

Bidirektionale Elektrofahrzeuge im Energiesystem – so geht intelligentes Lademanagement

Beitrag in der et – Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 71. Jg. 2021 Heft 10 (November 2021)

Im Projekt BDL – Bidirektionales Lademanagement wird demonstriert, wie bidirektionale Elektrofahrzeuge nutzerorientiert in das Energiesystem integriert werden können. In den ersten beiden Projektjahren wurden dafür Use Cases ausgestaltet und die für deren Umsetzung notwendigen technischen Komponenten und Softwarelösungen entwickelt. Im Juli begann der Pilotbetrieb, wobei verschiedene Anwendungsfälle mit rund 50 bidirektionalen BMW i3 Fahrzeugen in der Praxis erprobt werden. Gesteuert wird dabei über die lokale Infrastruktur intelligenter Messsysteme (iMSys) und EEBUS, über Cloud-Zugriff mit dem Open Charge Point Protocol (OCPP) und durch lokale Regelungsalgorithmen.

Vielfältige Use Cases für bidirektionale Elektrofahrzeuge

Das gesteuerte Laden und Entladen von Elektrofahrzeugen kann für verschiedene Anwendungsfälle genutzt werden. Es können lokale Optimierungen mit dem Ziel der Eigenverbrauchserhöhung oder dem netzdienlichen Lade- bzw. Entladeverhalten umgesetzt werden. Im Rahmen des BDL-Projekts wurden netz- und marktorientierte sowie eigenverbrauchserhöhende Ladeverhalten entwickelt, implementiert und werden nun im Pilotbetrieb erprobt.

Wird beim Anstecken des Fahrzeugs der Anwendungsfall „Sofort Laden“ aktiviert, wird mit voller Ladeleistung geladen, bis die Batterie vollständig beladen ist. Der Use Case der „Eigenverbrauchserhöhung“ wird in Kombination mit einer PV-Anlage umgesetzt. Unter Berücksichtigung des Ladezustands der Batterie (SoC, state of charge) wird dann in Abhängigkeit des PV-Überschusses (Erzeugung aus Photovoltaik (PV) abzüglich der Haushaltslast) geladen und entladen. Ziel ist dabei möglichst eine Nulllast zu erreichen, also so wenig Elektrizität wie möglich aus dem Netz zu beziehen und ins Netz einzuspeisen. Bei der „zeitlichen Arbitrage“ erfolgt der Ladevorgang abhängig vom Preis am Intraday Markt: sind die Preise niedrig, wird Strom bezogen; sind die Preise hoch und der Ladezustand hat bereits einen bestimmten Schwellwert erreicht, wird die Batterie entladen und der Strom verkauft.

Im BDL-Projekt werden zusätzlich Use Cases umgesetzt, die einen netzdienlichen Einsatz der Flexibilität aus den bidirektionalen Elektrofahrzeugen ermöglichen [1]. Für die Netzstabilisierung wird aus den Batteriekapazitäten Primärregelleistung und Energie für die Umsetzung von Redispatch Maßnahmen erbracht. Auf Verteilnetzebene werden zwei weitere Anwendungsfälle umgesetzt. Dies ist zum einen die Begrenzung der Bezugsleistung durch den Netzbetreiber – ein Vorgehen vergleichbar mit der derzeitigen Regelung nach § 14a EnWG. Dabei gibt der Netzbetreiber im Bedarfsfall eine Obergrenze für die Bezugsleistung („Hüllkurve“) eines Netzanschlusspunktes oder eines steuerbaren Verbrauchers vor, die in einem bestimmten Zeitraum nicht überschritten werden darf. Im Gegenzug erhält der Kunde eine Reduzierung der Netznutzungsentgelte. Damit die Bidirektionalität der Fahrzeuge auch netzdienlich erprobt werden kann, soll neben der Leistungsbegrenzung auch eine Rückspeisung durch den Netzbetreiber angefordert werden können. Damit wird beispielsweise ermöglicht, dass überschüssiger Grünstrom lokal abgenommen wird. Dieser Anwendungsfall hat klaren Forschungscharakter und beinhaltet keinen definierten Vergütungsmechanismus. Denkbar ist hier eine Vergütung der Vorhaltung zuzüglich der Vergütung / Verrechnung der eingespeisten Energie.

