



So schnell wie nötig, statt so schnell wie möglich

Netzintegration von Elektromobilität | Die Ladeprozesse für elektrisch betriebene Fahrzeuge erzeugen im Verteilnetz Leistungsspitzen und bedingen einen Netzausbau. Dieser kann, die Bereitschaft der Nutzer, ihr Lade- und Verbrauchsverhalten anzupassen, vorausgesetzt, beschränkt werden. Erzielen lässt sich diese Bereitschaft beispielsweise über tarifliche Anreize.

ANDREAS BEER, MAURUS BACHMANN

Das Verteilnetz ist über viele Jahre entstanden. Es wird kontinuierlich entsprechend den sich verändernden Anforderungen ausgebaut. Dabei wird berücksichtigt, dass nie alle Netznutzer gleichzeitig die maximale Leistung beziehen, womit Kosten gespart werden können: Das Ortsnetz, die Transformatoren-Stationen sowie das Mittel- und Hochspannungsnetz werden für weniger als die Summe aller Anschlussleistungen dimensioniert.

Die Elektromobilität bringt ganz neue Strombezugsmuster mit sich. Der

Grossteil der Ladevorgänge resultiert aus dem Rhythmus der Arbeitswelt: Das Auto wird morgens nach Ankunft am Arbeitsplatz und abends nach der Heimkehr zu Hause zum Laden angeschlossen und mit der verfügbaren Leistung geladen. Solche Ladevorgänge generieren hohe Bezugsleistungen mit hoher Gleichzeitigkeit. Unbeeinflusst bedingen sie einen Ausbau des Elektrizitätsnetzes auf verschiedenen Spannungsebenen.

Der Netzausbau kann mit einem Lademanagement beschränkt werden, indem Lastspitzen reduziert und Lade-

vorgänge auf andere Zeiten verteilt werden. Heute verfügbare lokale Lademanagement-Systeme in Gemeinschaftsgaragen dienen jedoch hauptsächlich der Verteilung der verfügbaren Leistung auf die verschiedenen Ladepunkte respektive angeschlossenen Fahrzeuge innerhalb der Gemeinschaftsgarage. Bei Bedarf wird die gesamte Anschlussleistung unabhängig von der aktuellen Netzsituation bezogen. Lokales Lademanagement hilft somit nicht, die Auswirkung auf das Verteilnetz zu minimieren und damit den nötigen Netzausbau zu redu-

zieren. Hierzu wäre ein netzoptimierendes Lademanagement nötig. Lademanagement-Systeme in Gemeinschaftsgaragen bieten dennoch eine Reihe wichtiger Vorbedingungen für netzoptimierendes Laden:

- Über die Nutzerschnittstelle können Preismodelle und Ladeinformationen mit den Fahrzeugnutzern ausgetauscht werden.
- Über die Kommunikationsverbindung zu den Fahrzeugen können Ladezustand und Ladeoptionen ausgetauscht werden.
- Die technische Kommunikationsschnittstelle ist nutzbar für Netzbetreiber.
- Eine gleichmässige Lastverteilung auf die drei Phasen kann erreicht werden, auch im Teillastbereich.
- Die Ladeleistung am Anschlusspunkt wird auf die vereinbarte Anschlussleistung begrenzt, ohne dass dabei kritische Situationen mit Überlast entstehen.

Durch die Lastverteilung auf die verschiedenen Fahrzeuge wird den Nutzern bewusst, dass die verfügbare Leistung beschränkt ist und dass zusätzliche Leistung respektive das Laden ohne Ladebeschränkungen teurer würde. Das Lademanagement-System ist so anzupassen, dass es auch die Netznutzung optimieren und dadurch den Netzausbau reduzieren kann.

Involvierte Rollen

Der Ladeprozess von Elektrofahrzeugen involviert aus Sicht des Verteilnetzes drei Rollen (Bild 2). Die Energielieferung wird hier nicht betrachtet.

Der **Netzbetreiber** legt die technischen und finanziellen Bedingungen für Netzanschluss und Netznutzung fest und setzt damit Verhaltensanreize. Die Zustimmung der Ladeinfrastrukturbetreiber oder Fahrzeugnutzer vorausgesetzt, kann er auch die Netzbelastung durch eine direkte Steuerung der Ladeprozesse optimieren.

