

Rückspeisung bei Elektrofahrzeugen

Einleitung

Der elektrische Bruttostromverbrauch in Deutschland betrug im Jahr 2018 ca. 560 TWh, wobei der maximale Leistungsbedarf an normalen Tagen 65-70 GW beträgt. Dabei konnten ca. 35% des elektrischen Verbrauches aus regenerativen Energiequellen gedeckt werden. Mit dieser regenerativ erzeugten Energie könnten in der Bilanz alle 45 Mio. deutschen Pkw vollständig elektrisch fahren. Für den Ausstieg aus der Kern- und Kohleenergie sind in Deutschland die Weichen gestellt. Damit muss das energetische Gesamtsystem überdacht werden.

Die starke Volatilität der regenerativen Erzeugung erfordert umfangreiche Maßnahmen in den bestehenden Stromnetzen, damit die gewohnte Systemsicherheit weiterhin sichergestellt werden kann. Nur ein Aspekt dabei ist die Balance zwischen elektrischer Erzeugung und Verbrauch, die zu jeder Zeit gewährleistet werden muss. Wind- und solare Energieerzeugung sollten aufgrund des Einspeisevorrangs und aus Gründen der CO₂-Reduzierung möglichst nicht abgeregelt werden. Als fluktuierende Quellen stehen sie allerdings nicht zu jeder Tageszeit in ausreichender Menge zur Verfügung. Daher müssen zunehmend flexible, steuerbare Verbrauchs- oder Erzeugungseinrichtungen diesen Ausgleich übernehmen, unter anderem können auch die Fahrzeugbatterien im Rahmen des Hochlaufs der Elektromobilität eine stabilisierende Wirkung ausüben.

Das batteriebetriebene Elektrofahrzeug (BEV) kann in Zukunft eine stabilisierende Wirkung auf das Energiesystem haben.

1 Was kann das Stromnetz

Das Stromnetz ist historisch gewachsen dafür gebaut worden, Energie von zentralen, großen Kraftwerken über die verschiedenen Spannungsebenen hinweg zum Verbraucher zu transportieren. Es handelte sich in der Regel um einen unidirektionalen Lastfluss. Das Laden von Elektrofahrzeugen verstärkt die bisher gewohnten, konventionellen Lastflüsse zusätzlich.

Vorausschauende Dimensionierung von Netzbetriebsmitteln durch die Netzbetreiber erlaubt in den allermeisten Fällen eine Reihe gleichzeitiger Ladevorgänge mit gängigen Ladeleistungen. Je nach Durchdringungsgrad, Ladeleistung und Gleichzeitigkeitsfaktor kann es zukünftig jedoch vereinzelt zu lokalen Engpässen kommen. Die netzdienliche Steuerung von Ladevorgängen hilft, die Integration von Elektrofahrzeugen zu verbessern. Darüber hinaus bietet das Rückspeisen neue Anwendungsfälle sowie prinzipiell die Möglichkeit das Netz zu stabilisieren. Man kann daher grundsätzlich folgende wichtige Anwendungsfälle unterscheiden:

- a) Laden (Fahrzeug als reiner Verbraucher)
- b) Rückspeisen in das Gebäude (Vehicle-to-Home, **V2H**)
- c) Rückspeisen in das öffentliche Netz (Vehicle-to-Grid, **V2G**)

a) Laden

Je nach Fahrzeug und Einsatzzweck werden Elektrofahrzeuge überwiegend zu Hause oder am Arbeitsplatz geladen. Lokal können die individuellen Verhältnisse (Ladeleistungen, Nutzerverhalten und Gleichzeitigkeit) deutlich variieren. Durch den Einsatz von Messtechnik und

erweiterten Steuermöglichkeiten im lokalen Niederspannungsnetz können deutlich mehr E-Fahrzeuge in das bestehende Netz integriert werden. Ein lokaler Netzausbau ist damit i.d.R. verzichtbar.

b) Rückspeisen V2H (Vehicle-to-Home) mit und ohne Netzkopplung

Das Rückspeisen im Falle Vehicle-to-Home lässt sich in zwei Kategorien unterscheiden.

Mit Netzkopplung ist das Stromnetz des Gebäudes mit dem öffentlichen Netz verbunden. Die Rückspeisung erfolgt zwar in das lokale Gebäudenetz, jedoch nicht darüber hinaus in das öffentliche Netz. Zielstellung ist u.a. die Erhöhung des Eigenstromverbrauchs durch Rückspeisen zwischengespeicherter PV-Energie im Fahrzeug. Das Einhalten einer Leistungsgrenze am Netzanschlusspunkt kann ebenfalls Zielsetzung sein.

