

# bulletin.ch

## Mobilitéé

Exploiter de nouvelles  
possibilités

## Mobilität

Neue Möglichkeiten  
erschliessen



# Der Werkzeugkasten für Ihre Solar-Projekte

So effizient und einfach war die professionelle Planung und Realisation von Solaranlagen noch nie: Das neue **Planungstool pvXpert** von EM solar kombiniert höchste Planungssicherheit und einfachste Materialbeschaffung über den EM.Webshop mit der bewährten Logistik und Beratungspower von EM.

Mehr erfahren: [e-m.info/931](http://e-m.info/931)



Einfach.Mehr.



**Radomír Novotný**  
Chefredaktor  
Rédacteur en chef

## Noch viel nützlicher

Schweizer Taschenmesser geniessen einen guten Ruf. Sie sind aus hochwertigem Stahl, rostfrei, sehr scharf – und haben auf engstem Raum zahlreiche Funktionen. Zugegeben, meistens kommt bei mir nur die grosse Klinge als Brief- oder Paketöffner zum Einsatz. Ab und zu ist auch der Flaschenöffner nützlich. Den Dosenöffner habe ich in den letzten Jahrzehnten aber vielleicht nur zweimal gebraucht.

Im Gegensatz zu ihren fossil betriebenen Pendanten sind Elektroautos theoretisch auch Multifunktionswerkzeuge. Zwar steht auch bei ihnen – wie beim Taschenmesser die grosse Klinge – die Fortbewegung im Vordergrund, aber in ihren Batterien schlummert ein grosses energetisches Potenzial. Denn sie könnten das Verteilnetz unterstützen und damit die Versorgungssicherheit erhöhen, damit die volatil und dezentral einspeisenden erneuerbaren Energien besser integriert und genutzt werden können. Also als Funktion für das Energiesystem in der Zeit, in der die Mobilitätsfunktion nicht genutzt wird – was ja meistens der Fall ist. Durch diese Doppelfunktion könnte auf viele stationäre Energiespeicher verzichtet werden. Dies würde sich nicht nur finanziell lohnen, sondern könnte auch den Einsatz wertvoller Rohstoffe reduzieren.

Dieses Potenzial liegt aus verschiedenen Gründen oft brach, weil es noch diverse Hürden gibt, beispielsweise an der Schnittstelle zwischen Netz und Auto. Einige hoffentlich inspirierende Einblicke in das, woran heute gearbeitet wird, finden Sie, liebe Leserin, lieber Leser, in dieser Ausgabe. Damit eines Tages aus den vielen oben verwendeten Konjunktiven Indikative werden.

R. Novotný

## Encore plus utile

Les couteaux suisses jouissent d'une excellente réputation. Fabriqués en acier de haute qualité, inoxydables et particulièrement tranchants, ils regroupent de nombreuses fonctions dans un espace très réduit. Certes, dans mon cas, je n'utilise généralement que la grande lame, principalement comme ouvre-lettres ou pour ouvrir des colis. De temps en temps, le décapsuleur se montre lui aussi utile. Quant à l'ouvre-boîte, je ne m'en suis certainement servi que deux fois au cours des dernières décennies.

Contrairement à leurs équivalents fonctionnant aux énergies fossiles, les voitures électriques ont, elles aussi, le potentiel d'être de véritables outils multifonctions. Bien sûr, leur rôle principal reste la mobilité, tout comme la grande lame est l'élément phare du couteau suisse. Cependant, leurs batteries recèlent un potentiel énergétique immense. Elles pourraient contribuer au soutien du réseau de distribution électrique et renforcer ainsi la sécurité de l'approvisionnement. De cette manière, les énergies renouvelables, souvent volatiles et produites de manière décentralisée, pourraient être mieux exploitées. En d'autres termes, les véhicules électriques pourraient jouer un rôle dans le système énergétique pendant les périodes où leur fonction de mobilité n'est pas sollicitée, ce qui est le cas la plupart du temps. Grâce à cette double fonction, une grande partie des systèmes de stockage stationnaires pourrait être évitée. Cela ne serait pas seulement avantageux sur le plan économique, mais contribuerait également à réduire l'utilisation de matières premières précieuses.

Ce potentiel reste toutefois souvent inexploité en raison de divers obstacles, notamment dans les interactions entre le réseau et le véhicule. Chères lectrices, chers lecteurs, nous vous proposons dans ce numéro quelques aperçus inspirants des solutions en cours de développement. Peut-être permettront-ils un jour de transformer ces conditionnels en affirmations concrètes.

# inhalt. sommaire.

## Dossier

---

- 6** **Bidirektional Laden |**  
**Recharge bidirectionnelle**  
Radomír Novotný
- 14** **Systemoptimierung als Voraussetzung**  
Ville Heimgartner et al.
- 18** **L'optimisation du système, une condition préalable**  
Ville Heimgartner et al.
- 22** **Schnellladestationen im urbanen Raum**  
Yannic Hofmann
- 26** **Améliorer l'efficacité des transports**  
Jan Huber

## Panorama

---

- 30** **ENERGIENETZE**  
**PV: Ein einziger Schalter bietet genug Schutz**  
Benedikt Vogel
- 34** **RÉSEAUX ÉNERGÉTIQUES**  
**Un commutateur suffit pour assurer la sécurité**  
Benedikt Vogel
- 38** **ENERGIEEFFIZIENZ**  
**Überdimensionierte elektrische Antriebe**  
Conrad U. Brunner
- 43** **HARDWARE**  
**Ultraschneller FPGA-basierter AD-Wandler**  
Lukas Leuenberger
- 47** **RÉSEAUX ÉNERGÉTIQUES**  
**Surveiller et façonner le réseau interconnecté européen**  
Entretien avec Walter Sättinger

**Titelbild**

Analog zu den beiden Fahrtrichtungen kann beim Laden von Elektroautos die Stromrichtung umgekehrt werden, um den mobilen Energiespeicher für andere Zwecke zu nutzen.

**Photo de couverture**

De manière analogue aux deux sens de la circulation routière, le sens du courant peut être inversé entre les bornes de recharge et les véhicules électriques afin d'utiliser ces systèmes de stockage d'énergie mobiles à d'autres fins.

## Electrosuisse

---

- 52**    **Perspektiven | Perspectives**  
Dino Graf
- 53**    **Willkommen bei Electrosuisse**
- 54**    **Bienvenue chez Electrosuisse**
- 55**    **Bidirektionales Laden / V2X**  
Daniel Djordjevic

## Events

---

- 57**    **Eindrücke vom Stromkongress 2025**
- 61**    **Impressions du Congrès de l'électricité**
- 65**    **Swiss Lighting Forum - Licht in jeder Projektphase**
- 66**    **Alpenforce - Nachhaltigkeit und Fragen der alpinen Photovoltaik**
- 67**    **Remef-Symposium - Brennende Metalle als Energiespeicher erforschen**

## Diverses

---

- 3**    **Editorial | Éditorial**
- 69**    **Weiterbildung | Formation continue**
- 71**    **Produkte | Produits**
- 74**    **Impressum**

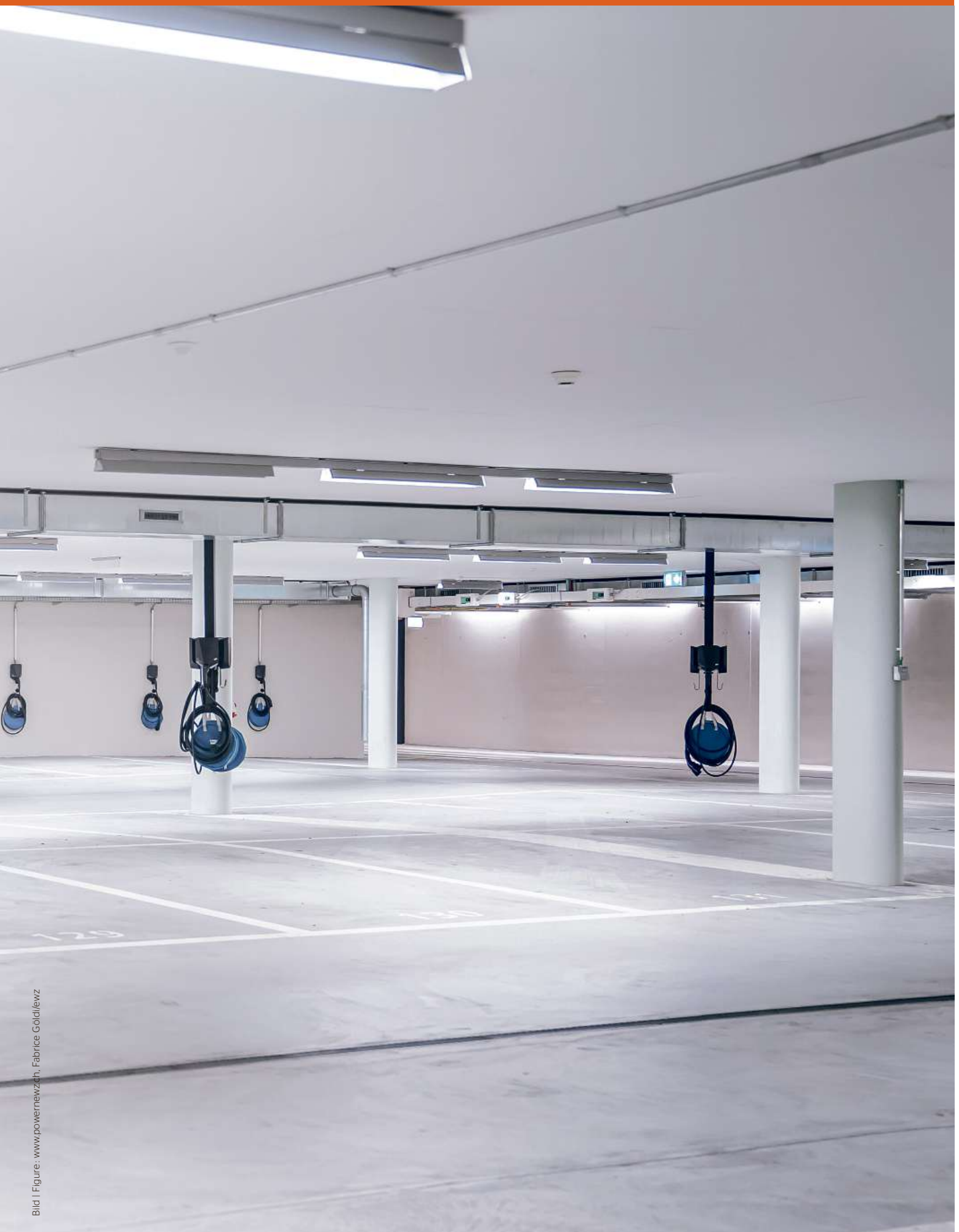
# dossier.

## Bidirektional Laden

**Historische Hürden, neue Chancen** | Etwa 90 % der Zeit stehen Elektroautos herum und könnten als Energiespeicher für zahlreiche Anwendungen genutzt werden. Aber nicht nur das Potenzial ist gross, sondern auch die Herausforderungen.

## Recharge bidirectionnelle

**Obstacles historiques, nouvelles opportunités** | Environ 90 % du temps, les voitures électriques sont à l'arrêt et pourraient être utilisées pour stocker de l'énergie pour de nombreuses applications. Si le potentiel est important, les défis le sont tout autant.



RADOMÍR NOVOTNÝ

**E**rneuerbare Energien erzeugen Elektrizität schwankend und nicht immer prognostizierbar. Das Ungleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch lässt sich mit Laststeuerung ausgleichen. Mit der Zunahme der Photovoltaik steigt aber der Bedarf an kurzfristiger Flexibilität deutlich. Er liesse sich mit lokalen, stationären Energiespeichern abdecken, aber es wäre wirtschaftlicher, die Batterien der meist stehenden Elektroautos dafür einzusetzen. Ihre Nutzung wäre preisgünstiger und nicht durch Einsparungen gefährdet wie der Bau neuer Pumpspeicherkraftwerke. Der Elektromobilitätsexperte Marco Piffaretti plädiert deshalb dafür, Pumpspeicher eher für die saisonale Energiebereitstellung einzusetzen und kurzzeitige Regelungen den Elektroautos zu überlassen, die bidirektional geladen werden können.

Bidirektional geladen? Eigentlich ist dieser Ausdruck irreführend, denn nur eine Richtung des Stromflusses dient dem Laden des Energiespeichers von Elektroautos. Aber der damit gemeinte Sachverhalt ist sehr nützlich. In vielerlei Hinsicht, denn die Batterien stehender Elektrofahrzeuge können beispielsweise beim Campen Kaffeekocher betreiben, zu Hause bei Prosumern den Eigenverbrauch erhöhen, bei einem Stromausfall eine unterbrechungsfreie Versorgung sicherstellen oder einen Beitrag zur Stabilisierung des Verteilnetzes leisten. Aufgaben, die mit der Zunahme der erneuerbaren Energien immer wichtiger werden.

Die aktuell am häufigsten angebotene Funktion ist Vehicle-to-Load (V2L). Sie steht nicht wegen ihrer überragenden Nützlichkeit im Vordergrund, sondern weil sie für Fahrzeughersteller einfach implementiert werden kann. Da es sich um einen Inselbetrieb handelt, müssen die 50 Hz nicht mit dem Stromnetz synchronisiert werden. Zudem ist ein dreiphasiger Betrieb oft nicht möglich – es steht meist nur eine Phase zur Verfügung.

Den grössten Kundennutzen dürfte Vehicle-to-Home bringen, besonders für die Steigerung des Eigenverbrauchs bei Kunden mit eigener Solaranlage. Gemäss Marco Piffaretti liesse sich aber auch beim Vehicle-to-Grid viel heraus holen, wenn es kommerziell verfügbar ist. Mit einem Mobility-Projekt wurde untersucht, welcher Ertrag sich mit dem bidirektionalen Laden erreichen liesse. Ergebnis: Pro Fahrzeug ist ein jährlicher Ertrag zwischen 500 und 1500 Franken möglich. Er hängt allerdings stark vom Standort ab, denn die Tarife unterscheiden sich signifikant.

Noch mehr profitieren könnte man gemäss Piffaretti vom Energiehandel bei einem komplett liberalisierten Strommarkt. Elektroautos könnten mit preisgünstigem Strom geladen werden, und der Strom könnte danach verkauft werden, wenn er dreimal teurer ist. Eine vor zwei Jahren durchgeführte ETH-Studie in Zusammenarbeit mit Helion kommt zum Schluss, dass durch einen solchen Energiehandel in der Schweiz 6 Milliarden Franken gespart werden könnten. Das Problem: Heute können sich Privatkunden nicht am Strommarkt beteiligen, denn die Liberalisierung fängt erst bei 100 000 kWh jährlich an. Diese Schwelle dürfte aber mit Elektrolastwagen leicht erreicht werden und sie könnten im liberalisierten Markt aktiv werden.

**L**es erneuerbaren Energien produzieren die Elektrizität auf eine Weise, die schwankend und nicht immer vorhersagbar ist. Das Ungleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch lässt sich mit Lastmanagement ausgleichen. Mit der Zunahme der Photovoltaik steigt aber der Bedarf an kurzfristiger Flexibilität deutlich. Er liesse sich mit lokalen, stationären Energiespeichern abdecken, aber es wäre wirtschaftlicher, die Batterien der meist stehenden Elektroautos dafür einzusetzen. Ihre Nutzung wäre preisgünstiger und nicht durch Einsparungen gefährdet wie der Bau neuer Pumpspeicherkraftwerke. Der Elektromobilitätsexperte Marco Piffaretti plädiert deshalb dafür, Pumpspeicher eher für die saisonale Energiebereitstellung einzusetzen und kurzzeitige Regelungen den Elektroautos zu überlassen, die bidirektional geladen werden können.

Rechargées de manière bidirectionnelle? En fait, cette expression est trompeuse, car un seul sens de circulation du courant sert à recharger le système de stockage d'énergie des voitures électriques. Mais le processus auquel il est fait référence est très utile. Et ce, à bien des égards, car les batteries des véhicules électriques à l'arrêt peuvent par exemple alimenter des machines à café en camping, augmenter la consommation propre des prosommateurs à la maison, assurer un approvisionnement sans interruption en cas de panne de courant ou contribuer à stabiliser le réseau de distribution. Des tâches qui prennent de plus en plus d'importance avec l'augmentation des énergies renouvelables.

La fonction la plus souvent proposée actuellement est le Vehicle-to-Load (V2L). Ce n'est pas son utilité exceptionnelle qui la place au premier plan, mais le fait qu'elle puisse être facilement mise en œuvre par les constructeurs automobiles. Comme il s'agit d'un fonctionnement en îlot, les 50 Hz ne doivent pas être synchronisés avec le réseau. De plus, un fonctionnement triphasé n'est souvent pas possible – il n'y a généralement qu'une seule phase à disposition.

C'est le Vehicle-to-Home qui devrait apporter le plus d'avantages aux clients, notamment pour augmenter la consommation propre de ceux qui disposent de leur propre installation solaire. Mais selon Marco Piffaretti, le Vehicle-to-Grid pourrait aussi être très intéressant s'il était commercialement disponible. Un projet Mobility a permis d'étudier le rendement de la recharge bidirectionnelle. Résultat: un revenu annuel de 500 à 1500 francs par véhicule est possible. Il dépend toutefois fortement de l'emplacement, car les tarifs diffèrent de manière significative.

Selon Marco Piffaretti, on pourrait profiter encore plus du commerce d'énergie si le marché de l'électricité était complètement libéralisé. Les voitures électriques pourraient être rechargées avec de l'électricité bon marché, et l'électricité pourrait ensuite être revendue lorsqu'elle est trois fois plus chère. Une étude de l'ETH réalisée il y a deux ans en collaboration avec Helion conclut qu'un tel commerce d'énergie permettrait d'économiser 6 milliards de

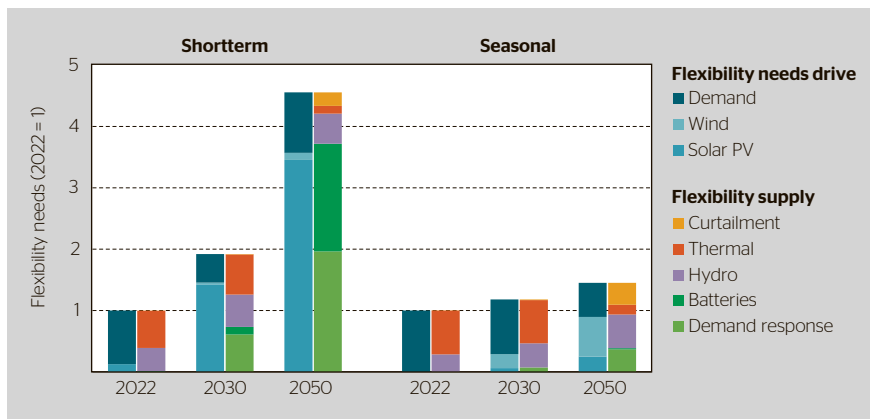


#### **Bidirektionale Ladesäule**

Fest installierte Wechselrichter verfügen über die netzrelevanten Parameter, um den Betrieb des Netzes nicht zu beeinträchtigen.

#### **Borne de recharge bidirectionnelle**

Les onduleurs fixes disposent des paramètres pertinents pour le réseau afin de ne pas en perturber le fonctionnement.



Flexibilitätsbedarf und -angebot des globalen Stromsystems, wenn alle nationalen Energie- und Klimaziele der Regierungen vollständig und rechtzeitig erreicht werden.

Les besoins de flexibilité du système électrique mondial et l'offre, si tous les objectifs nationaux en matière d'énergie et de climat fixés par les gouvernements sont atteints intégralement et dans les délais.

«Deswegen ist bidirektionales Laden auch eine interessante Technologie für grosse Fahrzeuge», sagt Piffaretti.

Für Sekundärregelung muss heute mindestens  $\pm 5$  MW angeboten werden können, also eine Leistung, die für ein Kraftwerk keine grössere Schwierigkeit darstellt. Dabei wird vorausgesetzt, dass eine wirtschaftliche, zuverlässige und sichere Kommunikation zu den Dienstleistungsanbietern existiert. Bei Elektroautos müsste man für eine Teilnahme an den Auktionen einen Pool aus 500 Fahrzeugen bilden, die ebenfalls zuverlässig und praktisch in Echtzeit mit den Dienstleistungsanbietern kommunizieren können – eine hohe Eintrittsbarriere. In anderen Ländern ist dies einfacher. Beispielsweise kann man in Schweden schon mit zehn Elektroautos teilnehmen. Für Swissgrid ist es natürlich einfacher, einen grossen Lieferanten zu steuern als viele kleine. Piffaretti bedauert dies: «Wenn wir denken, wie viel Flexibilität auf den Rädern zur Verfügung steht, ist es schade.»

Der Grund für diese hohe Hürde liegt in der Geschichte des europäischen 50-Hz-Verbundnetzes, das von Laufenburg aus – für ganz Europa – entstand. Zur Stabilisierung der Netzfrequenz werden unter anderem die alpinen Pumpspeicherkraftwerke eingesetzt, die bereits im letzten Jahrhundert gebaut wurden. Gemäss Piffaretti sind die Ausschreibungen des Energiemarkts so gestaltet, dass sie genau auf die grossen Pumpspeicherkraftwerke zugeschnitten sind. Dies überrascht nicht, denn es gab früher keine Alternative. Eine Öffnung des Systems in Richtung kleinere Speicher würde das bidirektionale Laden fördern.

### Ungleichbehandlung

Bei den Pumpspeicherkraftwerken werden Wirkungsgradverluste in manchen Ländern finanziell kompensiert. Beispielsweise erhält ein italienischer Kraftwerksbetreiber als Entgelt pauschal 110 % der gelieferten Energiemenge. Das ist zwar verständlich, aber bei Elektroautos gibt es keinen vergleichbaren finanziellen Ausgleich. Den Lade-Entlade-Verlust übernimmt der Fahrzeugbesitzer. Piffaretti weist deshalb auf Folgendes hin: «Wenn wir gleich viel Leistung aggregieren wie ein Pumpspeicherkraftwerk, hätten wir wegen den Verlusten einen um 10 % schlechteren Business Case.» Er plädiert deshalb dafür, bei neuen Technologien, die volks-

francs in Suisse. Le problème: aujourd'hui, les clients privés ne peuvent pas participer au marché de l'électricité, car la libéralisation ne commence qu'à partir d'une consommation de 100 000 kWh par an. Or, ce seuil devrait être facilement atteint par les camions électriques et ils pourraient être actifs sur le marché libéralisé. «C'est pourquoi la recharge bidirectionnelle est également une technologie intéressante pour les gros véhicules», explique-t-il.

Pour le réglage secondaire, il faut aujourd'hui pouvoir proposer au moins  $\pm 5$  MW, c'est-à-dire une puissance qui ne représente pas de difficulté majeure pour une centrale électrique. Cela suppose qu'il existe une communication économique, fiable et sûre avec les fournisseurs de services. Dans le cas des voitures électriques, pour participer aux enchères, il faudrait constituer un pool de 500 véhicules qui puissent également communiquer de manière fiable et pratiquement en temps réel avec les fournisseurs de services. Une condition d'entrée d'un niveau élevé. La situation est plus facile dans d'autres pays. En Suède, par exemple, on peut déjà participer avec dix voitures électriques. Pour Swissgrid, il est bien sûr plus facile de piloter un grand fournisseur que de nombreux petits. Marco Piffaretti le regrette: «Quand on pense à la flexibilité sur roues disponible, c'est dommage.»

La raison de cet obstacle de taille réside dans l'histoire du réseau interconnecté européen de 50 Hz, qui a été créé à partir de Laufenburg – pour toute l'Europe. Pour stabiliser la fréquence du réseau, on utilise entre autres les centrales de pompage-turbinage alpines, qui ont été construites dès le siècle dernier. Selon Marco Piffaretti, les appels d'offres du marché de l'énergie sont conçus de telle sorte qu'ils sont précisément adaptés aux grandes centrales de pompage-turbinage. Cela n'est pas surprenant, car il n'y avait pas d'alternative auparavant. Une ouverture du système en direction des petites solutions de stockage favoriserait la recharge bidirectionnelle.

### Inégalité de traitement

Dans le cas des centrales de pompage-turbinage, les pertes d'efficacité sont compensées financièrement dans certains pays. Par exemple, un exploitant de centrale italien

wirtschaftlich Sinn machen, die Regeln und Normen anzupassen. Es geht dabei nicht um Subventionierung, sondern darum, dass alle die gleichen Voraussetzungen haben.

### Wo soll der Wechselrichter sein?

Ein Aspekt, der sich ebenfalls finanziell auswirkt, ist die Frage nach dem Installationsort des Inverters. Der Wandler kann im Auto oder in der Wallbox integriert sein, wobei jede Variante aus Sicht des bidirektionalen Ladens ihre Vor- und Nachteile hat. Grundsätzlich muss sich der Inverter netzverträglich verhalten. Er darf nicht einfach beliebig zurückspeisen, sondern muss sich an den Grid Code, d.h. an die Vorgaben des lokalen Elektrizitätswerks halten.

Für fest installierte Inverter ist dies kein Problem, denn die netzrelevanten Parameter werden bei der Installation eingegeben, damit sich der Inverter so verhält, dass der Betrieb des Netzes nicht beeinträchtigt wird. Für Inverter in Autos sieht es deutlich komplizierter aus, denn in der Schweiz hat es rund 600 Elektrizitätswerke bzw. Verteilnetzbetreiber, deren Grid Codes sich voneinander in gewissen Details unterscheiden. Und fährt ein solches Auto ins Ausland, muss es auch die dortigen Grid Codes kennen. Dies kann live mit der GPS-Position geschehen, mit der dann der gültige Grid Code heruntergeladen werden kann. Ein Sonderfall ist Frankreich, das nur einen einheitlichen Grid Code kennt, weil das ganze Land von einem einzigen Verteilnetzbetreiber versorgt wird. Dies ermöglichte es Renault, bidirektionale Inverter direkt in die Fahrzeuge zu integrieren. Hierzulande – und in Deutschland mit über 800 Verteilnetzbetreibern – dürften sich hingegen die stationären Inverter durchsetzen.

Wegen der komplizierten Situation mit den zahlreichen Grid Codes bevorzugen viele europäische Hersteller stationär installierte Inverter, die mit Gleichstrom laden, obwohl sie deutlich teurer sind, sogar teurer als Solarwechselrichter. Gründe für diesen hohen Preis gibt es einige: die zusätzlich benötigte Leistungselektronik, die galvanische Trennung, die bei Solarinvertoren nicht nötig ist und kleinere Produktionsstückzahlen. Der Preis einer stationären bidirektionalen DC-Ladestation mit  $\pm 22$  kW liegt heute bei rund 13 000 Franken. Einige Kantone übernehmen bis zu 4 000 Franken an diesen Kosten, weil sie davon ausgehen, dass sie sich mit diesen Ladestationen Zugang zu grossen Energiespeichern erschliessen.

### Damit man sich versteht

Aber nicht nur die Investitionskosten stellen eine beträchtliche Hürde für den Erfolg des bidirektionalen Ladens dar, sondern auch die noch fehlende Interoperabilität. Marco Piffaretti erläutert: «Für Vehicle-to-Grid müssen wir zwei Kommunikationsbrücken schlagen. Eine Seite ist vom Auto zur Ladestation, die andere Seite ist von der Ladestation zum Netz. Bei diesen zwei Brücken müssen wir ein interoperables Protokoll haben, eine Sprache, die für alle Autohersteller, Ladestationshersteller und idealerweise für alle Verteilnetzbetreiber kompatibel ist.»

Schon heute lassen sich Inverter regeln, beispielsweise um langsam zu laden oder um den Ladevorgang abzubre-

rechen als Remuneration ein forfait de 110 % de la quantité d'énergie livrée. C'est certes compréhensible, mais il n'existe pas de compensation financière comparable pour les voitures électriques. Les pertes du processus de recharge-décharge sont assumées par le propriétaire du véhicule. Marco Piffaretti attire donc l'attention sur le point suivant: «Si nous agréions autant de puissance qu'une centrale de pompage-turbinage, nous aurions un business case inférieur de 10 % à cause des pertes.» Il plaide donc pour que les règles et les normes soient adaptées pour les nouvelles technologies qui ont un sens pour l'économie nationale. Il ne s'agit pas de subventionner, mais de mettre tout le monde sur un pied d'égalité.

### Où doit se trouver l'onduleur ?

Un aspect qui a également un impact financier est la question du lieu d'installation de l'onduleur. Ce dernier peut être intégré dans la voiture ou dans la Wallbox, chaque variante ayant ses avantages et ses inconvénients du point de vue de la recharge bidirectionnelle. En principe, l'onduleur doit se comporter de manière compatible avec le réseau. Il ne peut pas simplement réinjecter de l'électricité à tout-va, mais doit respecter le Grid Code, c'est-à-dire les directives de la centrale électrique locale.

Pour les onduleurs fixes, cela ne pose aucun problème, car les paramètres pertinents pour le réseau sont saisis lors de l'installation afin que l'onduleur se comporte de manière à ne pas perturber le fonctionnement du réseau. Pour les onduleurs installés dans les voitures, la situation est nettement plus compliquée, car la Suisse compte environ 600 centrales électriques ou gestionnaires de réseau de distribution, dont les Grid Codes diffèrent les uns des autres sur certains détails. Et si une telle voiture se rend à l'étranger, elle doit également connaître les Grid Codes locaux. Cela peut se faire en direct avec la position GPS, qui permet ensuite de télécharger le Grid Code valable. La France constitue un cas particulier: elle n'a qu'un seul Grid Code, car tout le pays est alimenté par un seul gestionnaire de réseau de distribution. Cela a permis à Renault d'intégrer des convertisseurs bidirectionnels directement dans les véhicules. En revanche, en Suisse – et en Allemagne, qui compte plus de 800 gestionnaires de réseau de distribution –, les onduleurs fixes devraient s'imposer.

En raison de cette situation compliquée avec les nombreux Grid Codes, beaucoup de constructeurs européens préfèrent les onduleurs fixes qui chargent avec du courant continu, bien qu'ils soient nettement plus chers – même plus onéreux que les onduleurs solaires. Il y a plusieurs raisons à ce prix élevé: l'électronique de puissance supplémentaire requise, l'isolation galvanique qui n'est pas nécessaire pour les onduleurs solaires et des quantités de production plus faibles. Le prix d'une borne de recharge DC bidirectionnelle stationnaire de  $\pm 22$  kW est aujourd'hui d'environ 13 000 francs. Certains cantons prennent en charge jusqu'à 4 000 francs de ces coûts, car ils estiment que ces bornes de recharge leur donnent accès à de grands accumulateurs d'énergie.



#### Team des Task 53

Bjoern Christensen, Repräsentant in Nordamerika, Regina Flury, Task-53-Sekretariat, Marco Piffaretti, Operating Agent, und Nicole Waechter, Kommunikation (v.l.).

#### L'équipe du groupe de travail Task 53

Bjoern Christensen, représentant en Amérique du Nord, Regina Flury, secrétariat du Task 53, Marco Piffaretti, operating agent, et Nicole Waechter, communication (de g. à d.).

chen, wobei die Kommunikation durch den Herstellungsort vorgegeben ist. Autohersteller unterschiedlicher Regionen und Länder wie Japan und Deutschland haben spezifische Protokolle entwickelt und eingesetzt, die nicht miteinander kompatibel sind. Beispielsweise wurde in Japan ein japanisches Protokoll entwickelt, in Deutschland ein deutsches. Erschwerend kommt hinzu, dass es lokale Dialekte gibt. Piffaretti vergleicht es mit der menschlichen Sprache: «Ein Mercedes spricht den Stuttgarter Dialekt, ein BMW den Münchner Dialekt. Es ist zwar das gleiche deutsche Protokoll, aber mit unterschiedlichen Akzenten.» Diese Details verunmöglichen es, einen BMW mit einer bidirektionalen Ladestation von Mercedes zu entladen und umgekehrt. Innerhalb eines Dialektes funktioniert es aber problemlos.

Um sich auf einen Dialekt zu einigen, wurde vom Technology Collaboration Programme (TCP) der Internationalen Energieagentur IEA – motiviert durch einen Vorschlag aus der Autohersteller-neutralen Schweiz – der Task 53 «Interoperability of bidirectional charging» (Inbid) gegründet. Am Task sind Netzbetreiber, Fahrzeughersteller und Ladelösungshersteller beteiligt, hauptsächlich aus der Schweiz, Deutschland, den USA und Südkorea, wobei noch weitere Industriepartner erwartet werden, besonders aus den Ländern, die Task 53 erst vor Kurzem beigetreten sind. Der Task 53 hat ein gewisses Gewicht, denn die 1974 nach der Ölkrise gegründete IEA repräsentiert rund drei Viertel des globalen Energieverbrauchs. Das Ziel ist das Erarbeiten der Interoperabilität für die drei Ladesysteme Wandler im

#### Pour se faire comprendre

Mais il n'y a pas que les coûts d'investissement qui constituent un obstacle considérable au succès de la recharge bidirectionnelle, il y a aussi l'interopérabilité qui fait encore défaut. Marco Piffaretti explique: «Pour le Vehicle-to-Grid, nous devons établir deux ponts de communication. L'un va de la voiture à la borne de recharge, l'autre de la borne de recharge au réseau. Pour ces deux ponts, nous devons avoir un protocole interopérable, un langage compatible pour tous les constructeurs automobiles, les fabricants de bornes de recharge et, idéalement, pour tous les gestionnaires de réseaux de distribution.»

Aujourd'hui déjà, les onduleurs peuvent être réglés, par exemple pour recharger lentement ou pour interrompre le processus de recharge, la communication étant déterminée par le lieu de fabrication. Les constructeurs automobiles de régions et de pays différents, comme le Japon et l'Allemagne, ont développé et utilisé des protocoles spécifiques qui ne sont pas compatibles entre eux. Par exemple, un protocole japonais a été développé au Japon et un protocole allemand en Allemagne. L'existence de dialectes locaux complique encore la situation. Marco Piffaretti compare cela au langage humain: «Une Mercedes parle le dialecte de Stuttgart, une BMW le dialecte de Munich. C'est certes le même protocole allemand, mais avec des accents différents.» Ces détails rendent impossible de décharger une BMW avec une borne de recharge bidirectionnelle de Mercedes et inversement. Avec le même dialecte, cela fonctionne toutefois sans problème.

Auto (wie im Renault 5), Wandler in stationärer Ladestation (beispielsweise Sun2wheel-Ladestationen für VW-ID) und induktives Laden (z.B. von Brusa). Als Basis dient die ISO 15118-20, also eine bereits bestehende Norm. Dabei ist der physische Stecker zweitrangig, es geht primär um den Kommunikationsstandard. Bei den Steckern gibt es regionale Verdrängungsbewegungen, die für die Kommunikation weniger wichtig sind. Beispielsweise hat sich in den USA der Tesla-Stecker durchgesetzt, während in Europa der CCS2 dominiert, in China GB/T und in Japan Chademo.

In der Autobranche dominieren zurzeit proprietäre Protokolle, auch weil sich gewisse Hersteller dadurch einen Marktvorteil erhoffen. Der Schnellere hofft darauf, dass sich seine Technologie durchsetzt. Diesem Trend will sich der Task 53 widersetzen und will die Vielfalt, die den Nutzen einschränkt, reduzieren auf Lösungen, die miteinander reden. Damit das Optimum für das Energiesystem erreicht werden kann.

## Fazit

Das Flexibilitätspotenzial, das bei Elektroautos durch das bidirektionale Laden erschlossen werden kann, wächst zunehmend. Eine solche Nutzung der Energiespeicher auf Rädern beeinträchtigt ihre Lebensdauer praktisch nicht, und das Energiesystem würde vom zusätzlichen Energieausgleich profitieren. Je nach Anwendung könnte sich sogar derjenige, der sein Fahrzeug zur Verfügung stellt, einen finanziellen Vorteil schaffen, sobald die Investitionskosten amortisiert sind. Wie schnell das bidirektionale Laden zu einem wichtigen Player im Energiesystem wird, ist offen. Wenn es – wie zurzeit in Kalifornien durch die Senate Bill 59 – obligatorisch werden würde, ginge es relativ schnell. Aber auch ohne Obligatorium dürften solche Energiespeicher, bei sinkenden Kosten, breiter Interoperabilität sowie eventuellen Anreizen für Fahrzeug- und Ladesystemhersteller künftig einen wertvollen Beitrag zur Erhöhung der Versorgungssicherheit und zu einer nachhaltigeren Energieversorgung leisten.

