



# TransDE: Entwicklung des Gas- und Wasserstoffnetzes in einem transformierten Energiesystem (Carla Rau, DBI)

—  
TransDE Abschlussworkshop Berlin, 14.03.2023

# Inhalt

1

Forschungsfrage

2

**Methodik**  
vom CH<sub>4</sub>-IST-Netz zum CH<sub>4</sub>- und H<sub>2</sub>-Netz 2045  
Modellaufbau

3

**Ergebnisse**  
Entwicklung des Kapazitäts- und Ausbaubedarfs  
zwischen den Bundesländern/Regionen bis 2045

4

**Zusammenfassung und Ausblick**

# Inhalt

1

Forschungsfrage

2

**Methodik**  
vom CH<sub>4</sub>-IST-Netz zum CH<sub>4</sub>- und H<sub>2</sub>-Netz 2045  
Modellaufbau

3

**Ergebnisse**  
Entwicklung des Kapazitäts- und Ausbaubedarfs  
zwischen den Bundesländern/Regionen bis 2045

4

Zusammenfassung und Ausblick

# Forschungsfrage

## Gastransportnetzmodell

---

### Fragestellungen basierend auf den REMod-Ergebnissen:

- Werden im Erdgastransportnetz (CH<sub>4</sub>) zwischen den Regionen Transportkapazitäten frei, um Leitungen auf Wasserstoff (H<sub>2</sub>) umzustellen?
- Reichen die freiwerdenden Transportkapazitäten für den Aufbau eines H<sub>2</sub>-Netzes aus oder müssen zusätzliche Transportkapazitäten (Infrastrukturausbau) geschaffen werden?

# Inhalt

1

Forschungsfrage

2

**Methodik**  
vom CH<sub>4</sub>-IST-Netz zum CH<sub>4</sub>- und H<sub>2</sub>-Netz 2045  
Modellaufbau

3

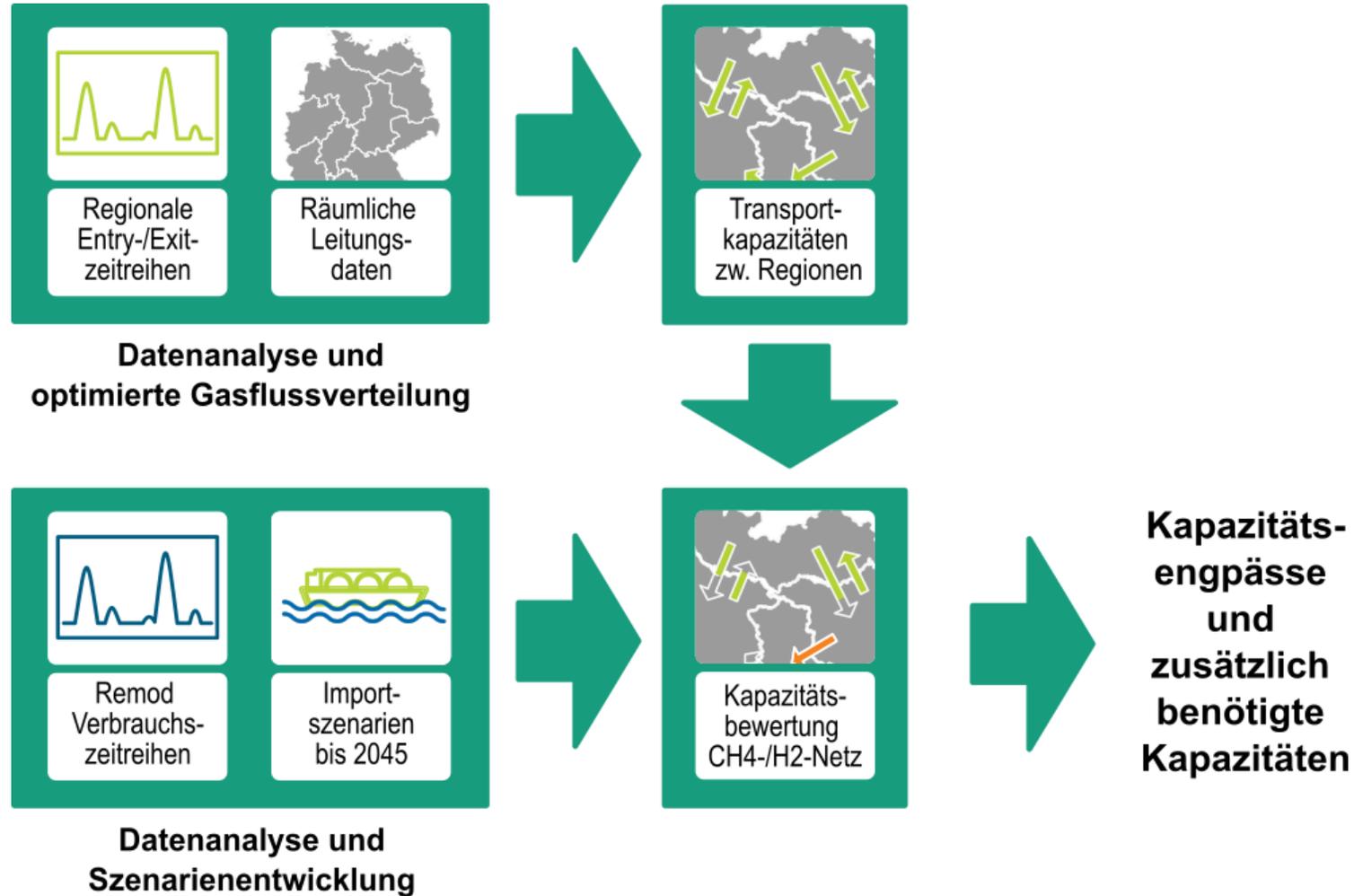
**Ergebnisse**  
Entwicklung des Kapazitäts- und Ausbaubedarfs  
zwischen den Bundesländern/Regionen bis 2045

4

Zusammenfassung und Ausblick

# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Grundidee



# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

---

### IST-Netz

- Aufbau IST-Netz = „CH<sub>4</sub>-Netz“ (Datenstand 2019)
- Berechnung der Gasflüsse zwischen den Regionen mittels optimierter Gasflussverteilung  
→ maximale Flusswerte  $\hat{=}$  **IST-Leitungskapazitäten** zwischen den Regionen

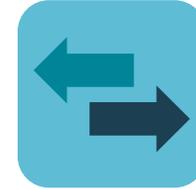
# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Eingangsdaten IST-Netz

### IST-Netzbilanz

- Entry- und Exit-Flussdaten (Zeitreihen)
    - regionaler Gasüberschuss
    - regionales Gasdefizit
- **Ausgleichsflüsse**

Grenzübergangspunkte (GÜP)



ENTRY  
EXIT

Untergrundgaspeicher (UGS)



ENTRY  
EXIT

Gasverteilnetze



EXIT

Gaskraftwerke



EXIT

Großindustrie



EXIT

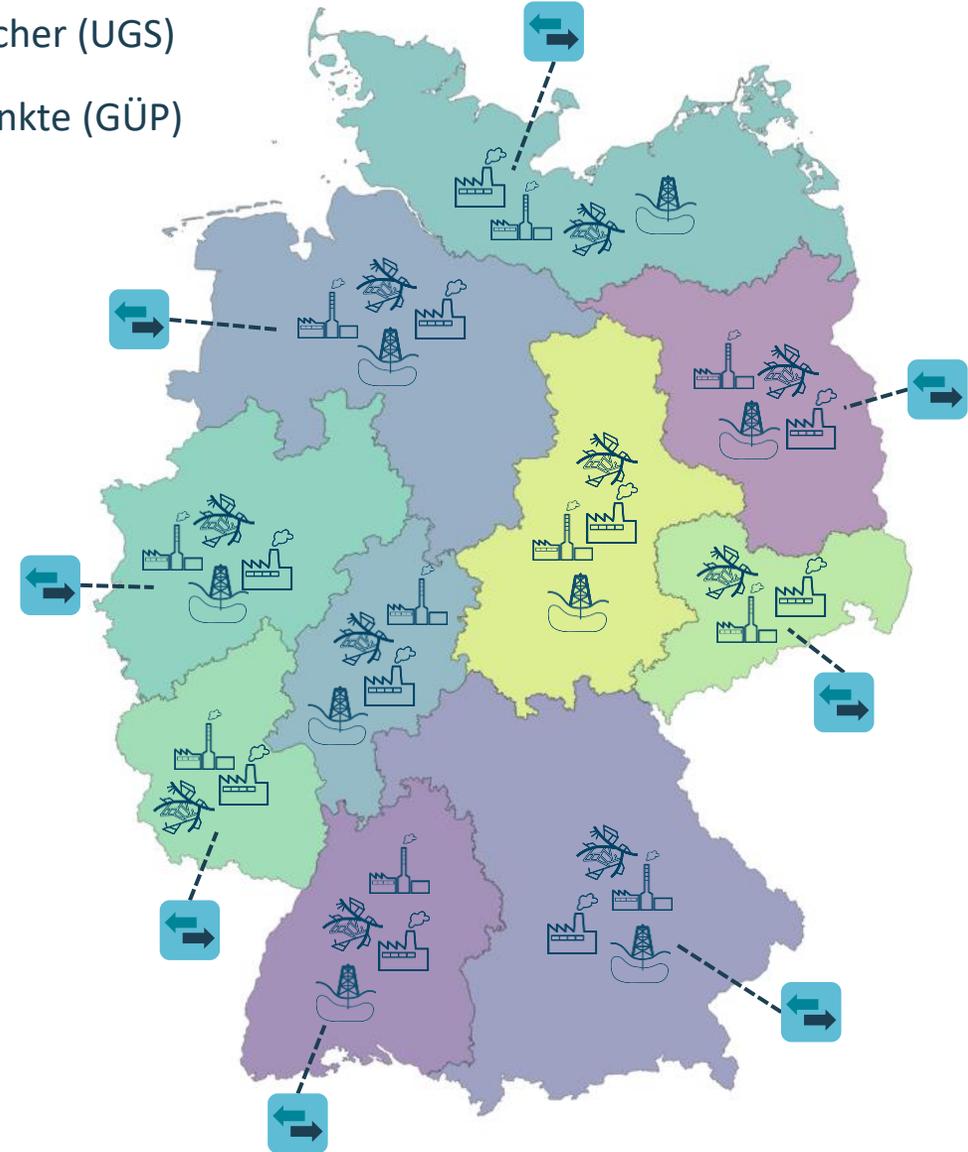
# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

