

Li-Mobility: Erforschung der Grundlagen für Batteriemangementalgorithmen für LiFePO₄-Batterien in Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der Alterung

Entwicklung eines maßgeschneiderten Geschäftsmodells zur Erhöhung der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen

Projekttitle
Li-Mobility

**Projekt-/
Forschungsträger**
BMBF; Projektträger
Jülich – Forschungs-
zentrum Jülich GmbH

Förderkennzeichen
03X4614B

Projektpartner
Institut für
Stromrichtertechnik
und Elektrische
Antriebe (ISEA, RWTH
Aachen);
FEV Motorentechnik
GmbH

Ansprechpartner
Dipl.-Wi.-Ing. Marco
Roscher

Internet
www.fir.rwth-aachen.de/forschung

Das Forschungsprojekt „Li-Mobility“ zielt auf die Entwicklung eines Batteriemangement-systems (BMS) für konventionelle Lithium-Ionen-Batterien und Lithium-Eisenphosphat-Batterien ab, das die zusätzliche Verwendung von Elektrofahrzeugbatterien zu Zwecken der Netzregelung berücksichtigt und Vorhersagen bezüglich der Batteriealterung trifft. Basierend auf diesen Informationen wurde ein Optimierungsmodell entwickelt, das die Kosten der Batterieabnutzung durch zusätzliche Ladezyklen für Vehicle-to-Grid-Services den Erträgen für die Erbringung von Regelleistung gegenüberstellt. Zusätzlich wurde das Geschäftsmodell „Aggregator von Elektrofahrzeugen zur Optimierung des Stromnetzbetriebs“ ausgewählt, hinsichtlich der Ziele im Projekt weiterentwickelt und anschließend mit dem Optimierungsmodell verknüpft.

Die Bundesregierung hält weiterhin an den Zielen fest, bis 2020 insgesamt eine Million und bis 2030 sogar sechs Millionen Elektrofahrzeuge auf die Straßen zu bringen [1] und Deutschland zum Leitmarkt für Elektrofahrzeuge zu machen. Im Jahresverlauf 2012 wurden nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes nur knapp 3 000 Elektrofahrzeuge neu zugelassen [2]. Somit stieg die Zahl der Elektrofahrzeuge in Deutschland auf insgesamt 4 500. Eine der größten Hürden des flächendeckenden Einsatzes stellt nach wie vor die Batterie dar. Elektrofahrzeuge spielen nur in Nischenanwendungen eine Rolle, da die erzielbaren Reichweiten durch Kapazitätsbeschränkungen gering und die Investitionskosten im Vergleich zu Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben verhältnismäßig hoch sind.

Der systematische Unterschied zwischen den Antriebskonzepten hinsichtlich der Kosten und des damit verbundenen Investitionsrisikos muss abgedeckt werden. Hierzu erscheinen maßgeschneiderte Geschäftsmodelle, in denen die Batterie als einer der Hauptkostentreiber stärker in den Fokus der Betrachtungen rückt, als Ansatzpunkt zur Erhöhung der Marktdurchdringung. Ziel dieser Geschäftsmodellierung ist es, spezifische Anwendungsdomänen batteriebetriebener Fahrzeuge zu identifizieren und im Hinblick auf verschiedene Faktoren, wie beispielsweise Realisierungsaufwand, Relevanz und mögliche Ertragsströme, zu bewerten. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die verschiedenen Vehicle-to-Grid-Konzepte interessant [3]. Kernelement dieser Konzepte ist die Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten der Fahrzeugbatterien, neben der reinen Traktion, auf energiewirtschaftliche Anwendungen innerhalb des Stromnetzes. Durch Vehicle-to-Grid (Entnahme von Strom aus Netz und Einspeisung

von Strom in das Netz) können grundsätzlich zusätzliche Einnahmen durch das Angebot von Dienstleistungen im Energiemarkt erzielt werden, allerdings verursachen diese gleichzeitig auf Fahrzeugseite Kosten, beispielsweise in Form von Batterieabnutzung durch die zusätzliche Beanspruchung der Batterie. Dieser Aspekt wurde in bisherigen Arbeiten zu Vehicle-to-Grid nicht hinreichend genau betrachtet.