**Link | Lien**  
→ [task53.org](https://task53.org)



### Autor | Auteur

**Radomir Novotný** ist Chefredaktor des Bulletins Electrosuisse. |  
**Radomir Novotný** est rédacteur en chef du Bulletin Electrosuisse.  
→ Electrosuisse, 8320 Fehraltorf  
→ [radomir.novotny@electrosuisse.ch](mailto:radomir.novotny@electrosuisse.ch)

Pour se mettre d'accord sur un dialecte, le Technology Collaboration Programme (TCP) de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) a créé le groupe de travail Task 53 « Interoperability of bidirectional charging » (Inbid), motivé par une proposition de la Suisse, pays neutre en matière de constructeurs automobiles. Celui-ci réunit des exploitants de réseaux, des constructeurs automobiles et des fabricants de solutions de recharge, principalement de Suisse, d'Allemagne, des États-Unis et de Corée du Sud, mais d'autres partenaires industriels sont attendus, notamment des pays qui ont récemment rejoint le Task 53. Ce dernier a un certain poids, puisque l'AIE, créée en 1974 après la crise pétrolière, représente environ trois quarts de la consommation mondiale d'énergie. L'objectif est d'élaborer l'interopérabilité pour les trois systèmes de recharge: convertisseur dans la voiture (comme dans la Renault 5), convertisseur dans la borne de recharge fixe (par exemple les bornes de recharge Sun2wheel pour VW ID) et la recharge par induction (par exemple de Brusa). La norme ISO 15118-20, donc une norme déjà existante, sert de base. La prise physique est secondaire; il s'agit en premier lieu de la norme de communication. En ce qui concerne les connecteurs, il existe des mouvements d'éviction régionaux, qui sont moins importants pour la communication. Par exemple, la prise Tesla s'est imposée aux États-Unis, tandis que la prise CCS2 domine en Europe, la GB/T en Chine et la Chademo au Japon.

Dans le secteur automobile, les protocoles propriétaires dominent actuellement, notamment parce que certains fabricants espèrent en tirer un avantage commercial. Le plus rapide espère que sa technologie s'imposera. Le Task 53 veut s'opposer à cette tendance et veut réduire la diversité, qui limite l'utilité, à des solutions qui communiquent entre elles. Cela, pour que l'on puisse atteindre l'optimum pour le système énergétique.

## Conclusion

Le potentiel de flexibilité qui peut être exploité par la recharge bidirectionnelle des voitures électriques est de plus en plus important. Une telle utilisation des systèmes de stockage d'énergie sur roues n'affecte pratiquement pas leur durée de vie et le système énergétique bénéficierait d'un équilibre énergétique supplémentaire. Selon l'application, même celui qui met son véhicule à disposition pourrait en tirer un avantage financier, une fois les coûts d'investissement amortis. Reste à savoir à quelle vitesse la recharge bidirectionnelle deviendra un acteur important du système énergétique. Si elle devenait obligatoire – comme c'est actuellement le cas en Californie avec le Senate Bill 59 –, cela irait relativement vite. Mais même sans obligation, si les coûts baissent, si l'interopérabilité est élevée et avec d'éventuelles incitations pour les fabricants de véhicules et de systèmes de recharge, ce type de stockage d'énergie devrait à l'avenir apporter une contribution précieuse à l'augmentation de la sécurité d'approvisionnement ainsi qu'à un approvisionnement énergétique plus durable.



# Systemoptimierung als Voraussetzung

**Elektrifizierung von Güterflotten** | Bis ins Jahr 2035 will DPD seine gesamte Güterflotte elektrifizieren. An zwölf Standorten soll die Infrastruktur wirtschaftlich optimal ausgebaut werden. Wie das ermöglicht werden soll, wird in einem vom Bundesamt für Energie unterstützten Forschungsprojekt am Beispiel des Areals Wolf Basel getestet.

VILLE HEIMGARTNER, PATRICK DOEGE, SANDRO SCHOPFER, REGINA FLURY VON ARX

**A**usgangspunkt des Forschungsprojektes «Techno-ökonomische Netzanschlussoptimierung für elektrische Güterflotten» ist die Strategie des Logistikunternehmens DPD: Bis 2030 sollen alle Zustellfahrzeuge und bis 2035 auch die Lkw elektrisch fahren. DPD betreibt in der Schweiz zwölf Standorte, davon sieben in der Deutschschweiz, vier in der Westschweiz und einen im Tessin. Drei davon haben eine eigene PV-Produktion; einer davon ist wiederum ein Zusammenschluss zum Eigenver-

brauch (ZEV). Es ist vorgesehen, dass bis 2030 rund 1000 AC-Ladestationen für die Zustellfahrzeuge installiert werden. Mit der Elektrifizierung der Güterflotte sollen ab 2035 rund 11 000 t CO<sub>2</sub>-eq-Emissionen pro Jahr im Vergleich zu 2020 vermieden werden.

## Diverse Entscheidungen nötig

Die Umsetzung dieser Strategie ist mit vielen Entscheidungen verbunden: Muss der Netzanschluss des Areals ausgebaut werden, wenn alle Zustellfahrzeuge morgens um 6 Uhr

bereit für ihre Tour sein müssen? Können die Netzausbaukosten mit Optimierungsmassnahmen auf dem Areal reduziert werden? Können die Batterien der Lastwagen, die nur nachts zwischen den grossen Depots unterwegs sind und tagsüber im Depot stehen, als Zwischenspeicher genutzt werden? Können durch ein sinnvolles Lademanagement der Fahrzeuge Kosten eingespart werden? Lohnt sich der Aufbau eines Speicherdepots mit Second-Life-Batterien und wie gross muss es sein? Welchen Bei-

trag kann die PV-Anlage des Areals zum Betrieb der Fahrzeuge leisten? Mit welchen Kosten sind diese Entscheidungen verbunden?

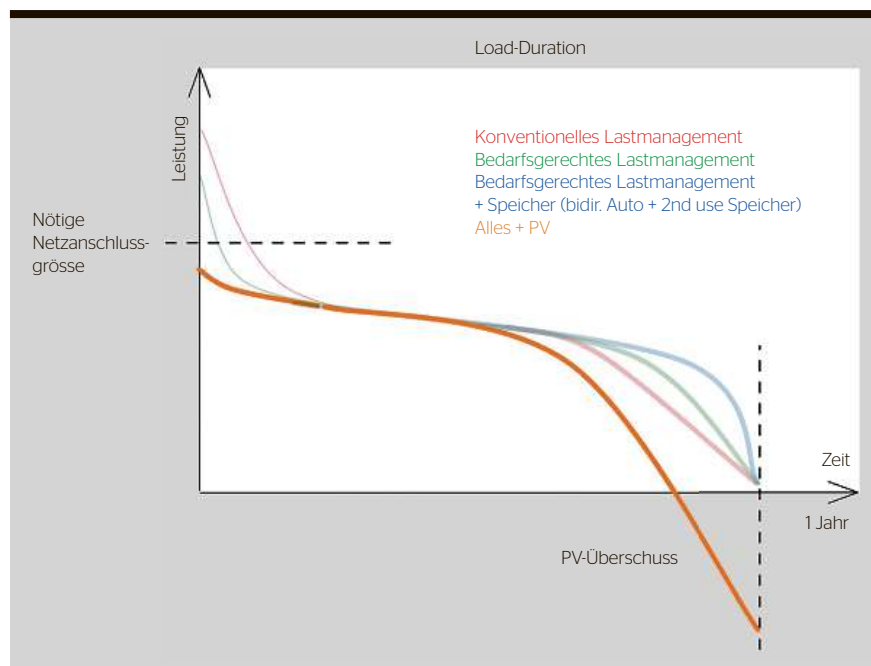
Um dies zu klären, hat DPD im Sommer 2023 ein Projekt bei der Ausschreibung des Forschungsprogramms Mobilität des Bundesamtes für Energie, Bereich Cleantech, eingereicht. Basierend auf der Fallstudie «Wolf Areal Basel» werden Modelle entwickelt, die mit realen Daten neue Erkenntnisse liefern. Seit gut einem Jahr ist das Projektkonsortium an der Arbeit und kann erste Resultate präsentieren. Das Projekt wird im Herbst 2025 abgeschlossen.

### Idealer Standort für Fallstudie

Das Forschungsprojekt soll praktische Erkenntnisse für die Entscheidungsfindung von Unternehmen liefern. Die Entwicklung der Modelle im Rahmen einer Fallstudie mit realen Rahmenbedingungen und Daten aus der Praxis ist ein vielversprechender Ansatz. Es ist ein Glücksfall, dass sich mit der Standortpartnerin SBB und dem regionalen Verteilnetzbetreiber IWB zwei Akteure gefunden haben, die von Anfang an zum Gelingen der Projekteingabe beigetragen haben und ihre Standortkenntnisse in die Fallstudie einbringen. Neben den Angaben zur Energieversorgung und der am Standort vorhandenen Infrastruktur spielen Daten zur Kostenstruktur (Anschaffungskosten Fahrzeuge, Kosten Second-Life-Batterien, Stromkosten) sowie die Betriebsdaten der DPD eine zentrale Rolle. Alle zehn Fahrzeuge des Standortes Wolf Basel wurden mit Dongles ausgestattet und erfassen nun Daten in Echtzeit wie zurückgelegte Distanz, Betriebsstunden, Standzeiten, Stopps sowie den Zustand der Fahrzeugbatterie und den Verbrauch. Diese Daten bilden die Grundlage für das Betriebsmodell.

### Zwei Modelle greifen ineinander

Aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen und der vielen Trade-offs stellen die Fragen ein komplexes Optimierungsproblem dar. Eine Vergrößerung der PV-Anlage kann einen kleineren Batteriespeicher ermöglichen, da mehr Energie von der PV-Anlage ohne Zwischenspeiche-



**Bild 1** Zielvorstellung des operativen Modells von sun2wheel.

rung direkt in die Fahrzeuge geladen werden kann, wenn sie bereits in die Zustellbasis zurückgekehrt sind, und die PV-Anlage dann noch Energie erzeugt. Dies wiederum setzt ausreichende Ladeleistungen der Fahrzeuge voraus. Zudem betreffen diese Fragen unterschiedliche Entscheidungsebenen eines Logistikunternehmens. Investitionsentscheidungen sind langfristig wirksam und damit strategisch ausgerichtet, Betriebsoptimierungen müssen sich in den Ablauf des Tagesgeschäfts einfügen.

Eine Erkenntnis aus der ersten Projektphase war, zwei Modelle zu entwickeln: Ein strategisches Modell, für das die ZHAW verantwortlich ist, und ein operatives Modell, das von Sun2wheel entwickelt wird. Die beiden Modelle interagieren wie folgt: Das strategische Optimierungsmodell bestimmt die kostenoptimale Systemkonfiguration. Der Output des Modells, z.B. die Grösse der PV-Anlage, die Kapazität des Batteriespeichers oder die Dimensionierung des Netzanschlusses, dient als Input für das operative Modell. Dieses optimiert in höherem Detailgrad den täglichen Flottenbetrieb und die Auslastung der Ladeinfrastruktur. Beide Modelle zusammen werden am Ende des Projekts einen Entscheidungsrahmen bilden, der auch für andere Logistikunternehmen nützlich sein soll.

### Das strategische Modell

Das Modell der ZHAW verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz und setzt auf der strategischen Planungsebene an. Ziel des mathematischen Optimierungsmodells ist es, die Gesamtkosten für das Laden der elektrischen Lieferfahrzeuge zu minimieren, unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren. Das Modell berücksichtigt die Investitionskosten für Ladeinfrastruktur und Fahrzeuge, wie z.B. die Dimensionierung der PV-Anlage, die Grösse des stationären Batteriespeichers und der Fahrzeugbatterien, die Ladegeschwindigkeit und die Möglichkeit für bidirektionales Laden der Fahrzeuge sowie die Dimensionierung des Netzanschlusses und die Betriebskosten. Das Modell berechnet die optimale Dimensionierung der PV-Anlage und des Batteriespeichers, um die Kosten für das Laden der Fahrzeuge zu minimieren. Dabei können die Fahrzeuge sowohl über das Stromnetz, die PV-Anlage und den Batteriespeicher als auch bidirektional geladen werden. Zusätzlich berücksichtigt das Modell die Möglichkeit der Einspeisung von überschüssigem PV-Strom.

Ziel der Analyse ist es, eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die wirtschaftliche Implementierung elektrifizierter Lieferfahrzeugflotten und der zugehörigen Ladeinfrastruktur zu schaffen. Das Ergebnis ist eine kosten-



**Bild 2** Der Pick-Up SoC ist zu einer bestimmten Zeit vorgegeben.



**Bild 3** Betrieb im bidirektionalen Modus.

optimale Konfiguration einer Zustellbasis, die sämtliche relevanten Einflussfaktoren berücksichtigt. Mit einer Sensitivitätsanalyse werden zudem Kippunkte des Modells identifiziert, um die Robustheit der Lösung abzuschätzen und die Auswirkungen von Änderungen der Rahmenbedingungen zu analysieren. Auf diese Weise werden allgemeine Empfehlungen für die optimale Gestaltung von elektrischen Zustellbasen abgeleitet.

### Das operative Modell

Sun2wheel konzentriert sich auf den Betrieb und geht von einer bereits definierten Infrastruktur aus. Anschlies-

send wird für jedes Fahrzeug bzw. jeden Speicher (unabhängig davon, ob er mono-, bidirektional oder stationär ist) eine Optimierung durchgeführt, die vollständig mit dynamischen Tarifen und lokaler Solarstromproduktion kombiniert werden kann.

Das Ziel des operativen Modells ist in **Bild 1** dargestellt. Die hellrote Kurve stellt die Verteilung des Leistungsbedarfs über ein Jahr dar, wobei der Spitzenbedarf zu Beginn des Betrachtungszeitraums auftritt und nur für eine beschränkte Zeitspanne benötigt wird. Mit einem bedarfsgerechten Lastmanagement kann diese Zeitspanne verkürzt und die Spitzenleis-

tung reduziert werden (hellgrüne Kurve). Mit zusätzlichen Speicherkapazitäten kann die benötigte Spitzenleistung aus dem Netz nochmals reduziert und die Netzanschlussgrösse entsprechend auf dieses Szenario ausgelegt werden (blaue und gelbe Kurve deckungsgleich in diesem Bereich der Grafik). Der PV-Überschuss beeinflusst die Ladegeschwindigkeit der vorhandenen Speicher (gelbe Kurve).

Für die Entwicklung des Modells gemäss der Zielvorstellung wird ein prädiktiver Ansatz gewählt: Für jedes Fahrzeug wird ein Pick-Up State of Charge (SoC) definiert, der immer eingehalten werden muss. Aufgabe des prädiktiven Algorithmus ist es somit, den Pick-Up SoC mit minimalen Kosten zu erreichen.

### Einblicke in Dashboard

**Bilder 2 und 3** illustrieren die Funktionsweise des Algorithmus. Im Dashboard des V2X-Oracles wird eingestellt, unter welchem Modus das Fahrzeug geladen werden kann. Kein negativer Wert beim ersten Schieber «Select Power Range» bedeutet, dass das Fahrzeug nur geladen werden kann (**Bild 2**), Werte unter Null ermöglichen den bidirektionalen Betrieb (**Bild 3**). Im monodirektionalen Betrieb muss das Fahrzeug um 23:45 einen Pick-Up SoC von 80 % aufweisen. Der Algorithmus berechnet den optimalen Ladevorgang unter wirtschaftlichen Vorgaben mit flexiblen Tarifen (grüne Kurve).

Im bidirektionalen Modus berechnet das System den optimalen Ladevorgang unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen und netzdienlichen Vorgaben (**Bild 3**). Die Lade- und Entladevorgänge sind gelb dargestellt.

### Ausblick und Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt «Techno-ökonomische Netzanschlussoptimierung für elektrische Güterflotten» zeigt, wie wichtig systemische Ansätze für die vollständige Elektrifizierung des Güterverkehrs sind. Die bisherigen Ergebnisse verdeutlichen, dass präzise abgestimmte Investitionen in Ladeinfrastruktur, Energiespeicher und intelligentes Lastmanagement entscheidend für den Erfolg nachhaltiger Logistiklösungen sind. Von den im Projekt entwickelten Modellen und

Erkenntnissen können auch andere Paketdienstleister und die gesamte Logistikbranche profitieren. Sie helfen Unternehmen, die Kosten für den Umstieg auf eine elektrisch betriebene Flotte über die gesamte Betriebsdauer zu minimieren und nachhaltige Logistiklösungen erfolgreich zu gestalten.

Das strategische Modell analysiert verschiedene Parameter und dimensioniert auf dieser Basis beispielsweise die PV-Anlage, den Batteriespeicher, die Fahrzeugbatterien oder den Netzanschluss. Diese Faktoren beeinflussen die Kosten für die benötigte Infrastruktur massgeblich. Das operative Modell fokussiert auf die Optimierung des Flottenbetriebs und integriert dynamische Tarife, Solarproduktion und den Einsatz von Speicherlösungen durch Lastmanagement und prädiktive Algorithmen. Kombiniert bieten

die Modelle einen innovativen Ansatz zur Minimierung der gesamten Betriebskosten von elektrifizierten Güterflotten.

In den kommenden Projektphasen liegt der Fokus darauf, die Modelle weiter zu verfeinern und ihre Praxistauglichkeit in umfangreichen Tests zu bestätigen. Damit wird ein wesentliches Ziel erreicht: Die Entwicklung eines fundierten Entscheidungsrahmens, der Unternehmen als Werkzeug für die Planung und Implementierung elektrifizierter Güterflotten dient.

Die Elektrifizierung von Lieferflotten ist nicht nur ein technischer Transformationsprozess, sondern auch ein gesellschaftlicher Schritt in eine emissionsfreie Zukunft. Projekte wie das hier vorgestellte zeigen, dass durch Innovation, Kooperation und systemische Planung die Weichen für eine

klimafreundliche Logistik gestellt werden können.

#### Autoren

**Ville Heimgartner** ist Senior Innovation Project & Sustainability Manager.

→ DPD (Schweiz) AG, 8107 Buchs ZH  
→ ville.heimgartner@dpd.ch

**Patrick Doege** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der ZHAW.

→ ZHAW, 8400 Winterthur  
→ patrick.doege@zhaw.ch

**Sandro Schopfer** ist CEO.

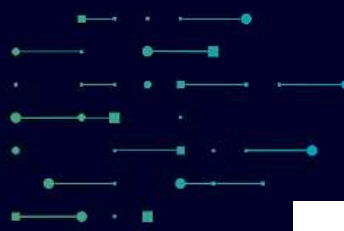
→ Sun2wheel, 6012 Obernau  
→ sandro.schopfer@sun2wheel.ch

**Regina Flury von Arx** ist Geschäftsführerin.

→ Novatlantis GmbH, 8005 Zürich  
→ regina.flury@novatlantis.ch

Das Projektkonsortium des Forschungsprojektes TEC-OFF «Techno-ökonomische Netzanschlussoptimierung für elektrische Güterflotten» wird aus folgenden Firmen und Institutionen gebildet: DPD (Schweiz) AG, ZHAW, Sun2wheel, Novatlantis GmbH, IWB und SBB. Das Projekt wird unterstützt vom Bundesamt für Energie.

# SIEMENS



electro-tec

21. + 22.05.2025  
Bernexpo

Besuchen Sie  
uns in der  
Halle 3.2,  
Stand D09

## Revolutionieren Sie mit **SENTRON ECPD** Ihre Energieverteilung!

Erleben Sie mit SENTRON ECPD von Siemens die Zukunft der Energieverteilung. Dieses hochmoderne Schutzschaltgerät bietet ultraschnelles Schalten, flexible Konfiguration und herausragende Impulsfestigkeit. Ideal für fortschrittliche Energieprojekte jeder Grösse. Funktionen lassen sich bequem via App steuern, während Sie Platz sparen und den Ressourcenbedarf optimieren. SENTRON ECPD steht für Nachhaltigkeit, Effizienz und höchste Sicherheitsstandards. Entdecken Sie die innovative Schutzschalttechnik von Siemens und bringen Sie Ihre Energieverteilung auf das nächste Level.

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



# L'optimisation du système, une condition préalable

**Électrification des flottes marchandes** | DPD souhaite électrifier l'ensemble de sa flotte marchande d'ici 2035. L'infrastructure de douze sites doit être parfaitement développée sur le plan économique. Un projet de recherche soutenu par l'Office fédéral de l'énergie teste actuellement la manière dont cela pourrait être possible, en s'appuyant sur l'exemple du site Wolf de Bâle.

VILLE HEIMGARTNER, PATRICK DOEGE, SANDRO SCHOPFER, REGINA FLURY VON ARX

**L**e projet de recherche «Optimisation technique et économique du raccordement au réseau pour les flottes marchandes électriques» s'appuie sur la stratégie de l'entreprise de logistique DPD: d'ici 2030, tous les véhicules de livraison devraient rouler à l'électricité, et tous les camions d'ici 2035. DPD exploite douze sites en Suisse, dont sept en Suisse alémanique, quatre en Suisse romande et un dans le Tessin. Trois d'entre eux ont leur propre production photovoltaïque; l'un est même un regroupement dans le cadre

de la consommation propre (RCP). Il est prévu d'installer environ 1000 bornes de recharge en courant alternatif pour les véhicules de livraison d'ici 2030. L'électrification de la flotte marchande à partir de 2035 devrait permettre d'éviter environ 11 000 tCO<sub>2</sub>-eq par an d'émissions par rapport à 2020.

## Diverses décisions sont nécessaires

La mise en œuvre de cette stratégie implique de nombreuses décisions: faut-il élargir le raccordement au

réseau du site si tous les véhicules de livraison doivent être prêts pour leur tournée à 6 heures du matin? Peut-on réduire les coûts d'extension du réseau grâce à des mesures d'optimisation sur le site? Les batteries des camions qui ne circulent que la nuit entre les grands dépôts et qui restent au dépôt pendant la journée peuvent-elles être utilisées comme accumulateurs intermédiaires? Une gestion judicieuse de la charge des véhicules permet-elle de réduire les coûts? Cela vaut-il la peine de construire un dépôt de stockage

avec des batteries de seconde vie et quelle doit être sa taille? Quelle contribution l'installation photovoltaïque du site peut-elle apporter à l'exploitation des véhicules? Quels sont les coûts associés à ces décisions?

Pour clarifier ce point, DPD a soumis à l'été 2023 un projet dans le cadre de l'appel d'offres du programme de recherche Mobilité de l'Office fédéral de l'énergie, dans le domaine de la cleantech. Sur la base de l'étude de cas «Wolf Areal Basel», on mettra au point des modèles qui fournissent de nouvelles connaissances à partir de données réelles. Le consortium du projet travaille depuis un peu plus d'un an et peut présenter ses premiers résultats. Le projet s'achèvera à l'automne 2025.

### Un site idéal pour l'étude de cas

Le projet de recherche doit fournir des informations pratiques pour aider les entreprises à prendre des décisions. Le développement des modèles dans le cadre d'une étude de cas avec des conditions réelles et des données issues de la pratique est une approche prometteuse. C'est une chance qu'avec les CFF, le partenaire de site, et l'exploitant du réseau de distribution ancré dans la région, IWB, deux acteurs se soient trouvés. Ils ont contribué dès le départ à la réussite du dépôt du projet et apportent leurs connaissances du site à l'étude de cas. Outre les informations sur l'approvisionnement en énergie et l'infrastructure disponible sur le site, les données sur la structure des coûts (coûts d'acquisition des véhicules, coûts des batteries de seconde vie, coûts de l'électricité) ainsi que les données d'exploitation de DPD jouent un rôle décisif. Les dix véhicules du site Wolf Basel ont été équipés de dongles et saisissent désormais des données en temps réel, notamment la distance parcourue, les heures de service, les temps d'immobilisation, les arrêts ainsi que l'état de la batterie du véhicule et la consommation. Ces données constituent la base du modèle d'exploitation.

### Deux modèles s'imbriquent

En raison des différentes conditions et des nombreux compromis, les différentes questions soulevées posent un problème d'optimisation complexe. Un agrandissement de l'installation photovoltaïque peut permettre d'utiliser un

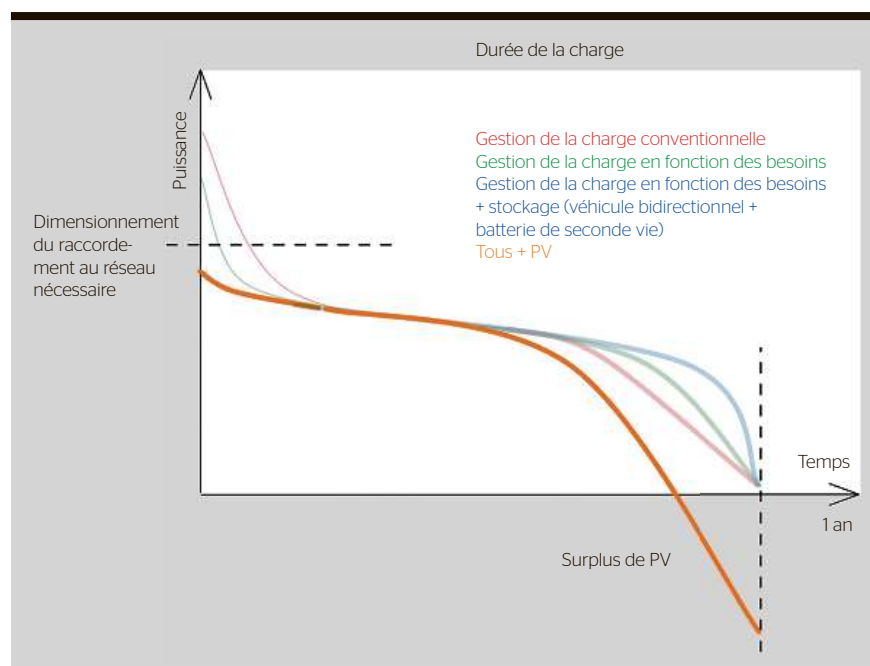


Figure 1 Objectif du modèle opérationnel de Sun2wheel.

accumulateur plus petit, car cela permet de charger plus d'énergie photovoltaïque directement dans les véhicules sans stockage intermédiaire lorsque ceux-ci sont déjà retournés à la base de livraison et que l'installation photovoltaïque produit encore de l'énergie à ce moment-là. Cela présuppose que les véhicules disposent d'une puissance de charge suffisante. En outre, ces questions concernent différents niveaux décisionnels d'une entreprise de logistique. Les décisions d'investissement sont efficaces à long terme et donc stratégiques, tandis que les optimisations de l'exploitation doivent s'intégrer dans le déroulement des activités courantes.

L'une des conclusions de la première phase du projet a été de développer deux modèles: un modèle stratégique sous la responsabilité de la ZHAW et un modèle opérationnel élaboré par Sun2wheel. Les deux modèles interagissent de la manière suivante: le modèle d'optimisation stratégique détermine la configuration du système optimale en termes de coûts. L'output de ce modèle, par exemple la taille de l'installation photovoltaïque, la capacité de l'accumulateur ou le dimensionnement du raccordement au réseau, sert d'input pour le modèle opérationnel. Celui-ci optimise l'exploitation quotidienne de la flotte et l'utilisation de l'infrastructure de recharge à un niveau plus détaillé. À la fin du projet,

les deux modèles formeront un cadre décisionnel qui sera également utile à d'autres entreprises de logistique.

### Le modèle stratégique

Le modèle de la ZHAW suit une approche globale et commence au niveau de la planification stratégique. L'objectif du modèle d'optimisation mathématique est de minimiser les coûts totaux de recharge des véhicules de livraison électriques, en tenant compte de tous les facteurs d'influence. Ce modèle tient compte des coûts d'investissement pour l'infrastructure de recharge et les véhicules, comme le dimensionnement de l'installation photovoltaïque, la taille de l'accumulateur stationnaire et des batteries des véhicules, la vitesse de recharge et la possibilité de recharge bidirectionnelle des véhicules ainsi que le dimensionnement du raccordement au réseau et les coûts d'exploitation. Le modèle calcule le meilleur dimensionnement possible pour l'installation photovoltaïque et l'accumulateur afin de minimiser les coûts de recharge des véhicules. Les véhicules peuvent être rechargés aussi bien via le réseau électrique, l'installation photovoltaïque et l'accumulateur que de manière bidirectionnelle. De plus, le modèle tient compte de la possibilité d'injecter de l'électricité photovoltaïque excédentaire dans le réseau.



Figure 2 Le Pick-Up SoC est prédéfini à un moment donné.



Figure 3 Fonctionnement en mode bidirectionnel.

L'objectif de l'analyse est de créer une base décisionnelle solide pour l'implémentation économique de flottes de véhicules de livraison électriques et de l'infrastructure de recharge correspondante. Il en résulte une configuration optimale en termes de coûts pour la base de distribution, qui tient compte de tous les facteurs d'influence pertinents. Une analyse de sensibilité permet en outre d'identifier les points de basculement du modèle afin d'estimer la robustesse de la solution et d'analyser les effets des changements de conditions. On peut ainsi en déduire des recommandations générales pour optimiser la conception des bases de distribution électriques.

### Le modèle opérationnel

Sun2wheel se concentre sur l'exploitation et part d'une infrastructure déjà définie. Ensuite, pour chaque véhicule et chaque accumulateur (qu'il soit monodirectionnel, bidirectionnel ou stationnaire), une optimisation est effectuée et peut être entièrement combinée avec des tarifs dynamiques et une production solaire locale.

L'objectif du modèle opérationnel est représenté dans la figure 1. La courbe en rouge clair représente la répartition des besoins en prestations sur une année, sachant que les pics de besoins apparaissent au début de la période considérée et ne sont nécessaires que

pour une période limitée. Une gestion de la charge adaptée aux besoins permet de raccourcir ce délai et de réduire la puissance de pointe (courbe vert clair). Des capacités de stockage supplémentaires permettent de réduire encore la puissance de crête nécessaire du réseau et d'adapter la taille du raccordement au réseau à ce scénario (les courbes bleue et jaune se recoupent dans cette partie du graphique). L'excédent photovoltaïque influence la vitesse de charge des accumulateurs existants (courbe jaune).

Le modèle a été conçu selon une approche prédictive, conformément à l'objectif visé: un Pick-Up State of Charge (SoC) est défini pour chaque véhicule et doit toujours être respecté. La mission de l'algorithme prédictif est donc d'atteindre le Pick-Up SoC à un coût minimal.

### Aperçu sous forme de tableau de bord

Les figures 2 et 3 illustrent le fonctionnement de l'algorithme. Le mode sous lequel le véhicule peut être chargé est paramétré dans le tableau de bord d'Oracle V2X. L'absence de valeur négative pour le premier curseur «Select Power Range» signifie que le véhicule peut uniquement être rechargé (figure 2), les valeurs inférieures à zéro permettent un fonctionnement bidirectionnel (figure 3). En mode monodirectionnel, le véhicule doit présenter un Pick-Up SoC de 80% à 23h45. L'algorithme calcule le meilleur processus de recharge possible en fonction de critères économiques avec des tarifs flexibles (courbe verte).

En mode bidirectionnel, le système calcule le meilleur processus de recharge possible en tenant compte des prescriptions économiques et utiles au réseau (figure 3). Les processus de recharge et de décharge sont représentés en jaune.

### Perspectives et résumé

Le projet de recherche « Optimisation technique et économique du raccordement au réseau pour les flottes marchandes électriques » montre l'importance des approches systémiques pour l'électrification complète du transport de marchandises. Les résultats obtenus jusqu'à présent montrent que des investissements parfaitement coordonnés dans l'infrastructure de

recharge, le stockage d'énergie et la gestion intelligente de la charge sont décisifs pour le succès des solutions logistiques durables. D'autres transporteurs de colis et l'ensemble du secteur de la logistique peuvent également profiter des modèles et connaissances développés dans le cadre de ce projet. Ils aideront les entreprises à réduire au minimum les coûts liés au passage à une flotte électrique sur toute la durée d'exploitation et à concevoir avec succès des solutions logistiques durables.

Le modèle stratégique analyse différents paramètres et dimensionne sur cette base par exemple l'installation photovoltaïque, l'accumulateur, les batteries des véhicules ou le raccordement au réseau. Ces facteurs ont une influence déterminante sur les coûts de l'infrastructure nécessaire. Le modèle opérationnel se concentre sur l'optimisation de l'exploitation de la flotte et

intègre des tarifs dynamiques, la production solaire et l'utilisation de solutions de stockage par le biais de la gestion de la charge et d'algorithmes prédictifs. Combinés, ces modèles offrent une approche innovante pour minimiser l'ensemble des coûts d'exploitation des flottes marchandes électrifiées.

Au cours des prochaines phases du projet, l'accent sera mis sur l'affinement des modèles et sur la confirmation de leur aptitude à la pratique dans le cadre de tests approfondis. Un objectif essentiel est ainsi atteint: le développement d'un cadre décisionnel solide qui sert aux entreprises d'outil pour la planification et l'implémentation de flottes marchandes électrifiées.

L'électrification des flottes de livraison n'est pas seulement un processus de transformation technique, c'est aussi une étape sociétale vers un avenir sans émissions. Des projets comme celui

présenté ici montrent que l'innovation, la coopération et la planification systémique permettent de poser les jalons d'une logistique plus respectueuse du climat.

#### Auteurs

**Ville Heimgartner** est Senior Innovation Project & Sustainability Manager.

→ DPD (Suisse) SA, 8107 Buchs ZH

→ ville.heimgartner@dpd.ch

**Patrick Doege** est collaborateur scientifique à la ZHAW.

→ ZHAW, 8400 Winterthour

→ patrick.doege@zhaw.ch

**Sandro Schopfer** est CEO.

→ Sun2wheel, 6012 Obernau

→ sandro.schopfer@sun2wheel.ch

**Regina Flury von Arx** est directrice.

→ Novatlantis GmbH, 8005 Zürich

→ regina.flury@novatlantis.ch

Le consortium du projet de recherche TEC-OFF « Optimisation technique et économique du raccordement au réseau pour les flottes marchandes électriques » est constitué des entreprises et institutions suivantes: DPD (Suisse) SA, ZHAW, Sun2wheel, Novatlantis GmbH, IWB et CFF. Le projet est soutenu par l'Office fédéral de l'énergie.

## Zählersteckklemme 80 A



Youtube

- Zählerwechsel ohne Stromunterbruch
- Schneller Wechsel – unter einer Minute
- Maximale Arbeitssicherheit
- Amortisiert nach dem ersten Wechsel

[www.ewecoklemmen.ch](http://www.ewecoklemmen.ch)

**eweco**  
meter terminals



Schnellladestation am  
Bucheggplatz in Zürich.

# Schnellladestationen im urbanen Raum

**Herausforderungen und Lösungen** | Der zügige Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektromobilität stellt insbesondere in urbanen Räumen eine Herausforderung dar. Schnellladestationen sind stark von den Faktoren Planung, Bau und Betrieb abhängig. Dabei gibt es einige technische, regulatorische und infrastrukturelle Hürden zu meistern.

YANNIC HOFMANN

**B**erücksichtigt man die Ergebnisse der Studie des Bundesamtes für Energie [1], die eine Zunahme der Elektrofahrzeuge bis 2035 prognostiziert, wird deutlich, dass der Druck auf die öffentliche Ladeinfrastruktur zunehmen wird. Dies könnte in der Schweiz zu einer Zunahme von bis zu einer Million Fahrzeugen ohne private Lademöglichkeit führen. In diesem Kontext werden Schnellladestationen mit Ladeleistungen von 300 kW oder mehr als essenzieller Bestandteil eines nachhal-

tigen Mobilitätskonzepts erachtet, insbesondere in der Schweiz, wo rund 60% der Bevölkerung zur Miete wohnen.

Im städtischen Kontext sehen sich Betreiber jedoch mit besonderen Herausforderungen konfrontiert. Neben den Platzverhältnissen und baulichen Einschränkungen sind auch infrastrukturelle und betriebliche Aspekte entscheidend. Im Vergleich zu Standorten an Autobahnen oder in ländlichen Regionen erfordert die Planung von urbanen Schnellladestationen eine

höhere Kompetenz, um den komplexen Anforderungen der Umgebung gerecht zu werden.

