

Ergebnisse von Modellexperiment 2 – Stromsystem und flexible Sektorenkopplung

Modellexperimente und -vergleiche zur Simulation von Wegen zu
einer vollständig regenerativen Energieversorgung (RegMex)

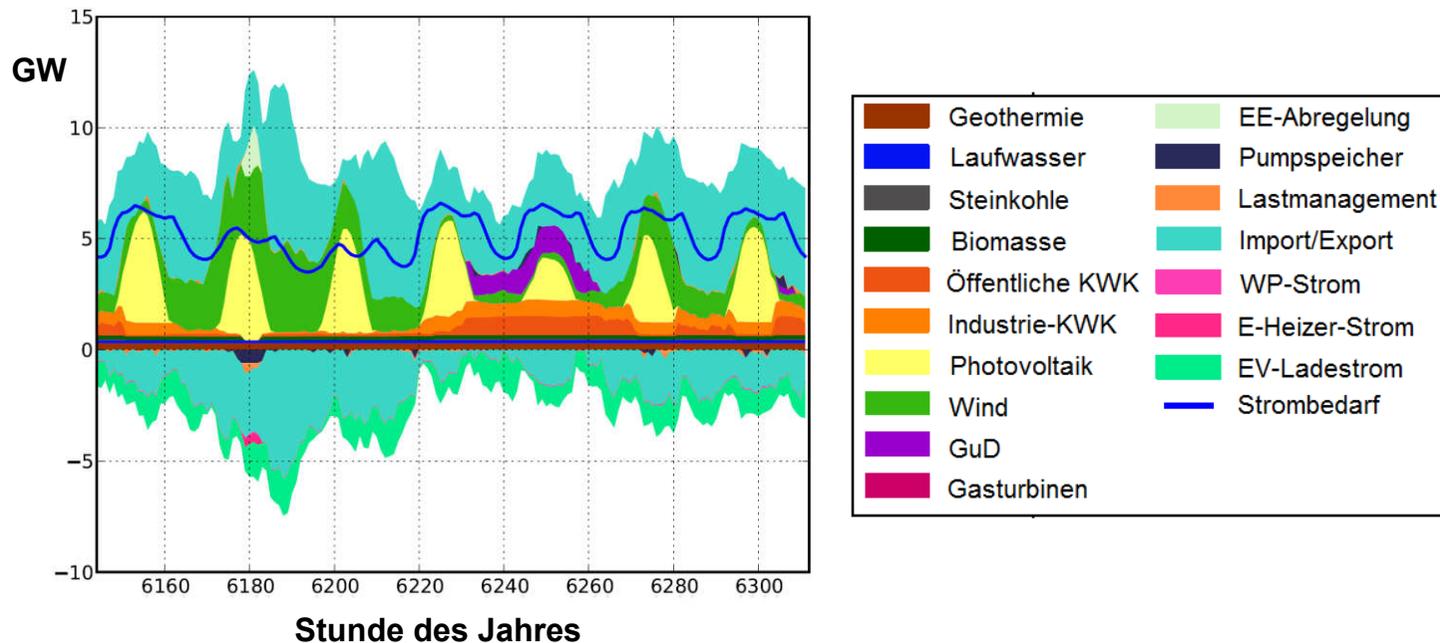
2. Präsenztreffen des Netzwerks Energiesystemanalyse
Berlin, 19./20. April 2018

