



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 CH₄-IST-Netz zum CH₄- und H₂-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 CH₄-IST-Netz zum CH₄- und H₂-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 (CH₄) zwischen den Regionen Transportkapazitäten frei, um Leitungen auf Wasserstoff (H₂) umzustellen?
- Reichen die freiwerdenden Transportkapazitäten für den Aufbau eines H₂-Netzes aus oder müssen zusätzliche Transportkapazitäten (Infrastrukturausbau) geschaffen werden?

Inhalt

1

Forschungsfrage

2

Methodik
vom CH₄-IST-Netz zum CH₄- und H₂-Netz 2045
Modellaufbau

3

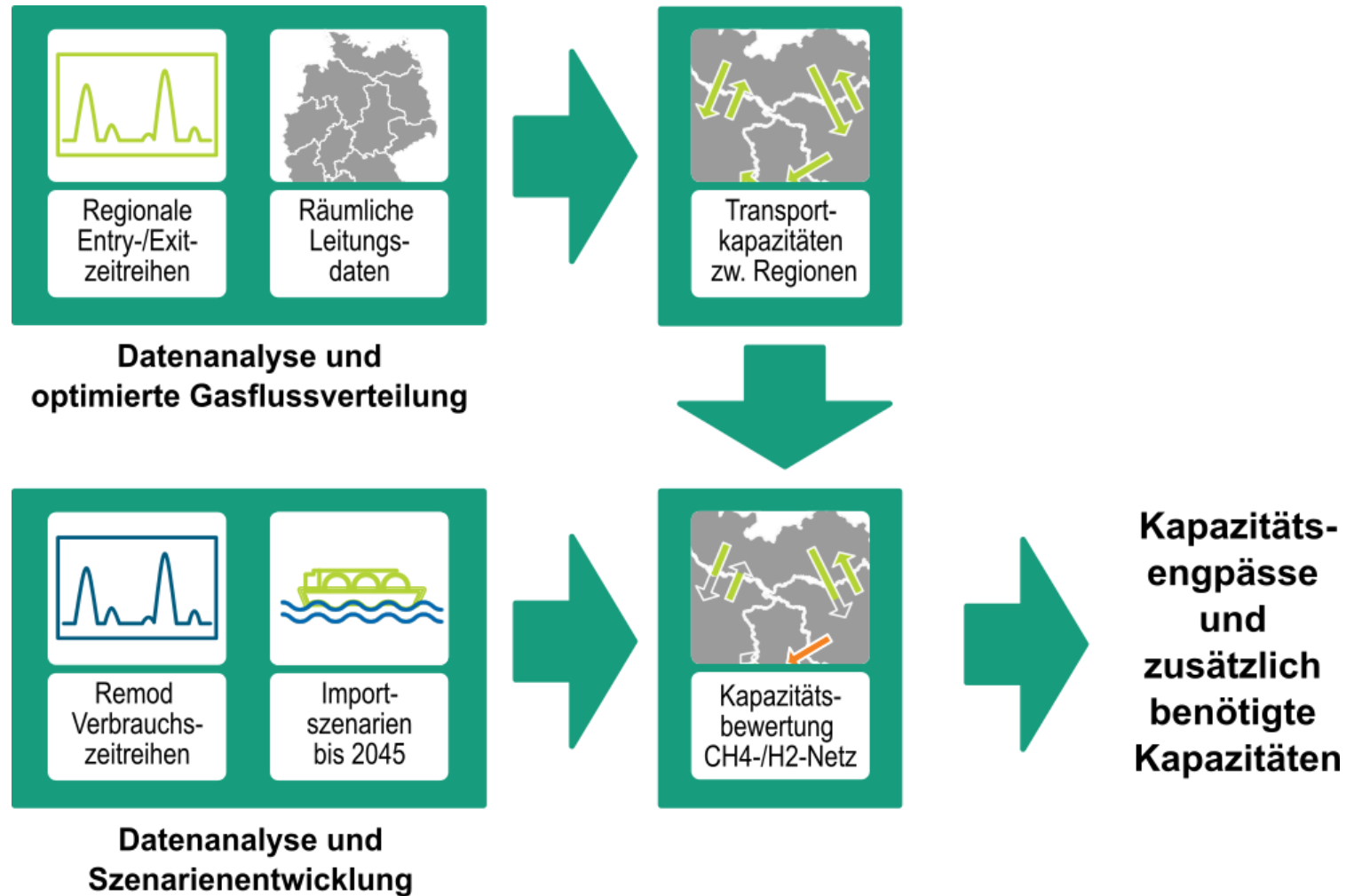
Ergebnisse
Entwicklung des Kapazitäts- und Ausbaubedarfs
zwischen den Bundesländern/Regionen bis 2045

