



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Effekte regionalisierter Transformationspfade auf das Übertragungsnetz

—  
TransDE Abschlussworkshop Berlin, 14.03.2023

# Agenda

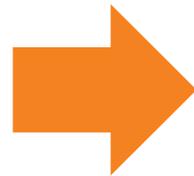
Zeit	Programm
9:15 - 9:30	Begrüßung
9:30 - 10:00	Bundeslandspezifische Transformationspfade des deutschen Energiesystems unter Berücksichtigung von Infrastrukturen (Julian Brandes, FhG ISE)
10:00 - 10:30	Effekte regionalisierter Transformationspfade auf das Übertragungsnetz (Janis Kähler, FhG ISE)
10:30 - 11:00	Entwicklung des Gas- und Wasserstoffnetz in einem transformierten Energiesystem (Carla Rau, DBI)
11:00 – 11:30	Kaffeepause
11:30 – 12:00	Regional hochaufgelöste Modellierung des Ladeinfrastrukturaufbaus im deutschen Straßenverkehr auf der Basis eines Geoinformationssystems (Nicolas Steyer, DBI)
12:00 – 12:30	Berücksichtigung von Emissionen über den gesamten Lebenszyklus von Technologien in Energieszenarien
12:30 – 13:15	Abschlussdiskussion

# Regionalisierung

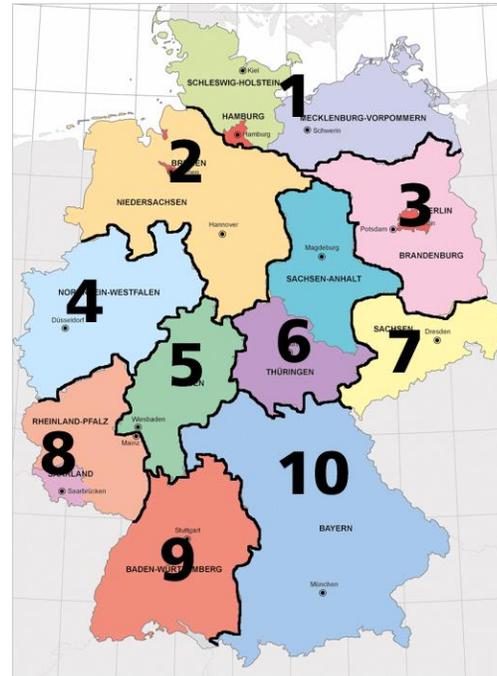
## Methodik

### REMod

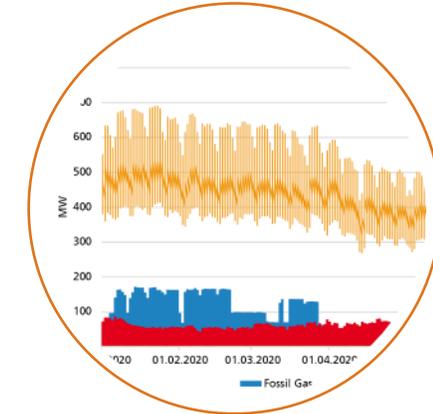
Gesamt Deutschland  
Energieszenario



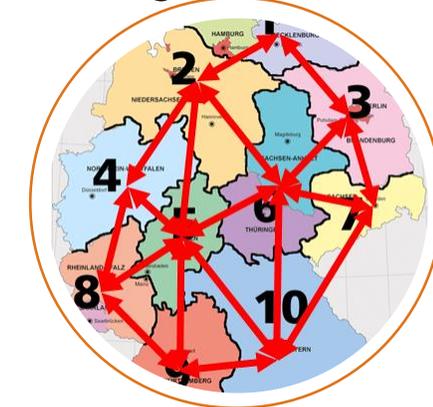
### Regionalisierung



### Lastkurve



### Energieaustausch



# Netzstudie

## Datengrundlage

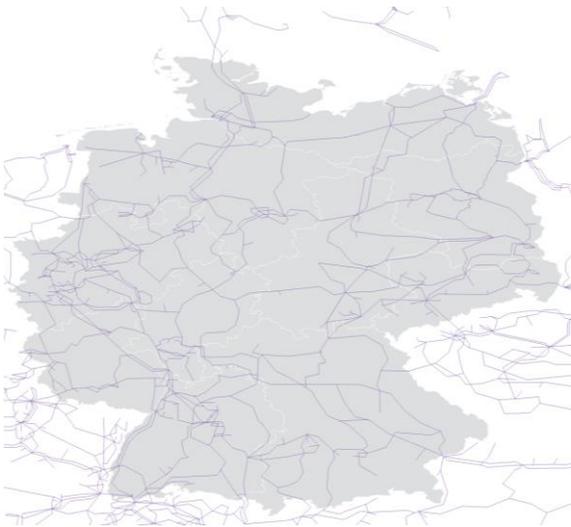
---

- REMod Ergebnisse 2045:
  - Einspeisung: Technologiescharfe Zeitreihen je Region für Generatoren und Speicher
  - Verbrauch: aggregierte Zeitreihe je Region
- Übertragungsnetz:
  - AC- und DC-Leitungen aus PyPSA-Eur
  - Zieljahr 2045: Hinzufügen/Entfernen von Leitungen gemäß NEP 2021
  - Reduktion auf die in REMod ermittelten Regionen + 3 europäische Nachbarregionen

