



Merkblatt Bidirektionalität

Energieberatung Elektromobilität

Inhaltsverzeichnis

1	Definition, Abgrenzung und Anwendungsfälle	3
2	Technologien	6
3	Energiesystem Haus	8
4	Kosten	9
5	Regulatorische Aspekte	10
6	Vor- und Nachteile	11
7	Quellen	12

1 Definition, Abgrenzung und Anwendungsfälle

Bidirektionalität

Heute ist es üblich, dass das Laden elektrischer Fahrzeuge über eine Richtung erfolgt (monodirektional): vom Stromnetz in die Ladestation ins Auto. Laden in zwei Richtungen (Bidirektionales Laden) ist noch nicht weit verbreitet, hat jedoch ein hohes Potenzial für die nahe Zukunft: Hier kann Strom nicht nur dem Auto zugeführt, sondern auch dem Auto entnommen werden.

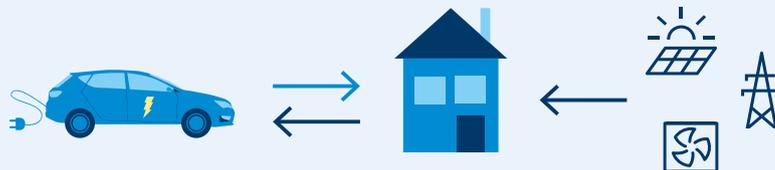
Somit kann das Auto als Zwischenspeicher fungieren. Dabei gibt es unterschiedliche Ausprägungen, je nachdem, wohin der entnommene Strom gespeist wird ¹.

In der nachfolgenden Grafik sind die verschiedenen Anwendungsfälle für die Rückspeisung von elektrischer Energie aus der Fahrzeugbatterie dargestellt. Man unterscheidet V2L (Vehicle-to-Load), V2H (Vehicle-to-Home) V2B (Vehicle-to-Building) und V2G (Vehicle-to-Grid).

V2L (Vehicle-to-Load)



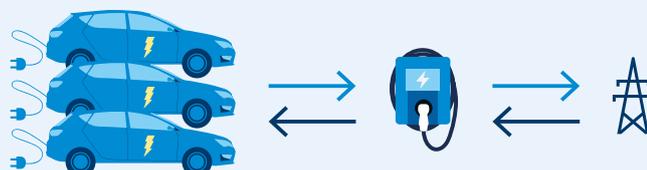
V2H (Vehicle-to-Home)



V2B (Vehicle-to-Building)

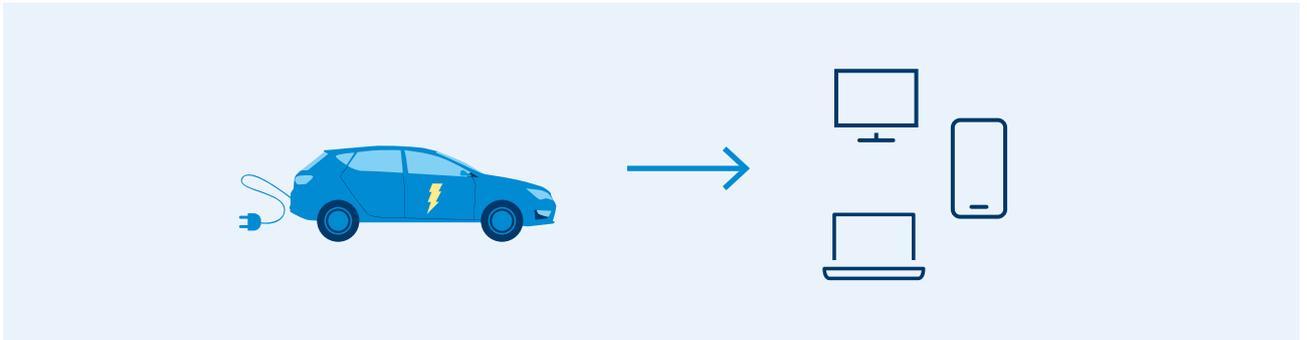


V2G (Vehicle-to-Grid)



Vehicle-to-load (V2L)

