



BDL Use Case zeitliche Arbitrage

Steckbrief

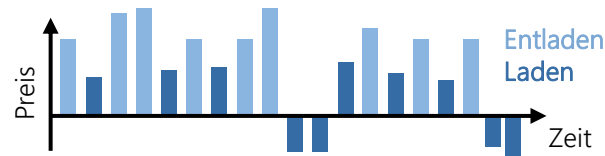


Use Case Beschreibung



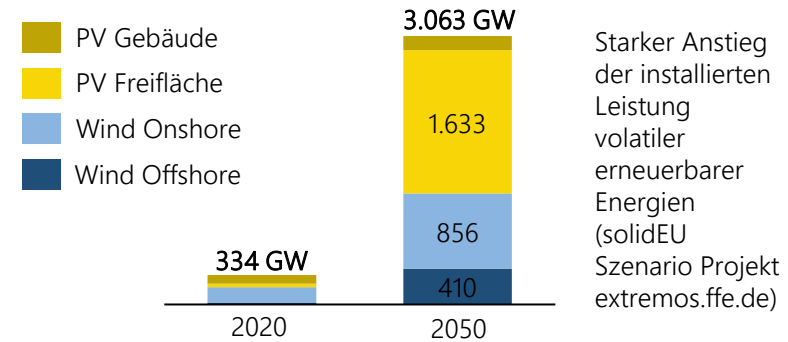
Ziel:
Optimierung der Lade und Entladevorgänge auf Basis der Preise am Day-Ahead- und Intraday-Markt. Das Elektrofahrzeug wird zu Zeitpunkten mit niedrigen Strompreisen geladen und zu Zeiten mit hohen Strompreisen entladen (Arbitrage-Geschäft).

- Motivation:**
- Generierung von Erlösen durch Preisspreads
 - Bereitstellung von Flexibilität für Energiesystem



Erlösquelle:
Durch die unterschiedlichen Preise kann Energie günstig beschafft und teurer verkauft werden und die Differenz der Preise als Erlöse generiert werden.