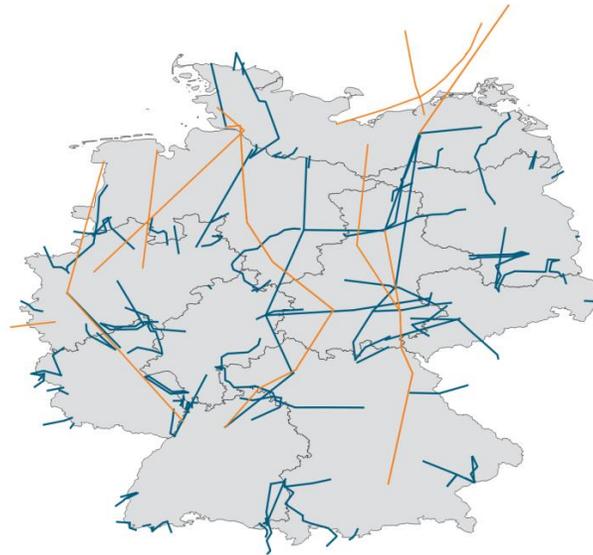
# Netzreduktion

Reduktion des deutschen Höchstspannungsnetzes auf die von REMod ermittelten Regionen

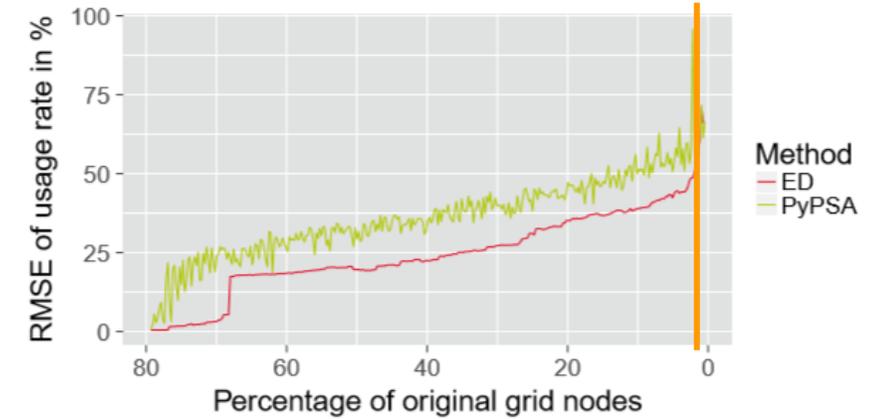
575 Knoten



10 Knoten



## Qualität der Netzabbildung



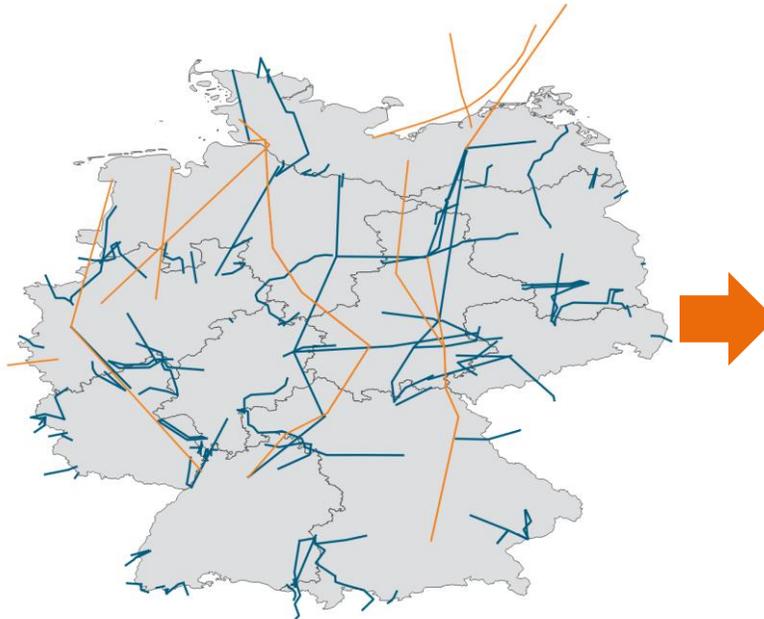
# Netzoptimierung

Optimierung von Betriebsführung und Kraftwerksstandorten

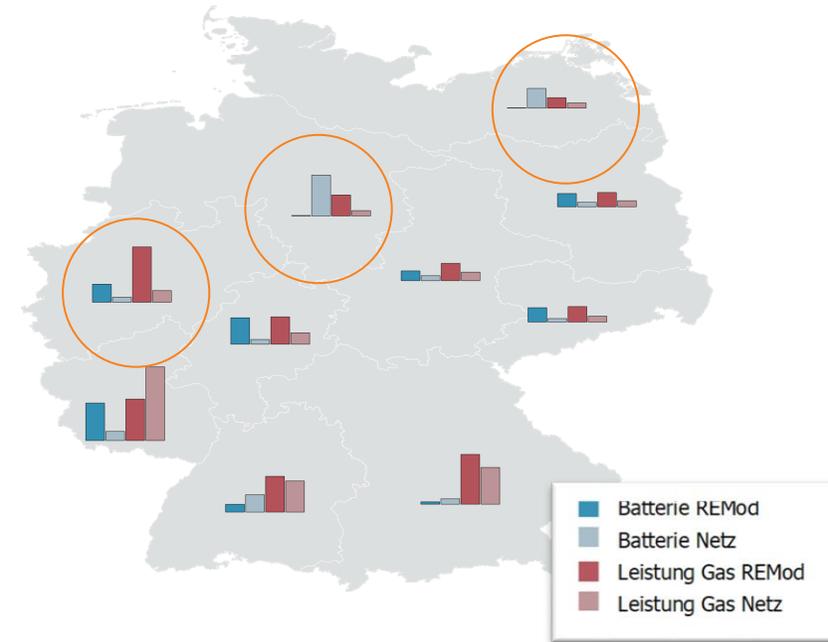
1 regionalisierte REMod Ergebnisse



2 Optimal Power-Flow



3 Analyse Speicher- und Kraftwerksplatzierung



# Netzoptimierung

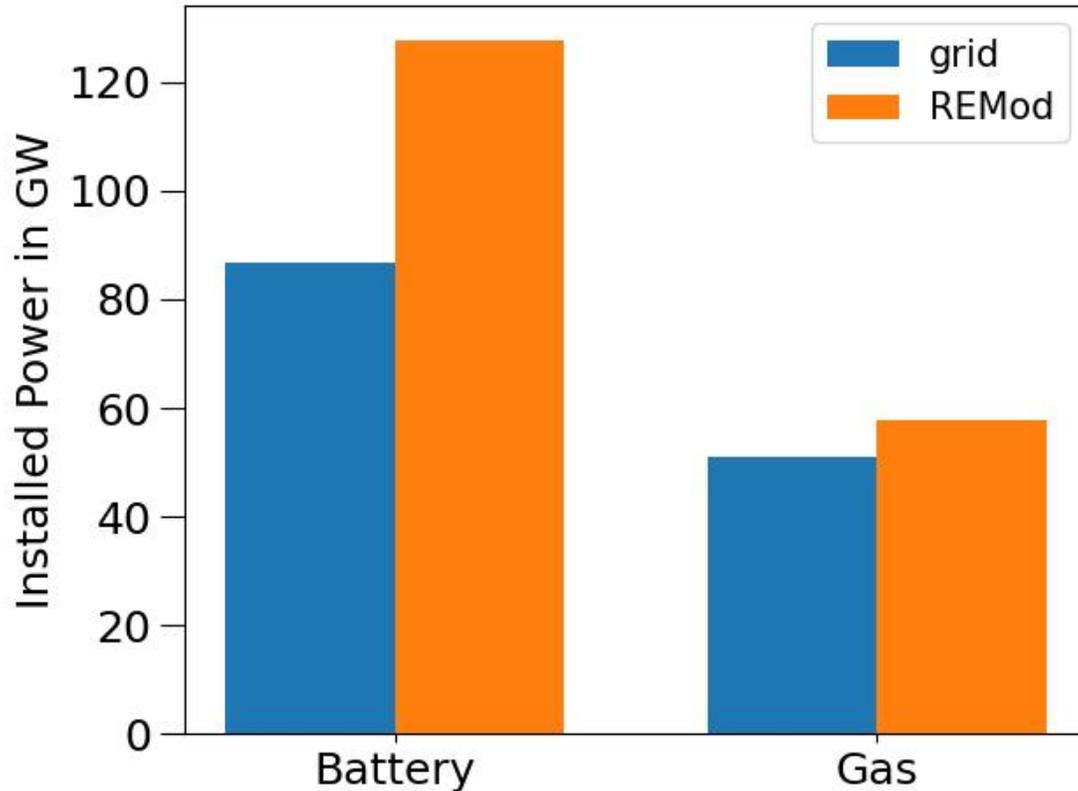
## Annahmen für Security-Constrained Optimal Power Flow

---

- REMod-Zeitreihe enthält 8,2TWh Speicherverluste inkl. Fahrten von E-Fahrzeugen, die hier nicht berücksichtigt werden
- Erneuerbare Energien können abgeregelt werden
  
- AC-Leitungen dürfen zu 70% ausgelastet werden, DC-Leitungen zu 100%
- Pumpspeicher und Batteriespeicher müssen zyklisch über das Jahr betrieben werden
- Netzdienliche mobile Batteriespeicher müssen zyklisch über das Jahr mit Leistungen  $\leq$  REMod-Input betrieben werden
  
- Batteriespeicher und Gaskraftwerke können vom Optimierer zu- und abgebaut werden