Das im Projekt Li-Mobility entwickelte Optimierungsmodell schließt die vorhandene Lücke. Dazu liefern die BMS der Fahrzeuge die notwendigen Informationen, um die Kosten für energiewirtschaftliche Dienstleistungen abzuleiten und sie im Optimierungsmodell zusammen mit den übrigen Einflussgrößen zu verdichten und effizient auszuwerten. Dabei liegt das Optimierungsmodell dem informationszentrierten Vehicle-to-Grid-Geschäftsmodell „Aggregator von Elektrofahrzeugen zur Optimierung des Stromnetzbetriebs“ zugrunde. Im Zuge der Ausarbeitung und Konkretisierung des Geschäftsmodells wurde das von OSTERWALDER und PIGNEUR erarbeitete Managementmuster „Canvas“ eingesetzt [4]. Die Vorgehensweise hilft im Allgemeinen bei der Strukturierung von Geschäftsmodellen, indem somit sämtliche relevanten Schlüsselkomponenten auf einen Blick dargestellt werden.

Bild 1 (siehe S. 27) zeigt schematisch das Marktumfeld, in dem ein Aggregator von Elektrofahrzeugen typischerweise agiert. In dieser vereinfachten Darstellung stehen sich Verbraucher und Erzeuger von elektrischer Energie gegenüber. Dem vorherrschenden Dogma der verbrauchsorientierten Erzeugung folgend, müssen die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) jederzeit sicherstellen, dass im System ein Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Erzeugung elektrischer Energie herrscht. Die

