



Vehicle-to-Grid für die Dekarbonisierung

Die Rolle von Daten und sicherem Datenaustausch | Elektrofahrzeuge können mittels Vehicle-to-Grid-Anwendungen wertvolle Dienste anbieten. Damit diese Netzdienstleistungen bereitgestellt werden können, werden Daten benötigt. Welche Anforderungen gelten, um die Herausforderungen beim Zugriff, der Nutzung und dem Austausch von Fahrzeug- und Fahrerdaten zu meistern?

BENJAMIN BOWLER, SEVERIN NOWAK, ANTONIOS PAPAEMMANOUIL

Die Elektrifizierung des Verkehrssektors erhöht den Strombedarf und stellt die Netze vor Herausforderungen. Eine Schweizer Fallstudie zeigt, dass das Netz eine Durchdringung von 16% von Elektrofahrzeugen (electric vehicles, EV) ohne Koordination bewältigen kann, aber bei einer Durchdringung von über 50% würden die Umspannwerke selbst bei optimaler, koordinierter Ladung überlastet [1].

Aber Elektrofahrzeuge stellen auch eine Chance für das Stromnetz dar.

Der Europäische Verbund der Übertragungsnetzbetreiber (Entso-E) hat sie als eine leistungsstarke Ressource für Flexibilität im Stromsystem positioniert. Dies kann durch die Implementierung der «Vehicle-to-Grid»-Technologie (V2G) erreicht werden [2], bei der Fahrzeuge bidirektional geladen werden. Jüngste Forschungsergebnisse zeigen bemerkenswerte wirtschaftliche und betriebliche Vorteile von V2G, z.B. die Bereitstellung von Flexibilitätsdiensten und dezentraler Speicherung für Verteilernetzbetreiber (VNB),

wie auch die Teilnahme an Netzdienstleistungsmärkten für Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) [3]. Diese Vorteile können genutzt werden, um Netzverstärkungen aufzuschieben und die Einspeisung erneuerbarer Energien ins Netz zu maximieren [4].

Bei der Implementierung von V2G müssen nicht nur die elektrischen Aspekte des Ladens und Entladens berücksichtigt werden, sondern auch datenbezogene Aspekte wie die Dateninteroperabilität zwischen Geräten und Akteuren, die Wahrung des Daten-

schutzes und die Sicherheit kundenspezifischer Daten. Beispielsweise bei Prognosen, bei denen die Variabilität von Standort und Ladezustand (state of charge, SoC) der Fahrzeuge berücksichtigt werden muss, muss auch die Datenkomplexität bewältigt werden. Der V2G-Markt befindet sich zudem noch in einem frühen Entwicklungsstadium und ist daher bezüglich Datenprotokollen stark fragmentiert. All dies sind Herausforderungen für die Umsetzung von V2G in der Praxis.

Mehrere Forschungsprojekte sind in der Schweiz und international im Gange, um die Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit von V2G zu erhöhen. Eines davon ist das vom BFE geförderte Projekt «EVFlex – Netzdienliche Flexibilitätsaggregation von Elektrofahrzeugen», das das Datenmanagement, die algorithmische Basis und Simulationswerkzeuge für die grossflächige Aggregation von Elektrofahrzeugen für V2G entwickelt, damit die Elektrofahrzeuge den Netzbetreibern über Flexibilitätsaggregatoren Netzdienstleistungen anbieten können. Der Fokus bei EVFlex liegt auf dem Zugang, dem Austausch, der Verarbeitung und der Nutzung von Daten zwischen mehreren Marktteilnehmern im V2G-Kontext sowie auf der Modellierung der Wirksamkeit von Flottenfahrzeugen für die Bereitstellung von Netzdienstleistungen. EVFlex möchte eine Grundlage für die künftige Teilnahme von Elektrofahrzeugen an den Netzdienstleistungsmärkten schaffen, insbesondere für die Primär- und Sekundärregelung (auf Übertragungsebene) und das Netzengpassmanagement (auf Verteilnetzebene).