4

Zusammenfassung und Ausblick

Methodik

Gastransportnetzmodell – Grundidee



Methodik

Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

IST-Netz

- Aufbau IST-Netz = „CH₄-Netz“ (Datenstand 2019)
- Berechnung der Gasflüsse zwischen den Regionen mittels optimierter Gasflussverteilung
→ maximale Flusswerte $\hat{=}$ **IST-Leitungskapazitäten** zwischen den Regionen

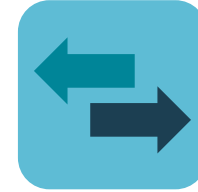
Methodik

Gastransportnetzmodell – Eingangsdaten IST-Netz

IST-Netzbilanz

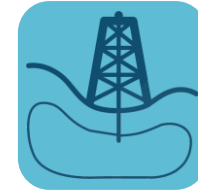
- Entry- und Exit-Flussdaten (Zeitreihen)
 - regionaler Gasüberschuss
 - regionales Gasdefizit
- **Ausgleichsflüsse**

Grenzübergangspunkte (GÜP)



ENTRY
EXIT

Untergrundgaspeicher (UGS)



ENTRY
EXIT

Gasverteilnetze



EXIT

Gaskraftwerke



EXIT

Großindustrie








EXIT

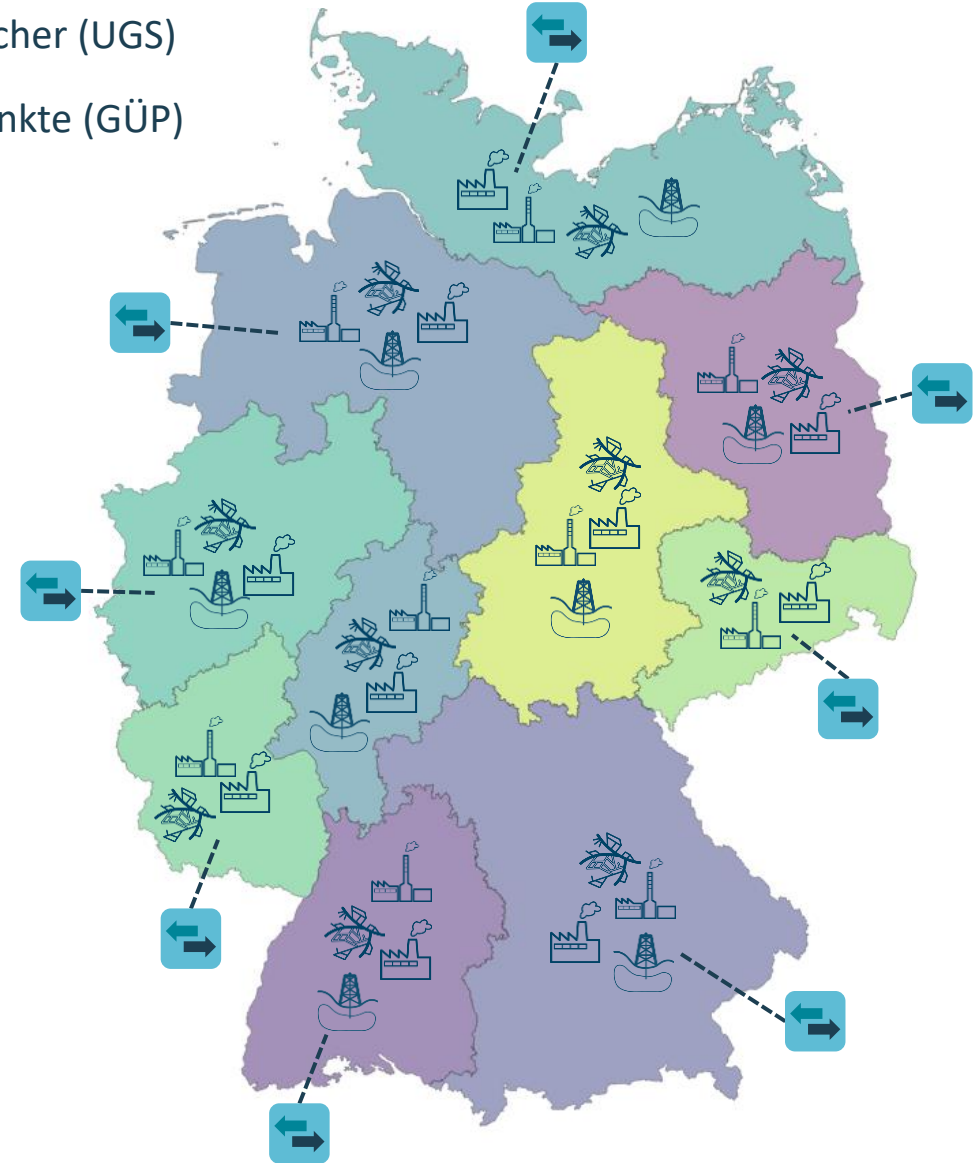
Methodik

Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

IST-Netz = „CH₄-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten

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



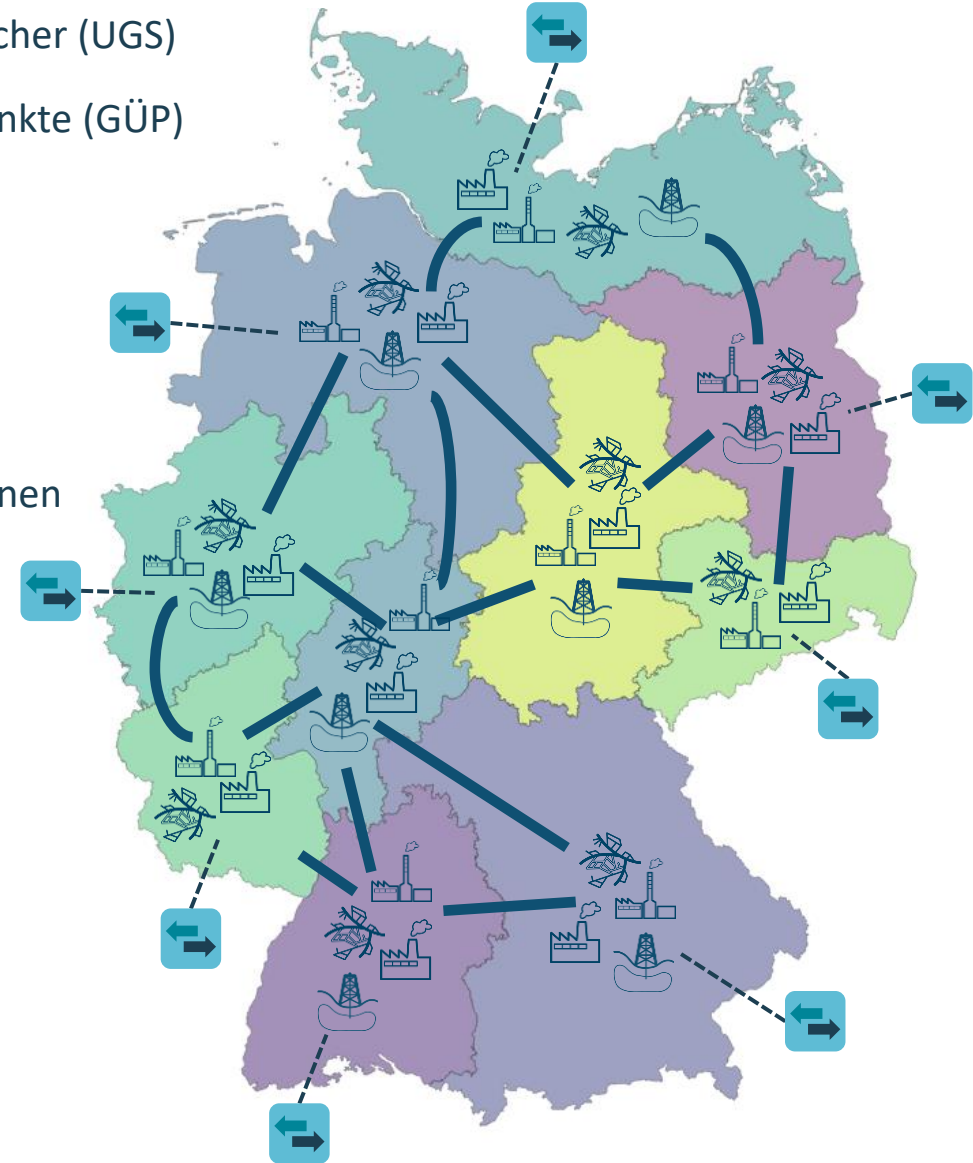
Methodik

Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

IST-Netz = „CH₄-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten

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



Methodik

Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

IST-Netz = „CH₄-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten



Untergrundgasspeicher (UGS)