### IST-Netz = „CH<sub>4</sub>-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten

-  Untergrundgasspeicher (UGS)
-  Grenzübergangspunkte (GÜP)
-  Gasverteilnetze
-  Gaskraftwerke
-  Großindustrie



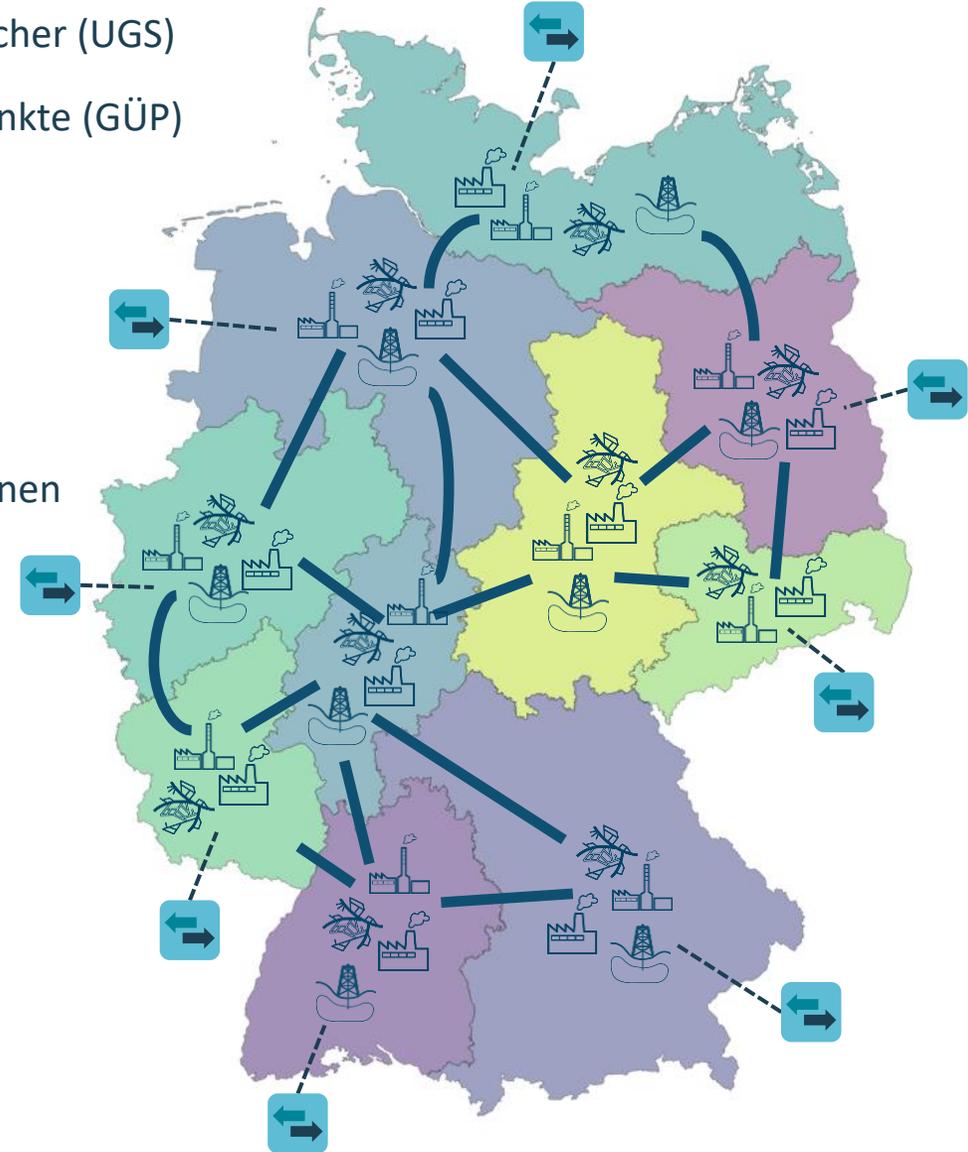
# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

### IST-Netz = „CH<sub>4</sub>-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten

-  Untergrundgasspeicher (UGS)
-  Grenzübergangspunkte (GÜP)
-  Gasverteilnetze
-  Gaskraftwerke
-  Großindustrie
-  Leitungsinformationen



# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

### IST-Netz = „CH<sub>4</sub>-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten



Untergrundgasspeicher (UGS)



Grenzübergangspunkte (GÜP)



Gasverteilnetze



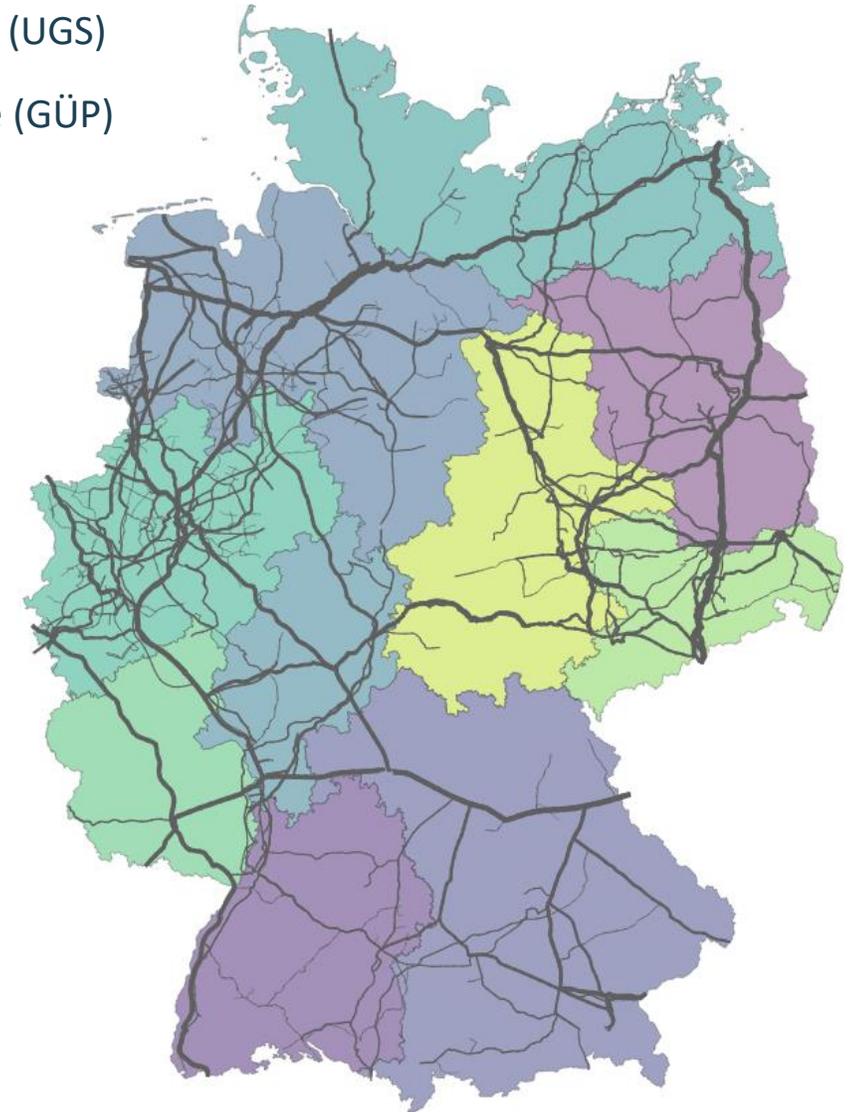
Gaskraftwerke



Großindustrie



Leitungsinformationen



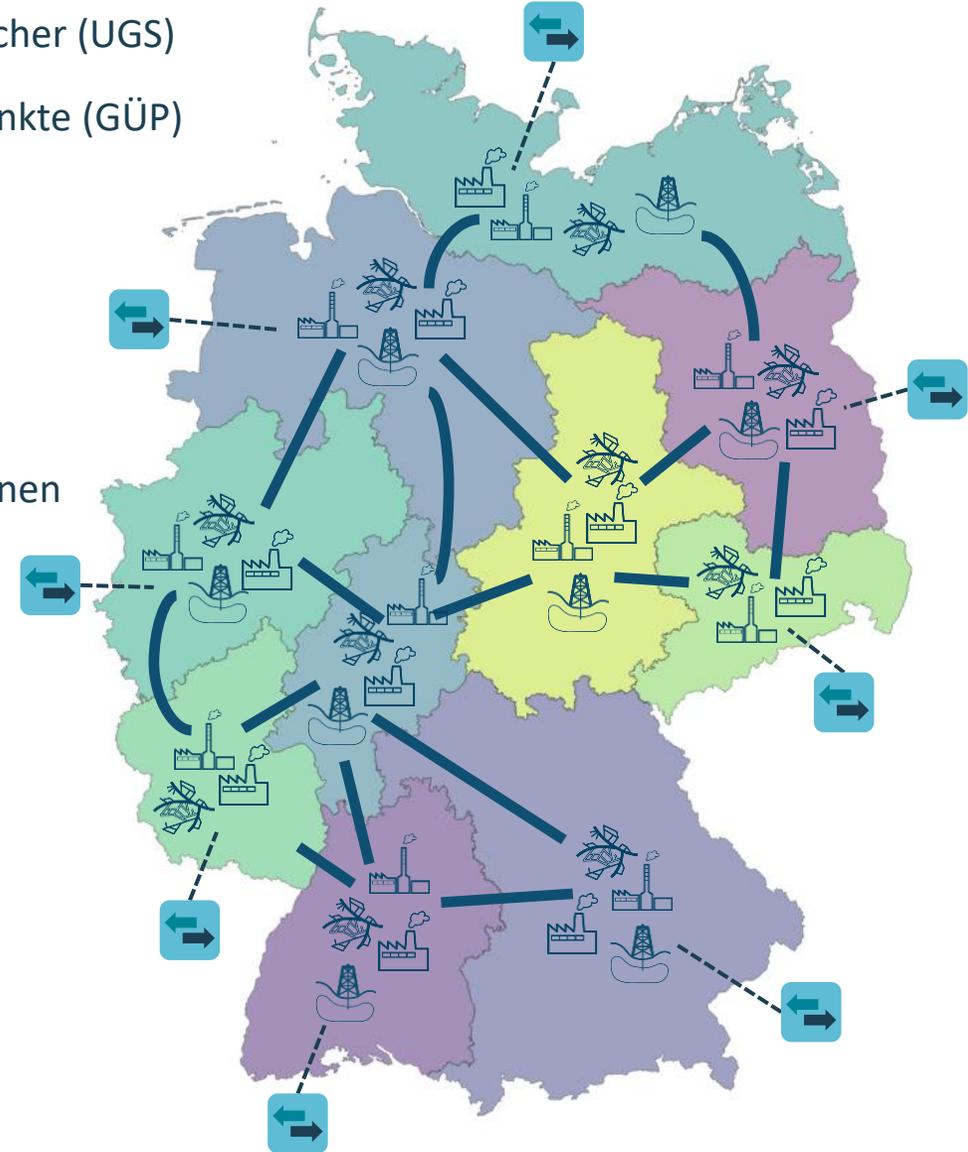
# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

