**Zeitschrift:** Bulletin Electrosuisse
**Herausgeber:** Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
**Band:** 107 (2016)
**Heft:** 10

**Artikel:** Stromflüssen auf der Spur
**Autor:** Vogel, Benedikt
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-857211

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

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

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

**Download PDF:** 11.07.2025

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

# Stromflüssen auf der Spur

## Projekte zur Simulation von Verteilnetzen

Früher waren die Elektrizitätswerke zufrieden, wenn ihre Verteilnetze alle Kunden erreichten und die Kabel den Leistungsanforderungen genügten. Heute wollen Stromversorger exakt wissen, was in ihren weitläufigen Netzen vorgeht, vor allem um erneuerbare Energien sicher integrieren zu können. Dazu braucht es eine Messinfrastruktur – und Simulationen, die Netze und Stromflüsse nachbilden. Das ETH-Spin-off Adaptricity hat sich auf die Entwicklung von Verteilnetz-Simulationswerkzeugen spezialisiert.

**Benedikt Vogel**

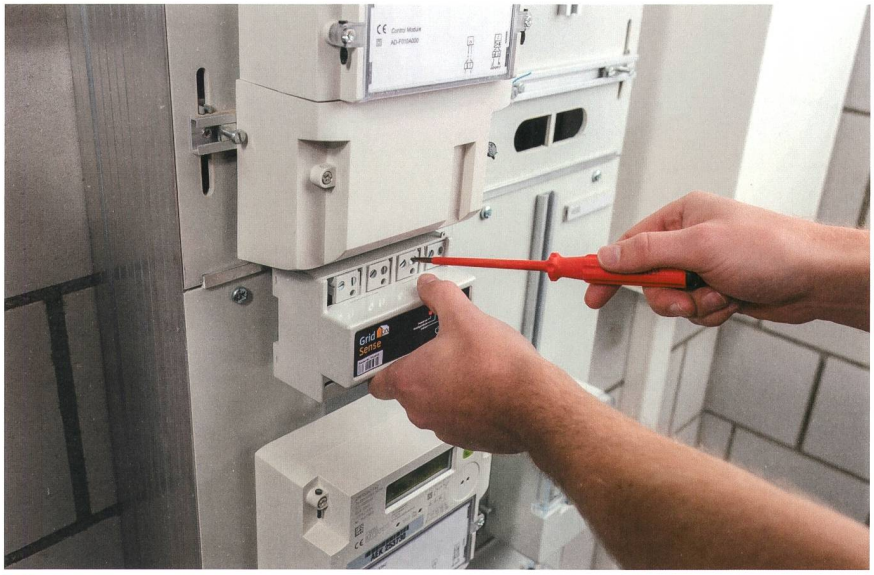
Smart Meter, wie sie heute oft in Haushalten und Firmen eingebaut werden, erfassen den Stromverbrauch typischerweise im 15-Minuten-Takt und können die Messwerte an das lokale Elektrizitätswerk übermitteln. Dieses benutzt die Daten der «intelligenten» Stromzähler zur Erstellung der Stromrechnung. Versorger können mit den Daten zudem den Betrieb ihrer Verteilnetze optimieren. Basel gehört neben Arbon (TG) zu den wenigen Regionen, die heute schon grossflächig mit Smart Metern ausgerüstet sind. Erik Rummer, Mediensprecher des Basler Energieversorgers IWB, sieht Vorteile für Kunden und Stromversorger: «Kunden, die noch einen alten Stromzähler haben, fordern wir einmal im Jahr auf, den Zählerstand abzulesen und an uns zu übermitteln. Diesen Aufwand können sich Kunden mit einem Smart Meter sparen», sagt Rummer und ergänzt: «Uns als Energieversorger ermöglichen Smart Meter künftig eine bessere Sicht auf die Netzsituation.»

