

Optimierung der Batterie- lebensdauer:

Wie Vehicle-to-Grid und Smart Charging die
Alterung von E-Autobatterien beeinflussen





Einleitung

Über die Haltbarkeit und Leistung der Elektroautobatterie wird aktuell viel diskutiert, da sie zu den zentralsten und auch kostspieligsten Bauteilen des Fahrzeugs zählt. Besonders verbreitet ist die Sorge, dass viele Ladezyklen die Lebensdauer der Batterie negativ beeinflussen.

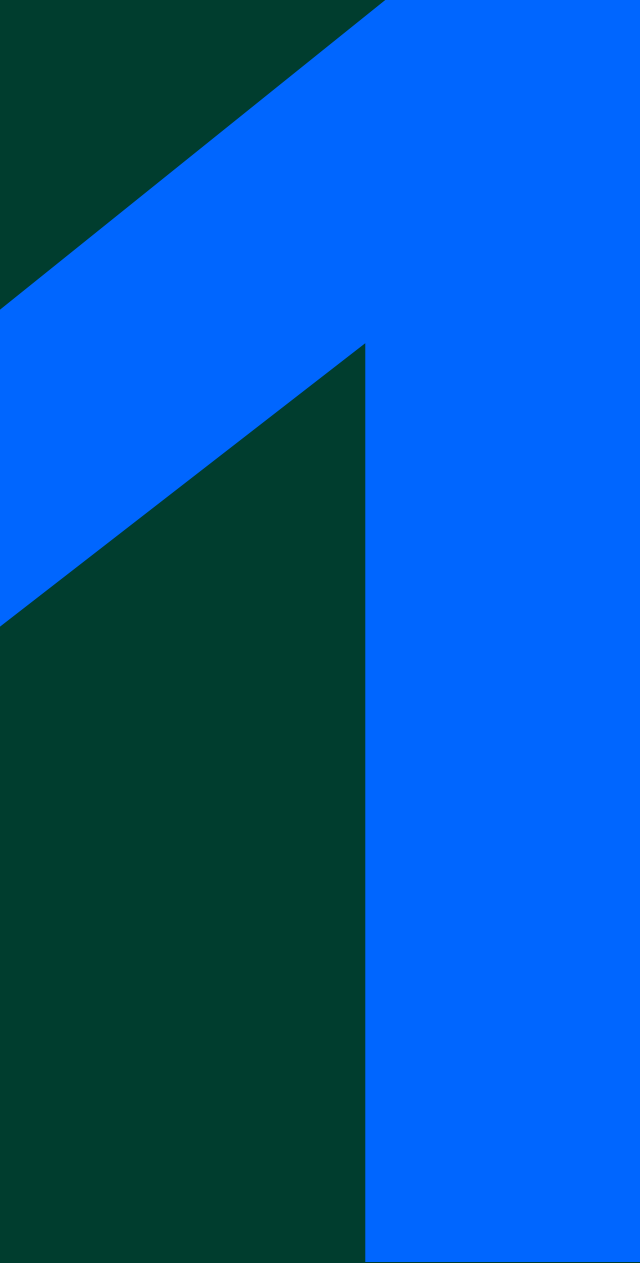
Um diesen Bedenken nachzugehen, haben The Mobility House Energy, der führende Experte für intelligentes und netzdienliches Laden, und die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH) in einer gemeinsamen Studie die langfristigen Auswirkungen von Ladevorgängen betrachtet, insbesondere von Vehicle-to-Grid-Anwendungen auf Elektroautobatterien.



Raphael Hollinger
Geschäftsführer von The Mobility House Energy

Inhalt

01	Beschreibung und Ziel	5
02	Methodik	7
03	Ergebnisse	9
04	Beteiligte Organisationen & Expert:innen	12
05	Hintergrund	14
06	Weiterführende Informationen	16



Beschreibung und Ziel

Das Hauptziel der Untersuchung war es, den langfristigen Effekt von intelligentem Laden (=V1G), **bidirektionalem Laden** (=V2G) und unmittelbarem Laden (=Immediate Charging/IC) auf im Markt verfügbare unterschiedliche Batteriezellen zu analysieren.