- **Funktionsweise:** Fahrzeuge verfügen über einen eingebauten AC/DC-Wandler (Wechselrichter) sowie AC-Steckdosen und können so über ein Kabel beispielsweise kleinere Haushaltsgeräte betreiben. Das Fahrzeug kann so als eine Art «Powerbank» fungieren ¹¹².
- **Anwendungsfall:** V2L kann genutzt werden, um elektronische Geräte mit 230 VAC zu laden oder zu betreiben (z. B. Kühlboxen beim Campen). Auch das notfallmässige Aufladen von E-Fahrzeugen kann über V2L erfolgen (mit 3,6 kW) ¹¹².
- **Ladeanschluss:** Das Entladen erfolgt über das Auto, es ist keine spezielle (bidirektionale) Ladestation erforderlich.



Vehicle-to-Home (V2H)

- **Funktionsweise:** Die in der Fahrzeugbatterie gespeicherte Energie kann in das Hausnetz eingespeist und als Eigenverbrauch genutzt werden (der Strom geht nicht in das öffentliche Stromnetz) ¹¹².
- **Anwendungsfall:** Anwendung findet V2H beispielsweise, sobald überschüssige Energie durch die hauseigene Photovoltaikanlage produziert wurde und in der Autobatterie gespeichert wird (Überschuss aus Eigenproduktion). Das Fahrzeug ersetzt oder ergänzt dadurch eine stationäre Batterie im Haus. Auch in die entgegengesetzte Richtung funktioniert das System: Sollte die Photovoltaikanlage nicht genügend Energie produzieren (z. B. während der Abendstunden), kann dem Auto Energie entnommen werden ¹¹².
- **Ladeanschluss:** Bidirektionale Ladestation erforderlich, die dem Energieversorger gemeldet und bewilligt werden muss. Die Rückspeisung ins Netz wird durch eine Steuerung verhindert.



Vehicle-to-Building (V2B)

- **Funktionsweise:** Wie bei V2H können bidirektional ladefähige Elektroautos nicht nur elektrische Energie speichern, sondern auch wieder in das Gebäude zurückspeisen. Der Unterschied zu V2H ist, dass mehrere Bezüger bedient werden können³.
- **Anwendungsfall:** V2B ermöglicht die Versorgung eines Mehrfamilienhauses oder eines Gewerbe-/Industriebetriebs mit der gespeicherten elektrischen Energie aus dem E-Auto, oft auch als Teil einer E-Auto-Flotte. Zusätzlich können gebäudeinterne Lastspitzen gekappt werden (Peak Shaving). So können die Spitzenlasten, etwa um

die Mittagszeit (z. B. Energiebedarf der Kantine), mit den Fahrzeugbatterien gepuffert werden. Die gesamten Lade- und Rückspeisevorgänge finden hinter dem Netzanschluss des Gebäudes, also im Gebäude selber, statt. Es fließt kein Strom zurück ins Netz³.

- **Ladeanschluss:** Bidirektionale Ladestation erforderlich, die dem Energieversorger gemeldet und bewilligt werden muss. Die Rückspeisung ins Netz wird durch eine Steuerung verhindert.



Vehicle-to-Grid (V2G)

- **Funktionsweise:** Die in der Fahrzeugbatterie gespeicherte Energie kann in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden (gegen Entgelt vom Energieversorger). Somit fungiert die Batterie als Energiespeicher und kann in Verbrauchsspitzen das öffentliche Stromnetz unterstützen. Für eine netzdienliche Nutzung dieser Energiespeicher (aus Sicht des öffentlichen Stromnetzes) ist allerdings eine grosse Anzahl V2G-fähiger Fahrzeuge notwendig^{1|2}.
- **Anwendungsfall:** Viele Länder bauen derzeit den Anteil der Produktion aus erneuerbaren Energie-

quellen aus. Diese Art der Energieerzeugung unterliegt natürlichen Schwankungen, weshalb es Möglichkeiten der Speicherung braucht, um während Verbrauchsspitzen die Energie entsprechend bereitstellen zu können. Eine grosse Menge an verfügbaren Fahrzeugbatteriespeichern kann helfen, die zeitliche Diskrepanz zwischen Energieproduktion und Energieverbrauch auszugleichen und somit das Stromnetz zu stabilisieren^{1|2}.