Ein Beispiel für die erfolgreiche Umsetzung einer Schnellladestation trotz begrenztem Platzangebot ist die Station von Electra am Bucheggplatz in Zürich. Die Realisierung der Station erforderte die Entwicklung kreativer Lösungen, um sowohl die Zugänglichkeit für Nutzer sicherzustellen als auch eine optimale technische Integration in die bestehende Infrastruktur zu gewährleisten.

Electra ist ein europäischer Spezialist für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen. Das Unternehmen ist in neun Ländern vertreten und betreibt ein Netzwerk von über 2000 Ladepunkten, das bis 2030 auf 15000 anwachsen soll. In diesem Jahr will man in der Schweiz über 150 Schnellladepunkte errichten, bis 2027 sollen es über 600 sein.

### Stadtflächen effizient nutzen

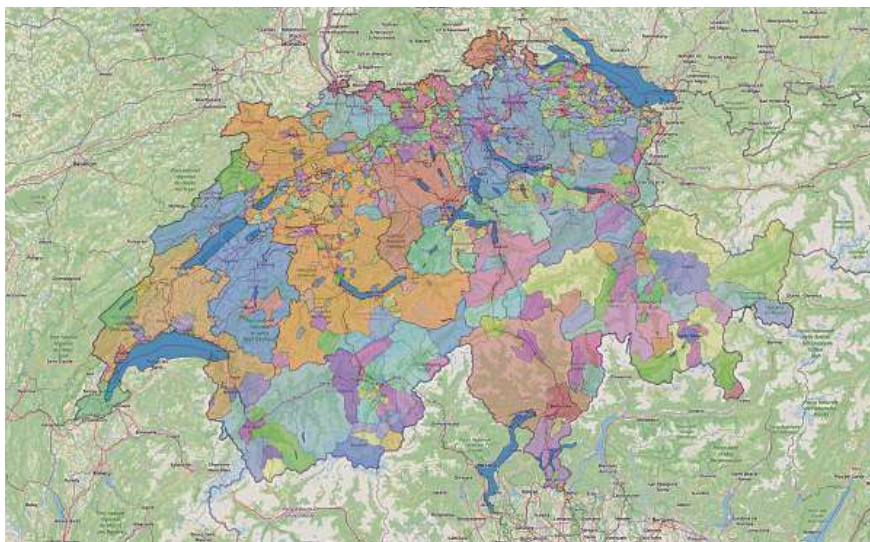
Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg von Schnellladestationen ist die Standortwahl. Neben einer verkehrsgünstigen Lage ist bei innerstädtischen Ladepunkten auf eine gute Erreichbarkeit und ausreichend Platz für die Nutzerinnen und Nutzer zu achten. Diese Anforderungen stehen in urbanen Räumen jedoch häufig in Konkurrenz zu einer eingeschränkten Verfügbarkeit geeigneter Flächen. Neben der eigenen Suche nach geeigneten Standorten melden sich immer wieder potenzielle Partner, die über einen geeigneten Standort verfügen und daran interessiert sind, dort eine Ladestation zu realisieren.

Ein vielversprechender Ansatz ist die Umnutzung bestehender Parkflächen. Hierbei sind jedoch zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen, wie die Integration der Ladeinfrastruktur in bestehende Gebäudestrukturen oder die Schaffung witterungsgeschützter Bereiche. In Tiefgaragen können beispielsweise die Statik und die Integration in die bestehende Elektrizität zu Herausforderungen werden, während im Freien zusätzliche Massnahmen zum Schutz der elektrischen Anlagen erforderlich sind.

Auch die Dimensionierung der Ladepunkte ist wichtig. Schnellladestationen benötigen mehr Platz als herkömmliche Parkplätze, um eine ausreichende Bewegungsfreiheit für die Nutzer zu gewährleisten. Im Idealfall wird bei der Planung der Stellplätze darauf geachtet, dass zusätzliche Ladepunkte einfach nachgerüstet werden können, um den zukünftigen Bedarf zu decken.

### Regulatorische Vielschichtigkeit

Für den Bau von Schnellladestationen in Städten müssen parallel zahlreiche Genehmigungen eingeholt werden. Dazu zählen unter anderem Baubewilligungen, Anschlussgesuche sowie, je



**Bild 1** Die über 600 Schweizer Verteilnetzbetreiber.



**Bild 2** Rohre für die Kabelführung am Schnellladestandort Bucheggplatz.

nach Standort, zusätzliche Auflagen wie Massnahmen zum Schallschutz, zur Begrenzung von Lichtemissionen oder Denkmalschutzbestimmungen. Die Genehmigung von Vorhaben stellt in der Schweiz eine besondere Herausforderung dar. Die föderalistische Struktur der Schweiz mit über 600 Verteilnetzbetreibern (**Bild 1**) und über 2100 Gemeinden führt dazu, dass jede Region eigene Anforderungen an den Bau von Schnellladestationen und an Netzanschlüsse stellt, was den Prozess der Genehmigung erschwert.

Die Komplexität des Prozesses wird zusätzlich durch die Vielzahl der betei-

ligten Interessengruppen erhöht. So müssen neben den lokalen Behörden auch Grundstückseigentümer, Nachbarn und weitere Interessensgruppen in den Prozess eingebunden werden. Ein effizientes Projektmanagement und eine enge Abstimmung mit allen Beteiligten sind daher unerlässlich, um Projektverzögerungen zu vermeiden.

### Leistung und Netzstabilität im Fokus

Eine der grössten technischen Herausforderungen bei der Realisierung von Schnellladestationen in Städten ist die Sicherstellung einer ausreichenden



**Bild 3** Alpitronic-Schnell-ladesäule mit vier Stacks.

Stromversorgung. Im urbanen Raum werden diese oft in bestehende Gebäude integriert, was eine genaue Analyse der verfügbaren Kapazitäten erfordert. Am Bucheggplatz in Zürich wurde der bestehende Netzanschluss zum Gebäude erweitert und ein separater Abgang für die Schnellladestation von Electra mit 440 kW geschaffen. So wurde sichergestellt, dass der Gleichzeitigkeitsfaktor an der Station

stets 100 % beträgt. Dies bedeutet, dass immer die maximale Leistung von 400 kW zur Verfügung steht, die entweder von einem Fahrzeug alleine genutzt oder auf zwei gleichzeitig ladende Fahrzeuge aufgeteilt werden kann.

Wenn die verfügbaren Kapazitäten nicht ausreichen, müssen alternative Lösungen entwickelt werden. Zu den Lösungsansätzen zählen der Ausbau

von Umspannwerken, die Installation von Hochleistungsbatterien zur Abdeckung von Leistungsspitzen sowie die Implementierung eines dynamischen Lastmanagements. Diese Technologien gewährleisten nicht nur eine stabile Energieversorgung, sondern können durch den Ausgleich von Verbrauchsschwankungen auch zur Netzstabilität beitragen.

Darüber hinaus erfordert die Planung der elektrischen Infrastruktur eine präzise Untersuchung der unterirdischen Gegebenheiten. Alte Pläne weichen häufig von der tatsächlichen Lage von Versorgungsleitungen und anderen Infrastrukturen ab. Unter Umständen sind deshalb während der Bauphase zusätzliche Abstimmungen und Anpassungen erforderlich.

### Präzision und Logistik in der Bauphase

Die Bauphase stellt eine weitere Herausforderung dar, insbesondere in dicht besiedelten Gebieten. Neben den technischen Anforderungen an die Installation der Ladeinfrastruktur müssen auch logistische Aspekte berücksichtigt werden. Dazu zählt beispielsweise die Sicherstellung eines reibungslosen Verkehrsflusses während der Bauarbeiten, bei denen spezielle Verkehrsführungen eingerichtet werden, um die Auswirkungen auf den täglichen Verkehr zu minimieren. Zusätzliche Komplexität ergibt sich auch bei der Realisierung des Netzanschlusses.

## RÉSUMÉ

### Stations de recharge rapide en milieu urbain

#### Défis et solutions

Le développement rapide de l'infrastructure de recharge pour la mobilité électrique représente un défi majeur dans les environnements urbains. La mise en place de stations de recharge rapide dépend fortement de plusieurs facteurs clés: la planification, la construction et l'exploitation. En milieu urbain, les exploitants font face à des contraintes particulières. Outre l'espace limité et les restrictions architecturales, les aspects infrastructurels et opérationnels jouent un rôle décisif. Comparées aux stations situées le long des autoroutes ou en zones rurales, les stations de recharge rapide en ville nécessitent une planification plus complexe, car leur construction implique l'obtention de nombreuses autorisations simultanées: permis de construire, demandes de raccordement au réseau, ainsi que, selon l'emplacement, des exigences supplémentaires

telles que des mesures de réduction du bruit, des limitations des émissions lumineuses ou encore des réglementations en matière de protection du patrimoine. La complexité du processus est accrue par la diversité des parties prenantes impliquées. En plus des autorités locales, les propriétaires fonciers, les riverains et d'autres acteurs doivent être intégrés à la démarche. Un pilotage de projet efficace et une coordination étroite entre toutes les parties prenantes sont donc essentiels pour éviter tout retard.

Un exemple réussi de mise en œuvre d'une station de recharge rapide malgré des contraintes spatiales est la station Electra située à Bucheggplatz, à Zurich. Sa réalisation a nécessité des solutions créatives afin d'assurer l'accessibilité des utilisateurs tout en garantissant une intégration technique optimale dans l'infrastructure existante.

So müssen für die Installation jeweils ein oder mehrere Gebäude kurzzeitig vom Netz genommen werden, was bei laufendem Betrieb oft nur an Sonntagen möglich ist. So auch bei der Electra-Anlage am Bucheggplatz in Zürich, wo der temporäre Stromunterbruch mit mehr als sechs verschiedenen Akteuren koordiniert werden musste.

Die Installation von Transformatoren, Kabeltrassen und weiterer Komponenten muss präzise mit der bestehenden Infrastruktur abgestimmt werden. In gewissen Fällen ist eine dezentrale Unterbringung erforderlich, um den begrenzten Platz oberirdisch möglichst effizient zu nutzen.

Am Bucheggplatz war es zudem aufgrund der bestehenden Untergrundverhältnisse nicht möglich, allzu tief in den Untergrund vorzudringen, und es waren bereits viele bestehende Kabel- und Rohrtrassen im Baubereich vorhanden. Auch aus diesem Grund kamen am Bucheggplatz Spezialrohre und -kabel zum Einsatz (Bild 2). Diese Massnahmen erhöhen die Komplexität der Bauarbeiten, sind aber für die Erfüllung der technischen Anforderungen unerlässlich.

### Sicherstellung der Verfügbarkeit

Nach der Inbetriebnahme ist es essenziell, eine Verfügbarkeit von über 99 % und Benutzerfreundlichkeit sicherzustellen. Im urbanen Kontext manifestieren sich jedoch oft Problematiken, wie die sogenannte «Ladeplatzbesetzung» (Englisch: «squatting») durch Fahrzeuge, die den Parkplatz besetzen, ohne zu laden. Dies bedingt die Implementierung gezielter Massnahmen, wie beispielsweise die Einführung einer eindeutigen Signalisierung vor Ort (z.B. «nur Elektrofahrzeuge während Ladevorgang») sowie die Etablierung effektiver Kontrollsysteme.

Die Nutzung intelligenter Technologien, beispielsweise zur Überwachung des Ladeverhaltens und zur Steuerung der Kapazitäten, optimiert den Betrieb und steigert die Effizienz der Anlagen. Gleichzeitig generieren urbane Schnellladestationen durch ihre zentrale Lage einen Mehrwert für Anwohner und Gewerbetreibende, indem sie zusätzliche Besucherfrequenz und ökonomische Vorteile generieren.

### Technische Expertise und innovative Ansätze

Die Planung und Realisierung von Schnellladestationen (Bild 3) in städtischen Gebieten erfordert eine Kombination aus technischer Expertise, organisatorischem Geschick sowie einer engen Zusammenarbeit mit lokalen Partnern. Um die Herausforderungen zu meistern, die sich aus den wenigen und begrenzten verfügbaren Flächen, den regulatorischen Anforderungen sowie der Sicherstellung einer stabilen Stromversorgung ergeben, braucht es innovative Ansätze. Die erfolgreiche Umsetzung dieser Projekte kann durch einen ganzheitlichen Ansatz und flexible Lösungen gewährleistet werden.

#### Referenz

- [1] Silvan Rosser, Lukas Lanz, Peter de Haan, Verständnis Ladeinfrastruktur 2050 - Wie lädt die Schweiz in Zukunft?, BFE, 2023.

#### Link

→ [www.go-electra.com/de](http://www.go-electra.com/de)



#### Autor

**Yannic Hofmann** ist Project Manager bei Electra Schweiz.  
→ Electra Charging Schweiz, 8001 Zürich  
→ [switzerland@go-electra.com](mailto:switzerland@go-electra.com)

# NeoVac

## Achtung. Fertig. Go!

**Mobilität einfacher machen –  
mit dem Mietmodell für Nutzer:innen und Mieter:innen.**

E-Mobility Go! ist die clevere Komplettlösung für Ladeinfrastrukturen in Wohn- und Gewerbeliegenschaften. Eigentümer:innen und Verwaltungen brauchen sich lediglich um den Grundausbau zu kümmern. Mieter:innen und Nutzer:innen bestellen die Ladestation direkt bei NeoVac. Die Abrechnung erfolgt über die Kreditkarte.

**Making energy smarter**



[neovac.ch/e-mobility-go](http://neovac.ch/e-mobility-go)



Le parc industriel de Herøya, en Norvège.

# Améliorer l'efficacité des transports

**Gestion multimodale du trafic dans divers «living labs»** | Le projet Orchestra a pour but d'améliorer, grâce à des simulations avancées, la gestion du trafic dans deux «living labs» européens. Des évaluations basées sur divers scénarios sont notamment utilisées pour optimiser l'efficacité et la résilience des déplacements de cargaisons dans un parc industriel ou encore le flux de passagers dans un aéroport.

JAN HUBER

**E**n Europe, la gestion du trafic est confrontée à des défis tels que la congestion, les retards et les impacts environnementaux, et ce, notamment en présence de perturbations. Le projet européen Horizon 2020 Orchestra aborde ces défis en proposant un écosystème de gestion du trafic multimodal (Multimodal Traffic Management Ecosystem, MTME) visant à optimiser la coordination entre les différents modes de transport, dans le but d'améliorer l'efficacité et la résilience des déplacements.

Cet article se concentre sur les outils de simulation conçus pour évaluer le MTME proposé dans deux «living labs»: le parc industriel norvégien de Herøya (Herøya Industrial Park, HIP) et l'aéroport international de Milan Malpensa (MXP). En tant que partenaire principal de ce projet, le centre de compétences Rosas (Robust and Safe Systems) de la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) a été, entre autres, chargé de développer des simulations de trafic et de flux de piétons pour ces deux living labs. Ces

simulations permettent, d'une part, d'évaluer l'impact du MTME sur le transport de marchandises et de passagers, et d'autre part, de former les opérateurs concernés à réagir de manière optimale lorsqu'ils sont confrontés à des scénarios de trafic réels.

## Optimisation du transport des marchandises au sein du HIP

Les travaux réalisés pour le living lab norvégien se concentrent sur l'optimisation du transport des marchandises sur le site du parc industriel de Herøya,

et en particulier sur la coordination des mouvements des camions et la gestion du fret. Les simulations explorent différentes stratégies de gestion de véhicules connectés et automatisés (Connected and Automated Vehicles, CAV), de « platooning » (déplacement de véhicules en peloton) et de planification, dans le but de réduire les temps d'attente et les émissions.

La **figure 1** montre une partie de la ville norvégienne de Porsgrunn, où se trouve l'île de Herøya, sur laquelle se situe le HIP. La zone simulée comprend l'ensemble du parc industriel ainsi que ses points d'accès au nord et au sud.

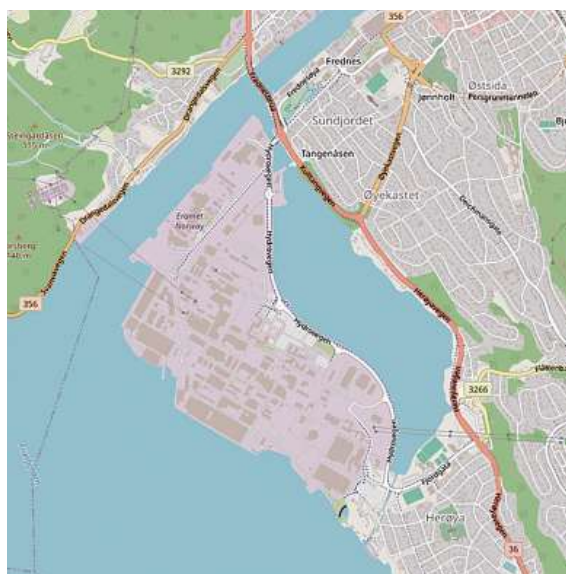
La simulation se concentre sur le HIP, où des navires et des camions arrivent et repartent pour livrer et rechercher des marchandises (**figure 2**). Une particularité de ce site: la nécessité d'avoir recours à des voitures pilotes, qui ont pour tâche de guider les camions vers leur destination finale à l'intérieur du parc industriel. L'objectif est d'assurer ainsi la sécurité du fonctionnement du HIP, étant donné la présence de nombreuses zones où l'accès est restreint en raison de l'utilisation ou de la production de marchandises dangereuses.

C'est là qu'intervient le concept de « platooning ». Actuellement, une voiture guide un seul camion, tandis qu'à l'avenir, une voiture pourra en guider plusieurs à la fois afin d'optimiser les opérations du parc. La prochaine étape logique consistera à remplacer ces voitures manuelles, qui nécessitent un conducteur expérimenté, par des CAV (**figure 3**) de sorte à automatiser l'ensemble du processus.

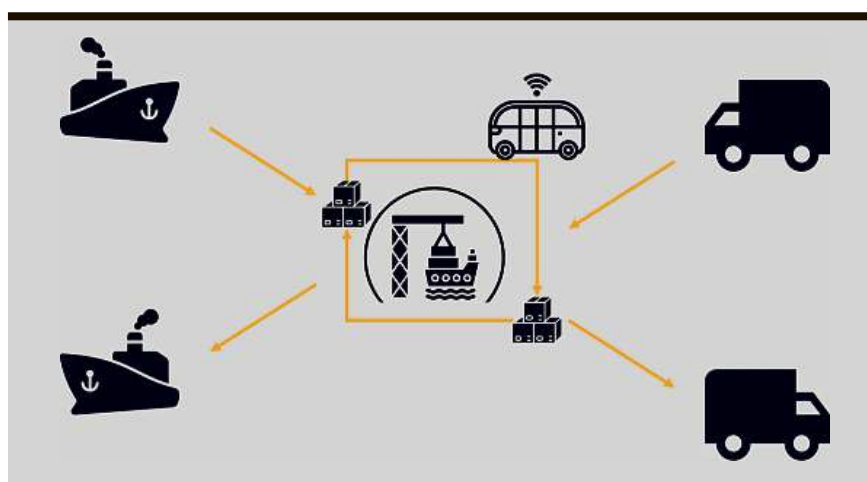
### Optimisation des flux de voyageurs à l'aéroport de Milan

Dans le living lab italien, l'accent est mis sur la mobilité des passagers et sur la gestion des flux de trafic à l'aéroport de Milan Malpensa. Les simulations comprennent des scénarios de priorisation des passagers pendant les perturbations afin de minimiser les retards et les vols manqués. Les simulations évaluent également l'efficacité du check-in, du contrôle de sécurité et du contrôle des passeports.

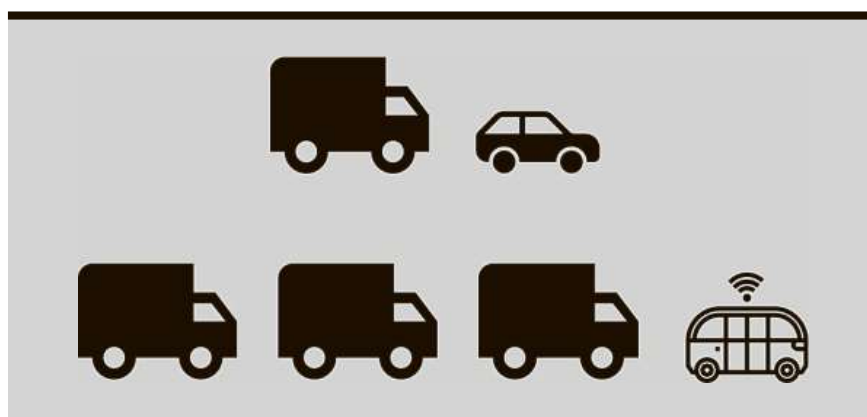
La **figure 4** montre l'aéroport MXP, avec l'autoroute à gauche, les parkings au milieu et le terminal 1 à droite. La gare ferroviaire reliant directement l'aéroport MXP à Milan n'est pas représentée.



**Figure 1** Le living lab norvégien: le parc industriel de Herøya (HIP).



**Figure 2** Schéma de simulation utilisé pour la gestion du trafic et des marchandises sur le site du parc industriel de Herøya.



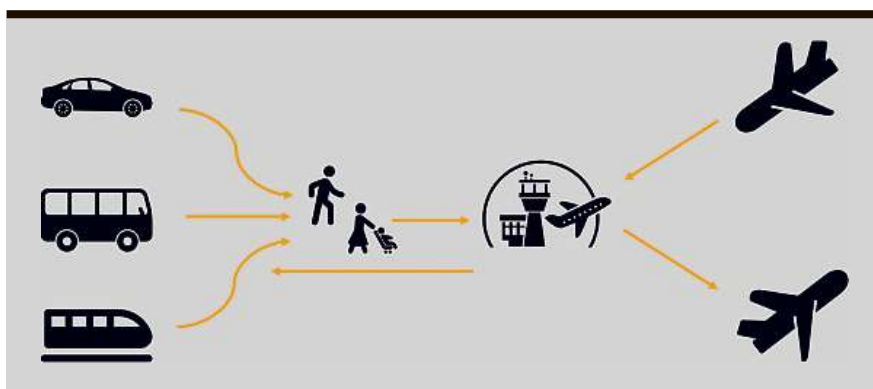
**Figure 3** Illustration du « platooning » ou déplacement de camions en peloton.

Le flux de base de la simulation est le suivant: les passagers arrivent en voiture, bus ou train, traversent l'aéroport (en passant par les différents contrôles) et arrivent enfin à la porte d'embarque-

ment pour prendre l'avion (**figure 5**). Naturellement, ce processus se déroule également en sens inverse, certaines étapes étant omises (par exemple, le contrôle de sécurité), et



**Figure 4** Le living lab italien : l'aéroport de Milan Malpensa (MXP).



**Figure 5** Schéma de simulation des flux de passagers à l'aéroport de Milan Malpensa.

d'autres ajoutées (par exemple, la récupération des bagages).

### Méthodologie de simulation

Les simulations se composent d'une partie « macrosimulation » ainsi que d'une partie « microsimulation ». Les macrosimulations modélisent les flux de trafic globaux vers les sites d'intérêts, générant ainsi des données pour les microsimulations. Les microsimulations se concentrent, quant à elles, sur la modélisation détaillée basée sur les agents à l'aide du logiciel Aimsun, simulant les interactions au sein des living labs. Cette approche fractionnée fournit des résultats pour des modèles de trafic généraux, qui sont utilisés pour extraire des résultats pour des comportements spécifiques.

### Indicateurs clés de performance

Ces simulations permettent d'extraire des indicateurs clés de performance pour les deux zones d'intérêts, ce qui permet une évaluation quantitative. Pour Herøya, il s'agit des temps de parcours des camions, des temps d'attente et de l'utilisation des CAV. À Malpensa, les indicateurs clés de performance se

concentrent sur les temps d'attente des passagers, le débit aux points de service et la distribution des temps de trajet. Ces mesures aident à comprendre les effets des différentes stratégies MTME sur l'efficacité et la prévisibilité du trafic.

### Des temps d'attente réduits de 25 % dans le living lab norvégien

Trois scénarios ont été simulés à Herøya, avec des niveaux de planification différents.

Le scénario « **planification tactique** » repose sur l'utilisation d'un « planificateur par blocs » pour préplanifier les arrivées. Il se concentre sur la coordination proactive dans un environnement multi-acteurs. Dans ce contexte, les arrivées de camions sont planifiées par blocs, garantissant ainsi la synchronisation des mouvements de camions entre les acteurs (les modes de transport, les autorités routières, etc.) Plus précisément, cela se fait par le biais d'un système de rendez-vous pour les camions, qui coordonne les arrivées et gère les ressources avant le début du transport. Les principales caractéristiques de ce système sont l'inclusion décentralisée des parties prenantes (le

HIP, les entreprises situées dans le HIP, les entreprises de transport, les autorités routières, etc.), la communication de quotas d'arrivée axés sur la capacité, et l'attribution des tâches par voie d'enchères afin d'optimiser leur affectation.

Le scénario « **planification opérationnelle** » correspond quant à lui à la gestion en temps réel avec des stratégies CAV. Ce scénario met l'accent sur la prise de décision en temps réel pour gérer efficacement les situations dynamiques. Dans la simulation du parc industriel de Herøya, ceci est réalisé en utilisant un planificateur individuel pour les arrivées de camions, qui fournit une réactivité en temps réel en surveillant la performance du port et en s'adaptant aux conditions de trafic actuelles. Il utilise un algorithme d'optimisation pour décider s'il faut regrouper les camions pour une utilisation efficace du CAV ou donner la priorité à des camions spécifiques en fonction de la situation.

Enfin, le scénario « **planification combinée** » est constitué d'un mix de planification préalable et d'ajustements en temps réel. Comme son nom l'indique, ce scénario utilise les deux stratégies de planification mentionnées plus haut. Il combine les avantages de la planification préalable des camions et de la prise de décision en temps réel en fonction de la capacité du parc industriel, de l'état des routes, etc.

Les résultats obtenus indiquent que l'approche combinée conduit à l'utilisation la plus efficace des CAV et à la plus importante réduction des temps d'attente. Le temps moyen passé par les camions dans le parc industriel était nettement inférieur dans les scénarios où la gestion des CAV était optimisée, ce qui démontre l'importance d'une planification flexible. En termes quantitatifs, le scénario « planification combinée » a permis d'atteindre une réduction moyenne de 25 % des temps d'attente des camions à l'entrée du parc industriel.

### Moins de vols manqués dans le living lab italien

Trois scénarios ont également été testés pour l'aéroport de Milan Malpensa, en se concentrant sur les perturbations affectant les passagers.

Dans le scénario « **flux régulier de passagers** », aucune perturbation ne se produit dans le réseau de transport et les passagers arrivent à l'aéroport comme prévu.

Le scénario «**perturbation sans priorisation**» simule quant à lui des perturbations dans le réseau de transport (l'annulation d'un train, etc.) et leurs effets sur les passagers à l'aéroport (par exemple, des vols manqués).

Enfin, le scénario «**perturbation avec priorisation**» s'appuie sur le précédent scénario, dans lequel un élément du réseau de transport a subi une perturbation. Cependant, cette fois-ci, les passagers affectés seront stratégiquement priorisés une fois arrivés à l'aéroport. Un exemple de mesure de priorisation serait, par exemple, la mise en place de check-in rapides permettant de réduire les files d'attente et les temps de traitement.

Le fait de donner, dans ce dernier scénario, la priorité aux passagers concernés par la perturbation a permis de réduire le nombre de vols manqués et d'améliorer le débit aux points de contrôle critiques, tels que le contrôle de sécurité et le check-in. Il en résulte même un nombre légèrement inférieur de vols manqués par rapport au scénario «flux régulier de passagers» (173 contre 185, pour un total d'environ 8700 passagers). D'une part, cela peut s'expliquer par un transfert modal observé des trains (qui sont perturbés) vers les voitures qui, en moyenne, ont un temps de trajet légèrement réduit jusqu'à l'aéroport. D'autre part, il est également possible que certains passagers touchés par la perturbation soient priorisés alors que, sans per-

turbation, ils seraient arrivés en retard et auraient manqué leur vol.

Ces résultats montrent donc qu'il peut être intéressant d'utiliser un écosystème de gestion du trafic multimodal pour gérer efficacement les flux de passagers, en particulier lors d'événements inattendus.

### Applications en matière de formation et d'aide à la décision

Les simulations sont des outils importants autant pour l'évaluation de scénarios que pour la formation des opérateurs: ils permettent en effet aussi à ces derniers de se préparer efficacement aux perturbations du monde réel. En s'exerçant à réagir dans un environnement virtuel sans risque, les opérateurs peuvent affiner leurs compétences en matière de prise de décision sans avoir d'impact sur les opérations réelles. Des modules de formation personnalisés, déjà testés et dont l'efficacité a été prouvée, démontrent comment cette approche améliore la préparation opérationnelle tout en réduisant le coût des essais en conditions réelles. Le retour d'expérience de ces essais met en évidence des possibilités d'économies encore plus importantes grâce à des environnements de formation plus interactifs et plus pratiques.

### Conclusion

Les simulations développées et réalisées au cours du projet européen Orchestra démontrent la faisabilité et

la rentabilité de la mise en œuvre d'un écosystème de gestion du trafic multimodal dans des environnements complexes. La double approche de simulation (macro- et microsimulations) permet de tester plus efficacement les scénarios et de faciliter l'évaluation basée sur les indicateurs clés de performance, ce qui permet aux décideurs politiques, aux opérateurs de transport et aux autres acteurs concernés de mieux comprendre la situation.

Comme décrit pour les living labs de Herøya et de Malpensa, cette méthode a déjà apporté des améliorations mesurables dans la gestion du trafic, en réduisant les inefficacités et les coûts opérationnels tout en améliorant la résilience du système. L'étape suivante consistera à accroître l'interactivité des simulations au moyen d'interfaces Web, ce qui permettra de renforcer l'accessibilité et de faciliter la prise de décision en temps réel. Ces avancées promettent de renforcer les infrastructures de transport européennes, en les rendant plus adaptables aux différentes demandes et perturbations, tout en maximisant les économies en matière de coûts.



#### Auteur

**Jan Huber** est ingénieur en systèmes embarqués au centre de compétences Rosas de la HEIA-FR.  
→ HEIA-FR, 1700 Fribourg  
→ jan.huber@hefr.ch

## IN KÜRZE

### Die Effizienz des Verkehrs erhöhen

Multimodales Verkehrsmanagement in verschiedenen «Living Labs»

In Europa steht das Verkehrsmanagement, insbesondere bei Störungen, vor Herausforderungen wie Staus, Verspätungen und Umweltauswirkungen. Das europäische Projekt «Horizon 2020 Orchestra» geht diese Herausforderungen an, indem es ein multimodales Verkehrsmanagement-Ökosystem (Multimodal Traffic Management Ecosystem, MTME) vorschlägt, das die Koordination zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern optimieren soll, um die Effizienz und Resilienz des Verkehrs zu verbessern.

Dieser Artikel konzentriert sich auf die Simulationenwerkzeuge, die vom Kompetenzzentrum Rosas (Robust and Safe Systems) der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HEIA-FR) entwickelt wurden, um dieses MTME sowie verschiedene Strategien in zwei «Living Labs» zu evaluieren: dem norwegischen Industriepark Herøya und dem internationalen Flughafen Mailand Malpensa.

Die Simulationen zur Optimierung des Güterverkehrs im norwegischen Industriepark haben gezeigt, dass durch die Planung der Lkw-Ankünfte und deren Zusammenführung zu einem von einem vernetzten, automatisierten Fahrzeug geführten Konvoi die Wartezeiten der Lkw am Eingang des Industrieparks um durchschnittlich 25 % reduziert werden können.

Am Beispiel des Mailänder Flughafens konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Szenarien, die den von Störungen betroffenen Passagieren an den Kontrollpunkten Vorrang einräumen (z. B. Ausfall eines Zugs zum Flughafen), die Zahl der verpassten Flüge um fast 8 % reduziert werden konnte.

Schliesslich können diese Simulationen auch dazu genutzt werden, um die Bediener darin zu schulen, bei Störungen die besten Entscheidungen zu treffen.



Über den NA-Schutz des Wechselrichters kann eine PV-Anlage bei Bedarf vom Netz getrennt werden.

# PV: Ein einziger Schalter bietet genug Schutz

**Pilot- und Demonstrationsprojekt** | Die Solarbranche hat die Empfehlungen des Netz- und Anlagenschutzes sowie die unterschiedlichen Vorgaben der Netzbetreiber wiederholt als Hindernis beim PV-Ausbau kritisiert. Eine Arbeitsgruppe hat in der umstrittenen Frage nun einen schweizweiten Konsens erzielt: Die Anforderungen an den NA-Schutz im Niederspannungsnetz werden gelockert.

**BENEDIKT VOGEL**

**W**enn es um die dezentrale Stromerzeugung beispielsweise mit PV-Anlagen geht, spielt die Branchenempfehlung Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen an das Niederspannungsnetz des VSE eine zentrale Rolle. Die Schweizer Verteilnetzbetreiber regeln in diesem Dokument alle elektrotechnischen Details, die für eine sichere Stromeinspeisung ins Netz zu beachten sind. Die Branchenempfehlung wird regelmässig den neusten Erkenntnissen und

Erfordernissen angepasst. Die nächste Überarbeitung dürfte im Frühjahr oder Sommer 2025 veröffentlicht werden.

Eine Neuerung wird den Netz- und Anlagenschutz – kurz: NA-Schutz – betreffen. Der NA-Schutz ist vereinfacht ausgedrückt ein Sicherheitschalter, der eine PV- oder eine andere Stromerzeugungsanlage (z.B. Netzbatterie oder bidirektionale Ladestation) bei einer Netzstörung vom Netz entkoppelt und damit verhindert, dass

in das fehlerhafte Netz weiterhin Strom eingespeist wird. Zu dem Zweck ist jeder Wechselrichter einer PV-Anlage mit einem NA-Schutz ausgestattet.

Kommt es in einem Niederspannungsnetz zu einem Kurzschluss, einem längeren Spannungsabfall oder einer zu hohen Frequenzabweichung, trennt der NA-Schutz die Energieerzeugungsanlagen vom Netz, um Schäden im Netz zu vermeiden und dessen Reparatur zu ermöglichen. Ist hinge-

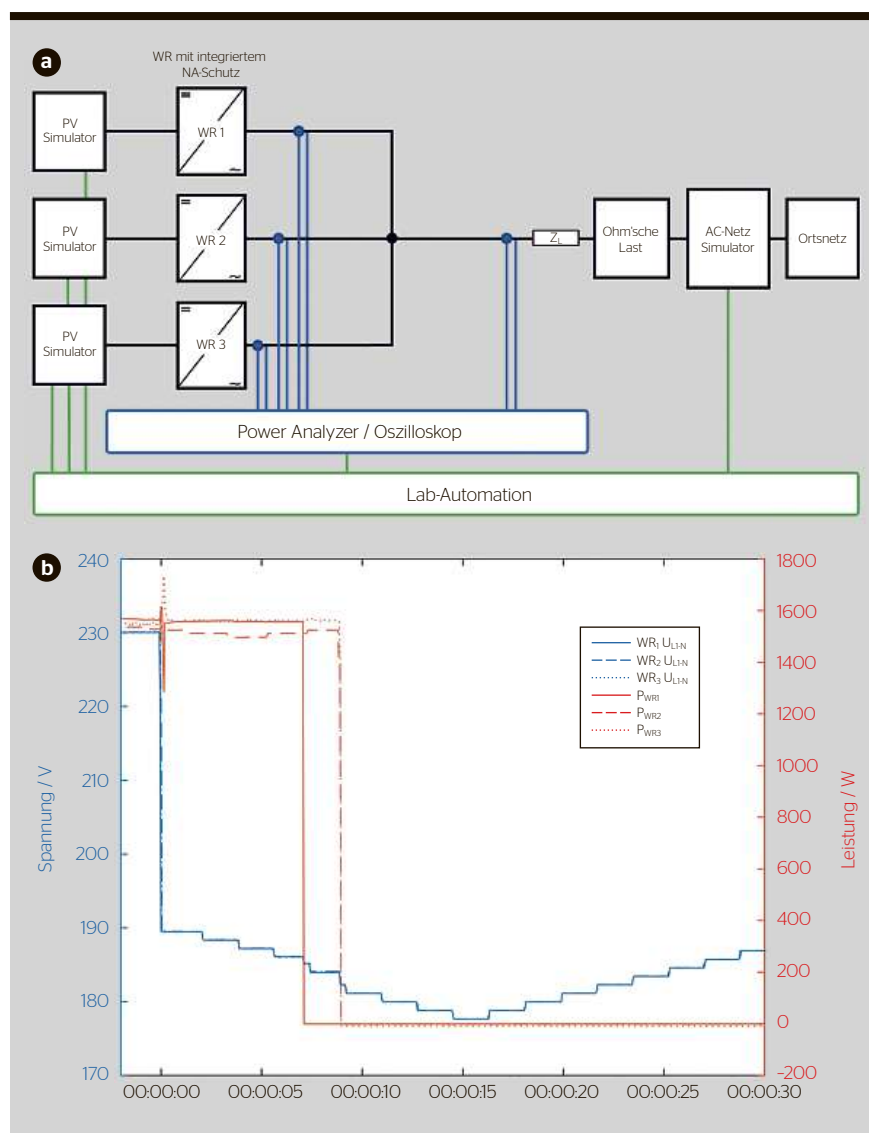
gen zum Beispiel ein Spannungsabfall nur geringfügig oder nur sehr kurz, soll der NA-Schutz keine Trennung auslösen, um die Stromversorgung nicht unnötig zu gefährden. Damit der NA-Schutz immer in der gewünschten Weise reagiert, ist eine korrekte Einstellung der Wechselrichter durch die Installateure unerlässlich.