Hans Christian Gils, Thomas Pregger

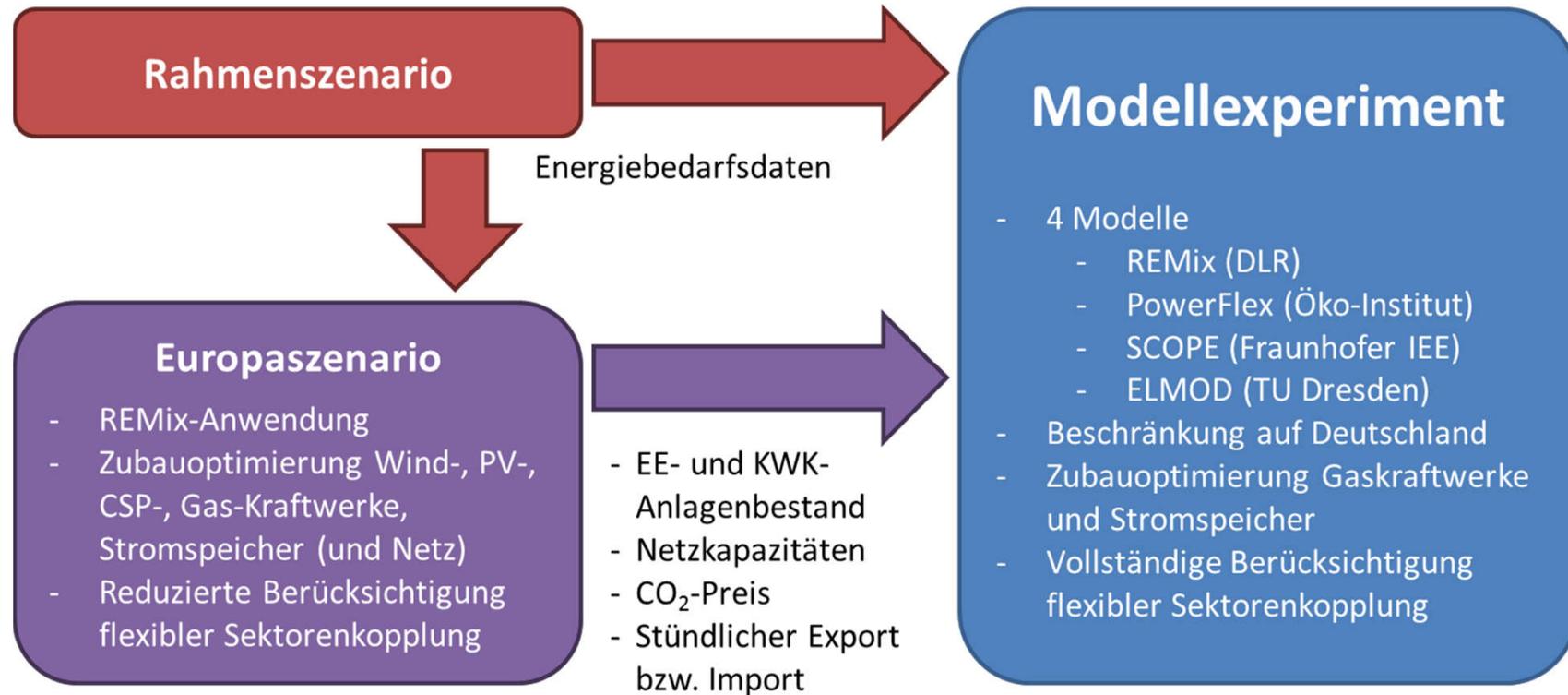
Wissen für Morgen

Ziel und Fokus des Modellexperiments

- Methodisches Ziel: Erhöhung der Vergleichbarkeit von Stromsystemmodellen
- Inhaltliches Ziel: Analyse des Einsatzes von Lastausgleichsoptionen in DE 2050
- Fokus: Stromsektor einschließlich Schnittstellen mit Wärme und Verkehr
- Grundlage: Einsatzoptimierung in stündlicher Auflösung



Vorgehensweise bei Modellexperiment 2



- Einheitliche Parametrierung zur Analyse von Modellunterschieden
- Regionalisierte Betrachtung Deutschlands
- Vorgabe des stündlichen Stromaustauschs mit den Nachbarländern
- Analyse des Anlageneinsatzes und Bedarfs nach weiteren Speichern/Kraftwerken



Modellexperiment 2: Definition der Europaszenarien

- Fokus: Betrachtung verschiedener Versorgungs- und Netzstrukturen in 2050
- Vorgabe von Eigenversorgungsanteilen benötigt, um Nettoimport zu reduzieren
- Strombedarf identisch in allen Szenarien (~700 TWh/a in DE)