- **Ladeanschluss:** Bidirektionale Ladestation erforderlich, die dem Energieversorger gemeldet und bewilligt werden muss.



Vehicle-to-Everything (V2X)

Die Bezeichnung V2X stellt eine Art Sammelbegriff für die vorgängig erklärten Anwendungen (V2L, V2H, V2B, V2G) dar und kann auch deren Kombination

umfassen. Somit handelt es sich eher um einen Überbegriff, der in der obigen Grafik nicht separat aufgeführt wird³.

2 Technologien

Fahrzeuge

Wie unterscheiden sich Fahrzeuge, die bidirektional geladen werden können, von anderen?

Derzeit können nur bestimmte elektrische Fahrzeugmodelle geladen und entladen werden, da diese vom Hersteller mit der entsprechenden Technik ausgestattet sein müssen.

Das Aufladen von bidirektionalen Fahrzeugen erfolgt wie bei allen Elektrofahrzeugen: Der Strom wird über eine Ladestation dem E-Fahrzeug zugeführt. Da die Batterie Gleichstrom benötigt, wird der Wechselstrom aus dem Stromnetz entweder in der Ladestation oder im E-Fahrzeug per On-Board-Charger in Gleichstrom umgewandelt und in der Batterie gespeichert.

Bei bidirektionalen Fahrzeugen kann der Strom anschliessend wieder dem Hausnetz oder dem öffentlichen Stromnetz zugeführt werden. Um in beide Richtungen laden zu können, braucht es im Fahrzeug eine spezielle Ladekontrolleinheit (Integrated Charging Control Unit). Diese stellt eine Weiterentwicklung des On-Board-Chargers dar. Zudem muss der Gleichstrom wieder in Wechselstrom umgewandelt werden.

Bisher war es fast ausschliesslich mit dem in Japan entwickelten Steckertyp CHAdeMO möglich, bidirektional zu laden. Die elektrischen Fahrzeuge müssen entsprechend mit dem CHAdeMO-Stecker ausgestattet sein. Die Energielieferung in zwei Richtungen mit dem europäischen Steckertyp CCS ist mit wenigen Ausnahmen noch nicht möglich.

Laut aktuellem Stand wird eine Standardisierung auf Basis der CCS-Variante auch für bidirektionales Laden erwartet. Bisher war bidirektionales Laden mit bestehenden Ladestationen ausschliesslich über DC möglich. Nun gibt es erste Fahrzeugmodelle, die das Laden auch über den AC-Charger ermöglichen.

In der Vergangenheit boten vor allem japanische und koreanische Hersteller bidirektionales Laden in ihren Fahrzeugen an, da diese Ausrüstung zum Beispiel in Japan vorgeschrieben ist. Allerdings haben auch andere Hersteller wie VW oder Audi angekündigt, in naher Zukunft bidirektional ladbare Fahrzeuge auf den Markt zu bringen (mit CCS). Die Preise für bidirektionale Fahrzeuge entsprechen in etwa denjenigen der bisher erhältlichen E-Fahrzeuge ⁶.

Modelle, die das bidirektionale Laden unterstützen:

- Mitsubishi i-MiEV
- Mitsubishi Outlander
- Nissan Leaf und e-NV200
- Hyundai IONIQ5 (nur V2L)
- Ford F150 Lightning (nur als Notstromversorgung in den USA nutzbar)
- Volvo EX90
- Renault R5
- VW ID.3, ID.4, ID.5 und ID.Buzz



Typ-1-Stecker



Typ-2-Stecker



CCS-Stecker



CHAdeMO-Stecker

Altern Batterien schneller?

Die Alterung einer Batterie ist unter anderem vom Ladestatus (State of Charge, SoC), von der Temperatur, der Tiefe der Entladungen, der Ladeleistung und der Häufigkeit der Ladung abhängig. Die daraus resultierende Komplexität macht es schwierig, hier genaue Aussagen zu treffen.