Nach bisheriger Regelung wurde für PV-Anlagen im Niederspannungsnetz mit mehr als 30 kW Leistung (z.B. grosse Dachanlage auf einer Scheune oder einem Gewerbebetrieb) ein zweiter, externer NA-Schutz verlangt. Diese redundante Ausführung des NA-Schutzes wird mit der neuen Branchenempfehlung abgeschafft. «Damit können Solaranlagen in diesem Leistungsbe- reich künftig einfacher und günstiger gebaut sowie deren Verlässlichkeit erhöht werden», sagt Thomas Hostettler vom Branchenverband Swissolar.

### Redundante Lösung umstritten

Über die Ausgestaltung des NA-Schutzes bei PV-Anlagen herrschte lange Uneinigkeit. Der Streit entzündete sich insbesondere an dem externen NA-Schutz für Energieerzeugungsanlagen im Niederspannungsnetz ab 30 kW Leistung. Dieser Schutzschalter musste bisher am Netzanschlusspunkt eingebaut werden. Vertreter der Solarbranche hielten das für eine unnötige Anforderung, da bereits im Wechselrichter der PV-Anlage ein NA-Schutz vorhanden ist, der dieselbe Funktion erfüllt. Manche Verteilnetzbetreiber hingegen befürworteten einen zweiten Schalter. Sie argumentierten, dieser biete einen zusätzlichen Schutz, sollte der NA-Schutz im Wechselrichter nicht ordnungsgemäss funktionieren, z.B. aufgrund einer falschen Einstellung. Sie verweisen hierbei auf das Stromversorgungsgesetz (Art. 8 Abs. 1), wonach die Verteilnetzbetreiber für den sicheren Netzbetrieb verantwortlich sind.

Vor diesem Hintergrund hat sich eine breit zusammengesetzte Arbeitsgruppe gebildet, um die Notwendigkeit des externen NA-Schutzes zu überprüfen. Im Projekt mit dem Kürzel NAEAA+, welches durch das P+D-Programm des BFE gefördert wurde, waren die Schweizer Stromversorger, die Solarbranche und vier akademische Einrichtungen vertreten (**Kasten**). «Das Projekt brachte die gesamte Bran-



Experimente an der Berner Fachhochschule in Burgdorf. **a)** Schema des Messaufbaus mit drei Wechselrichtern. **b)** Leistungs- und Spannungsverlauf bei einem Unterspannungsereignis ohne externen NA-Schutz. Alle Wechselrichter trennen sich gemäss der Leistungsverläufe (rot) bei zu niedriger Spannung (blau) korrekt vom Netz.

che zusammen, um auf der Grundlage einer detaillierten Studie festzustellen, ob es einen Nutzen für den externen NA-Schutz gibt oder nicht, und um einen fundierten Konsens zu erzielen, der für die gesamte Schweiz gilt», sagt Karin Söderström, die das Projekt vonseiten des BFE begleitete.

Die Arbeitsgruppe führte einen intensiven Fachdialog unter Einbezug von externen Expertinnen und Experten. Die Forschungsstelle Energienetze der ETH Zürich erstellte – neben ihrer Aufgabe als Projektkoordinatorin – Simulationen zu Auswirkungen eines fehlerhaften NA-Schutzes auf das Verteilnetz. Die BFH führte in ihrem Prüflabor in Burgdorf Experimente mit

NA-Schutzgeräten durch. Die TU Graz steuerte Risikoanalysen zu potenziellem Fehlerverhalten von NA-Schutzgeräten bei.

### Inselnetze vermeiden

Nach einer Erfassung aller Anliegen und potenzieller Störszenarien rund um den NA-Schutz konzentrierten sich die Diskussionen auf die Fragen, ob die NA-Schutzfunktion der Wechselrichter zuverlässig funktioniert, wie hoch das Risiko von Falscheinstellungen ist, und ob eine redundante Auslegung des NA-Schutzes die Bildung von Inselnetzen in Verteilnetzen verhindern kann. Ein Inselnetz kann entstehen, wenn zum Beispiel ein Transformator, der

ein ganzes Dorf mit Strom versorgt, ausfällt. Sind in dem Dorf genügend PV-Anlagen in Betrieb und gibt es zudem eine Anlage, die die Frequenz vorgeben kann (zum Beispiel ein kleines Laufwasserkraftwerk), ist es möglich, dass die Stromversorgung des Dorfes fortbesteht, obwohl dieses vom übergeordneten Stromnetz abgeschnitten ist.

Inselnetze sind selten, aber es sind Fälle im Ausland bekannt, bei denen Mittelspannungsnetze allein durch einen Windpark versorgt wurden. Mit dem Ausbau der dezentralen Energieversorgung könnten Inselnetze vermehrt entstehen. Netzbetreiber wollen diese aus Sicherheitsgründen unbedingt vermeiden.

### Neue Regelung wird bereits umgesetzt

Inselnetze könnten in Zukunft mit den nötigen Vorkehrungen genutzt werden, um Stromnetze resilienter zu machen.

## Kooperation

### Forschungsgruppe

Die Neuregelung des NA-Schutzes von dezentralen Energieerzeugungsanlagen wurde von einem breit abgestützten Projektteam erarbeitet. Vertreten waren der Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE), der Verband Schweizerischer Elektrotechniken (VSEK), 18 Verteilnetzbetreiber und Swissgrid. Hinzu kam die Schweizer Solarbranche, vertreten durch den Branchenverband Swissolar, sowie Hersteller von NA-Schutzgeräten und die Firma Kühn – Netz und Systemschutz. Teil des Projektkonsortiums waren überdies Vertreter von vier akademischen Institutionen: die Forschungsstelle Energienetze der ETH Zürich, das PV-Labor der BFH, das Institut für Elektrische Energietechnik der FHNW und das Institut für Elektrische Anlagen und Netze der TU Graz. Ergänzend wurde die Expertise von Schutzexperten, Wechselrichterherstellern und Fachgruppen aus dem In- und Ausland eingeholt.

Unbeabsichtigte Inselnetze aber sind zu unterbinden, da waren sich die Expertinnen und Experten im NAEAA+-Projekt einig. Doch hilft eine redundante Auslegung des NA-Schutzes tatsächlich, um PV-Anlagen bei einer Netzstörung vom Netz zu trennen und Inselnetze zu vermeiden? Die Analysen, Simulationen und Experimente zeigten, dass es keinen kausalen Zusammenhang zwischen NA-Schutz und Inselnetzen gibt. «Wir konnten zeigen, dass ein intakter NA-Schutz die Inselbildung keineswegs ausschliesst, und umgekehrt wird Inselbildung auch nicht durch fehlerhaften NA-Schutz verursacht», sagt ETH-Wissenschaftler Alexander Fuchs, der das NAEAA+-Projekt koordiniert hat. «Um Inselnetze zu unterbinden, muss man eine andere Funktion des Wechselrichters nutzen, die aktive Inselnetzerkennung. Oder man stellt durch Messung und Fernsteuerung sicher, dass netzbildende Anlagen getrennt werden, wenn ein Inselnetz zu entstehen droht», ergänzt Fuchs.

Die im Projekt versammelten Expertinnen und Experten waren sich am Ende einig, dass auf den externen NA-Schutz bei Photovoltaik- und anderen Stromerzeugungsanlagen im Niederspannungsnetz verzichtet werden kann. Als dieses Ergebnis Mitte 2024 öffentlich wurde, ging eine Arbeitsgruppe des VSE daran, die eingangs genannte Branchenempfehlung zu überarbeiten. Das Ergebnis soll im Verlauf des Jahres 2025 vorliegen. Bis dahin gilt eine Übergangsregelung, die der neuen Empfehlung Rechnung trägt. Etliche Verteilnetzbetreiber setzen die neue Regelung bereits um und fordern in ihrem Netzgebiet keinen externen NA-Schutz mehr.

### Alle Akteure in der Pflicht

Verzichtet man auf einen externen NA-Schutz, verlässt man sich auf den NA-Schutz im PV-Wechselrichter. Damit dieser NA-Schutz korrekt funktioniert, muss der Wechselrichter richtig eingestellt sein. Analysen im Projekt haben ergeben, dass dies nicht immer der Fall ist. Um die Verlässlichkeit weiter zu erhöhen, sieht die Neuregelung des NA-Schutzes zwei Massnahmen vor:

Erstens sollen die Solarinstallateure bei der korrekten Einstellung der Wechselrichter unterstützt werden. Hierfür stellen die Verteilnetzbetreiber Einstellvorgaben für ihr Netzgebiet zur Verfügung, und Swissolar erstellt für die verschiedenen Wechselrichter-Typen ein Referenzdokument, wie diese Einstellungen in verschiedenen Wechselrichtermodellen vorgenommen werden können.

Zweitens melden die Installateure bzw. beauftragte Kontrolleure die vorgenommenen Wechselrichter-Einstellungen an die Verteilnetzbetreiber. Die Umsetzung der Dokumentation ist noch zu definieren, soll aber möglichst einheitlich erfolgen und in bestehende Prozesse eingebunden werden.

«Diese beiden Massnahmen schaffen die nötige Sicherheit in den Verteilnetzen, die den Netzbetreibern bei einer zuverlässigen Stromversorgung hilft», sagt Patrick Bader, VSE-Vertreter im NAEAA+-Projekt.

Von der Neuregelung des NA-Schutzes profitieren alle Personen, die neu eine Solaranlage über 30 kW Leistung im Niederspannungsnetz in Betrieb nehmen wollen. Sie werden nach einer Überschlagsrechnung von Alexander Fuchs im Durchschnitt rund 5 bis 10 % der Investitionskosten sparen, weil sie auf den externen NA-Schutz verzichten können. Nach Einschätzung von Fuchs kommt dieser Vorteil jedes Jahr bei rund der Hälfte der schweizweit neu installierten PV-Leistung zum Tragen.

### Literatur

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Netze finden Sie unter [www.bfe.admin.ch/ec-strom](http://www.bfe.admin.ch/ec-strom).

### Link

→ Schlussbericht:  
[www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=51462](http://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=51462)

### Autor

Dr. **Benedikt Vogel** ist Wissenschaftsjournalist.  
→ Dr. Vogel Kommunikation, DE-10437 Berlin  
→ [vogel@vogel-komm.ch](mailto:vogel@vogel-komm.ch)

Auskünfte zum Thema erteilen Karin Söderström ([karin.soederstroem@bfe.admin.ch](mailto:soederstroem@bfe.admin.ch)), mitverantwortlich für das Pilot- und Demonstrationsprogramm des BFE, und Michael Moser ([michael.moser@bfe.admin.ch](mailto:michael.moser@bfe.admin.ch)), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Netze.

# 0 % Leasing. 100 % Leistung.



Profitieren Sie von attraktiven  
0 % Leasingangeboten während  
den Ford Business Weeks.



Das Angebot gilt ausschliesslich für Flottenkunden und auf die Modelle Ford Ranger, Ford Transit Custom, Ford Transit.  
Berechnungsbeispiele: Ford Ranger Wildtrak Doppelkabine, 2.0 l EcoBlue, 205 PS/151 kW, 4x4, Automatik. Verbrauch: 8.8 l/100 km, CO<sub>2</sub>-Emissionen: 230 g/km. Unverbindliche Preisempfehlung bei einem Barkaufpreis von Fr. 47'400.- exkl. MwSt.: monatliche Leasinggebühr Fr. 200.-, Laufzeit 60 Monate, Sonderzahlung zu Beginn Fr. 12'660.-, effektiver Jahreszins 0.0%, max. Fahrleistung 10'000 km/Jahr. Eine Kautions wird nicht verlangt, exkl. Vollkaskoversicherung.  
Ford Transit Custom Kastenwagen, 2.0 l EcoBlue 110 PS/81 kW, 6-Gang Schaltgetriebe. Verbrauch: 7.8 l/100 km, CO<sub>2</sub>-Emissionen: 205 g/km. Unverbindliche Preisempfehlung bei einem Barkaufpreis von Fr. 31'990.- exkl. MwSt.: monatliche Leasinggebühr Fr. 140.-, Laufzeit 60 Monate, Sonderzahlung zu Beginn Fr. 8'616.-, effektiver Jahreszins 0.0%, max. Fahrleistung 10'000 km/Jahr. Eine Kautions wird nicht verlangt, exkl. Vollkaskoversicherung.  
Ford Transit Van, 2.0 l EcoBlue, 105 PS/77.3 kW, 6-Gang-Schaltgetriebe. Verbrauch: 8.6 l/100 km, CO<sub>2</sub>-Emissionen: 318 g/km. Unverbindliche Preisempfehlung bei einem Barkaufpreis von Fr. 36'600.- exkl. MwSt.: monatliche Leasinggebühr Fr. 250.-, Laufzeit 60 Monate, Sonderzahlung zu Beginn Fr. 9'842.-, effektiver Jahreszins 0.0%, max. Fahrleistung 10'000 km/Jahr. Eine Kautions wird nicht verlangt, exkl. Vollkaskoversicherung.  
Angebot gültig bei teilnehmenden Ford Partnern bis 30.04.2025. Finanzierung über Ford Credit by BANK Now AG. Eine Leasingvergabe wird nicht gewährt, falls sie zur Überschuldung der Konsumentin oder des Konsumenten führt. Irrtum und Änderungen vorbehalten.



La protection RI de l'onduleur permet de déconnecter une installation PV du réseau en cas de besoin.

# Un commutateur suffit pour assurer la sécurité

**Projet pilote et de démonstration** | Le secteur de l'énergie solaire a critiqué à plusieurs reprises les exigences de protection du réseau et les différentes prescriptions des gestionnaires de réseau, considérées comme un frein au développement du photovoltaïque. Un consensus national a désormais été trouvé: les exigences de protection du réseau sur la basse tension seront assouplies.

BENEDIKT VOGEL

**L**orsqu'il est question de production décentralisée d'électricité, notamment via des installations photovoltaïques, la recommandation de la branche « Raccordement au réseau pour les installations productrices d'énergie sur le réseau basse tension » de l'Association des entreprises électriques suisses (AES) joue un rôle central. Ce document définit, pour les gestionnaires de réseau de distribution suisses, tous les aspects électrotechniques à respecter pour garantir une

injection d'électricité sûre dans le réseau. Cette recommandation est régulièrement mise à jour – la prochaine révision devrait paraître au printemps ou à l'été 2025.

Une nouveauté concernera la protection du réseau et des installations (protection RI). Pour simplifier, il s'agit d'un disjoncteur de sécurité qui, en cas de dysfonctionnement du réseau, déconnecte une installation photovoltaïque ou toute autre source de production d'électricité (par exemple, une

batterie réseau ou une borne de recharge bidirectionnelle), empêchant ainsi toute injection de courant dans un réseau défaillant. À cet effet, chaque onduleur d'une installation photovoltaïque est équipé d'un dispositif de protection RI.

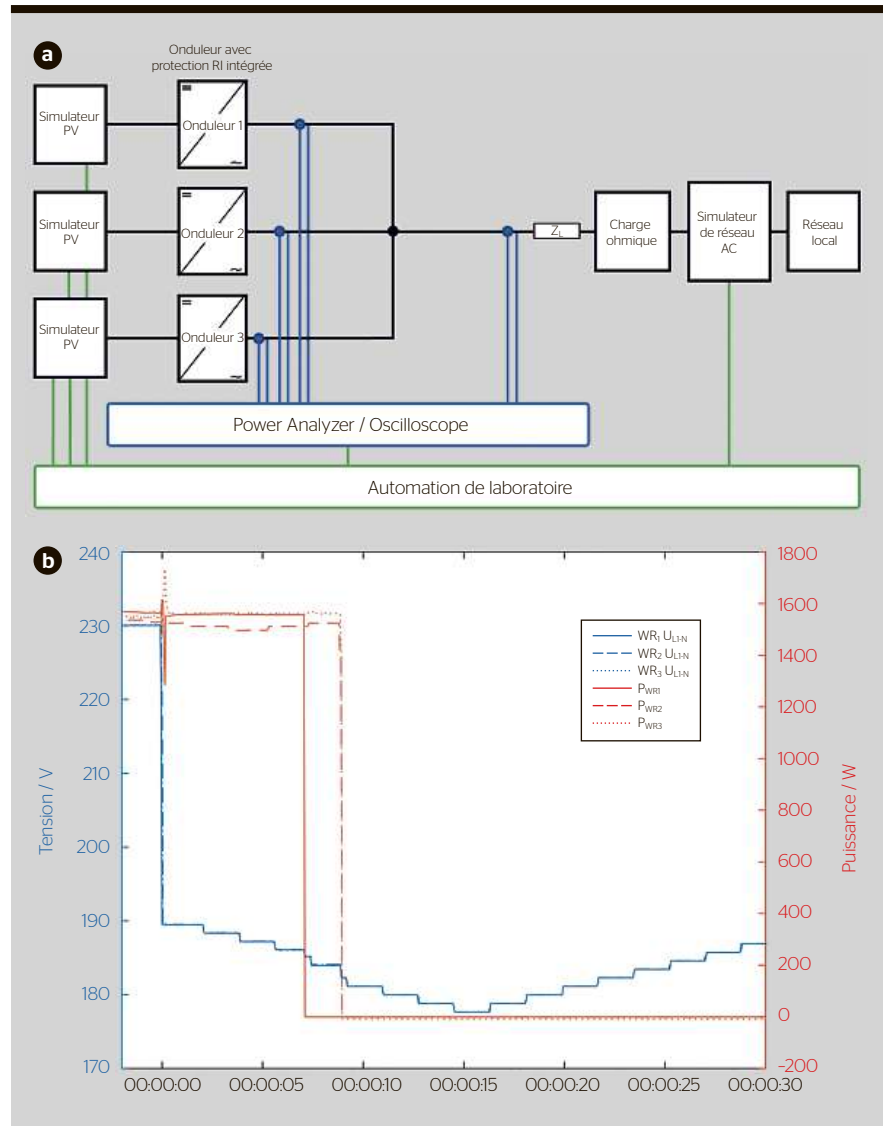
Lorsqu'un court-circuit, une chute de tension prolongée ou une forte variation de fréquence survient sur le réseau basse tension, la protection RI déconnecte les installations de production d'énergie afin d'éviter d'éventuels

dommages et de permettre les réparations. En revanche, si la baisse de tension est légère ou de très courte durée, la protection RI ne doit pas déclencher de coupure inutile afin de ne pas compromettre l'approvisionnement électrique. Pour que la protection RI réagisse toujours de manière adéquate, il est essentiel que les installateurs configurent correctement les onduleurs.

Jusqu'à présent, les installations photovoltaïques d'une puissance supérieure à 30 kW raccordées au réseau basse tension (par exemple, une grande installation sur le toit d'une grange ou d'un bâtiment commercial) devaient être équipées d'un second dispositif de protection RI externe. Cette exigence redondante est désormais supprimée dans la nouvelle recommandation de la branche. « Cette mesure permettra de simplifier et de réduire les coûts de construction des installations solaires dans cette gamme de puissance, tout en améliorant leur fiabilité », explique Thomas Hostettler de l'association professionnelle Swissolar.

### Une solution redondante controversée

La conception de la protection du réseau et des installations pour les systèmes photovoltaïques a longtemps fait l'objet de vifs désaccords. Le débat portait en particulier sur la nécessité d'une protection RI externe pour les installations de production d'énergie raccordées au réseau basse tension à partir d'une puissance de 30 kW. Jusqu'à présent, ce disjoncteur de sécurité devait être installé au point de raccordement au réseau. Les représentants du secteur solaire estimaient qu'il s'agissait d'une exigence superflue, car chaque onduleur d'installation photovoltaïque intègre déjà une protection RI, remplissant exactement la même fonction. En revanche, certains gestionnaires de réseau étaient favorables à un second disjoncteur. Selon eux, celui-ci offrait une sécurité supplémentaire en cas de dysfonctionnement de la protection RI intégrée à l'onduleur, par exemple en raison d'un mauvais paramétrage. Ils s'appuyaient sur l'article 8, alinéa 1 de la loi sur l'approvisionnement en électricité, qui stipule que la responsabilité du bon fonctionnement et de la sécurité du réseau incombe aux gestionnaires de réseau de distribution.



Expériences menées à la BFH. **a)** Schéma du dispositif de mesure avec trois onduleurs. **b)** Évolution de la puissance et de la tension lors d'un événement de sous-tension sans protection RI externe. Tous les onduleurs se déconnectent correctement du réseau en fonction des courbes de puissance (rouge) lorsque la tension (bleu) devient trop basse.

Dans ce contexte, un groupe de travail s'est formé afin d'évaluer la nécessité de la protection RI externe. Le projet NAEAA+, soutenu par le programme P+D de l'OFEN, réunissait des fournisseurs d'électricité suisses, le secteur solaire et quatre institutions académiques (voir encadré). « Ce projet a permis de rassembler l'ensemble de la branche afin de déterminer si la protection RI externe présente un réel avantage et d'aboutir à un consensus solide applicable à l'échelle nationale », explique Karin Söderström, qui a suivi le projet pour le compte de l'OFEN.

Le groupe de travail a mené un dialogue technique approfondi, en intégrant des expertes et experts externes. Le

Centre de recherche sur les réseaux énergétiques de l'ETH Zurich a réalisé des simulations sur les conséquences d'une protection RI défectueuse sur le réseau de distribution, en plus de son rôle de coordination du projet. La Haute école spécialisée bernoise a mené des essais sur des dispositifs de protection RI dans son laboratoire de Burgdorf. L'Université technique de Graz a, quant à elle, apporté son expertise en réalisant une analyse des risques liés aux pannes potentielles des dispositifs de protection RI.

### Éviter les réseaux en ilotage

Après avoir recensé l'ensemble des préoccupations et des scénarios de panne potentiels liés à la protection du réseau

et des installations (protection RI), les discussions se sont concentrées sur trois questions clés: la fonction de protection RI des onduleurs est-elle fiable? Quel est le risque de mauvais paramétrage? Et une conception redondante de la protection RI peut-elle empêcher la formation de réseaux en îlotage dans les réseaux de distribution? Un îlotage peut survenir, par exemple, en cas de panne d'un transformateur alimentant un village entier. Si un nombre suffisant d'installations photovoltaïques sont en service dans ce village et qu'une installation capable d'imposer une fréquence existe également, il est possible que l'approvisionnement électrique du village se poursuive, bien qu'il soit déconnecté du réseau supérieur.

Les réseaux en îlotage sont rares, mais des cas ont été documentés à l'étranger, où un parc éolien a permis d'alimenter seul un réseau moyenne tension. Avec le développement croissant de la production d'énergie décen-

tralisée, ces situations pourraient devenir plus fréquentes. Pour des raisons de sécurité, les gestionnaires de réseau tiennent cependant à les éviter à tout prix.

### Mise en œuvre de la nouvelle réglementation

À l'avenir les réseaux en îlotage pourraient être exploités afin de renforcer la résilience des réseaux électriques. Toutefois, les îlotages involontaires doivent être évités – un point sur lequel les expertes et experts du projet NAEAA+ étaient unanimes. Mais une conception redondante de la protection du réseau et des installations permet-elle réellement d'isoler les installations photovoltaïques en cas de perturbation et ainsi d'éviter l'îlotage? Les analyses ont montré qu'il n'existe aucun lien de cause à effet entre la protection RI et la formation de réseaux en îlotage. « Nous avons démontré qu'une protection RI fonctionnelle n'exclut en aucun cas la formation d'un îlotage, et inversement, qu'un îlotage n'est pas causé par une protection RI défectueuse », explique Alexander Fuchs, chercheur à l'ETH Zurich et coordinateur du projet NAEAA+. « Pour éviter l'îlotage, une autre fonction de l'onduleur doit être utilisée: la détection active d'îlotage. Ou bien il faut garantir, par des mesures et une commande à distance, que les installations formant un réseau autonome soient déconnectées dès qu'un îlotage risque de se produire », ajoute-t-il.

Les expertes et experts impliqués dans le projet ont conclu qu'il était possible de renoncer à une protection RI externe pour les installations photovoltaïques et autres unités de production d'électricité en basse tension. Lorsque ce résultat a été rendu public à la mi-2024, un groupe de travail de l'AES a entamé la révision de la recommandation sectorielle mentionnée précédemment. Cette mise à jour devrait être publiée courant 2025. D'ici là, une période de transition est en place. Plusieurs gestionnaires de réseau de distribution appliquent déjà cette réforme et n'exigent plus de protection RI externe dans leur périmètre de desserte.

### Tous les acteurs sont concernés

Renoncer à une protection RI externe signifie s'appuyer uniquement sur la protection RI intégrée à l'onduleur

photovoltaïque. Pour garantir son bon fonctionnement, il est essentiel que l'onduleur soit correctement paramétré. Or, les analyses menées ont révélé que ce n'était pas toujours le cas. Afin d'améliorer la fiabilité, la nouvelle réglementation de la protection RI prévoit deux mesures:

Premièrement, les installateurs solaires doivent être soutenus dans le paramétrage des onduleurs. Pour cela, les gestionnaires de réseau de distribution mettront à disposition des directives spécifiques à leur zone de desserte, et Swissolar élaborera un document de référence indiquant comment configurer ces paramètres sur différents modèles d'onduleurs. Deuxièmement, les installateurs ou les contrôleurs mandatés devront transmettre aux gestionnaires de réseau les configurations effectuées sur les onduleurs. La mise en place de cette documentation reste à définir, mais elle devra être intégrée aux processus existants.

« Ces deux mesures garantissent la sécurité nécessaire au sein des réseaux de distribution et aident les gestionnaires de réseau à assurer un approvisionnement en électricité fiable », explique Patrick Bader, représentant de l'AES dans le projet NAEAA+.

La nouvelle réglementation de la protection RI bénéficie à toutes les personnes souhaitant désormais mettre en service une installation solaire d'une puissance supérieure à 30 kW sur le réseau basse tension. Selon une estimation préliminaire d'Alexander Fuchs, cette réforme permettra d'économiser en moyenne 5 à 10 % des coûts d'investissement, grâce à la suppression de la protection RI externe. D'après lui, cet avantage concernera chaque année environ la moitié de la nouvelle capacité photovoltaïque installée en Suisse.

## Coopération

### Groupe de recherche

La nouvelle réglementation de la protection RI des installations de production d'énergie décentralisées a été élaborée par une équipe de projet réunissant un large éventail d'acteurs du secteur. Y ont participé l'Association des entreprises électriques suisses (AES), l'Association suisse des contrôles électriques (ASCE), 18 gestionnaires de réseau de distribution, Swissgrid, ainsi que la branche solaire suisse représentée par Swissolar. Des fabricants de dispositifs de protection RI et la société Kühn - Netz und Systemschutz étaient également impliqués. Le projet a en outre bénéficié de la participation de quatre institutions académiques: la recherche sur les réseaux énergétiques de l'ETH Zurich, le laboratoire photovoltaïque de la BFH, l'Institut pour les techniques énergétiques électriques de la FHNW et l'Institut pour les installations électriques et les réseaux de la TU Graz. L'expertise de spécialistes en protection des réseaux, de fabricants d'onduleurs et de groupes de travail nationaux et internationaux a également été intégrée.

### Littérature

Vous trouverez d'autres articles spécialisés sur les projets de recherche, pilotes, de démonstration et phares dans le domaine des réseaux sur [www.bfe.admin.ch/ec-strom](http://www.bfe.admin.ch/ec-strom).

### Lien

→ Rapport final:  
[www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=51462](http://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=51462)

### Auteur

D<sup>r</sup> **Benedikt Vogel** est journaliste scientifique.  
→ Dr. Vogel Kommunikation, DE-10437 Berlin  
→ [vogel@vogel-komm.ch](mailto:vogel@vogel-komm.ch)

Karin Söderström ([karin.soederstroem@bfe.admin.ch](mailto:karin.soederstroem@bfe.admin.ch)), coresponsable du programme pilote et de démonstration de l'OFEN, et Michael Moser ([michael.moser@bfe.admin.ch](mailto:michael.moser@bfe.admin.ch)), responsable du programme de recherche sur les réseaux de l'OFEN, se tiennent à disposition pour toute information.

Life Is On

**Schneider**  
Electric

## Infrastructure de recharge par un fournisseur unique

De la gestion évolutive de la charge à la borne de charge, Schneider Electric propose une solution complète.

Ainsi, l'électromobilité devient simple.



### EVlink Pro AC

- sûr et robuste (composants de protection physique intégrés)
- une puissance de charge jusqu'à 22 kW

### EVlink Pro DC

- de 120 kW à 150 et 180 kW extensible
- un niveau de charge de 80 % pendant 20 minutes

### Canalis KN & KS

- système de canalisation électrique modulaire et extensible en toute sécurité sous tension
- installation et fixation du système très simples

### EV Charging Expert

- disponibilité garantie de l'électricité et surveillance à distance des processus de charge
- compris combinaison de borne de recharge DC et AC



[se.com/ch/emobility-fr](https://se.com/ch/emobility-fr)

## Datendienstleistungen für Energieversorger

**sysdex**

### Wir unterstützen EVU/VNB kompetent in den Bereichen:

- Mess- und Energiedatenmanagement (Strom, Gas, Wärme, Wasser)
- Metering und Zählerfernauslesung
- Visualisierung, Auswertung und Reporting
- Energieprognosen, Energieabrechnung von EVG / ZEV / vZEF / LEG
- Datenschutz und Datensicherheit (ISO 27001 zertifiziert)
- Arbeitsunterstützung und Support

### Sysdex AG

Im Schörli 5  
CH-8600 Dübendorf

Tel. 044 537 83 10  
[www.sysdex.ch](http://www.sysdex.ch)

NEUTRAL



SICHER



ZUVERLÄSSIG

## Power Quality Analysatoren inkl. Störschreiberfunktion

a-eberle

- Erfassung von Frequenzen bis 170 kHz
- Kostenlose Auswertsoftware
- Automatische Normauswertung
- Ereigniserfassung nach EN 50160
- Kompaktes und robustes Gehäuse
- Einfache und intuitive Bedienung



A. Eberle Schweiz AG • Gewerbering 14 • CH-5610 Wohlen  
Telefon +41 (0)56 619 51 80 • [info@a-eberle.ch](mailto:info@a-eberle.ch) • [www.a-eberle.ch](http://www.a-eberle.ch)



# Überdimensionierte elektrische Antriebe

**Systembetrachtung** | Obwohl der Wirkungsgrad von Elektromotoren kontinuierlich steigt, ist der Systemwirkungsgrad oft nicht optimal, weil in der Industrie häufig elektrische Antriebe eingesetzt werden, die überdimensioniert sind. Dies erzeugt unnötige Investitions- und Betriebskosten sowie einen zu hohen Energieverbrauch und entsprechend höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen.

CONRAD U. BRUNNER

**D**as Phänomen der Überdimensionierung ist aus früheren Untersuchungen bei industriellen Anlagen in der Schweiz bekannt. Die Evidenz aus einer Befragung von Fachleuten aus der internationalen Antriebstechnik zwischen August 2023 und Januar 2024 ist eindeutig: Die Antworten von 39 Experten der ISO & IEC JAG 22 aus 11 Ländern bestätigen, dass elektrische Antriebssysteme für Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren etc. in der Regel überdimensioniert sind, d.h. die einzelnen

Komponenten sind schlecht aufeinander abgestimmt und die Anpassung an den tatsächlichen Leistungsbedarf ist ungenügend.

Elektrische Antriebssysteme werden in der internationalen Normung in insgesamt neun verschiedenen Technischen Komitees behandelt (**Tabelle 1**), die jeweils für sich an ihrem Thema arbeiten. Erst seit Oktober 2022 gibt es die IEC & ISO Joint Advisory Group JAG 22, die sich intensiv mit der Koordination von mechanischen (ISO-Normen) und elektri-

schen Systemen (IEC-Normen) und deren möglichen Problemen und Entwicklungschancen befasst.

## Die Nachteile der Überdimensionierung

Ein Antriebssystem besteht mindestens aus einem Elektromotor und einer Anwendung (Pumpe, Ventilator, Kompressor usw.). Oft werden zudem Getriebe oder Transmissionen mit Riemern zwischen Motor und Anwendung zur Anpassung der Drehzahl eingesetzt. Zunehmend werden für die

Stromversorgung des Motors elektronische Frequenzumrichter eingesetzt, mit denen die Drehzahl stufenlos geregelt werden kann. Dadurch kann die Leistung des Elektromotors näher an den effektiven Bedarf (Drehzahl, Drehmoment, Leistung) gebracht und damit Strom gespart werden.

Eine überdimensionierte Maschine ist grösser, schwerer und sowohl in der Anschaffung als auch im Betrieb teurer als ein optimal dimensioniertes Antriebssystem. Die Komponenten laufen dann oft oder ständig im Teillastbereich und haben dadurch einen schlechteren Wirkungsgrad (**Bild 1**).

Eine Überdimensionierung bringt keine direkten Vorteile: Die nicht ausgelastete Maschine hat keine längere Lebensdauer und keinen wesentlich geringeren Wartungs- und Unterhaltsbedarf. Sie läuft zwar etwas kühler und verbraucht dadurch eventuell etwas weniger Schmiermittel, was sich aber nicht wesentlich auf die Betriebskosten und die störungsfreie Nutzungsdauer auswirkt. Bei stark überdimensionierten Anlagen kann es im Teillastbetrieb mit reduzierter Drehzahl zu Betriebsproblemen kommen, da die Kühlleistung des Antriebs durch den auf der Achse montierten Ventilator nicht immer gewährleistet ist.

Eine Überdimensionierung bei einer Neuanlage hat nur den Vorteil, dass eine zum Zeitpunkt der Projektierung noch unbekannte Leistung später bewältigt werden kann. Der Preis für die oft jahrelang nicht genutzte Investition ist jedoch selten gerechtfertigt.

## Zwei Arten der Überdimensionierung

Eine Überdimensionierung kann durch zwei Planungsmängel verursacht werden:

- Die Bestimmung der maximal nötigen mechanischen Ausgangsleistung der Anwendung im Betrieb (z. B. bei einem Ventilator: der gewählte Luftvolumenstrom und die angenommene Druckdifferenz für das Kanalsystem) ist ungenau oder falsch.

- Die Abstimmung der Komponenten des Antriebssystems untereinander auf die maximal erforderliche Leistung ist ungenügend.

Bei der Überprüfung und Verbesserung bestehender Anlagen kann die Ermittlung der maximal erforderlichen Leistung der Anwendung und der übrigen Komponenten durch Messung am elektrischen Eingang und bei grösseren Anlagen durch mechanische Messung während weniger Stunden am Ausgang genügend genau erfolgen. Bei neu geplanten Anlagen müssen diese Bestimmungsgrößen dagegen durch Berechnung oder Simulation des Tages- und Wochenverlaufs des Gesamtsystems ermittelt werden. Dazu stehen diverse elektronische Tools zur Verfügung, die aber immer auf den Angaben (Betriebspunktschätzungen) des Anlagenbetreibers basieren. Für die Bestimmung des maximalen Leistungsbedarfs gibt es Angaben in einzelnen Normen. Diese setzen voraus, dass der maximale Leistungsbedarf (Volumenstrom und Druckdifferenz) bekannt bzw. gut abschätzbar ist. Dies ist in vielen Anlagen nicht der Fall, da beispielsweise das Verteilsystem für die Luftkanäle oder Wasserleitungen noch nicht genügend genau bestimmt ist. Oft werden sekundäre Druckwiderstände (Filter, Wärmetauscher, Klappen etc.) ungenau oder falsch berechnet. In vielen Anwendungsfällen wird bei Lüftungsanlagen einfach ein schematischer «sicherer» Standardwert für die Druckdifferenz angenommen, der später nie erreicht wird.