# Netzoptimierung

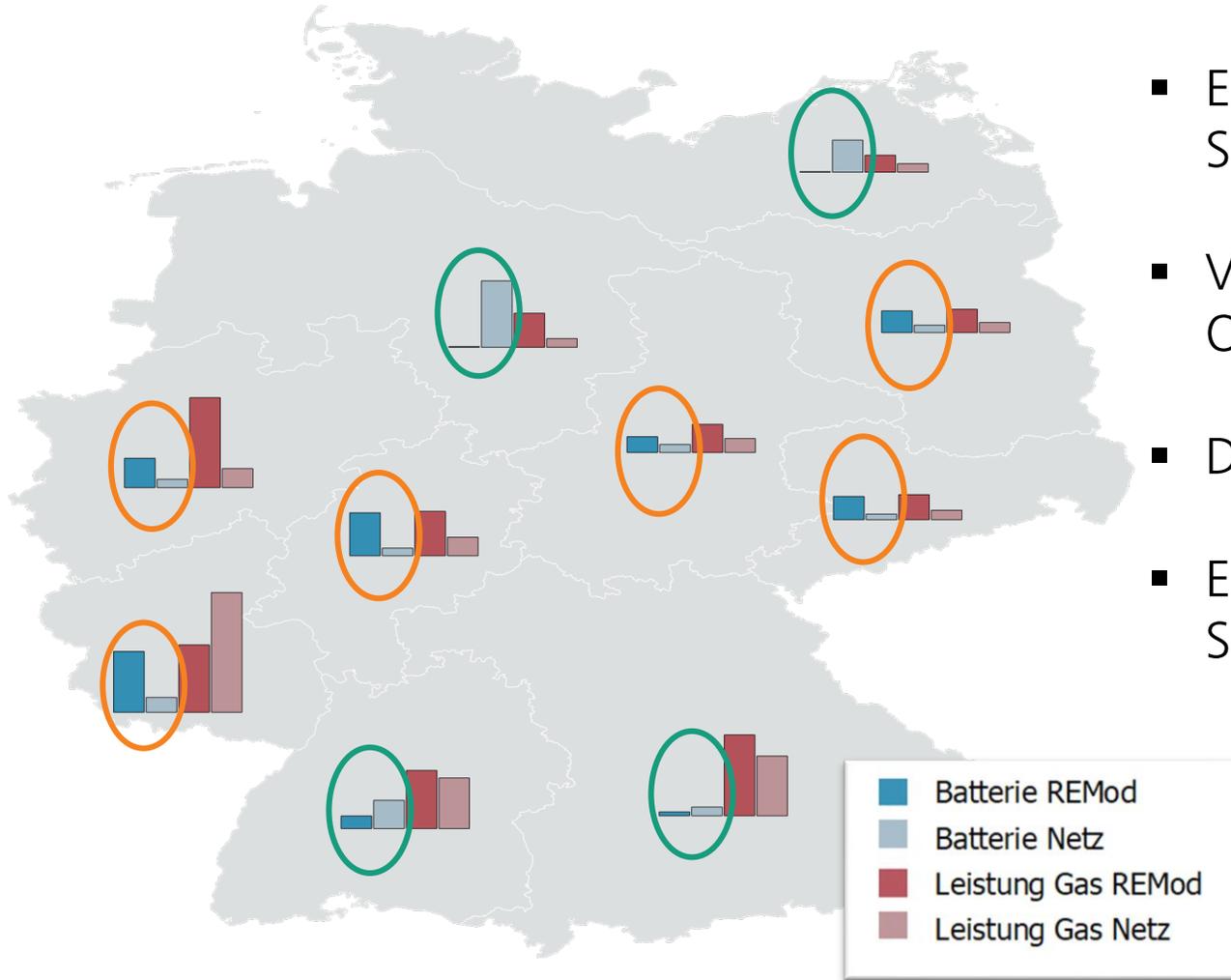
## Ergebnisse – Allgemeine Betrachtung



- Keine Abregelung von Wind und Solar
  - Annahme zu Abregelung aus REMod übernommen
- Deutlich weniger installierte Leistung bei Batteriespeichern und etwas weniger bei Gaskraftwerken
- 16,2 TWh (6.8 %) weniger Energie aus Gaskraftwerken
  - 8,2 TWh nicht berücksichtigte Speichereffizienzen/Fahrstrecken E-Mob