In diesem Artikel werden V2G-Anwendungen aus der Sicht des Datenzugriffs und der Datennutzung diskutiert, wobei die Arbeit vom Projekt EVFlex als Leitfaden verwendet wird. Die Datenanforderungen für die Bereitstellung dieser Funktionalität werden erläutert, praktische Herausforderungen bei der Nutzung von Daten für V2G werden untersucht und es wird aufgezeigt, wie sich diese Aspekte in Zukunft entwickeln könnten.

Das Elektrofahrzeug als Teil der Lösung

Netzbetreiber sind für den stabilen, zuverlässigen und effizienten Betrieb der Netze gemäss den Stromqualitäts-

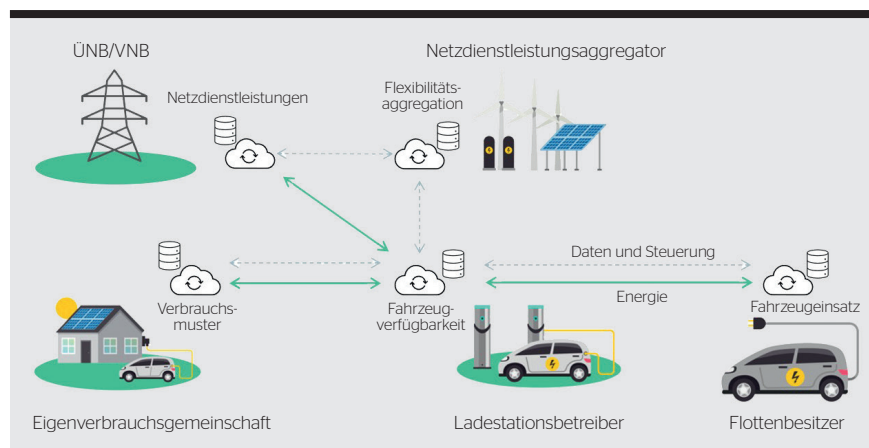


Bild 1 Überblick über mögliche Akteure und Schnittstellen für V2G-Anwendungsfälle.

vorschriften verantwortlich. Eine Hauptaufgabe dabei ist das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch. Dabei sind Netzbetreiber auf Netzdienstleistungen von Ressourcen angewiesen, die bei Bedarf abgerufen werden können.

Im Übertragungsnetz gibt es etablierte Märkte für die Beschaffung von Netzdienstleistungen. Auf Verteilnetzebene werden solche Flexibilitätsmärkte erst aufgebaut. Die lokale Optimierung der Energieressourcen (z. B. hinter dem Zähler) hat auch das Potenzial, den zuverlässigen und effizienten Betrieb des Systems neben koordinierten Netzdienstleistungsmärkten zu unterstützen.

Es wird erwartet, dass sich V2G zur wertvollsten Technologie für Netzdienstleistungen im Smart Grid entwickeln wird [5]. Studien haben gezeigt, dass V2G im Vergleich mit anderen Kurzspeicher-Technologien einige Vorteile bietet: tiefe Speicherkosten, schnelle Reaktion und hoher Systemwirkungsgrad. Im Gegensatz zu stationären Speichern hängt die Verfügbarkeit von V2G-Systemen jedoch von den Fahrzeugbesitzern und ihrem Fahrverhalten ab. Dies erschwert die Einführung und erfordert neue Ansätze, um das volle Flexibilitätspotenzial von Elektrofahrzeugen auszuschöpfen.

Die V2G-Funktionalität wird durch bidirektionale Ladegeräte erreicht, die in der Lage sind, EV-Batterien zu laden und zu entladen, typischerweise über eine Gleichstromverbindung zwischen EV und Ladegerät. Solche Ladegeräte ermöglichen das fernsteuerbare Laden und Entladen von Fahrzeugbatterien. Im Gegensatz dazu ermöglicht Smart

Charging (V1G) ein ferngesteuertes Laden nur in eine Richtung, also eine aktive Steuerung der Last. Sowohl V2G als auch V1G können die Auswirkungen des Ladens von Elektrofahrzeugen auf das Netz minimieren und Flexibilitätsdienste bereitstellen. Da das Flexibilitätspotenzial von V2G grösser ist, wird es in diesem Artikel näher betrachtet.

