



**Energie**

Nationale Forschungsprogramme 70 und 71

# Projekt

## Echtzeitsteuerung von Stromflüssen





## Nachgeben können bedeutet Stärke – auch im Stromnetz

Der steigende Anteil von Sonne und Wind an der Energieversorgung belastet das Stromnetz mit Schwankungen in der Stromproduktion. Smarte Geräte könnten diese Schwankungen verbrauchsseitig ausgleichen, doch die Steuerung ist komplex. Forschende der EPFL Lausanne präsentieren nun eine elegante Lösung.



Mal bläst der Wind, dann wieder nicht – die Schwankungen der erneuerbaren Energien stellen das Stromnetz auf die Probe. *Quelle:* Adobe Stock/lukasbieri





## Auf einen Blick

- Die dezentrale Stromproduktion mit der wechselhaften Wind- und Sonnenenergie belastet das Stromnetz.
- Mit einer angepassten Steuerung von Speicherkapazitäten lässt sich das Stromnetz trotzdem stabil betreiben.
- Forschende der EPFL haben ein System entwickelt, das diese komplexe Aufgabe in Echtzeit löst.

Die Energiewende stellt nicht nur die Produktion von Strom vor Herausforderungen, sondern auch das Netz für dessen Verteilung. Denn das Stromnetz wurde gebaut, um Strom von wenigen grossen Kraftwerken an viele kleine Verbraucher zu liefern. Mit dem Umstieg auf erneuerbare Energien gehen aber immer mehr kleine Produzenten ans Netz – die Stromversorgung wird dezentraler. Zudem liefern Windräder und Solarpanels den Strom nicht konstant und berechenbar wie konventionelle Kraftwerke, sondern sind von den Launen der Witterung abhängig. Das führt zu stark schwankenden Stromflüssen im Verteilnetz. Zusätzlich wird die Belastung des Netzes dadurch verstärkt, dass im Zuge der Energiewende auch stromverbrauchende Anwendungen zunehmen, zum Beispiel weil fossil betriebene Heizungen und Autos durch elektrische Systeme abgelöst werden. In der Summe wird es immer anspruchsvoller, sicherzustellen, dass sich Stromproduktion, Verbrauch und Speicherung in jedem Moment die Waage halten – und dies, ohne dass Netzspannung und Stromstärke den zulässigen Bereich überschreiten.



## Eine komplexe Aufgabe

Eine Möglichkeit besteht darin, das Netz mit stärkeren Leitungen aufzurüsten, aber das ist eine teure Strategie. Der klügere Ansatz wäre, Speicherkapazitäten zu nutzen, um die Stromschwankungen auszugleichen. Zum Beispiel indem Batterien von Elektroautos dann geladen werden, wenn Stromüberschüsse auftreten. Aber auch strombetriebene Wärmepumpen und Kühlanlagen können als Energiespeicher dienen, indem man ihre Trägheit zum Abpuffern von Stromspitzen nutzt.

Damit die am Netz angeschlossenen Stromquellen, Speicher und anderen Lasten optimal aufeinander abgestimmt werden können, müssen sie ihren Zustand kommunizieren und Anweisungen entgegennehmen können – das Stichwort dazu heisst «Smart Grid». Doch die Aufgabe, die Bestandteile des gesamten Schweizer Stromnetzes zu orchestrieren, erscheint unlösbar komplex. Forschende der EPFL Lausanne haben nun einen Weg gefunden, dieser Komplexität Herr zu werden.

## Teile und herrsche

Das Konzept fusst auf zwei Schlüsselideen. Erstens spricht jedes «smarte» Gerät die gleiche Sprache, um zu melden, wieviel Strom es gerade aufnehmen oder abgeben kann. Und zweitens lassen sich die Informationen mehrerer Geräte so zusammenfassen, wie wenn sie ein einzelnes – virtuelles – Gerät beschreiben würden. Mehrere solcher virtueller Geräte werden auf der nächsthöheren Stufe wiederum zu einer Einheit zusammengefasst, und so weiter bis in die oberste Netzebene. Dadurch präsentiert sich jeder Zweig des Stromnetzes gegen aussen gleich – egal ob daran ein einzelnes Gerät, ein Gebäude mit Solarpanels und Wärmepumpe, oder ein umfangreiches Verteilnetz angeschlossen ist.