Viele Studien betrachten die Alterung zudem nicht in Bezug auf die verschiedenen Nutzungseinflüsse. Das heisst, die Alterung könnte von der gewöhnlichen Nutzung stark beeinflusst sein. In wissenschaftlichen Publikationen wird daher stark auf die Unsicherheit dieser Analysen verwiesen ⁶.

Simulationen zeigen unter anderem, dass die V2X-Nutzung (2 Stunden pro Tag) einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Lebensdauer der Batterie im Vergleich zur natürlich auftretenden Batteriealterung hat ⁷.

Unter Einsatz intelligenter Ladestrategien kann die Alterung von Fahrzeugbatterien im V2X-Einsatz sogar positiv beeinflusst werden, da über längere Zeit ein idealer State of Charge (SoC – Ladezustand) gehalten werden kann ⁸. Dies ist in aller Regel jedoch dem Ladezyklus zu verdanken, der ein Nebeneffekt der Ladesteuerung ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einfluss von V2X einen noch undefinierten Effekt auf die Batteriealterung hat. In vielen Studien wird dargelegt, dass dieser Effekt nicht signifikant negativ ist. Die Alterung hängt stark vom Fahrzeug und von anderen Parametern ab. Auch Faktoren wie zum Beispiel der individuelle Fahrstil oder der Ladezyklus haben grossen Einfluss auf die Batteriealterung.

Ladestationen

Wie unterscheiden sich bidirektionale von unidirektionalen Ladestationen?

Der grösste Unterschied besteht darin, dass bidirektionale Ladestationen über einen DC/AC-Wandler (DC = Gleichstrom; AC = Wechselstrom) verfügen, um den aus dem Fahrzeug kommenden Gleichstrom in Wechselstrom umzuwandeln. So kann dieser wieder in das Hausnetz eingespeist werden.

Einige Ladestationen besitzen zudem ein Energiemanagement-System. Dieses vergleicht die verfügbare Menge an erneuerbarem Strom (zum Beispiel aus Photovoltaikanlagen) mit dem aktuellen Energiebedarf und reguliert so die Stromaufnahme im Fahrzeug ⁹.

Bidirektionale Ladestationen sind derzeit noch deutlich teurer als vergleichbare unidirektionale Systeme: Letztere kosten momentan in der Anschaffung etwa fünfmal weniger als die vergleichbaren bidirektionalen Modelle ¹⁰.

Der Vergleich mit einem stationären Batteriespeicher im Zusammenhang mit einer eigenen Photovoltaikanlage lohnt sich.

Die zurzeit am Markt angebotenen bidirektionalen Ladestationen sind zudem fast ausschliesslich DC-Ladestationen (Gleichstrom) .

3 Energiesystem Haus

Einfamilienhäuser (EFH)

Bei der Integration einer bidirektionalen Ladestation wird ähnlich vorgegangen wie bei einer unidirektionalen Ladestation. Um das Fahrzeug jedoch als Stromspeicher für das Haus zu nutzen und den PV-Strom speichern zu können, wird ein Energie-Management-System (EMS) benötigt. Dieses kommuniziert mit allen Grossverbrauchern im Haus und bindet Wärmepumpe, Warmwasseraufbereitung und Ladeinfrastruktur sowie die Energieerzeugung durch Photovoltaik in ein System ein.

Zusätzlich können bei einem Stromausfall gewisse Fahrzeuge als Notstromaggregat genutzt werden. Diese Systeme sind beispielsweise von Ford in den USA im Einsatz, jedoch kann hier nur zwischen dem normalen Netzanschluss und dem Fahrzeug geschaltet werden. Die Einspeisung ins Stromnetz ist so nicht möglich. Die Umsetzung eines solchen Systems benötigt in der Schweiz die Meldung an den Energieversorger und gegebenenfalls ans ESTI (Eidgenössisches Starkstrominspektorat) je nach Leistung. Technisch notwendig ist ein Hybrid-Wechselrichter, der auch vom Netz getrennt in Kombination mit einem Batteriespeicher das Energiesystem des Hauses bedienen kann ¹¹.