# Netzoptimierung

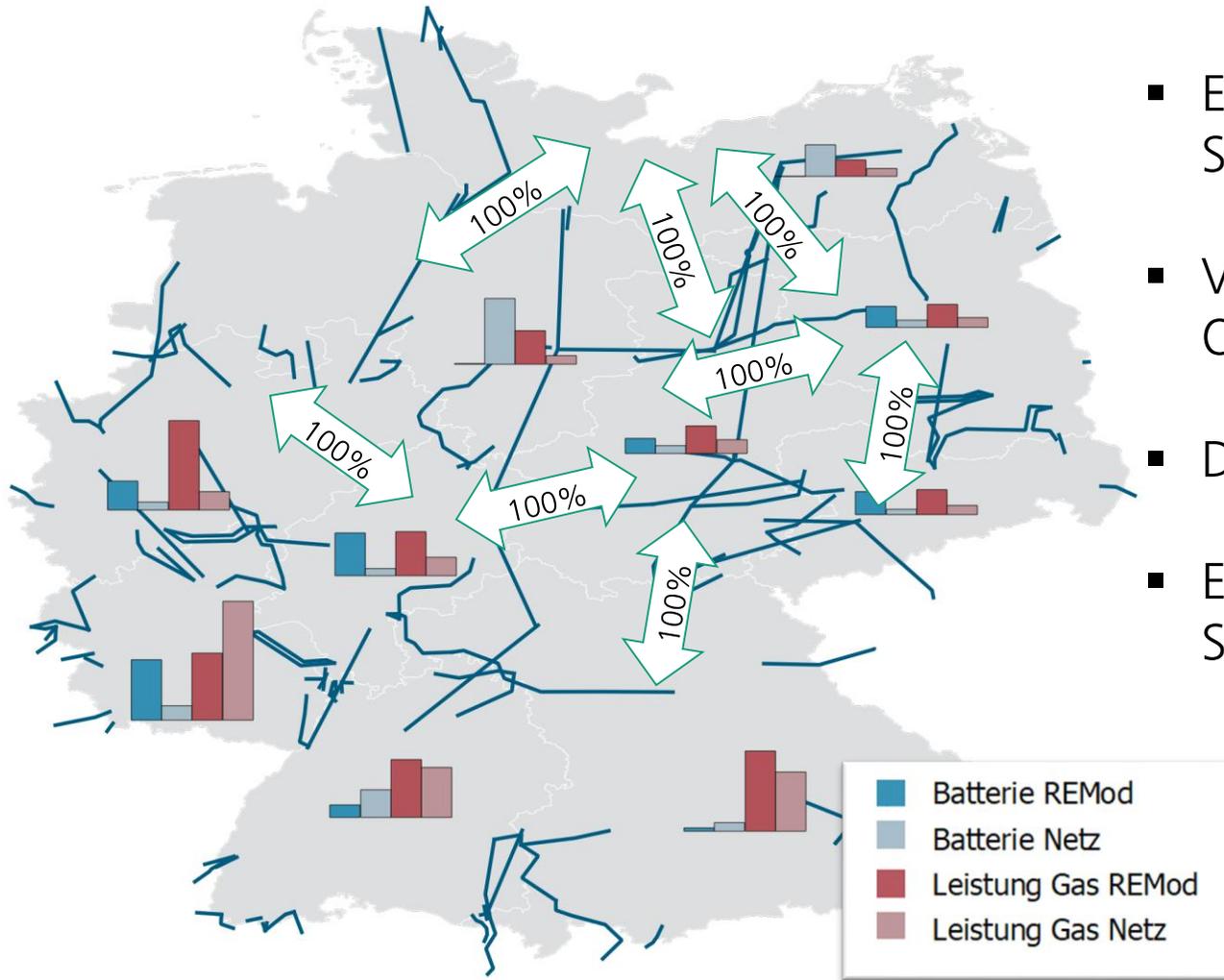
## Ergebnisse - Kraftwerksplatzierung



- Erhöhung Speicherkapazität im Norden und im Süden
- Verringerung Speicherkapazität im Westen und im Osten
- Deutlich weniger Gaskraftwerkleistung in NRW
- Erhöhung Gaskraftwerkleistung in Rheinland-Pfalz + Saarland

# Netzoptimierung

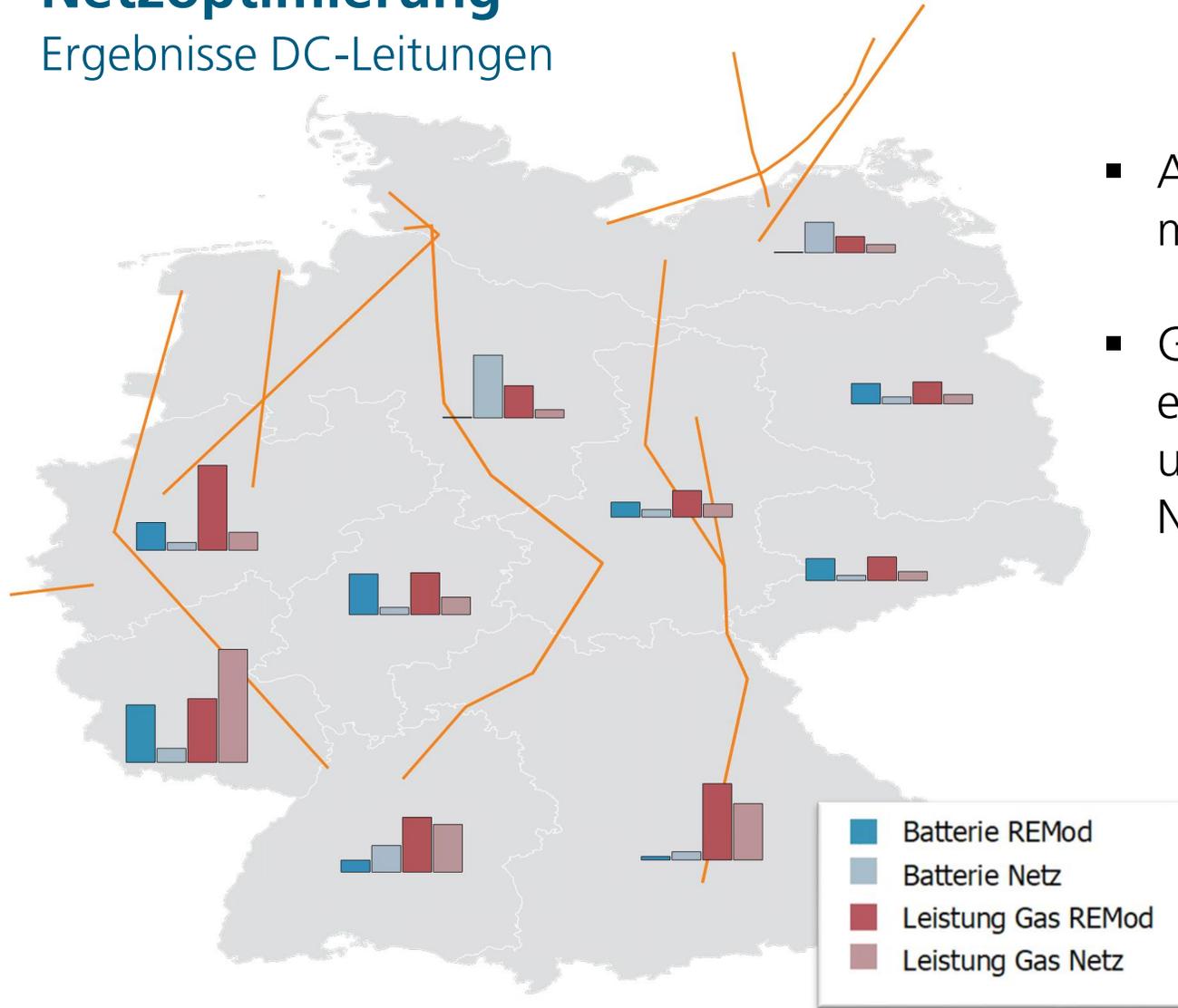
## Maximal ausgelastete interregionale AC-Leitungen



