

EXPERIMENT ZUR VERGLEICHENDEN MODELLIERUNG DER STROMVERSORGUNG DEUTSCHLANDS IN 2050 UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON SEKTORENKOPPLUNG

Hans Christian GILS¹, Thomas PREGGER¹

Inhalt

Aufgrund einer Vielzahl unterschiedlicher Modellierungsansätze, Annahmen und Ergebnisse sind die verschiedenen Darstellungen und Ergebnisse von Systemsimulationen und -modellen nur schwer miteinander vergleichbar. Übergeordnetes Ziel des in diesem Beitrag vorgestellten Modellexperiments ist es daher, vielversprechende Modellansätze und -instrumentarien zur zeitlich und räumlich aufgelösten Simulation zukünftiger Stromversorgungen in Deutschland systematisch zu vergleichen. Die Modellierungsansätze von vier Forschungsinstituten werden verglichen und drei ausgewählte Szenarien der Stromversorgung in einem gemeinsamen Modellexperiment untersucht. Durch die einheitliche Parametrierung der Modelle können aus den Ergebnissen Rückschlüsse auf die Auswirkung der verschiedenen Modellierungsansätze gezogen werden. Der Vergleich der Ergebnisse ermöglicht zudem eine Stärkung der Robustheit modellgestützter Energiesystemanalysen.

Methodik

Im Zentrum des Modellexperiments steht die Analyse der Unterschiede in den Ergebnissen optimierender Energiesystemmodelle, die sich bei Verwendung möglichst identischer Eingangsdaten aus den jeweiligen Modellierungsmethoden und Technologieabbildungen ergeben. Diese erfolgt anhand einer Modellierung des stündlichen Einsatzes von Lastausgleichsoptionen im Laufe eines Jahres, mit Fokus auf Versorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Geographischer Schwerpunkt des Modellexperiments ist Deutschland, ein Stromaustausch mit den europäischen Nachbarländern wird jedoch durch die Einbindung stündlicher und regional aufgelöster Export- und Importzeitreihen aus vorgelagerten Modellläufen berücksichtigt (Abbildung 1). Stromflüsse innerhalb Deutschlands werden durch die Berücksichtigung von 18 Modellregionen abgebildet.

Die betrachteten Lastausgleichsoptionen umfassen den internationalen und überregionalen Stromaustausch, die Nutzung von Strom-zu-Strom-Energiespeichern, regelbare konventionelle und erneuerbare Kraftwerke, die Abregelung fluktuierender erneuerbarer Erzeugung, Lastmanagement sowie die Kopplung zu den Sektoren Wärme und Verkehr über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Wärmepumpen, direktelektrische Wärmeerzeugung, Batterieelektrofahrzeugen, sowie der dezentralen Wasserstoffelektrolyse.

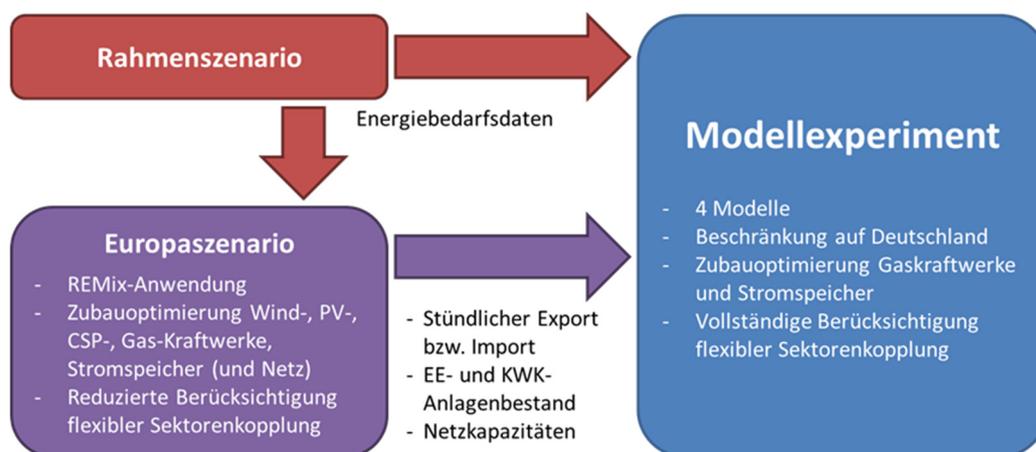


Abbildung 1: Übersicht der Vorgehensweise im Modellexperiment

¹ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Technische Thermodynamik, Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart, Tel.: +49 711 6862-477, hans-christian.gils@dlr.de, www.dlr.de/tt

Das Experiment umfasst die Anwendung von vier Energiesystemmodellen: REMix des Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, SCOPE des Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, PowerFlex des Öko-Instituts und ELMOD der Technischen Universität Dresden. Es werden drei Szenarien für das Jahr 2050 untersucht. Diese unterscheiden sich einerseits in den zur Verfügung stehenden Stromübertragungskapazitäten und andererseits in der EE-Versorgungsstruktur (Abbildung 2).