Entwicklungen im europäischen Energiesystem



Optimierungsziel



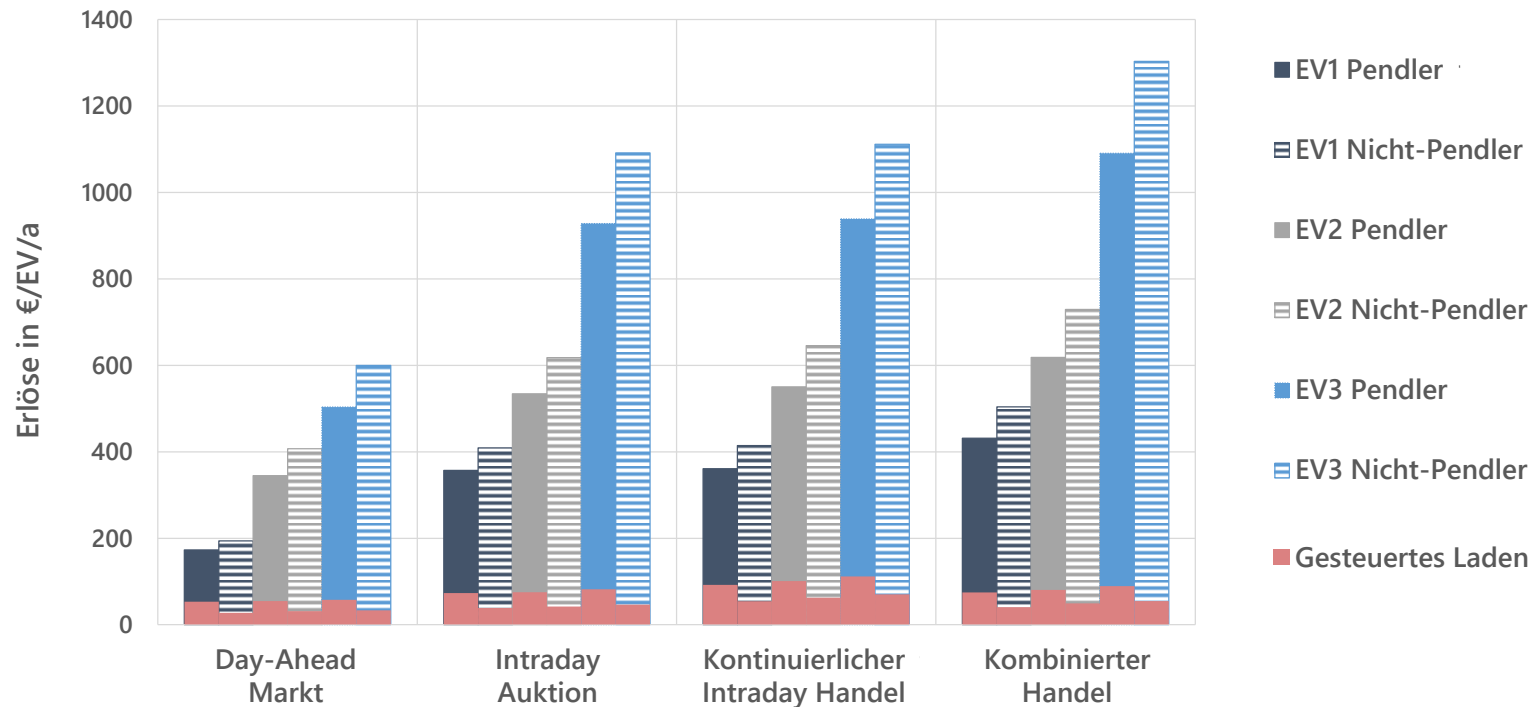
Basiskonfiguration Simulationsparameter

	Ladeort Zu Hause
	Maximale Ladegleichzeitigkeit keine Einschränkung
	Anzahl Fahrzeuge 50 Pendler/75 Nicht-Pendler

	Ansteckwahrscheinlichkeit "immer anstecken"
	Sicherheit / Ziel SOC 30 % / 70 %
	Nutzergruppe Pendler/Nicht-Pendler

	Marktdesign Annahme einer vollständigen Befreiung von Abgaben und Umlagen
	Spotmarktpreise Deutsche Day-Ahead- (DA) und Intraday-Preise (Auktion+ID3) aus 2019