	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



Modellexperiment 2: Szenarien für Deutschland in 2050

	Import	Dezentral	Offshore
Netzausbau*	AC: 130 GW DC: 0 GW	AC: 0 GW DC: 0 GW	AC: 26 GW DC: 32 GW
Nettoimport	107 TWh/a	37 TWh/a	73 TWh/a
Resultierende EE-Kapazitäten	PV: 161 GW Wind onsh. 117 GW Wind offsh. 29 GW	PV: 283 GW Wind onsh. 129 GW Wind offsh. 29 GW	PV: 185 GW Wind onsh. 105 GW Wind offsh. 45 GW
CO ₂ -Preis	248 €/t	337 €/t	315 €/t

*innerhalb Deutschlands,
zzgl. Anbindung Offshore-Windparks

- Definition eines KWK-Anlagenparks (14 GW) auf Basis des benötigten Backups
- Flexibilisierung der Wärmeversorgung durch Wärmespeicher und E-Kessel
- Flexibilisierung der Batterieelektromobilität und weiteres Lastmanagement

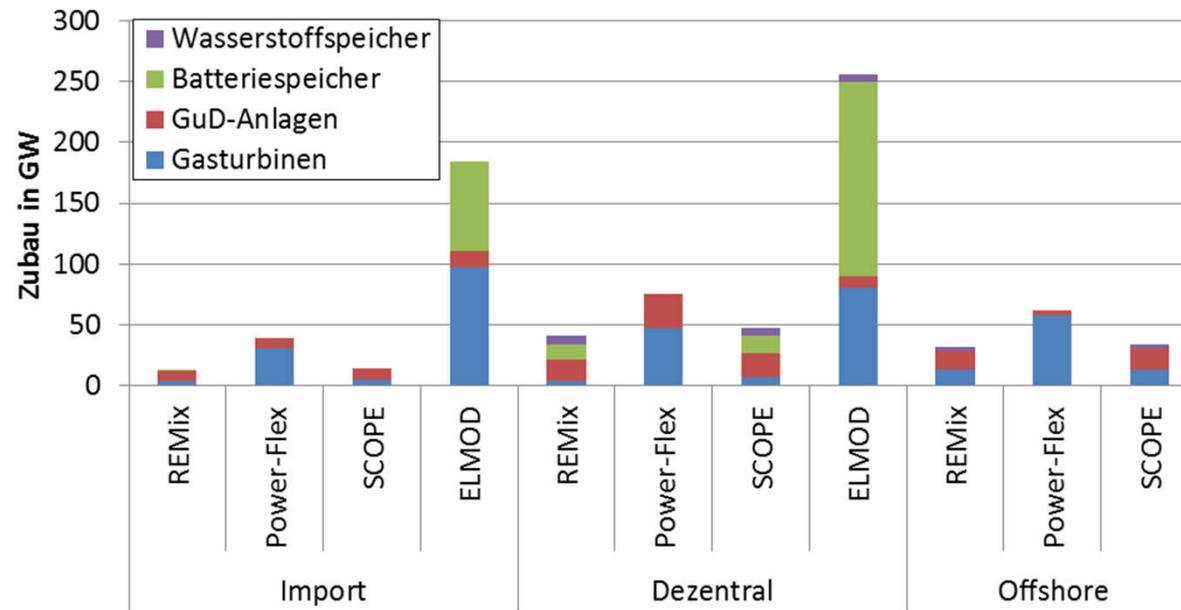


Modellunterschiede im Experiment

Technologie	Unterschiede
Technologieumfang	Nur Stromsektorbetrachtung in ELMOD
Kapazitätzubau	Keine endogener Zubau zusätzlicher Speicher und Kraftwerke in PowerFlex und ELMOD Separate Dimensionierung von Lade- und Entladeeinheit von Wasserstoffspeichern in REMix