Methodik



Simulation der Batterienutzung

über einen Zeitraum von zehn Jahren auf Basis von empirischen Alterungsmodellen für die Fälle:

- **Intelligentes Laden (V1G)**

Beim intelligenten Laden wird der **Ladevorgang zeitlich optimiert** – unter Berücksichtigung von Netzlast, Strompreisen und individuellen Abfahrtszeiten. Ziel ist es, den Ladevorgang in Phasen mit günstigerer Energiebereitstellung zu verschieben und gleichzeitig die Batterie im optimalen Ladebereich mit minimaler Alterung zu halten.

In der Simulation erfolgt das Laden mit einer **konstanten Leistung von 11 kW** innerhalb definierter Zeitfenster. Dabei wird der Ladezustand so gesteuert, dass hohe State-of-Charge-Standzeiten (SoC = aktueller Ladezustand in Prozent) vermieden werden.

- **Bidirektionales Laden (V2G)**

Beim bidirektionalen Laden wird die Fahrzeugbatterie nicht nur geladen, sondern bei Bedarf auch **gezielt ins Stromnetz oder das Haushaltsnetz entladen**. Das Fahrzeug dient als

mobiler Energiespeicher, der flexibel auf Netzanforderungen oder Marktsignale reagieren kann.

In der Simulation erfolgt das Laden und Entladen mit **11 kW auf Basis eines realistischen Fahrprofils**. Die Ladehübe (Depth of Discharge, DoD = Entladetiefe in Prozent) sind überwiegend klein (<30%) und liegen im mittleren Ladebereich (20–80% SoC), um die Alterung zu minimieren.

- **Unmittelbares Laden (IC)**

Beim unmittelbaren Laden beginnt der **Ladevorgang sofort nach Anschluss des Fahrzeugs** – mit voller Ladeleistung bis zum maximalen Ladezustand (90–100% SoC), unabhängig von Preis- oder Netzsignalen.

In der Simulation wurde dieses Verhalten als Baseline und Worst-Case-Szenario angenommen, da es zu langen Standzeiten bei hohem SoC führt, was die Alterung beschleunigt. Zyklische Effekte durch vollständige Ladehübe werden ebenfalls berücksichtigt, wobei keine optimierenden Maßnahmen wie Ladezielbegrenzung oder zeitgesteuertes Laden zum Einsatz kommen.



Berücksichtigung von:

- Kalendarischer Alterung (=Alterung über die Zeit hinweg) und
- Zyklischer Alterung (=Alterung durch Lade- und Entladezyklen)



Auswahl repräsentativer Automotive-Zellen:

- Rundzelle (z.B. Tesla, Lucid, BMW, etc.)
- Pouchzelle (z.B. GM, Ford, Nissan, VW etc.)
- Prismatische Zelle (z.B. Nio, BYD etc.)

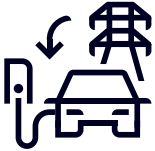


Errechnung von State of Energy (SOE)

Verläufen u.a. auf Basis der Handelsgeschäfte, die der „multi-market“ Algorithmus erzeugt, also die Vermarktung der Energie an mehreren Märkten gleichzeitig.



Ergebnisse



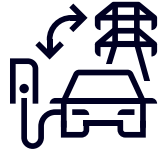
Intelligentes Laden (V1G) reduziert die Alterung signifikant durch Minimierung der kalendarischen Alterung und Vermeidung langer Standzeiten bei hohem Ladezustand.

Nach 10 Jahren beträgt die **reduzierte Alterung** durch V1G zwischen **3,3 %p** und **6,8 %p**.*

Dies entspricht einem **Kapazitätsgewinn** von **1,8 – 3,6 kWh** oder **10,9 – 22,5 km Reichweite** nach WLTP.

Intelligentes Laden bringt der/dem Kund:in unter Berücksichtigung des aktuellen Energiemarkts über 10 Jahre einen **Mehrwert von 2.000 – 4.000 Euro**.

*Prozentpunkte



Bidirektionales Laden (V2G) wirkt sich nur minimal auf die Gesamalterung aus, da die zusätzlichen Ladezyklen überwiegend im mittleren Ladebereich (20-80% SoC) und mit kleinen Ladehuben (<30% DoD) stattfinden.

Nach 10 Jahren beträgt die **zusätzliche Alterung** durch V2G zwischen **1,7%p** und **5,8%p**.

