Ladeinfrastruktur, wurden von den Nutzer/innen als Erschwernis bei der Durchsetzung der Elektromobilität genannt. Für die Wege, die von den Nutzer/innen am Tag durchschnittlich zurückgelegt wurden, reicht die Reichweite der E-Mobile jedoch in den meisten Fällen aus. 99 % der Ladungen wurden entweder zu Hause oder am Arbeitsplatz vorgenommen, da dort das E-Mobil für einen längeren Zeitraum geparkt wird.

Die Nennung dieser Nachteile, die in der Alltagsmobilität keine beeinträchtigende Rolle spielen, deutet darauf hin, dass die Nutzer/innen nicht bereit sind, ihre gewohnten Mobilitätsmöglichkeiten an die Rahmenbedingungen der Elektromobilität anzupassen. Es wird erwartet, dass das E-Mobil in der gleichen Weise genutzt werden kann, wie das konventionelle Fahrzeug. Die Anschaffung eines E-Mobils ist deshalb für die Nutzer/innen generell vorstellbar, jedoch nicht zum jetzigen Zeitpunkt.

> Ladevorgänge im Alltag <

Die Rot-Grün-Phasen-Ampel wurde von den Nutzern positiv bewertet. Es wurde abgefragt, ob eine Bereitschaft besteht, sich beim Laden an den Phasen und dementsprechend an der Verfügbarkeit von regenerativem regionalem Strom zu orientieren. Fast Dreiviertel der Befragten bejahten eine

Bereitschaft. Über die Ladetagebücher konnte festgestellt werden, dass in der Umsetzung weniger als die Hälfte der Ladungen in einer Grünphase vorgenommen wurden. Aus dem Workshop ging hervor, dass die Berücksichtigung der Phasen einer intensiven Planung bedurfte, die nicht immer in den Alltag integrierbar war. Die Nutzer/innen gaben an, dass sie bei zusätzlichen Anreizen, wie beispielsweise einem finanziellen Vorteil, größere Chancen sehen, die Ladevorgänge in die entsprechenden Phasen zu verschieben. Die vorgestellte Lade-App wurde als sehr positiv und sinnvoll angesehen und gut in den Alltag integrierbar. Vor allem das automatisierte Laden und das Erstellen eines Ladeplans wurden sehr positiv bewertet.

Zusammenfassung

> Elektromobilität hat aktuell keine Auswirkung auf die Verteilnetzstabilität <

Aktuell geht von den E-Mobilen, die auf deutschen Straßen unterwegs sind, keine Gefahr für die Stabilität der Stromverteilnetze aus. Jedoch ist es ein erklärtes Ziel der Bundesregierung, den Anteil der E-Mobile zu steigern. Deshalb sollte nicht nur die aktuelle Situation betrachtet werden, sondern ebenso ein Blick in Richtung Zukunft geworfen werden.

In diesem Projekt wurde die Netzstabilität mit der Annahme, dass 20 % des Pkw-Bestandes elektrisch fahren, in Wohn- und Gewerbegebieten, untersucht. Im Wohngebiet könnte das Netz aufgrund des höheren Energiebedarfs und der daraus resultierenden Lastspitze, die in den Abendstunden liegt, wenn viele Bewohner gleichzeitig das E-Mobil laden, instabil werden. In Gewerbegebieten besteht diese Gefahr hingegen kaum, da die Verteilnetze aufgrund der generell höheren Belastung robuster ausgebaut sind.

Abgesehen davon sind in Gewerbegebieten die Lastspitzen über den Tag verteilt, da die E-Mobile im Flottenbetrieb, oder in anderer gewerblicher Nutzung, anderen Fahr- und Ladeprofilen unterliegen, als bei der privaten Nutzung. Um Lastspitzen in Wohngebieten zu reduzieren und damit den

Ausbau des vorhandenen Netzes zu umgehen, können verschiedene Strategien vom Verteilnetzbetreiber in Betracht gezogen werden. Dabei reduziert der Netzbetreiber kollektiv oder individuell die Leistung im Netz. Ebenso kann durch ein anreizbasiertes System indirekt auf die Steuerung von Ladevorgängen eingegriffen werden. Den Nutzer/innen muss ein entsprechend großer oder nützlicher Anreiz gegeben werden, sodass die Bereitschaft gegeben ist, Ladevorgänge zeitlich oder örtlich zu verschieben.

Die Begleitforschung zum Ladeverhalten hat ergeben, dass ein rein ideologischer Anreiz, der beispielsweise auf das Umweltbewusstsein fokussiert, nicht ausreicht, um eine Veränderung im Ladeverhalten herbeizuführen. Generell muss der Ladevorgang für Nutzer/innen so unkompliziert wie möglich und in den Alltag integrierbar sein. Die Steuerung der Ladevorgänge per App und die Möglichkeit, die Ladungen zu automatisieren, wurde als ein sinnvoller Lösungsansatz gesehen, der in die technische Alltagsumgebung integrierbar ist. Der Nachteil der indirekten anreizbasierten Methode der Ladesteuerung besteht in einem geringen Lastverschiebungspotenzial, das außerdem für den Netzbetreiber kaum planbar ist.

Bei Durchführung einer direkten Methode zur Steuerung der Ladevorgänge, über IKT zwischen Ladeinfrastruktur oder den Fahrzeugen, kann der Verteilnetzbetreiber die Leistung flexibel reduzieren, bevor es zur Instabilität im Netz kommt. Die Akzeptanz bei Nutzern/innen ist jedoch gering, da aus ihrer Sicht dies zu einer schnellen Batteriealterung und unregelmäßiger Ladung führt. Der Ausbau der Netze mit IKT ist außerdem sehr aufwändig.

Weitere Möglichkeiten, einen Netzausbau in Wohngebieten zu vermeiden, bieten Energiemanagementkonzepte für private Haushalte, in denen alle Stromquellen und Verbraucher berücksichtigt werden. Über eine einfache Bedienoberfläche wird der Energieverbrauch geregelt. Überschüssige regenerative Energie kann beispielsweise gespeichert oder für andere Stromverbraucher genutzt werden. Ebenso sind automatisierte Programme möglich, die auf den Informationen der Ampel basieren.

Mit einem Energiemanagement für private Haushalte können Lastspitzen verringert werden. Der Haushalt wird von einem passiven zu einem aktiven Netzteilnehmer.

Insgesamt hat das Projekt gezeigt, dass Elektromobilität heute noch keine Herausforderung für die Verteilnetze darstellt. Bei einem Anteil von 20 % E-Mobilen des gesamten Pkw-Bestandes, wird sich der zusätzliche Verbrauch durch die Ladungen in den Stromnetzen bemerkbar machen. Um einen Netzausbau zu vermeiden, müssen Strategien zur Steuerung von Ladungen umgesetzt werden.