Ergebnisse zeitliche Arbitrage Basiskonfigurationen



Kernergebnisse

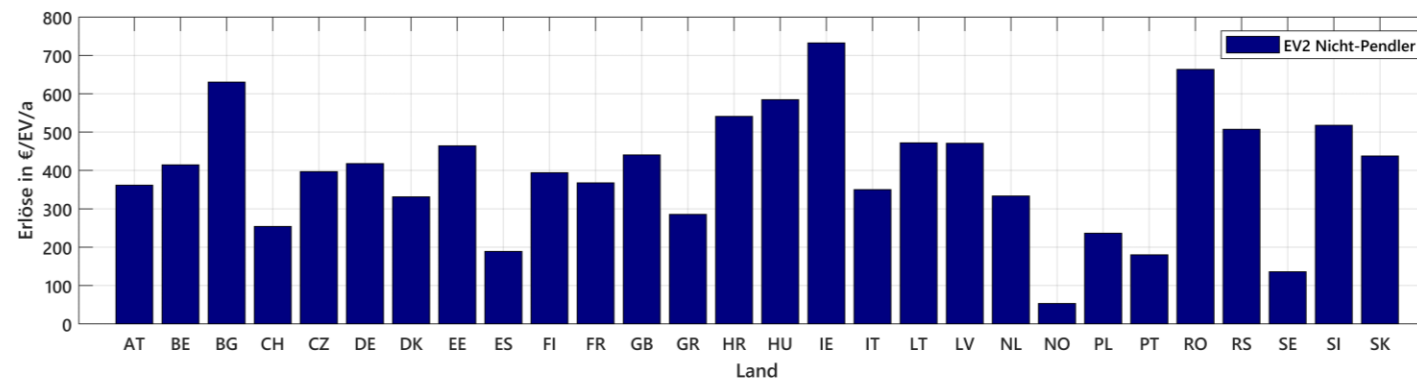
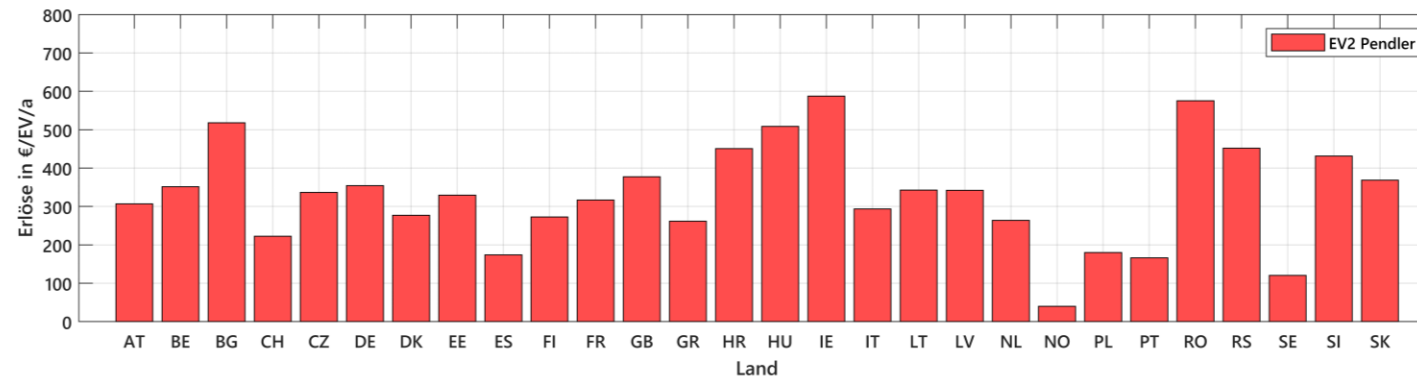
- Bidirektionale Elektrofahrzeuge (EVs) können durch Handel am deutschen Spotmarkt **deutliche Erlöspotenziale im Vergleich zum Direktladen** in Höhe von 200 bis 1300 €/EV/a generieren.
- Erlöse im **Intraday-Handel** sind ca. **doppelt so hoch** wie Erlöse im **Day-Ahead-Markt**.
- Eine **kombinierte Vermarktung** an Day-Ahead-Markt und Intraday-Handel kann die Erlöse gegenüber der reinen Intraday-Vermarktung noch einmal um gut 10 % steigern.
- Eine steigende **Batteriekapazität**, eine ansteigende **Lade-/Entladeleistung** und ein höherer **Wirkungsgrad** wirken sich sehr stark erlössteigernd aus.
- **Nicht-Pendler** können durch den bidirektionalen Handel am Strommarkt im Mittel ca. 15 % höhere Erlöse generieren als **Pendler**. **Pendler** können dagegen durch gesteuertes, spotpreisoptimiertes unidirectionales Laden leicht höhere Erlöse generieren.
- Das **gesteuerte Laden** kann im Vergleich zum bidirektionalen Laden nur einen kleinen Bruchteil der Erlöse ermöglichen.

	EV1	EV2	EV3
Batteriekapazität	38 kWh	100 kWh	100 kWh
Lade-/Entladeleistung	11 kW	11 kW	22 kW
Roundtrip-Wirkungsgrad	85 %	89 %	90 %

Ergebnisse zeitliche Arbitrage Basiskonfiguration in verschiedenen europäischen Ländern



