

DIE INTEGRATION ERNEUERBAREN STROMS IN EINEM VOLLSTÄNDIG DEFOSSILISIERTEN ENERGIESYSTEM

**Philip STERCHELE¹, Julian BRANDES¹, Judith HEILIG¹, Daniel WREDE¹,
Christoph KOST¹, Thomas SCHLEGL¹, Hans-Martin HENNING¹**

Inhalt

In ihrer Strategie zum Klimaschutz hat sich die Bundesregierung dazu verpflichtet die Treibhausgasemissionen drastisch zu reduzieren [1], [2]. Damit verbunden ist ein fortschreitender Ausbau fluktuierender erneuerbarer Energien (fEE), d.h. vor allem von Wind- und Photovoltaikanlagen. Dieser Ausbau ist nur dann sinnvoll, wenn die dargebotsabhängige Stromerzeugung der fEE sowohl im Stromsektor als auch im Verkehrssektor und für die Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme effektiv genutzt wird. Um die Last mit der Erzeugung in Einklang zu bringen und damit eine sinnvolle Integration erneuerbaren Stroms zu gewährleisten, muss das Energiesystem flexibler werden. [3]

In dieser Arbeit wird basierend auf einer Modellierung eines zukünftigen deutschen Energiesystems untersucht, welche Optionen dafür aus kostenoptimaler Sicht eine Rolle spielen. Die systemischen Effekte einer netzdienlichen Fahrzeugbeladung und -entladung werden dabei näher beleuchtet. Die Analyse berücksichtigt verschiedene meteorologische Bedingungen um der Unsicherheit der Wetterdaten Rechnung zu tragen.

Methodik

Die grundlegende Funktionsweise des eingesetzten Energiesystemmodells (REMod) basiert auf einer kostenbasierten Strukturoptimierung eines deutschen Energieversorgungssystems, dessen energiebedingte CO₂-Emissionen einen vorgegebenen Zielwert bzw. Zielpfad nicht überschreiten [3-5]. Ziel der Optimierung ist es, kostenminimal alle relevanten Erzeuger, Wandler und Verbraucher so zu dimensionieren, dass in jeder Stunde die Energiebilanz des Gesamtsystems erfüllt ist. Das Modell basiert auf einem integrativen Ansatz, wodurch die Sektoren des Energiesystems (Strom, Verkehr, Raumwärme und Prozesswärme) gleichzeitig optimiert werden. Dies ermöglicht unter anderem die Analyse von Rückkopplungseffekten zwischen den Technologien im gesamten Energiesystem.

Um die Einspeisung, Speicherung und Integration fluktuierender Erneuerbarer Energien in den Sektoren adäquat abzubilden werden Energieflüsse im Modell über den gesamten Betrachtungszeitraum, d.h. von heute bis 2050, in einer stündlichen Auflösung abgebildet. Dabei wird der Betrieb der Technologien im Stromsystem maßgeblich von der residualen Last beeinflusst. Diese ist in jedem Zeitschritt definiert als die auftretende Stromlast abzüglich der Einspeisung nicht-regelbarer Energiewandler. Letztere umfassen neben Wind- und Photovoltaikanlagen, unter anderem auch die Atomkraftwerke sowie die Mindestlastherzeugung weiterer konventioneller Kraftwerke.

Diese Modellstruktur ermöglicht die Untersuchung der Flexibilitätsoptionen im Energiesystem, d.h. der Fähigkeit des Systems auf Schwankungen der residualen Last zu reagieren. Neben heute schon eingesetzten Flexibilitätsoptionen wie beispielsweise Pumpspeicherkraftwerke und andere Stromspeicher, sind im Modell auch alternative, zukunftsweisende Optionen hinterlegt. Dazu zählen die Bereitstellung strombasierter Kraftstoffe (Power-to-Gas und Power-to-Fuel), sowie die Wandlung von Strom in Wärme (Power-to-Heat mit thermischen Speichern), oder die netzdienliche Be- und Entladung von Fahrzeugbatterien im motorisierten Individualverkehr. Bei letzterer Option spielt neben techno-ökonomischen Daten auch das Nutzerverhalten eine wesentliche Rolle. Diesem Thema wird im Modell durch die Parametrierung stündlich aufgelöster Fahrprofile, dem Anteil an Nutzern welche einer netzdienlichen Be- oder Entladung zustimmen und der zulässigen Entladetiefe der Fahrzeugbatterie Rechnung getragen.

