

# Modellexperiment zur hoch aufgelösten Untersuchung des zukünftigen Lastausgleichs im Stromsystem – Ein szenariobasierter Vergleich von Modellierungen

Hans Christian Gils, Hedda Gardian, Alexander Fehler, Felix Gaumnitz, Tomke Janßen, Martin Kittel, Christine Krüger, Jann Launer, Alexander Murmann, Jennifer Mikurda, Jonas van Ouwerkerk, Wolf-Peter Schill, Laura Torralba-Diaz, Alexander Zerrahn

12. Internationale Energiewirtschaftstagung  
an der TU Wien (IEWT)

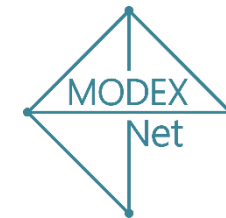
09. September 2021



# Modellexperiment FlexMex (MODEX)

- **MODEX-Verbund:**

- 6 Modellexperimente
- 39 Projektpartner
- 40 beteiligte Modellen
- Themen: aktuelle systemanalytische Fragestellungen



- **Fokus FlexMex:**

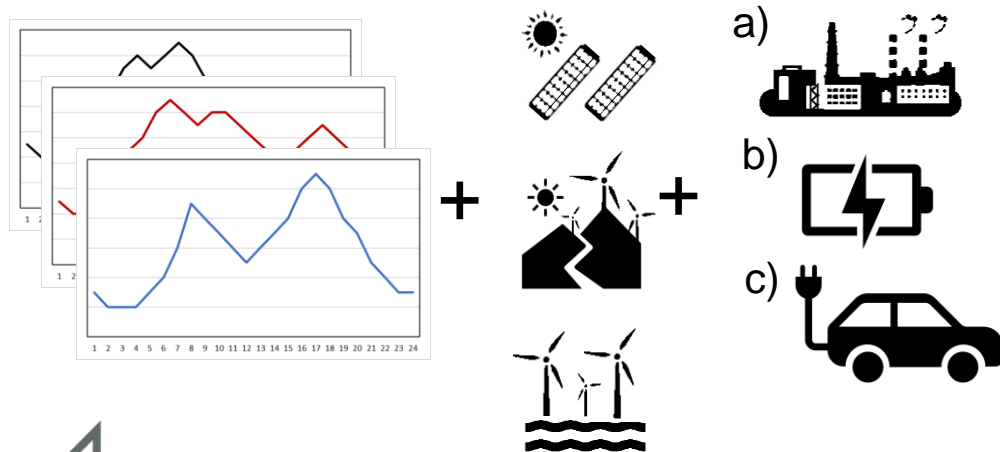
Auswirkungen unterschiedlicher Modellierungsansätze auf den Einsatz von Lastausgleichs- und Sektorenkopplungsoptionen (z.B. Lastmanagement, E-Mobilität, Wärmepumpen, Elektrolyse, Speicher ...)



# Modellexperiment FlexMex (MODEX)

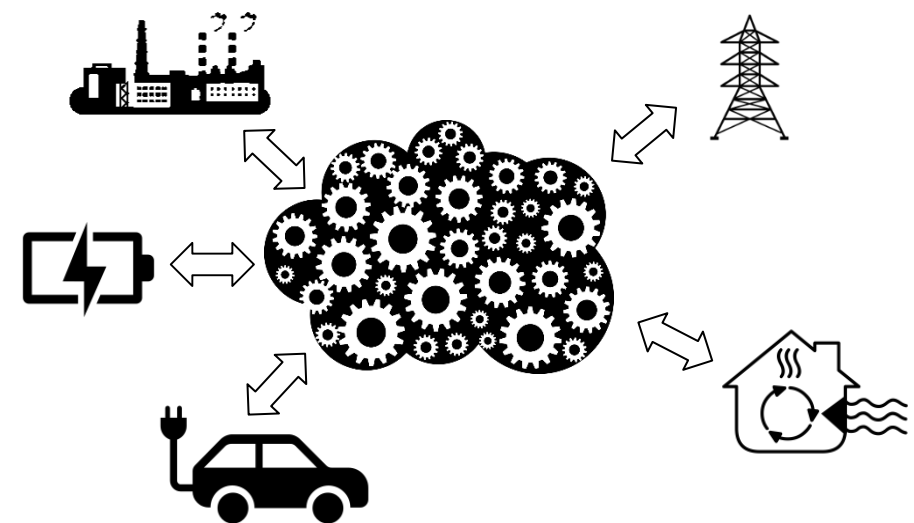
## Experiment Teil 1:

- Betrachtung einzelner Ausgleichsoptionen in stark vereinfachtem System, um
  - Wechselwirkung verschiedener Modellunterschiede zu minimieren und
  - direkte Zuordnung von Ergebnis- zu Modellunterschiede zu ermöglichen



## Experiment Teil 2:

- Betrachtung vollumfänglicher Szenarien unter Berücksichtigung aller Lastausgleichsoptionen, um
  - Auswirkungen einzelner Modellunterschiede im Gesamtsystem zu analysieren



# Modellexperiment FlexMex (MODEX)

## Experiment Teil 1:

- 22 Untersuchungsfälle

## Experiment Teil 2:

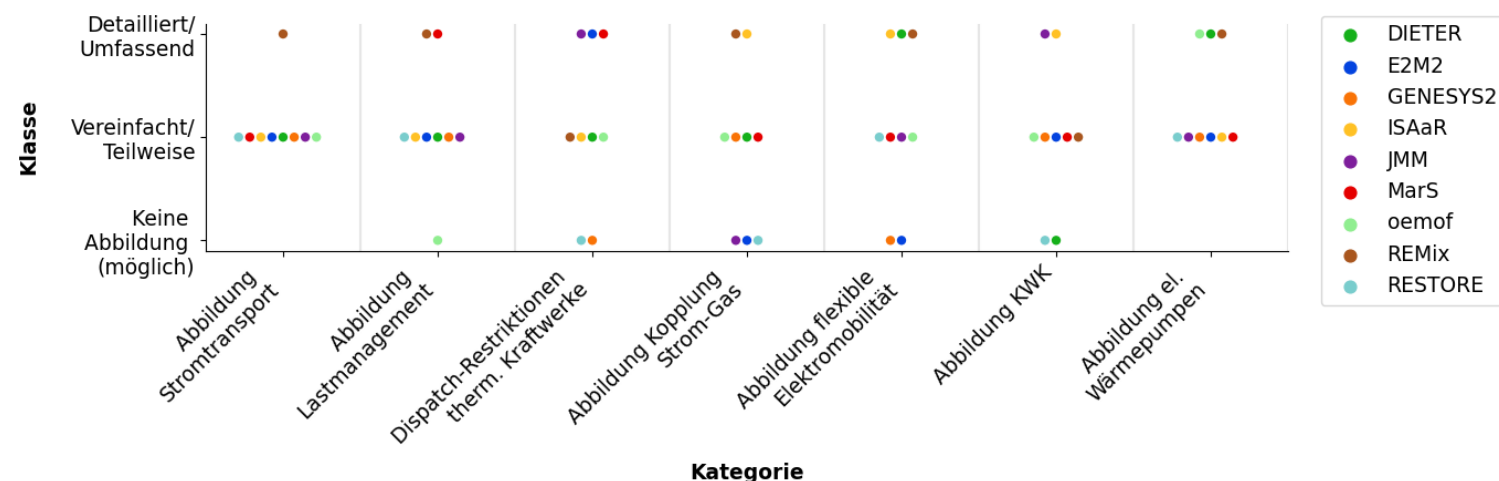
- 16 Untersuchungsfälle

	Stromsektor	Alle Sektoren
Einsatz- optimierung	1A) 1B) 1C) 1D) EE-Anteil ↓	3A) 3B) 3C) 3D) EE-Anteil ↓
Einsatz- und Ausbau- optimierung	2A) 2B) 2C) 2D) EE-Anteil ↓	4A) 4B) 4C) 4D) EE-Anteil ↓



