

Bidirektionales Laden von Elektrofahrzeugen: Netzdienliche und Ökonomische Vorteile in Realwelt- Demonstrationen

Sektorkopplung und Flexibilität

Paul Bauer¹⁽¹⁾, Kurt Leonhartsberger⁽²⁾, Stefan Wilker²⁽¹⁾, Thilo Sauter^(1,3)

⁽¹⁾ Technische Universität Wien, ⁽²⁾ impect GmbH, Universität für Weiterbildung Krems

Motivation und zentrale Fragestellung

Die zunehmende Verbreitung von Elektrofahrzeugen (EV) stellt eine wachsende Herausforderung für Energienetze sowohl im Bereich der Energiebeschaffung als auch der Energieübertragung dar. Ein allgemeiner Kapazitätsausbau ist wirtschaftlich unpraktikabel, während die großen Batteriespeicher der EVs während der Standzeit nicht genutzt werden. Eine gezielte Rückspeisung der Energie aus den Elektroautos kann das lokale Stromnetz entlasten. Dadurch können EV-Batterien auch zur Standzeit einen gewinnbringenden und netzdienlichen Nutzen bieten. Dieser Vorteil der Entladung von EVs (V2G) wird in der vorliegenden Arbeit anhand eines realen Pilotversuchs evaluiert. Die Vorteile dieser Technologie zeigen sich insbesondere im Falle dynamischer Energiepreise und den daraus resultierenden marktwirtschaftlichen Möglichkeiten. Der Vorteil des bidirektionalen Ladens wird vor allem durch die Erhöhung der Netzgebühren ab 2025 deutlich.

Methodische Vorgangsweise

Obwohl das Entladen der Batterie eines EV aus Gewährleistungsgründen und fehlender Standardisierung öffentlich nicht möglich ist, lässt sich ein Serienmodell des Nissan Leaf durch die V2G 3p10kW V2X Charger DC-Ladestation [1] uneingeschränkt entladen. Die (Ent-)Ladeleistung lässt sich über das Energiemanagementsystem chargeOS von Reisenbauer Solutions manuell, in Abhängigkeit von der Last am Netz oder dem Strompreis konfigurieren.

Für die vorliegende Arbeit wird die Ladestation an einem privaten Haushalt mit Grundlast und elektrischem Wärmebedarf installiert. Für das **erste Demonstrationsszenario** wird das Energiemanagement so konfiguriert, dass das EV entladen wird, sobald der Netzbezug 3kW übersteigt, bzw. geladen sobald er 2kW unterschreitet. Die Batterie darf dabei mit maximal 8kW belastet werden. ChargeOS regelt die Leistung der Ladestation, so dass sich der elektrische Gesamtenergiebedarf idealerweise im Bereich von 2-3kW bewegt und wird dabei als temporär verfügbarer Speicher genutzt. Die Motivation dieser Ladestrategie ist das Dämpfen bzw. Verhindern von Lastspitzen an einem einzelnen Netzanschluss.

Im **zweiten Demonstrationsszenario** wird die Autobatterie gezielt geladen, sobald der Spotmarktpreis (EPEX) für Energie unter 60 €/MWh sinkt, und entladen, wenn der Preis 80 €/MWh überschreitet. Auf diese Weise wird der ökonomische Nutzen der Autobatterie im Hinblick auf das Preisniveau am Energiemarkt verdeutlicht.

Im **dritten Demonstrationsszenario** wird eine bidirektionale Ladestation so konfiguriert, dass innerhalb eines Ladestandes von 40% bis 90% ein EV entsprechend einer Steuervorschreibung ge- und entladen wird. Dieses Szenario zeigt die netzdienliche Konfiguration ohne Hysterese, wo die Last am EV so eingestellt wird, dass in Kombination mit der Grundlast eines Haushalts ein Sollprofil gefolgt wird.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse in den Abbildungen 1 und 2 sind in den Projekt Digitalenergy4all [2] und Storebility2Market [3] entstanden.