Grenzübergangspunkte (GÜP)



Gasverteilnetze



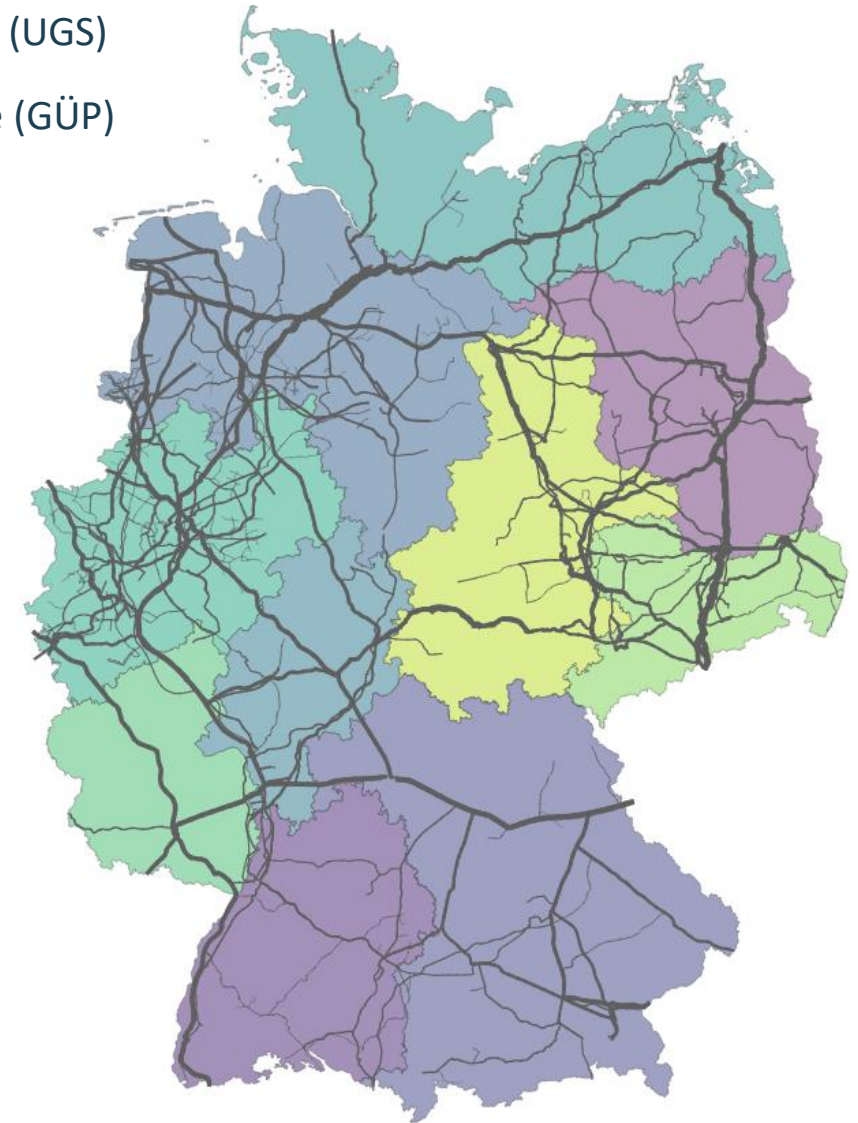
Gaskraftwerke



Großindustrie



Leitungsinformationen



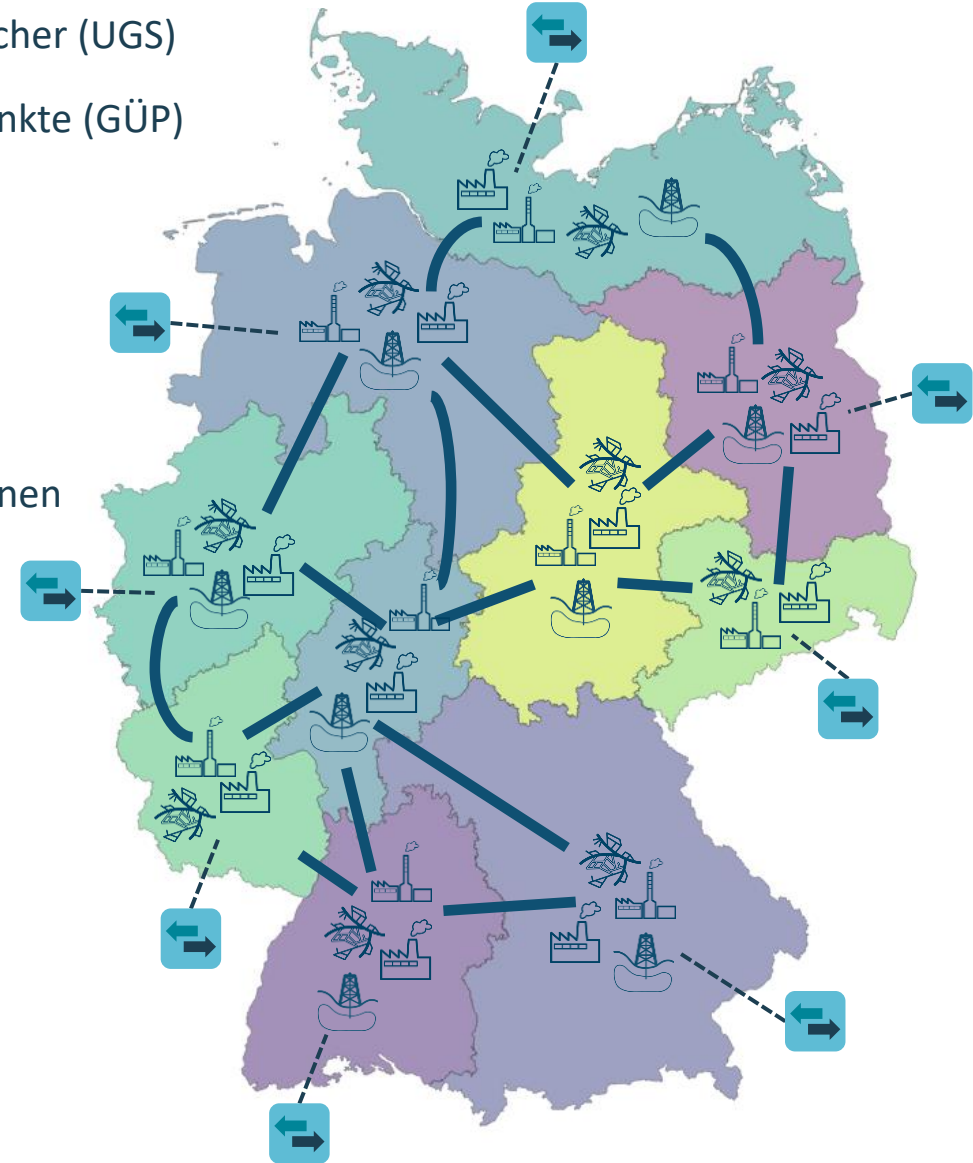
Methodik

Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