Stromnetz	Auflösung: Abbildung von Hochspannungsknoten in ELMOD AC-Netz: NTC-Modell in SCOPE und PowerFlex, DC-Lastfluss in REMix und ELMOD
Zeithorizont	Perfekte Voraussicht in REMix und SCOPE Rollierende Voraussicht in PowerFlex und ELMOD
Wasserkraft	Abbildung individueller Kraftwerke und Zuflussdaten von 2011 in SCOPE
Batterie-Elektromobilität	Unterschiedliche Technologieabbildung in allen Modellen Regionale Lade- und Fahrprofile in Powerflex Kein Rückspeisung ins Stromnetz in PowerFlex
Lastmanagement	Unterschiedliche Technologieabbildung in allen Modellen Keine Berücksichtigung von Kosten in PowerFlex
KWK	Kein Notkühler bei Gegendruck-KWK-Anlagen in SCOPE Getrennte Betrachtung von KWK-Scheibe und Kondensationsscheibe in PowerFlex
Wärmepumpen	Temperaturabhängige Arbeitszahl in SCOPE und REMix
Wärmespeicher	Keine Abbildung von variablen Kosten, Be- und Entladewirkungsgrad in PowerFlex



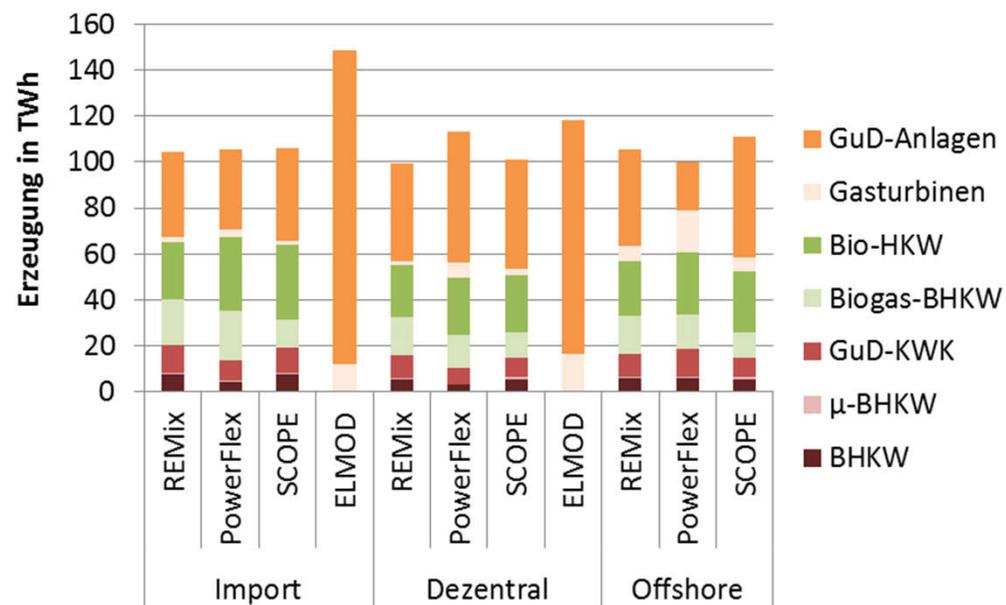
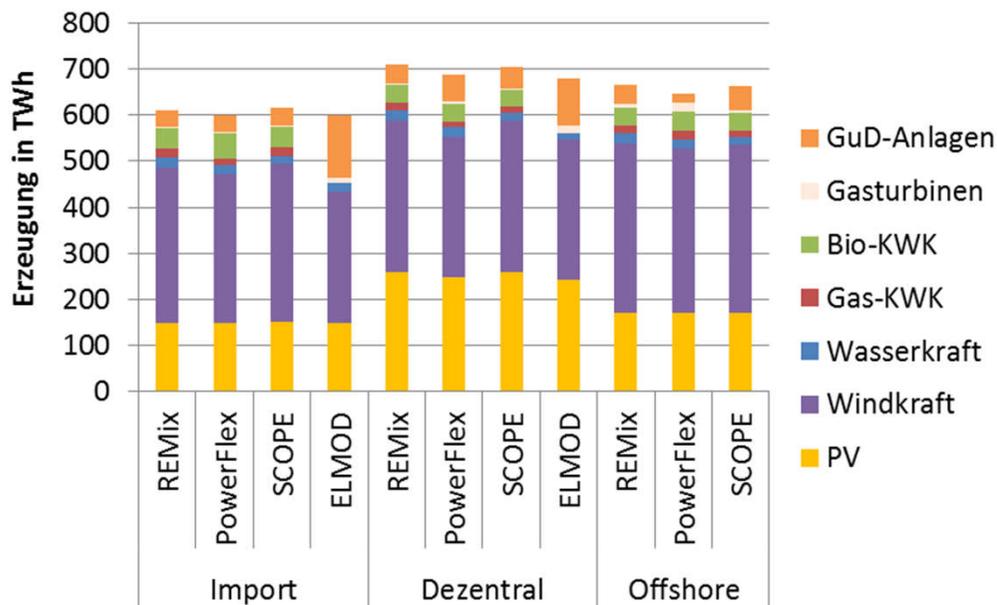
Ergebnisse: Zubau an regelbaren Kraftwerken und Speichern