Im ersten Demonstrationsszenario ist durch die grüne Linie ein Haushaltsverbrauch mit periodischen Aktivzyklen der Wärmepumpe ersichtlich, welche die benötigte Gesamtleistung deutlich erhöht. An der hellblauen Linie ist ersichtlich, wie die Ladeleistung durch die Ladestation herabgesetzt wird, um durch das Entladen der Autobatterie den Netzbezug zu verringern. In der ersten Leistungsspitze ist das EV nicht verfügbar, und in der zweiten zeigt sich, dass die zunächst eingestellte maximale Entladung dafür nicht ausreichend ist, weshalb die maximale Entladung gegen 09:00 Uhr erhöht wird. Die folgenden Lastspitzen können dadurch so abgefangen werden, dass der tatsächliche Verbrauch innerhalb des

¹ Jungautor, Gußhausstraße 27-29, 1040 Wien, +43 1 58801 38435, paul.bauer@tuwien.ac.at

² Gußhausstraße 27-29, 1040 Wien, +43 1 58801 38460, stefan.wilker@tuwien.ac.at

grünen Bereichs ist. Der Energiebedarf durch den Netzbezug wird dadurch deutlich gedämpft. Ab etwa Mittag ist der Energiebedarf des Hauses Dank der PV-Anlage negativ, wodurch Kapazitäten zur Batterieladung frei werden.

Der Lastverlauf in Abbildung 3 lässt sich in 3 chronologische Drittel kategorisieren. Im ersten Drittel kann eine Sollvorgabe von 0kW angelegt, dabei wird die Grundlast des Hauses durch die EV-Batterie gut ausgeregelt. Zwischen 16:30 Uhr und 22:30 Uhr ist das EV nicht an der Ladestation angeschlossen, in diesem Zeitraum findet keine Kompensation statt. In der Nacht ist die Sollvorgabe auf 5kW erhöht, welche durchgehend durch Laden der Batterie vom Netz eingehalten wird. Am folgenden Morgen steigt der Energiegewinn durch die Hauseigene PV-Anlage, weswegen der Bedarf ins Negative sinkt. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass Lade- und Entladelastgrenzen auch getrennt gewählt werden können, um eine zulässige Bandbreite zu definieren

In allen Abbildungen ist deutlich erkennbar, dass der Ladestand der Autobatterie trotz netzdienlichem bzw. ökonomischem bidirektionalem Laden am Ende des Betrachtungshorizonts höher ist als davor, womit Befürchtungen, dass das EV nicht ausreichend geladen wird, entkräftet werden können.

Das Projekt „Storebility2Market - Evaluierung und Demonstration der energiewirtschaftlichen und -technischen Potenziale von bidirektionalem Laden“ wird im Rahmen der 6. Ausschreibung des Programms „Zero Emission Mobility“ durch den Klima- und Energiefonds gefördert.

Literatur

- [1] AME technologies, <https://www.ame.nu/technologies?technology=evchargers&category=dccharger>
- [2] Digitalenergy4all, Projektlaufzeit: 2023-2024, abgerufen: 20.11.2024, www.ffg.at/laura-bassi-4.0-digitalisierung-und-chancengerechtigkeit-digitalenergy4all
- [3] Laufendes Forschungsprojekt, Projektlaufzeit: 2024-2026, abgerufen: 20.11.2024, powerhub.at/index.php/storebility2market/