## Ausmass und Folgen

Das Ausmass der Überdimensionierung kann durch Reihenuntersuchungen und Messungen nur abgeschätzt werden. Als Mass für die Dimensionierung wird der Lastfaktor verwendet, d. h. das Verhältnis der tatsächlich gemessenen elektrischen Eingangsleistung des Motors zur elektrischen Nennleistung, also der mechanischen Ausgangsleistung des Motors gemäss

Typenschild dividiert durch den nominalen Wirkungsgrad (**Tabelle 2**). Bei der Reduzierung der Motorgrosse sind der leicht verminderte Nennwirkungsgrad und der etwas bessere Teillastwirkungsgrad zu berücksichtigen.

Mit unserer nicht repräsentativen Schweizer Stichprobe aus dem Jahr 2013 mit 104 gemessenen Industrieanlagen zwischen 1 kW und 1000 kW konnte festgestellt werden, dass die mittlere Auslastung der untersuchten Antriebssysteme nur 52 % betrug und 68 % der gemessenen Anlagen unter einem Lastfaktor von 60 % liefen. Rund ein Viertel der Anlagen lief mit einem mittleren Lastfaktor zwischen 70 % und 100 % und ist somit gut dimensioniert.

Eine erste grobe Abschätzung der Grössenordnung des durch die Überdimensionierung von Antriebssystemen unnötig investierten Kapitals und der damit verschwendeten elektrischen Energie wurde in den USA 2019 veröffentlicht [1]; siehe auch [2]. Die Untersuchung an 342 Pumpen ergab eine mittlere Überdimensionierung von 22 % über den ganzen Leistungsbereich, wobei kleinere Pumpen tendenziell stärker überdimensioniert sind.

Bezogen auf den Gesamtstromverbrauch der Schweiz im Jahr 2023 von 56 TWh/a, bei dem rund 29 TWh/a auf elektrische Antriebssysteme fallen, wird der Mehrverbrauch durch Überdimensionierung auf 9 % (2,6 TWh/a), geschätzt. Dadurch entstehen jährlich unnötige Stromkosten von rund 400 Mio. CHF. Die überdimensionierten Anlagen führen zudem zu unnötigen Mehrinvestitionen im Bestand der Antriebsanlagen von rund 20 %, also 400 Mio. CHF.

## Es gibt viele Gründe

Die Begründungen für überdimensionierte Anlagen sind vielfältig und oft nachvollziehbar, aber nur teilweise gerechtfertigt (folgende Auflistung von Antworten aus der erwähnten internationalen Expertenbefragung und eigenen Erfahrungen):

| Komponente          | Motorensteuerung         |                        | Motor              | Mechanik        |           | Angetriebene Geräte |            |                     |                 |
|---------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|-----------|---------------------|------------|---------------------|-----------------|
| Technisches Komitee | IEC TC 121               | IEC TC 22 SC 22G       | IEC TC 2           | ISO TC 41       | ISO TC 60 | ISO TC 115          | ISO TC 117 | ISO TC 86           | ISO TC 118      |
| Name                | Switchgear & controlgear | Adjustable speed drive | Rotating machinery | Pulleys & belts | Gears     | Pumps               | Fans       | Cooling Compressors | Air Compressors |
| Gründungsjahr       | 1927                     | 1934                   | 1911               | 1947            | 1947      | 1964                | 1964       | 1957                | 1965            |

**Tabelle 1** Technische Komitees bei IEC und ISO für elektrische Antriebssysteme mit Gründungsjahr.

- Ein Antriebssystem wird für die bei der Planung bekannten Anwendungen und Prozesse gebaut, soll aber später auch für andere, noch unbekannte Anwendungen mit höheren Lasten und längeren Betriebszeiten genutzt werden können.
- Die Planungskosten für eine ingenieurmässige Auslegung und Dimensionierung werden eingespart, d.h. eine Anlage wird nur basierend auf groben Schätzungen bestellt.
- Die nur ungenau bekannte maximal benötigte Ausgangsleistung wird aus Angst vor einer möglichen Überlastung mit einem grosszügigen Sicherheitszuschlag für alle Komponenten erhöht. Werden Motor, FU und Anwendung jeweils um eine Grösse zu gross gewählt, ist das Gesamtsystem um rund die Hälfte überdimensioniert.
- Am Schluss wird der Motor dimensioniert, wobei für jede vorgelagerte Komponente ein Sicherheitszuschlag berücksichtigt wird.
- Die an der Planung und Ausführung der Anlage beteiligten Planer und Lieferanten empfehlen dem Kunden aus kommerziellem Interesse eine grössere und teurere Anlage.
- Der planende Ingenieur ist nicht unabhängig vom Lieferanten.
- Das Ingenieurhonorar ist ein Prozentsatz der Anlagekosten.
- Der Startprozess der Anlage wird nicht geklärt und ein überhöhtes Startdrehmoment angenommen.
- Motoren haben grosse, starr definierte Grössenunterscheide von 15-20 %, die keine Zwischendimensionen erlauben.

- Bei Mehrfachanlagen bleibt die Gleichzeitigkeit unberücksichtigt.
- Oft werden Ersatzmotoren für verschiedene Anwendungen an Lager gehalten.
- Die vermeintlich höhere Zuverlässigkeit einer Anlage wird höher gewichtet als ihre Energieeffizienz und Kostengünstigkeit.
- Eine konstante Leistung von 70 % bis 100 % wird als starke Belastung des Systems empfunden, die Störungen und einen höheren Wartungsaufwand bedingt.
- Eine schwankende Versorgungsspannung wird zum Anlass genommen, höhere installierte Motorenleistungen zu planen.
- Der Einsatz eines Frequenzumrichters zur Lastregelung wird als Vorwand genommen, um auf eine genauere Dimensionierung verzichten zu können.
- Die einzelnen Komponenten des Systems (FU, Motor, Getriebe, Anwendung) sind nicht richtig aufeinander abgestimmt.

Für die Dimensionierung der Komponenten eines Antriebssystems gibt es derzeit keine verbindlichen nationalen Richtlinien oder internationalen Normen. Es wird nach «Erfahrungswerten» vorgegangen, was zu überdimensionierten Antriebssystemen führt.

Integrierte Antriebssysteme

Viele kleine, in Grossserien hergestellte Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren bis etwa 5 kW werden heute von einem Hersteller hergestellt bzw. ihre massgeschneiderten Komponenten

assembliert. Dabei entfallen in der Regel durch die Integration von FU, Motor, evtl. Getriebe und Anwendung die Überdimensionierungsprobleme einzelner Komponenten, da die Hersteller gerne leichte, kompakte und kostengünstige Systeme anbieten. Das Problem der richtigen Anpassung an den tatsächlichen maximalen Leistungsbedarf bleibt bestehen. Viele Umwälzpumpen in Heizungen, viele Abluftventilatoren und viele Kältekompressoren in Kühlgeräten sind überdimensioniert. Die Erfahrungen aus den EU-Ecodesign-Richtlinien z.B. bei Staubsaugern, sind hierfür ein anschauliches Beispiel.

Überdimensionierung künftig vermeiden

Bis IEC- und ISO-Normen, wie in der JAG 22 diskutiert, die Dimensionierung der elektrischen Antriebssysteme und deren Komponenten durch Checklisten oder Empfehlungen regeln, sind wir auf verbesserte «Milchmädchenrechnungen» und einfache Ingenieur-Daumenregeln angewiesen. Der wichtigste Punkt ist dabei die möglichst präzise Bestimmung der maximal erforderlichen Ausgangsleistung und der dafür benötigten mechanischen Leistung an der Welle der Anwendung (Pumpe, Ventilator, Kompressor etc.). Während bei bestehenden Antriebssystemen dieser Maximalpunkt leicht und genau durch Messungen ermittelt werden kann, müssen bei neuen Anlagen vorher etwa 20 Planungsschritte und entsprechende Berechnungen und Entscheidungen durchlaufen werden.

|                           |              |                | Ist-Zustand | Soll-Zustand: kleiner |       |              |       |
|---------------------------|--------------|----------------|-------------|-----------------------|-------|--------------|-------|
|                           |              |                |             | eine Grösse           |       | zwei Grössen |       |
| Motor                     | Nennleistung | kW Output      | 11,0        | 7,5                   |       | 5,5          |       |
|                           | Nennleistung | Wirkungsgrad % | 88,4 %      | 87,2 %                |       | 86,1 %       | IEC   |
|                           |              | kW Input       | 12,44       | 8,60                  |       | 6,39         |       |
| Messung                   | im Betrieb   | kW Input       | 6,0         | 6,0                   |       | 6,0          |       |
| Lastfaktor                |              | %              | 48,2 %      | 69,8 %                |       | 93,9 %       |       |
| Wirkungsgrad              | Teillast     | %              | 83,0 %      | 85 %                  |       | 86,1 %       | IEC   |
| mittlere elektr. Leistung |              | kW             | 7,23        | 7,06                  |       | 6,97         |       |
| Betriebsstunden           |              | h/a            | 4500        | 4500                  |       | 4500         |       |
| Stromverbrauch            |              | kWh/a          | 32 530      | 31 765                | 2,4 % | 31 359       | 3,6 % |
| Strompreis                |              | CHF/kWh        | 0,16        | 0,16                  |       | 0,16         |       |
| Stromkosten               |              | CHF/a          | 5205        | 5082                  | 2,4 % | 5017         | 3,6 % |
|                           |              | Einsparung     | CHF/a       | 122                   |       | 187          |       |
| Motor                     | Kosten       | CHF            | 1100        | 750                   |       | 550          |       |
|                           | Einsparung   | CHF            |             | 350                   |       | 550          |       |

Tabelle 2 Beispiel zur Bestimmung des Lastfaktors und der Energieeinsparung bei korrekter Dimensionierung (Datenquellen: Motorgrössen und Wirkungsgrade IEC 60034-30-1, Teillastwirkungsgrade IEC 61800-9-2, Motorpreis aus Market Report 2020, Topmotors, [1]).

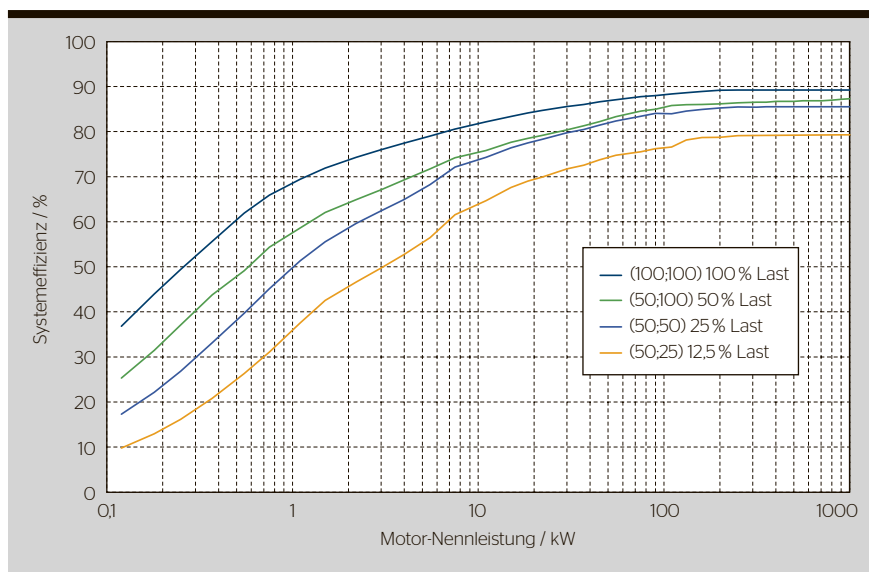
Fortschrittliche Berechnungsprogramme wie das unabhängige Motor-Systems-Tool [3] können die systematische Auswahl der Komponenten und die Optimierung des Antriebssystems erleichtern und internationale Normen und Mindestanforderungen direkt berücksichtigen. Herstellerabhängige Optimierungsprogramme sind selten auf das Gesamtsystem ausgerichtet und bevorzugen a priori nur Produkte aus dem Katalog eines Herstellers.

### Fazit

Schon lange ist bekannt, dass elektrische Antriebssysteme weltweit – auch in der Schweiz – für rund die Hälfte des Stromverbrauchs verantwortlich sind [4]. Die Entwicklung von effizienteren Motoren und den von ihnen angetriebenen Anwendungen wie Ventilatoren und Pumpen, sowie von Frequenzumrichtern für ihre bessere Regelung ist dank den EU-Mindestanforderungen seit einem Jahrzehnt in vollem Gange. Die Vorteile effizienter Antriebssysteme sind jedoch noch wenig bekannt, auch weil das IEC- und ISO-Normensystem noch wenig dazu beigetragen hat.

Mit der Gründung der Joint Advisory Group JAG 22 in IEC und ISO wurde 2022 der Startschuss für eine bessere Integration der mechanischen und elektrischen Komponenten zu lastabhängig geregelten Systemen gegeben.

Das Thema der korrekten Dimensionierung wurde aber bisher vernachlässigt und weder unter Kosten- noch



**Bild 1** Systemwirkungsgrad von IE2-Elektromotoren mit IE1-Frequenzumrichter bei Nennlast (100 %) und im Teillastbereich. Die Wirkungsgradaten stammen aus der IEC 60034-30-1 für Motoren und der IEC 61800-9-2 für Frequenzumrichter.

unter Energieeffizienzgesichtspunkten berücksichtigt, obwohl überdimensionierte Systeme weltweit verbreitet sind. Um die Überdimensionierung bei neuen Systemen zu reduzieren, sind noch erhebliche Änderungen der Gewohnheiten von Ingenieuren und Herstellern nötig. Das internationale Programm 4E EMSA [5] liefert hierfür wichtige Grundlagen.

### Referenzen

- [1] NEEA: Extended Motor Products Savings Validation Research on Clean Water Pumps and Circulators, Report #E19-307, Portland Oregon, USA, 2019.

- [2] Conrad U. Brunner, Maarten van Werkhoven, ISO and IEC work together to improve Energy Efficient Electric Motor Driven Systems, (IEC & ISO JAG 22), EEMODS 2023, Lucerne, Switzerland.  
[3] EMSA Motor-Systems-Tool, Danish Institute of Technology. [www.iea-4e.org/emsa/our-work/emsa-tools](http://www.iea-4e.org/emsa/our-work/emsa-tools)  
[4] Paul Waide, Conrad U. Brunner et al.: Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems, IEA, France 2011.  
[5] IEA 4E, Technical Cooperation Programme, Electric Motor Systems Platform. [www.iea-4e.org/emsa](http://www.iea-4e.org/emsa)

### Autor

**Conrad U. Brunner** ist Energieplaner und Mitglied der Joint Advisory Group JAG 22 von IEC und ISO.  
→ CUB, 8032 Zurich  
→ [cub@cub.ch](mailto:cub@cub.ch)

### RÉSUMÉ

## Entraînements électriques surdimensionnés

Adopter une approche systémique des systèmes d'entraînement

Les systèmes d'entraînement électriques représentent environ la moitié de la consommation mondiale d'électricité, y compris en Suisse. Depuis dix ans, les exigences minimales de l'UE ont permis d'améliorer le rendement des moteurs ainsi que des équipements qu'ils entraînent, comme les ventilateurs et les pompes. L'optimisation des convertisseurs de fréquence a également progressé, facilitant une gestion plus efficace de l'énergie. Pourtant, les avantages de ces systèmes restent encore mal connus, notamment parce que les normes IEC et ISO n'ont pas suffisamment contribué à leur diffusion. La création en 2022 du Joint Advisory Group JAG 22 au sein de l'IEC et de l'ISO marque une avancée vers une

meilleure intégration des composants mécaniques et électriques dans des systèmes à gestion adaptative de la charge.

Cependant, le dimensionnement optimal des entraînements n'a pas encore reçu l'attention nécessaire. Cet aspect, pourtant central en matière de coûts et d'efficacité énergétique, reste insuffisamment pris en compte, bien que la surdimension des entraînements soit une réalité courante. Pour la limiter dans les nouveaux systèmes, il est impératif de faire évoluer les pratiques des ingénieurs et fabricants. À cet égard, le programme international 4E EMSA fournit des bases essentielles pour guider cette transition vers des entraînements électriques plus performants.

GIRSBERGER  
INFORMATIK

## SOFTWARE FÜR ENERGIE UND EFFIZIENZ

Girsberger Informatik AG  
Bahnhofstrasse 53  
CH-6440 Brunnen  
+41 41 822 00 00 giag.ch

swiss made software



**pronutec AG**

Starkstromkomponenten  
von den Experten



Composants basse tension  
par des experts



pronutec AG  
Rosenweg 3  
6234 Triengen

041 545 86 70  
info@pronutec.ch  
[www.pronutec.ch](http://www.pronutec.ch)

## Informationsanlass

zur Nachhaltigkeit von Transformatoren und ihrem Netz

8.30 Uhr Eintreffen und Begrüssungskaffee

9.00 Uhr thyssenkrupp Electrical Steel

10.30 Uhr Cargill Bioindustrial

13.30 Uhr Maschinenfabrik Reinhausen GmbH

15.00 Uhr MG Power Engineering

Bitte melden Sie sich bis spätestens 28. März 2025 an.

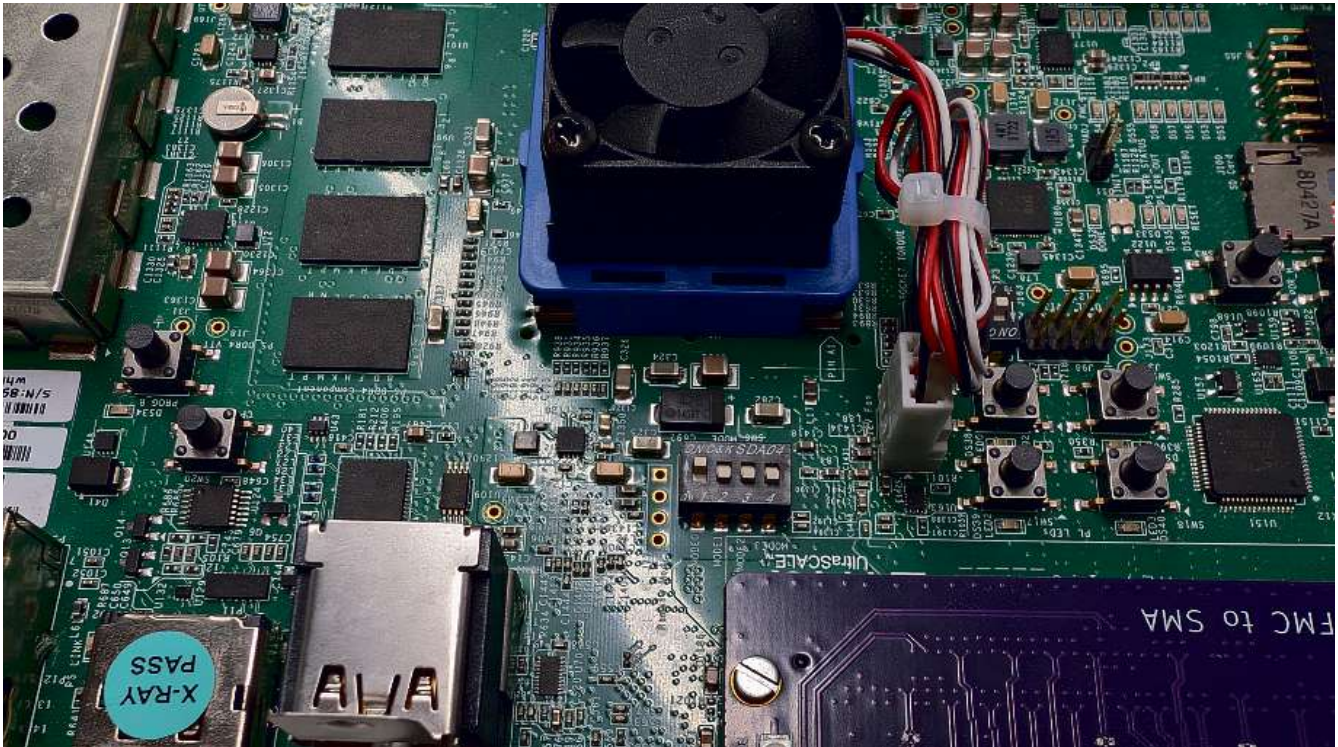
Hier geht's zur  
Anmeldung:



**Rauscher  
Stoecklin**

A company of R&S





# Ultraschneller FPGA-basierter AD-Wandler

**Digitalisierung** | Ein neues Design für AD-Wandler, die mit Field Programmable Gate Arrays (FPGA) ohne zusätzliche externe Komponenten realisiert werden, ermöglicht es, fast jeden digitalen Ein-/Ausgang (I/O) eines FPGA als ADC-Kanal zu nutzen. Dank der vielen I/O-Ports in modernen FPGA-Systemen kann so ein dichtes und leistungsfähiges ADC-Array auf einem einzigen FPGA realisiert werden.

LUKAS LEUENBERGER

**A**nalog-Digital-Wandler (ADCs) sind aus der heutigen Welt nicht mehr wegzudenken. Es gibt sie in zahlreichen Implementierungen und Spezifikationen, um den unterschiedlichen Anwendungsanforderungen gerecht zu werden. Um eine aufwendige analoge Signalverarbeitung zu vermeiden, geht der Trend zudem immer mehr dahin, den Digitalisierungsprozess möglichst früh in der Signalverarbeitungskette anzusiedeln. Daher werden ADCs zunehmend direkt in digitale Plattformen wie Field Programmable Gate Arrays (FPGAs) und Mikroprozessoren integriert. Solche ADCs sind jedoch oft für einen

bestimmten Anwendungsbereich optimiert und bieten nur eine begrenzte Flexibilität.

Ein FPGA ist ein hochflexibler, rekonfigurierbarer integrierter Schaltkreis (IC), der aus einer grossen Anzahl programmierbarer Logikblöcke und Verbindungsstrukturen besteht. Im Gegensatz zu fest verdrahteten ICs kann ein FPGA nach der Herstellung vom Anwender programmiert werden. Durch diese Reprogrammierbarkeit können FPGAs in einem breiten Spektrum von Anwendungen eingesetzt werden, von der Videodatenverarbeitung über die Beschleunigung von Kryptographiealgorithmen bis hin zu

schnellen Kommunikationssystemen und KI-Anwendungen. FPGAs enthalten zudem häufig noch verschiedene spezialisierte Hardwareelemente wie Digitale Signalverarbeitungsblöcke (DSP), Anbindungen an Hochgeschwindigkeitsspeicher und Schnittstellen mit hohen Datenraten. All diese Eigenschaften machen FPGAs besonders attraktiv für Aufgaben, die viel Rechenleistung und hohe Geschwindigkeiten erfordern.

Während herkömmliche FPGA-basierte ADCs immer auf externe Komponenten angewiesen sind, geht der am Institut für Mikroelektronik, Embedded Systems und Sensorik

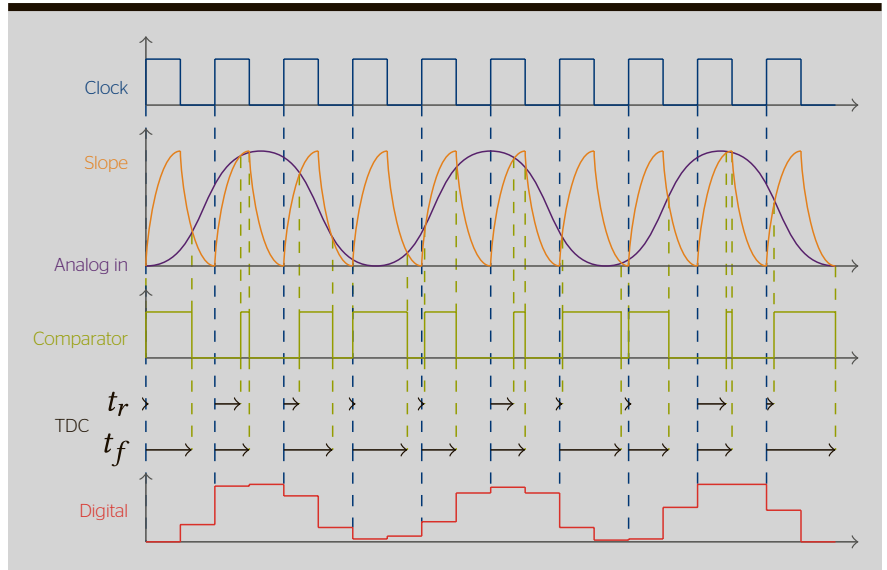
(IMES) der Ostschweizer Fachhochschule (OST) entwickelte FPGA-basierte ADC einen neuen Weg: Er kommt erstmals vollständig ohne zusätzliche externe Komponenten aus und nutzt ausschliesslich die im FPGA vorhandenen Ressourcen. Durch diesen Ansatz ist es möglich, einen flexibel an die Aufgabe angepassten ADC in ein bestehendes FPGA zu integrieren.

### Funktionsprinzip

Der entwickelte ADC basiert auf dem Prinzip eines Rampen-ADC. In **Bild 1** wird das Funktionsprinzip aufgezeigt. Bei einem solchen ADC wird aus einem Takt (blau) eine ansteigende und abfallende Spannungsrampe (gelb) erzeugt. Diese Spannungsrampe wird mit Hilfe eines Komparators (grün) ständig mit dem zu messenden analogen Eingangssignal (violett) verglichen. Der Komparator ändert dabei seinen Ausgangszustand, sobald die Rampe die Analogspannung über- respektive unterschreitet. Ein nachgeschalteter Zeitmessblock, genannt Zeit-Digital-Wandler (TDC), misst anschliessend die Zeit (schwarz) vom Beginn der Rampe bis zum Umschalten des Komparators. Mit der Kenntnis über die Form der Rampe sowie der ermittelten Zeitinformation kann anschliessend eine digitale Repräsentation (rot) des analogen Signals erstellt werden.

### Neuartige Architektur

Rampen-ADCs eignen sich besonders gut für die Implementierung in einem FPGA, da sie keine hochpräzisen Analogkomponenten benötigen und alle nötigen Elemente in einem FPGA implementiert werden können. Eine Übersicht über die Architektur ist in **Bild 2** dargestellt. Darüber hinaus wird in den folgenden Abschnitten näher auf die Implementierung der wichtigsten Funktionsblöcke eingegangen.



**Bild 1** Funktionsprinzip des entwickelten ADCs.

**Spannungsrampe:** Moderne FPGAs erlauben es, die Impedanz eines Ausgangs-Buffers zu verändern. Durch die Wahl einer hohen Impedanz und unter Ausnutzung der parasitären Kapazität eines FPGA-Pins und des zugehörigen Pads ist es möglich, einen in einem FPGA generierten Takt so zu verlangsamen, dass eine Rampe entsteht.

**Komparator:** Low Voltage Differential Signaling (LVDS) ist eine Schnittstelle, die für Hochgeschwindigkeits-Datenübertragungen verwendet wird und auch in FPGAs integriert ist. Mit Hilfe eines LVDS-Komparators wird ein differentielles LVDS-Signal in ein digitales Signal umgewandelt. Dieser LVDS-Komparator kann im entwickelten ADC verwendet werden, um die erzeugte Spannungsrampe mit der analogen Eingangsspannung zu vergleichen.

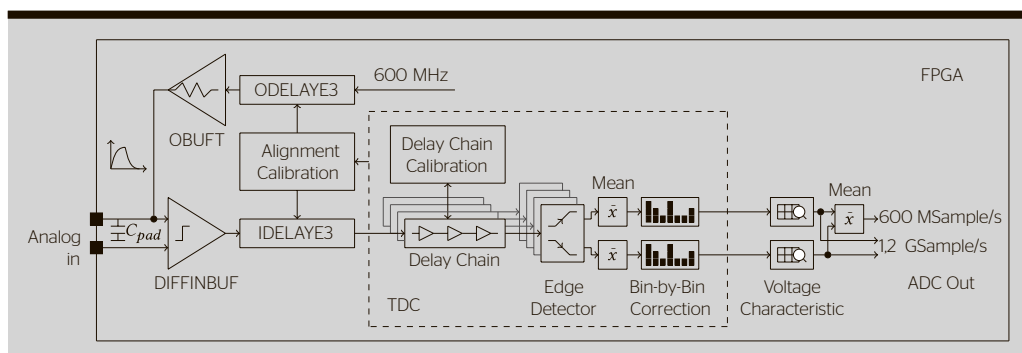
**Zeit-Digital-Wandler:** FPGAs bieten auch Strukturen, welche die Integration sogenannter Tapped-Delay-Line TDCs ermöglichen. Dabei wird

eine Kette mit möglichst gleichen Verzögerungselementen aufgebaut. Dazu kann die in FPGAs vorhandene Carry-chain genutzt werden. Dies ist eine Schaltung, die speziell für schnelle Additionen entwickelt wurde. Nach jedem Verzögerungselement wird ein Abgriff platziert und auf Speicherelemente, sogenannte Flip-Flops (FF), geführt.

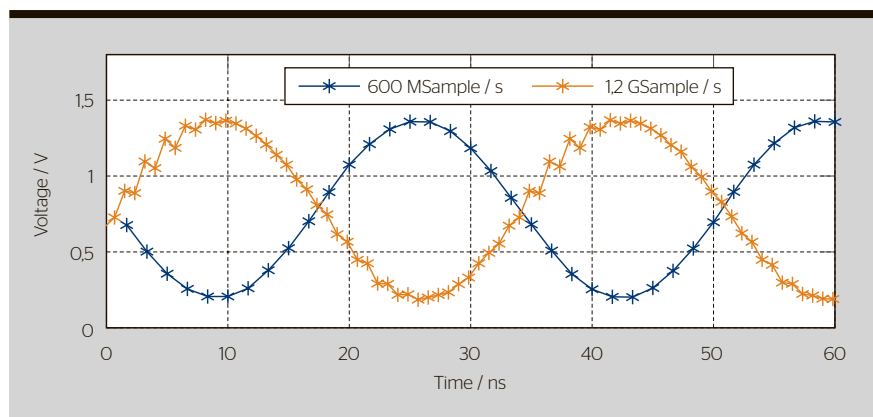
In regelmässigen Abständen wird der Zustand der Verzögerungskette in ihnen gespeichert. Durch die Kenntnis über die Verzögerung eines Verzögerungselements kann anschliessend bestimmt werden, wann eine Veränderung im Signal auftritt. Mit dieser TDC-Architektur ist es möglich, eine Zeitauflösung von einigen Picosekunden zu erreichen.

### Kalibrierung und Korrekturen

Um eine hohe Messgenauigkeit sicherzustellen, sind verschiedene Kalibrierungs- und Korrekturverfahren notwendig:



**Bild 2** Architektur des neuartigen FPGA-basierten ADCs.



**Bild 3** Messung eines 30-MHz-Sinus.

**Verzögerung eines Verzögerungselements:** Die mittlere Verzögerung in der Verzögerungskette hängt von der Temperatur sowie von Prozessparametern ab, die bei der Herstellung von FPGAs schwanken. In Messungen, durchgeführt am OpenLab@OST, wurden Unterschiede von bis zu 20% bei FPGAs des gleichen Typs gemessen. Die Kalibration kann aber gut mit im FPGA erzeugten Signalen durchgeführt werden und muss bei Temperaturänderungen wiederholt werden.

**Alignierung der Spannungsrampe:** Da die Signallaufzeiten innerhalb des FPGAs variieren können, muss der Abtasttaktzeitpunkt des TDC an die generierte Rampe angepasst werden. Dadurch wird sichergestellt, dass der Zeitpunkt des Umschaltens des Komparators genau bestimmt

werden kann. Die Alignierung erfolgt durch die Verwendung von einstellbaren Verzögerungselementen, die direkt im FPGA-Pad vorhanden sind. Diese Kalibrierung muss einmalig für eine Implementation durchgeführt werden.

**Korrektur nichtlinearer Effekte:** Aufgrund der kleinen Strukturgrößen moderner FPGAs weisen die Verzögerungselemente der Verzögerungskette keine homogenen Verzögerungen auf. Mit der Hilfe einer sogenannten Bin-by-Bin-Korrektur wird die Nichtlinearität des TDCs ausgeglichen. Dadurch wird eine konstante Auflösung über den gesamten Messbereich gewährleistet. Auch diese Kalibration kann mit Hilfe von im FPGA generierten Signalen erfolgen, muss aber nur einmal beim Aufstarten durchgeführt werden.

**Charakteristik der Spannungsrampe:** Die im FPGA generierte Rampe ist nichtlinear und entspricht einer Lade- und Entlade-Kurve eines Kondensators. Um diese Charakteristik zu bestimmen, wird eine bekannte, langsame Rampe an den analogen Eingang des ADCs angelegt. Mit den so gewonnenen Messwerten kann anschliessend die Charakteristik der Rampe berechnet und mit einer einfachen Look-up-Tabelle korrigiert werden. Messungen haben zudem gezeigt, dass es ausreichen sollte, diese Messung einmal im Rahmen eines Produktionstests durchzuführen.

## Resultate

Der ADC wurde auf einem UltraScale+ FPGA von AMD-Xilinx implementiert und am OpenLab@OST ausgemessen. Er kann mit einer Abtastrate von 600 MSample/s oder 1,2 GSample/s betrieben werden. Mit dem 600 MSample/s ADC wird eine effektive Anzahl an Bits (ENOB) von 7 bit erreicht, während die 1,2 GSample/s Version des ADC eine ENOB von 5,3 bit erreicht. Der Spannungsbereich reicht von 0,15 V bis 1,45 V. Leider kann nicht der gesamte Spannungsbereich des FPGAs genutzt werden, da der LVDS-Komparator zwei Totbereiche hat, in denen er nicht funktioniert.

Die differenzielle Nichtlinearität (DNL) liegt im Bereich von -0,9 bis 0,9 Bit für den 600 MSample/s-ADC und -1 bis 1,6 Bit für die 1,2 GSample/s-Version. Die integrale Nichtlinearität

## RÉSUMÉ

## Un convertisseur analogique-numérique ultrarapide réalisé avec un FPGA

### Numérisation

Un nouveau design de convertisseurs analogiques-numériques (analog-to-digital converter, ADC), réalisés avec des FPGA (Field Programmable Gate Arrays, ou réseaux de portes programmables in situ) sans composants externes supplémentaires, offre de nombreux avantages. L'architecture de ce convertisseur est exceptionnellement flexible, car il est exclusivement constitué des composants internes du FPGA. Cela simplifie considérablement l'intégration et l'adaptabilité. Grâce à son entière configurabilité, le convertisseur analogique-numérique peut être adapté à une multitude d'applications en modifiant simplement la logique interne du FPGA.

L'une des caractéristiques de cette conception est la possibilité de convertir presque chaque entrée/sortie numé-

rique (I/O) d'un FPGA en un canal ADC autonome. En raison du nombre élevé de ports I/O disponibles dans les systèmes FPGA modernes, il est ainsi possible de réaliser une matrice ADC haute densité et haute performance directement sur un seul FPGA. Cela permet un maximum de parallélisation et d'évolutivité sans avoir besoin d'espace ou de circuits externes supplémentaires.

De plus, l'intégration complète dans un FPGA permet d'effectuer facilement une mise à niveau des systèmes existants. Comme aucun composant supplémentaire n'est nécessaire, l'ADC peut être utilisé directement dans le FPGA, sans modification du matériel (circuit imprimé, PCB). Ainsi, la fonctionnalité est étendue sans avoir à changer la conception existante.

(INL) beträgt  $-1,1$  bis  $0,9$  Bit für die langsamere Implementierung und  $-1,1$  bis  $1,2$  Bit für die schnellere Variante.

In **Bild 3** wird die Messung eines 30-MHz-Sinus dargestellt, wobei die blaue Kurve die Messung mit einem 600 MSample/s-ADC und die orange Kurve die Messung mit einer Abtast-rate von 1,2 GSsample/s zeigt. Bei beiden Messungen ist der 30-MHz-Sinus deutlich rekonstruierbar. Erwähnenswert ist auch die Latenz des ADCs. Diese beträgt gerade einmal 43 ns, was bedeutet, dass nach dieser Zeit bereits der Messwert am Ausgang des ADCs verfügbar ist.