IST-Netz = „CH₄-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten

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



Methodik

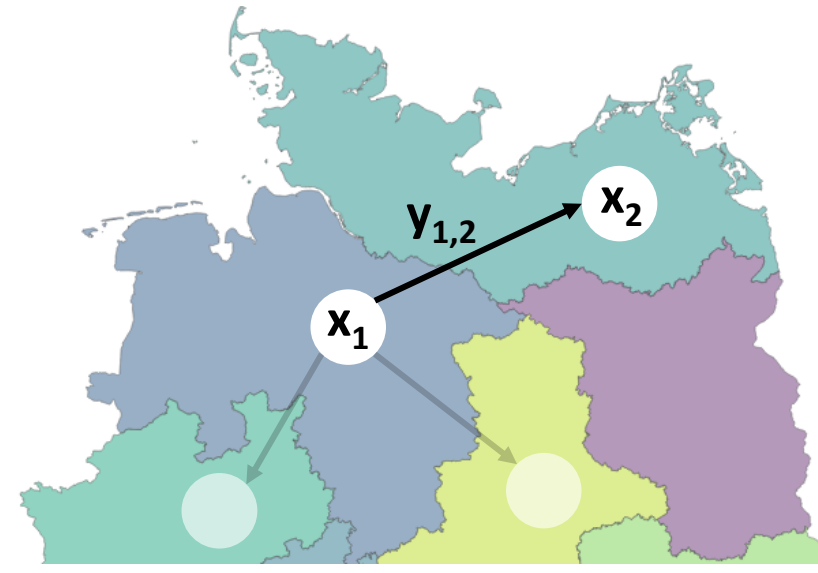
Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz: Optimierungsalgorithmus