EV2
DA-Markt



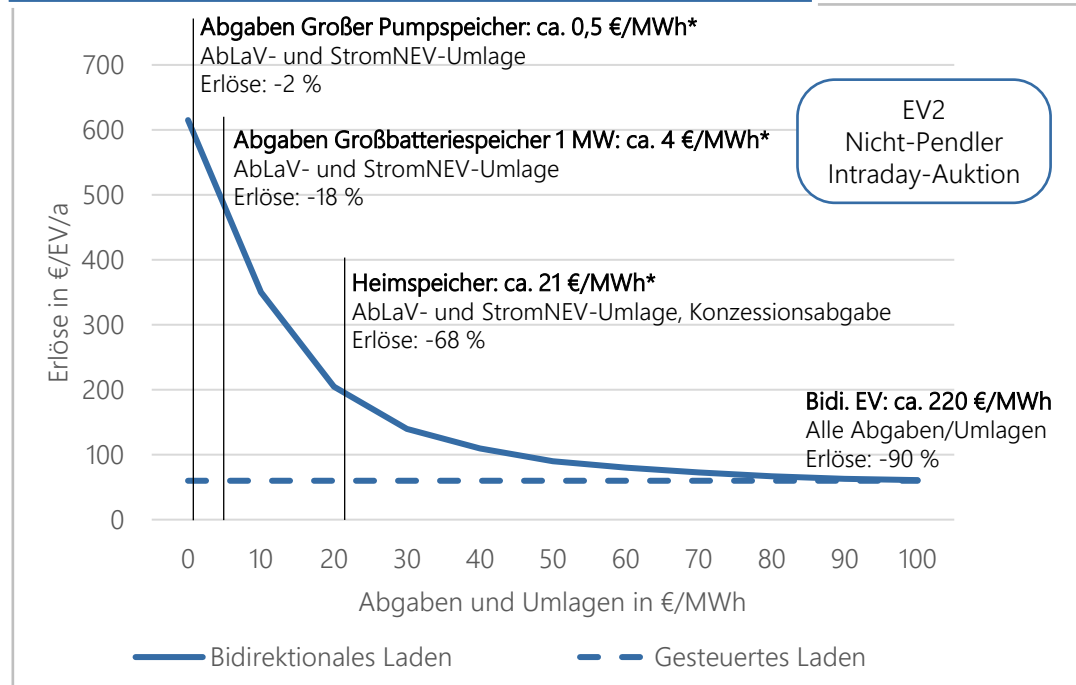
Kernergebnisse

- Erlöse, die sich mit bidirektionalen Elektrofahrzeugen (EVs) erwirtschaften lassen, hängen stark vom **hinterlegten Energiesystem** und damit der **Charakteristik der Strompreise** ab
- **Norwegen (NO) und Schweden (SE)** mit Kernkraftwerken und viel Wasserkraftwerken haben wenig volatile und eher saisonal schwankende Grenzkosten im Erzeugungspark. Daher sind die **Erlöspotenziale** bidirektionaler EVs, die meist als Tagesspeicher eingesetzt werden, hier wesentlich **geringer** als in anderen Ländern.
- **Deutschland (DE)** hat einen heterogenen Bereitstellungssektor (hohe installierte Leistungen von Windenergie- und PV-Anlagen sowie Kern-, Braunkohle-, Steinkohle-, Gaskraftwerken). Daraus ergeben sich **volatilere Strompreise**, deren Preisspreads gut von bidirektionalen EVs genutzt werden können.
- **Irland (IE) und Rumänien (RO)** sind kleinere Märkte mit begrenzten Handelskapazitäten. Daher entstehen dort **häufiger Knappheitspreise** > 100 €/MWh. Diese großen Preisfluktuationen werden optimal von bidirektionalen EVs genutzt, um sehr hohe Erlöse zu generieren.

Ergebnisse Sensitivitätsanalyse: Einfluss Regulatorik und zukünftige Strompreise



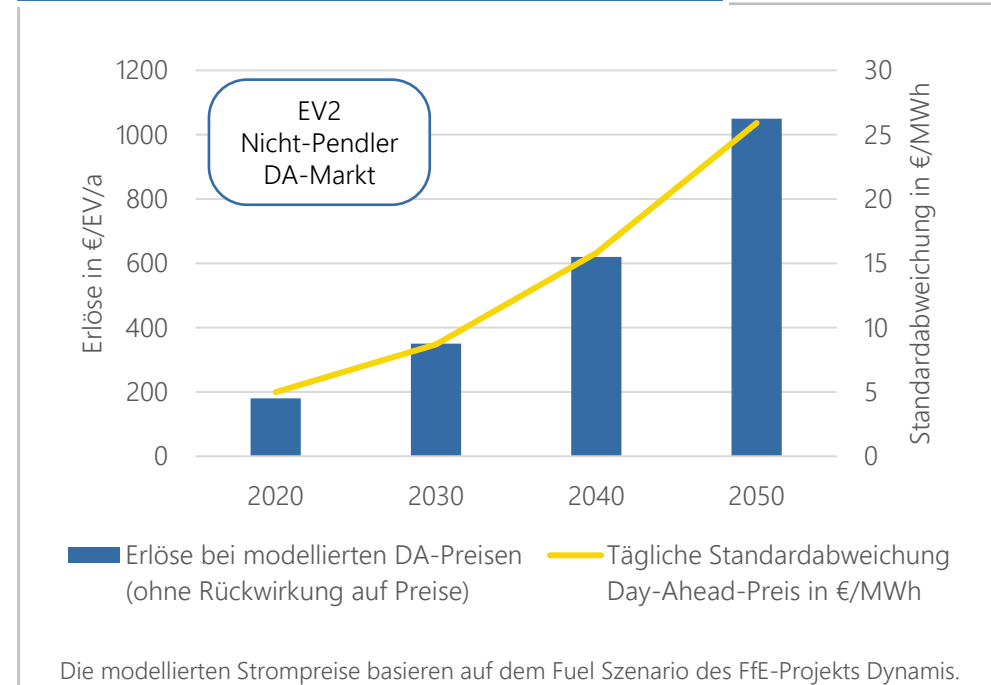
Parametervariation: Abgaben und Umlagen in Deutschland