- Zubau von Kraftwerken und Speichern nur in REMix und SCOPE betrachtet
- PowerFlex und ELMOD setzen ungedeckte Last als Backup-Bedarf an
- GuD-Kapazitäten in PowerFlex exogen vorgegeben (zweistufiges Vorgehen)
- ELMOD summiert regionale Spitzen der residualen Last auf



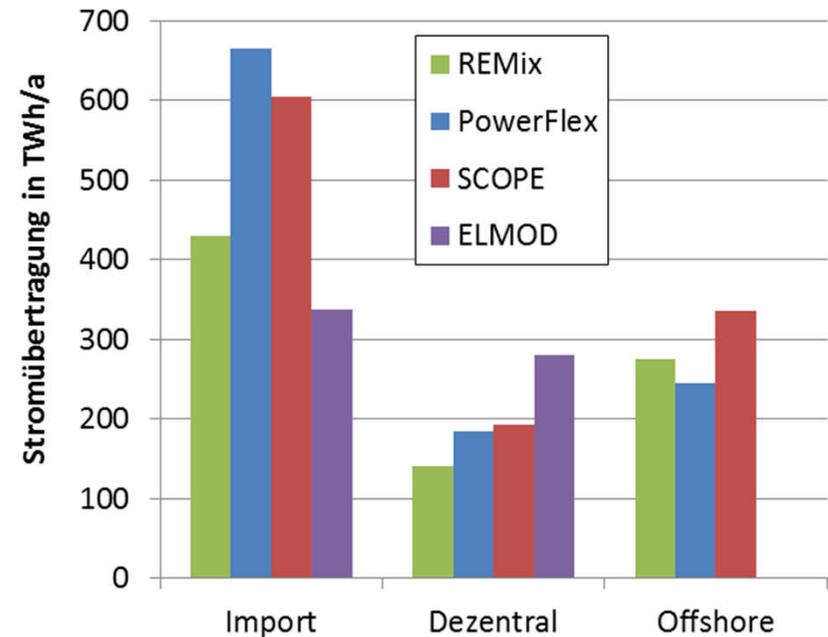
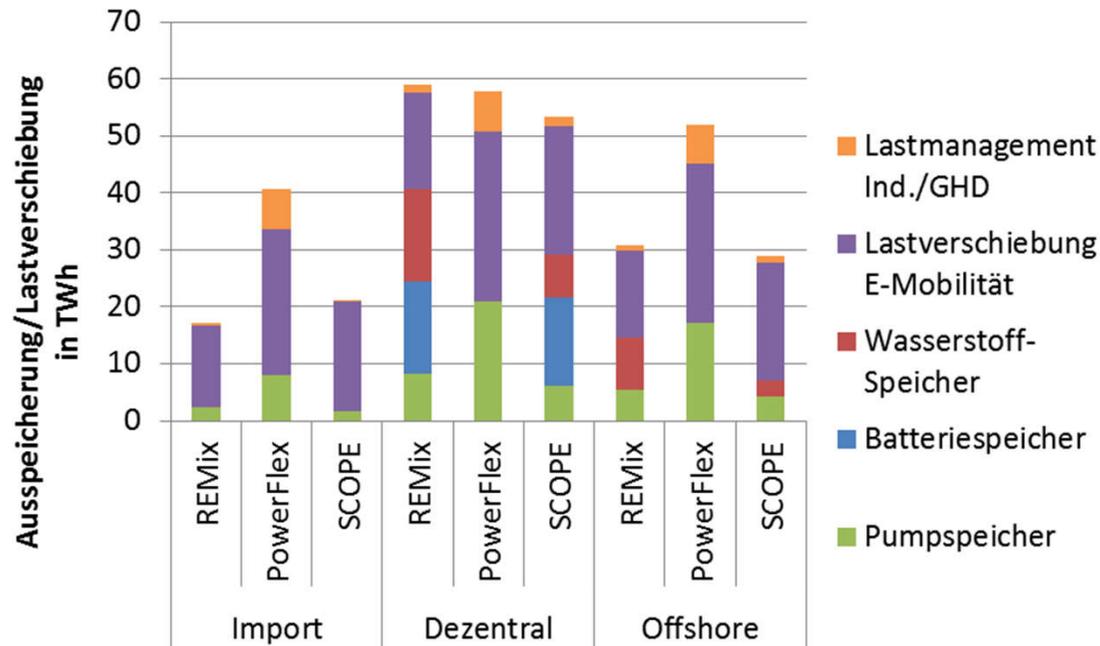
Ergebnisse: Stromerzeugungsstruktur