Von Inselbetrieb **ohne Netzkopplung** spricht man, wenn das Gebäude-Stromnetz getrennt vom öffentlichen Netz ist. Hier steht typisch die Notstrom-Versorgung wichtiger elektrischer Verbraucher im Vordergrund. Für ein Eigenheim eines Vier-Personen-Haushalt kann grob von 1 Tag Versorgungssicherheit pro 100 km Reichweite des Fahrzeugs ausgegangen werden.

c) Rückspeisen V2G (Vehicle-to-Grid)

Zusätzlich zur Reduzierung der Ladeleistung kann der zeitweise Bedarf an positiver Regelleistung im Netz durch Rückspeisen angeschlossener Elektrofahrzeuge unterstützt werden.

Im Allgemeinen kann das bestehende Übertragungsnetz die aufgeführten Anwendungsfälle gut abdecken, während in den Verteilnetzen lokale Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Die lokale Netzdienlichkeit der E-Fahrzeuge kann durch die Integration zusätzlicher Steuerungsmöglichkeiten weiter verbessert werden.

2 Technische Voraussetzungen

Die Fahrzeugbatterien von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) sind, aufgrund deutlicher Kapazitäts- und Reichweitensteigerung in den letzten Jahren, in der Lage größere Energiemengen zu speichern. Die Auf-/Entladung der BEVs kann dabei intelligent gesteuert erfolgen, da die tatsächliche Fahrzeit im Vergleich zur Standzeit im Tagesmittel nur ca. 6 % beträgt und während der deutlich längeren Standzeit flexibel geladen und ggf. zurückgespeist werden könnte. Voraussetzung für eine Steuerung von Ladevorgängen ist ein flächendeckendes Netz von Ladeinfrastruktur, welches relevante Informationen mit den vorgelagerten Netzbetreibern austauschen kann.

Um EVs optimal für netzdienliche Aufgaben einsetzen zu können muss gewährleistet sein, dass die Fahrzeuge während der Standzeiten auch unabhängig vom Ladevorgang an die Ladeinfrastruktur angeschlossen sind.

Dies birgt einen gewissen Interessenskonflikt, zumal öffentliche Ladeinfrastruktur möglichst vielen Interessenten zur Verfügung stehen soll. Ebenso widerspricht es dem typischen Verhalten der BEV-Nutzer, welche ihre Fahrzeuge in der Regel nur bei Bedarf aufladen und die Fahrzeuge teilweise tagelang ohne Nachladung nutzen. Es müssen daher technische Lösungen gefunden und wirtschaftliche Anreize geschaffen werden, die den Anschluss von EVs im Netz auch außerhalb notwendiger Ladezyklen gewährleisten.

Eine dynamische Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen ermöglicht neben der Energieversorgung von Lasten aus zwischengespeicherter Energie auch die Erbringung von Beiträgen für Netz- und Systemdienstleistungen.

Dies sind beispielsweise Regelenergieeinsatz, Verringerung lokaler Engpässe und die Bereitstellung von Flexibilität für weitere Zwecke. Die Netzinfrastruktur soll im Rahmen der technischen Grenzen optimal nutzbar sein. Zukünftig können dazu Last-/Energiemanagement auf Gebäudeebene die Mechanismen des öffentlichen Energieversorgungsnetzes ergänzen. Für die Nutzbarmachung des beschriebenen BEV Potentials ist dies eine wichtige Voraussetzung.

Eine interoperable Vernetzung von Fahrzeugen mit lokalen Energiemanagementsystemen (EMS) auf Gebäudeebene und einer standardisierten Kommunikationsschnittstelle vom EMS zu den Akteuren im Energiemarkt wie Energiehandel, Netzbetreiber, Systemdienstleistungsmärkte (Bsp. Regelenergie) etc., ist für die optimale Nutzung des BEV Potentials zwingende Voraussetzung.

Diese EMS optimieren den lokalen Leistungsbedarf entsprechend der jeweiligen Kundenwünsche unter Einbeziehung flexibler Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen. Dies sind in der Regel die Maximierung des lokalen Eigenverbrauchs oder auch die Minimierung der Stromkosten unter Berücksichtigung von Mobilitätsanforderungen.

Um das durch das EMS freigewordene Flexibilitätspotential marktwirtschaftlich nutzen zu können, müssen entsprechende rechtlichen Randbedingungen am Netzanschlusspunkt.