GEFÖRDERT VOM

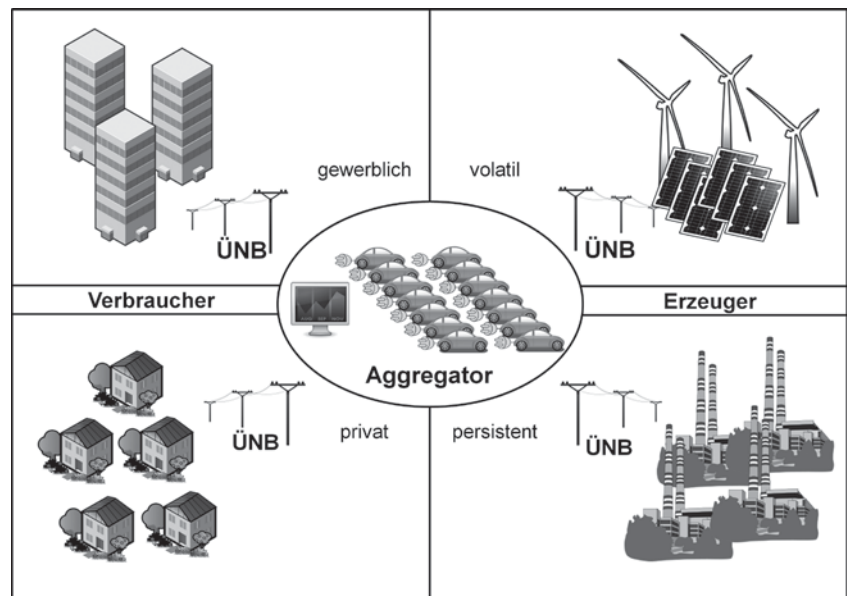


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Verbraucher unterteilen sich auf der einen Seite in die privaten Haushalte und auf der anderen Seite in gewerbliche Unternehmen und öffentliche Einrichtungen. Bei den Erzeugern unterscheidet man weiter zwischen volatilen (schwankenden) und persistenten (konstanten) Energieerzeugern. Die Energiewende führt innerhalb der Stromkennzeichnung zu einem steigenden Anteil erneuerbarer Energien (Strommix), was mit einer ansteigenden Anzahl volatiler Energieerzeuger einhergeht. Dieser Umstand stellt besondere Anforderungen an die zukünftige Systemstabilität. Aufgrund des wachsenden Anteils zeitlich schwankender Erzeuger wird es zunehmend komplizierter, die Energieerzeugung vorherzusagen und das Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Erzeugung im System zu jedem Zeitpunkt sicherzustellen. Um auf kurzfristig auftretende Störungen und Schwankungen geeignet reagieren zu können, setzen die ÜNB auf positive und negative Regelleistung. Ein Aggregator von Elektrofahrzeugen kann durch den Einsatz der Fahrzeugbatterien grundsätzlich beide Arten von Regelleistungen anbieten. Auf diese Weise kann ein Fahrzeug während des Aufladens der Batterie auf der einen Seite als Verbraucher auftreten, kann aber, sofern es der Ladezustand der Batterie erlaubt, auf der anderen Seite auch als Lieferant fungieren, indem es den zuvor in der Batterie zwischengespeicherten Strom wieder in das Stromnetz einspeist. Ein Aggregator kann sich demnach in Abhängigkeit der ihm verfügbaren präqualifizierten Fahrzeuge dazu „entschließen“, an der Ausschreibung für Regelleistung (Primärregelleistung, Sekundärregelleistung, Minutenreserve) teilzunehmen. Nach Erteilung des Zuschlags für die Vorhaltung und gegebenenfalls auch Erbringung einer bestimmten geforderten Mindestleistung übersetzt er die angefragte Gesamtregelleistung aus dem Netz in ein durch die Elektrofahrzeuge interpretierbares Format. Diese sogenannten Ladeprofile zerlegen die Gesamtleistung in Teilleistungen auf Fahrzeugebene (kW). Pro Minute wird maximal eine Anfrage, bestehend aus bis zu drei unterschiedlichen Ladeprofilen, vom Aggregator an alle verfügbaren Fahrzeuge des Fuhrparks übermittelt. Das BMS jedes Fahrzeugs verarbeitet die empfangenen Ladeprofile und prognostiziert das Maß der Alterung der Batterie (ΔSOH) für jedes empfangene Ladeprofil und stellt diese Information dem Aggregator zur Verfügung. Dieser verdichtet die vorhandenen Informationen und kann so mithilfe der Verarbeitungslogik im Optimierungsmodell die Fahrzeuge bestimmen, mit denen die erforderliche Gesamtleistung kostenminimal erbracht werden kann (siehe Bild 2).

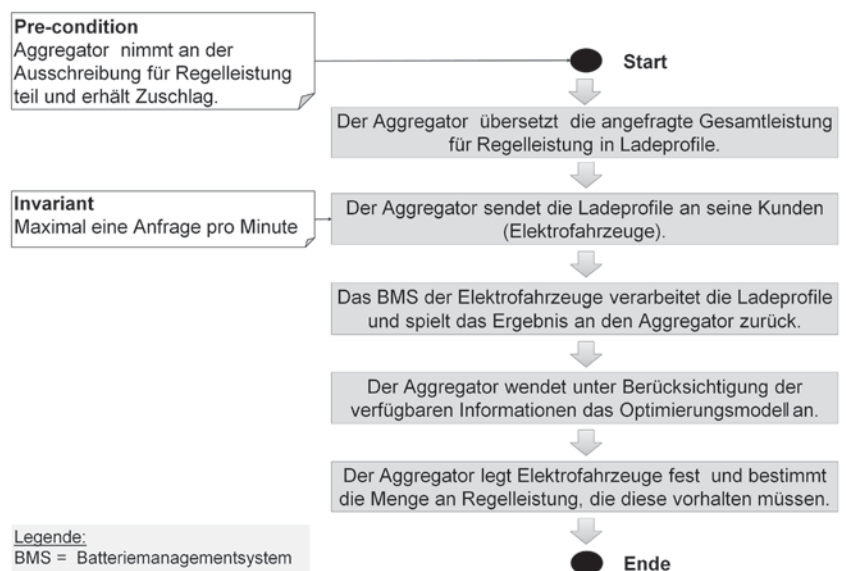
Das im vom BMBF geförderten Projekt „Li-Mobility“ entwickelte Optimierungsmodell erweitert existierende Vehicle-to-Grid-



Geschäftsmodelle um den wichtigen Faktor der Batteriealterung. Es lässt sich grundsätzlich an verschiedene Geschäftsmodelle anpassen. Die erfolgskritischen Faktoren und Rahmenbedingungen werden bei der Modellierung durch Grenzszenarien und deren Auswirkungen auf den Geschäftserfolg betrachtet. Da die Zukunft der Elektromobilität in großem Maße von der Wirtschaftlichkeit entwickelter Lösungen abhängt, richtet sich das im Projekt ausgewählte und spezifiziert Geschäftsmodell „Aggregator von Elektrofahrzeugen“ zunächst insbesondere an die großen Fuhrparkbetreiber mit mehreren hundert bzw. tausend Fahrzeugen. In dieser Größenordnung können mögliche Einnahmen aus dem Verkauf von Regelleistungen einen zusätzlichen Anreizeffekt für die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte und somit einen entsprechenden Hebel und Multiplikator zur weiteren Verbreitung und Marktakzeptanz der Elektromobilität im Allgemeinen darstellen. Darüber hinaus ist das Modell ebenfalls für Energieversorger und