# Beteiligte Modelle

- **Gemeinsamkeiten:**
  - Optimierende, stündlich aufgelöste Stromsystemmodelle mit Sektorenkopplung
- **Unterschiede:**
  - Zielfunktion, Programmiersprache, Solver, Optimierungsverfahren, Funktionsumfang, Technologieumfang



DIETER	
E2M2	
GENESYS-2	
ISAAr	
JMM	
MarS	
oemof	
REMIx	
RESTORE*	

\* Teilnahme nur an FlexMex Teil 1



# Szenarioausgestaltung

- **Regionalisierung:**
  - Betrachtung von 11 Ländern für unterschiedliche Stromerzeugungscharakteristika
- **Optimierungshorizont:**
  - 2050 (in stündlicher Auflösung)
- **EE-Anteil:**
  - Variiert je nach Untersuchungsfall
  - Betrachtung von Systemen mit hohem Flexibilitätsbedarf



# Datenmanagement

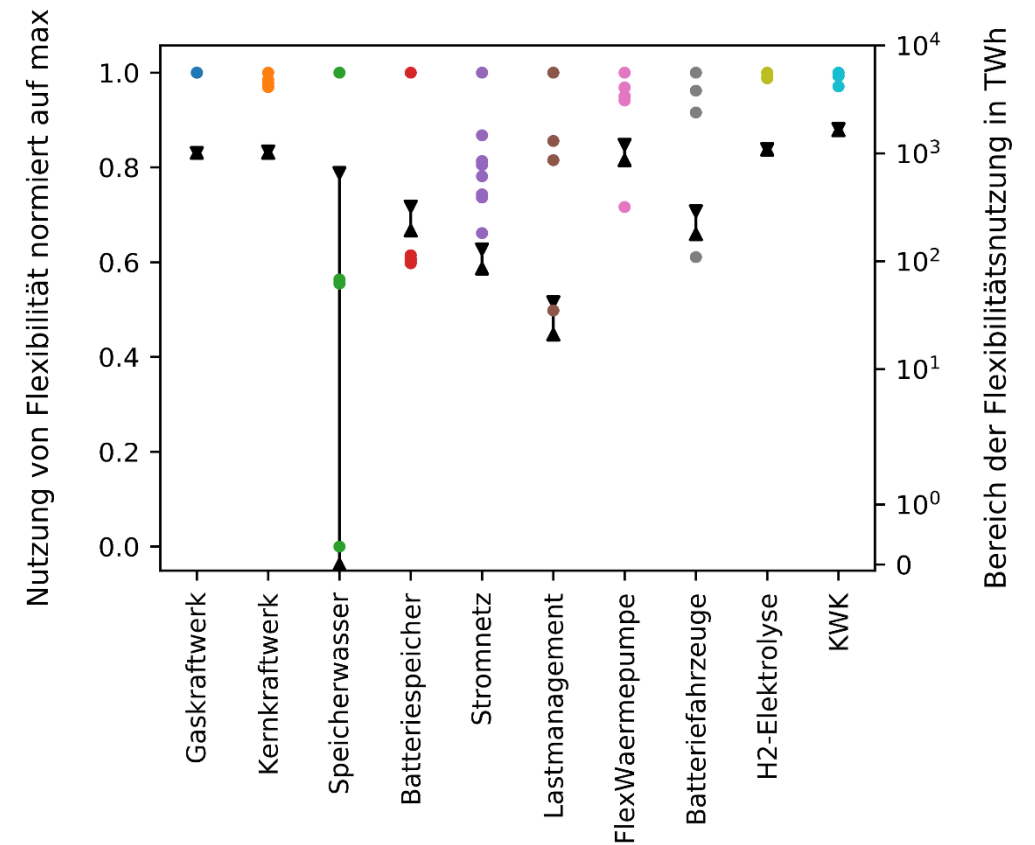
- **Voraussetzung Modellvergleich:** Vollständig **harmonisierte** Eingangsdaten
- **Schritt 1:** Sammlung des **Datenbedarfs**
- **Schritt 2:** Erstellung eines einheitlichen, maschinenlesbaren **Dateninput- und -outputformats**
- **Schritt 3: Datenbereitstellung**
  - Installierte Leistungen (Wind, PV, Ausgleichsoption)
  - Zeitreihen Erzeugung und Nachfragen
  - Techno-ökonomische Parameter
- **Schritt 4:** Quelldokumentation mittels **Metadatenstrings**
- **Schritt 5:** Automatisierte **Zusammenführung** aller Ergebnisse
- **Schritt 6:** Automatisierte Erstellung von **Ergebnisgraphiken**