Erkenntnisse

- Durch **Abgaben und Umlagen** auf bezogenen Strom wird der **gekauft Strom deutlich teurer**, wodurch der Use Case zeitliche Arbitrage sehr schnell unwirtschaftlich wird.
- Selbst bei Einordnung des bidirektionalen Elektrofahrzeugs (EVs) als großer **Pumpspeicher** (-2%), als **GroÙbatteriespeicher** (-18%) oder als **Heimspeicher** (-68%) sinken die Erlöse bereits deutlich ab.
- Aktuell ist ein bidirektionales Elektrofahrzeug regulatorisch nicht als Speichereinheit eingeordnet und folglich von **keinerlei Abgaben und Umlagen befreit**.

Parametervariation: Zukünftige Preisspreads in DE



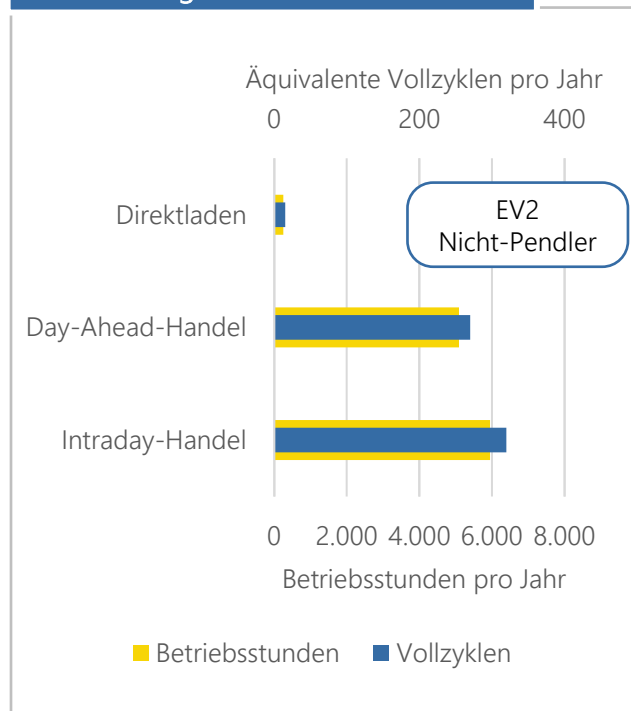
Erkenntnisse

- Ein **Ansteigen der Preisvolatilität** (im Diagramm ausgedrückt durch Standardabweichung der Day-Ahead-Preise) in der Zukunft wird zu **steigenden zukünftigen Erlöspotenzialen** sorgen.
- Es sind keine Rückwirkungen der bidirektionalen EVs auf die Strompreise modelliert. Die Nutzung von zeitlicher Arbitrage führt zu glatteren Strompreisen und damit einer geringeren täglichen Standardabweichung, wodurch die Erlöspotenziale wieder etwas absinken.