### IST-Netz = „CH<sub>4</sub>-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten

-  Untergrundgasspeicher (UGS)
-  Grenzübergangspunkte (GÜP)
-  Gasverteilnetze
-  Gaskraftwerke
-  Großindustrie
-  Leitungsinformationen



# Methodik

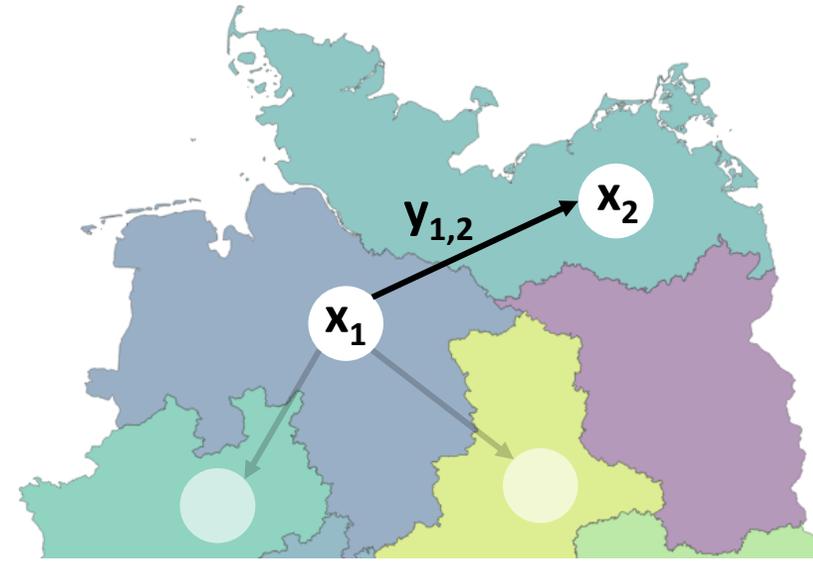
## Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz: Optimierungsalgorithmus

Min

$$\sum_{i,j=1}^n y_{i,j}$$

so dass

$$x_i - \sum_{i,j=0}^n y_{i,j} \approx 0$$



wobei

$i, j = \text{Regionen}$

$n = \text{Anzahl der Regionen}$

$x_i = \text{Residualgas (Überschuss, Defizit) [GWh/h]}$

$y_{i,j} = \text{Gasfluss [GWh/h]}$

$i, j \in (1, n)$

$n = 10$

$i, j \in \mathbb{N}$

$n \in \mathbb{N}$

$x_i \in \mathbb{R}$

$y_{i,j} \in \mathbb{R}^+$

# Methodik

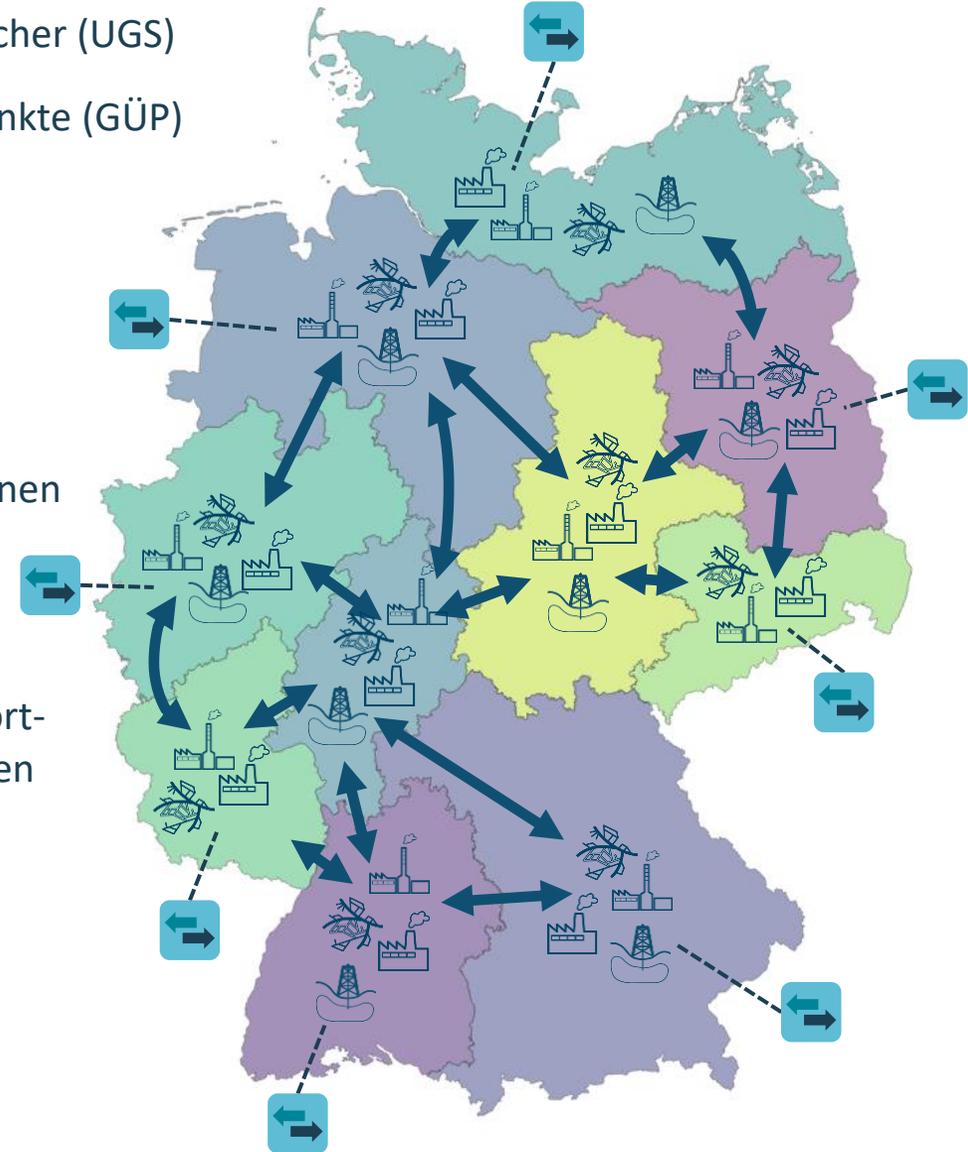
## Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

### IST-Netz = „CH<sub>4</sub>-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten
- Modellergebnis

-  Untergrundgasspeicher (UGS)
-  Grenzübergangspunkte (GÜP)
-  Gasverteilnetze
-  Gaskraftwerke
-  Großindustrie
-  Leitungsinformationen

 Gasflüsse / Transportkapazitäten zwischen den Regionen



# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

---

### Zukunftsbetrachtung

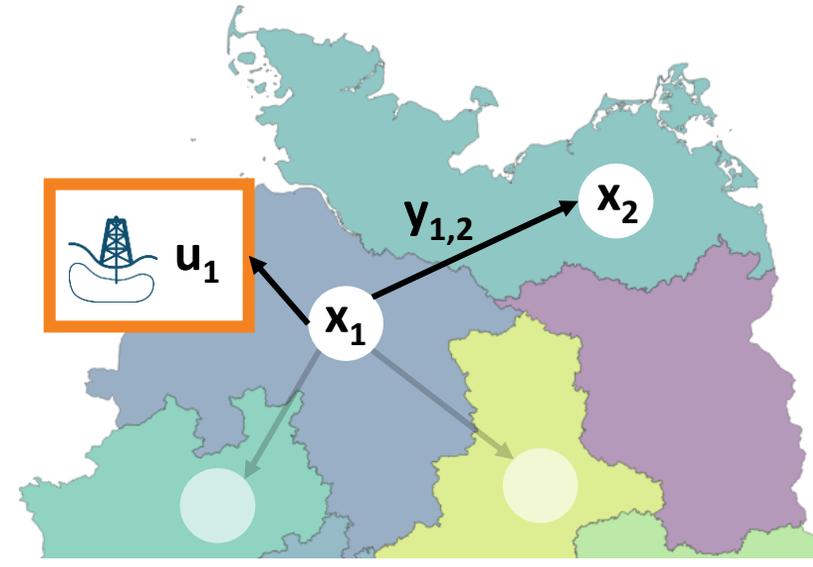
- Testen der Verbrauchsdaten von REMod im IST-Netz
- Vorgegebene Importszenarien gleichen die Gesamtbilanz im System aus
- Untergrundspeicher sind als unendliche Speicher mit Ein-und Ausspeisegrenzen (GWh/h) in der Energiebilanz

# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung: Optimierungsalgorithmus

Min 
$$\sum_{i,j=1}^n y_{i,j}$$

so dass 
$$x_i - \sum_{i,j=0}^n y_{i,j} + u_i \approx 0$$



wobei

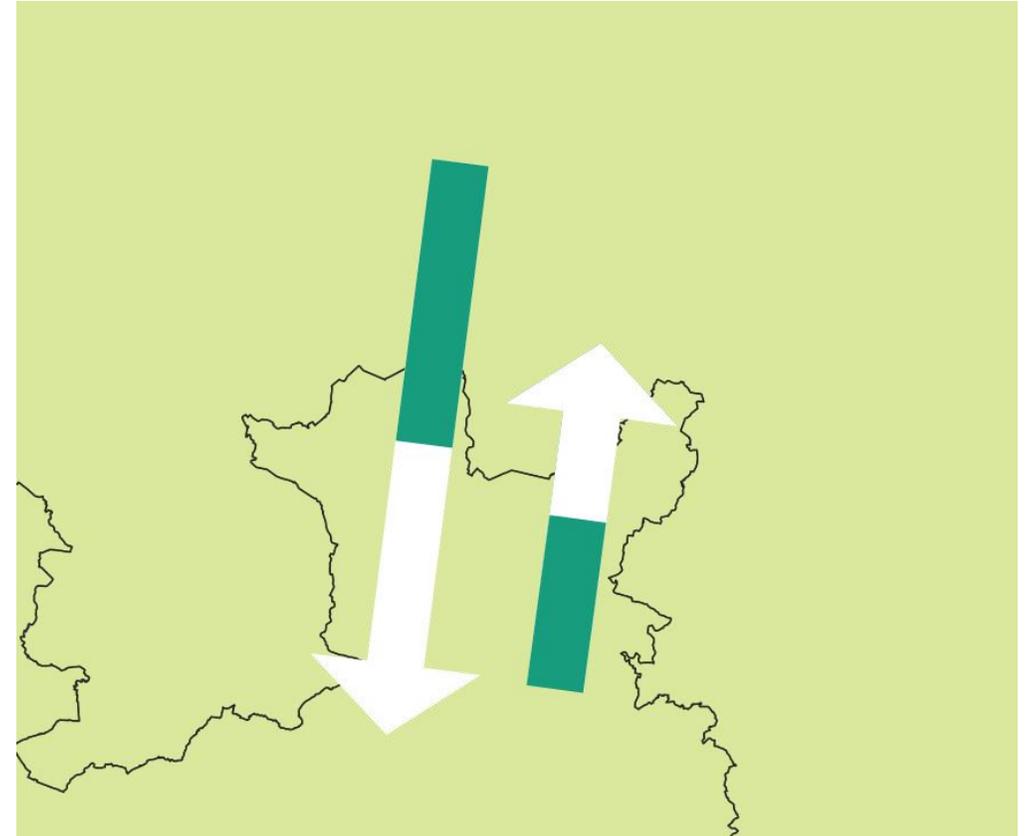
$i, j = \text{Regionen}$	$i, j \in (1, n)$	$i, j \in \mathbb{N}$
$n = \text{Anzahl der Regionen}$	$n = 10$	$n \in \mathbb{N}$
$x_i = \text{Residualgas (Überschuss, Defizit) [GWh/h]}$		$x_i \in \mathbb{R}$
$y_{i,j} = \text{Gasfluss [GWh/h]}$		$y_{i,j} \in \mathbb{R}^+$
$u_i = \text{Untergrundgasspeicher [GWh/h]}$		

# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

### Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH<sub>4</sub>-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
    - **freie Leitungskapazitäten**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**

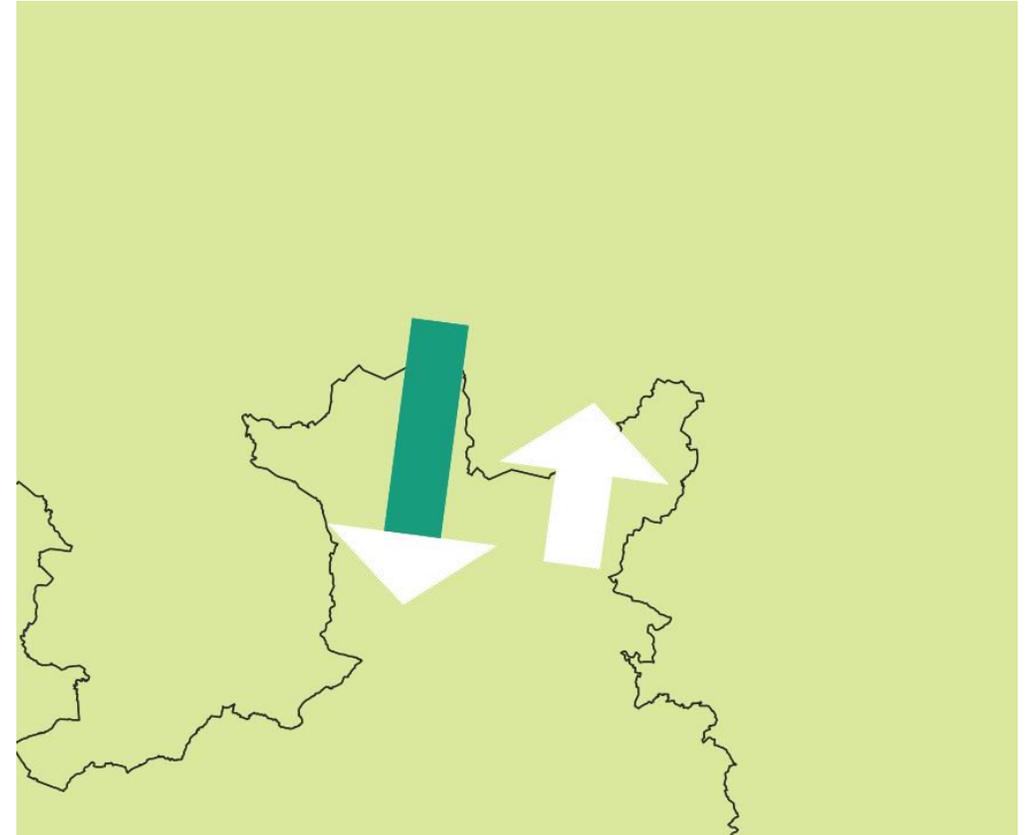


# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

### Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH<sub>4</sub>-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
    - **freie Leitungskapazitäten**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H<sub>2</sub>-Netz anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **freie Leitungskapazitäten**
    - **Umstellung reicht aus**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
    - **Umstellung auf ungerichtete Flüsse**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
    - **Ausweisen der benötigten Extrakapazitäten**

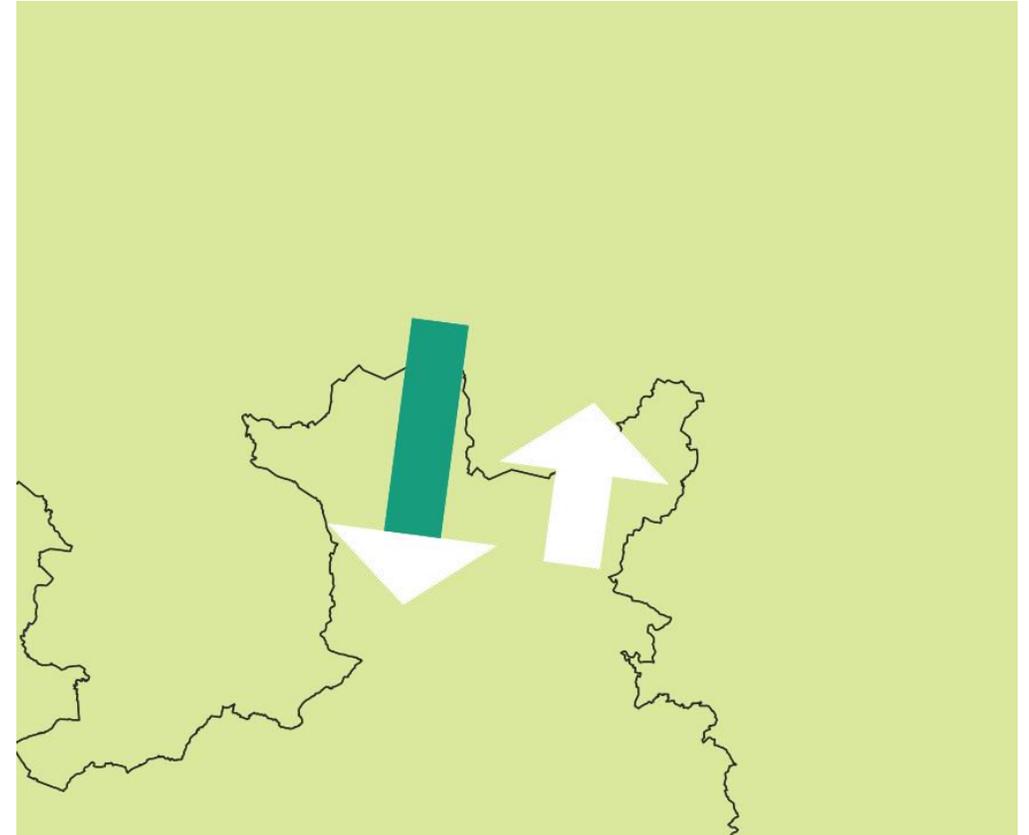


# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

### Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH<sub>4</sub>-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
    - **freie Leitungskapazitäten**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H<sub>2</sub>-Netz anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **freie Leitungskapazitäten**
    - **Umstellung reicht aus**