# Experiment Teil 1: Ergebnisse

- Geringe Unterschiede in der Technologieabbildung
- Wesentliche Modellunterschiede v.a. bei Speicherwasserkraft, An- und Abfahren von Kraftwerken, Batteriefahrzeugen und Lastmanagement

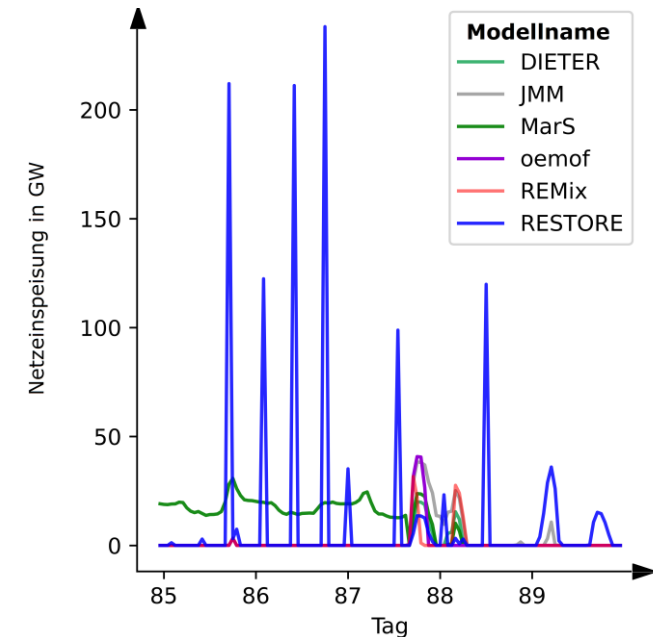
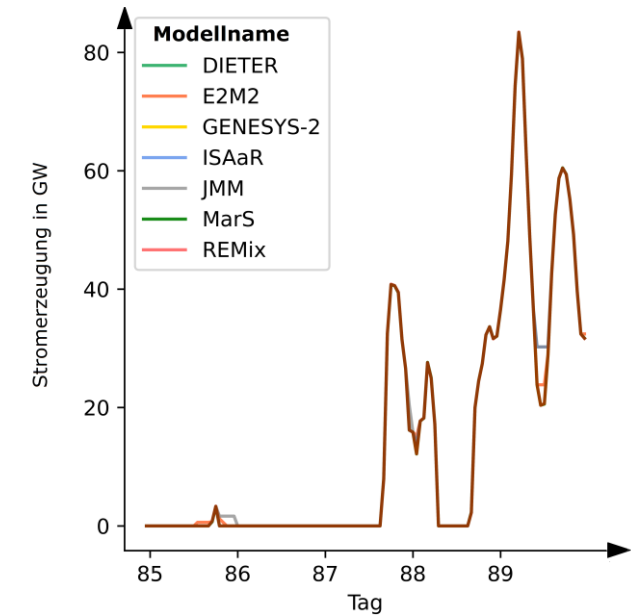
→ Modellwahl erheblichen Einfluss