### Netzanalyse mit Smart-Meter-Daten

Smart Meter versprechen also Stromkunden wie Energieversorgern einen Mehrwert. Wie der Nutzen konkret aussieht, ist heute allerdings erst ansatzweise erkennbar. Viele Energieversorger klären zurzeit darum ab, wie sich Smart-Meter-Daten für den Betrieb des Verteilnetzes nutzen lassen. Im Rahmen eines gemeinsamen Pilotprojektes mit IWB analysierte die Zürcher Firma Adaptricity Datensätze, um mehr über den genauen Lastverlauf in Verteilnetzen zu erfahren. Hierbei werden die Daten pseudonymisiert verwendet. Dies bedeutet, dass kein Zusammenhang zwischen dem Kunden und dem Datensatz hergestellt ist. Die Vorgehensweise entspricht somit den Anforderungen des Datenschutzes und erlaubt keine Rückschlüsse auf das Verhalten bestimmter Kunden. Es geht vielmehr darum, genauere Informationen über die Auslastung des Verteilnetzes zu erhalten. «Wir wollen auf der Grundlage der Smart-Meter-Daten Analysen des Verteilnetzes erstellen», sagt Dr. Stephan Koch, 35-jähriger Mitbegründer von Adaptricity, einem Spin-off der ETH Zürich.

Adaptricity hat Verfahren entwickelt, die die Datensätze von Smart Metern nach Merkmalen ordnen können, z.B. nach ähnlichen Charakteristiken des Stromverbrauchs («Lastprofilen»). In einem zweiten Schritt wird dann versucht, aus einer Gruppe von Lastprofilen (z.B. eines Quartiers) Anforderungen an das Verteilnetz (z.B. technische Anforderungen an eine Trafostation) abzuleiten. Die Ergebnisse liefern, so die Hoffnung, Energieversorgern Erkenntnisse, die für den Betrieb des Verteilnetzes von Interesse sein können, denn der Stromversorger versteht besser, wo im Netz zu welcher Zeit wie viel Strom gebraucht wird.

Durch einen Abgleich dieser Daten mit anderen, öffentlich zugänglichen Datenbanken wie beispielsweise der Gebäudedatenbank des Bundesamts für Statistik können die bislang nur partiell vorhandenen Datensätze der Smart Meter auf das ganze Stadtgebiet extrapoliert werden. Der Energielieferant kann auf der Basis dieser Analysen bzw. aus dem Vergleich mit früheren Daten genauere und gezieltere Verbrauchsprognosen für den Folgetag erstellen. «Vorhersagen für den Verbrauch des gesamten Verteilnetzes sind zwar schon seit Langem möglich», sagt Stephan Koch, «aber dank unserer Simulation werden solche Voraussagen jetzt auf der Ebene einer Trafostation, also für ein Gebiet von zirka 100 Haushalten, möglich.» Diese Prognose-




Alpiq InTec

**Bild 1** Die GridSense-Technologie steuert die Lasten so, dass das Verteilnetz möglichst optimal ausgelastet ist. Die GridSense-Unit wird zwischen den zu steuernden Gebäudetechnik-Geräten und der Stromzuleitung installiert.

Alpiq InTec

**Bild 2** Eines der 40 Einfamilienhäuser im solothurnischen Riedholz, wo in einem Pilotversuch getestet wird, wie sich die Belastung des Verteilnetzes dank «kluger» Steuerung der Verbraucher optimieren lässt.

genauigkeit eröffne den Stromversorgern interessante neue Optionen, ist Koch überzeugt. Netzbetrieb, Ausbau und Wartung liessen sich genauer planen, ebenfalls die Beschaffung von elektrischer Energie am Strommarkt, so Koch.