Zusammenarbeit ist ein Muss

Damit EV-Flotten in Flexibilitätspools aufgenommen werden können, müssen Daten vor, während und nach der Aktivierung der Flexibilität zwischen den Interessengruppen ausgetauscht werden. **Bild 1** zeigt die Schnittstellen in einem V2G-Szenario und eine mögliche Organisation der Datenflüsse zwischen den Akteuren. Je nach Anwendungsfall kann es zu Abweichungen zu dieser Konfiguration kommen.

In EVFlex sind die Hauptakteure der Stromnetzbetreiber (VNB oder ÜNB), der Netzdienstleistungsaggregator (Grid Services Aggregator, GSA), der EV-Flottenbetreiber (Fleet Operator, FO), der Ladestationsbetreiber (Charge Point Operator, CPO) sowie das EV. Der CPO verwaltet den Ladevorgang für Elektrofahrzeuge. Zu den CPO-Kunden können eMobility-Dienstleister wie FO gehören, die wiederum die Beziehungen zu den Fahrern von Elektrofahrzeugen verwalten. Für V2G-Anwendungen verlassen sich CPO und FO auf einen GSA, um an den Netzdienstleistungsmärkten teilzunehmen, die wiederum vom Netzbetreiber betrieben werden. Der GSA wird für die Bereitstellung von EV-Ressourcen kompensiert, die von

Daten	Typische Datenherkunft	Dateneigentümer	Nutzen für Netzdienstleistung
Status von EV	Ladestation für Elektrofahrzeuge	Ladestationsbetreiber (CPO)	Gibt an, ob ein Elektrofahrzeug angeschlossen ist
Ladezustand	Elektrofahrzeuge (EV)	Fahrzeughersteller oder -besitzer	Verfügbare Leistung und Energie für den Einsatz in Netzdienstleistungen
Art des Elektrofahrzeugs	EV (z. B. anhand von Fahrzeugidentifikationsnummer)	Fahrzeughersteller oder -besitzer	Kann die Batteriekapazität und die erwartete Reaktion auf einen Befehl bestimmen
Vorhersage Verfügbarkeit EV	Verschiedene, z. B. historische Nutzungsprofile, Buchungsdaten, Prognosen	Verschiedene, aber hauptsächlich Fahrzeugbesitzer oder CPO	Zeigt die zukünftige Möglichkeit an, dass EV Dienstleistungen erbringen können
Aktuelle und zukünftige Sollwerte	Ladestation für EV	Ladestationsbetreiber (CPO)	Ausführung der Netzdienstleistung
Echtzeitmessung des Leistungsflusses	Ladestation für EV	Ladestationsbetreiber (CPO)	Reaktionszeit von EV auf Befehle, Erfüllung Kriterien für Netzdienstleistung
Historische Messung des Leistungsflusses	Ladestation für EV	Ladestationsbetreiber (CPO)	Verifizierung und Abrechnung
Geografische Lage der Ladestation	Ladestation für EV	Ladestationsbetreiber (CPO)	Unterstützung lokaler Netze, insbesondere für DSO-Anwendungsfälle

Tabelle 1 Wichtige Datenelemente in V2G für die Anwendungsfälle der primären und sekundären Steuerung.

CPO und FO für die Netzdienstleistungsmärkte zur Verfügung gestellt werden. Der GSA koordiniert die Aktivierung und Vergütung der EV-Ressourcen als Reaktion auf Signale des Netzbetreibers. Wenn kleine Ressourcen wie Elektrofahrzeuge für Netzdienstleistungen verwendet werden, werden diese durch den GSA in einem virtuellen Kraftwerk gepoolt: Virtuelle Kraftwerke können aus einer Kombination von Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten wie Wärmepumpen, kleinen Backup-Kraftwerken, Speichersystemen, V2G-Systemen usw. mit mehreren Ein- und Ausspeiseknoten auf Netzebene 5 oder 7 bestehen.