¹ Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstraße 2, 79114 Freiburg im Breisgau
Tel: +49(0)761/4588-5589, philip.sterchele@ise.fraunhofer.de, <http://www.ise.fraunhofer.de>

Die Rolle verschiedener Flexibilitätsoptionen wird nachfolgend für ein zukünftiges deutsches Energiesystem präsentiert, in dem die energiebedingten CO₂-Emissionen in 2050 vollständig reduziert werden.

Ergebnisse

Ziel dieser Arbeit ist es die Rolle unterschiedlicher Flexibilitätsoptionen zur Integration von fEE in einem zukünftigen, vollständig defossilisierten deutschen Energiesystem zu untersuchen. Der Beitrag netzdienlichen be- und entladener Elektrofahrzeuge zum Ausgleich der residualen Last wird über zwei Sensitivitätsanalysen näher beleuchtet.

Die Ergebnisse zeigen, dass unter den getroffenen Annahmen eine vollständige Defossilisierung des Energiesystems bis 2050 nur unter einem starken Zubau an Wind- und Photovoltaikanlagen zu gewährleisten ist (5 bis 6 Fache der heute installierten Leistung). Dies führt zu stärkeren Schwankungen der residualen Last und damit zu einer höheren Notwendigkeit von Flexibilitätsoptionen. Eine Technologieoption ist die Strombereitstellung durch konventionelle Kraftwerke. Während diese über den Betrachtungszeitraum von heute bis 2050 graduell abnimmt, steigt die installierte Leistung des Kraftwerkparks, insbesondere von hochflexiblen Gasturbinen, an. Damit soll der Strombedarf in Zeiten geringer fEE Einspeisung gedeckt werden können. Dieses Ergebnis lässt zwei Schlüsse zu: Erstens, dass die Volllaststunden konventioneller Stromwandler weiterhin sinken und somit – aus heutiger Sicht – zunehmend unwirtschaftlich werden, zweitens, dass deren Energieverbrauch zunehmend über CO₂-neutrale Kraftstoffe erfolgen muss. Dies erfolgt den Ergebnissen zufolge größtenteils durch den Import sowie der inländischen Bereitstellung von strombasierten Kraftstoffen, d.h. durch Power-to-X Anlagen. Neben der Verwendung von Strom zu Zeiten hoher fEE-Einspeisung liegt ein weiterer Vorteil von synthetischen Kraftstoffen in der Integration erneuerbaren Stroms in anderen Sektoren. Dies zeigt sich in den Modellergebnissen vor allem in Bereichen der Industrie und des Verkehrs (beispielsweise im Flugverkehr), wo eine vollständige Technologische Umstellung aus prozessspezifischen und ökonomischen Gründen nur schwer zu vollziehen ist.

Zuletzt wird anhand einer Sensitivitätsanalyse die Wechselwirkung zwischen dem Ausbau an stationären Strom-Kurzzeitspeichern und der Marktdurchdringung batterieelektrischer Fahrzeuge dargestellt. Im Ergebnis zeigt sich, dass bei Berücksichtigung von netzdienlichem Be- und Entladen (Grid-to-Vehicle und Vehicle-to-Grid) der Fahrzeuge beider Speichertechnologien sich ergänzen. Zudem kann dadurch der Ausbau anderer Flexibilitätsoptionen reduziert werden

Referenzen

- [1] BMWi, B. M.U. (2010): Energiekonzept. für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. München.
- [2] Die Bundesregierung (Hg.) (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-1673578>.
- [3] Sterchele, Philip (2019): Analysis of Technology Options to Balance Power Generation from Variable Renewable Energy. Case Study for the German Energy System with the Sector Coupling Model REMod. 1. Auflage. Düren: Shaker (Schriftenreihe der Reiner Lemoine-Stiftung).
- [4] Henning, H.-M.; Palzer, Andreas: Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050. Freiburg.
- [5] Palzer, Andreas (2016): Sektorübergreifende Modellierung und Optimierung eines zukünftigen deutschen Energiesystems unter Berücksichtigung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudesektor. (genehmigte) Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe. Online verfügbar unter <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-408742.html>.