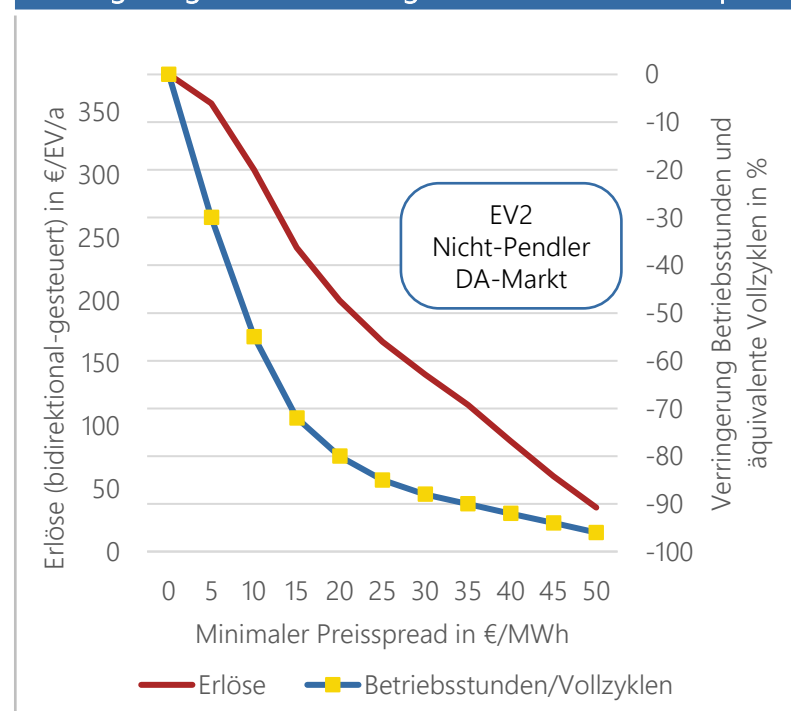
Rückwirkungen des Use Cases zeitliche Arbitrage auf das Elektrofahrzeug (EV) und die Wallbox



Rückwirkung des Use Case auf das EV



Verringerung der Rückwirkung durch minimalen Preisspread



Kernaussagen

- Der Use Case zeitliche Arbitrage führt zu **Mehrbelastungen** der **Fahrzeuggatterie** und der **Leistungselektronik** von Fahrzeug und Wallbox. Typische Kennzahlen zur Beurteilung der Mehrbelastungen sind die äquivalenten Vollzyklen (EFCs) der Batterie (alle Zyklen aufaddiert und mit Batteriekapazität normiert) sowie die Betriebsstunden (OHs) von Batterie und Wallbox.
- Während die OHs und EFCs beim Direktladen für das EV2 noch bei 250 h/a und 20 Zyklen/a liegen, steigen sie durch das Handeln am Strommarkt stark an. **Eine uneingeschränkte Vermarktung** am Day-Ahead-Markt führt zu OHs von 5.000 h/a und EFCs von 270 Zyklen/a. Eine uneingeschränkte Vermarktung am Intraday-Markt resultiert in OHs von knapp 6.000 h/a und EFCs von 320 Zyklen/a.
- Durch das Hinterlegen eines **minimalen Preisspreads**, der zwischen Kauf- und Verkaufspreis der Energie liegen muss, können die **Mehrbelastungen stark reduziert** werden, ohne dass die Erlöse zu stark absinken. Ein minimaler Preisspread von 10 €/MWh führt dabei beispielsweise nur zu verminderten Erlösen von 20 %, während die OHs und EFCs um ca. 55 % absinken.

Einordnung der Mehrbelastungen

- Für stationäre Batteriespeicher werden oft maximale Vollzyklen von 5.000 Zyklen* und für Leistungselektronik maximale Betriebsstunden von 10.000 h** genannt. Folglich ist die **zusätzliche Belastung** auf die **Leistungselektronik** als **relevanter** einzuschätzen.
- Die Einschränkung durch einen **minimalen Preisspread** kann die **Mehrbelastungen** deutlich **reduzieren**, so dass die Mehrbelastungen den Use Case einschränken, nicht jedoch grundsätzlich ausschließen.

*siehe z.B. BMZ Energy Storage Systems in https://bmz-group.com/images/PDF-Downloads/Broschuere-ESS_EN_with_ESSX.pdf

**Ma, Ke et al.: Design for Reliability of Power Electronics in Renewable Energy Systems. Basel: Springer International Publishing AG, 2014.