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

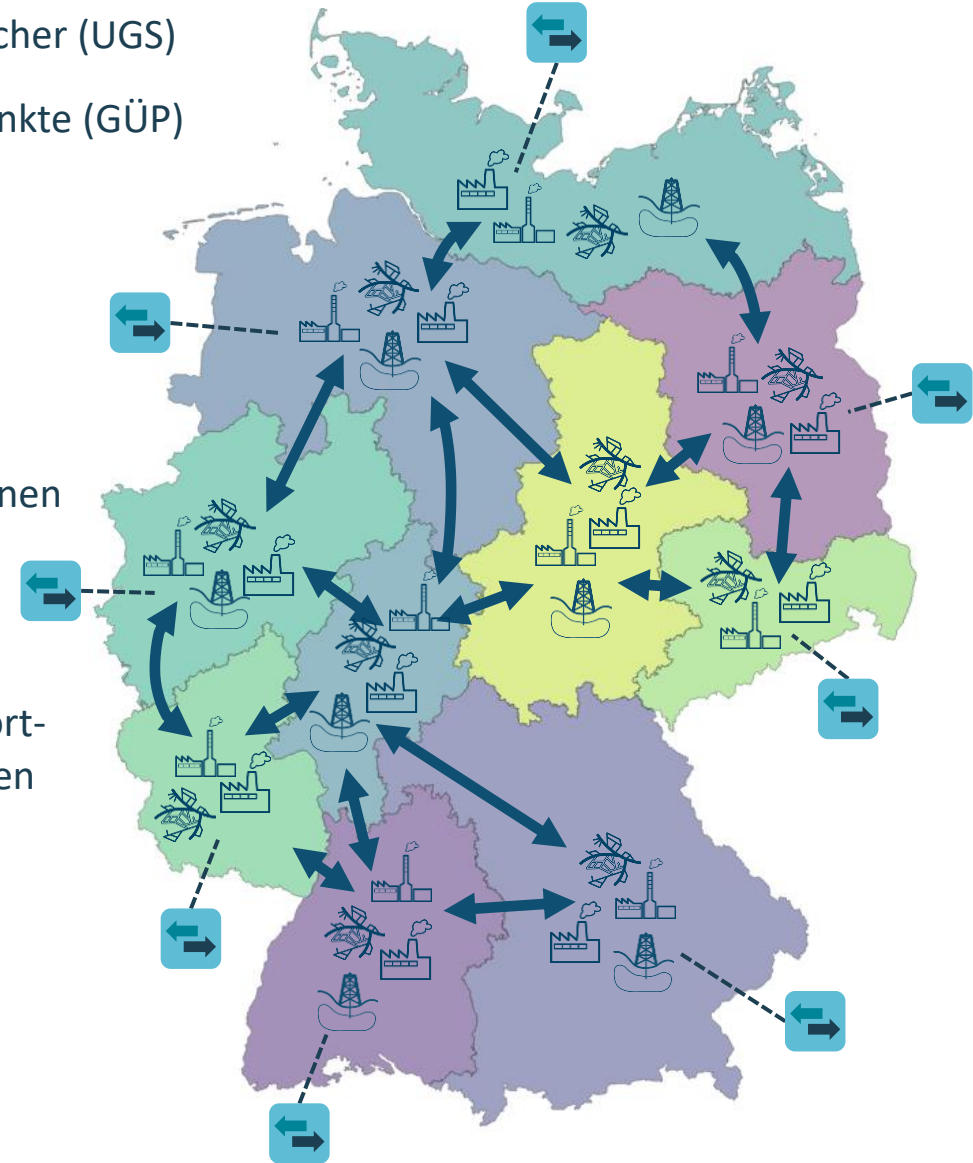
Gastransportnetzmodell – Aufbau IST-Netz