Konfliktpotenzial zwischen netz- und marktorientiertem sowie eigenverbrauchserhöhendem Lade- und Entladeverhalten

Sind mehrere Anwendungsfälle parallel aktiv, kann es zu Konflikten zwischen deren „Zielen“ kommen. Dies kann zur Folge haben, dass Ziele nicht eingehalten oder nur eingeschränkt umgesetzt werden können. Die Entscheidung, welches Ziel Priorität hat, hängt im BDL-Projekt zunächst vom Ladezustand des Fahrzeugs ab. Eine Ausnahme bildet das Sofort-Laden, welches unabhängig vom SoC aktiv ist. Beim Ladezustand wird in vier Bereiche unterschieden (vgl. Abbildung 1 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.). Im Bereich A soll aus Kundensicht immer mit maximaler Ladeleistung geladen werden, um einen Sicherheits-SoC (SoC_{min}) zu gewährleisten. Damit wird sichergestellt, dass eine bestimmte Reichweite stets verfügbar ist. Im Bereich B2 ist das marktorientierte oder eigenverbrauchserhöhende Verhalten aktiv, sofern der Abfahrtszeitpunkt noch ausreichend weit entfernt ist, sodass der für die geplante Fahrt benötigte SoC (SoC_{Ziel}) bis dahin erreicht wird. Rückt der Abfahrtszeitpunkt näher und die verbleibende Zeit wird benötigt, um den gewünschten Ladezustand zu erreichen, wird mit maximaler Ladeleistung geladen (Bereich B1). Im Bereich C ist das marktorientierte bzw. eigenverbrauchserhöhende Verhalten aktiv und neben dem Laden ist auch das Entladen möglich.

Abbildung 1 zeigt das Ergebnis einer detaillierten Konfliktanalyse. Eine „Kollision“ des beschriebenen Verhaltens mit einer Limitierung durch den Netzbetreiber erweist sich im Teil A und B1 als besonders kritisch. Es besteht zum einen die Gefahr, dass das Ladeziel (SoC_{Ziel}) oder gar der Sicherheits-SoC nicht erreicht werden kann. Zum anderen kann – abhängig vom Bezugspunkt der Leistungsbegrenzung – im gegebenen Fall auch der vom Netzbetreiber vorgegebene Leistungsgrenzwert P_{lim} nicht eingehalten werden, weil das Fahrzeug in bestimmten Ladezuständen kein Entladen zulässt. Ist die Haushaltslast abzüglich der PV-Erzeugung dann größer als der vorgegebene Leistungsgrenzwert am Netzanschlusspunkt, wird P_{lim} verletzt. Im Bereich B2 und C kann eine Leistungslimitierung durch den Netzbetreiber die Ziele des marktorientierten bzw. eigenverbrauchserhöhenden Verhaltens einschränken. Beispielsweise kann die zeitliche Arbitrage ein Laden mit hoher Ladeleistung fordern (zu Zeiten niedriger Strompreise), welche dann durch die Vorgabe des Netzbetreibers limitiert werden könnte. Ist die Ladesäule als teilflexibler Verbraucher eingestuft, führt der Netzbetreibereingriff zu einer Begrenzung der Eigenverbrauchserhöhung. Dem Ziel der Eigenverbrauchserhöhung folgend, soll der PV-Überschuss in das Fahrzeug geladen werden wohingegen der Netzbetreiber für die Ladesäule einen P_{lim} -Wert vorgibt, der kleiner ausfällt. Das Beispiel zeigt, dass die Limitierung von Einzelanlagen wenig sinnvoll ist. Stattdessen sollte die Vergabe von einer Leistungshüllkurve für den Netzanschlusspunkt angestrebt werden, die in der lokalen Regelung berücksichtigt wird. Das Auftreten von Konflikten wurde bisher qualitativ untersucht. Für eine quantitative Bewertung des Konfliktpotenzials werden im weiteren Projektverlauf Daten erhoben sowie Simulationen durchgeführt.