Use Case zeitliche Arbitrage



Fazit

- Der starke Ausbau Erneuerbarer Energien wird **zukünftig** zu **volatileren Preisen** am Strommarkt führen.
- Bidirektionale Elektrofahrzeuge (EVs) sind gut geeignet, die Preisspreads auszunutzen und durch zeitliche Arbitrage Erlöse zu generieren.
- Bei einer vollständigen Befreiung von Abgaben und Umlagen könnten **bidirektionale EVs aktuell 200 bis 1.300 €/a Erlöse** generieren in Abhängigkeit der Fahrzeug/Nutzer Kombination.
- Das gesteuerte, strompreisoptimierte Laden kann lediglich 5-20 % der Erlöspotenziale nutzen. Für das gesteuerte Laden gibt es dafür weniger regulatorische Herausforderung.
- Die Erlöspotenziale sind stark abhängig vom **zugrunde liegenden Energiesystem**. In Ländern mit geringeren Spreads am Strommarkt, wie z.B. Norwegen, sind die Erlöspotenziale deutlich geringer.
- Die erwartete, zukünftige höhere Preisvolatilität führt zukünftig auch zu höheren Erlöspotenzialen bidirektionaler EVs am Strommarkt. Bei einer **Verdopplung** der täglichen **Standardabweichung** der Strompreise ist auch eine Verdopplung der **Erlöspotenziale** zu erwarten.

Use Case Beschreibung

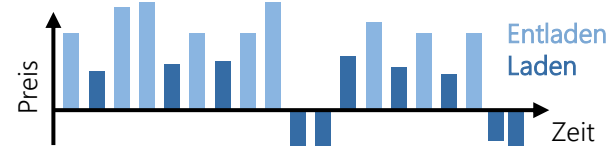


Ziel:

Optimierung der Lade und Entladevorgänge auf Basis der Preise am Day-Ahead- und Intraday-Markt. Das Elektrofahrzeug wird zu Zeitpunkten mit niedrigen Strompreisen geladen und zu Zeiten mit hohen Strompreisen entladen (Arbitrage-Geschäft).

Motivation:

- Generierung von Erlösen durch Preisspreads
- Bereitstellung von Flexibilität für Energiesystem



Erlösquelle:

Durch die unterschiedlichen Preise kann Energie günstig beschafft und teurer verkauft werden und die Differenz der Preise als Erlöse generiert werden.

Handlungsempfehlungen

- Es werden zukünftig zunehmend Flexibilitäten benötigt, die in Zeiten mit hoher Erzeugung Strom verbrauchen und/oder zu Zeiten mit niedriger Erzeugung Strom ins System speisen können. Bidirektionale Elektrofahrzeuge bieten diese Flexibilität.
- Bidirektionale Elektrofahrzeuge können dem Energiesystem diese Flexibilität nur geben, wenn der **Use Case zeitliche Arbitrage wirtschaftlich** durchführbar ist. Hierfür ist mindestens eine regulatorische Einordnung als stationärer Stromspeicher für zwischengespeicherten Strom und damit **eine starke Befreiung von Abgaben und Umlagen** auf zwischengespeicherten Strom sinnvoll, **perspektivisch** ist auch die **Konzessionsabgabe** ein **Hindernis** bei der Integration der Fahrzeuge in den Strommarkt.

Herausforderungen

- Größter Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Use Cases zeitliche Arbitrage sind die **Abgaben und Umlagen** auf bezogenen Strom. Kommt es hier nicht zu einer starken Befreiung, ist der Use Case **nicht wirtschaftlich** durchführbar.
- Selbst bei regulatorischer Einordnung wie ein **Heimspeicher** kommt es durch die hohe Konzessionsabgabe zu einer Erlösreduzierung von 68 %, für einen **Großbatteriespeicher** sinken die Erlöse um 18 %.
- Ohne Einschränkung des Use Cases über beispielsweise minimale Preisspreads, die am Strommarkt genutzt werden, ist ein hoher **Anstieg der Vollzyklen** und der **Betriebsstunden** zu erwarten.
- Bidirektionale EVs, die am Strommarkt handeln, haben einen **glättenden Effekt auf die Strompreise**. Daher sinken die Erlöspotenziale je mehr EVs am Markt teilnehmen.