- Netzengpässe führen zu deutlich höherer Abregelung in ELMOD
- Anlagenscharfe Abbildung von Wasserkraftwerken bewirkt geringere Erzeugung
- Unterschiede in KWK-Modellierung bewirken deutliche Abweichungen



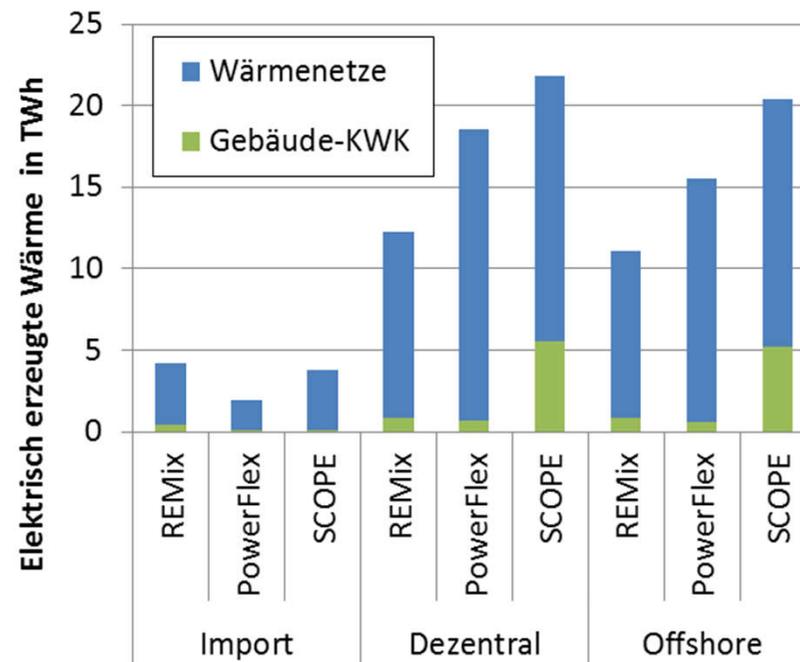
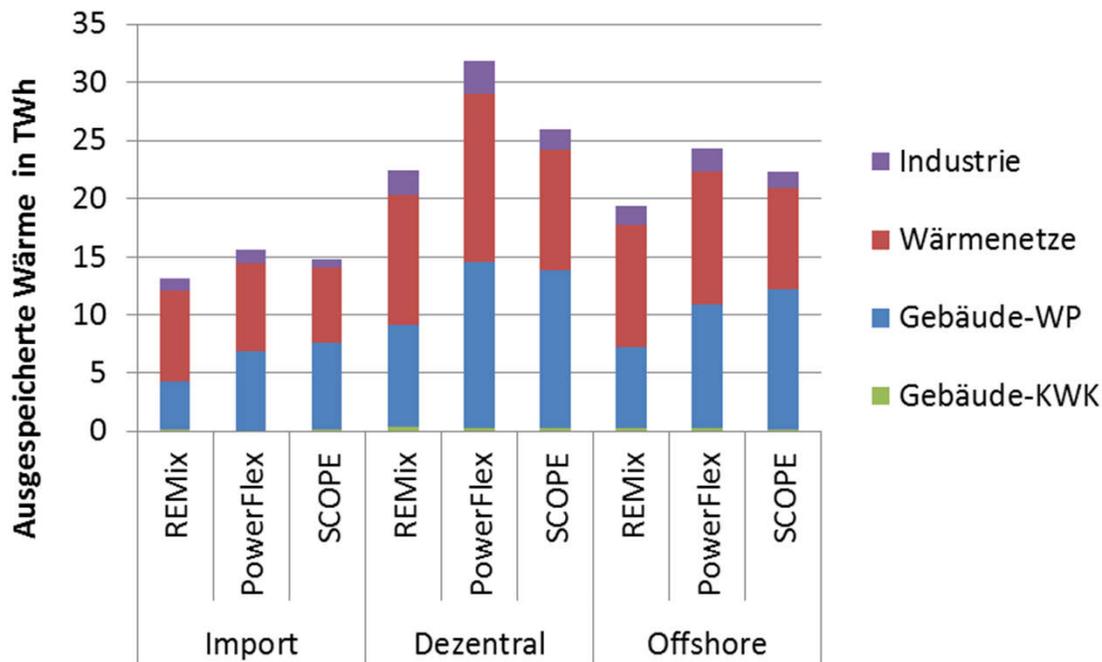
Ergebnisse: Stromspeicher, Netz und Lastmanagement