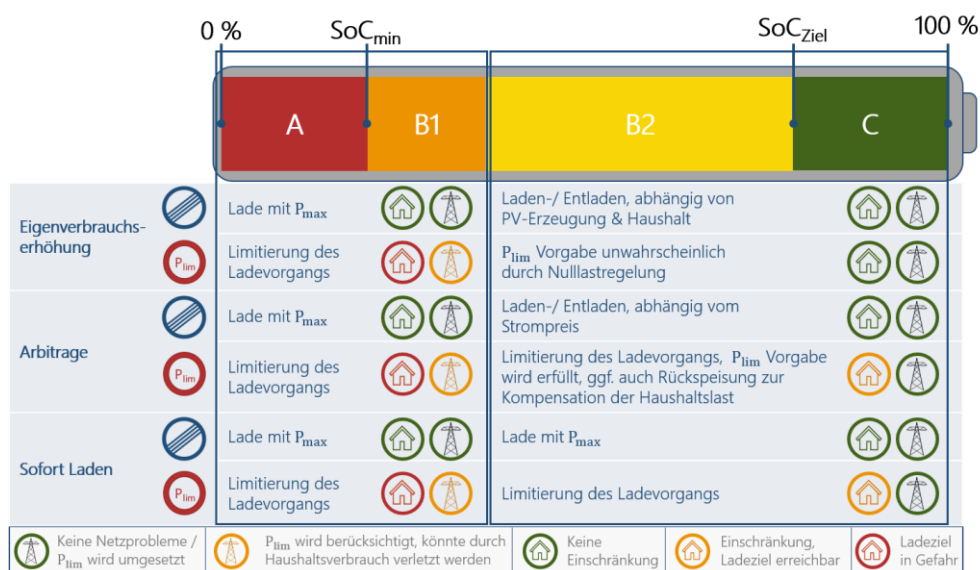




Abbildung 1 Ladezustände des Elektrofahrzeugs mit den jeweiligen Lade- und Entladeverhalten sowie potenziellen Konflikten mit einer Leistungslimitierung

Steuerungsinfrastruktur

Abhängig von dem Akteur bzw. der Komponente, welche den Ladevorgang managt, unterscheiden sich die Kommunikationswege und Schnittstellen zur Ladesäule. Während die Use Cases „Eigenverbrauchserhöhung“ und „Sofort Laden“ lokal gesteuert werden, z. B. durch ein Energiemanagementsystem (EMS), werden die Schalthandlungen für die Arbitrage durch das Backend von BMW in der Rolle als Aggregator initiiert. Schalthandlungen bzw. die Vergabe einer Hüllkurve als Leistungsgrenzwert werden hingegen vom Netzbetreiber veranlasst. Abbildung 2 zeigt die Use Cases mit dem jeweiligen Initiator der Steuerung sowie dem Steuerungsmedium. Im Folgenden werden die verschiedenen Kommunikationswege mit den Abläufen aufgezeigt.

					
Steuerungsinitiierung & -medium	Eigenverbrauchs- erhöhung	Arbitrage	Sofort Laden	P_{lim}	$P_{lim(-)}$
Energiemanagementsystem (lokal)	X		X		
BMW Backend (OCPP)		X			
Netzbetreiber (iMSys und EEBUS)				X	X

OCPP: Open Charge Point Protocol, iMSys: intelligentes Messsystem, P_{lim} Bezugsleistungsgrenzwert, $P_{lim(-)}$ Einspeiseleistungsgrenzwert

Abbildung 2 Übersicht der Use Cases, des jeweiligen Akteurs zur Initiierung der Steuerung sowie Steuerungsmedium

Netzdienliches Lademanagement über die Infrastruktur intelligenter Messsysteme und EEBUS Kommunikation

Der Rollout intelligenter Messsysteme (iMSys) mit dem Smart Meter Gateway (SMGW) als sicherer Kommunikationszentrale, ist integraler Bestandteil der Digitalisierung des Energiesystems. Künftig soll neben dem Messen und Auslesen von Messwerten auch das Beeinflussen des maximalen Leistungsflusses am Netzanschlusspunkt über die iMSys-Infrastruktur erfolgen. Damit wird eine standardisierte, großflächig verfügbare und sichere Möglichkeit zur Ansteuerung von Anlagen wie z.B. Wallboxen oder EMS verfügbar sein.