Ladeinfrastrukturbetreiber sind oft die Hauseigentümer oder Immobilienverwaltungen. Sie stellen den Fahrzeugnutzern die Ladeinfrastruktur inklusive lokalem Lademanagement-System und Preismodell für das Laden zur Verfügung. Gegenüber dem Netzbetreiber sind sie Vertragspartner betreffend Netzanschluss und Netznutzung, und sie parametrieren das lokale Lademanagement-System.

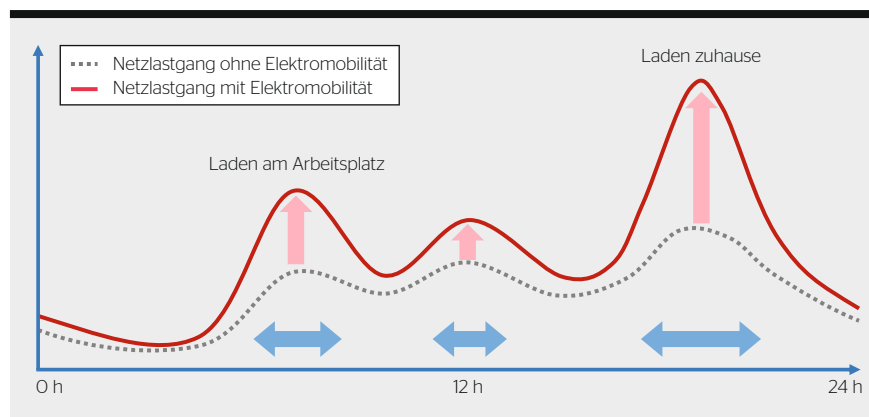


Bild 1 Typischer Lastgang eines Netzgebiets mit und ohne Elektromobilität im Tagesverlauf.

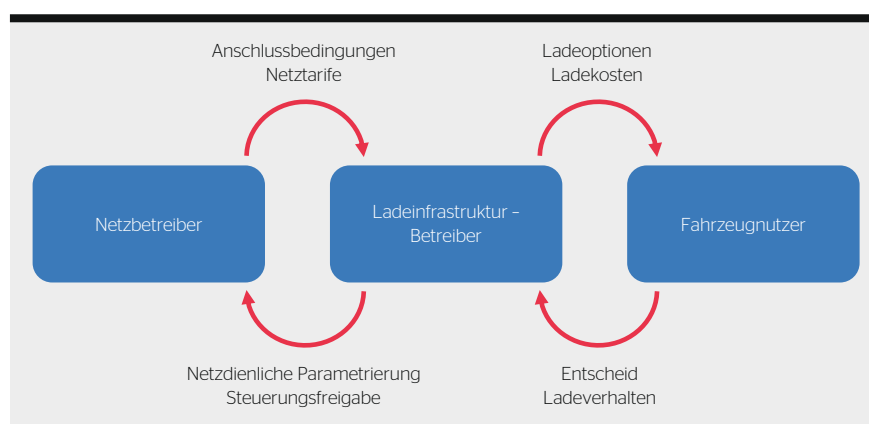


Bild 2 Im Ladeprozess von Elektrofahrzeugen involvierte Rollen.

Die **Nutzer eines Elektrofahrzeugs** haben ein Ladebedürfnis. Sie beanspruchen dazu die Ladeinfrastruktur und das (Verteil-)Netz, beziehen Energie, bezahlen die gesamte Dienstleistungskette und haben die Entscheidungskompetenz, wie und wann sie laden wollen.

Fahrzeugnutzer können gleichzeitig Ladeinfrastrukturbetreiber sein, beispielsweise im Falle eines Einfamilienhauses mit eigener Ladeinfrastruktur. Es ist auch denkbar, dass der Netzbetreiber die Rolle des Ladeinfrastrukturbetreibers übernimmt.

Netzoptimierendes Laden

Verteilnetz und Hausanschluss haben eine beschränkte Stromkapazität. Die Netzdimensionierung erfolgt auf Basis des Nutzungsverhaltens der vergangenen Jahre sowie der erwarteten Entwicklung. Aufgrund der kostenintensiven und langlebigen Netzkomponenten werden dafür lange Zeiträume betrachtet. Der Zuwachs der Elektromobilität erfolgt im Vergleich dazu während

eines kurzen Zeitraums. Im Vergleich zu anderen Stromverbrauchern benötigen die Ladeprozesse für Elektrofahrzeuge hohe Leistungen. Viele Ladeprozesse finden gleichzeitig statt, was eine Kumulierung im Netz bewirkt. Um die benötigte Netzleistung zeitgerecht zur Verfügung zu stellen, sind Ausbauten von bestehenden Netzabschnitten nötig. Bestehende Netzanlagen müssen dazu vor ihrem Lebensende ersetzt werden, was Zusatzkosten in Form von Sonderabschreibungen generiert.