IST-Netz = „CH₄-Netz“ (Datenstand 2019)

- Eingangsdaten
- Modellergebnis

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

 Gasflüsse / Transportkapazitäten zwischen den Regionen



Methodik

Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

Zukunftsbetrachtung

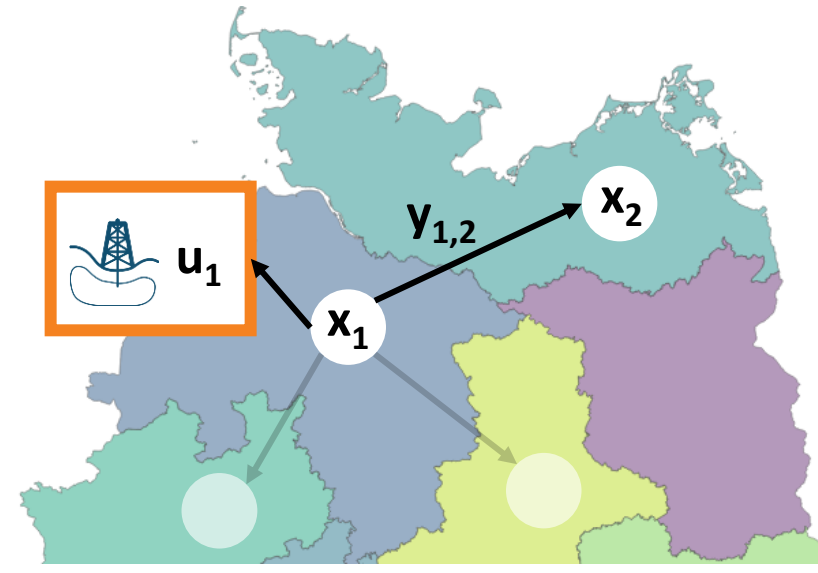
- Testen der Verbrauchsdaten von REMod im IST-Netz
- Vorgegebene Importszenarien gleichen die Gesamtbilanz im System aus
- Untergrundspeicher sind als unendliche Speicher mit Ein-und Ausspeisegrenzen (GWh/h) in der Energiebilanz

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

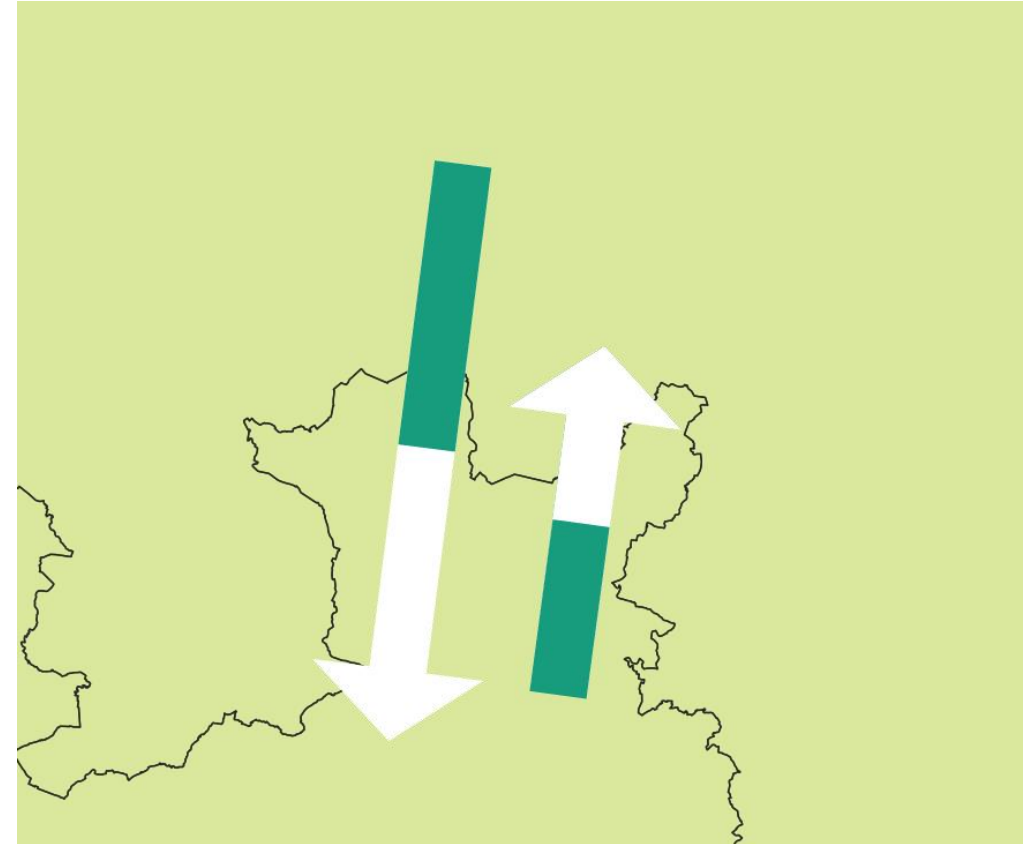
$i, j = \text{Regionen}$	$i, j \in (1, n)$	$i, j \in \mathbb{N}$
$n = \text{Anzahl der Regionen}$	$n = 10$	$n \in \mathbb{N}$
$x_i = \text{Residualgas (Überschuss, Defizit) [GWh/h]}$		$x_i \in \mathbb{R}$
$y_{i,j} = \text{Gasfluss [GWh/h]}$		$y_{i,j} \in \mathbb{R}^+$
$u_i = \text{Untergrundgasspeicher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