## Verteilnetze im Lot halten

Stephan Koch hat in Stuttgart Regelungstechnik studiert. Für seine Doktorarbeit wechselte er an das Labor für elektrische Energieübertragung und Hochspannungstechnik (EEH) der ETH Zürich. Dort entwickelte er zusammen mit seinen zwei Kollegen Dr. Andreas Ulbig und Dr. Francesco Ferrucci die Simulationssoftware. Anfang 2014 gründeten die Forscher das Spin-off Adaptricity. Unterdessen besteht die Firma aus einem Team von (meist in Teilzeit tätigen) 15 Softwareentwicklern und Verkaufsprofis. Mittelfristig will Adaptricity den Verteilnetzbetreibern eine umfassende IT-gestützte Entscheidungshilfe für Netzplanung und -management zur Verfügung stellen. Zudem sollen die Produkte beim Nachweis der Notwendigkeit von Ausbaumassnahmen gegenüber den Aufsichtsbehörden Anwendung finden. Bis zum kommerziellen Erfolg braucht Adaptricity einen langen Atem. Gegenwärtig wird das Unternehmen noch durch Kooperationsprojekte mit der ETH Zürich und anderen Forschungspartnern finanziert. Um auf dem Markt zu reüssieren, hat das Management die Firma vor Kurzem in eine Aktiengesellschaft umgewandelt und sucht zurzeit einen Investor für die Finanzierung des Wachstums.

Das Zürcher Jungunternehmen ist charakteristisch für einen sich wandelnden Energiemarkt. Der Ausbau der dezentralen Stromerzeugung beispielsweise mit Photovoltaik-Anlagen stellt die Betreiber von Verteilnetzen vor neue Herausforderungen. Sie müssen sicherstellen, dass die dezentrale Einspeisung die Netze nicht aus dem Lot bringt. Die Verstärkung – also der Ausbau – der Netze ist nur eine Option. Die Überlastung der Netze lässt sich produktionsseitig vermeiden durch temporäre Abregelung von PV- oder Windkraftwerken. Auf Seiten der Konsumenten kann der Stromkonsum zeitlich verschoben werden (Demand Side Management resp.