Mit einer Beeinflussung der Ladeprozesse, also Reduktion der Ladeleistungen und Gleichzeitigkeit, können diese Zusatzkosten verringert werden. Die bei den Ladeprozessen vorhandenen Anpassungsmöglichkeiten sollen in erster Linie dazu genutzt werden, die durch dieselben Ladeprozesse verursachte Leistungsproblematik zu mildern. Nie benötigen alle Fahrzeugnutzer die volle Leistung gleichzeitig. Das Potenzial zur Netzoptimierung ergibt sich aus der Zahlungsbereitschaft für eine höhere Ladeleistung und für zeit-

liche Unabhängigkeit im Vergleich zur Bereitschaft, das Ladeverhalten zu ändern oder eine Steuerung zu akzeptieren. Mit anderen Worten: Wer mehr Leistung aus dem Netz beziehen will und wer weniger flexibel bezüglich Ladezeitpunkt und -leistung ist, bezahlt mehr. Dieser Grundsatz resultiert auch aus der Vorgabe, die Netzkosten verursachergerecht in Rechnung zu stellen.

Im Folgenden wird aufgezeigt, mit welchen Schritten die Flexibilität der Elektromobilität genutzt werden kann, um deren kostentreibenden Auswirkungen auf das Elektrizitätsnetz zu mildern:

Anschlussbedingungen

Ein leistungsabhängiger Netzkostenbeitrag ist ein Anreiz für eine tiefere (und damit günstigere) Anschlussdimensionierung, sowohl beim Neubau als auch bei einer Leistungserhöhung. Dies wird für die gesetzlich geforderte Verursachergerechtigkeit gemäss WEG (Wohnbau- und Eigentumsförderungsgesetz) und StromVG von vielen Netzbetreibern bereits so angewandt. Mit der Zunahme der Elektromobilität wird dieser Anreiz noch wichtiger: Die Anschlussleistung und damit der nötige Netzausbau werden begrenzt. Neben dem wichtigen Anreiz zur moderaten Anschlussleistungsbemessung werden auch die Kosten verursachergerecht alloziert.

Zum Erreichen weiterer Ziele kann der Netzbetreiber Vorgaben zur Parametrierung des lokalen Lademanagement-Systems und zur Konfiguration des Anschlusses machen:

- Mit einem Phasenausgleich beim Anschluss mehrerer einphasiger Ladepunkte wird eine symmetrische Netzbelastung erreicht.
- Mit einer Regelung der Blindleistung und – in Ausnahmefällen – der Wirkleistung wird die Spannungshaltung unterstützt.
- Mit einer Leistungsreduktion gegebenenfalls bis zur Abschaltung wird die Behebung von kritischen Netzsituationen wie Unterfrequenz oder Unterspannung unterstützt.
- Mit einer Relais-Schaltung oder einer Kommunikationsschnittstelle wird die Möglichkeit zur Steuerung respektive Sperrung durch den Netzbetreiber ermöglicht.

Technische Anschlussbedingungen sollen möglichst ab sofort für neue Installationen vorgeschrieben werden, so dass Hersteller und Systemlieferanten von Ladeinfrastruktur die technischen Voraussetzungen dafür schaffen können. Sinn und Zweck von Vorgaben sollen Ladeinfrastrukturbetreibern, Fahrzeugnutzern sowie Installateuren erklärt werden. Über das «Technische Anschlussgesuch» erhält der Netzbetreiber die nötigen Informationen für seine Planung und Optimierungen. Netznutzer sollen über die Möglichkeiten zur Wahl der maximalen Ladeleistung oder über Sperr- und Steuerbarkeit informiert werden. Eine schweizweit einheitliche Vorgehensweise wäre dabei von Vorteil.

Die technischen Anschlussbedingungen dienen der Sicherstellung eines sicheren und effizienten Netzes und der Sicherstellung der Steuerbarkeit bei Gefährdung des stabilen Netz-

betriebs. Sie sind daher auch ohne Zustimmung der Netznutzer durchsetzbar.