Dies entspricht einem Kapazitätsverlust von **0,9 – 3,1 kWh** oder **5,8 – 19,2 km Reichweite** nach WLTP.

Diese Kapazität kostet heute ca. 100-300 Euro Investition, bringt der/dem Kund:in aber über 10 Jahre einen **Mehrwert von 6.000-10.000 Euro**.

Obwohl V2G im Vergleich die höchste Alterung über 10 Jahre aufweist, basiert dies auf einem überdurchschnittlichen Energieumsatz durch netzstützende Einsätze im Stromhandel. Die simulierten V2G-Zyklen bestehen nicht aus vollständigen Ladezyklen, sondern primär aus kleineren Lade- und Entladevorgängen im mittleren SoC-Bereich.

Diese Struktur erlaubt eine monetäre Nutzung der Batterie – mit einem signifikanten Mehrwert – während die zusätzliche Alterung vergleichsweise gering bleibt.



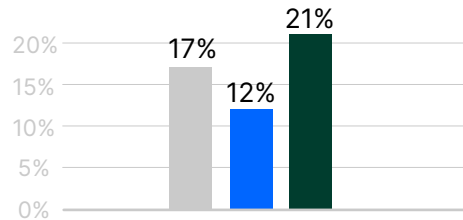
Unmittelbares Laden stellt die schlechteste Alternative dar, weil so die **Batterie nicht monetarisiert** wird und dies gleichzeitig zu **hoher Alterung (und Netzbelastung)** führt.

Die erhöhte Alterung in diesem Szenario entsteht nicht primär durch viele Lade- und Entladezyklen, sondern vor allem durch **lange Standzeiten bei hohem Ladezustand**. Ein dauerhaft hoher SoC beschleunigt die kalendarische Alterung der Batteriezellen deutlich.

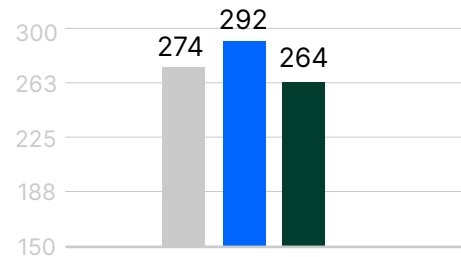
Studienergebnisse



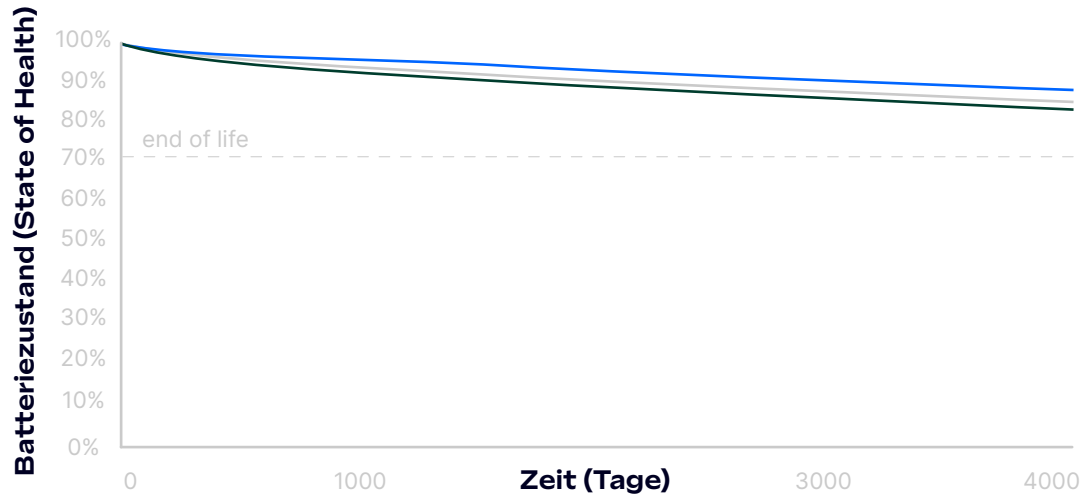
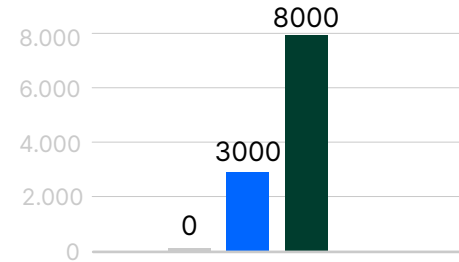
**Alterung der Batterie (%)
in 10 Jahren**