Adaptricity

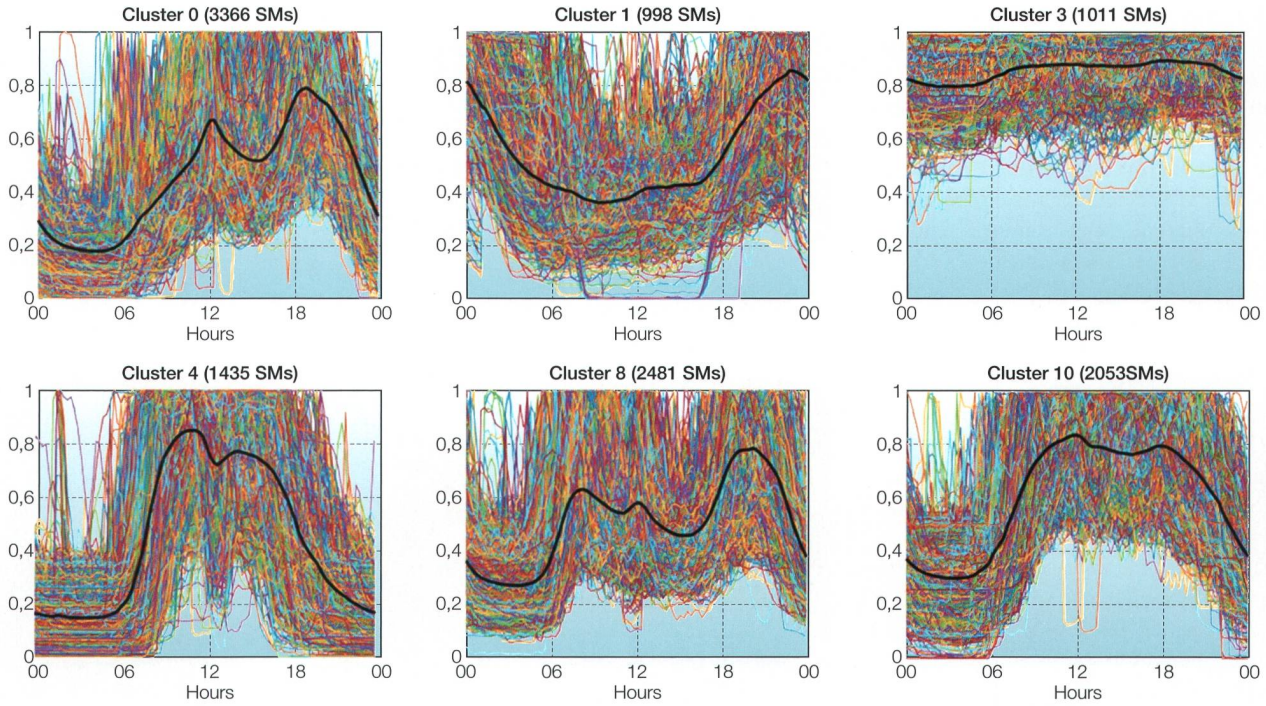



**Bild 3** Jede Grafik zeigt die Messwerte von knapp 1000 bis gut 3000 Smart Metern. Dank der Kombination von Smart-Meter-Daten («Clustering») gelingt es Adaptricity, heterogene Lastprofile zu strukturieren, zu analysieren und in die Zukunft zu extrapolieren.

Adaptricity/Bearbeitung B. Vogel

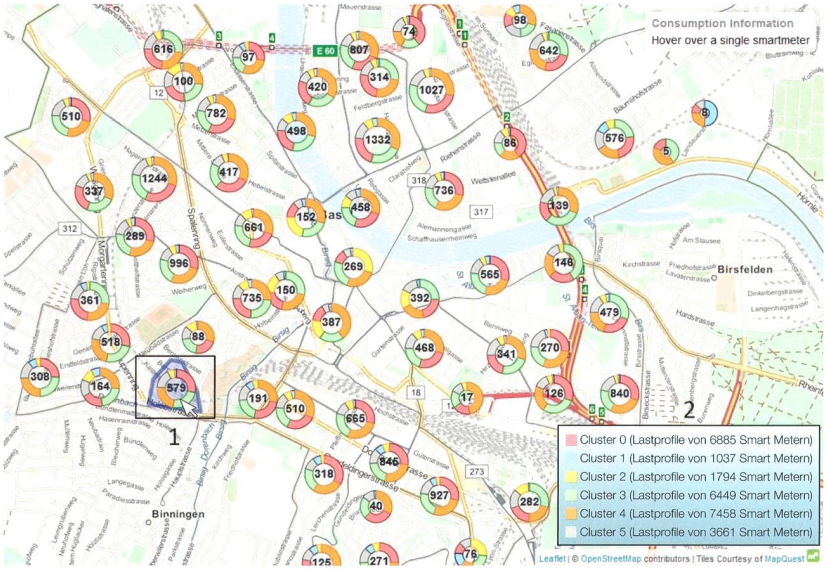



**Bild 4** Die in der Stadt Basel installierten Smart Meter ordnet Adaptricity mit ihrer Software-Lösung auf Basis gleichartiger Lastprofile zu Clustern, die nach verschiedenen Kriterien gebildet werden können. In den Quartieren der Stadt Basel sind diese sechs Lastprofil-Typen unterschiedlich stark vertreten (Rechteck 1: Neubad-Quartier). Wenn der Basler Energieversorger IWB weiss, in welchem Quartier welcher Lastprofil-Typ wie stark vertreten ist, hilft ihm das bei der Optimierung des Verteilnetzes.