In dem derzeit vorgesehen Funktionsumfang der iMSys (BSI Richtlinie [2]) ist die Umsetzung von Schalthandlungen über einen transparenten Kommunikationskanal (CLS-Proxy-Kanal) vorgesehen, während die Messwerterfassung über Tarifierungsfälle (TAF) laufen. Um die Steuerung von Anlagen inklusive einer Nachweisführung über die iMSys-Infrastruktur umzusetzen, wird im Rahmen des BDL-Projekts ein „Steueranwendungsfall“ (StAF) entwickelt, der die Steuerung mit einem Tarifierungsfall kombiniert. Im Fall einer Leistungslimitierung (P_{lim}) durch den Netzbetreiber wird die Limitierung mit dem Gültigkeitszeitraum durch einen aktiven externen Marktteilnehmer an den Smart Meter Gateway Administrator übergeben, der wiederum die Aktualisierung des StAF auf dem SMGW übernimmt. Mit der StAF-Aktualisierung wird die Leistungsbegrenzung mit dem Gültigkeitszeitraum zur Umsetzung an das SMGW übergeben. Das SMGW zeichnet über diesen Zeitraum hinweg zeitlich feingranular die Leistungsaufnahme am Hausanschluss auf. Die aufgelaufenen Messwerte werden in verschlüsselter Form an den Messstellenbetreiber übergeben. Dies ermöglicht eine integrierte Nachweisführung für den Netzbetreiber, wodurch die Erfüllung von Leistungsvorgaben direkt geprüft und protokolliert werden kann.

Für die Übergabe der Leistungsbegrenzung an die hausseitigen Komponenten wie z.B. Wallboxen oder EMS leistet das SMGW im BDL-Projekt die Übersetzung der Anweisung vom Netzbetreiber in ein EEBUS-Protokoll nach der VDE AR 2829-6. Abbildung 3 zeigt den wesentlichen Ablauf der Umsetzung einer Leistungsbegrenzung durch den Netzbetreiber für eine Ladesäule. Als Weiterentwicklung ist darüber hinaus z.B. eine Weitergabe der im SMGW aufgenommenen Messdaten an ein EMS via EEBUS denkbar.

Die von den Projektpartnern entwickelte Lösung wird durch die Power Plus Communications AG in ihrem SMGW umgesetzt und die Ergebnisse werden durch das Konsortium in die Weiterentwicklung des iMSys im BMWi/BSI Stufenmodell eingebracht.

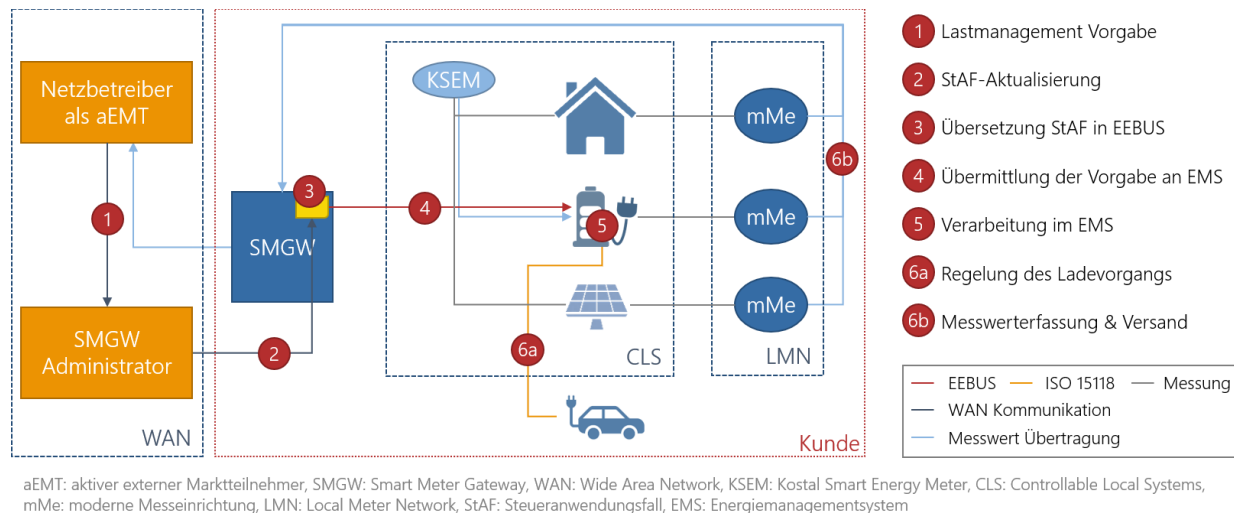


Abbildung 3 Wesentlicher Ablauf des entwickelten Steueranwendungsfalls für die Umsetzung von Leistungslimitierungen durch den Netzbetreiber

Lademanagement durch das BMW Backend

Im Use Case der Arbitrage agiert BMW als (Vor-)Aggregator und vermarktet einen Pool von Elektrofahrzeugen über einen Vermarktungspartner am Intraday Markt. Die Steuerung der Wallboxen erfolgt durch das BMW-Backend über das Open Charge Point Protocol (OCPP). Der OCPP Standard ermöglicht die barrierefreie Kommunikation zwischen Ladestations-Management-Systemen (CSMS) und Ladesäulen. Darüber können Schalthandlungen direkt an die Wallbox übermittelt werden. Die Nachweisführung erfolgt über die iMSys-Infrastruktur.

