Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 111 (2020)
Heft: 12

Artikel: Mehr Flexibilität durch zweiwegiges Laden?
Autor: Gschwendter, Christine / Stephan, Annegret
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914792

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bild: Markus Spiske/unsplash

Mehr Flexibilität durch zweiwegiges Laden?

ETH-Studie | Obwohl zweiwegiges Laden die Integration von Erneuerbaren unterstützen könnte, bleibt dessen Zukunft unsicher: Eine Analyse von Expertenmeinungen zeigt unterschiedliche Einschätzungen und Wissenslücken im technischen, sozialen und regulatorischen Bereich. Wie könnte die Implementierung von zweiwegigem Laden aussehen und welche Herausforderungen bestehen?

CHRISTINE GSCHWENDTNER, ANNEGRET STEPHAN

Der Anteil der Elektromobilität wird in vielen Ländern in den nächsten Jahren deutlich zunehmen.[1] Auch in der Schweiz wird davon ausgegangen, dass mit politischen Massnahmen Anteile von 20% (2035) beziehungsweise 41% (2050) Elektroautos für Personenwagen und 15% (2035) beziehungsweise 29% (2050) für leichte Nutzfahrzeuge erreicht werden können.[2] Trotz der kritischen Faktoren, wie zum Beispiel eine mögliche Erhöhung der Spitzenlast im Verteilnetz, können intelligent integrierte Elektroautos auch netzdienlich für Übertragungs- und Verteilnetze agieren [3, 4] und so helfen, mehr erneuerbare Energien zu integrieren. Besonders ein zweiwegiges kontrolliertes Laden kann zusätzliche Vorteile bieten, wie beispielsweise Flexibilität und Frequenzdienste für Übertragungs- und Verteilnetze – «Vehicle-to-Grid» (V2G) [5] – oder auch für Eigenheime oder Bürogebäude – «Vehicle-to-Customer» (V2C) [6].

Eine aktuelle Studie der ETH Zürich [7] möchte verstehen, wie die zukünftige Implementierung von zweiwegigem Laden aussehen könnte und welche Herausforderungen bestehen. Welche Möglichkeiten werden am meisten untersucht und warum? Wie (unterschiedlich) schätzen Experten die Herausforderungen für die Implementierung ein? Und welche Fragen bleiben trotz steigender Anzahl Pilotprojekte noch offen? Die folgenden Abschnitte beantworten diese Fragen mittels Analysen zu Pilotprojekten und 33 Experteninterviews.

Bisher: Gewerbe-Fahrzeuge und Übertragungsnetze im Fokus

Die Datenbank «V2G Hub» [8] umfasst derzeit 67 Pilotprojekte zu zweiwegigem Laden. Trotz der steigenden Anzahl Pilotprojekte seit 2009 **(Bild 1)**, gibt es bisher kaum weitere Implementierungen.

Die Analyse von Kombinationen unterschiedlicher Nutzungstypen[1)], Ladestandorte[2)] und bereitgestellten Diensten[3)] in den aktuellen Pilotprojekten gibt Aufschluss über mögliche kommerzielle Implementierungen. **Bild 2** zeigt, dass gewerbliche Fahrzeuge mit Laden am Arbeitsplatz und Bereitstellung von V2C und Übertragungsnetzdiensten am häufigsten umgesetzt werden.

Der Vorteil der am häufigsten umgesetzten Nutzungstypen, die gewerblichen Fahrzeuge **(Bild 2a)**, ist laut den

befragten Experten, dass weniger involvierte Akteure einen zentralisierten Ansatz ermöglichen, sodass für eine gleiche Anzahl von Fahrzeugen weniger Verträge, Schulungen und Infrastruktur benötigt werden. Zudem kann aufgrund der vordefinierten Nutzungspläne der Ladezustand und damit das Potenzial für mögliche Dienste besser vorhergesagt und mit grösserer Sicherheit an Regelenergiemärkten teilgenommen werden. Die derzeit weniger beleuchteten nichtgewerblichen Fahrzeuge bieten jedoch ebenso Vorteile, wie zum Beispiel deren geringe Auslastung für Mobilität (96% der Zeit unbenutzt) und damit hohes Potenzial für Netzdienste, wie Lastverschiebung oder Frequenzregulierung.