Demand Response). Abhilfe können der Bau von dezentralen Netzbatterien oder Anpassungen der Netzinfrastruktur (z.B. regelbarer Ortsnetztransformator, Blindleistungsregelung) schaffen. «Auch wenn der Regulator zurzeit noch nicht alle Möglichkeiten als Alternative zum Netzausbau akzeptiert, ist absehbar, dass eine gut durchdachte Kombination der verschiedenen Smart-Grid-Technologien entscheidende Kostenvorteile hat. Für jeden Verteilnetzbereich muss separat entschieden werden, welche Option die beste Lösung ist. Unsere Software hilft den Netzplanern, die richtige Wahl zu treffen und den Netzausbau, sofern nötig, möglichst schlank zu halten», sagt Koch.

**Finanzierung**

**Unterstützung durch BFE**

Das Projekt SoloGrid gehört zu den Projekten, mit denen das Bundesamt für Energie die sparsame Energieverwendung fördert und die Nutzung erneuerbarer Energien vorantreibt. Das BFE fördert Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte mit 40% der anrechenbaren Kosten. Gesuche können jederzeit eingereicht werden.
Weitere Informationen unter:
www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration und
www.bfe.admin.ch/leuchtturmprogramm

## Smart Grid im Realitätstest

Eine Anwendung der Simulationssoftware testet Adaptricity zurzeit in der Gemeinde Riedholz bei Solothurn aus. Dort wurden im Frühjahr 2016 40 Einfamilienhäuser und Wohnungen im Versorgungsgebiet der AEK Energie AG mit Geräten ausgerüstet, die Wärmepumpen, Elektroboiler und Ladestationen zeitlich so steuern, dass das Verteilnetz stets optimal ausgelastet ist. Die Geräte basieren auf der GridSense-Technologie der Alpiq InTec AG – eine von mehreren Smart-Grid-Technologien, die zurzeit in der Schweiz in Pilotprojekten getestet werden (siehe Fachartikel «Augen im Stromnetz», Bulletin SEV/VSE 5/2016, S. 31). Das Projekt unter dem Namen SoloGrid wurde vom BFE als Leuchtturmprojekt ausgezeichnet. Landis + Gyr steuert die Messinfrastruktur zu dem 18-monatigen Vorhaben bei, das BFE sowie der Kanton Solothurn leisten finanzielle Unterstützung.

SoloGrid validiert die GridSense-Technologie für verschiedene Betriebssituationen des Verteilnetzes und simuliert einen flächendeckenden Rollout der dezentralen Steuerungseinheiten über grössere Verteilnetzbereiche. Auch werden Zukunftsszenarien mit einem grösseren Anteil von Einspeisungen aus dezentralen Kraftwerken modelliert. «Das Projekt bietet eine interessante Ausgangslage, weil zwischen der Trafostation und dem Wohnquartier eine relativ grosse Distanz von mehreren Hundert Metern liegt. Das macht das Netz anfälliger für Spannungsprobleme durch PV auf dem Hausdach, als wenn die dezentrale Erzeugung nahe am Trafo angeschlossen wird», sagt Koch. Nach einer Pilotanwendung in Biel-Benken (BL) im EBM-Netz mit vier Häusern ist SoloGrid der erste grössere Testlauf für die GridSense-Technologie.

## Automatisierte Verteilnetzplanung

Die zeitliche Verschiebung von Lasten ist nur eine Möglichkeit, um Stromverteilnetze für die künftigen Herausforderungen fit zu machen. Welche Konzepte für ein bestimmtes Netzgebiet am besten geeignet sind, müssen Netzplaner entscheiden. Möglicherweise nimmt ihnen aber auch künstliche Intelligenz und mathematische Optimierung diese