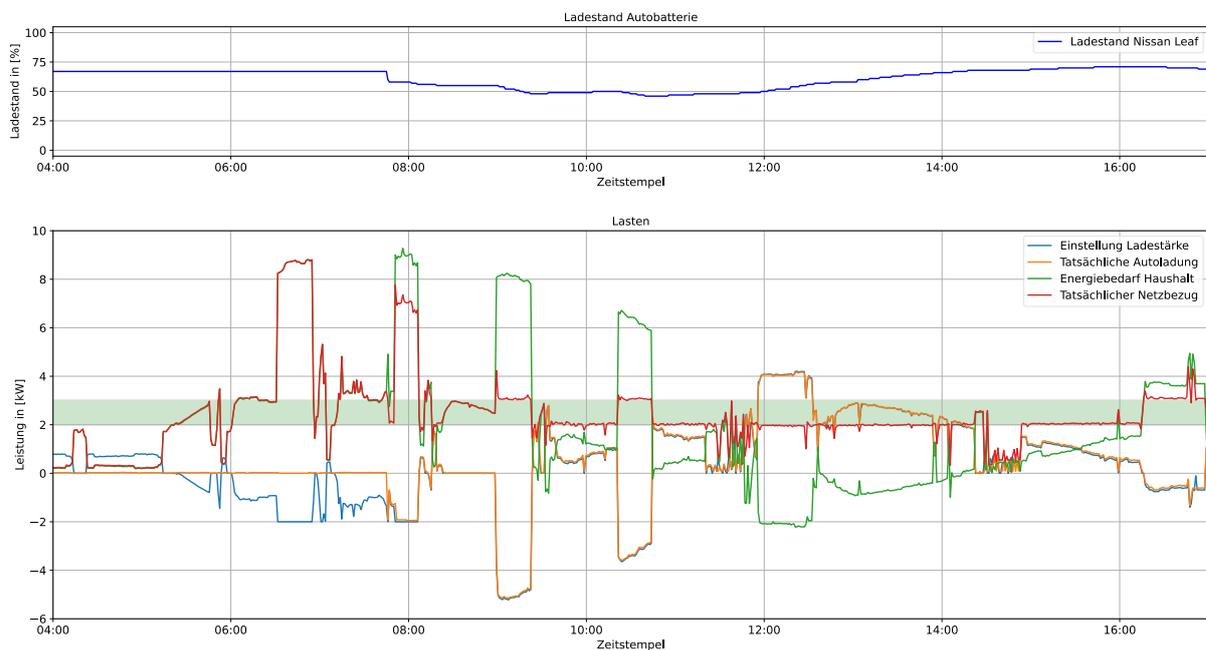


Abbildung 1 Demonstrationsszenario 1. Dämpfung von Lastspitzen durch die Autobatterie. Entladung von insgesamt etwa 3,1kWh um Lastspitzen durch die Wärmepumpe zu dämpfen.