Der Fokus auf das Laden am Arbeitsplatz **(Bild 2b)** ist darauf zurückzuführen, dass die Installation und Wartung zentraler Ladestationen mit weniger Aufwand verbunden ist. Zusätzlich sind die Netze an gewerblichen Standorten häufig besser ausgebaut, sodass höhere Ladekapazitäten möglich sind. Ausserdem kann durch das Laden nichtgewerblicher Fahrzeuge am Arbeitsplatz Solarstrom gut integriert werden, da das Laden typischerweise mit der Solarstromproduktion zusammenfällt.

V2C wird häufig umgesetzt **(Bild 2c)**, da hierbei keine komplexe Schnittstelle mit dem Netz besteht, was die Implementierung vereinfacht und weniger Akteure involviert. Im gewerblichen Bereich kann V2C Lastspitzen reduzieren und damit Leistungspreise verringern. Im nichtgewerblichen Bereich wird V2C meist aus ideellen Gründen umgesetzt. Technologieaffine Haushalte integrieren ihr Elektroauto gerne in das häusliche Stromsystem, insbesondere in Kombination mit einer Photovoltaikanlage, um so den Eigenverbrauch von selbst produziertem Strom zu erhöhen.

Die Präferenz für Übertragungsnetz- gegenüber Verteilnetzdiensten in Pilotprojekten ist auf bereits existierende Regelenergiemärkte zurückzuführen, welche ermöglichen, den Wert für den jeweiligen Dienst abzuschätzen. Auf Verteilnetzebene hingegen ist der Wert der möglichen V2G-Dienste bislang unklar. Insbesondere fehlen Daten zur Netzauslastung, sodass die benötigten Dienste nicht eindeutig bestimmt werden können und folglich auch kein mögliches Umsatzvolumen berechnet werden kann.

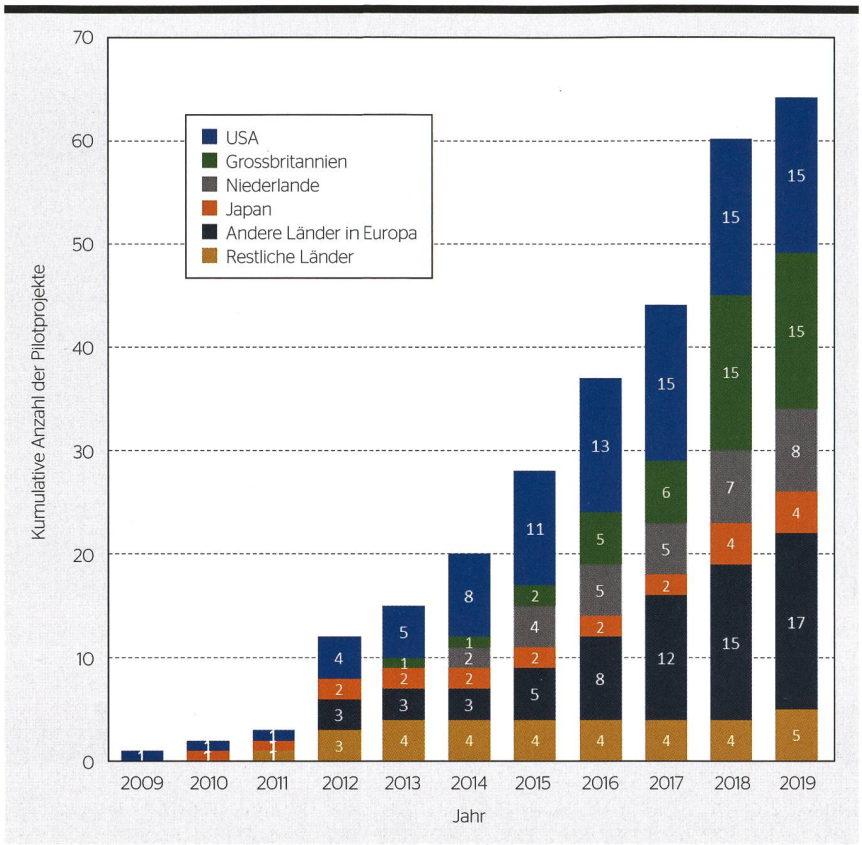

Bild 1 Weltweite Anzahl an Pilotprojekten zu zweiwegigem Laden.

Experten empfehlen daher eine Mischung aus Nutzungstypen, Ladestandorten und Diensten, da so mehr Umsatz erzeugt, die Stromlast zeitlich und räumlich verteilt und das Risiko von unvorhersehbarem Fahr- und Ladeverhalten sowie langfristigen Entwicklungen wie Marktsättigung auf Übertragungsnetzebene und Flexibilitätsangebot auf Verteilnetzebene verringert werden könnten.