**Technologie**

**Funktionsweise der Software**

Die Software DPG.sim (Distributed Prosumer and Grid Simulation) der Firma Adaptricity ermöglicht die virtuelle Nachbildung von Verteilnetzen. Die Simulationen beziehen sich typischerweise auf Netze, die ein Quartier oder eine Kleinstadt versorgen.
Mit einer solchen Simulation lässt sich das Verhalten eines Netzes nachvollziehen. Es lässt sich ableiten, welche Auswirkung die Einspeisung einer PV-Anlage auf jeden Netzknoten hat oder wie gross Batteriespeicher dimensioniert werden müssen, um das Netz zu stabilisieren. Es können auch Endkundenmodelle erstellt werden, die zeigen, wann ein Eigenheimbesitzer mit einer PV-Anlage seine Wärmepumpe betreiben muss, um den Eigenverbrauch zu maximieren.
Simulationen von Adaptricity arbeiten nicht mit Echtzeit-Daten, sondern mit historischen Daten bzw. statistisch generierten Daten. Die Simulationen bilden zwar das Verteilnetz nach, nicht aber die Energieflüsse innerhalb eines Hauses, einer Wohnung oder eines Unternehmens. Hierin unterscheidet sich die Software von anderen Produkten wie Polysun, die das Energiesystem innerhalb eines einzelnen Verbrauchers modelliert, also das Stromnetz und Heizungsstränge innerhalb eines Hauses einschliesslich Produktions- und Verbrauchsgeräten wie Wärmepumpe oder Kühlschrank. (Siehe auch «Die richtige Batterie für Selbstversorger» unter www.bfe.admin.ch/CT/strom).

Adaptricity

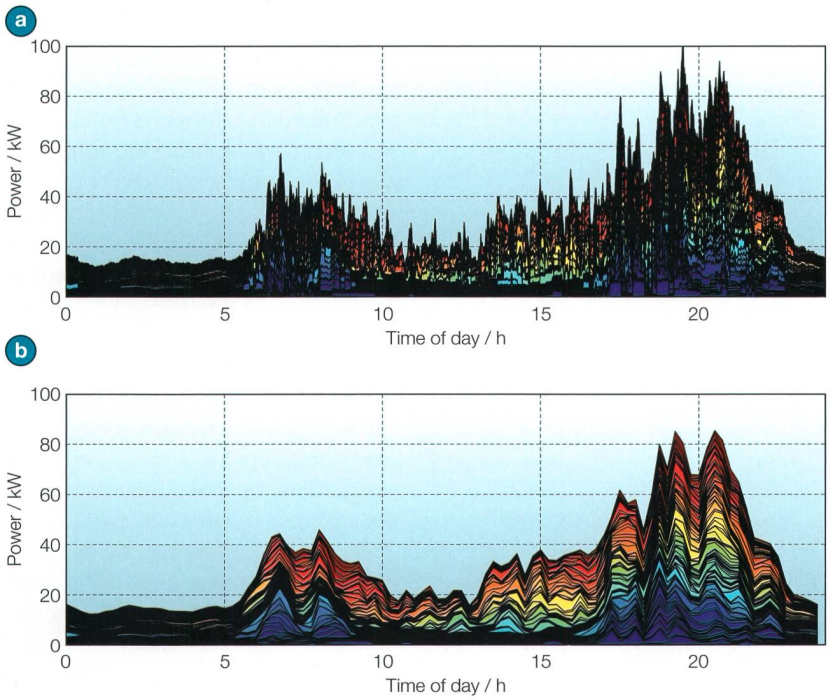



**Bild 5** Stromverbrauch für 100 synthetisch generierte Haushalte: Oben wird der Verbrauch im Minutentakt erhoben, unten – wie bei Smart Metern üblich – im Viertelstundentakt. Der 15-Minutentakt führt zu einer deutlichen Vergleichmässigung der Kurve und einer Senkung des gemessenen Leistungsmaximums. Die charakteristische Form des Lastprofils bleibt aber erhalten.

