



Foto: Christian Nitz/Fotolia.com

## ENERGIESYSTEMANALYSE BAYERN

# Wie gelingt die Energiewende?

Der Ausstieg aus der Kernkraft und die Integration großer Strommengen aus erneuerbaren Energiequellen stellen das Stromversorgungssystem vor große Herausforderungen. Energiesystemanalysen helfen dabei, den Umstieg besser zu planen. Von Prof. Dr. Reinhard German und Marco Pruckner

**W**enn die Energieversorgung immer dezentraler wird, wird es im Gegenzug auch immer komplexer, das System zu steuern und optimale Konfigurationen und Betriebszuständen zu finden. Indem man Simulations- und Optimierungs-Software mit physikalischen Modellen kombiniert, kann man Energiesysteme in unterschiedlichen Größenordnungen abbilden und unter realistischen Bedingungen optimieren.

Forscher aus dem Bereich Simulation des Energie Campus Nürnberg (EnCN) entwickeln derzeit ein solches Modell für eine Energiesystemanalyse im Freistaat Bayern. Auftraggeber ist Bayern Innovativ und der bei ihm angesiedelte Cluster Energietechnik. Außerdem wird das Projekt von zahlreichen Partnern aus Politik und Wirtschaft sowohl finanziell als auch fachlich unterstützt: Areva AG, Bayerische Energieagentur, BayWa, Allgäuer Überlandwerke, E.ON, Infra Fürth, Kraftanlagen München, OMV, Ostwind, Siemens, Stadtwerke Ulm und Würzburg, Tenet und Thüga.

Bei dem Modell, das an den Lehrstühlen Informatik 7 (Rechnernetze und Kommunikationssysteme), Wirtschaftsmathematik und Elektrische Energiesysteme der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) im Rahmen des EnCN entwickelt wird, handelt es sich um ein kombiniertes Optimierungs-, Simulations- und Netzmodell, das die wesentlichen Bausteine des bayerischen Energiesystems miteinander verknüpft. Hierzu zählen die Stromerzeugung aus konventionellen und erneuerbaren Energiequellen, die Stromnachfrage, der Stromtransport und der Austausch mit Energiespeichern. Mit dem fertigen Modell soll es möglich sein, unterschiedliche Handlungs- und Ausbauoptionen für den Energieumstieg in Bayern zu untersuchen sowie die damit verbundenen Chancen und Risiken besser abschätzen zu können.

## Ausgangslage

Durch den Beschluss der deutschen Bundesregierung wird das letzte Kernkraftwerk Ende

2022 abgeschaltet. Der Freistaat Bayern ist davon besonders betroffen, da derzeit noch vier Kernkraftwerke mit einer Gesamtleistung von etwa 5 000 Megawatt in Betrieb sind. Die Kernenergie hatte im Jahr 2011 einen Anteil von knapp 50 Prozent an der bayerischen Stromerzeugung. Im Zuge des Unglücks von Fukushima hat die bayerische Staatsregierung im Mai 2011 ein umfassendes Energiekonzept verabschiedet. Zu den formulierten Herausforderungen zählen u.a. der schnellere Ausbau erneuerbarer Energiequellen, die bis 2021 einen Anteil von 50 Prozent am bayerischen Gesamtstromverbrauch haben sollen, der Neubau von Gas-Kraftwerken, der Ausbau der Übertragungsnetze und Stromspeicher sowie Maßnahmen zur Energieeinsparung. Gerade die Energieträger Sonne und Wind, deren Aufkommen schwankt, sollen mit einem Anteil von 16 bzw. sechs bis zehn Prozent am bayerischen Gesamtstromverbrauch von geschätzten 85 Terawattstunden (TWh) einen wichtigen Beitrag zur Stromerzeugung im Jahr 2021 leisten.

Folgende Bausteine sind entscheidend für einen erfolgreichen Energieumstieg: Der intelligente Aus- und Umbau der Stromübertragungsnetze, der Ausbau der Stromspeicher, um schwankende Stromerzeugung ausgleichen zu können, und der Neubau hocheffizienter Gas-Kraftwerke. Das an der Universität entwickelte Energiesystemanalysemodell kann einen erheblichen Beitrag dazu leisten, um unterschiedliche Handlungsoptionen besser abschätzen zu können und um deren Kosten, Umsetzbarkeit und Auswirkungen auf die Umwelt zu analysieren.

### Das Modell

Das Modell für die Energiesystemanalyse besteht aus drei sich ergänzenden Komponenten – einem Optimierungs-, einem Simulations- und einem elektrischen Netzmodell. Jedes von ihnen kann auch unabhängig von den anderen betrieben werden. Das Optimierungsmodell wird am Lehrstuhl für Wirtschaftsmathematik entwickelt und soll einen unter Kostengesichtspunkten optimalen Ausbaupfad für die verschiedenen konventionellen und erneuerbaren Energieträger (Gas, Steinkohle, Öl, Wind, Wasser, Photovoltaik, Biomasse, Geothermie) generieren. Dabei werden wichtige Nebenbedingungen berücksichtigt, z.B. Deckung der Nachfrage zu jedem Zeitpunkt, Ausbau der erneuerbaren Energieträger auf 50 Prozent oder Einhaltung der Kohlendioxid-Emissionsziele.