	Import	Dezentral	Offshore
Netzausbau*	Endogener Zubau in Deutschland und Nachbarländern	Kein endogener Zubau	Endogener Zubau in Deutschland
Eigenversorgung	Jede Modellregion erzeugt 65% ihres Bedarfs	Jede Modellregion erzeugt 90% ihres Bedarfs	Jede Modellregion erzeugt 65% ihres Bedarfs
Vorgegebene EE-Kapazitäten	PV: 74 GW Wind onsh. 69 GW Wind offsh. 29 GW	PV: 74 GW Wind onsh. 69 GW Wind offsh. 29 GW	PV: 74 GW Wind onsh. 69 GW Wind offsh. 45 GW

*außer Anbindung Offshore-Windparks

Abbildung 2: Definition der im Modellexperiment betrachteten Szenarien

Der Modellvergleich erfolgt anhand des Bedarfs nach den verschiedenen Lastausgleichsoptionen sowie der jährlichen Auslastung aller installierten Leistungen. Darüber hinaus werden die jährlichen Versorgungskosten und die resultierenden CO₂-Emissionen verglichen.

Ergebnisse

Die vergleichende Analyse der Technologieabbildung in den eingesetzten Modellen zeigt, dass wesentliche Unterschiede vor allem bei konventionellen Kraftwerken, KWK-Anlagen, Elektromobilität und Lastmanagement liegen. Im Gegensatz dazu ist die Abbildung von Energiespeichern, Übertragungsnetzen und erneuerbarer Stromerzeugung in allen Modellen sehr ähnlich realisiert. Dies spiegelt sich in den Ergebnissen des Modellexperiments wider. Dort zeigen sich Unterschiede vor allem bei der Nutzung von flexibler Sektorenkopplung, insbesondere bei KWK und Wärmepumpen mit thermischen Speichern, Ladesteuerung von Batterieelektrofahrzeugen, und industriellem Lastmanagement (Abbildung 3).

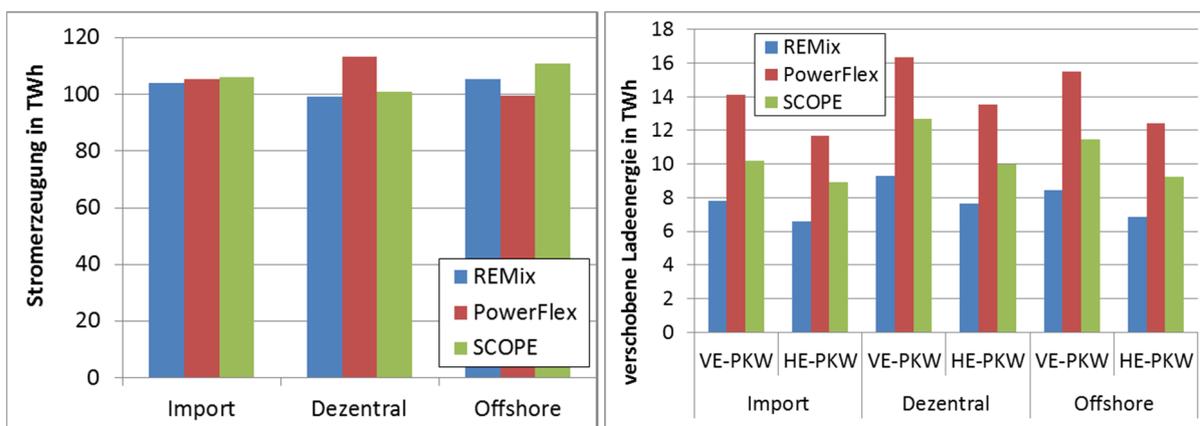


Abbildung 3: Ergebnisse des Modellvergleichs: Jährliche Stromerzeugung in regelbaren Kondensationskraftwerken und KWK-Anlagen (links) und Ladeverschiebung von Batterieelektrofahrzeugen (rechts)