Bild 1:
Schematische Darstellung
des Marktumfeldes des aus-
gewählten Geschäftsmodells

Bild 2:
Flussdiagramm zum
Planungsprozess des
Aggregators für das
Angebot von Regelleistung



Übertragungsnetzbetreiber einsetzbar, da es eine neue Quelle für den Bezug von Regelleistung darstellt.

Literatur

- [1] Bundesregierung (Hrsg.) Mobilität der Zukunft – sauber und kostengünstig. http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiekonzept/Mobilitaet/mobilitaet_zukunft/_node.html. Stand: 27.06.2013.
- [2] Broy, M. (Hrsg.): Cyber-physical systems. Innovation durch software-intensive eingebettete Systeme. Springer, Heidelberg [u. a.] 2010.
- [3] Kempton, W.; Tomic, J.: Vehicle-to-Grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue. Journal of Power Sources 144 (2005), S. 268–279.
- [4] Wawer, T.: Effiziente Ausgestaltung von Regelenergieauktionen zur Verringerung der Netznutzungsentgelte. [http://www.wiwi.uni-muenster.de/vwt/organisation/veroeffentlichungen/Wawer%20\(2005\)-Ausgestaltung%20von%20Regelenergieauktionen.pdf](http://www.wiwi.uni-muenster.de/vwt/organisation/veroeffentlichungen/Wawer%20(2005)-Ausgestaltung%20von%20Regelenergieauktionen.pdf). Stand: 27.06.2013.



Dipl.-Wi.-Ing. Marco Roscher (li.)
FIR, Bereich Informationsmanagement
Fachgruppe
Informationstechnologiemanagement
Tel.: +49 241 47705-511
E-Mail: Marco.Roscher@fir.rwth-aachen.de

Dipl.-Wi.-Ing. Theo Lutz (re.)
FIR, Bereich Informationsmanagement
Leiter Fachgruppe Informations-
technologiemanagement
Tel.: +49 241 47705-506
E-Mail: Theo.Lutz@fir.rwth-aachen.de

Anzeige

FIR-Solution-Group – Kompetenznetzwerk aus Forschung und Praxis



Das Kompetenznetzwerk

Getragen durch zahlreiche herausragende Forschungs- und Projektergebnisse sowie Dissertationen, haben sich wiederholt Mitarbeiter des FIR erfolgreich selbständig gemacht. Das FIR unterstützt diese Aktivitäten auf mannigfaltige Weise. Sie firmieren unter dem Titel „FIR-Solution-Group“ (FSG) und einige der Spin-offs sind sogar in direkter räumlicher Nähe des FIR angesiedelt.

Der Zweck

Die Spin-offs betreiben aus der Forschung und Entwicklung heraus unter dem Dach der FSG vernetzt partnerschaftlich und anwenderorientiert Produktentwicklung, besetzen nachhaltig komplexe und heterogene Themenfelder und werden durch den Interessenverbund noch besser wahrgenommen. Ziel ist die gemeinsame Erschließung und Weiterentwicklung praxisrelevanter Themen, das gemeinsame nachhaltige Besetzen relevanter Felder und die Entwicklung vermarktungsfähiger Produkte (Methoden, Tools und Vorgehensweisen) aus FuE-Aktivitäten heraus.

Die Partner

Im Kompetenznetzwerk der FSG kooperieren neben dem FIR neun Partner miteinander: Abels & Kimmner Gesellschaft für Unternehmensberatung mbH, Herzogenrath; code4business Software GmbH, Aachen; Dr. Sander & Associates Software GmbH, Gladbeck; Ebcot GmbH, Aachen; Ingenieurbüro Richard Schieferdecker, Aachen; knapp:consult, Aachen; MUL Systems GmbH, Aachen; myOpenFactory eG, Aachen; Trovarit AG, Aachen.

Mehr Informationen unter: www.fir.rwth-aachen.de/ueber-uns/unser-netzwerk/fir-solution-group