**Verbleibende Reichweite (km)
nach 10 Jahren**



**Finanzieller Mehrwert der Batterie (€)
nach 10 Jahren**



- Unmittelbares Laden (IC)
- Intelligentes Laden (V1G)
- Bidirektionales Laden (V2G)



Beteiligte Organisationen und Expert:innen

The Mobility House Energy, ISEA Institut der RWTH Aachen am CARL (Center for Ageing, Reliability and Lifetime Prediction of Electrochemical Power Electronic Systems)

THE MOBILITY HOUSE
Energy

CARL
Center for Ageing, Reliability
and Lifetime Prediction of
Electrochemical and Power
Electronic Systems

RWTH AACHEN
UNIVERSITY





Hintergrund

Die Untersuchung der Batteriealterung im V2G-Kontext trägt dazu bei, die Vorteile von Elektrofahrzeugen und erneuerbaren Energien besser zu nutzen, wirtschaftliche und nachhaltige Lösungen zu entwickeln und das Potenzial von V2G-Technologien voll auszuschöpfen:

- **Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Batterien:**
Batterien in Elektrofahrzeugen haben eine begrenzte Lebensdauer, die durch Lade- und Entladezyklen sowie durch andere Faktoren wie durchschnittlicher Ladezustand und Temperatur beeinflusst wird.
- **Optimierung der V2G-Nutzung:**
Eine fundierte Kenntnis der Alterungsprozesse ermöglicht es, V2G-Dienste so zu gestalten, dass sie die Batterie möglichst wenig belasten.
- **Netzstabilität und Energiespeicherung:**
V2G-Systeme haben das Potenzial, die Netzstabilität zu verbessern und erneuerbare Energien besser zu integrieren, indem sie als flexible Speicherlösungen dienen.
- **Entwicklung besserer Batteriemanagementsysteme (BMS)**
Wenn BMS und Stromvermarkter aufeinander abgestimmt agieren, ist der V2G-Betrieb besonders batterieschonend. Grenzen der Batterie können so besser kommuniziert und im Trading berücksichtigt werden.
- **Nachhaltigkeit und Umweltschutz:**
Längere Batterielebensdauern verringern die Umweltbelastung durch die Herstellung und Entsorgung von Batterien. Das zeigt sich deutlich am **emissionsmindernden Effekt** von V1G und V2G:
 - V1G = -0.2 tCO₂/EV/a
 - V2G = -1.2 tCO₂/EV/a

*tCO₂/EV/a steht für: Tonnen CO₂ pro Elektrofahrzeug pro Jahr





Weiterführende Informationen:

Vehicle-to-Grid [Factsheet](#)

[Projekte](#) von The Mobility House Energy



Über The Mobility House

The Mobility House gestaltet die Energie- und Mobilitätszukunft. Das 2009 gegründete Technologieunternehmen ist weltweit mit Standorten in München, Zürich, London, Paris, Singapur und Belmont (CA) vertreten.

Über The Mobility House Energy

Der Geschäftsbereich The Mobility House Energy integriert E-Auto-Batterien und stationäre Speicher ins Energiesystem – und treibt damit den Wandel hin zu einer bezahlbaren, widerstandsfähigen und klimaneutralen Energiezukunft voran. Mit den eigens entwickelten Technologien FlexibilityAggregator und FlexibilityTrader aggregiert, optimiert und handelt das Unternehmen Speicherressourcen über verschiedene Märkte hinweg. 2024 brachte The Mobility House Energy gemeinsam mit Mobilize (Renault Gruppe) und Renault das weltweit erste kommerzielle Vehicle-to-Grid-Produkt in Frankreich auf den Markt.

Weitere Informationen: mobilityhouse-energy.com

The Mobility House Energy GmbH

St.-Cajetan-Straße 43
81669 München

Tel. +49 89 4161 430 70
communication@mobilityhouse.com

mobilityhouse-energy.com



Haftungsausschluss

Die Inhalte dieses Whitepapers wurden mit größter Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität können wir jedoch keine Gewähr übernehmen. Die Inhalte unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der schriftlichen Zustimmung von The Mobility House Energy.