- Erhöhung Speicherkapazität im Norden und im Süden
- Verringerung Speicherkapazität im Westen und im Osten
- Deutlich weniger Gaskraftwerkleistung in NRW
- Erhöhung Gaskraftwerkleistung in Rheinland-Pfalz + Saarland

# Netzoptimierung

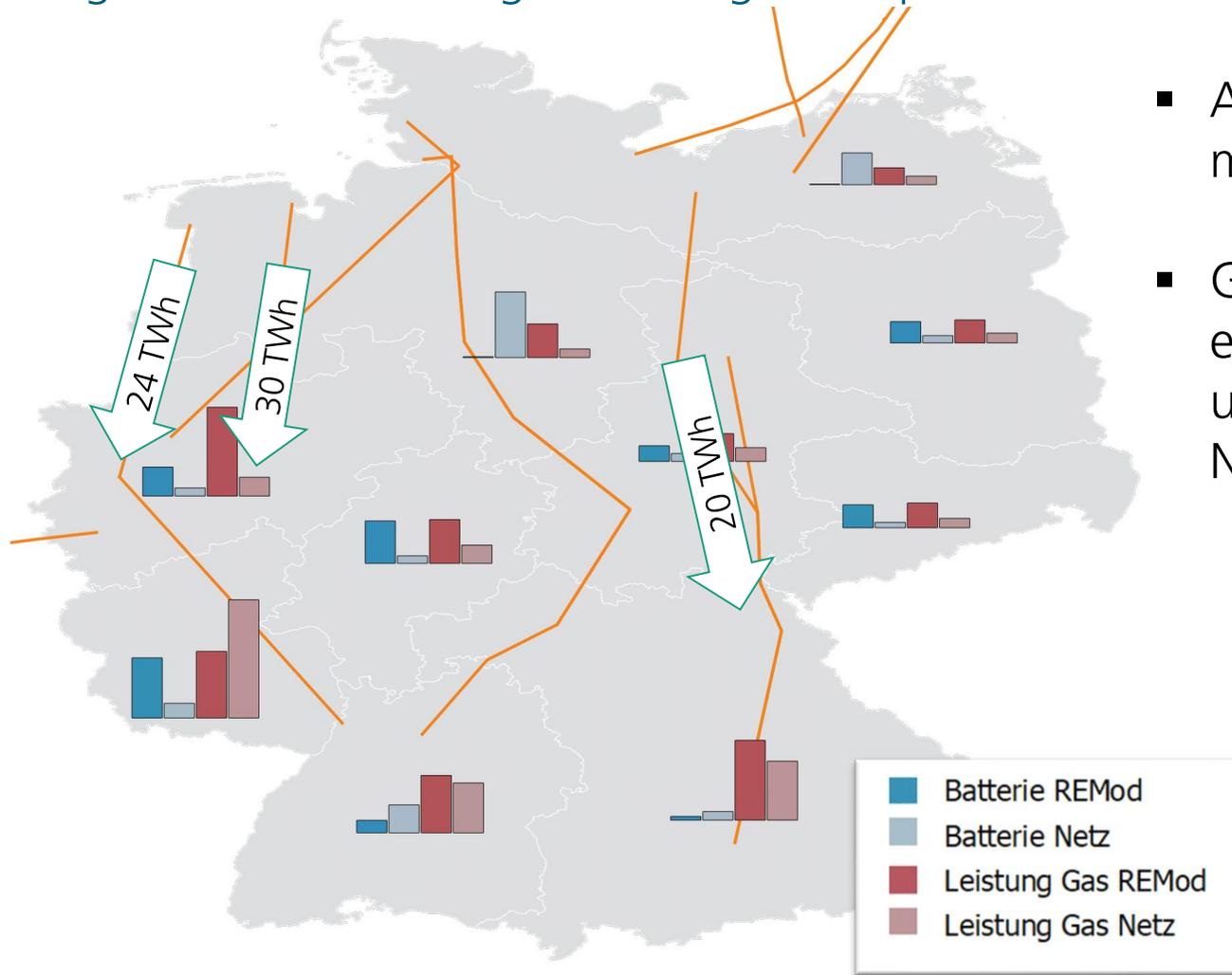