Experten sind sich uneinig

Zusammen mit den Wissenslücken (vgl. nächster Abschnitt) weisen die unterschiedlichen Experteneinschätzungen zu technischen, sozialen und regulatorischen Herausforderungen auf relevante Unsicherheiten hin, welche die kommerziellen Möglichkeiten erschweren **(Tabelle 1)**.

Während sich die Experten in einigen technischen Herausforderungen einig sind, wie beispielsweise bezüglich des langfristigen Überangebots von Frequenzdienstleistungen auf Übertragungsnetzebene, sind andere Herausforderungen unklar. Uneinigkeit besteht darüber, ob ein Widerspruch zwischen den Bedürfnissen von Verteilnetzen und wirtschaftlicher Attraktivität sowie dem technischem Potenzial von V2G besteht. Während stark ausgelastete Verteilnetze am meisten von V2G profitieren würden, kann dort die wirtschaftliche Attraktivität durch höhere Installationskosten für V2G-Ladestationen und das technische Potenzial von V2G durch Ladebegrenzungen geringer sein und so eventuell (finanzielle) Anreize für V2G und dessen netzdienliche Nutzung erfordern.

Obwohl unumstritten ist, dass V2G einen Verteilnetzausbau verzögern kann, sind sich Experten uneinig bei der langfristigen Frage, ob V2G den Verteilnetzausbau sogar vermeiden kann. Abhängig von den lokalen Eigenschaften des Netzes, der zur Verfügung stehenden Flexibilität der Last und der Kosten für die jeweiligen (intelligenten) Lösungen, könnte der Netzausbau vermeidbar sein.

Die wichtigste soziale Herausforderung für die Implementierung von zweiwegigem Laden ist das Einsteckverhalten der Nutzer von Elektroautos, da möglichst lange Einsteckzeiten benötigt werden. Jedoch sind sich die Experten uneinig, ob Fahrer von Elektroautos Anreize benötigen, um diese

Bilder: Christine Gschwendtner, Annegret Stephan

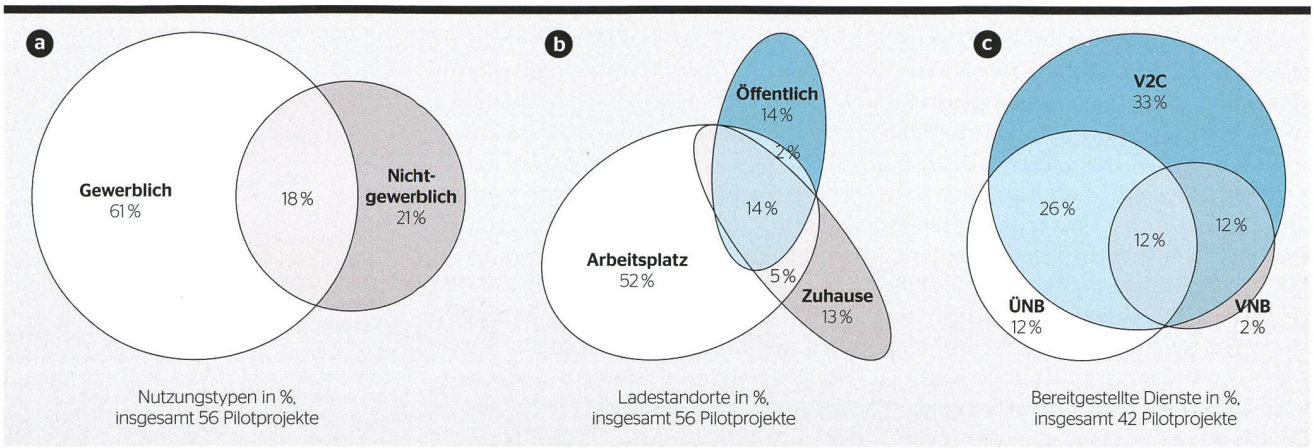

Bild 2 Kombinationen von a) Nutzungstypen, b) Ladestandorten und c) bereitgestellten Diensten in % (V2C: Vehicle-to-Customer, ÜNB: Übertragungsnetzbetreiber, VNB: Verteilnetzbetreiber). Die jeweilige Anzahl Projekte beruht auf der Verfügbarkeit der Daten.

länger einzustecken, oder ob es für sie zur Gewohnheit werden wird, ihr Auto, wenn immer möglich, einzustecken – ähnlich wie das Abschliessen des Autos.