Daten, Daten, überall

Die wichtigsten Datenelemente sind in **Tabelle 1** aufgeführt. Die Mindestanforderung beim Einsatz von Elektrofahrzeugen in einem Flexibilitätspool besteht darin, zu wissen, ob sie aktuell für Flexibilitätsdienste verfügbar sind, und wie ihre Verfügbarkeit künftig aussieht.

Mit dem aktuellen Anschlussstatus kann festgestellt werden, welche Fahrzeuge disponiert werden können. Der zukünftige EV-Anschlussstatus ist für bestimmte Anwendungsfälle nötig, z. B. um in ÜNB-Netzdienstleistungsmärkten mitbieten zu können, oder um gleichzeitig die Einhaltung der technischen Anforderungen der Netzdienste zu gewährleisten und einen ausreichenden Ladezustand bei der Abfahrt des EV sicherzustellen.

Als Betreiber eines virtuellen Kraftwerks (VPP) spielt der CPO eine zentrale Rolle, denn er stellt dem Aggre-

gator (GSA) Elektrofahrzeuge als «virtuelle Batterie» für Netzdienstleistungen zur Verfügung. Dazu muss der CPO Datenanalysen und -prognosen unter Berücksichtigung der Ladeprofile und des Fahrverhaltens der EV-Nutzer durchführen, damit die Energieflüsse und der Ladebedarf von Autos optimiert und auf Anfragen zur Bereitstellung von Netzdienstleistungen reagiert werden kann.

Mit modernen Datenanalysen können sowohl der CPO als auch der Aggregator das Betriebsmanagement einer Elektrofahrzeugflotte planen und verbessern, um die Vorteile für die Fahrzeugbesitzer und für die restlichen Marktteilnehmer zu optimieren.

Für die Ausführung der V2G-Dienste müssen Sollwerte zwischen Netz und Elektrofahrzeug übertragen werden. Die Primär- und Sekundärregelung erfordert die Übertragung eines Befehls, beispielsweise das Einstellen einer positiven/negativen Ladeleistung oder eines positiven Ladestroms und die periodische Abfrage des Status der Ladestation und des Elektrofahrzeugs.

Echtzeitmessungen des Stromflusses vom Elektrofahrzeug zum Netz (oder umgekehrt) müssen dem GSA und den Netzbetreibern zur Verfügung gestellt werden, damit sie die Anlagen überwachen und bei Bedarf die Fahrzeuge neu disponieren können. Diese Datenpunkte müssen von der Ladestation an den Aggregator gesendet werden, entweder über den CPO oder direkt. Die Messungen werden auch zur Vergütung der reservierten und gelieferten Flexibilitäten verwendet.

Herausforderungen bei der Datenverarbeitung

Um Elektrofahrzeuge zu aggregieren und Netzdienste bereitzustellen, müssen wichtige Datenaspekte berücksichtigt werden. Dazu gehören die Wahrung des Schutzes kundenspezifischer Daten, die Handhabung der Komplexität von Prognosen, an denen mehrere Parteien beteiligt sind, und die Bewältigung von Datenübertragungsvolumen, insbesondere bezüglich der hohen Variabilität des Standorts und des Ladezustands (SoC) von EV-Ressourcen.

Datenschutz

Die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) gilt für alle Unternehmen, die personenbezogene Daten von europäischen Bürgerinnen und Bürgern nutzen. Im Jahr 2022 traten neue Schweizer Vorschriften in Kraft, die viele der Grundsätze der DSGVO übernehmen. Die schweizerischen und europäischen Vorschriften sind für V2G relevant.