Netztarifierung und Ladeoptionen

Die Fahrzeugnutzer haben ein Ladebedürfnis. Sie allein wissen, bis wann das Fahrzeug geladen sein muss. Ohne weitere Einflussnahme werden sie das Fahrzeug möglichst umgehend und möglichst schnell laden. Ohne entsprechende Anreize werden sie auch keiner Steuerung oder Leistungsreduktion oder gar einer Sperrung zu gewissen Hochlastzeiten zustimmen.

Die Netztarifierung soll netzoptimierende Verhaltensanreize geben. Sie erfolgt bisher auf Basis der einzig verfügbaren Messgrösse: der «gezählten» Energiemenge in kWh. Wann und mit welcher Leistung die Energie bezogen wurde, ist dabei nicht nachvollziehbar. Durch den Einsatz von intelligenten Messsystemen (Smart Metering) steht künftig der detaillierte Lastgang jedes Netznutzers zeitnah zur Verfügung. Damit lassen sich Tarife bilden, welche die verursachte Netzbelastung besser abbilden und die nötigen Anreize für ein netzoptimierendes Verhalten liefern. Insbesondere für Anwendungen mit hohem Leistungsbedarf wie die Elektromobilität sollen Bezugsleistung und Bezugszeitpunkt einen preislichen Niederschlag finden: Zu Hochlastzeiten soll die Leistung höher bepreist werden als zu Niederlastzeiten. Damit werden Anreize für ein netzoptimierendes Ladeverhalten oder die Zustimmung zu einem netzoptimierenden Laden gesetzt.

RÉSUMÉ

Aussi vite que nécessaire, pas aussi vite que possible

Intégration de l'électromobilité dans le réseau

L'électromobilité prend de la vitesse. De nombreux véhicules électriques se rechargeront en même temps, à des puissances de charge élevées. Pour éviter que le réseau de distribution n'atteigne sa limite de capacité – que ce soit au niveau local, régional ou suprarégional –, il doit être développé. La nécessité de cette extension du réseau peut être limitée grâce à des incitations au niveau du dimensionnement des raccordements, ainsi qu'en influençant intelligemment les processus de charge. Il est possible d'exercer une telle influence par des incitations, par exemple de nature tarifaire, ou par un pilotage direct de

la puissance de charge visant à optimiser le réseau. Les deux approches requièrent, d'une part, certaines conditions techniques et, d'autre part, l'acceptation et l'accord des clientes et clients.

Les gestionnaires de réseau ont tout intérêt à prendre des mesures dès aujourd'hui, afin que l'infrastructure de charge qui sera installée à l'avenir puisse remplir les exigences mentionnées ci-dessus. Il faut en outre informer de ces corrélations les fabricants et les exploitants d'infrastructures de charge, de même que les utilisateurs de véhicules, et les sensibiliser à cette problématique.

MR

Die tariflichen Anreize erreichen die Fahrzeugnutzer oft nicht direkt, sondern zuerst den Betreiber der Ladeinfrastruktur. Sinnvolle Tarifanreize sind aber die Voraussetzung dafür, dass der Ladeinfrastrukturbetreiber entsprechende Preismodelle für die Nutzer bereitstellt. Preismodelle sind einfach und verständlich zu gestalten. Zur Auswahl des Preismodells für einen Ladevorgang müssen die Fahrzeugnutzer dann alle nötigen Informationen erhalten. Das sind im Wesentlichen die erwartete Ladedauer beziehungsweise der erwartete Endzeitpunkt der Ladung und der Preis für den entsprechenden Ladevorgang (Tabelle).

Steuerung durch den Netzbetreiber

Neben den oben beschriebenen tariflichen Anreizen zur Verbrauchsverhaltensanpassung (Demand Response) gibt es die Möglichkeit der Direktsteuerung durch den Netzbetreiber (Demand Side Management). Will der Netzbetreiber die Netzbelastung direkt durch Steuerung der Ladeinfrastruktur ausgleichen, benötigt er von einer genügend grossen Anzahl Kunden die Zustimmung und – wohl noch wichtiger – die Akzeptanz für die damit zusammenhängenden Einschränkungen. Neben den oben erwähnten tariflichen Anreizen sind dazu im Wesentlichen drei weitere Massnahmen nötig:

Sinnggebung: Den Fahrzeugnutzern soll erklärt werden, warum die Steuerung oder Sperrung der Ladeprozesse nötig ist. Sie sollen die Mitverantwortung für ein funktionierendes und zahlbares System übernehmen. Mitmachen wird zum guten Ton beziehungsweise zur Selbstverständlichkeit, so wie beispielsweise heute bei der Abfalltrennung.