Für zweiwegiges Laden als Zukunftstechnologie ist die Vereinbarkeit mit anderen zukünftigen Mobilitätskonzepten entscheidend, aber auch umstritten. Carsharing zum Beispiel erhöht die Nutzung des Autos für Mobilität, sodass dieses nur noch eine geringe Verfügbarkeit von zirka 30 % für zweiwegiges Laden aufweist. Jedoch könnten nachts bei geringen Buchungen zusätzliche Einnahmen generiert und damit das Geschäftsmodell für Carsharing-Betreiber verbessert werden. Autonome Fahrzeuge könnten zweiwegiges Laden unterstützen, da sie automatisch eingesteckt werden und sogar je nach Netzsituation von einem Ort zum anderen fahren könnten. Jedoch werden autonome Fahrzeuge ebenso stark ausgelastet sein; ihre Verfügbarkeit für V2G- und V2C-Dienste ist reduziert.

Aus regulatorischer Sicht sind sich Experten einig, dass Standards für Ladeinfrastruktur und Kommunikationsprotokolle nötig sind, damit Aggregatoren und Elektroautonutzer Ladestationen verschiedener Anbieter über grössere Regionen hinweg nutzen können. Allerdings gehen die Meinungen hinsichtlich einer möglichen, zügigen Etablierung von Standards auseinander. Standards könnten Innovationen beschränken und hohe Kosten für Konformität verursachen, was besonders im frühen Stadium einer neuen Technologie vor allem kleine Akteure benachteiligt.

Wissenslücken

Fehlende Daten zur aktuellen (und zukünftigen) Auslastung der Verteilnetze bilden die grösste Wissenslücke im technischen Bereich. Dadurch werden Einschätzungen bezüglich nötiger Netzdienstleistungen sowie Nachfrage und Angebot an Flexibilität – neben Elektroautos auch Wärmepumpen und stationäre Speicher – erschwert. Ebenso erfordert eine erfolgreiche Implementierung eine Analyse des Zusammenspiels unterschiedlicher Dienste, da die Glättung der Lastkurven und erhöhter Eigenverbrauch durch V2C den Bedarf an V2G-Diensten in Verteilnetzen verringern.

Im Bereich der sozialen Herausforderungen ist das grundsätzliche Interesse an der Teilnahme an zweiwegigem Laden unklar. Dieses kann schwer durch Pilotprojekte ermittelt werden, da die Anreize oft nicht der Realität entsprechen, beispielsweise wird kostenloses technisches Equipment zur Verfügung gestellt. Besonders ungewiss ist, ob auch weniger technologieaffine Personen teilnehmen würden. Insbesondere die Zwischenstadien mit 10-30 % Teilnahme stellen das System vor Herausforderungen, wie zum Beispiel wenig Ausgleich von unterschiedlichen Fahrprofilen, was geringe Vorhersagbarkeit und hohe Unsicherheit nach sich zieht. Dies wird zudem erschwert durch mögliche örtliche Cluster-Bildung, wenn sich viele Nutzer in räumlicher Nähe befinden (beispielsweise durch Nachbarschaftseffekte). Deshalb spielen grössere Flotten zusammen mit anderen Flexibilitätstechnologien gerade am Anfang der Implementierung eine entscheidende Rolle.

Im regulatorischen Bereich ist unklar, wie Flexibilitätsangebot und -nachfrage auf Verteilnetzebene koordiniert werden. Eine Möglichkeit sind Märkte, die bestimmte geografische Gebiete abdecken. Jedoch ist die Grösse dieser Gebiete