Mehrfamilienhäuser (MFH)

Für den Einsatz bidirektionaler Ladestationen in Einstellhallen von Mehrfamilienhäusern benötigt man ebenfalls wie bei unidirektionalen Ladestationen ein Lastmanagement, das die geforderte Last der Ladeinfrastruktur regelt. Darüber hinaus wird ebenfalls ein intelligentes Energie-Management-System benötigt. Dieses muss neben dem Ausgleich der entsprechenden Lasten auch die Einspeisung in die Fahrzeuge steuern.

Flexibilitätsmanagement

Durch das Management von sogenannten Flexibilitäten kommt eine weitere Option hinzu, Fahrzeugbatterien zu nutzen. Damit ist gemeint, dass das Ladeverhalten von verbundenen E-Fahrzeugen geregelt werden kann. Zum Beispiel können Fahrzeuge, die weniger in Gebrauch sind, zu bestimmten Zeiten zur Speicherung eingeplant werden und somit als verlässliches Speicherelement im Gesamtverbund fungieren. So kann sichergestellt werden, dass ausreichend Speicherelemente verfügbar sind.

4 Kosten

Kaufpreis

Bei Fahrzeugen ist derzeit kein Mehrpreis für die Möglichkeit, bidirektional zu laden, zu zahlen. Für manche bereits auf dem Markt befindliche Modelle könnte die Funktion auch über ein Update verfügbar gemacht werden.

Der typische Verkaufspreis für eine bidirektionale DC-Ladestation bis 7,4 kW liegt bei etwa 5000 CHF für eine Quasar des Herstellers Wallbox. Allerdings kann ein solches Modell in der Schweiz nur mit 3,7 kW laden, da einphasiges Laden mit 32 Ampere nicht erlaubt ist. Die Evttec sospeso&charge gibt es ab 12 715 CHF. Zusätzlich entstehen unter Umständen Kosten für die Integration mit Photovoltaik und anderen Verbrauchern durch ein intelligentes Energie-Management-System.

Lohnt es sich zurzeit, eine einfache Ladestation zu kaufen, wenn in Zukunft mehr Fahrzeuge bidirektionales Laden ermöglichen?

Wer sich jetzt ein E-Fahrzeug zulegt, kann eine einfache Ladestation allein durch die niedrigeren Energiekosten wahrscheinlich schon im ersten Jahr amortisieren. Ein solches Ladesystem ist in der Regel mindestens zehn Jahre in Gebrauch. Der Ersatz innerhalb dieser Zeitspanne durch eine bidirektionale Ladestation kann durch die potenziell fallenden Preise eine sinnvolle Option sein.

Wer bereits heute konkret über die Anschaffung eines Batteriespeichers nachdenkt und offen dafür ist, sich auf eines der wenigen verfügbaren bidirektionalen Fahrzeugmodelle festzulegen, für den könnte die Investition in eine bidirektionale Ladestation bereits jetzt attraktiv sein. Es lohnt sich, bei einer finanziellen Analyse den stationären Batteriespeicher zu einer Photovoltaikanlage einem bidirektionalen Auto inklusive entsprechender Ladestation gegenüberzustellen.

In anderen Märkten wie den USA oder Japan gibt es bereits deutlich mehr Modelle von bidirektionalen Ladestationen (alle mit CHAdeMO-Stecker und entsprechender Datenschnittstelle). Sollte sich

in Europa ein Markt für bidirektionale Ladestationen ergeben, würde dieses Angebot auch auf den europäischen Markt ausgeweitet werden. Zudem planen bereits jetzt diverse Hersteller von Ladestationen und Technologielieferanten, ihre Produkte zeitnah mit bidirektionalen Funktionalitäten auf den Markt zu bringen.

Daher kann angenommen werden, dass mittelfristig bei einem wachsenden Markt und einem grösseren Angebot die Preise der Ladestationen fallen werden. In Zukunft kann beim Kauf eines Fahrzeugs auf die Funktion des bidirektionalen Ladens geachtet werden.