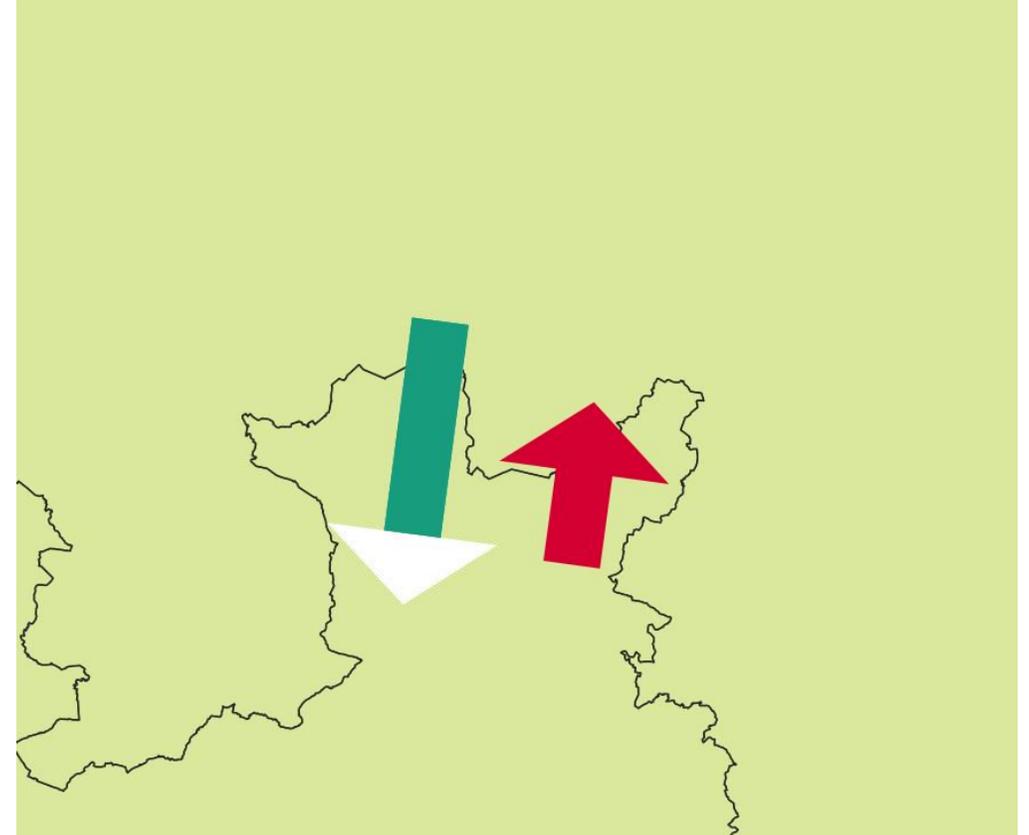


# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

### Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH<sub>4</sub>-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
    - **freie Leitungskapazitäten**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H<sub>2</sub>-Netz anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **freie Leitungskapazitäten**
    - **Umstellung reicht aus**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**

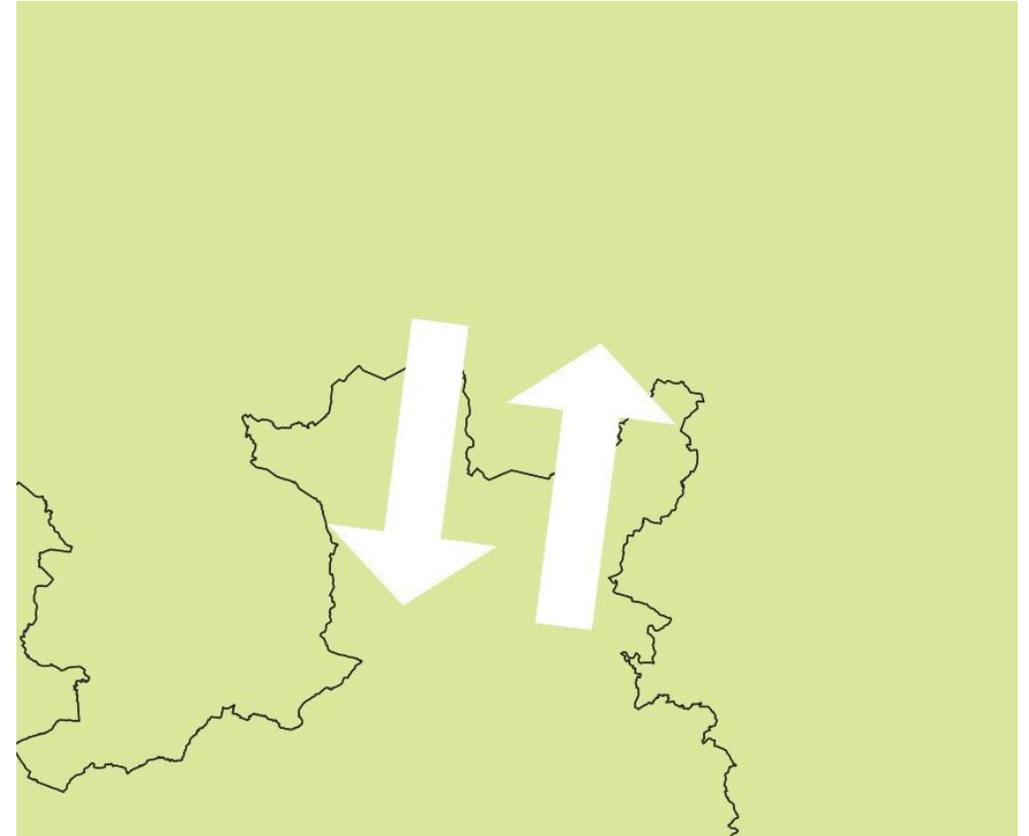


# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

### Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH<sub>4</sub>-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
    - **freie Leitungskapazitäten**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H<sub>2</sub>-Netz anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **freie Leitungskapazitäten**
    - **Umstellung reicht aus**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
    - **Umstellung auf ungerichtete Flüsse**

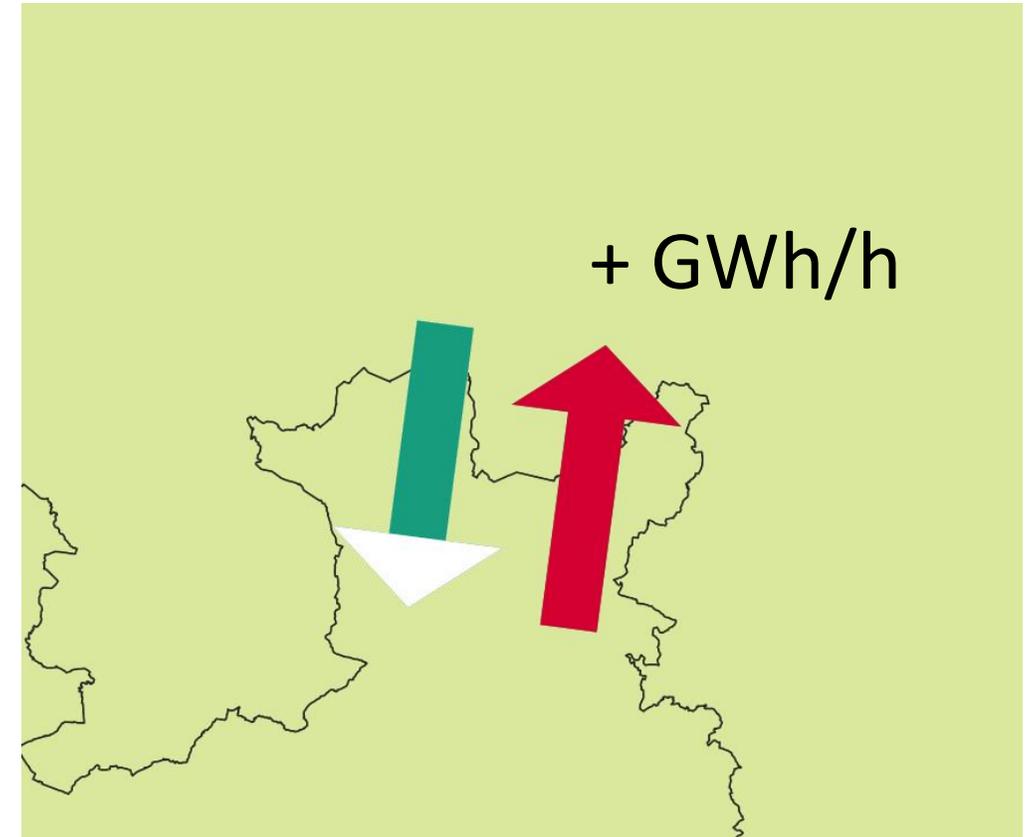


# Methodik

## Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

### Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH<sub>4</sub>-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
    - **freie Leitungskapazitäten**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H<sub>2</sub>-Netz anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
  - begrenzt durch **freie Leitungskapazitäten**
    - **Umstellung reicht aus**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
    - **Umstellung auf ungerichtete Flüsse**
    - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
    - **Ausweisen der benötigten Extrakapazitäten**



# Inhalt

1

Forschungsfrage

2

**Methodik**  
vom CH<sub>4</sub>-IST-Netz zum CH<sub>4</sub>- und H<sub>2</sub>-Netz 2045  
Modellaufbau

3

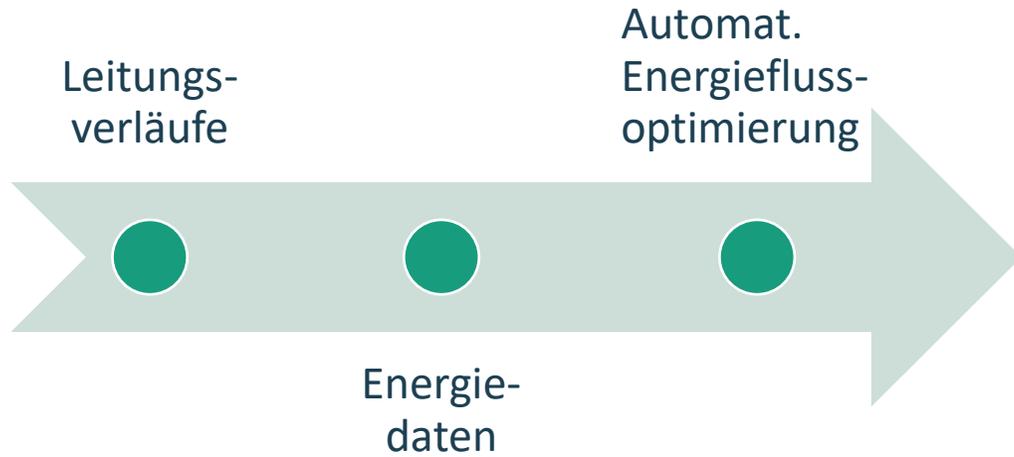
**Ergebnisse**  
Entwicklung des Kapazitäts- und Ausbaubedarfs  
zwischen den Bundesländern/Regionen bis 2045