Lokale Regelung

Für die Erhöhung des Eigenverbrauchs werden im Projekt Messwerte vom Netzanschlusspunkt mithilfe eines Kostal Smart Energy Meters (KSEM) in einer zeitlichen Auflösung von 200 ms erfasst. Basierend auf diesen Messwerten regelt das in die Wallbox integrierte EMS den Ladevorgang. Dabei werden die Angaben des Kunden zum Abfahrtszeitpunkt sowie dem dann gewünschten Ladezustand berücksichtigt. Künftig ist es vorstellbar, dass das SMGW und die moderne Messeinrichtung für die Bereitstellung der Messwerte am Netzanschlusspunkt zur Umsetzung der Eigenverbrauchserhöhung durch das EMS eingebunden werden.

Pilotbetrieb mit 20 bidirektionalen BMW i3 gestartet

Anfang Juli 2021 wurde der Pilotbetrieb des BDL-Projekts mit der Übergabe der ersten 20 bidirektionalen BMW i3 an Privatkunden eröffnet. Geplant ist der Einsatz von insgesamt 50 Fahrzeugen: bei Privat- und Flottenkunden sowie im Firmenfuhrpark einiger Projektpartner. Mit ihnen werden die vorgestellten Anwendungen erprobt und weitere Use Cases, wie z. B. Spitzenlastkappung (Peak Shaving) für große Stromabnehmer mit Tarifierung nach Leistungs- und Arbeitspreis, getestet. Die Fahrzeug- und Wallboxdaten werden durch die FfE in anonymisierter Form analysiert und aufbereitet. Somit werden neben der technischen Umsetzung der Use Cases Erkenntnisse zu Fahr- und Ladeprofilen im Zusammenhang mit den Anwendungsfällen erhalten. Diese können in weiterführende Analysen, z. B. in Verteilnetz- und Energiesystemmodellen, herangezogen werden und ermöglichen damit die Untersuchung der Auswirkungen durch eine flächendeckende Umsetzung dieser Use Cases sowie der Wirtschaftlichkeit der Anwendungsfälle.



Abbildung 4 Bereit zur Übergabe an die Pilotkunden: die bidirektionalen BMW i3 Fahrzeuge

Am BDL-Projekt beteiligte Partner sind die BMW Group (Konsortialführung), Bayernwerk Netz GmbH, FfE e.V., FfE GmbH, KOSTAL Industrie Elektrik GmbH, KEO GmbH, TenneT TSO GmbH, Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und die Universität Passau. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) unter 01MV18004 gefördert. An der Entwicklung beteiligt sind außerdem die Power Plus Communications AG und die Robotron Datenbank-Software GmbH. Weitere Informationen sowie aktuelle Forschungsergebnisse zum BDL-Projekt sind unter <https://www.bdl-projekt.de/> und www.ffe.de/bdl zu finden.

Kontakt:

Elisabeth Springmann; Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.; E-Mail: ESpringmann@ffe.de

Mathias Müller; Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.; E-Mail: MMueller@ffe.de

Wolfgang Duschl, Bayernwerk Netz GmbH; E-Mail: wolfgang.duschl@bayernwerk.de

Xaver Pfab, BMW AG; E-Mail: xaver.pfab@bmw.de

Annik Abromeit; KEO GmbH; E-Mail: abromeit@keo-connectivity.de

Dr.-Ing Armin von Preetzmann, KOSTAL Industrie Elektrik GmbH; E-Mail: a.vonpreetzmann@kostal.com

Dr. Johannes Lux, Power Plus Communications AG; E-Mail: j.lux@ppc-ag.de

Quellen

- [1] Faller, Sebastian et al.: Bidirektionales Laden: Von der Last zur Lösung!. In: Entergiewirtschaftliche Tagesfragen 1/2 2020. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE), 2020.
- [2] Technische Richtlinie BSI TR-03109. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2015.