5 Regulatorische Aspekte

Um bidirektionales Laden breit einsetzbar zu machen, bedarf es aus aktueller Sicht verschiedener Änderungen bei den regulatorischen Gegebenheiten:

- Fehlende Standards: Derzeit mangelt es noch an internationalen technischen Standards zum Beispiel für die Verbindung zwischen bidirektionalen Ladegeräten und Verteilnetzen, die derzeit sehr länderspezifisch sind ⁶. Für die Kommunikation zwischen Steckerfahrzeugen und der Ladeinfrastruktur gibt es hingegen seit 2022 die ISO-Norm 15118-20:2022, die die Kommunikationsnachrichten und die Sequenzanforderungen für die bidirektionale Energieübertragung definiert ¹².
- Schwierigkeit für kleine Stromanbieter bei Auktionen: Für kleine Anbieter ist es schwierig, die minimal erforderliche Regelleistung zu erreichen. Ausserdem sind die typischen Verkaufszyklen zu lange für Energie, die aus den Fahrzeugspeichern angeboten wird. Ein weiteres Hindernis ist, dass die Messung und die Überprüfung von vielen kleinen Anbietern kostspielig sind. Aggregationsplattformen zur Bündelung des Angebots könnten hier eine mögliche Lösung darstellen ⁶.

Ist bidirektionales Laden in der Schweiz erlaubt?

Man kann grundsätzlich bidirektionales Laden mit dem Betrieb stationärer Batterien gleichsetzen. Sofern die Ladeinfrastruktur der VSE-Empfehlung Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen (NA-EEA) und den technischen Normen für elektrische Sicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit entspricht, ist sie bei der Anmeldung beim Verteilnetzbetreiber bewilligungsfähig. Seit dem 1. Januar 2022 können bidirektionale Ladestationen regulär mithilfe eines aktualisierten technischen Anschlussgesuchs (TAG) angemeldet werden ⁴.

6 Vor- und Nachteile

Die verschiedenen Ausgestaltungen der Bidirektionalität bringen unterschiedliche Vor- und Nachteile mit sich. Die wichtigsten sind nachfolgend aufgelistet:

Vorteile

- **Grosses Pufferspeicher-Potenzial für erneuerbare Energien (V2G):** Die Autobatterien bieten ein grosses Potenzial zur Speicherung von Elektrizität. Ein Beispiel: Das grosse Batteriepaket des in den USA erhältlichen Ford-Modells F-150 Lightning verfügt über eine Kapazität von 131 kWh. Es ist zudem mit der nötigen Technik ausgestattet, um einen Haushalt als eine Art Notaggregat mit Strom zu versorgen. Nimmt man einen durchschnittlichen Verbrauch eines US-Haushalts von 30 kWh pro Tag an, könnte das Akkupaket den Haushalt für drei volle Tage mit Strom versorgen. Dies veranschaulicht das enorme Pufferspeicher-Potenzial, das in der Summe aller Autobatterien läge, auch im Hinblick auf die dynamische Marktentwicklung bei E-Fahrzeugen. Gerade im Rahmen des Ausbaus erneuerbarer Energien könnte so eine Lösung zur Speicherung der Energie geschaffen werden. Im erwähnten speziellen Fall ist das F-150-Modell bisher nur V2L-fähig ⁵¹¹³.
- **Einsparung von Geld durch Energiespeicherung (V2H/V2B):** Besteht die Möglichkeit, Energie selbst zu produzieren, zum Beispiel durch eine Photovoltaikanlage auf dem Dach, kann diese zur Ladung des Fahrzeugakkus verwendet werden. Somit entfällt der entsprechende Bezug beim Netzbetreiber, und die Energiekosten könnten reduziert werden.
- **Einnahmen durch den Verkauf überschüssiger Energie (V2G):** Überschüssige Energie aus der Autobatterie kann ins Stromnetz eingespeist und somit an die Netzbetreiber verkauft werden. In Ländern, in denen die Tarife je nach Tageszeit schwanken (z. B. Spanien) oder in denen ausserhalb der Zeiten mit Spitzenlast günstigere Preise angeboten werden (z. B. Grossbritannien), könnte Energie zu Niedrigpreiszeiten in die Batterie geladen und zu Hochpreiszeiten wieder an den Energieversorger zurückverkauft werden ¹⁴.
- **Kein erwiesener, signifikanter Einfluss von V2G auf die Alterung der Fahrzeugbatterie (V2G):** Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, hängt die Alterung von Fahrzeugbatterien von verschiedenen Faktoren/Parametern ab. Aus wissenschaftlicher Sicht gibt es derzeit keinen Beleg für einen signifikanten negativen Einfluss von V2G auf die Batteriealterung.