4

Zusammenfassung und Ausblick

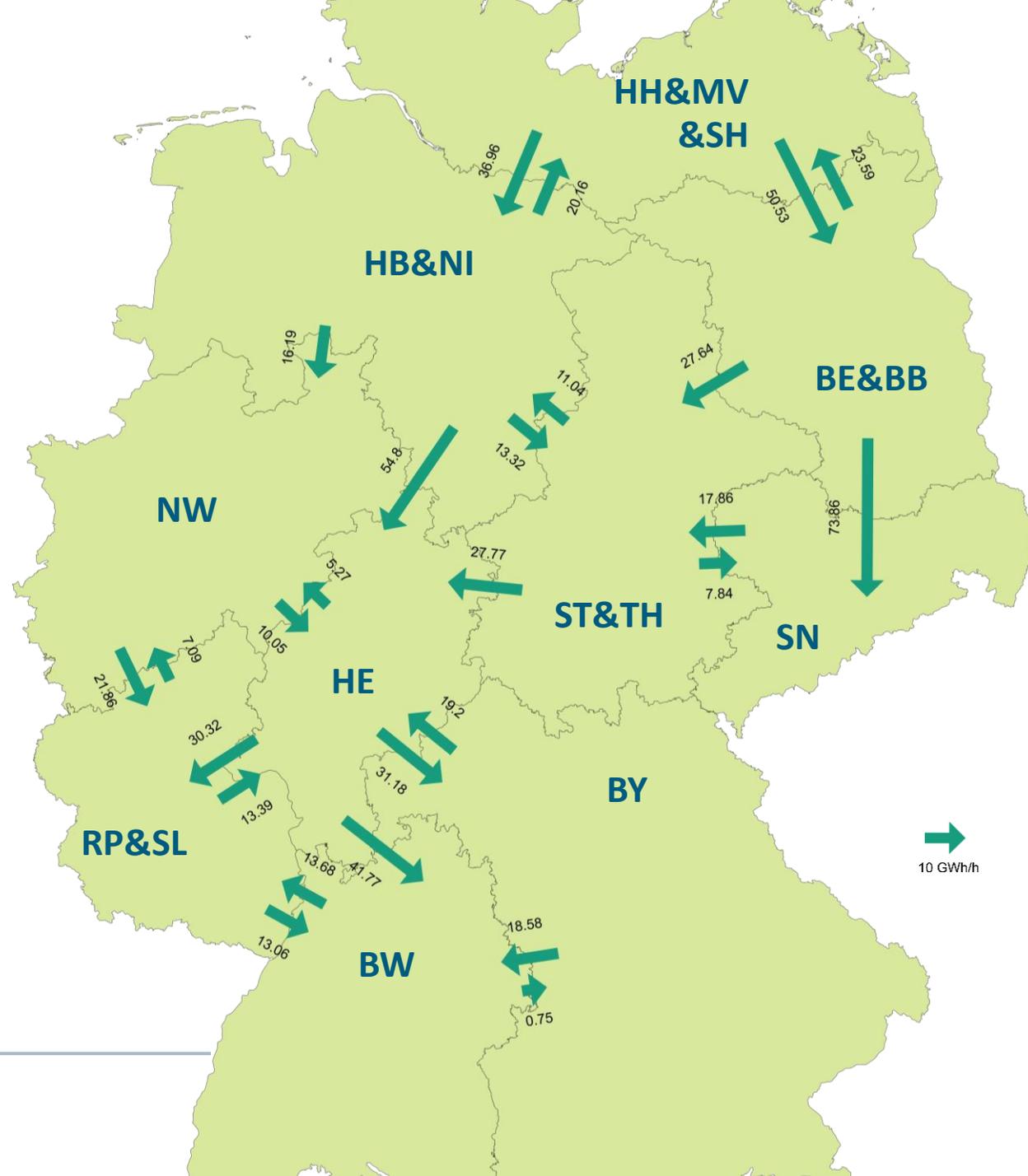
# Ergebnisse

## CH<sub>4</sub>-Netz – Status Quo



## Erdgas Transportkapazitäten 2019

- Die größten Gastransportkapazitäten bestehen für den Transport von Nord nach Süd und von Ost nach West



# Ergebnisse

## Umfragen Gasnetze Entry-Flüsse

---

Über welches Bundesland kommt derzeit die größte Gasmenge nach Deutschland?

# Ergebnisse

## CH<sub>4</sub>-Netz – Vergleich Status Quo und Szenario

### Entwicklung des jährlichen Methanbedarfs und der Methanbereitstellung

- Der Methanbedarf geht deutlich zurück
- Die Inlandsproduktion übersteigt den Bedarf 2045

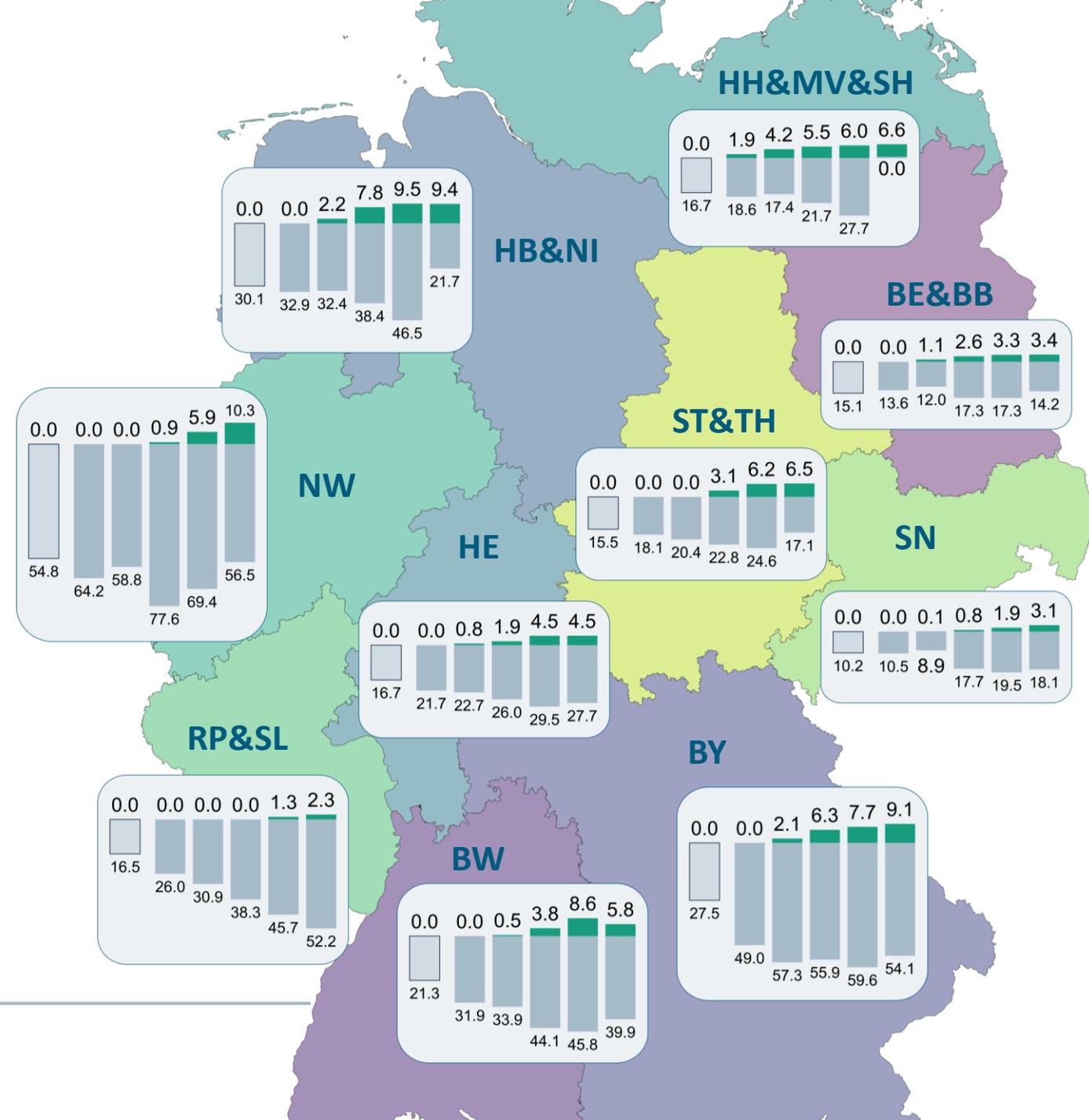
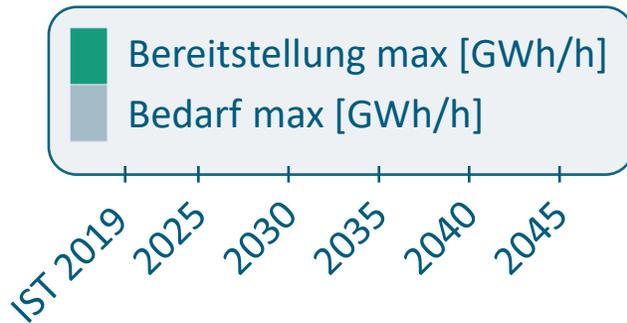


# Ergebnisse

## CH<sub>4</sub>-Netz – Bereitstellung und Bedarf

### Entwicklung der Lastspitzen

- Die Lastspitzen im Szenario sind in der Regel höher als bei den Status Quo Daten
- Die Lastspitzen reduzieren sich nicht trotz geringerer jährlicher Gasmengen