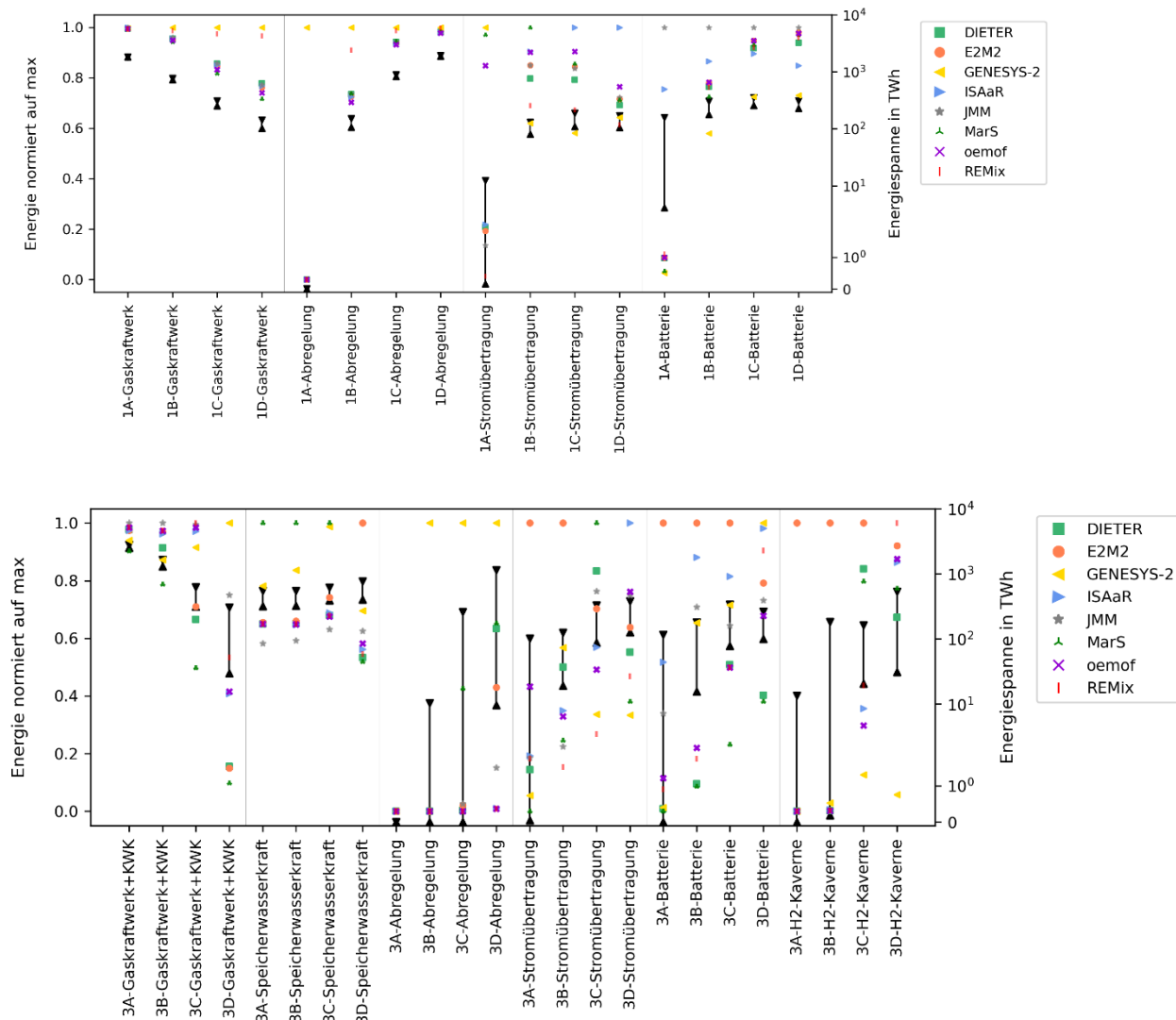
# Experiment Teil 1: Ergebnisse

- Ergebnisunterschiede meist gut mit Modellunterschieden verknüpfbar
- Überlagerungseffekte auch bei reduzierten Untersuchungsfällen möglich
- Methode nicht geeignet zur Bewertung fundamental unterschiedlicher Modellierungsansätze (quadratische Optimierung, rolling horizon, etc.), da sich die Ergebnisse nicht signifikant unterscheiden