Entscheidung ab. In diese Richtung arbeitet Adaptricity in einem Projekt der Kommission für Technologie und Innovation (KTI). Als Studienobjekt dient u.a. das Niederspannungsnetz der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) in Dietikon. Dort wird am konkreten Beispiel untersucht, wie Verteilnetzbetreiber mit der wachsenden Zahl von PV-Anlagen und dem Bau von Parkhäusern für Elektrofahrzeuge umgehen können. Das zweijährige KTI-Projekt möchte nun bis Herbst 2016 klären, mit welchen Smart-Grid-Technologien sich im konkreten Einzelfall ein Netzausbau umgehen liesse. Mittel zum Zweck ist eine IT-Lösung, welche die optimierte Investitionsentscheidung in der Verteilnetzplanung unterstützt. Neben KTI und Adaptricity sind die Firma Embotech, die Technologietransfer-Institution Inspire AG und die ETH Zürich an dem Projekt beteiligt.

Die Aufrüstung der Verteilnetze zu Smart Grids ist heute in aller Munde. Welche Geschäftsmodelle daraus für innovative Dienstleister wie Adaptricity erwachsen, müssen die nächsten Jahre zeigen. Die Schweizer Verteilnetzbetreiber haben hier vermutlich mehr Entscheidungsspielraum, da die Schweizer Verteilnetze robust ausgestattet sind und der Ausbau der dezentralen Energieerzeugung weniger schnell vorangeht als zum Beispiel in bestimmten Regionen Deutschlands. «Finanzielle Anreize, ein dynamisches, schlankes Netz zu bauen, sind in der Schweiz noch nicht da, weil die Kosten (für den Netzausbau) im Normalfall auf das Netzentgelt geschlagen werden können. Doch haben viele Netzbetreiber von sich aus die Grundhaltung, ein schlankes Netz zu bauen», sagt Koch. Die Netzbetreiber müssen sich hier aber ohnehin wappnen, denn die nächste Revision des Stromversorgungsgesetzes könnte genau die von Koch genannten Anreize mit sich bringen. Auch muss den Unternehmen an Geschäftsmodellen gelegen sein, die durch kluge Nutzung von Kundendaten in einer zunehmend digitalisierten Netzinfrastruktur einen Mehrwert generieren. «In diesem Umfeld positioniert sich Adaptricity als innovativer Technologieprovider, um die Strombranche auf dem Weg in die Digitalisierung zu begleiten», sagt Stephan Koch.

## Literatur


- Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Netze finden Sie unter www.bfe.admin.ch/CT/strom.
- Schlussbericht zum IWB-Projekt: www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=35398


## Links

- www.sologrid.ch
- www.adaptricity.com

## Autor

Dr. **Benedikt Vogel**, Wissenschaftsjournalist, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE).
**Dr. Vogel Kommunikation, DE-10437 Berlin**
**vogel@vogel-komm.ch**

Auskünfte zu den vom BFE unterstützten Projekten erteilt Dr. Michael Moser (michael.moser@bfe.admin.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Netze.

**Résumé**

**Sur la trace des flux de courant**

**Projets pour la simulation de réseaux de distribution**

Autrefois, les entreprises électriques étaient satisfaites lorsque leurs réseaux de distribution atteignaient tous les clients et lorsque les câbles suffisaient à répondre aux exigences en termes de puissance. Aujourd'hui, les fournisseurs d'électricité veulent savoir exactement ce qu'il se passe sur leurs réseaux, avant tout pour pouvoir intégrer les énergies renouvelables en toute sécurité. Ceci requiert une infrastructure de mesure et des simulations qui représentent les réseaux et les flux de courant.

Le spinoff de l'ETH Adaptricity a élaboré des processus capables de classer les données des smart meters par caractéristiques, par exemple sur la base de caractéristiques de consommation électrique similaires (« profils de charge »). Un groupe de profils de charge, d'un quartier par exemple, permet de déduire les exigences auxquelles le réseau de distribution est soumis. Les résultats fournissent des informations utiles pour l'exploitation du réseau de distribution aux fournisseurs d'énergie. La comparaison de ces données avec d'autres banques de données accessibles au public permet d'extrapoler les données des smart meters, partiellement disponibles jusqu'à présent, à toute la ville. Elle permet ainsi de prévoir avec plus de précision la consommation du jour suivant. No