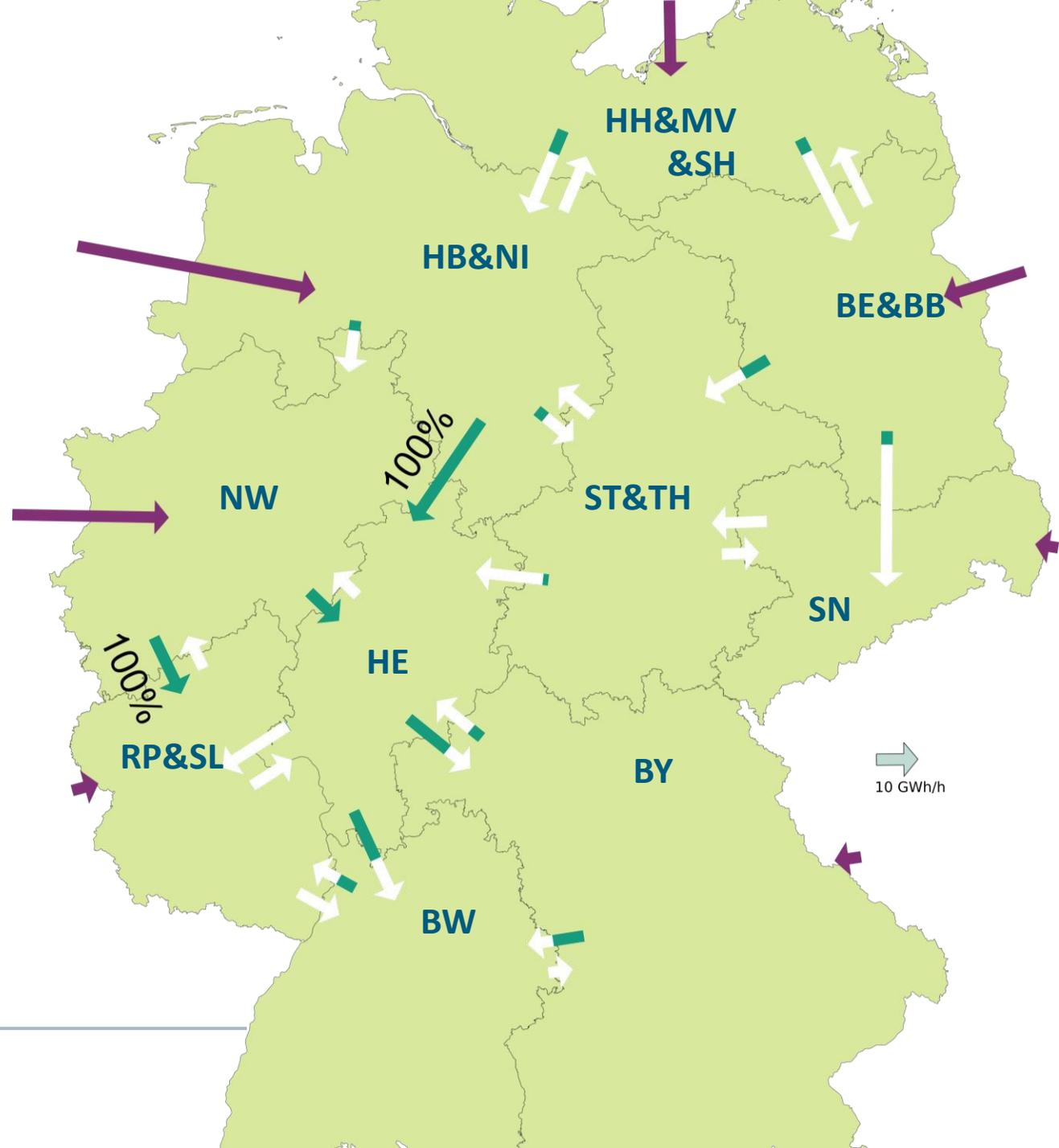
# Ergebnisse

## CH<sub>4</sub>-Netz – Transportkapazitäten

### Netzauslastung 2025

- volle Auslastung der Transportkapazitäten
  - HB&NI – HE
  - NW – RP&SL
- sonst freie Transportkapazitäten

- maximaler Import
- freie Kapazität
- maximal Auslastung
- Überlast



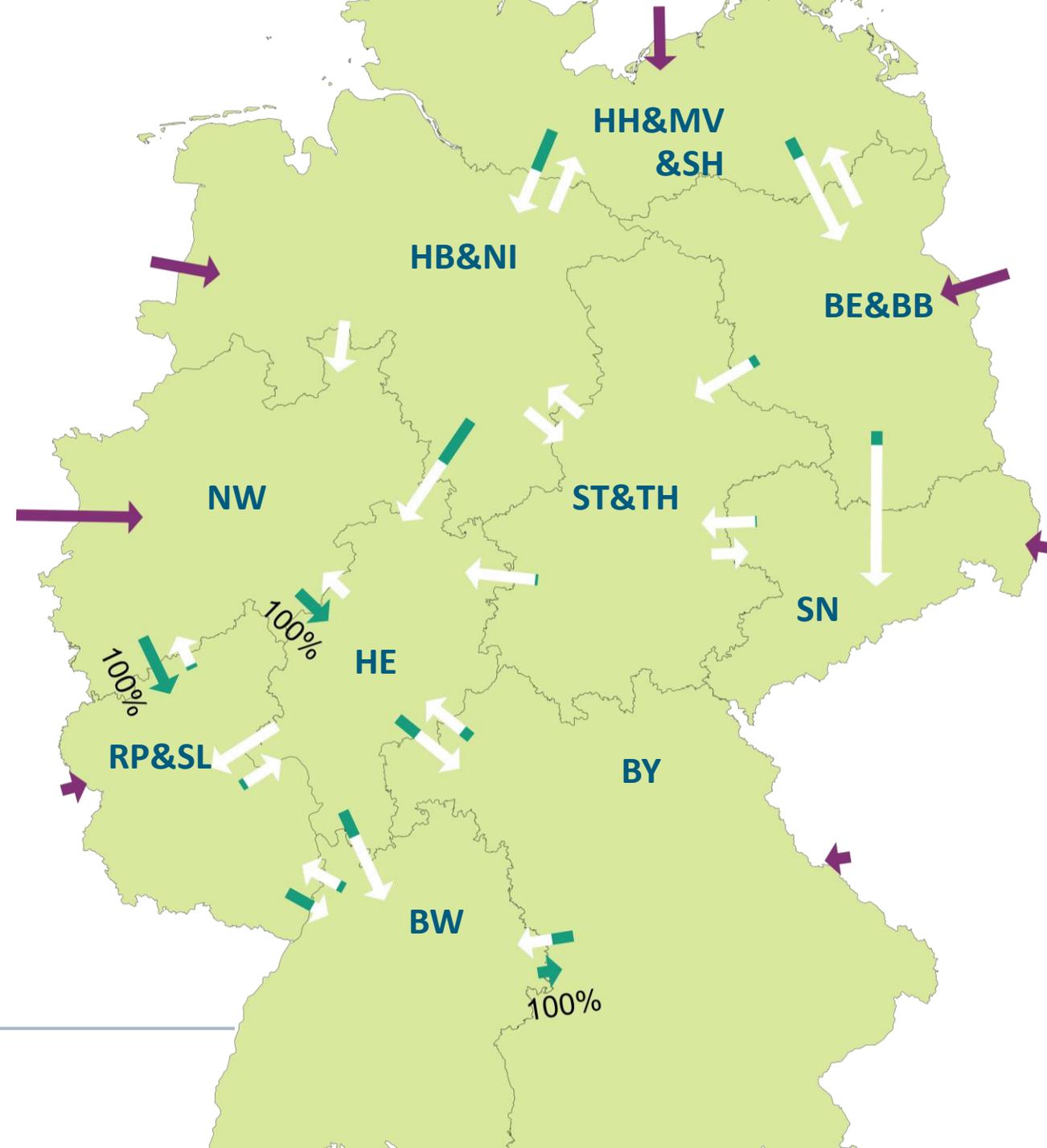
# Ergebnisse

## CH<sub>4</sub>-Netz – Transportkapazitäten

### Netzauslastung 2045

- volle Auslastung der Transportkapazitäten
  - NW – HE
  - NW – RP&SL
  - BW – BY
- sonst freie Transportkapazitäten

- maximaler Import
- freie Kapazität
- maximal Auslastung
- Überlast



# Ergebnisse

## H<sub>2</sub>-Netz – Vergleich Status Quo und Szenario

### Entwicklung des jährlichen Wasserstoffbedarfs und der Wasserstoffbereitstellung

- der Wasserstoffbedarf steigt exponentiell
- 2045 muss weiter Wasserstoff importiert werden um den Bedarf zu decken