Vergütung: Die Vergütung für das Ermöglichen von Steuerungseingriffen durch den Netzbetreiber gibt eine wichtige Motivation und schafft Gerechtigkeit gegenüber jenen Kunden, die keine Steuerung zulassen. Die verursachten Netzkosten müssen trotzdem gedeckt werden. Die Vergütung kann in Form eines reduzierten Netznutzungstarifs erfolgen.

Übersteuerbarkeit: Im Ausnahmefall wollen Fahrzeugnutzer die Steuerung des Netzbetreibers übersteuern und gemäss eigenem Ermessen laden können. Diese Übersteuerung hat für

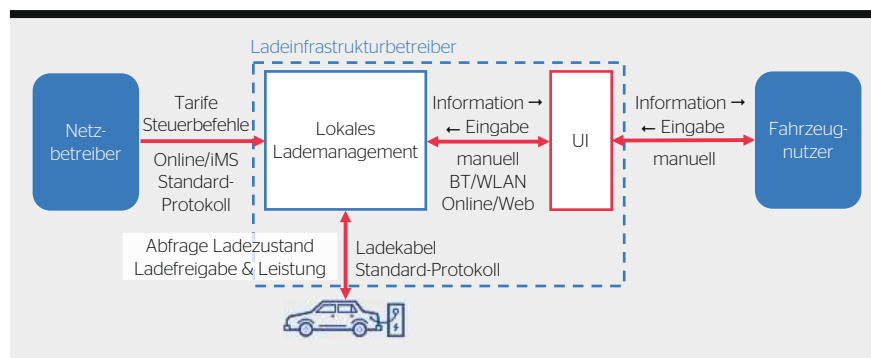


Bild 3 Technische Auslegung eines Lademanagement-Systems.

Preismodell	Eingabe Beispiele	Information Beispiele	Preis CHF Beispiele
«Schnell»	Laden sofort und so schnell wie möglich Zielladung? 80 %	Aktueller Ladezustand: 50 % Erwartete Lademenge: 10 kWh Erwartete Ladedauer: 1 Stunde	4-fach
«Langsam»	Laden sofort mit kleiner Leistung Zielladung? 80 %	Aktueller Ladezustand: 50 % Erwartete Lademenge: 10 kWh Geladen bis: 04:00 Uhr	2-fach
«Optimiert»	Laden auf Zeitpunkt Zielladung? 80 % Geladen bis? 06:00 Uhr	Aktueller Ladezustand: 50 % Erwartete Lademenge: 10 kWh	1-fach

Tabelle Mögliche Preismodelle des Ladeinfrastrukturbetreibers gegenüber den Fahrzeugnutzern.

ihn Kosten zur Folge, welche sich an der Höhe der Vergütung, an der Häufigkeit der Übersteuerung, am Zeitpunkt und an der Ladeleistung orientieren können. Die Bedingungen dafür werden im Voraus bekannt gegeben.

Einfaches Umsetzungsbeispiel: Der Netzbetreiber legt fixe Sperrzeiten (typischerweise während Hochlastzeiten im Netz) und die maximale Ladeleistung von beispielsweise 3,7 kW fest. Falls gewünscht, kann der Fahrzeugnutzer diese Einschränkung für die aktuelle Ladung mit einem Knopfdruck aufheben. Dies werden nicht alle Nutzer gleichzeitig tun, denn als Folge wird ein höherer Netztarif verrechnet.

Tarifmodelle und Ladeoptionen wie weiter oben beschrieben sind komplexer und aufwendiger in der Umsetzung, bieten aber mehr Handlungsoptionen; sie dürften daher auf eine höhere Akzeptanz stossen. Zudem erlauben sie eine differenziertere Netzoptimierung.

Technische Voraussetzungen

Ein netzoptimierendes Lademanagement-System benötigt verschiedene Schnittstellen zu den involvierten Geräten und Parteien. Bild 3 illustriert den Aufbau.