	Technische Herausforderungen	Soziale Herausforderungen	Regulatorische Herausforderungen
Unterschiedliche Experteneinschätzungen	• Gibt es einen Widerspruch zwischen den Bedürfnissen von Verteilnetzen und der ökonomischen Attraktivität sowie dem technischen Potenzial von V2G? • Kann der Netzausbau auf Verteilnetzebene durch V2G vermieden werden?	• Braucht es Anreize, um das Einsteckverhalten von verschiedenen Elektroautonutzern zu steuern? • Ist zweiwegiges Laden mit anderen zukünftigen Mobilitätskonzepten wie Carsharing und autonomem Fahren vereinbar?	• Ist es möglich, zügig einen Standard für zweiwegiges Laden zu etablieren, der die Rollen verschiedener Akteure einbezieht?
Wissenslücken	• Wie hoch ist die derzeitige (und zukünftige) Auslastung der Verteilnetze? • Wie hoch sind die zukünftige Flexibilitätsnachfrage und -angebote auf Verteilnetzebene und welchen Einfluss hat V2C?	• Wie gross ist das grundsätzliche Interesse von Elektroautonutzern, an V2G teilzunehmen? • Welchen Effekt hat zunehmendes Nutzen von V2G auf die Bereitstellung von Netzdiensten?	• Wie werden zukünftig die Flexibilitätsnachfrage und -angebote auf Verteilnetzebene koordiniert?

Tabelle 1 Überblick über unterschiedliche Experteneinschätzungen und Wissenslücken bezüglich technischer, sozialer und regulatorischer Herausforderungen für die Implementierung von zweiwegigem Laden.

Tabelle: Christine Gschwendtner, Annegret Stephan

schwierig festzulegen. Obwohl bereits auf Strassenebene mit 20 bis 30 Häusern unterschiedliche Bedürfnisse für ein geeignetes Lastmanagement bestehen, ist ein hohes Mass an Flexibilitätsangebot in solch kleinen Gebieten schwer zu erreichen, weswegen grössere Gebiete oder Kooperationen mit Übertragungsnetzbetreibern sinnvoll sein können. Deshalb könnten sich auch verschiedene Formen zeitvariabler Tarife durchsetzen, die vor allem für Endkunden greifbarer sind. Diese Tarife können allerdings häufig weniger flexibel agieren, weswegen manche Experten für Ausschreibungen oder Auktionen argumentieren.

Nächste Schritte

Zukünftige Pilotprojekte sollten breitere Kombinationen von Nutzungstypen, Ladestandorten und Diensten testen und dabei idealerweise auch Daten bezüglich des Einsteckverhaltens sammeln, um die Entwicklung von Geschäftsmodellen zu unterstützen. Ausserdem sollten Pilotprojekte den Einfluss zukünftiger Mobilitätskonzepte auf das Potenzial von zweiwegigem Laden untersuchen. Für ein breites Portfolio an V2G-Diensten werden Verteilnetzdaten und neue Plattformen benötigt, welche eine flexible Bereitstellung verschiedener Dienste je nach Netzsituation und ökonomischem Mehrwert ermöglichen, insbesondere auch im Zusammenhang mit anderen Technologien wie beispielsweise Photovoltaikanlagen. Insgesamt muss dafür die Zusammenarbeit der Auto- und Stromindustrie gestärkt werden, unterstützt von intelligenten Lösungen im Bereich von IT- und Datenmanagement und Forschung über zukünftige (Mobilitäts-)Entwicklungen und passende Geschäftsmodelle.

Referenzen

[1] International Energy Agency, «Global EV Outlook 2020 Entering the decade of electric drive?», 2020.

[2] Arbeitsgruppe der schweizerischen Eidgenossenschaft, «Bericht in Erfüllung der Motion 12.3652 Elektromobilität. Masterplan für eine sinnvolle Entwicklung», 2015.

[3] K. Knezović, M. Marinelli, A. Zecchino, P.B. Andersen, C. Traeholt, «Supporting involvement of electric vehicles in distribution grids: Lowering the barriers for a proactive integration», Energy 2017, 134, S. 458–68, doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.075.

[4] P. Staudt, M. Schmidt, J. Gärttner, C. Weinhardt, «A decentralized approach towards resolving transmission grid congestion in Germany using vehicle-to-grid technology», Appl Energy 2018, 230, S. 1435–46, doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.045.

[5] N.B. Arias, S. Hashem, P.B. Andersen, C, Treholt, R. Romero, «Distribution System Services Provided by Electric Vehicles: Recent Status, Challenges, and Future Prospects», IEEE Trans Intell Transp Syst 2019, S. 1–20, doi.org/10.1109/tits.2018.2889439.

[6] Everoze, EVConsult, «V2G GLOBAL ROADTRIP: AROUND THE WORLD IN 50 PROJECTS: Lessons learned from fifty international vehicle-to-grid projects», 2018.

[7] A. Stephan, C. Gschwendtner, «Enabling Flexible Electric Vehicle Grid Integration – ErVIn, Project Report 09/2019–08/2020», 2020.