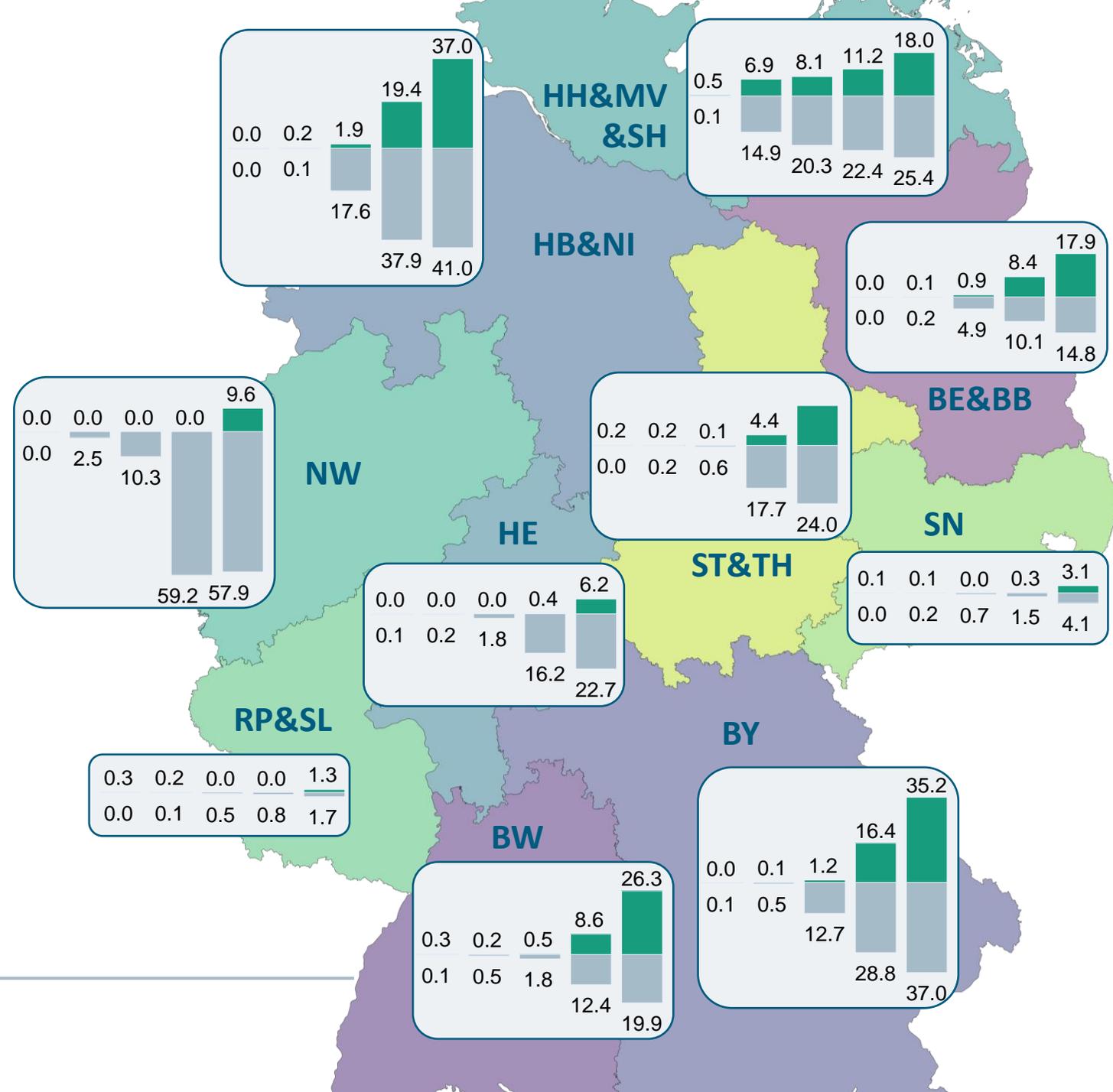
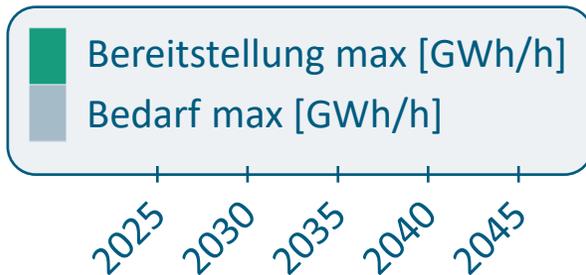


# Ergebnisse

## H<sub>2</sub>-Netz – Bereitstellung und Bedarf

### Entwicklung der Lastspitzen

- Große regionale Unterschiede bei der Entwicklung
- Exponentieller Anstieg der Lastspitzen in einigen Regionen



# Ergebnisse

## H<sub>2</sub>-Netz – Transportkapazitäten

### Netzauslastung 2030

- Freie CH<sub>4</sub>-Transportkapazitäten sind ausreichend für Aufbau eines H<sub>2</sub>-Netzes

- maximaler Import
- freie Kapazität
- maximal Auslastung
- Überlast



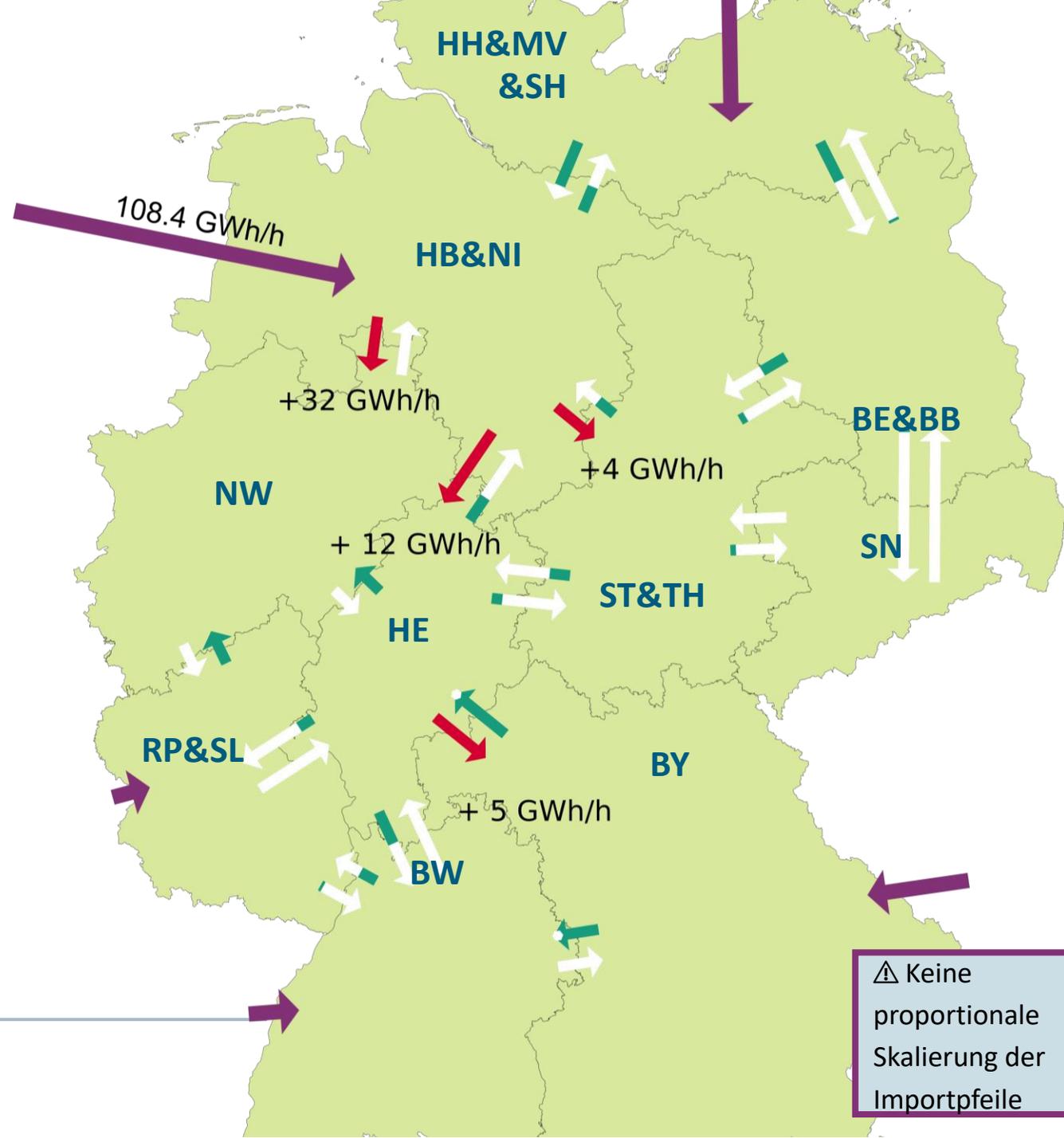
# Ergebnisse

## H<sub>2</sub>-Netz – Transportkapazitäten

### Netzauslastung 2045

- Neben Nutzung der freien CH<sub>4</sub>-Transportkapazitäten müssen weitere Kapazitäten für das H<sub>2</sub>-Netz geschaffen werden
- HB&NI – NW, HB&NI – HE, HB&NI – ST&TH
- HE – BY

- maximaler Import
- freie Kapazität
- maximal Auslastung
- Überlast



# Inhalt

1

Forschungsfrage

2

**Methodik**  
vom CH<sub>4</sub>-IST-Netz zum CH<sub>4</sub>- und H<sub>2</sub>-Netz 2045  
Modellaufbau

3

**Ergebnisse**  
Entwicklung des Kapazitäts- und Ausbaubedarfs  
zwischen den Bundesländern/Regionen bis 2045

4

**Zusammenfassung und Ausblick**

# Fazit und Ausblick

## Gasnetz

---

- Das CH<sub>4</sub>-Netz reicht aus um die Bedarfe des REMod-Szenarios zu erfüllen
- Aufgrund der großen Transportkapazitäten und Speicherleistung im **Nord-Westen** können genügend Kapazitäten für **Wasserstoff** durch **Umstellung** von Erdgaspipelines bereitgestellt werden
- Im Hauptimportland Niedersachsen ist zusätzlich zur Umstellung von CH<sub>4</sub>-Leitungen **H<sub>2</sub>-Netzausbau notwendig**
- Im **Süden** müssen **neue Leitungen** für **Wasserstoff** gebaut werden um das Netz zu stabilisieren
  
- **Ausblick:** Betrachtung der Infrastruktur von gasförmigen Energieträgern (UGS, Pipelines) beim Ausbau von Gasturbinen, um die Lastspitzen des Transports zu verringern
  - Vergleich Stromnetzoptimierung

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit

---



# Kontakt

---

M.Sc. Carla Rau  
Projektingenieurin für Netzprojekte  
Tel. +49 341 2457-158  
[carla.rau@dbi-gruppe.de](mailto:carla.rau@dbi-gruppe.de)

M.Eng. Michael Wupperfeld  
Projektleiter für Netzprojekte  
Tel. +49 341 2457-154  
[michael.wupperfeld@dbi-gruppe.de](mailto:michael.wupperfeld@dbi-gruppe.de)

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH  
Karl-Heine-Straße 109/111  
04229 Leipzig  
[www.dbi-gruppe.de](http://www.dbi-gruppe.de)