### Vielseitige Anwendungen

Die Architektur dieses ADCs ist aussergewöhnlich flexibel, da er nur aus FPGA-internen Komponenten aufgebaut ist. Dadurch werden keine exter-

nen Komponenten benötigt, was sowohl die Integration als auch die Anpassbarkeit erheblich vereinfacht. Durch seine vollständige Konfigurierbarkeit kann der ADC an eine Vielzahl von Anwendungen angepasst werden, indem lediglich die interne FPGA-Logik modifiziert wird.

Ein herausragendes Merkmal dieses Designs ist die Möglichkeit, nahezu jeden digitalen Ein-/Ausgang (I/O) eines FPGAs in einen eigenständigen ADC-Kanal umzuwandeln. Aufgrund der hohen Anzahl verfügbarer I/O-Ports in modernen FPGA-Systemen kann so ein hochdichtes und leistungsfähiges ADC-Array direkt auf einem einzigen FPGA realisiert werden. Dies ermöglicht ein Höchstmass an Parallelisierung und Skalierbarkeit, ohne dass zusätzlicher Platz benötigt wird oder externe Schaltungen zum Einsatz

kommen müssen. Darüber hinaus ermöglicht die vollständige Integration in ein FPGA eine einfache Nachrüstung in bereits bestehenden Systemen. Da keine zusätzlichen Bauteile benötigt werden, lässt sich der ADC direkt im FPGA verwenden, ohne dass Änderungen an der Hardware wie zum Beispiel an der Leiterplatte (PCB) vorgenommen werden müssen. Dadurch bleibt das bestehende Design unverändert, während die Funktionalität erweitert wird.

#### Literatur

→ [doi.org/10.1145/3431920.3439287](https://doi.org/10.1145/3431920.3439287)

#### Link

→ [ost.ch/imes](http://ost.ch/imes)

#### Autor

**Lukas Leuenberger** forscht am Institut für Mikroelektronik, Embedded Systems und Sensorik.

→ OST, 8640 Rapperswil

→ [lukas.leuenberger@ost.ch](mailto:lukas.leuenberger@ost.ch)



## Elektrifizierende Innovation im Starkstrombereich

mit COMSOL Multiphysics®

Schnelle Marktreife von Netzkomponenten verlangt nach intelligenten Designinnovationen und effizienter Produktentwicklung. Dies erreichen innovative Branchenführer durch Multiphysik-Simulation. Testen und optimieren auch Sie Ihre Produkte virtuell – lange vor dem ersten Prototypen.



ERFAHREN SIE MEHR  
[comsol.com/feature/elektromagnetische-innovation](https://comsol.com/feature/elektromagnetische-innovation)

# Surveiller et façonner le réseau interconnecté européen

**Deux décennies de recherche** | L'entrée en fonction de Walter Sattinger chez Etrans, aujourd'hui Swissgrid, à Laufenburg, a été pour lui une véritable mine d'or. Les données collectées au niveau du réseau y offrent aux chercheurs en transport électrique une source d'informations unique. Dans cet entretien, il revient sur son parcours et partage ses expériences dans un contexte international.



## En quelques mots

Après avoir obtenu son doctorat à l'Université de Stuttgart, Walter Sattinger a travaillé pour une entreprise allemande spécialisée dans le développement de logiciels de calcul de réseau. En mars 2003, il a rejoint Etrans, aujourd'hui Swissgrid, à Laufenburg, où il s'est consacré aux stratégies de rétablissement du réseau. Jusqu'à sa retraite en 2024, il a occupé le poste de Principal Grid Studies Engineer, contribuant activement à l'évolution et à l'amélioration de la fiabilité du réseau haute tension européen. Il poursuit désormais son engagement en tant que consultant à temps partiel pour Swissgrid.

→ Swissgrid AG, 5001 Aarau  
→ walter.sattinger@swissgrid.ch

**Bulletin:** Si l'on compare les réseaux électriques des États-Unis et de l'Europe, on constate des différences entre les systèmes: aux États-Unis, la fréquence est de 60 Hz, tandis qu'ici, elle est de 50 Hz. L'Europe a-t-elle fait le bon choix à l'époque? Ou cela n'a-t-il pas d'importance?

**Walter Sattinger:** Non, cela n'a pas vraiment d'importance. Ce qui est intéressant, c'est que Rheinfelden a aussi joué un rôle dans la «guerre des courants» entre Thomas Edison et Nikola Tesla. Nikola Tesla défendait le courant triphasé, Edison le courant continu, ce qui a conduit à l'émergence de fréquences différentes. À Rheinfelden, une première grande centrale utilisant du courant triphasé à 50 Hz a été construite, tandis qu'aux États-Unis, on utilisait encore un système monophasé à 40 Hz. Il y avait donc une concurrence entre Rheinfelden et les chutes du Niagara, et c'est le courant triphasé qui s'est finalement imposé dans le monde. Deux fréquences différentes subsistent néanmoins. Il faut reconnaître que 60 Hz présente un léger avantage, car les moteurs peuvent être plus petits, mais les États-Unis ont un désavantage avec leur tension de 110 V. Lorsqu'une norme s'établit, il devient pratiquement impossible d'en dévier. C'est comme pour les chemins de fer et leur fréquence de 16,7 Hz. Aujourd'hui, on pourrait concevoir des moteurs ferroviaires fonctionnant à 50 Hz, mais ce n'était pas possible autrefois. Je suis convaincu que la décision d'opter pour le 50 Hz et le courant triphasé était la bonne.

**Quel est le rôle du Cigre dans ce contexte?**

Le Cigre est également impliqué. Son nom vient du français: Conseil

International des Grands Réseaux Électriques. Pendant longtemps, l'organisation s'est concentrée exclusivement sur la haute tension, mais aujourd'hui, son champ d'action s'est élargi à la moyenne et basse tension. Parallèlement, le Cired s'occupe spécifiquement des réseaux de distribution. Il y a eu souvent des discussions sur une éventuelle fusion, mais je pense qu'il est préférable qu'elles restent distinctes. Ce qui distingue le Cigre, c'est sa présence équilibrée à l'échelle mondiale, contrairement à l'IEEE, qui est fortement axée sur les États-Unis. De plus, il est bien plus orienté vers la pratique, tandis que l'IEEE reste une référence académique, où seule une fraction des publications trouve une application concrète. Certes, le Cigre est moins prestigieux en matière de publications, mais pour les ingénieurs de terrain, il est plus accessible et utile. Ses brochures techniques offrent une expertise de premier ordre, directement issue de l'expérience pratique.

**Et cela est-il aussi utile pour la collaboration internationale et le réseautage?**

Oui, absolument. C'est un immense avantage, et je recommande vivement aux jeunes ingénieurs de s'impliquer dans les groupes de travail. Cela leur permet d'être au cœur des évolutions du secteur et de se tenir informés des développements en cours.

**Vous avez rédigé plusieurs articles pour le Bulletin, le premier, en 2003, en lien avec le black-out en Italie et les recherches menées ensuite sur la mesure de température des conducteurs au col du Lukmanier. Vous y avez comparé trois méthodes: le Power-**

**Donut, qui mesure directement la température, la Clearance Assurance of Transmission Lines, basée sur la mesure de la tension mécanique, et le Line Thermal Monitoring, qui estime la température à partir du courant et des pertes. Laquelle de ces méthodes s'est imposée ?**

La méthode basée sur la mesure du courant est souvent privilégiée, car elle ne nécessite pratiquement aucun appareil de mesure supplémentaire. Grâce à l'évaluation des pertes, la température peut être estimée avec précision. À l'échelle internationale, peu de ces méthodes se sont véritablement imposées. En dehors de celles citées, on trouve encore la mesure des vibrations, développée par une entreprise belge, ainsi que la mesure directe de la température en cinq points du conducteur, une technique mise au point par une petite entreprise viennoise, que nous utilisons également. Cette dernière s'est assez bien implantée sur le marché. Elle avait initialement été conçue après le scandale de l'ESB pour surveiller la température des décharges, avant d'être adaptée aux lignes électriques.

**Quelle est l'importance de ces méthodes pour l'exploitation du réseau de transport ?**

Ces méthodes apportent un soutien à l'exploitation du réseau, mais elles ne sont pas strictement indispensables. Elles offrent un contrôle supplémentaire, car la gestion thermique des conducteurs est un sujet complexe. De nombreux facteurs influencent leur température, certains les réchauffent, d'autres les refroidissent. L'élément principal qui provoque une montée en température est bien entendu le courant, qui définit la limite de charge des conducteurs. À l'inverse, la pluie peut réduire la température d'environ 10°C, tandis que le vent, s'il souffle perpendiculairement et avec une certaine intensité, peut provoquer un refroidissement allant jusqu'à 20 à 30°C. L'ombrage joue aussi un rôle important : un ensoleillement indirect peut entraîner une élévation de température d'environ 10°C. Après le black-out en Italie, nous avons dû nous pencher sur ces effets, car une ligne était arrivée trop près des arbres.

À l'époque, le CEO, Karl Imhoff, m'a demandé quelles solutions existaient, et ma réponse a été : il faut mesurer.

Nous avons alors exploré le marché, en collaboration avec Atel. Après le black-out, des fonds ont rapidement été débloqués pour ce type de recherches. C'est le paradoxe des grandes perturbations : elles peuvent causer des dégâts importants, mais elles permettent aussi de mettre en lumière un problème et d'obtenir des ressources pour l'étudier et le résoudre.

Le monitoring est également utilisé pour optimiser l'exploitation du réseau, notamment pour permettre de dépasser temporairement les courants nominaux. Cette approche est appliquée dans le monde entier. Cependant, elle exige une grande prudence, car une surchauffe excessive d'un conducteur présente deux risques majeurs. D'une part, le conducteur peut passer d'une déformation élastique à une déformation plastique, ce qui l'endommage irrémédiablement. Il reste alors affaibli et doit être remplacé, ce qui représente certes un préjudice financier, mais reste moins grave que le second danger. En effet, si les distances de sécurité minimales ne sont plus respectées et qu'un véhicule ou une personne passe en dessous, les conséquences peuvent être fatales. Dans ce cas, le gestionnaire de réseau risque de lourdes responsabilités, y compris pénales. Ces méthodes de gestion thermique basées sur les conditions météorologiques sont aujourd'hui bien maîtrisées, mais l'opérateur doit parfaitement savoir ce qu'il fait afin que la température critique du conducteur ne soit jamais dépassée.

**Et cette limite est de 80 °C ?**

Oui. Nous avons mené des études avec l'Empa en plaçant ces conducteurs dans un four et une chambre climatique afin d'analyser l'évolution de leur structure matérielle. En Suisse, nous utilisons des conducteurs Aldrey, composés d'un alliage d'aluminium contenant 0,5% de magnésium et 0,5% de silicium, qui sont relativement peu répandus dans le monde. À l'étranger, il est plus courant d'utiliser des câbles avec une âme en acier. En Suisse, nous avons conçu des pylônes plus fins, ce qui nous a conduits à opter pour ces conducteurs un peu plus légers.

Aujourd'hui, lorsqu'un ancien conducteur est démonté, nous avons la possibilité de le faire analyser par l'Empa afin d'évaluer son processus

de vieillissement. Cela permet de déterminer s'il aurait pu être utilisé encore dix ans ou s'il a été remplacé au bon moment. De plus, nous savons désormais qu'un conducteur, tout comme un bon jambon, doit être suspendu pendant une à quatre semaines avant d'appliquer la tension finale, afin de permettre aux matériaux de se stabiliser.

**Dans un article, vous avez abordé l'interconnexion entre l'Europe de l'Ouest et l'Europe du Sud-Est. Comment la situation a-t-elle évolué au cours des deux dernières décennies ?**

Ce développement du réseau est une véritable success-story. Tout a commencé en 1958 à Laufenburg, où l'Allemagne, la France et la Suisse ont été interconnectées pour la première fois. Ensuite, différentes étapes d'expansion ont suivi. L'hydroélectricité des Alpes a été reliée aux centrales à charbon du centre de l'Allemagne. En hiver, lorsque les ressources en eau étaient faibles, les centrales hydroélectriques pouvaient être révisées et du courant issu du charbon était importé du nord. En été, c'était l'inverse : avec la fonte des neiges, les centrales allemandes pouvaient être mises à l'arrêt pour maintenance tandis que l'électricité hydraulique couvrait les besoins. C'est ainsi qu'ont débuté les premiers échanges d'électricité. Progressivement, les réseaux ont été de plus en plus interconnectés afin d'absorber d'éventuelles pannes sans conséquences graves.

Cette entraide mutuelle est le principe fondamental du fonctionnement en réseau maillé, que ce soit pour l'eau, l'électricité, le gaz ou les télécommunications. Cela comporte néanmoins certains inconvénients, car un pays peut être affecté par les problèmes de ses voisins. Pour éviter cela, des mécanismes précis de gestion des perturbations ont été mis en place. L'objectif est de rester interconnecté le plus longtemps possible, mais si nécessaire, une séparation automatique se produit pour protéger le réseau. Certaines zones peuvent alors fonctionner en îlot avant d'être reconnectées.

En résumé, c'est tout le principe de l'interconnexion des réseaux : un projet qui a débuté avec trois pays et qui couvre aujourd'hui presque toute l'Europe continentale.



La centrale électrique de Laufenburg en 1953, cinq ans avant la création de l'« étoile de Laufenburg », qui est à l'origine du réseau interconnecté de l'Europe continentale.

### Quelles ont été les étapes ?

Un tournant majeur a eu lieu au début des années 1970 avec le raccordement de l'ex-Yougoslavie, ce qui a permis d'acquérir de l'expérience, notamment sur le réglage des régulateurs pour éviter les oscillations entre réseaux. À plusieurs reprises, il a fallu interrompre la connexion pour optimiser certains réglages, en particulier sur une centrale hydroélectrique du Danube, où les performances ont été vérifiées. Ce savoir-faire a ensuite été réutilisé lors du prochain grand raccordement, avant la chute du rideau de fer, avec l'intégration de l'Allemagne de l'Est, de la Hongrie, de la Pologne et de la Tchécoslovaquie. Cette connexion des deux zones du réseau UCTE s'est faite en 2004, un an après mon arrivée à Laufenburg. J'ai eu la chance d'y participer.

Une autre étape clé est intervenue en 2010 avec le raccordement de la Turquie. Ensuite, il ne s'est plus rien passé jusqu'en 2022, lorsque l'urgence a conduit à l'intégration de l'Ukraine. Tout avait été préparé en amont, mais ce qui devait prendre trois ans a été réalisé en trois semaines. Nous étions en train de finaliser les tests de connexion pour vérifier la capacité des centrales lorsque la guerre a éclaté. À l'origine, l'Ukraine devait être reconnectée au réseau russe, mais après l'invasion, cette option est devenue impossible. Le pays a dû fonctionner en îlotage durant

quelques semaines, le temps de tout terminer, avant d'être finalement raccordé au réseau européen. Au début, nous importions surtout de l'électricité ukrainienne, car toutes les centrales nucléaires étaient encore en service, y compris celle de Zaporijia – la plus grande d'Europe (6000 MW) –, aujourd'hui sous contrôle russe et réduite au strict minimum pour le refroidissement. Actuellement, l'Ukraine est reliée à l'Europe via huit interconnexions, et début février 2025, les États baltes sont encore venus s'y ajouter. Nous avons désormais pour ainsi dire atteint les limites de la stabilité du réseau.

Dès l'intégration de la Turquie, nous savions que cela ne serait possible qu'avec un amortissement artificiel via l'électronique de puissance et des réglages spécifiques pour éviter les oscillations. Autant de projets passionnants auxquels j'ai eu la chance de contribuer. Mettre en place de telles interconnexions prend souvent une dizaine d'années : il faut collaborer avec les partenaires, harmoniser les paramètres de protection, effectuer des mesures, etc. J'ai ainsi eu l'opportunité d'apporter ma contribution à l'histoire du réseau électrique européen.

**En Turquie, vous avez décrit dans un article le problème des pompes d'irrigation en Anatolie, qui avaient provoqué un effondrement de tension**

### entraînant une hausse de fréquence perceptible jusqu'en Europe du Nord. Cette situation a-t-elle été résolue ?

Oui, le problème a été atténué. Je ne sais pas exactement comment, car la région concernée est située à la frontière syrienne et reste une zone de tensions. Théoriquement, plusieurs solutions étaient envisageables. Soit la surface cultivée a été réduite, ce qui a par conséquent diminué les besoins en irrigation, soit les autorités ont effectivement mis en œuvre les deux mesures annoncées. La première consistait à remplacer l'irrigation par pompage par un système de canaux, qui nécessite moins d'énergie. La seconde impliquait de renforcer le réseau local à l'aide de Statcoms – des compensateurs synchrones statiques – ou de compensateurs statiques d'énergie réactive (SVC), afin d'éliminer ces problèmes de tension.

### Quelle était la puissance totale raccordée de ces pompes ?

Environ 700 MW, ce qui est difficile à imaginer. On peut estimer cette valeur en observant ses effets sur le réseau. Ces pompes étaient subventionnées par l'État et l'électricité pour l'irrigation était gratuite, rendant l'efficacité secondaire. Ces incidents n'étaient visibles que lorsque la charge du réseau était faible, en Turquie comme chez nous. La différence entre forte et faible charge est d'environ un facteur deux.

### Comment avez-vous identifié la cause des problèmes de réseau en Anatolie ?

Je connaissais déjà ce phénomène à partir des réseaux industriels, où l'on utilise souvent de grandes machines asynchrones. Une fois que l'on comprend cet effet, il devient possible d'en tirer des conclusions. Au départ, je ne savais pas précisément où ces moteurs étaient installés. Mais les mesures indiquaient clairement que le comportement observé correspondait à celui de nombreuses machines asynchrones fonctionnant simultanément. Petit à petit, les collègues turcs ont fini par dévoiler la vérité sur ces installations. J'ai d'ailleurs eu d'excellentes expériences de collaboration avec mes collègues en Turquie, et encore plus avec ceux d'Ukraine. Dans les échanges techniques, ils ont toujours fait preuve d'une grande transparence et ont systématiquement fourni des informations précises et honnêtes. Grâce à cette

ouverture, nous avons pu avancer rapidement dans l'analyse et la résolution du problème. Il n'y a en effet aucun intérêt à dissimuler des informations: tôt ou tard, elles finissent toujours par être mises en lumière.

**Vous avez écrit en 2018 l'article « Courants continus indésirables dans le réseau tessinois ». Ce problème des courants DC est-il désormais résolu ? Existe-t-il des méthodes pour y faire face ?**

Je pense que nous ne l'avons pas encore totalement résolu, surtout parce que les causes exactes ne sont toujours pas complètement élucidées. Une partie identifiable de ces courants provient des chemins de fer. Il y a cependant aussi des inductions en provenance de l'espace. Comme le sol au Tessin est un très mauvais conducteur et offre une forte isolation, tout courant capté par des structures électriques y reste piégé. Nous savons désormais, dans le cadre de la conception des transformateurs installés dans cette région, que ce problème existe.

On peut en tenir compte en surdimensionnant légèrement les transformateurs. En effet, les nouveaux transformateurs sont optimisés pour réduire au maximum les pertes à vide. Cela a cependant l'inconvénient qu'ils arrivent beaucoup plus vite à saturation. Il s'agit donc d'un ajustement à trouver. Mais je dirais que, pour l'instant, la situation est maîtrisée. Il n'y a eu ni nouvelles plaintes ni autres problèmes signalés.

**Ce phénomène est-il aussi connu dans d'autres endroits ?**

Ce problème est mondial, surtout dans les régions éloignées de l'équateur, près des pôles Nord et Sud. Lorsqu'il y a d'importantes tempêtes solaires, les réseaux électriques agissent comme des antennes. Les transformateurs, qui évacuent ces courants continus, peuvent être endommagés. Lors de tempêtes solaires majeures, on tente, par des manœuvres sur le réseau, de protéger ces éléments.

Comme nous ne sommes pas proches de l'équateur, notre position plus centrale réduit l'intensité des cou-

rants induits. De plus, nous n'avons pas de lignes très longues orientées nord-sud. Ce qui provient actuellement de l'espace, donc du soleil, nous affecte peu.

En revanche, l'Afrique du Sud, le Canada et la Russie sont bien plus touchés. La Scandinavie l'est aussi dans une certaine mesure. Les gestionnaires de réseau dans ces régions doivent impérativement surveiller ce phénomène.

**Que peut-on faire face à ce problème ?**

Il peut être résolu avec des réseaux en courant continu, qui ne sont pas sensibles à ce phénomène.

**En 2020, votre article sur la mesure de fréquence lors du délestage a été publié. Pouvez-vous nous en dire plus sur cette modélisation dynamique du réseau européen ?**

Oui, aujourd'hui, on dispose d'excellents outils permettant de simuler, dans une certaine mesure, la complexité des réseaux électriques. Ces modèles permettent d'analyser ce qui se passe dans différentes situations du réseau, ce qui serait impossible à tester en conditions réelles. Un exemple concret est le délestage, que l'on peut anticiper grâce à ces simulations. Lorsqu'un incident survient, cette mesure constitue la dernière ligne de défense avant un effondrement du réseau. La question est de savoir si elle est suffisamment efficace, et c'est précisément ce que l'on peut examiner avec ces modèles.

**Le modèle est-il numérique ?**

Oui, il est entièrement numérique. Nous avons énormément travaillé dessus. En 2021, nous avons connu deux perturbations majeures, que nous avons pu reconstituer grâce aux modèles. Ce n'est qu'après ces simulations que nous avons eu la quasi-certitude de comprendre ce qui s'était réellement produit. Grâce au modèle, on peut expérimenter différentes hypothèses et mieux cerner le problème. C'est ce qui a été particulièrement positif dans ces deux incidents majeurs: nous avons pu reproduire l'événement par modélisation et ainsi analyser précisément les causes et les mécanismes

en jeu. Nous avons alors identifié les mesures à prendre pour éviter que cela ne se reproduise.

**Ces perturbations ont-elles touché toute l'Europe ?**

Oui. Il s'agissait de deux cas de formation d'îlots. Le 8 janvier 2021, une partie des Balkans a été isolée, et le 24 juillet, la péninsule ibérique a subi un délestage de charge. Nous avons pu exploiter des données issues des mesures des relais de protection, après les avoir intégrées à nos modèles. Cela a permis d'optimiser les relais de délestage, de les tester en simulation et d'évaluer leur réaction face à ces situations.

**Ces grandes perturbations représentent-elles une opportunité pour la recherche ?**

Les grandes perturbations fournissent des données précieuses et permettent de modéliser les événements. Elles aident à mieux comprendre les phénomènes, à affiner les modèles et à mieux se préparer aux futures perturbations. Ce travail se fait à l'échelle internationale: les Espagnols bénéficient du savoir-faire suisse et inversement. Les relais doivent être bien coordonnés et harmonisés au réseau, avec des contrôles réguliers. Chaque pays en est responsable, car ils constituent la dernière ligne de défense avant un black-out.

**Les fabricants d'équipements sont-ils aussi impliqués ?**

Bien sûr, les fabricants de relais sont aussi impliqués. Nous avons formé un groupe de travail DACH (Allemagne, Autriche, Suisse) avec eux, ce qui les a amenés à révéler des détails sur la programmation de leurs appareils. Ils ont eux-mêmes découvert certaines choses qu'ils ignoraient encore. Cela a permis une amélioration mutuelle des relais. La collaboration avec les hautes écoles, notamment la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg et l'ETH Zurich, a également été très enrichissante. Une excellente initiative en est ressortie, avec notamment un travail de master à l'ETH.

INTERVIEW : RADOMÍR NOVOTNÝ



planen  
koordinieren

## Blitzschutz- systeme

begutachten  
begleiten

Konzepte nach SN EN 62305  
und SNR 464022

sowie Lösungen für:

- ⚡ Bauspezifische Vorgaben
- ⚡ Photovoltaikanlagen
- ⚡ Potenzialausgleich
- ⚡ Überspannungsschutz
- ⚡ Fundamenterder
- ⚡ Umsetzung / Ausführung

Mitgliedschaften und Aktivitäten  
im Bereich Blitzschutz:

- ⚡ VDE ABB (Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung)
- ⚡ TK 37 Überspannungsableiter CES
- ⚡ TK 81 Blitzschutz CES inkl. Arbeitsgruppe 2021/2022 Revision SNR 464022 Blitzschutzsysteme

**ARNOLD**

ENGINEERING UND BERATUNG  
AG für EMV und Blitzschutz

CH-8152 Opfikon / Glattbrugg  
Wallisellerstrasse 75  
Telefon 044 828 15 51  
info@amoldeub.ch, www.amoldeub.ch



**Sicherheit geht vor:  
Wo auch immer!  
Wann auch immer!**

Darum stehen unsere USV-Servicespezialisten mit Know-how und Erfahrung in unseren Servicestellen in der ganzen Schweiz mit einer Serviceflotte voll ausgerüsteter Fahrzeuge rund um die Uhr für Sie bereit.



Bern / Zug  
www.usv.ch

**usv.ch**



**Dino Graf**

Präsident von E-Mobile und  
Leiter Group Communication  
von Amag

## Wandel als gemeinsame Aufgabe

**Z**um ersten Mal seit 2016 verkauften sich vollelektrische Fahrzeuge schlechter als im Vorjahr (-12,5%) und Plug-in-Hybride verloren 10,6%. Mildhybride legten dagegen um 17,1% zu. Ist das schon das Ende der Elektromobilität? Diese Entwicklung zeigt zumindest die Verunsicherung der Kundinnen und Kunden und ist ein schlechtes Zeichen für die Mobilitäts- und Energiewende.

Diese Wende ist nicht allein Sache der Automobilhersteller und -händler – auch wenn diese bereits Hunderte von Milliarden Euro in neue Technologien und Produktionslinien investiert haben. Fragt man die Kundinnen und Kunden nach den Gründen für die Kaufzurückhaltung, so werden heute vor allem die fehlende Ladeinfrastruktur, die Intransparenz der Ladetarife und die Unsicherheit beim Wiederverkauf genannt.

Die Transformation zu einer klimaschonenden individuellen Mobilität ist eine Aufgabe für die gesamte Gemeinschaft. Sie bedarf der Vernetzung und Koordination der Politik, der Mobilitäts- und Energiebranche mit den Infrastrukturen der Schweiz. Für die Erreichung der gemeinsamen Netto-Null-Ziele braucht es konsistente Rahmenbedingungen, erschwingliche Elektrofahrzeuge in allen Segmenten, ausreichend und günstigen CO<sub>2</sub>-armen Strom, Ladeinfrastruktur auch für Mieter und Stockwerkeigentümer sowie dynamische Stromtarife zur Flexibilisierung der Nachfrage und Nutzung von PV-Überschüssen.

Es gibt tausend Ideen und Rezepte. Nur ... machen muss es jemand. Neben der Autobranche hat es die Elektrobranche mit in den Händen, Veränderungen zu ermöglichen und zu bewirken – und gleichzeitig neue Geschäftsmodelle zu entwickeln.

Nutzen wir gemeinsam diese neuen Chancen!

## La transition, une mission commune

**P**our la première fois depuis 2016, les ventes de véhicules entièrement électriques ont reculé par rapport à l'année précédente (-12,5%), et les hybrides rechargeables ont enregistré une baisse de 10,6%. À l'inverse, les hybrides légers ont progressé de 17,1%. Sommes-nous déjà face à la fin de l'électromobilité? Cette tendance révèle en tout cas l'incertitude des consommateurs et constitue un mauvais signal pour la transition énergétique et la transformation de la mobilité.

Cette transition ne peut être assumée uniquement par les constructeurs et les distributeurs automobiles, bien que ceux-ci aient déjà investi des centaines de milliards d'euros dans de nouvelles technologies et chaînes de production. Lorsque l'on interroge les consommateurs sur les raisons de leur réticence à acheter des véhicules électriques, les réponses pointent principalement le manque d'infrastructures de recharge, le manque de transparence des tarifs de recharge et l'incertitude liée à la revente de ces véhicules.

La transformation vers une mobilité individuelle respectueuse du climat est un défi collectif. Elle nécessite une coordination étroite entre les acteurs politiques, les secteurs de la mobilité et de l'énergie, ainsi que les infrastructures en Suisse. Pour atteindre les objectifs communs de neutralité carbone, il faut des conditions-cadres cohérentes, des véhicules électriques abordables dans tous les segments, un approvisionnement suffisant en électricité à faibles émissions de CO<sub>2</sub>, des infrastructures de recharge accessibles même pour les locataires et les copropriétaires, ainsi que des tarifs d'électricité dynamiques permettant de flexibiliser la demande et d'exploiter les excédents photovoltaïques.

Les idées et les solutions sont nombreuses. Mais... encore faut-il que quelqu'un les mette en œuvre. Outre l'industrie automobile, le secteur de l'électricité joue un rôle clé pour rendre ces changements possibles et efficaces, tout en développant de nouveaux modèles économiques.

Saisissons ensemble ces opportunités inédites!

## Willkommen bei Electrosuisse

Neue Mitglieder stellen sich vor. Electrosuisse freut sich, folgende Branchenmitglieder willkommen zu heissen! Mitarbeitende von Branchenmitgliedern profitieren von reduzierten Tarifen bei Tagungen und Kursen und können sich aktiv an technischen Gremien beteiligen.



### Etavis Bern-Mittelland AG

Mit der Fusion zur Etavis Bern-Mittelland AG hat Etavis die Kompetenzen und Ressourcen von Standorten in der Region Bern-Mittelland – Liebefeld, Burgdorf, Biel, Uetendorf, Hasle-Rüegsau, Hinterkappelen und Visp – gebündelt, um die Kundenbedürfnisse noch besser abzudecken. Gemeinsam vereinen die Standorte über 333 Jahre Erfahrung in der Elektrotechnik und bieten eine breite Palette an Dienstleistungen.

Als Teil der Etavis-Gruppe, die über 2500 Mitarbeitende beschäftigt und mehrere Hundert Lernende ausbildet, fördert die Etavis Bern-Mittelland AG

die Fachkräfte von morgen. Lernende werden in Berufen wie Elektroinstallateur:in, Montage-Elektriker:in und Gebäudeinformatiker:in ausgebildet. Durch die lokale Verankerung und die Zugehörigkeit zum internationalen Vinci-Konzern kombiniert Etavis regionale Nähe mit globalem Know-how. Privat- und Geschäftskunden profitieren von massgeschneiderten Lösungen, die auf Effizienz und Nachhaltigkeit ausgerichtet sind.

Etavis Bern-Mittelland AG, Waldeggstrasse 47, 3097 Liebefeld  
Tel. 031 309 66 66, [www.etavis.ch](http://www.etavis.ch)

### Reatech AG

Das Unternehmen plant und realisiert Umwelttechnik-Anlagen und ist in den Bereichen Elektroengineering, Elektroschema, Prozessautomation und Bauherren-Beratung aktiv. Energieeffizienz hat dabei einen hohen Stellenwert. Die realisierten Anlagen sind nach umweltschonenden und energiesparenden Konzepten geplant und gebaut. Die Tätigkeitsbereiche sind Wasserversorgung, Abwasser, Entsorgung und Recycling. Die Firma realisiert unter anderem Kläranlagen,



Wasserwerke und Kehrrichtverbrennungen. Bei Planung, Bau und Bewirtschaftung wird der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes berücksichtigt.

Digitalisierung spielt eine zentrale Rolle: Elektroschemas werden als Online-Dokumentation auf Prozessebene erstellt. BIM (Building Information Modeling) wird ebenfalls eingesetzt: Von Daten-Verfügbarkeit für alle Beteiligten, aktualisiert, synchronisiert, über den ganzen Lebenszyklus eines Gebäudes.

Das 1990 gegründete Unternehmen wurde 2022 von Daniel Zabkar als dritte Generation von Hanspeter Bachmann übernommen.

Reatech AG, Industriestrasse 11, 6343 Rotkreuz  
Tel. 041 348 08 50, [reatech.ch](http://reatech.ch)

## Persönliche Mitgliedschaft

## Ihr Zugang zum Experten-Netzwerk

[electrosuisse.ch/mitgliedschaft](https://electrosuisse.ch/mitgliedschaft)

electro  
suisse

## Bienvenue chez Electrosuisse

Electrosuisse se réjouit de pouvoir souhaiter la bienvenue aux nouveaux membres de la branche suivants. Les employé(e)s des membres de la branche bénéficient de tarifs réduits lorsqu'ils réservent un cours ou un séminaire. Ils peuvent, de plus, participer activement aux travaux des comités techniques.



### iolo SA

Fondée dans l'objectif de simplifier l'interaction avec les installations électriques modernes, iolo SA est une entreprise spécialisée dans les solutions de commande intelligentes pour l'habitat et les bâtiments professionnels. Elle développe des produits tels que l'interrupteur intelligent dingz, alliant technologie et simplicité d'usage, s'adressant aussi bien aux particuliers qu'aux professionnels du bâtiment, tout en garantissant une évolutivité qui suit les avancées technologiques et les nouveaux standards du marché. Dans un marché en pleine transition vers des bâtiments plus connectés et énergétiquement optimisés, iolo accompagne ces évolutions en proposant des outils adaptés aux besoins des utilisateurs et des installateurs. L'entreprise met un accent particulier sur l'accessibilité de la technologie, en proposant des solutions intuitives qui ne nécessitent pas de compétences techniques approfondies pour être installées et utilisées. Derrière ces innovations, une équipe engagée et passionnée travaille chaque jour pour concevoir des solutions alliant performances et simplicité, avec le souci constant d'améliorer l'expérience des utilisateurs.

iolo SA, Pra Pury 7d, 3280 Morat  
Tél.: 026 674 60 00, [www.dingz.ch](http://www.dingz.ch)



### Swiss-Green Engineering Sàrl

L'entreprise Swiss-Green Engineering propose des solutions pour une énergie

durable et autonome dans cinq secteurs d'activités. Pour les régions sans réseau électrique, comme les zones rurales ou les montagnes, elle déploie des systèmes d'énergie solaire permettant l'autonomie énergétique (photovoltaïque off-grid). En milieu urbain, elle transforme les bâtiments en producteurs d'électricité, favorisant une consommation plus durable et réduisant la dépendance aux réseaux traditionnels (photovoltaïque on-grid). Elle propose de plus des solutions de stockage local pour optimiser l'autoconsommation et garantir l'approvisionnement en cas de coupure, augmentant ainsi la résilience énergétique des usagers. Swiss-Green équipe en outre les dispositifs industriels autonomes, tels que les postes de travail mobiles et les parcs informatiques, pour assurer la continuité opérationnelle même en cas de perturbations. Enfin, l'entreprise offre des solutions d'énergie embarquée adaptées aux besoins des véhicules de secours et de loisirs.

Swiss-Green accompagne ses clients de la conception à l'installation, tout en assurant un support aux professionnels de l'installation.

Swiss-Green Engineering Sàrl, Freiburgstrasse 112,  
3280 Morat, Tél.: 026 670 03 57, [swiss-green.ch](http://swiss-green.ch)



### Actenergy

Actenergy est un bureau d'ingénierie spécialisé dans la conception de stations de recharge haute puissance pour véhicules électriques. Basée en France, son équipe d'ingénieurs expérimentés accompagne ses clients dans toute l'Europe. Ses ingénieurs travaillent sur l'ensemble de la chaîne de la conception – de l'analyse préliminaire à

l'étude détaillée. Ils produisent les études d'implantations, les études électriques, des visuels 3D ou autres documents techniques ou administratifs. Enfin, Actenergy conçoit également des systèmes servant la station de recharge, tels que des ombrières photovoltaïques ou des systèmes de gestion de l'énergie (batteries de stockage).

Actenergy, 6 Rue Louis Botinelly, F-13127 Vitrolles  
Tél.: +33 (0)6 03 96 49 96, [www.actenergy.fr](http://www.actenergy.fr)



### Onward Medical

Onward Medical développe des thérapies destinées à restaurer le mouvement, la fonction et l'indépendance chez les personnes atteintes de lésions de la moelle épinière (LME).

La société a créé l'ARC Therapy, qui a reçu dix désignations de dispositif révolutionnaire de la FDA. Délivrée via les plateformes externes ARC<sup>EX</sup> ou implantables ARC<sup>IM</sup>, elle inclut une interface cerveau-ordinateur pour un contrôle par la pensée. La thérapie non invasive ARC<sup>EX</sup> a démontré des améliorations de la fonction des membres supérieurs lors de l'essai Up-LIFT, publié dans Nature Medicine en mai 2024. Onward Medical a reçu l'autorisation pour le système ARC<sup>EX</sup> en décembre 2024 et prépare une soumission pour le marché européen. L'ARC<sup>BCI</sup> associe l'ARC<sup>IM</sup> à une interface cerveau-ordinateur implantée pour restaurer le mouvement par la pensée via le DigitalBridge sans fil.