Daten, die für V2G benötigt werden, können personenbezogen und nicht personenbezogen sein. Der Kern des Dispatch-Mechanismus benötigt EV-Statusdaten. Zudem muss ein Flexibilitätsanbieter oder ein Aggregator die Verfügbarkeit von Elektrofahrzeugen für Ausschreibungszwecke prognostizieren, deren Daten als personenbezogen angesehen werden können, je nachdem, wie eng sie mit einer bestimmten personenbezogenen Aktivität verknüpft sind. Energieverbrauchsdaten werden eindeutig als personenbezogene, sensible Daten kategorisiert. Der EV-Standort könnte

auch dazu verwendet werden, um Algorithmen für die Vorhersage von Fahrtrouten und damit der verbrauchten Energie zu trainieren. Diese sensiblen Informationen müssen aufgrund einer möglichen Datenschutzverletzung vorsichtig behandelt werden.

Datensicherheit

Die DSGVO verlangt von Firmen, dass sie über Prozesse verfügen, um bei Datenschutzverletzungen reagieren zu können. Die Sicherheitsaspekte gehen jedoch weit über die DSGVO hinaus. Eine umfassende Analyse potenzieller Sicherheitsrisiken und Minderungsmaßnahmen würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, dennoch werden folgende Aspekte für die zukünftige Implementierung von V2G [6] empfohlen:

- Verschlüsselung und Anonymisierung sensibler Daten,
- Schutz von öffentlich zugänglichen Geräten, um den physischen Zugriff zu kontrollieren und das Risiko von Remote-Angriffen zu verringern,
- Sicherheitsprüfungen, -sicherung, -konformitätsprüfungen und -zertifizierungen,
- Integration von Redundanz, um zukünftige Updates zu ermöglichen, z.B. durch die Bereitstellung von Speicherspielraum, um ressourcenintensivere Sicherheitsprotokolle zu berücksichtigen.

Da das Stromnetz zu den kritischen Infrastrukturen gehört, die vor Angriffen geschützt werden müssen, sind diese Empfehlungen wichtig.

Komplexität der Prognose

Prognosen können von mehreren Stakeholdern durchgeführt werden. Aus Sicht des Datenschutzes ist es am einfachsten, wenn der Flottenbetreiber den Algorithmus ausführt, da er die meisten benötigten Daten sammelt. Ein Data Warehousing in anderen Clouds würde nicht stattfinden. Dazu wäre es sinnvoll, alle Kunden-IDs zu anonymisieren, um Prognosealgorithmen mit anonymisierten Datensätzen trainieren zu können. Andere Stakeholder könnten dann auch Prognosen durchführen, ohne Datenschutzrichtlinien zu verletzen.

Mit steigendem Bedarf an genaueren Prognosen steigt auch die Komplexität der Prognosen selbst. Ein fortge-

schrittener Prognosealgorithmus kann die Verfügbarkeit und den Ladezustand eines bestimmten Elektrofahrzeugs vorhersagen, indem ein Prognosemodell aus vergangenen Buchungen, Ladezustand, zurückgelegter Distanz und Kunden-ID lernt. Zusätzlich kann so die individuelle Fahrzeugnutzung bestimmter Benutzer berücksichtigt werden. Dies kann jedoch sowohl zu Datenschutz- als auch zu Datenvolumenproblemen führen.