Für eine weitergehende Vermarktung sind geeignete Energie-/Leistungshandelsplattformen zu etablieren. Diese dienen der Optimierung der regionalen sowie überregionalen Erzeugungs- und Verbrauchssituation. Hierfür erforderlich ist die Schaffung von Voraussetzungen zur wirtschaftlichen Vermarktung selbst kleinteiliger Flexibilität und Speicherkapazitäten wie auch eine Reform der Netzentgelte. Darüber hinaus müssen Netzkunden für eine Bereitstellung Ihrer Ladeinfrastruktur/BEV im Sinne einer netzdienlichen Steuerung motiviert werden. Aus reiner Kundensicht ist perspektivisch auch ein lokaler Energieaustausch über die Marktplattformen vorstellbar.

Die Etablierung von Flexibilitätsmärkten kann ein wesentlicher Treiber für die überregionale Integration von Strom aus erneuerbaren Energien werden. Einen wesentlichen Beitrag hierzu sowie zur Systemstabilität kann Elektromobilität, im Speziellen die BEV leisten.

Um diese Ziele zu erreichen sind technische und rechtlichen Hürden abzubauen:

- Verteilungsgerechtigkeit der Netzentgelte: Die Kostenstruktur muss gerecht aufgeteilt werden, und darf im Sinne der Verteilungsgerechtigkeit nicht Nutzergruppen oder soziale Gruppen benachteiligen oder bevorzugen.
- Eine flächendeckende, zuverlässige, interoperable und sichere Datenkommunikation (z.B. IEC61850 - EEBUS - ISO15118) zwischen externen Marktteilnehmern, Verteilnetzbetreiber und Ladeinfrastruktur/EMS ist zwingend erforderlich.
- Entwicklung geeigneter Anreizsysteme und Marktplattformen zur Bereitstellung von Flexibilität und dynamischen Strommarkt-Tarifen, welche mit dem lokalen Energiemanagementsystemen über eine standardisierte Kommunikationsschnittstelle interagieren.
- Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen für die koordinierte Ansteuerung flexibler Anlagen unter Berücksichtigung der lokalen Netzsituation.
- Es müssen konkrete wirtschaftliche Anreize und technische Voraussetzungen geschaffen werden, die den dauerhaften Anschluss von Elektrofahrzeugen auch außerhalb der eigentlichen Ladezeiten ans Netz fördern.

3 Wirkmechanismen auf das Energiesystem

Rückspeisen aus der Fahrzeugbatterie kann in gewissen Fällen die Netzentlastungswirkung gegenüber dem gesteuerten Laden durch aktives Einspeisen weiter erhöhen.

Elemente der Netzdienlichkeit	Kundenbedarf	Wer ist der Kunde?	Wer ist Dienstleister? Wer erhält Vergütung? Wer haftet?
Marktdienlich	Reaktion auf Strompreise	Energie-Dienstleister	Erlöse aus z.B. Intradayhandel: EEX → Aggregator → Kunde Haftung/Risiko beim Aggregator
Netzdienlich	Bereitstellung reduzierbarer Leistung gegen reduziertes Netznutzungsentgelt	Bei Erbringung von Systemdienstleistungen: ÜNB	a) VNB-Eingriff bei akutem (VNB) Netzengpaß → reduziertes Netznutzungsentgelt → Kunde; Haftung/Risiko beim VNB b) ÜNB ruft Systemdienstleistungen ab → Aggregator → Kunde; Haftung/Risiko beim Aggregator
Netzkritisch	Netz-Notfall → Zwang für Alle nach EnWG §13(2) → Anforderungen bei Frequenzabweichungen		a) VNB-Eingriff bei akutem (VNB) Netzengpaß → reduziertes Netznutzungsentgelt → Kunde; Haftung/Risiko beim VNB b) bei extremen frequenzlagen Regelverhalten nach IEC4105

Die marktdienliche Nutzung des bidirektionalen Ladens von Elektrofahrzeugen erscheint bereits heute z.B. im Intradayhandel aber auch die Erbringung von Systemdienstleistungen für ÜNB grundsätzlich möglich. Steuerrechtlich (Steuern, Abgaben und Umlagen) klärungsbedürftig ist das Einspeisen von lokal im Elektrofahrzeug zwischengespeicherten Stroms, dessen Herkunft aus unterschiedlichen Quellen stammen kann (Netz, EEG-Anlage, ...), analog zum stationären Stromspeicher.

Die netzdienliche Nutzung des bidirektionalen Ladens von Elektrofahrzeugen im Verteilungsnetz bedarf einer grundsätzlichen technischen, prozessualen und rechtlichen Evaluierung. Ein Nutzen für das Energiesystem wie auch die handelenden Akteure ist prinzipiell erkennbar.