Nachteile

- **Geringe Einnahmen gegenüber Mehrkosten (V2G):** Pro Jahr können laut einer Studie aus Deutschland zwischen 4 CHF und 219 CHF pro Fahrzeug mit V2G verdient werden. Eine Steigerung durch optimierte Fahrzeugflotten ist zwar möglich, jedoch ist dieser Gewinn recht gering gegenüber den Mehrkosten ¹⁵.
- **Regulatorien noch wenig entwickelt:** Was die Regulierung betrifft, so ist es dringend erforderlich, die Marktteilnahme für kleine Anbieter von Regenergie zu vereinfachen und Standards weiterzuentwickeln.
- **Hohe Kosten für bidirektionale Ladeinfrastruktur (allgemein):** Die Investitionskosten für den Aufbau einer bidirektionalen Ladeinfrastruktur sind derzeit noch hoch. Dies umfasst sowohl die Ladestation an sich als auch eine etwaige Integration in das Energiesystem des Hauses. Gerade in Bezug auf mögliche Einnahmen ist deshalb im Detail zu kalkulieren, bis wann sich die Kosten im Einzelfall amortisieren ¹⁰.

7 Quellen

- ¹ F. Regnery, N. Lahdo, R. Petri (Dr.), L. Wagner, A. Nollau und T. Benz (Dr.), VDE Faktencheck: Bidirektionale Energieflüsse, 2021.
- ² M. Keller, Vehicle-2-Grid Tagung: The EV as fully integrated grid servant, 2022.
- ³ Sun2Wheel, «FAQs», 2022. [Online](#).
- ⁴ Swiss eMobility, «Swiss eMobility», 2022. [Online](#).
- ⁵ Edison, «Bidirektional Laden: Es gibt immer was zu tun», 2022. [Online](#).
- ⁶ C. Geschwendtner, S. R. Sinsel und A. Stephan, «Vehicle-to-X (V2X) implementation: An overview of predominate trial configurations and technical, social and regulatory challenges», Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021.
- ⁷ D. Wang, J. Coignard, C. Zhang, T. Zeng und S. Saxena, «Quantifying electric vehicle battery degradation from driving vs. vehicle-to-grid services», Journal of Power Sources, 2016.
- ⁸ B. Tepe, J. Figgner, S. Engelberger, D. U. Sauer, A. Jossen und H. Hesse, «Optimal pool composition of commercial electric vehicles in V2G fleet operation of various electricity markets», Applied Energy, 2022.
- ⁹ EVTEC, «Barista Smart Charging», 2022. [Online](#).
- ¹⁰ «Ratgeber Solaranlage», 2022. [Online](#).
- ¹¹ Swisssolar, «Swisssolar» [Online](#).
- ¹² International Organization for Standardization (ISO), «ISO 15118-20:2022», 2022. [Online](#).
- ¹³ Smartricity, «Die Vor- und Nachteile erneuerbarer Energien», 2020. [Online](#).
- ¹⁴ Blog Wallbox, «Warum als E-Auto-Besitzer auf bidirektionales Laden setzen?», 2022. [Online](#).
- ¹⁵ B. Tepe, J. Figgner, S. Engelberger, D. U. Sauer, A. Jossen und H. Hesse, «Optimal pool composition of commercial electric vehicles in V2G fleet operation of various electricity markets», Applied Energy, 2022.
- ¹⁶ Energie Lösung, «Bidirektionales Laden: Wenn der Ladevorgang beim Elektroauto in beide Richtungen funktioniert», 2022. [Online](#).
- ¹⁷ A. W. Thompson und Y. Perez, «Vehicle-to-Everything (V2X) energy services, value streams, and regulatory policy implications», Energy Policy, 2020.
- ¹⁸ Volkswagen, «Volkswagen.de», [Online](#).

Einfach Kontakt aufnehmen

 ekz.ch/energieberatung

 energieberatung@ekz.ch

 058 359 11 13



Elektrizitätswerke des Kantons Zürich

Dreikönigstrasse 18, Postfach
8022 Zürich