Die wichtigsten Komponenten des Lademanagement-Systems sind:

Lokales Lademanagement: Ein intelligentes Lademanagement benötigt Informationen des Fahrzeugs (Ladezustand, mögliche Ladeleistung) und des Netzbetreibers (Tarifinformationen, Steuerbefehle) sowie der Fahrzeugnutzer (Ladebedürfnisse).

Schnittstelle zum Fahrzeug: Über die Schnittstelle zum Fahrzeug werden Fahrzeuginformationen wie der aktuelle Ladezustand oder die maximale Ladeleistung abgerufen und Ladebefehl und Ladeleistung vorgegeben. Diese Schnittstelle ist heute das Open Charge Point Protocol (OCPP). Dieses Protokoll entstand aus einer Initiative der Open Charge Alliance für die Standardisierung dieser Kommunikation zum Fahrzeug.

Schnittstelle zum Netzbetreiber: Auf Seiten des Netzbetreibers bieten sich für die Kommunikation lokale Schnittstellen der neuen intelligenten Mess- und Steuersysteme an. Diese sind zwar je nach System unterschiedlich ausgestaltet, basieren aber meist auf bestehenden internationalen Standards.

Nutzerschnittstelle (UI, User Interface): Über eine Nutzerschnittstelle können den Fahrzeugnutzern die jeweiligen Ladeoptionen mit den entsprechenden Preisen angeboten werden. Die Nutzer bestätigen über

diese Schnittstelle ihre Wahl oder haben die Möglichkeit, die Steuerung des Netzbetreibers im Ausnahmefall zu übersteuern. Im einfachen Fall einer fixen Sperrzeit kann die Nutzerschnittstelle ein Knopf an der Ladestation für die Übersteuerung sein. Alternativ kann die Nutzerschnittstelle als App auf einem Mobilgerät umgesetzt werden.

Netzbetreiber sollen schon heute Massnahmen ergreifen

Die Elektromobilität nimmt Fahrt auf. Das Laden von Elektrofahrzeugen wird mit hohen Ladeleistungen bei hoher Gleichzeitigkeit erfolgen. Um zu verhindern, dass das Verteilnetz weder lokal, noch regional, noch überregional an seine Kapazitätsgrenze stösst, muss es ausgebaut werden. Dieser nötige Netzausbau kann mit Anreizen bei der Anschlussdimensionierung und mit einer intelligenten Beeinflussung der Ladeprozesse beschränkt werden. Eine

solche Beeinflussung kann durch Anreize, beispielsweise tariflicher Art, oder durch eine direkte, netzoptimierende Steuerung der Ladeleistung geschehen. Beide Ansätze bedürfen einerseits technischer Voraussetzungen und andererseits der Akzeptanz und Zustimmung der Kundinnen und Kunden.

Netzbetreiber sollen bereits heute Massnahmen ergreifen, damit die zukünftig installierte Ladeinfrastruktur die obigen Anforderungen erfüllen kann. Hersteller und Betreiber von Ladeinfrastruktur sowie Fahrzeugnutzer sollen über diese Zusammenhänge informiert und für die Problematik sensibilisiert werden.

Wichtige Massnahmen, die der Netzbetreiber sofort umsetzen kann, sind:

- alle beteiligten Akteure für die «Herausforderung Elektromobilität» sensibilisieren;
- Anschlussbeiträge in Abhängigkeit der bestellten Anschlussleistung zur

moderaten Bemessung der Anschlussleistung erheben;

- Technische Anschlussbedingungen (TAB) anpassen, um die Voraussetzungen für Steuerbarkeit und Kundeninteraktion sowie für netzoptimierende Parametrierungen zu schaffen;
- erforderliche Schnittstellen und anzuwendende Standards für den Informationsaustausch zwischen den beteiligten Akteuren vorgeben;
- sinnvolle Netztarife und Netznutzungsbedingungen als Anreiz für ein netzoptimierendes Bezugsverhalten sowie für die Akzeptanz und Zulassung einer netzoptimierenden Steuerung festlegen.

Autoren

Dr. **Andres Beer** ist Co-Geschäftsführer des Vereins Smart Grid Schweiz.

→ Verein Smart Grid Schweiz, 2560 Nidau
→ andreas.beer@smartgrid-schweiz.ch

Dr. **Maurus Bachmann** ist Co-Geschäftsführer des Vereins Smart Grid Schweiz

→ maurus.bachmann@smartgrid-schweiz.ch