4 Kundensicht

Die Kunden erwarten in erster Linie eine stets vorhandene Netz-Verfügbarkeit und somit eine sichere Versorgung. Mit der Elektromobilität ergeben sich für die Kunden neue Möglichkeiten sowohl aktiv die eigene Energieversorgung zu unterstützen als auch für das Netz Dienstleistungen zu erbringen.

In den Szenarien Vehicle to Home (V2H) und Vehicle to Grid (V2G) ergeben sich grundsätzlich folgende Möglichkeiten:

- Erhöhung der eigenen Versorgungssicherheit
- Temporäre virtuelle Erhöhung der Anschlussleistung gegenüber dem Netzanschlusspunkt, wenn aus Netzgesichtspunkten die aktuelle Leistung reduziert werden muss
- Monetäre Vorteile durch (temporäre) Erhöhung der Eigenversorgung oder Einhalten einer wirtschaftlichen Leistungsobergrenze am Netzanschlusspunkt
- Monetäre Vorteile durch variable Tarife und Einspeisevergütung
- Ermöglichung von „Energie im Quartier“-Konzepten oder andere Formen einer erweiterten „Eigennutzung“

Um diese Möglichkeiten realisieren zu können, sind neben technischen Voraussetzungen auch Anpassungen in Verordnungen und Gesetzen erforderlich.

Themendetail	Kundensicht	§	Stakeholder	Adressaten	Aktion
Autarke Steuerbarkeit im V2H-Fall (ohne Rückspeisen ins Netz)	Virtuelle Erhöhung der Anschlussleistung	TAR	VNB, ...	FNN, VDE	EMS zur Netzentlastung einsetzbar machen und fördern
Regulatorische Möglichkeiten im V2H-Fall (ohne Rückspeisen ins Netz)		TAR, ENWG	VNB, ...	FNN, VDE, BMWi	Unbedingte Anschlussleistung 5...30kW (Preise)
generelle Versorgungssicherheit	Keine Nutzungs-/Bedarfseinschränkung im Normal-/Geplantfall	ENWG, TAR	VNB, ÜNB, EVU	BMWi, BNetzA	Energievertrieb (inkl. Steuern, Netzentgelte, etc.) neu gestalten
V2G: Anreiz „Energie im Quartier“	„Notverfügbarkeit“ muss immer möglich sein! (ggf. gegen Gebühr)	EEG	VNB, ÜNB, EVU	BMWi, BNetzA	Flexible Energiepreise (Energienmenge) regulatorisch ermöglichen
V2G: Anreiz über Tarife/monetär		EEG	VNB, ÜNB, EVU	BMWi, BNetzA	Flexible Energiepreise (Energienmenge) regulatorisch ermöglichen

Zusammenfassung

Die bestehenden Stromnetze sind grundsätzlich in der Lage rückspeisende Elektrofahrzeuge zu integrieren solange die technischen Grenzen der Netzbetriebsmittel und Anforderungen an die Spannungsqualität eingehalten werden. Durch das Rückspeisen können zusätzlich Beiträge für Netzdienstleistungen erbracht werden. Eine standardisierte, interoperable Vernetzung von Ladeeinrichtungen und Fahrzeugen mit lokalen Energiemanagement-Systemen ist eine wesentliche Voraussetzung für eine optimierte Netzintegration Elektrofahrzeugen. Dafür sind technische und rechtliche Hürden abzubauen und Anreizsysteme zu entwickeln.

Die netzdienliche Nutzung einer möglichen Rückspeisefunktion muss weiter evaluiert werden. Sie bietet aus heutiger Sicht ein großes Potential für das Energiesystem wie auch die handelnden Akteure.

Aus Kundensicht bietet die erweiterte Nutzung der Fahrzeugbatterie die Möglichkeit zur Erschließung monetärer Vorteile sowie zur Erhöhung der Versorgungssicherheit. Voraussetzung sind geeignete rechtliche Rahmenbedingungen.

Im Sinne der Erhaltung der globalen Technologie-Führerschaft ist sowohl die Entwicklung der „V2x-Technologien“ als auch die Ausgestaltung der „V2x-Anwendungsmöglichkeiten“ von hoher Relevanz für den Industriestandort Deutschland.

Um durchgängig interoperables Rückspeisen zu ermöglichen, sind die Aktivitäten in der Standardisierung daher unter Einbindung aller Akteure deutlich zu beschleunigen. Es ist dabei dringend eine international anwendbare technologische Lösung anzustreben, welche dem Exportcharakter der deutschen Wirtschaft gerecht wird und den Akteuren eine pragmatische Handlungsfähigkeit ermöglicht.