- Lastmanagementkosten haben wesentlichen Einfluss auf Einsatz
- Abbildung von Elektrofahrzeugen wirkt sich deutlich auf Ladesteuerung aus
- Flexible Dimensionierung der H₂-Speicher erhöht deren Einsatz deutlich
- DC-Lastfluss bewirkt tendenziell geringeren Stromaustausch ggü. NTC-Ansatz



Ergebnisse: Wärmespeicher und Power-to-Heat



- Berücksichtigte Kosten/Verluste mit wenig Einfluss auf Wärmespeichernutzung
- Wärmespeichernutzung auch mit Verfügbarkeit von H₂-Speichern korreliert
- Höherer Einsatz von Power-to-Heat durch geringere Stromspeicherladekapazität



Schlussfolgerungen

- Implementierung eines Modellexperiments birgt vielfältige Herausforderungen
- Identische Parametrierung bewirkt Annäherung der Ergebnisse
- Abweichungen relativ gut auf Modellunterschiede zurückführbar
- Effekte einzelner Unterschiede durch Herangehensweise nicht quantifizierbar
- Betrachtete Szenarien erlauben Bewertung von Lastausgleich bei unterschiedlicher Erzeugungs- und Netzstruktur
- Robustheit hinsichtlich des aggregierten Einsatzes von regelbaren Kraftwerken, sowie der Summe des sonstigen zeitlichen Lastausgleichs
- Abschätzung des Kraftwerksbedarfs ohne endogene Optimierung überschätzt
- Separate Dimensionierung von Lade-, Entlade- und Speichereinheit vorteilhaft
- Netzmodellierung wirkt sich nur unwesentlich auf den Kapazitätsbedarf aus
- KWK-Modellierung wirkt sich wesentlich auf Ergebnisse aus



Kontakt

Dr. Hans Christian Gils, DLR, Institut für Technische Thermodynamik, Systemanalyse und Technikbewertung
Pfaffenwaldring 38-40 | 70569 Stuttgart | Germany | Telefon +49 711 6862-477 | hans-christian.gils@dlr.de | www.DLR.de/tt

Dieser Vortrag basiert auf Ergebnissen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekts „Modellexperimente und -vergleiche zur Simulation von Wegen zu einer vollständig regenerativen Energieversorgung“ (RegMex). Der Projektbericht wird im Sommer 2018 veröffentlicht.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