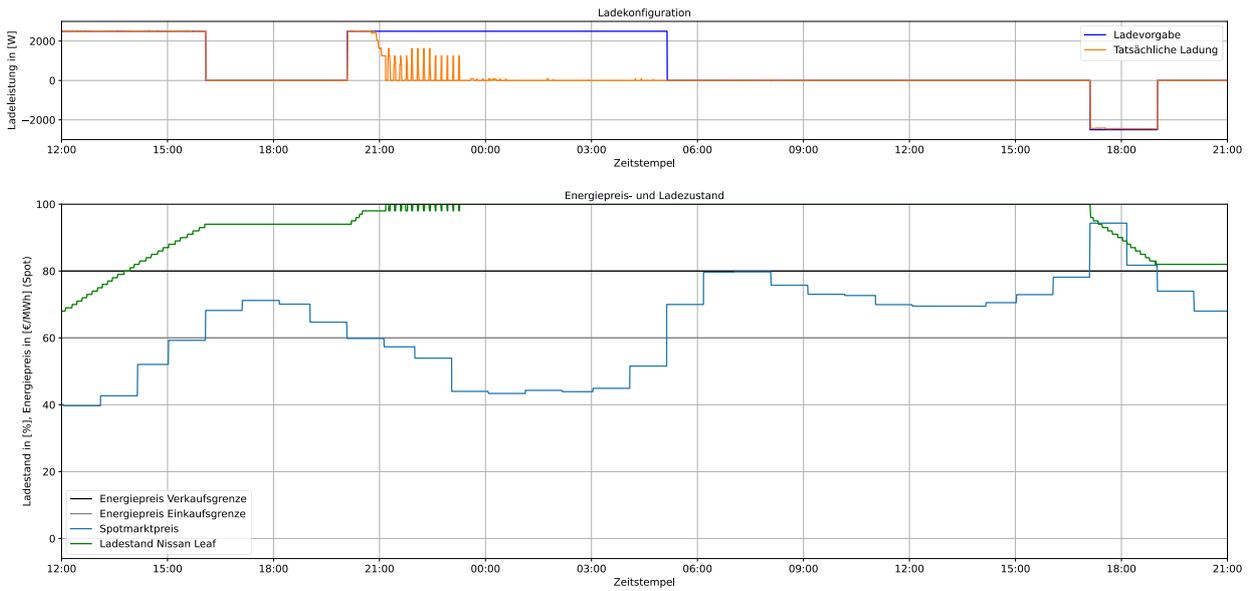


Abbildung 3: Demonstrationsszenario 2. Laden in Abhängigkeit vom EPEX-Preis, Entladung von insgesamt etwa 5,8kWh, die profitabel verkauft werden. (Nichtberücksichtigung der Netzgebühr, grafische Anpassung des Datensatzes)

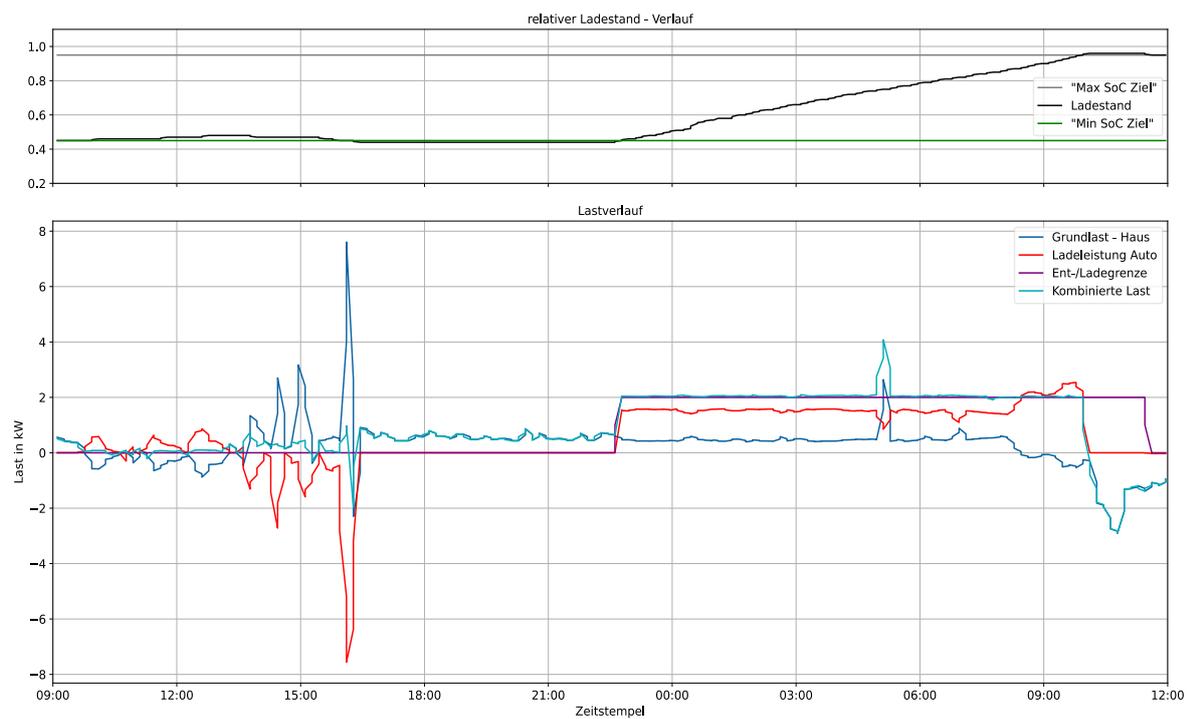


Abbildung 2 Demonstrationsszenario 3. Ladung nach Sollkurve ohne Hysteresis