Datenverarbeitung während des Dispatching

Bei der Planung und Durchführung von V2G gibt es einen Kompromiss zwischen der Häufigkeit, mit der Daten geteilt werden, und der Effektivität des Dispatchings, das vom GSA/CPO durchgeführt wird. Wenn alle Daten bei einer Änderung an den GSA/CPO weitergeleitet werden (z. B. wenn eine neue Buchung beim Flottenmanager eingeht), kann der GSA/CPO die Elektrofahrzeuge bei Bedarf mit hoher Erfolgswahrscheinlichkeit steuern. Wenn der GSA/CPO jedoch ohne genaue Angaben zur Fahrzeugverfügbarkeit versuchen muss, Elektrofahrzeuge zu steuern, und diese meist nicht wie geplant reagieren, oder wenn der Ladezustand einiger Elektrofahrzeuge unbekannt ist, steigt das Risiko für den GSA/CPO. Insbesondere bei der Primärregelleistung, wo die Anforderungen an die Reaktionszeiten vorgegeben und die Serviceverträge verbindlich sind, sobald eine Dienstleistung vertraglich vereinbart wurde, ist dies ein Risiko. Forschungsarbeiten haben empfohlen, dass Flottennutzungsdaten kontinuierlich gesammelt werden, wobei Aggregatoren empfohlen wird, Daten mindestens ein Jahr lang aufzubewahren, um die Netzdienstleistungen wirksam liefern und dies auch im Nachgang belegen zu können [7].

Je nach Art der Datenverbindung zur Ladestation muss möglicherweise auf einen Kompromiss zwischen dem finanziellen Nutzen des Angebots der Netzdienstleistungen und den Kommunikationskosten geachtet werden. So berichtete Greenflux beispielsweise, dass nach eigenen Berechnungen ein Datenvolumen von über 6 MB pro Monat das Geschäftsmodell für den Smart-Charging-Anwendungsfall negativ beeinflussen würde [8]. Die

Latenz der Datenkommunikation und die Fähigkeit, auf Dispatch-Anfragen reagieren zu können, sind ebenfalls entscheidend – aktuelle Protokolle werden entsprechend angepasst.

EVFlex: Bewertung der Interoperabilität

Im EVFlex-Projekt wurden diverse V2G-Protokolle analysiert. Mehrere Kombinationen eignen sich, um Daten und Steuersignale zwischen den beteiligten Systemen zu übertragen. Die Implementierungen bei Pilot- und Demonstrationsprojekten variieren dabei stark, wobei oft proprietäre Software verwendet wird, um Befehle zwischen Protokollen zu konvertieren. Gemäss Analysen in EVFlex konnte kein Protokoll bestimmt werden, das im gesamten System verwendet werden kann. Derzeit scheint es notwendig zu sein, Schnittstellen zu verwenden, auf denen benutzerdefinierte Software ausgeführt wird, um Nachrichten mit einem Protokoll zu empfangen, sie zu interpretieren, bei Bedarf Entscheidungen zu treffen und sie mit einem anderen Protokoll an den nächsten Teilnehmer zu senden.

Trotzdem zeichnen sich einige Protokollkombinationen ab, die zu einer De-facto-Standardarchitektur für V2G werden können. EEBUS, OCPP, OCPI, OSCP und OpenADR wurden im Backend verwendet, ISO 15118-20 und Chademo im Frontend. Besonders OCPP 2.x and ISO 15118-20 entwickeln sich hier zum Standard. IEEE 2030.5 wurde hauptsächlich in Kalifornien verwendet und bietet Back-End- und einige Front-End-Funktionen für Elektrofahrzeuge, die es unterstützen.

Alle untersuchten Protokolle unterstützen einige Mechanismen zur Datensicherheit, Verschlüsselung oder Authentifizierung. Die State-of-the-Art-Protokolle IEEE 2030.5, IEC 63110, OpenADR, OCPP und EEBUS verwenden TLS-Verschlüsselung und bieten daher eine hohe Cybersicherheit.

In Bezug auf Datenschutzaspekte hängen die Daten, die für die Aggregation von Elektrofahrzeugflotten als Flexibilitätsressourcen benötigt werden, primär von nicht personenbezogenen Daten ab. Daher wird davon ausgegangen, dass der Kern des Dispatching keine grösseren Probleme in Bezug auf die DSGVO aufwirft.

Schlussfolgerung

In diesem Artikel werden V2G-Anwendungen aus der Sicht des Datenzugriffs und der Datennutzung vorgestellt. Die Analysen orientieren sich dabei an den Arbeiten des laufenden, vom BFE geförderten Forschungsprojekts EVFlex. Einige der Datenanforderungen und praktischen Herausforderungen bei V2G-Anwendungen werden erläutert und es wird untersucht, wie sich diese Aspekte künftig entwickeln könnten.