Basée aux Pays-Bas, Onward dispose d'un centre de science et d'ingénierie en Suisse à Lausanne et d'un bureau aux États-Unis à Boston.

Onward Medical, Pont Charles Bessièrès 3, 1005 Lausanne  
Tél. 021 588 12 40, [www.onwd.com](http://www.onwd.com)

## Bidirektionales Laden / V2X

Bidirektionales Laden (V2X, Vehicle-to-Everything) ermöglicht es Elektrofahrzeugen, nicht nur Energie zu empfangen, sondern diese auch ins Netz oder in andere Geräte zurückzuspeisen. Diese Technologie hat das Potenzial, die Flexibilität und Effizienz von Stromnetzen erheblich zu verbessern und die Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern. Durch V2X-Adapter können Elektrofahrzeuge als mobile Energiespeicher genutzt werden, die überschüssige Energie an Haushalte, Unternehmen oder sogar das öffentliche Stromnetz zurückliefern.

Die Normensituation für V2X ist derzeit noch in einem frühen Stadium, da die Technologie relativ neu ist und verschiedene Normen auf internationaler Ebene entwickelt werden. In Europa spielt die Norm EN IEC 61851-1 eine Schlüsselrolle, denn sie definiert die grundlegenden Anforderungen für Ladeinfrastrukturen. Für die bidirektionale Energieübertragung



Die Normung der V2X-Komponenten ist essenziell für den Erfolg des bidirektionalen Ladens.

wird zusätzlich die Normenserie EN IEC 63110 erarbeitet, die speziell für V2X-Technologien vorgesehen ist.

Schweizer Experten können bei der Erstellung der Normen aktiv mitwirken und dazu beitragen, um V2X-Technologien interoperabel zu machen. Damit leistet es einen wichtigen Beitrag zur Energiewende, zur Netzstabilisierung und zur Versorgungssicherheit.

Nutzen Sie die Chance, an diesem oder an anderen zukunftsweisenden Projekten mitzuwirken! Gestalten Sie die Normen von morgen mit und bringen Sie Ihre Expertise und Ihr Fachwissen in die Weiterentwicklung innovativer Technologien ein. Melden Sie sich bei [ces@electrosuisse.ch](mailto:ces@electrosuisse.ch).

**DANIEL DJORDJEVIC, GENERALSEKRETÄR CES**

## Normenentwürfe und Normen

### Bekanntgabe

Im Entwurfsportal der Switec ([www.switec.info/de/entwurfsportal](http://www.switec.info/de/entwurfsportal), alternativ [www.switec.info](http://www.switec.info)) finden Sie alle zur Kritik vorgelegten Entwürfe, das nationale Arbeitsprogramm sowie Informationen über das schweizerische technische Regelwerk.

### Stellungnahme

Im Hinblick auf die zukünftige Übernahme in das schweizerische technische Regelwerk werden Entwürfe zur Kritik ausgeschrieben. Alle interessierten Kreise sind eingeladen, diese Entwürfe zu prüfen und Stellungnahmen fristgerecht sowie schriftlich an folgende Adresse einzureichen: Electrosuisse, CES, Luppmenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf, bzw. [ces@electrosuisse.ch](mailto:ces@electrosuisse.ch).

### Erwerb

Entwürfe (im Normenshop nicht aufgeführt) und/oder zurückgezogene Normungsdokumente können, gegen eine Kostenbeteiligung, bei Electrosuisse, Normenverkauf, Luppmenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf, Tel. +41 58 595 11 90, bzw. [normenverkauf@electrosuisse.ch](mailto:normenverkauf@electrosuisse.ch) bezogen werden.

Weitere Informationen über SN-, EN und IEC-Normdokumente gibt es unter [shop.electrosuisse.ch/de/normen-und-produkte/normen](http://shop.electrosuisse.ch/de/normen-und-produkte/normen), wo auch alle geltenden Normungsdokumente der Elektrotechnik erworben werden können.

## Projets et normes

### Annonce

Sur le portail de projets nationaux Switec ([www.switec.info/fr/portail-de-projets-nationaux](http://www.switec.info/fr/portail-de-projets-nationaux), resp. [www.switec.info/fr](http://www.switec.info/fr)), vous trouverez tous les projets de normes mis à l'enquête, le programme de travail national ainsi que des informations sur les règles techniques suisses.

### Avis

En vue d'une future reprise dans les règles techniques suisses, les projets de normes sont soumis à la critique. Toutes les parties intéressées sont invitées à examiner ces projets et à soumettre leurs avis dans les délais fixés ainsi que par écrit à l'adresse suivante: Electrosuisse, CES, Luppmenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf, resp. [ces@electrosuisse.ch](mailto:ces@electrosuisse.ch).

### Achat

Les projets soumis (non répertoriés dans la rubrique Normes du shop) et/ou les documents de normalisation retirés peuvent être obtenus, moyennant une participation aux frais, auprès d'Electrosuisse, Normenverkauf, Luppmenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf, tél. +41 58 595 11 90, resp. à l'adresse électronique suivante: [normenverkauf@electrosuisse.ch](mailto:normenverkauf@electrosuisse.ch). De plus amples informations à propos des documents normatifs SN, EN et IEC sont disponibles sur le site [shop.electrosuisse.ch/fr/normes-et-produits/normes](http://shop.electrosuisse.ch/fr/normes-et-produits/normes), où tous les documents normatifs en vigueur du secteur de l'électrotechnique peuvent aussi être acquis.

Life Is On

**Schneider**  
Electric

## Ladeinfrastruktur aus einer Hand

Vom skalierbaren Lademanagement  
bis zur Ladestation bietet Schneider  
Electric eine komplette Lösung.

So wird Elektromobilität einfach gemacht.



### EVlink Pro AC

- sicher und robust  
(integrierte physische  
Schutzkomponenten)
- bis zu 22 kW-Ladeleistung

### EVlink Pro DC

- von 120 kW auf 150 kW bis  
180 kW flexibel skalierbar
- innerhalb von 20 Minuten ein  
Ladezustand von bis  
zu 80 %

### Canalis KN & KS

- modulares Stromschienen-  
system und unter Spannung  
sicher erweiterbar
- minimaler Aufwand bei  
Systeminstallation und  
-befestigung

### EV Charging Expert

- sichergestellte  
Stromverfügbarkeit  
und Fernüberwachung  
der Ladevorgänge
- inkl. DC- und AC-  
Ladestationen Kombination



[se.com/ch/emobility](https://se.com/ch/emobility)

# Schweizer Photovoltaik- Tagung 2025

## Congrès photovoltaïque suisse 2025

1.–2. April 2025  
Kursaal Bern und Livestream  
[pv-tagung.ch](https://pv-tagung.ch)

**Jetzt anmelden!**  
**Inscrivez-vous maintenant!**

1<sup>er</sup> et 2 avril 2025  
Kursaal Bern et diffusion en direct  
[congres-pv.ch](https://congres-pv.ch)

SWISSOLAR 

Mit Unterstützung von  
 **energieschweiz**

**VSE  
AES**

# events.



Der gut besuchte Stromkongress im Kursaal Bern.

## Eindrücke vom Stromkongress 2025

**Die Energiewende umsetzen** | Am 15. und 16. Januar traf sich die Energiebranche in Bern, um die konkrete Umsetzung der energetischen Transformation zu diskutieren. Es wurde klar, dass die Elektrizität im künftigen Energiesystem die Hauptrolle spielen wird. Von allen Akteuren braucht es dazu Engagement und Ausdauer, um die gesetzten Ziele zu erreichen.

**RADOMÍR NOVOTNÝ**

**Z**um Einstieg brachte die Moderatorin Barbara Lüthi das Motto des diesjährigen Kongresses ins Spiel: «Deliver!» Auf welche Aspekte des Energiesystems sich dieses Schlagwort bezieht, wurde am Kongress leidenschaftlich diskutiert.

Martin Schwab, Präsident des VSE und CEO von CKW, erläuterte den Auf-

trag der Energiewirtschaft, das Energiegesetz umzusetzen. Das Ziel sei eine stabile, relativ preiswerte Stromversorgung, die zugleich praktisch CO<sub>2</sub>-frei ist. Dabei blickte er einerseits zurück auf die Errungenschaften der Vorgänger, die für genügend Produktionskapazitäten und ein stabiles Netz sorgten. Andererseits auch in die Zukunft:

«Wir müssen dafür sorgen, dass unseren Nachfolgern ein System überlassen wird, das ebenso sicher und preisgünstig ist wie das heutige.» Dazu ist der Ausbau der erneuerbaren Energien und der Energiespeicher nötig und ein Stromabkommen mit der EU essenziell. Sein Appell: «Lasst uns Position beziehen. Lasst uns klar auftreten.

Dann werden wir unseren Nachfolgern eine starke und sichere Stromversorgung übergeben.»

Zahlen und Fakten der aktualisierten VSE-Studie stellte Nadine Brauchli vor. In der Studie werden vier Varianten für die ergänzende Produktion untersucht: Gaskraftwerke, LTO (Langzeitbetrieb des KKW Gösgen), mehr Import sowie mehr Windkraft. Dabei wäre rund 15 TWh Windkraft optimal, um das System ausgeglichener und kostengünstiger zu machen. Brauchli betonte: «Jede Kilowattstunde Wind hilft uns, den Bedarf an anderen Energien zu senken, aber es ist eine Frage des gesellschaftlichen und politischen Willens.» Die Kosten des erforderlichen Ausbaus liegen bei Wind erfreulicherweise etwas tiefer.

### Internationale Sichtweisen

Nach der Schweizer Perspektive folgte die Sicht der EU. Petros Mavromichalis, Botschafter der Europäischen Union für die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein, plädierte für eine engere Zusammenarbeit zwischen der Schweiz und der EU. Seit zwanzig Jahren wird ein Abkommen mit der EU angestrebt, um eine höhere Versorgungssicherheit, eine engere Zusammenarbeit in Krisen, Rechtssicherheit, effizientere Handelsbedingungen sowie Einsitz in Gremien des europäischen Binnenmarktes zu erreichen. Hier muss sich etwas bewegen. Heute ist die Schweiz von Systemen ausgeschlossen, die durch EU-Recht geregelt sind.

Die zentrale Frage von Peter Heydecker, Vorstandsmitglied und COO der EnBW, lautete: «Braucht es ein neues Marktdesign?» Das wichtigste sei das Kraftwerkssicherheitsgesetz, da immer mehr erneuerbare Energien im System seien. Um die nötige disponible Leistung zur Verfügung zu haben, sollen in Deutschland neue Gaskraftwerke gebaut werden, insgesamt 12 GW, wobei 7 GW in acht Jahren zum Betrieb mit Wasserstoff umgestellt werden sollen. Wegen der weltweiten Nachfrage nach Generatoren plädierte er für standardisierte Produkte. Ausserdem wünscht er sich, dass jedes Gaskraftwerk mit Phasenschiebern ausgestattet wird.

Im Gespräch mit Moderatorin Barbara Lüthi erläuterte Werner Luginbühl, Präsident der Eidgenössischen

Elektrizitätskommission ElCom, die Zusammenarbeit CH-EU. In der Schweiz müssten die Prognosen verbessert werden; in Deutschland sei dies besser gelöst. Dynamische Energie- und Netztarife könnten die Effizienz des Systems verbessern.

### Konkrete Anwendungen

Dann wurde es konkret. Claudio Deplazes von Energia Alpina schilderte die Erfahrungen mit dem ersten realisierten Alpinsolarprojekt: «Mitentscheidend ist der Anfang, wie man das Projekt ansetzt.» Eigentlich stünden nicht die technischen Fragen im Vordergrund, sondern die Wirtschaftlichkeit. Zuerst wird eine Stakeholder-Map erstellt und die Projektskizze allen präsentiert, denn die Akzeptanz ist sehr wichtig. Die Gespräche führten dann unter anderem dazu, eine Standseilbahn statt Helikopter für den Materialtransport einzusetzen.

Der Projektleiter des Solarprojektes von Morgeten Peter Stutz erläuterte, wie man mit Widerständen umgeht. Er erwähnte skurrile Einsprachen, die PV-Anlagen grundsätzlich ablehnen, weil beispielsweise die reflektierenden Oberflächen von Vögeln als Wasserflächen interpretiert werden, die sich dann beim «Eintauchen» das Genick brechen. Und dies, obwohl die Panels in einem steilen Winkel aufgeständert sind. Weil das Projekt von einer Berggenossenschaft initiiert wurde, war die Akzeptanz grundsätzlich gewährleistet. Die Genossenschaft profitiert mehrfach davon, denn sie bekommt so

einen Strom- und Wasseranschluss auf 2000 m.ü.M.

Romy Biner-Hauser, Gemeindepräsidentin von Zermatt, erläuterte das Spannungsfeld zwischen Energie und Natur. Man müsse Prioritäten setzen und Entgegenkommen zeigen. «Natürlich gibt es Hindernisse und Herausforderungen, aber auch Chancen.» Durchhaltewillen sei dabei zentral.

### Die Situation bei der Windkraft

Margarita Aleksieva, Leiterin Wind & Solar bei BKW, wies auf eine grosse Diskrepanz hin: «In den Innovationsratings ist die Schweiz zuoberst, aber bezüglich der Windkraft-Installation ist sie ein Schlusslicht.» Heute stünden lediglich 47 Windanlagen, während es in Deutschland 28700, in Österreich 1400, in Italien 6000 und in Frankreich 9000 sind. Sie zeigte die hiesigen Herausforderungen anhand des Projektes in Tramelan auf, das seit 17 Jahren in der Planungsphase ist. Da die Einsprachen in Tramelan rein privater Natur waren, schlug sie vor, das öffentliche Interesse über das private zu stellen, um Windprojekte realisieren zu können.

Im Podiumsgespräch mit Jacques Mauron, CEO von Groupe E, Claus Schmidt, CEO von IWB, und Martin Simioni, CEO der SAK, wurden die Hürden, die es zu nehmen gilt, analysiert. Fazit: Wir haben zwar das Know-how in der Schweiz, aber es ist eine Frage der Akzeptanz und der Bewilligungsprozesse. Technologisch ist es möglich, aber alles hängt von der Politik ab.



VSE-Präsident Martin Schwab ging auf die aktualisierte VSE-Studie ein.

## Innovationen und Hürden

Der Direktor des Research Center for Energy Networks der ETH Zürich, Turhan Demiray, präsentierte Resultate einer Flexibilitätsstudie, bei der diverse netzstützende Massnahmen untersucht wurden – der traditionelle Netzausbau, die Wirkleistungsbegrenzung sowie die Blindleistungsregelung. Die Erkenntnis aus über 60 untersuchten Verteilnetzen: Die Netze haben sehr unterschiedliche Charakteristika, wobei die Typologie nicht ausschlaggebend ist. Wie viel bereits in die Netze investiert wurde, ist für den weiteren Ausbau relevant. Um die Dominanz der Photovoltaik zu reduzieren, ist die Einspeisebegrenzung die wirksamste Lösung, wobei Batteriesysteme auch nützlich sind. Seine Hauptbotschaft: Flexibilitäten – wie die Lastverschiebung durch verändertes Kundenverhalten – sollen gefördert werden, weil sie Netzausbaukosten reduzieren. Räumlich differenzierte dynamische Netztarife wären auch zielführend.

Auf die Veränderungen in der Energiewelt wies der CEO von Hitachi Energy, Andreas Schierenbeck, hin: «Die Elektrizität wächst in einer Masse, wie wir es lange nicht mehr erlebt haben.» Um die Energieversorgung sicher und zuverlässig zu gestalten, sind die erneuerbaren Energien der günstigste und schnellste Weg. Die Rolle der Netze nehme massiv zu, da die Offshore-Windparks weit von urbanen Zentren entfernt seien. Er verwies auf den am schnellsten wachsenden Sektor, die Datenzentren. Die Herausforderung sei hier der Planungshorizont von zwei Jahren. In dieser kurzen Zeit einen Netzanschluss für 500 MW bereitzustellen, sei fast unmöglich. Ein weiteres Problem ist die hohe und praktisch nicht planbare Volatilität der Last. «Wenn ein Rechenzentrum mit AI zu lernen beginnt, kann der Verbrauch um das Zehnfache steigen», so Schierenbeck. Energiespeicher können das Problem aber entschärfen.

## Die vielen Seiten der Forschung

Christian Schaffner, Leiter des Energy Science Center der ETH Zürich, machte auf die wachsenden Herausforderungen bei der Dekarbonisierung aufmerksam, und stellte aktuelle Forschungsthemen der ETH vor. Da ist Grundlagenforschung dabei, aber auch Systemaspekte. In der Elektrochemie



Christof Bucher von der BFH erläutert in der Podiumsdiskussion seine Sicht.

geht es darum, Batterien effizienter zu machen. Im Systembereich stehen Analysen im Vordergrund, die die ganze CO<sub>2</sub>-Kette untersuchen. Dabei wird KI eingesetzt, um die Prozesse effizienter zu machen. Eine weitere aktuelle Frage ist, wie viel Flexibilität Wärmepumpen bieten können. Eine Forschungsrichtung befasst sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Stromversorgung. Dazu werden Wetterszenarien generiert und zum Testen der Szenarien verwendet. Erfreulich ist, dass die Energiewende die Energieimporte und die Abhängigkeit vom Ausland massiv reduziert. Schaffners Fazit: Flexibilität wird immer wichtiger und die Bandproduktion verliert an Attraktivität.

Manfred Hafner, ausserordentlicher Professor an der Johns Hopkins University School of Advanced International Studies (SAIS-Europe) und CEO der HEAS AG, stellte die aktuelle Situation beim Wasserstoff vor, der hauptsächlich in der chemischen Industrie zur Herstellung von Düngern usw. verwendet wird. Der heute eingesetzte Wasserstoff ist fossil erzeugt und stellt daher aus Klimasicht keine Lösung, sondern ein Problem dar. Es ist nötig, sogenannten grünen Wasserstoff zu fördern, der zur Dekarbonisierung in verschiedenen Bereichen wie Mobilität und Energiespeicherung verwendet werden kann. Peter Meier, CEO der Geo-Energie Suisse AG, stellte ein neues Verfahren vor, mit dem die Probleme der Erdbeben bei Geothermie-

Bohrungen gelöst werden können. In den USA wird diese Schweizer Technologie bereits eingesetzt. Sie soll auch in der Schweiz genutzt werden, um die Wirtschaftlichkeit zu verbessern und der Geothermie zum Durchbruch zu verhelfen. Heute liegen die Gesteungskosten bei 25 Rp. pro kWh, künftig sollen sie 15 Rp. betragen. Er wies auf das Pilotprojekt Haute-Sorne hin, das 5 MW Strom erzeugen soll.

## Die Sicht des Bundesrats

Das Schlusswort war Albert Röstli, Bundesrat und Vorsteher des Uvek, vorbehalten. Er plädierte dafür, die zeitliche Perspektive im Auge zu behalten: «Wir können alles gleichzeitig bedenken, aber wir müssen entscheiden, was kurzfristig, mittelfristig und langfristig getan werden muss.» Damit auch die nächste Generation genug Strom hat, denn wir sind eine Genusssalgemeinschaft. Die Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien habe höchste Priorität, langfristig werde aber auch die Aufhebung des Technologieverbots immer wichtiger, damit die Branche selbst entscheiden kann, wo sie investieren will. Röstli betonte: «Wir müssen die Rahmenbedingungen so setzen, dass die Branche alle Möglichkeiten hat.»

### Autor

**Radomír Novotný** ist Chefredaktor des Bulletins Electrosuisse.  
→ Electrosuisse, 8320 Fehraltorf  
→ radomir.novotny@electrosuisse.ch

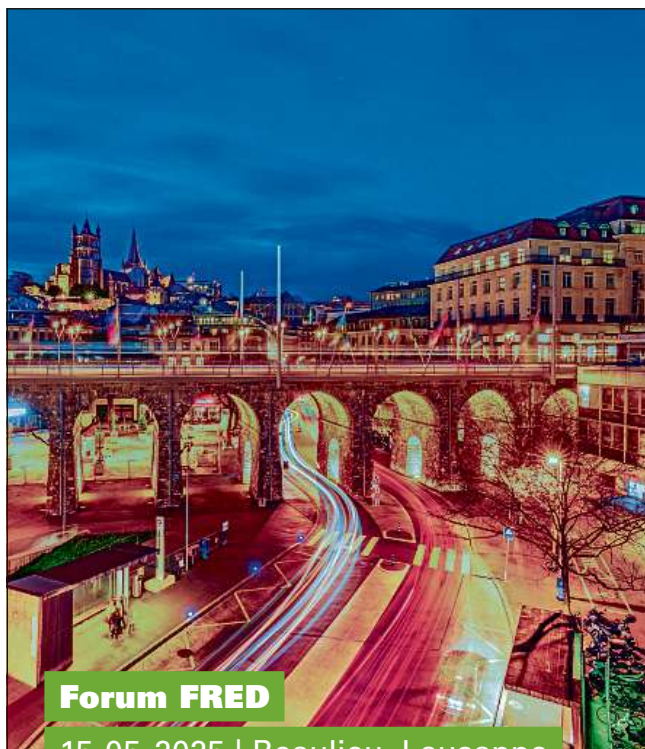
13. MAI 2025 | CAMPUSSAAL BRUGG-WINDISCH

# Elektroplanertag

Freuen Sie sich  
auf praxisnahe  
Einblicke –  
jetzt anmelden!



[electrosuisse.ch/  
elektroplanertag](https://electrosuisse.ch/elektroplanertag)



## Forum FRED

15.05.2025 | Beaulieu, Lausanne



SAVE  
THE DATE!

## e-mobile Verkehrsforum

10.09.2025 | Technopark Zürich





Des contacts inspirants au Congrès de l'électricité.

# Impressions du Congrès de l'électricité

**Mise en œuvre de la transition énergétique** | Les 15 et 16 janvier 2025, le secteur de l'énergie s'est réuni à Berne pour discuter de la concrétisation de la transformation énergétique. Il est apparu clairement que l'électricité jouera le rôle principal dans le futur système énergétique. L'engagement et la persévérance de tous les acteurs seront nécessaires pour atteindre les objectifs fixés.

**RADOMÍR NOVOTNÝ**

En guise d'introduction, la modératrice Barbara Lüthi a évoqué la devise du congrès de cette année: «Deliver!» Les aspects du système énergétique auxquels ce slogan se réfère ont fait l'objet de discussions passionnées lors du congrès.

Martin Schwab, président de l'AES et directeur de CKW, a expliqué le rôle de l'industrie énergétique dans l'application de la loi sur l'énergie. L'objectif est un approvisionnement en électricité stable et bon marché, et qui soit aussi neutre en CO<sub>2</sub>. Il a d'une

part rendu hommage aux réalisations des générations précédentes, qui ont permis de garantir des capacités de production suffisantes et un réseau stable. D'autre part, il s'est tourné vers l'avenir: «Nous devons faire en sorte de laisser à nos successeurs un système aussi sûr et aussi bon marché que le système actuel.» Pour cela, il est essentiel de développer les énergies renouvelables et les capacités de stockage, ainsi que de conclure un accord énergétique avec l'Union européenne.

Nadine Brauchli a ensuite présenté les chiffres de l'étude actualisée de l'AES, qui explore quatre variantes pour compléter la production d'électricité: des centrales à gaz, une exploitation prolongée de la centrale nucléaire de Gösgen, une augmentation des importations, et un développement accru de l'énergie éolienne. Dans ce contexte, environ 15 TWh d'énergie éolienne seraient optimaux pour rendre le système plus équilibré et moins coûteux. Nadine Brauchli a également souligné: «Chaque kilowattheure d'énergie

éolienne réduit le besoin d'autres énergies, mais cela dépend aussi de la volonté politique et sociétale. » Heureusement, les coûts liés au développement de l'éolien sont légèrement inférieurs.

### Points de vue internationaux

Après un aperçu de la situation suisse, le point de vue de l'UE a suivi. Petros Mavromichalis, ambassadeur de l'Union européenne pour la Suisse et la Principauté du Liechtenstein, a plaidé pour une collaboration plus étroite entre la Suisse et l'UE. Depuis vingt ans, un accord est en discussion afin d'améliorer la sécurité d'approvisionnement, la coopération en cas de crise, la sécurité juridique, les conditions commerciales, et l'accès aux organes du marché intérieur européen. Aujourd'hui, la Suisse est exclue des systèmes régis par le droit de l'UE.

Peter Heydecker, membre du conseil d'administration et COO d'EnBW, a posé une question essentielle: « Un nouveau modèle de marché est-il nécessaire? » Il a souligné l'importance de la législation garantissant la sécurité des installations, alors que les énergies renouvelables prennent une place croissante. Afin de disposer de la puissance disponible nécessaire, de nouvelles centrales à gaz doivent être construites en Allemagne, pour un total de 12 GW, dont 7 GW seront convertis en huit ans pour fonctionner à l'hydrogène. En raison de la demande mondiale de générateurs, il a plaidé pour des produits standardisés. En outre, il souhaite que chaque centrale à gaz soit équipée de déphaseurs.

Lors d'un entretien avec l'animatrice Barbara Lüthi, Werner Luginbühl, président de la Commission fédérale de l'électricité (ElCom), a évoqué la collaboration entre la Suisse et l'UE. En Suisse, les prévisions doivent être améliorées; en Allemagne, cette question est mieux résolue. Des tarifs dynamiques de l'énergie et du réseau pourraient améliorer l'efficacité du système.

### Applications concrètes

Claudio Deplazes, d'Energia Alpina, a ensuite décrit les expériences faites avec le premier projet solaire alpin réalisé: « Ce qui est décisif au début, c'est la manière dont on aborde le projet », a-t-il affirmé. Ce ne sont pas les questions techniques qui sont au premier plan, mais la rentabilité. Tout d'abord,



Margarita Aleksieva, de BKW, a présenté un plaidoyer en faveur de l'énergie éolienne.

une carte des parties prenantes est établie et l'esquisse du projet est présentée à tous, car l'acceptation est très importante. Les discussions ont ensuite abouti, entre autres, à l'utilisation d'un funiculaire plutôt que d'hélicoptères pour le transport du matériel.

Peter Stutz, responsable du projet solaire de Morgeten, a pour sa part expliqué comment gérer les oppositions. Il a mentionné des objections insolites, comme celles arguant que les surfaces réfléchissantes des panneaux solaires pourraient être confondues avec de l'eau par des oiseaux, les conduisant à s'y heurter. Et ce, bien que les panneaux soient montés à un angle très prononcé. Comme le projet a été initié par une coopérative de montagne, l'acceptation était en principe garantie. La coopérative en profite doublement, car elle obtient ainsi un raccordement à l'électricité et à l'eau à 2000 mètres d'altitude.

Romy Biner-Hauser, présidente de la commune de Zermatt, a évoqué le délicat équilibre entre énergie et nature. Il faut fixer des priorités et se montrer conciliant. Il y a bien sûr des obstacles et des défis, mais aussi des opportunités. La volonté de persévérer est essentielle.

### Situation de l'énergie éolienne

Margarita Aleksieva, responsable Wind & Solar chez FMB, a mis en évidence une grande disparité: « La Suisse figure parmi les premiers en matière d'innovation, mais elle est à la traîne dans le domaine de l'éolien. » Actuellement,

seulement 47 éoliennes sont en service, contre 28 700 en Allemagne, 1400 en Autriche, 6000 en Italie, et 9000 en France. Elle a présenté les défis de notre pays en s'appuyant sur le projet de Tramelan, qui est en phase de planification depuis 17 ans. Comme les oppositions étaient de nature privée, elle a proposé de faire passer l'intérêt public avant l'intérêt privé afin de pouvoir réaliser ce genre de projets éoliens.

Lors de la table ronde avec Jacques Mauron, directeur de Groupe E, Claus Schmidt, directeur d'IWB, et Martin Simioni, directeur de la SAK, les différents obstacles à surmonter ont été analysés. Leur conclusion: la Suisse possède le savoir-faire technologique, mais le frein réside dans l'acceptation sociale et les processus d'autorisation. Technologiquement, tout est possible, mais tout dépend de la politique.

### Innovations et obstacles

Turhan Demiray, directeur du Research Center for Energy Networks de l'ETH Zurich, a présenté les résultats d'une étude approfondie sur la flexibilité des réseaux électriques. Cette analyse a porté sur diverses mesures de soutien aux réseaux, notamment l'expansion traditionnelle des infrastructures, la limitation de la puissance active et la régulation de la puissance réactive. L'étude, qui a examiné plus de 60 réseaux de distribution, a révélé que ces derniers présentaient des caractéristiques très variées, sans qu'une typologie spécifique ne soit déterminante. En revanche, le niveau des investisse-



Le conseiller fédéral Albert Rösti s'est prononcé en faveur de l'ouverture technologique.

ments déjà réalisés dans les réseaux s'avère crucial pour leur développement futur. Pour réduire la prédominance du photovoltaïque, la limitation de l'injection constitue la solution la plus efficace. Sa conclusion: encourager les flexibilités permettrait de diminuer significativement les coûts d'extension des réseaux. Il a également plaidé en faveur de l'introduction de tarifs de réseau dynamiques différenciés par zones géographiques pour atteindre cet objectif de manière efficace.

Andreas Schierenbeck, directeur général d'Hitachi Energy, a quant à lui mis en lumière les transformations rapides dans le secteur énergétique: «L'électricité croît à un rythme que nous n'avons pas connu depuis des décennies.» Pour garantir un approvisionnement sûr et fiable, les énergies renouvelables restent le moyen le plus rapide et le plus économique. Il a souligné l'importance croissante des réseaux électriques, notamment face à l'éloignement des parcs éoliens offshore par rapport aux centres urbains.

Andreas Schierenbeck a également évoqué le secteur à la croissance la plus rapide: les centres de données. Cependant, il a mis en garde contre les défis associés, notamment un horizon de planification très court pour fournir un raccordement au réseau capable de supporter une charge de 500 MW. Un autre problème majeur est la volatilité extrême et imprévisible de la charge. «Lorsque l'intelligence artificielle d'un centre de données commence à se

développer, la consommation peut être multipliée par dix», a-t-il expliqué. Toutefois, Andreas Schierenbeck a noté que des solutions comme le stockage d'énergie pourraient contribuer à atténuer ces difficultés et stabiliser les réseaux.

### Multiplacettes de la recherche

Christian Schaffner, directeur de l'Energy Science Center de l'ETH Zurich, a mis en lumière les défis croissants liés à la décarbonation et a présenté les thèmes de recherche actuels. Ils se concentrent à la fois sur les fondements scientifiques et sur les aspects systémiques. Dans le domaine de l'électrochimie, les travaux visent à améliorer l'efficacité des batteries. En parallèle, des analyses approfondies examinent l'ensemble de la chaîne du CO<sub>2</sub> en utilisant l'intelligence artificielle. Un autre axe de recherche explore les effets du changement climatique sur l'approvisionnement électrique à travers la création de scénarios météorologiques spécifiques. Il est réjouissant de constater que le tournant énergétique réduit massivement les importations d'énergie et la dépendance vis-à-vis de l'étranger. Christian Schaffner conclut: «La flexibilité devient un élément clé, tandis que la production de base perd de son attrait.»

Manfred Hafner, professeur associé à la Johns Hopkins University School of Advanced International Studies (SAIS-Europe) et directeur de HEAS AG, a exposé la situation actuelle

de l'hydrogène. Aujourd'hui, ce dernier est principalement utilisé dans l'industrie chimique pour produire des engrais, mais il est d'origine fossile, ce qui en fait un problème plutôt qu'une solution d'un point de vue climatique. La promotion de l'hydrogène «vert», qui peut jouer un rôle dans la décarbonation de secteurs tels que la mobilité et le stockage énergétique, est donc essentielle. Peter Meier, directeur de Geo-Energie Suisse SA, a pour sa part présenté une innovation suisse qui permet de résoudre les problèmes de tremblements de terre lors des forages géothermiques. Déjà utilisée aux États-Unis, cette technologie pourrait également être exploitée en Suisse pour améliorer la rentabilité de la géothermie et favoriser son développement. Actuellement, le coût de production est estimé à 25 ct./kWh, mais il devrait descendre à 15 ct. à l'avenir. Peter Meier a également évoqué le projet pilote de Haute-Sorne, qui vise à générer 5 MW d'électricité.

### Point de vue du Conseil fédéral

Le mot de la fin a été prononcé par Albert Rösti, conseiller fédéral et chef du DETEC. Il a insisté sur l'importance de garder une vision temporelle claire: «Nous pouvons envisager tous les aspects simultanément, mais il est impératif de prioriser ce qui doit être réalisé à court, moyen et long terme.» Cette perspective vise à garantir que les générations futures disposent elles aussi d'une quantité suffisante d'électricité, car, selon lui, «nous sommes une communauté de destin». L'accélération du développement des énergies renouvelables reste une priorité absolue dans l'immédiat. Cependant, Albert Rösti a également souligné que, sur le long terme, il serait crucial de lever les interdictions technologiques. Cela permettrait aux acteurs du secteur de décider eux-mêmes des domaines dans lesquels ils souhaitent investir, en tenant compte des besoins futurs. Il a conclu en affirmant: «Nous devons établir des conditions-cadres qui donnent à la branche toutes les opportunités nécessaires pour agir.»

#### Auteur

**Radomír Novotný** est rédacteur en chef du Bulletin Electrosuisse.  
→ Electrosuisse, 8320 Fehraltorf  
→ [radomir.novotny@electrosuisse.ch](mailto:radomir.novotny@electrosuisse.ch)



**JETZT:  
UNVERBINDLICHES  
ERSTGESPRÄCH  
BUCHEN**

## **EVU-Support**

### **Voller Durchblick im Netz**

Das neue Stromgesetz kommt – und mit ihm neue Herausforderungen für EVUs. Damit Sie weiterhin den Durchblick in Ihrem Netz behalten und optimal vorbereitet sind, unterstützen wir Sie gerne individuell, unabhängig und umfassend.

**Nutzen Sie die volle Power unseres Engineering-Teams für Ihren Erfolg!**



[electrosuisse.ch/evu-support](https://electrosuisse.ch/evu-support)

  
**electro  
suisse**



Inspirierende Diskussion am Swiss Lighting Forum, das diesmal am 30. Januar 2025 durchgeführt wurde.

## Licht in jeder Projektphase

**D**as Swiss Lighting Forum, das wiederum im Technopark Zürich durchgeführt wurde, gilt mit seinem vielfältigen Themenspektrum als der Treffpunkt der Lichtbranche schlechthin. Die diesjährige Durchführung befasste sich schwerpunktmässig mit dem Thema Projektmanagement. Die Experten beleuchteten den gesamten Projektzyklus – von den ersten konzeptionellen Überlegungen über die Ausschreibungsphase bis zur konkreten Implementierung und dem nachhaltigen Betrieb der Lichtanlage. Dabei wurde deutlich, dass durchdachte Beleuchtungskonzepte in jeder einzelnen Projektphase massgeblich zum Erfolg beitragen.

Bevor sich das Forum jedoch den Kernthemen Projektmanagement und Lichtplanung zuwandte, widmete sich Lea Klingenberg von Economiesuisse in ihrem Vortrag dem wichtigen Thema der Nachhaltigkeit und Lieferketten. Nachhaltigkeit sei kein Trend mehr, sondern wird zunehmend zur Pflicht, bekräftigte sie. Aktuell herrsche eine grosse Dynamik in der Nachhaltigkeitsregulierung, der Widerstand gegen «Green Deals» und Überregulierung wächst jedoch. Keine einfache

Situation, hier seien pragmatische Lösungen gefragt. Flexibilität und marktbasierende Ansätze seien nötig, um das Thema Nachhaltigkeit zu fördern, statt auszubremsen.

Markus Binda, Fachdelegierter des Fachverbands der Beleuchtungsindustrie, griff in seinem Beitrag ebenfalls den Nachhaltigkeitsaspekt auf. Er betonte, dass die Reparaturfähigkeit von Leuchten künftig stark an Bedeutung gewinnen wird. Die Verlängerung der Lebensdauer von Beleuchtungskörpern berge erhebliches Potenzial zur Einsparung grauer Energie. Entscheidend seien dabei vor allem ein durchdachtes Produktdesign.