## Ergebnisse DC-Leitungen



- Alle DC-Leitungen werden von der Optimierung mindestens einmal zu 100% ausgelastet
- Gilt auch für DC-Leitungen zwischen den europäischen Nachbar-Regionen „Nord“, „Ost“ und „West“ (Entlastender Effekt besonders durch Nord<->West)

# Netzoptimierung

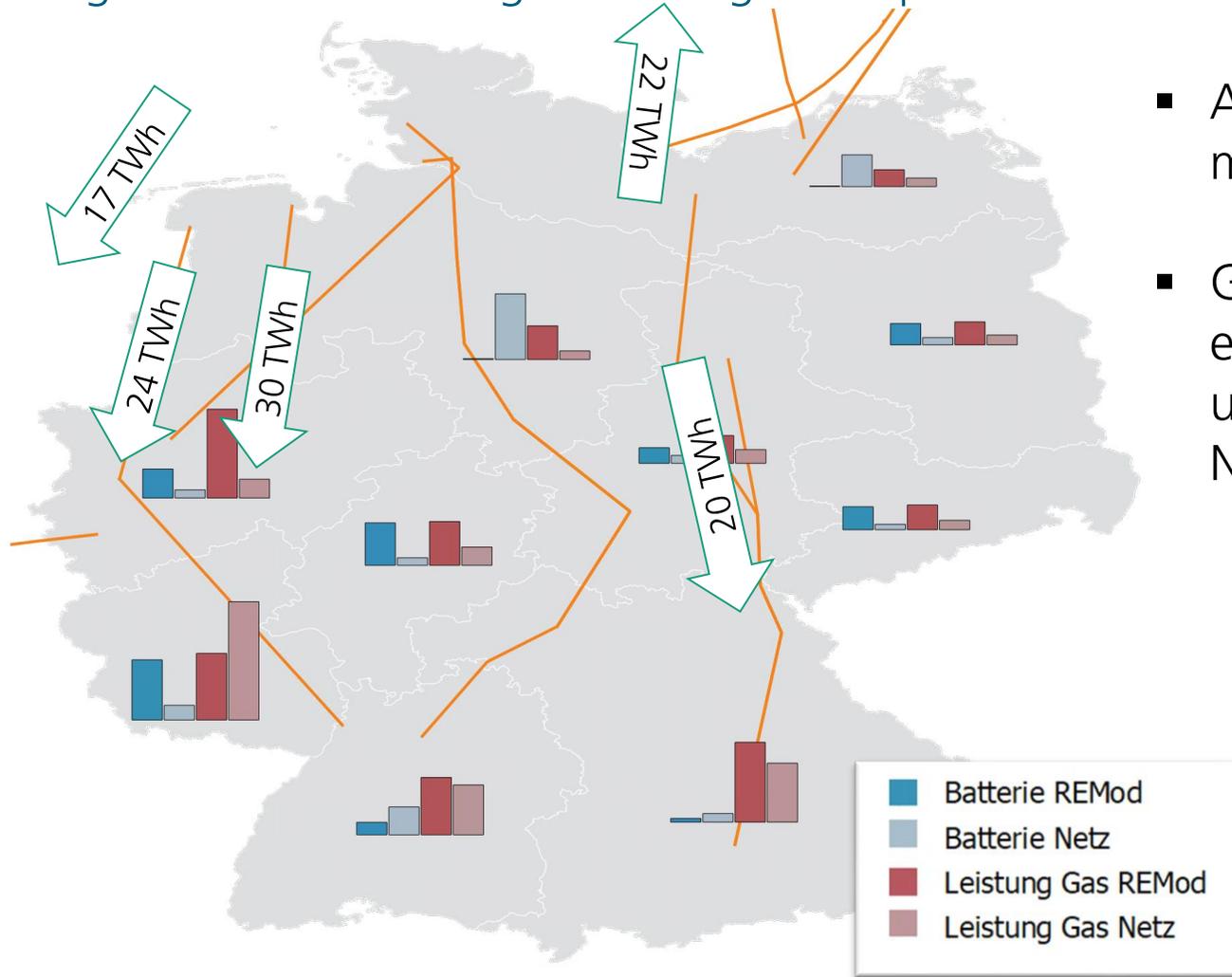
## Ergebnisse DC-Leitungen – Energietransport