Mit dem Simulationsmodell ist es möglich, die Dynamik beim Ausbau der erneuerbaren Energieträger abzubilden. Denn die Einspeisung von erneuerbaren Energien wie Wind- und Sonnenenergie ist von der Wetterlage abhängig und kann stark schwanken. Weil auch die Stromnachfrage je nach Tageszeit unterschiedlich ist, wird die Abstimmung von Angebot und Nachfrage zu einer kom-

plexen Aufgabe. Das nun entwickelte Modell kann bereits stundengenaue Aussagen treffen. Somit können unterschiedliche Szenarien und deren Auswirkungen auf die Energie- und Emissionsbilanz in Bayern untersucht und deren Chancen und Risiken abgeschätzt werden.

Im Simulationsmodell werden stündliche Zeitreihen generiert, wie die Stromnachfrage zu jedem Zeitpunkt aus erneuerbaren Energien und konventionellen Kraftwerken gedeckt werden kann. Diese Zeitreihen können in das Netzmodell eingelesen werden. Im Netzmodell werden anschließend Lastflussrechnungen durchgeführt, um mögliche Netzengpässe oder Stabilitätsprobleme festzustellen.

### Erste Ergebnisse

Erste Rechnungen zeigen bereits ein Dilemma auf: Auf der einen Seite ist die Wirtschaftlichkeit neuer Gas-Kraftwerke unter den gegenwärtigen Marktbedingungen unsicher. Auf der anderen Seite dürfte ohne den Zubau neuer Gas-Kraftwerke und ohne Netzausbau die Versorgungssicherheit in Bayern unter Druck geraten. In den nächsten Monaten werden die einzelnen Modelle verfeinert und einige Ergänzungen implementiert, um damit weitere wichtige Merkmale der Energiewende untersuchen zu können. Durch den modularen Aufbau wird es zukünftig möglich sein, dass Modell auch auf andere Regionen anwenden zu können. ■

*Prof. Dr. Reinhard German ist Inhaber des Lehrstuhls Informatik 7 (Rechnernetze und Kommunikationssysteme) an der Universität Erlangen-Nürnberg (Reinhard.German@informatik.uni-erlangen.de). Marco Pruckner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl (marco.pruckner@fau.de).*

### ENERGIE CAMPUS NÜRNBERG

Der Energie Campus Nürnberg (EnCN), der auf dem ehemaligen AEG-Gelände in Nürnberg ansässig ist, findet als Energie-Forschungszentrum bereits über die Grenzen der Metropolregion hinaus Beachtung. „Auf AEG“ forschen die Universität Erlangen-Nürnberg, die Technische Hochschule Nürnberg, die Fraunhofer-Institute IIS, IISB, und IBP sowie das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE) gemeinsam an den Energietechnologien der Zukunft. Die Wissenschaftler decken dabei die komplette Energiekette von der Erzeugung über den Transport und die Speicherung bis zur effizienten Nutzung von Energie ab. Das Besondere an

dem Konzept des Campus ist der interdisziplinäre Ansatz, d.h. Natur- und Ingenieurwissenschaftler arbeiten unter einem Dach mit Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlern zusammen. Entstanden ist der EnCN aus der Initiative „Aufbruch Bayern“ der Bayerischen Staatsregierung. „In Kooperation mit der Industrie sollen auf dem Campus innovative Projekte und Produkte entwickelt werden, um die Energiewende in Bayern zum Erfolg zu führen“, so die Aussage des Geschäftsführers Dr. Jens Hauch. ■

ENERGIE CAMPUS NÜRNBERG  
TEL. 0911 568549120, JENS.HAUCH@ENCN.DE

ANZEIGE

BROCHIER GRUPPE

## Energieeffizienz und Nachhaltigkeit dank moderner Gebäudetechnik

Stichworte wie Klimawandel, Energiewende und Energieeffizienz sind in aller Munde. Doch entscheidend ist, nicht nur darüber zu sprechen, sondern tatkräftig einen Beitrag zu Energieeffizienz und Nachhaltigkeit zu leisten. Die ca. 400 Mitarbeiter starke BROCHIER Gruppe mit Hauptsitz in Nürnberg setzt bereits seit Jahren auf „grüne Technologien“ in der Gebäudetechnik. Energieeffiziente Lösungen sind Programm: Bei Neubau und Sanierung verschiedenster Gebäudearten vom Industrie- bis hin zum Wohnungsbau werden dazu moderne anlagentechnische Lösungen sinnvoll kombiniert. Für die energieeffiziente Versorgung von Wasser, Gas, Wärme/Kälte und Strom in Gebäuden finden die Fachleute von BROCHIER individuelle und förderungswürdige Lösungen – denn Technik ist ihre Leidenschaft!

WWW.A-BROCHIER.DE

**BROCHIER** 

IHR ENERGIESPARPROFI!

WIR BERATEN SIE KOMPETENT  
RUND UM DIE NUTZUNG  
REGENERATIVER ENERGIEN.

Solarthermie  
Photovoltaik  
Mini-BHKW  
Geo-thermie  
Pellets-Heizkessel  
TECHNIK FÜR MENSCHEN

BROCHIER Gruppe  
Marthastraße 16  
90482 Nürnberg  
Telefon 09 11 5442-0  
Telefax 09 11 5442-208  
[www.a-brochier.de](http://www.a-brochier.de)