Philippe Kleiber der Schweizer Licht Gesellschaft setzt sich ein für gutes Licht. Eine professionelle Lichtplanung ist der Schlüssel dazu. Die Zuständigkeiten dafür sind allerdings nicht klar geregelt. Eine eigens eingerichtete Taskforce beschäftigt sich nun mit dieser Herausforderung. Wie Kleiber ankündigte, soll bis Ende Herbst ein detaillierter Leistungsbeschrieb vorliegen.

Über Erfahrungen, Lichtblicke, aber auch wiederholte Mängel bei Beleuchtungsprojekten berichtete Markus

Simon, Fachexperte Energie- und Gebäudetechnik der Stadt Zürich. Beim Referat von Tobias Schär, Leiter Bauentwicklung bei Basler & Hofmann, lag die Bauherrschaft im Fokus, deren Aufgabe in einem zunehmend komplexen Umfeld wächst. Die Anforderungen steigen stetig: Verschärfte Normen im Bauwesen treffen auf teils widersprüchliche behördliche Vorgaben und Auflagen. Tobias Schär zeigte auf, wie Planungsteams ihre Auftraggeber in dieser anspruchsvollen Rolle optimal unterstützen können.

Das gesamte Programm des diesjährigen Swiss Lighting Forums überzeugte durch seine thematische Vielfalt. Von detaillierten Einblicken in die Lichtplanung über smarte Datennutzung für nachhaltige Beleuchtungskonzepte bis hin zu Fördermassnahmen für Sanierungsprojekte – die Veranstaltung bot zahlreiche relevante Impulse für alle Beteiligten, von Lichtexperten über Architekten und Bauherren bis hin zu Planern und Installateuren. Lebhaftes Diskussionsrunden zu Projektablaufen und Projektmanagement rundeten die gelungene, praxisnahe Fachtagung ab.

SILVANO BÖNI



Claudio Deplazes betonte, wie wichtig Gespräche mit den lokalen Stakeholdern bereits am Anfang eines Projekts sind.

## Nachhaltigkeit und Fragen der alpinen Photovoltaik

**D**ie Energieforschungsgespräche vom 29. bis 31. Januar 2025 im Kloster Disentis waren geprägt vom bewährten Mix aus Vorträgen zu spezifischen Forschungsthemen, Präsentationen aus Systemsicht sowie Gesprächen zu Fragen der Nachhaltigkeit. Der Grundtenor: Es gilt zahlreiche Aspekte zu berücksichtigen, um in jeglicher Hinsicht nachhaltiger zu werden. Folgende Impressionen vom zweiten Konferenztag fokussieren auf den Tagungsschwerpunkt der alpinen PV.

Zunächst stellte Mak Đukan Resultate einer Studie der ETH Zürich vor. Die Studie untersuchte, ob bifaziale alpine PV-Anlagen mit dem heutigen Subventionierungssystem rentieren. Dazu wurden in der Studie Umfragen gemacht. Anschliessend wurde die Untersuchung mit Finanzmodellen weitergeführt. Fazit: Bei gleicher Einstrahlung liefern am Boden installierte PV-Anlagen, verglichen mit Fassaden-PV und auf Seen schwimmenden Anlagen, den höchsten Ertrag. Đukan plädierte dafür, das aktuelle Förderprogramm für grosse PV-Projekte zu

optimieren, damit es auch die Kosteneffizienz der Projekte berücksichtigt. Selbst die teuersten Projekte erhalten heute einen Zuschuss von 60 %, wenn sie schnell umgesetzt werden, obwohl mit der gleichen Investition für die Energiewende mehr erreicht werden könnte.

In der Energiewende wird der Solarstrom eine zentrale Rolle spielen. Bis 2035 sollen 80 % des erforderlichen Ausbaus erreicht werden. Zurzeit liegen wir unter 20 %. Die ZHAW-Forscherin Fabienne Sierro ging in ihrem Projekt deshalb der Frage nach, wie sich der Bau grosser PV-Flächen beschleunigen liesse. Eigenheimbesitzer sind heute eher motiviert, eine Solaranlage auf ihrem Dach zu installieren, aber bei Wohnungsmietern ist der Wunsch klein, um sich an sogenannten Citizen-financed PV projects zu beteiligen. Cifi-PV hat 2019 nur rund 2 % des Solarstroms erzeugt. Um hier etwas zu bewirken, muss bekannt sein, weshalb sich Leute zum Mitmachen entschliessen. Da die bisherigen Studien lediglich davon ausgingen, dass die Haupttreiber

entweder Umweltschutzgründe oder finanzielle Aspekte sind, hat Fabienne Sierro untersucht, was die wirklichen Gründe für ein Mitmachen sind. Sie fand 27 unterschiedliche Motivationen. Dieses Wissen kann nun dazu genutzt werden, um mehr Personen für neue Projekte zu begeistern.

Aus der Praxis berichtete u. a. Claudio Deplazes, der eine erste Bilanz des Projekts von Sedrun Solar, das an der Grenze des Gebiets Andermatt-Sedrun liegen soll, vorstellte. Dort wurden in touristisch vorbelasteten Gebieten Orte für Solarfelder gesucht. Das PV-Feld wird etwa so gross werden wie fünfzig Fussballfelder, mit knapp 20 MW Nennleistung. Erfreulich wird der Winterstromanteil von knapp 50 % sein.

Nebst diesen PV-Themen wurden auch regulatorische Fragen, Aspekte der Biodiversität, der Alpwirtschaft, der Wasserstoffwirtschaft, alternative Windkraftkonzepte, ja sogar die nachhaltigere Kehrlichtbewirtschaftung vorgestellt. Die Alpenforce-Konferenz in Disentis bleibt also in vielerlei Hinsicht inspirierend. **RADOMÍR NOVOTNÝ**



Professor Andreas Häberle hiess die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus 18 Ländern an der OST in Rapperswil willkommen.

## Brennende Metalle als Energiespeicher erforschen

**E**nergiespeicher werden immer wichtiger, auch um Dunkelflauten und Winterlücken zu überbrücken. Nebst der bewährten Wasserkraft und den langsam aufkommenden Lithiumbatterien gibt es weitere, weniger bekannte Technologien. Eine davon ist die Verbrennung von Metallen wie Aluminium oder Eisen. Die Entwicklung dieser Art der Energiespeicherung, die geschlossene Stoffkreisläufe ermöglicht und somit nachhaltig sein kann, steckt noch in den Kinderschuhen. Über den aktuellen Stand der Forschung informierte das internationale Symposium zu erneuerbaren «Metal Fuels» am 12. und 13. Februar 2025.

Der erste Symposiumstag war der Forschung gewidmet. In seiner Einleitung wies Michel Haller, OST, darauf hin, dass der vielgepriesene Wasserstoff seine Tücken hat, denn er lässt sich schlecht speichern und transportieren und ist explosiv, wenn er entweicht. Und das alles bei geringer Energiedichte. Ammoniak als weitere Option ist giftig und deshalb ebenfalls weniger geeignet. Eisen oder Aluminium kön-

nen hingegen gut, lang und gefahrlos gelagert werden. Weniger einfach wird es, wenn Metalle gesucht werden, die nachhaltig erzeugt wurden. Zudem wurde diskutiert, wie sich die in Metallen gespeicherte Energie auf eine skalierbare und wirtschaftliche Weise nutzen lässt. Dazu versucht man beispielsweise zu verstehen, was genau bei brennenden Metalltropfen geschieht – ein komplexes Phänomen.

Am zweiten Tag wurde es praxisnah. Den Auftakt machte Jeffrey Bergthorson, Professor an der McGill University, mit einer Übersicht über die Nutzungsmöglichkeiten von Metallen. Seine Forschung, fossile Brennstoffe durch nachhaltige zu ersetzen, begann zunächst mit der Biomasse. Es wurde aber schnell klar, dass für die gewünschten Zwecke nicht genügend Biomasse produziert werden kann. Seine Suche nach einer besseren Alternative führte ihn zu den Metallen, indem er nicht reaktive, zu schwere, zu seltene und giftige chemische Elemente unberücksichtigt liess, um auf Lithium, Magnesium, Eisen, Zink, Wismut, Aluminium und Sili-

zium zu stossen. Viele dieser Elemente lassen sich verbrennen und in Wasser oxidieren, wobei bei Letzterem nützlicher Wasserstoff entsteht. Ein Liter Aluminium kann gleichviel Hitze wie ein Liter Diesel erzeugen, generiert zudem aber das Äquivalent von vier Litern flüssigem Wasserstoff. Christian Hasse, TU Darmstadt, plädierte anschliessend dafür, nicht nur zu forschen, sondern auch das Gespräch mit Politikern und der Industrie zu suchen, damit sich Metallbrennstoffe durchsetzen können.

Die saisonale Speicherung mit Eisen-Oxidierung in Dampf wurde von Zhiyuan Fan, ETH Zürich, vorgestellt. Seine Anforderungen, die auch in anderen Vorträgen anklangen: Es muss für Langzeitspeicherung billig sein, und das Material sollte verbreitet und sicher sein. Sein Fazit: Wegen der saisonalen Preisschwankungen wird sich PV bald nicht mehr lohnen. Das ist eine Chance für Energiespeicher mit Metal Fuels. Die am Symposium vorgestellten Technologien könnten somit in den nächsten Jahren ihren Weg in die Praxis finden.

**RADOMÍR NOVOTNÝ**



**SAVE THE  
DATE**

# **Generalversammlung Electrosuisse**

# **Assemblée générale Electrosuisse**

## **8. Mai 2025 | Zentrum Paul Klee, Bern**

12.30 Uhr Stehlunch | 14.00 Uhr Generalversammlung

Das Programm sowie die Traktanden und Anträge stehen ab Ende März auf **[www.electrosuisse.ch/gv](http://www.electrosuisse.ch/gv)** zur Verfügung.

Die Mitglieder von Electrosuisse erhalten eine persönliche Einladung zur Generalversammlung.

## **8 mai 2025 | Centre Paul Klee, Berne**

12h30 Lunch | 14h00 Assemblée générale

Le programme ainsi que l'ordre du jour et les propositions seront disponibles à partir de fin mars sur **[www.electrosuisse.ch/gv](http://www.electrosuisse.ch/gv)**.

Les membres d'Electrosuisse recevront une invitation personnelle à l'assemblée générale.



**[electrosuisse.ch/gv](http://electrosuisse.ch/gv)**



## Netzimpuls

26. März 2025, Aarau

**Veranstalter:** Electrosuisse, HSLU, Cigre

Namhafte Referierende gewähren Einblick in die jüngsten Entwicklungen, in Forschung und in die Praxis laufender Projekte. Herausforderungen, Risiken und Chancen werden beleuchtet und diskutiert. Am Vorabend, 25. März 2025, wird die Tagung mit einem optionalen Networking-Dinner und einem spannenden Impulsreferat eingeleitet.

[www.netzimpuls.ch](http://www.netzimpuls.ch)

## Schweizer Photovoltaik-Tagung

1.–2. April 2025, Bern

**Veranstalter:** Swissolar

Die Schweizer Photovoltaik-Tagung ist der wichtigste Treffpunkt der schweizerischen Solarstrombranche. Zur Umsetzung der Ziele des Stromgesetzes brauchen wir viermal mehr Solarstrom. Wie dies mit den neuen Rahmenbedingungen und Instrumenten gelingen kann, das steht im Zentrum der Schweizer Photovoltaik-Tagung 2025.

[www.pv-tagung.ch](http://www.pv-tagung.ch)

## Congrès photovoltaïque suisse

1<sup>er</sup>–2 avril 2025, Berne

**Organisation:** Swissolar

Pour assurer la mise en oeuvre des objectifs visés par la loi sur l'électricité, il faudra multiplier notre production photovoltaïque actuelle par quatre. Le Congrès photovoltaïque suisse 2025, le principal rendez-vous de la branche, mettra l'accent sur la manière de réussir cet exploit à l'aide de nouvelles conditions-cadres et de nouveaux instruments.

[www.congres-pv.ch](http://www.congres-pv.ch)

## Generalversammlung von Electrosuisse

8. Mai 2025, Bern

**Veranstalter:** Electrosuisse

Die 141. Generalversammlung von Electrosuisse findet im Zentrum Paul Klee in Bern statt. Der Start mit Stehlunch ist um 12.30 Uhr, die GV beginnt um 14.00 Uhr. Das Programm sowie die Traktanden und Anträge sind auf der unten aufgeführten Webseite ab Ende März verfügbar. Die Mitglieder von Electrosuisse erhalten eine persönliche Einladung.

[www.electrosuisse.ch/gv](http://www.electrosuisse.ch/gv)

## Assemblée générale d'Electrosuisse

8 mai 2025, Berne

**Organisation:** Electrosuisse

La 141<sup>e</sup> Assemblée générale d'Electrosuisse se tiendra au Zentrum Paul Klee, à Berne. Le lunch débute à 12h30 et l'Assemblée générale à 14h00. Le programme ainsi que l'ordre du jour et les motions seront disponibles sur le site web indiqué ci-dessous dès fin mars. Les membres d'Electrosuisse recevront une invitation personnelle.

[www.electrosuisse.ch/ag](http://www.electrosuisse.ch/ag)

## Forum FRED

15 mai 2025, Lausanne

**Organisation:** Electrosuisse

Le rendez-vous incontournable des experts en matière d'éclairage et de digitalisation du bâtiment est placé cette année sous le thème « La technologie au service de l'humain ». Des spécialistes de renom présenteront des projets passionnants et partageront leurs expériences, en mettant l'accent sur les activités récentes, les innovations et des projets réalisés en Suisse romande. Les participants auront en outre l'occasion d'élargir leur réseau professionnel en visitant l'exposition.

[www.forumfred.ch](http://www.forumfred.ch)

## E-Mobile Verkehrsforum

10. September 2025, Zürich

**Veranstalter:** Electrosuisse

Die Elektrifizierung des öffentlichen Nahverkehrs und des Logistik- und Transportwesens schreitet in grossen Schritten voran. Namhafte Experten und Entscheidungsträger der Branche geben Einblick in wegweisende Projekte im In- und Ausland und vermitteln Ausblicke auf die kommenden Entwicklungen und Trends.

[emobile-verkehrsforum.ch](http://emobile-verkehrsforum.ch)

## Gebäudetechnik-Kongress

17. September, Baden

**Veranstalter:** Electrosuisse

Der Kongress bietet Keynotes und Fachvorträge zu den neuesten Entwicklungen in der Gebäudetechnik sowie praxisnahe Einblicke in zukunftsweisende Technologien und Best Practices. Exklusive Networking-Möglichkeiten

mit führenden Experten und Branchenkolleginnen und -kollegen runden den Event ab.

[www.gebaeudetechnik-kongress.ch](http://www.gebaeudetechnik-kongress.ch)

## Anlagentagung

18. September 2025, Aarau

**Veranstalter:** Electrosuisse

Die Anlagentagung wartet mit einem abwechslungsreichen und praxisnahen Programm auf. Namhafte Referierende gewähren Einblick in innovative Projekte und zukunftsweisende Technologien. Sie beleuchten nachhaltige Lösungen für aktuelle Herausforderungen. Eine Ausstellung mit Produkten und Dienstleistungen ausgewählter Partner rundet den Event ab.

[anlagentagung.ch](http://anlagentagung.ch)

## Kurse | Cours

### Mesures électrotechniques diverses

1<sup>er</sup> avril 2025, Bulle

**Organisation:** Electrosuisse

Pour bien comprendre les mesures et en interpréter les résultats, il est impératif de connaître parfaitement les instruments utilisés. Cette journée permettra aux participants de rafraîchir leurs connaissances en matière de mesures électrotechniques, de contrôle et de diagnostic des défauts.

[shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue](http://shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue)

### Cours NIBT 2025 - mise à jour

10 avril 2025, Bulle

**Organisation:** Electrosuisse

Reconnu par l'AEAI comme journée entière de formation continue, ce cours traite de manière approfondie de tous les changements, adaptations et nouveaux thèmes de la norme NIBT 2025.

[shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue](http://shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue)

### Installateurs-électriciens / électriciens de montage

11 avril 2025, Bulle

**Organisation:** Electrosuisse

Ce cours de répétition propose une révision des connaissances acquises ainsi que la transmission d'un nouveau savoir-faire dans les domaines

de la sécurité, des normes et des mesures. À l'issue de ce cours, les participants seront en mesure de mettre en pratique les apports normatifs ainsi que les mesures nécessaires au premier contrôle exigé par l'OIBT.

[shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue](http://shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue)

## Atmosphères explosibles (ATEX)

14-15 avril 2025, Bulle

Organisation : Electrosuisse

Ce cours enseigne les bases pour la planification de projets et la réalisation d'installation dans les zones à risque d'explosion ainsi que pour le choix des appareils conformément aux normes.

[shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue](http://shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue)

## Cours de répétition art. 13, 14 et 15 de l'OIBT

16 avril 2025, Bulle

Organisation : Electrosuisse

Cette formation propose un rappel

des connaissances théoriques et pratiques nécessaires à l'électricien d'exploitation selon l'art. 13 de l'OIBT ainsi qu'aux porteurs d'une autorisation de raccorder selon l'art. 14 ou 15 de l'OIBT.

[shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue](http://shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue)

## Cours BLS-AED-SRC complet

17 avril 2025, Bulle

Organisation : Electrosuisse

Ce cours permet d'apprendre ou de répéter les compétences de base de la réanimation (BLS), y compris la défibrillation automatisée (AED), et ce, conformément aux exigences du Conseil suisse de réanimation (SRC).

[shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue](http://shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue)

## Infrastructure de recharge pour véhicule électrique

5 mai 2025, Bulle

Organisation : Electrosuisse

L'installation d'une infrastructure de recharge pour véhicule électrique

doit correspondre aux règles de la technique et tenir compte des exigences des GRD. Ce cours fournit des connaissances de base sur les véhicules électriques ainsi que des informations importantes pour être à même de proposer des conseils optimaux en matière d'infrastructures de recharge.

[shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue](http://shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue)

## Machines - conception et vérifications

6-7 mai 2025, Couvet

Organisation : Electrosuisse

Ce cours met en lumière les bases légales, les dangers et les mesures de protection à prendre lors de la mise en œuvre de l'équipement électrique de la plupart des machines, conformément à la norme SN EN 60204-1. Il explique également quels sont les essais et vérifications à effectuer avant qu'elles ne soient mises ou remises à disposition.

[shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue](http://shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue)



**EINFACH MEHR WISSEN.**

**Bildungsangebot 2025**

Kurse | Veranstaltungen | Produkte

 [electrosuisse.ch/bildungsangebot](http://electrosuisse.ch/bildungsangebot)

 electro suisse



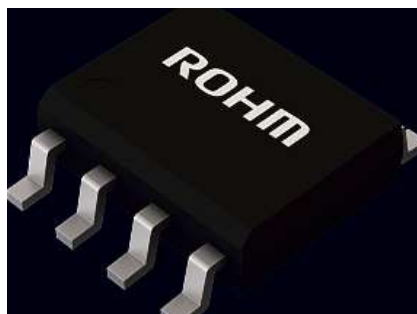
Der Wechselrichter Fronius Argono.

### Wechselrichter für gewerbliche PV-Projekte

Mit dem Fronius Argono bringt das österreichische Familienunternehmen Fronius ein zukunftsweisendes Produkt für PV-Grossprojekte auf den Markt. Der neue Wechselrichter mit einer Leistung von 125 kW punktet mit umfassendem Schutz und minimalen Umwandlungsverlusten.

Der leistungsstarke Wechselrichter erreicht dank Siliziumkarbid-Technologie einen Spitzenwirkungsgrad von bis zu 99,1%.

Fronius, AT-4600 Wels  
Tel. +43 7242 24 10, [www.fronius.com](http://www.fronius.com)



Der BM6GD11BFJ-LB 1-Kanal-Gate-Driver.

### Isolated Gate Driver für GaN von ROHM

Rutronik ergänzt sein Sortiment um den 1-Kanal-Gate-Treiber BM6GD11BFJ-LB mit integrierter Isolierung von Rohm. Die Bauteile können GaN-Transistoren mit hoher Elektronenbeweglichkeit (high-electron-mobility transistor, HEMT) auch bei hohen Geschwindigkeiten ansteuern und verfügen über eine Isolationsspannung von bis zu 2,5 kV RMS, eine minimale E/A-Latenz von 60 ns sowie eine minimale Eingangsimpulsbreite von nur 65 ns.

Rutronik GmbH, DE-75228 Ispringen  
[www.rutronik24.com](http://www.rutronik24.com)



PQ-Box 300.

### Frequenzanalyse von DC bis 170 kHz

Der mobile Power-Quality-Netzanalysator, Leistungsmesser und Transientenrekorder ermöglicht eine permanente Frequenzanalyse von DC bis 170 kHz. Das Klasse-A-Gerät wurde für Messungen in Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen entwickelt und ist ideal für den mobilen Messbetrieb in rauen Umgebungen und bei beengten Platzverhältnissen. Zudem ermöglicht das Gerät eine Bewertung der Spannungsqualität für öffentliche und industrielle Netze.

A. Eberle Schweiz AG, 5610 Wohlen  
Tel. 056 619 51 80, [www.a-eberle.ch](http://www.a-eberle.ch)

**JETZT  
BASIC-MITGLIED  
WERDEN!**

**Mitgliedschaft «Basic»**

**Ihr Zugang zum Experten-Netzwerk**



[electrosuisse.ch/mitgliedschaft](http://electrosuisse.ch/mitgliedschaft)



**JETZT:  
UNVERBINDLICHES  
ERSTGESPRÄCH  
BUCHEN**

## **Zielvereinbarung**

**Ihr Weg zu mehr Effizienz**

Electrosuisse unterstützt Energiegrossverbraucher bei der Erstellung und Erfüllung Ihrer Zielvereinbarungen mit dem Bund. Steigern Sie Ihre Energieeffizienz und reduzieren Sie Ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen mit unserem Engineering-Team.

**Massgeschneiderte Ziele – Transparentes Vorgehen –  
Ihr individueller Weg zum Erfolg!**



[electrosuisse.ch/zielvereinbarung](https://electrosuisse.ch/zielvereinbarung)



## eMobility: Ladeinfrastruktur aus einer Hand

Die Elektromobilität erobert peu-à-peu auch die Schweiz. Die Suche nach kompatiblen Komponenten für eine ideale Ladeinfrastruktur oder ein hoher Planungs- und Installationsaufwand können schnell herausfordernd wirken. Dass es auch einfach geht, zeigt Schneider Electric mit seinem umfassenden Portfolio – «Alles aus einer Hand».

### Höchste Flexibilität mit Canalis

Mit dem modularen Stromschienensystem Canalis bietet Schneider Electric eine robuste Lösung für die Versorgung der Ladeinfrastruktur. Die Leiterschienen im Stahlblechgehäuse erfordern minimalen Aufwand bei der Systeminstallation und -befestigung. Regelmässige Abgangsstellen alle 50 cm garantieren höchste Flexibilität und ermöglichen zukünftige Erweiterungen. Abgangskästen sind selbst unter Spannung mit nur zwei Klicks steckbar. Dank IP55-Schutzart ist es für alle Gebäudetypen geeignet und sorgt dabei jederzeit für hohe Sicherheit.

### Ladelösung für Flotten und Gewerbe

Ergänzt wird die Ladeinfrastruktur durch robuste Ladestationen. Dank integrierter Schutzeinrichtungen und austauschbaren Komponenten lassen sich diese rasch und sicher installieren, betreiben und warten. Die Ladestation EVlinkPro AC mit bis zu 22 kW Ladeleistung ist als Wallbox



und Ladesäule erhältlich. Die DC-Schnellladelösung ist von 120 kW auf 150 kW bis 180 kW flexibel skalierbar und so kann innerhalb von 20 Minuten ein Ladezustand von bis zu 80 % erreicht werden. Das macht sie besonders für kommerzielle Gebäude oder Flotten attraktiv. Beide Stationen lassen sich in das Lademanagementsystem EcoStruxure EV Charging

Expert integrieren, sodass auch kombinierte Ladeinfrastrukturen mit AC- und DC-Stationen möglich sind. In die flexible Lösung lassen sich bis zu 20 Energiemesspunkte einbinden und überwachen. Nutzer profitieren von einer Ladeinfrastruktur, die sich leicht an wandelnde Bedürfnisse anpassen lässt, und können so ihre Elektrifizierungsziele sorglos erreichen.

## eMobility: solution complète par un seul fournisseur

L'électromobilité gagne peu à peu la Suisse. Les contraintes liées à la planification et à l'installation compliquent l'obtention d'une infrastructure de recharge optimale. Cependant, Schneider Electric démontre qu'il est possible d'y parvenir facilement grâce à son offre complète alliant rails d'énergie et bornes de recharge.

### Flexibilité maximale avec Canalis

Avec le système de canalisation électrique préfabriqué Canalis (IP55), Schneider Electric propose une solution robuste pour l'alimentation des bornes de recharge. Les rails conducteurs encastrés dans un boîtier en acier exigent peu d'efforts lors de l'installation. Des trappes de dérivation régulièrement réparties sur le rail garantissent une grande flexibilité d'utilisation et permettent de futures extensions. Les coffrets de dérivation peuvent être branchés en deux clics, même sous tension.

### Solution de recharge intelligente pour les flottes et les entreprises

La solution est complétée par des bornes robustes. Les dispositifs de protection intégrés et les composants interchangeables assurent des stations de charge installées rapidement, faciles à entretenir et sécurisées. La borne de recharge EVlink Pro AC (wallbox ou kit métallique) propose une puissance de charge allant jusqu'à 22 kW, et la borne rapide Pro DC, une puissance de charge de 120 kW à 180 kW. Avec cette installation, un niveau de recharge de 80 % peut être atteint en 20 min. Cette solution a été conçue spécifiquement

pour les bâtiments commerciaux et les flottes. Les bornes peuvent être intégrées dans le système de gestion de la charge EcoStruxure EV Charging Expert, qui permet de combiner des stations AC et DC. Celui-ci garantit la disponibilité du courant et permet également de surveiller à distance les processus de charge. Cette solution intelligente permet de piloter jusqu'à 20 sorties. Les utilisateurs bénéficient d'une infrastructure de recharge qui s'adapte à l'évolution de leurs besoins et soutient la voie de l'électromobilité.

Schneider Electric (Schweiz) AG, Gümligen  
Tél. 031 917 45 90, [www.se.com/ch](http://www.se.com/ch)

BULLETIN ELECTROSUISSE

116. Jahrgang | 116<sup>e</sup> année  
ISSN 1660-6728  
Erscheint 8-mal pro Jahr | Paraît 8 fois par an

**Herausgeber | Éditeur**  
Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie und Informationstechnik  
**Electrosuisse, l'Association pour l'électrotechnique, les technologies de l'énergie et de l'information**

**Redaktion | Rédaction**  
Radomír Novotný (No), El.-Ing. HTL, BA, MA, Chefredaktor/Rédacteur en chef,  
Tel. 058 595 12 66  
Cynthia Hengsberger (Che), D'ès sc./dipl. en électronique-physique,  
Redaktorin/Rédactrice, Tel. 058 595 12 59  
Schweizerisches Elektrotechnisches Komitee / Comité Electrotechnique Suisse (CES),  
Tel. 058 595 12 69  
Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf, bulletin@electrosuisse.ch

**Titelbild | Couverture**  
Radomír Novotný

**Anzeigenverkauf | Vente des annonces**  
Zürichsee Werbe AG, Marc Schättin, Tiefenastrasse 2, 8640 Rapperswil  
Tel. 044 928 56 17, bulletin@fachmedien.ch

**Auflage (WEMF 2025) | Tirage (REMP 2025)**  
WEMF-SW-Auflagenbeglaubigung/Certification des tirages par la REMP/FRP 6568  
Total verkaufte Auflage/Total tirage vendu 6568  
Total Gratisauflage/Total tirage gratuit 0

**Adressänderungen und Bestellungen | Changements d'adresse et commandes**  
Tel. 058 595 11 55, verband@electrosuisse.ch

**Preise | Prix**  
Abonnement CHF 175.- (Ausland: zuzüglich Porto/Étranger: plus frais de port)  
Einzelnummer CHF 25.- zuzüglich Porto/Prix au numéro CHF 25.- plus frais de port  
Das Abonnement ist in der Mitgliedschaft von Electrosuisse enthalten.  
L'abonnement est compris dans l'affiliation à Electrosuisse.

**Produktion | Production**  
Layout, Korrektorat/Mise en page, correction: Communicaziun.ch,  
Hauptstrasse 55, 8750 Glarus, www.communicaziun.ch  
Druck/Impression: AVD Goldach, Sulzstrasse 10-12, 9403 Goldach, www.avd.ch

Nachdruck: Nur mit Zustimmung der Redaktion  
**Reproduction: interdite sans accord préalable de la rédaction**  
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier/Impression sur papier blanchi sans chlore

Die Fremdbeiträge im Fachteil geben die Meinung des jeweiligen Autors wieder.  
Sie muss sich nicht mit derjenigen der Redaktion oder des Verbands Electrosuisse decken.  
**Les articles dans la partie spécialisée reflètent les opinions des auteurs, qui ne correspondent pas forcément à celles de la rédaction ou de l'association Electrosuisse.**

**Urheberrechte | Droits d'auteur**  
Alle Texte sind CC BY-NC-ND lizenziert, sofern nicht anders vermerkt. Sowohl die Autoren als auch die Erstveröffentlichung im Bulletin Electrosuisse (inkl. Ausgabe) müssen bei einer erneuten Veröffentlichung erwähnt und Electrosuisse als Herausgeber über die Wiederveröffentlichung informiert werden (Meldung an bulletin@electrosuisse.ch). Bei Infografiken und Bildern liegt das Urheberrecht bei der in der Bildquelle angegebenen Person/Firma. Eine weitere Veröffentlichung muss direkt mit den Urhebern vereinbart werden.  
Tous les textes sont sous licence CC BY-NC-ND, sauf mention contraire. Tant les auteurs que la première publication dans le Bulletin Electrosuisse (avec indication du numéro) doivent être mentionnés lors d'une nouvelle publication, et Electrosuisse, en tant qu'éditeur, doit être informé de la republication (à l'adresse bulletin@electrosuisse.ch). Pour les infographies et photographies, les droits d'auteur appartiennent aux personnes/entreprises mentionnées en tant que source de la figure. Toute nouvelle publication doit être convenue directement avec les auteurs.

Inserenten | Annonceurs

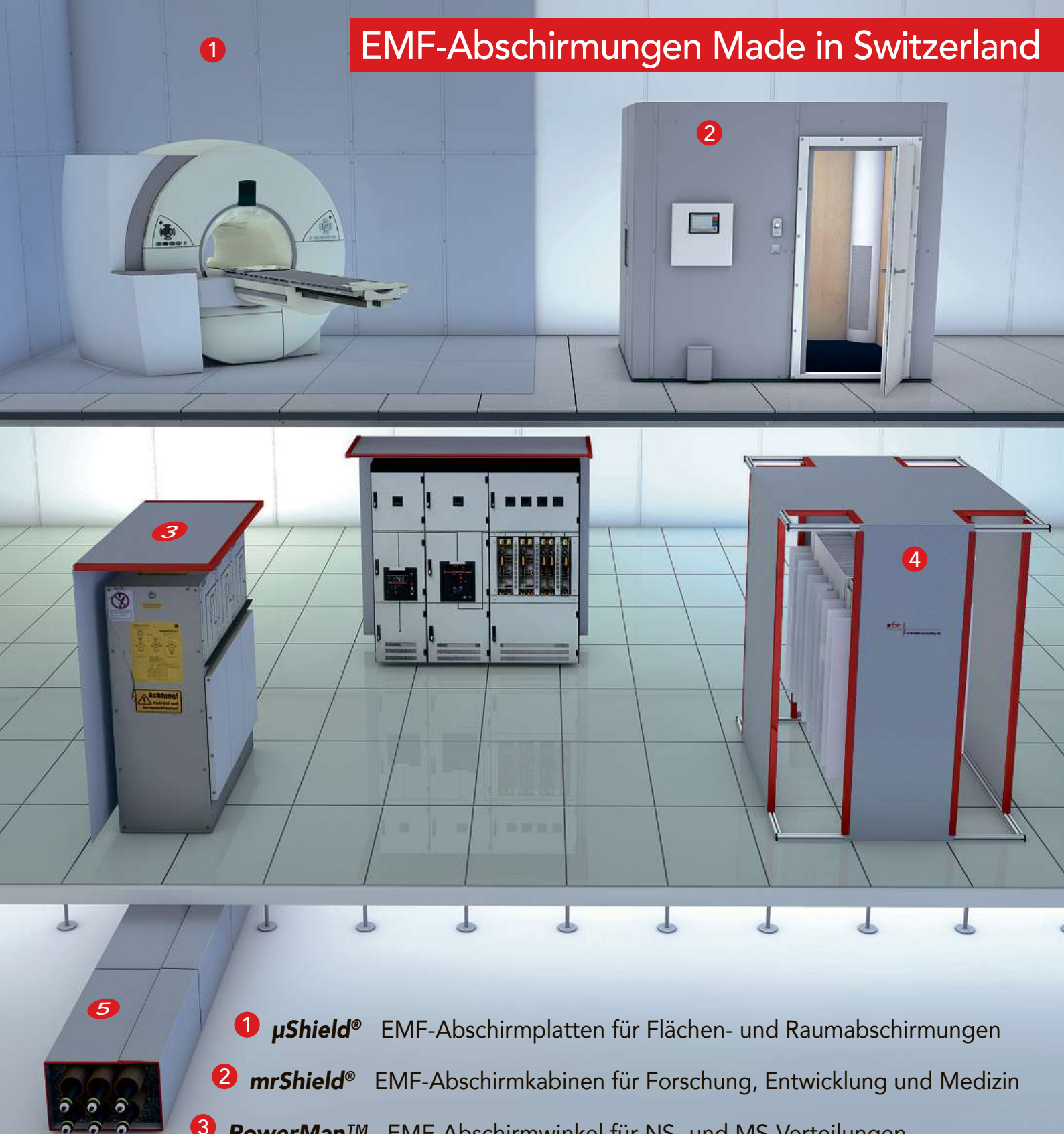
|                                                       |            |
|-------------------------------------------------------|------------|
| Arnold Engineering AG, 8152 Opfikon/Glattbrugg        | 51         |
| CFW EMV-Consulting AG, 9411 Reute AR                  | 75         |
| Comsol Multiphysics GmbH, 8005 Zürich                 | 46         |
| CTA Energy Systems AG, 3110 Münsingen                 | 51         |
| A. Eberle Schweiz AG, 5610 Wohlen AG                  | 37         |
| Elektro-Material AG, 8048 Zürich                      | 2          |
| Eweco GmbH, 8330 Pfäffikon ZH                         | 21         |
| Ford Motor Company (Switzerland) SA, 8304 Wallisellen | 33         |
| Girsberger Informatik AG, 6440 Brunnen                | 42         |
| NeoVac ATA AG, 9463 Oberriet SG                       | 25         |
| Pronutec AG, 6234 Triengen                            | 42         |
| Rauscher & Stoecklin AG, 4450 Sissach                 | 42         |
| Schneider Electric (Schweiz) AG, 3073 Gümligen        | 37, 56, 72 |
| Siemens Schweiz AG, 8047 Zürich                       | 17         |
| Simplee AG, 8600 Dübendorf                            | 76         |
| Sysdex AG, 8600 Dübendorf                             | 37         |

**Mitgliedschaft «Basic»**  
Ihr Zugang zum Experten-Netzwerk



electrosuisse.ch/mitgliedschaft





- 1 **μShield®** EMF-Abschirmplatten für Flächen- und Raumabschirmungen
- 2 **mrShield®** EMF-Abschirmkabinen für Forschung, Entwicklung und Medizin
- 3 **PowerMan™** EMF-Abschirmwinkel für NS- und MS-Verteilungen
- 4 **TrafoMan™** EMF-Abschirmgehäuse für Leistungstransformatoren
- 5 **CableMan®** EMF-Abschirmelemente für erdverlegte HS-Kabel



Führend in EMV- und  
Abschirmungs-Technologie

# easee® Charge Up

Im  
simplee-  
shop  
erhältlich

Die smarte, sichere und  
leistungsfähige Ladestation  
für dein Zuhause.

- Kein zusätzlicher RCD erforderlich
- 22kW Ladeleistung
- Unschlagbares Preis-Leistungs-Verhältnis



simplee.

[www.simplee-energy.ch](http://www.simplee-energy.ch)