- Alle DC-Leitungen werden von der Optimierung mindestens einmal zu 100% ausgelastet
- Gilt auch für DC-Leitungen zwischen den europäischen Nachbar-Regionen „Nord“, „Ost“ und „West“ (Entlastender Effekt besonders durch Nord<->West)

# Netzoptimierung

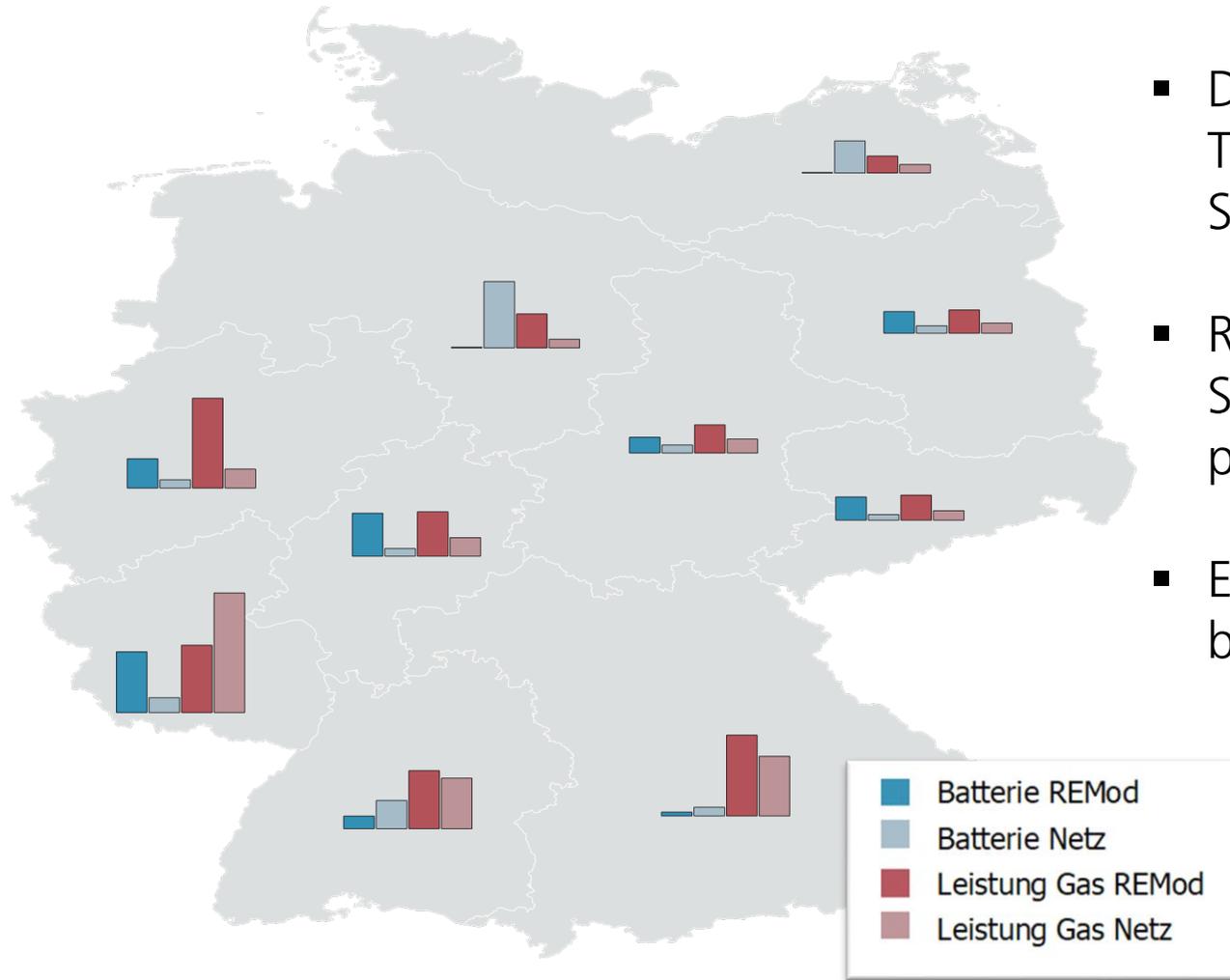
## Ergebnisse DC-Leitungen – Energietransport



- Alle DC-Leitungen werden von der Optimierung mindestens einmal zu 100% ausgelastet
- Gilt auch für DC-Leitungen zwischen den europäischen Nachbar-Regionen „Nord“, „Ost“ und „West“ (Entlastender Effekt besonders durch Nord<->West)

# Netzoptimierung

## Fazit



- Das Szenario 2045 kann ohne Erhöhung der Treibhausgasemissionen im gemäß NEP geplanten Stromnetz abgebildet werden
- REMod ist bei den Abregelungen von Wind und Solar aus Netzsicht nicht zu optimistisch, vielleicht zu pessimistisch
- Es werden weniger Speicher und Gaskraftwerke benötigt als von REMod angenommen

# Kontakt

---

**Janis Kähler**  
**Smart Grid Planning**  
**Tel. +49 761 4588-2206**  
**[Janis.kaehler@ise.fraunhofer.de](mailto:Janis.kaehler@ise.fraunhofer.de)**

Fraunhofer ISE  
Heidenhofstraße 2  
79110 Freiburg  
[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)