Während der restlichen Arbeit wird das Datenmapping und die Modellierung abgeschlossen, was zur Implementierung und zum Testen von Datenpipelines unter Verwendung neuer Protokolle wie OCPP 2.1 und IEC 15118-20 genutzt werden kann. Das Flottensimulationstool der HSLU demonstriert die Wirksamkeit von EV-Flotten bei der Umsetzung der

Anwendungsfälle. Die Testinfrastruktur hilft dabei, den besten Ansatz für die Verwaltung des Datenflusses in V2G zu definieren und sicherzustellen, dass Elektrofahrzeuge ihren Teil dazu beitragen können, die Energiewende zu netto-null in der Schweiz und global zu unterstützen.

Referenzen

- [1] F. Salah et al., «Impact of electric vehicles on distribution substations: A Swiss case study», Applied Energy, vol. 137, S. 88-96, Januar 2015, doi: 10.1016/J.APENERGY.2014.09.091.
- [2] Entso-E, «Electric Vehicle Integration into Power Grids», 2. April 2021, www.entsoe.eu/2021/04/02/electric-vehicle-integration-into-power-grids.
- [3] B. K. Sovacool et al., «Actors, business models, and innovation activity systems for vehicle-to-grid (V2G) technology: A comprehensive review», Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 131, S. 109963, Oktober 2020, doi: 10.1016/J.RSER.2020.109963.
- [4] L. Noel et al., «The Potential Benefits of V2G», in Vehicle-to-Grid, Springer, S. 33-64, 2019.
- [5] L. Noel et al., Vehicle-to-Grid - A Sociotechnical Transition Beyond Electric Mobility, Springer, 2019.
- [6] R. Metere et al., Securing the Electric Vehicle Charging Infrastructure, 2021.

- [7] F. Grée et al., «Cloud-based big data platform for vehicle-to-grid (V2G)», World Electric Vehicle Journal, Vol. 11, Nr. 2, Juni 2020, doi: 10.3390/WEVJ11020030.
- [8] «Open Communication Protocols for Smart Charging: real world demonstrators - Greenflux & Carbon Co-op - YouTube» www.youtube.com/watch?v=IdejVxfFY.

Autoren

Benjamin Bowler ist senior wissenschaftlicher Mitarbeiter im Kompetenzzentrum Digital Energy & Electric Power.
→ HSLU, 6048 Horw
→ benjamin.bowler@hslu.ch

Dr. **Severin Nowak** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Kompetenzzentrum Digital Energy & Electric Power.
→ severin.nowak@hslu.ch

Dr. **António Papaemmanouil** leitet seit 2019 das Institut für Elektrotechnik sowie das Kompetenzzentrum «Digital Energy & Electric Power» an der HSLU.
→ antonio.papaemmanouil@hslu.ch

Diese Analyse wurde im Rahmen des vom BFE geförderten Projekts «EVFlex - Netzdienliche Flexibilitätsaggregation von Elektrofahrzeugen» erarbeitet. Die Autoren bedanken sich herzlich für die Unterstützung und die Zusammenarbeit beim EVFlex-Team von Martin Friedli, Braulio Brahona Garzon, Nikolaos Katsoulakos, Alberto Calatroni, bei den Projektpartnern und beim Bundesamt für Energie.

IOT APPLIKATIONEN

Optimale Netzverfügbarkeit und Servicequalität

Sie erhalten eine erweiterte Transparenz aller Geräte- und Netzzustände. Im Fehlerfall haben Sie ortsunabhängigen Zugriff auf Schutzdaten zur Analyse des Netzstatus und Optimierung von Wartungsarbeiten, womit Sie eine erhöhte Netzverfügbarkeit erreichen.

[siemens.ch/smartinfrastructure](https://www.siemens.ch/smartinfrastructure)

SIEMENS