## Experiment Teil 2 (vorläufige Ergebnisse)

- Geringe Spannbreite der Ergebnisse bei Einsatzoptimierung des Stromsektors  
→ Hinweis auf Robustheit der Ergebnisse und Validität der Modelle
- Deutlich größere Spanne bei Betrachtung von Sektorenkopplung und einem unterschiedlichen Modellumfang
- Konsistent ist die Nutzung von Spitzenlastkraftwerken trotz eines EE-Dargebots von mehr als 100 %, die verstärkte Nutzung des Stromnetzes und von Langzeitstromspeichern mit wachsendem EE-Anteil
- Inkonsistent ist die mit den vorhandenen Flexibilitätsoptionen wechselwirkende Batterienutzung



# Fazit

- Hoher Grad an **Harmonisierung** essentiell für Modellvergleich
- **Automatisierte Auswertung** hat sich wegen häufiger Wiederholungen als sehr sinnvoll herausgestellt
- Reduzierte Untersuchungsfälle ermöglichen deutlich bessere Analyse von Auswirkungen von Modellierungsunterschieden, die auf komplexe Untersuchungsfälle übertragen werden können
- **Unterschiede in Modellansatz** (z.B. heuristischer Ansatz) und **Modellumfang** (z.B. Reduktion um KWK, netzgebundene Wärmepumpen oder flexibles Laden von E-Fahrzeugen) deutlich ausgeprägter als solche in der **Technologieabbildung**
- Spezifische Modelleigenschaften haben je ne nach Berücksichtigungsgrad von Sektorkopplung einen starken Einfluss auf die Ergebnisse → Relevant bei Modellwahl
- Herausgearbeitete Unterschiede können bei verschiedenen Modellen mit gleicher Eigenschaft beobachtet werden → somit wird vermutet, dass die Ergebnisse auch auf andere kostenminimierende Energiesystemmodelle übertragen werden können



# Veröffentlichungen

4 Paper im “Renewable and Sustainable Energy Reviews“ - MODEX-Special Issue eingereicht

- Ergebnisse **FlexMex 1**:
  - “Modeling flexibility in energy systems – \ a scenario-based comparison of power sector models”
  - Preprint: <https://elib.dlr.de/143072/>
- Ergebnisse **Ausbauoptimierung**:
  - “Comparison of power sector models by analyzing the impact of modeling features on optimal capacity expansion”
  - Preprint bald online
- Ergebnisse **FlexMex 2**:
  - “Model-related outcome differences in power system models with sector coupling - quantification and drivers”
  - Preprint bald online
- **Harmonisierung** im MODEX-Verbund:
  - “Data Harmonisation for Energy System Analysis – Example of Multi-Model Experiments”
  - Preprint bald online



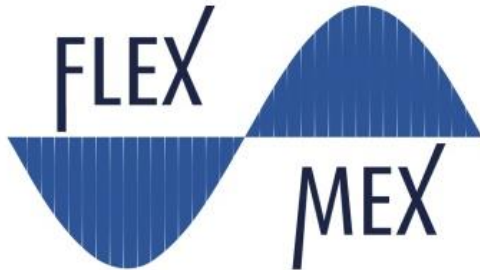
# Fragen und Diskussion

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Weitere Infos zu MODEX: <https://www.energiesystem-forschung.de/foerdern/modex>



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt



Power  
Electronics  
and Electrical  
Drives



Elektrische  
Anlagen & Netze,  
Digitalisierung &  
Energiewirtschaft



Universität Stuttgart

IER Institut für Energiewirtschaft  
und Rationelle Energieanwendung



Wuppertal  
Institut

## Kontakt

Hedda Gardian,  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,  
Institut für Vernetzte Energiesysteme, Abteilung Energiesystemanalyse  
Curiestraße 4 | 70563 Stuttgart | Telefon +49 711 6862 8819

[Hedda.gardian@dlr.de](mailto:Hedda.gardian@dlr.de) | [www.DLR.de/ve](http://www.DLR.de/ve)