Mit diesem System teilen die Forschenden die komplexe Aufgabe der Netzsteuerung in eine Kaskade von einfacheren Optimierungsproblemen auf. Diese sehen auf jeder Stufe gleich aus und umfassen immer nur eine beschränkte Anzahl von Komponenten. Computerprozessoren können diese vereinfachte Aufgabe in Echtzeit, das heisst im 100-Millisekunden-Takt, bewältigen.



## Smarte Energiewende im Stromnetz ist möglich

Die Lösung, welche die EPFL-Forschenden präsentieren, beweist: Es ist machbar, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung deutlich auszubauen – und zwar ohne das Stromnetz grundlegend umzukrempeln. Dieses Wissen ist für die Umsetzung der Energiestrategie von grosser Bedeutung, wie die Forschenden erläutern. Einerseits zeigt es einen konkreten Weg auf, wie grosse Mengen an wechselhaftem Strom mit geringen Kosten ins Stromnetz integriert werden können. Und andererseits wird es möglich, die gesetzlichen Rahmenbedingungen frühzeitig anzupassen, damit kleine Netzeinheiten einen Beitrag zur Stabilität des gesamten Stromnetzes leisten können.

## Produkte aus diesem Projekt

- Explicit Conditions on Existence and Uniqueness of Load-Flow Solutions in Distribution Networks  
Publikationsdatum: 25.09.19
- On the Properties of the Compound Nodal Admittance Matrix of Polyphase Power Systems  
Publikationsdatum: 25.09.19
- A Comprehensive Assessment of the Short-Term Uncertainty of Grid-Connected PV Systems  
Publikationsdatum: 25.09.19
- On the Properties of the Power Systems Nodal Admittance Matrix  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Performance Comparison and Application to Maximum Power Forecasting  
Publikationsdatum: 25.09.19
- A composable method for real-time control of active distribution networks with explicit power setpoints. Part II: Implementation and validation  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Load Flow in Multiphase Distribution Networks: Existence, Uniqueness, Non-Singularity and Linear Models  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Irradiance prediction intervals for PV stochastic generation in microgrid applications  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Existence and Uniqueness of Load-Flow Solutions in Three-Phase Distribution Networks  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Achieving the Dispatchability of Distribution Feeders Through Prosumers Data Driven Forecasting and Model Predictive Control of Electrochemical Storage  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Dispatching Stochastic Heterogeneous Resources Accounting for Grid and Battery Losses  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Undetectable Timing-Attack on Linear State-Estimation by Using Rank-1 Approximation  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Sequential Discrete Kalman Filter for Real-Time State Estimation in Power Distribution Systems: Theory and Implementation  
Publikationsdatum: 25.09.19
- A composable method for real-time control of active distribution networks with explicit power set points. Part I: Framework  
Publikationsdatum: 25.09.19
- An innovative response to the challenge of storing renewable energy  
Publikationsdatum: 25.09.19
- An entire section of EPFL ready to integrate renewables  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Pilotage automatique des réseaux de distribution en temps réel  
Publikationsdatum: 25.09.19
- Commelec Video  
Publikationsdatum: 25.09.19



## Team & Kontakt

Prof. Jean-Yves Le Boudec  
EPFL IC IINFCOM LCA2  
Route Cantonale  
INF 016 Station 14  
1015 Lausanne  
  
+41 21 693 66 31  
[jean-yves.leboudec@epfl.ch](mailto:jean-yves.leboudec@epfl.ch)



Jean-Yves Le Boudec  
Projektleiter



Niek Johannes  
Bouman

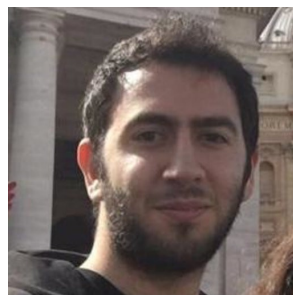
Andreas Kettner



Maaz Mohiuddin



Mario Paolone



Wajeb Saab



Enrica Scolari



**Energie**

Nationale Forschungsprogramme 70 und 71



Eleni Stai

Cong Wang

Alle Aussagen diesen Seiten bilden den Stand des Wissens per  
10.05.2019 ab.