[8] V2G Hub, «V2G Around the world 2020», www.v2g-hub.com (aufgerufen am 31. Mai 2020).

Autorinnen

Christine Gschwendtner ist Doktorandin in der Gruppe für Nachhaltigkeit und Technologie (SusTec) der ETH Zürich.
→ ETH Zürich, SusTec, 8092 Zürich
→ cgschwendtner@ethz.ch

Dr. **Annegret Stephan** ist Oberassistentin in der Gruppe für Nachhaltigkeit und Technologie (SusTec) der ETH Zürich.
→ astephan@ethz.ch

[1]Gewerblich: leichte Nutz- und Mitarbeiterfahrzeuge, die nach definiertem Fahrplan operieren; nichtgewerblich: von Haushalten genutzte Autos und Mitarbeiterautos, die zum Pendeln genutzt werden.
[2]Zu Hause: Einfamilienhäuser und Parkgaragen für Wohnblöcke; am Arbeitsplatz: inklusive Betriebshof für Fahrzeugflotten; öffentlich: laden auf der Wegstrecke oder am Zielort.
[3]Verteilnetzbetreiber: Dienste auf Verteilnetzebene (zum Beispiel Spannungsregelung, Überlastungsmanagement); Übertragungsnetzbetreiber: Dienste auf Übertragungsnetzebene (zum Beispiel Frequenzregulierung); Vehicle-to-Customer: «Behind-the-Meter»-Dienste für Gebäude (zum Beispiel Lastverschiebung, Notfallreserve).

Forschungsprojekt Flexible Integration von Elektrofahrzeugen in das Stromnetz: Dieser Artikel basiert auf Erkenntnissen des Forschungsprojektes «Enabling Flexible Electric Vehicle Grid Integration (ErVIn)» der Gruppe für Nachhaltigkeit und Technologie (SusTec) der ETH Zürich. Für Inhalt sowie Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autorinnen verantwortlich. Das Projekt wird mit Unterstützung des Bundesamts für Energie durchgeführt.

RÉSUMÉ

Plus de flexibilité grâce à une charge bidirectionnelle ?

Étude de l'ETH de Zurich

La part de l'électromobilité va largement augmenter dans de nombreux pays – y compris en Suisse – au cours des prochaines années. Malgré les facteurs critiques, comme par exemple une possible hausse de la charge de pointe dans le réseau de distribution, les véhicules électriques intégrés de manière intelligente peuvent aussi agir en faveur des réseaux de transport et de distribution et, ainsi, contribuer à intégrer davantage d'énergies renouvelables. En particulier, une charge bidirectionnelle contrôlée peut offrir des avantages supplémentaires, tels que de la flexibilité et des services de fréquence pour le réseau de transport et de distribution (« vehicle-to-grid ») ou encore pour les maisons individuelles ou les immeubles de bureaux (« vehicle-to-customer », V2C).

Une étude de l'ETH de Zurich analyse une base de données de projets pilotes et mène 33 entretiens avec des experts afin d'examiner la future implémentation de charges bidirectionnelles et les défis qui vont avec. L'analyse des combinaisons de différents types d'utilisation des véhicules électriques, des sites de charge et des services mis à disposition montre que les véhicules professionnels avec recharge sur le lieu de travail et mise à disposition de V2C ainsi que de services pour le réseau de transport sont mis en œuvre le plus souvent. Les experts recommandent toutefois une plus grande diversité de combinaisons, car cela pourrait permettre de générer davantage de chiffre d'affaires, de répartir la charge électrique dans le temps et dans l'espace, et de réduire le risque de comportements de conduite et de charge imprévisibles. Outre les différentes appréciations d'experts dans les domaines technique, social et régulatoire, qui indiquent des incertitudes, l'étude montre également qu'il existe des lacunes dans ces trois domaines. Par exemple, alors que la possibilité d'éviter l'extension du réseau de distribution et les incitations potentiellement nécessaires pour le pilotage du comportement de branchement sont contestées, il existe des lacunes de connaissances au niveau de l'offre et de la demande de flexibilité à l'avenir, ainsi que de leur coordination au niveau du réseau de distribution. Afin de venir à bout des défis identifiés, il convient, par exemple, de renforcer la collaboration entre l'industrie automobile et le secteur électrique, avec le soutien de solutions intelligentes dans le domaine de la gestion des données et de l'IT, ainsi que de la recherche sur les futures évolutions (en matière de mobilité) et les modèles d'affaires adéquats. MR