Methodik

Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH₄-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
 - **freie Leitungskapazitäten**
 - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**

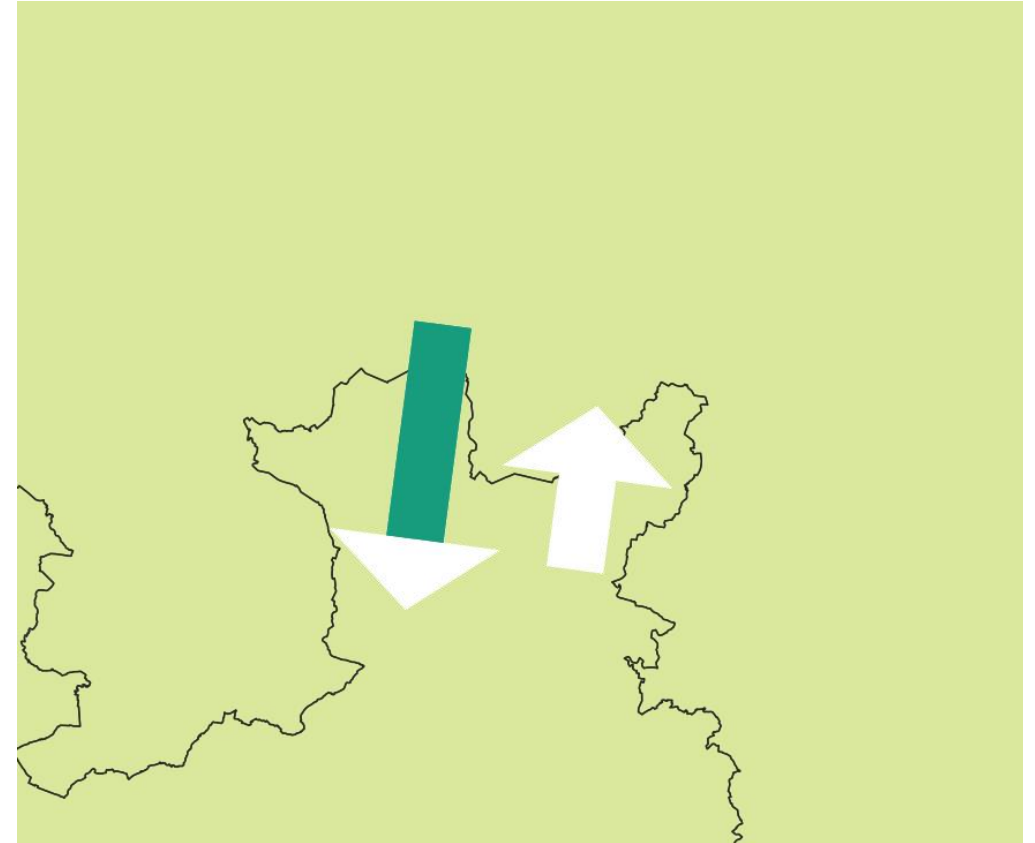


Methodik

Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH₄-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
 - **freie Leitungskapazitäten**
 - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H₂-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**

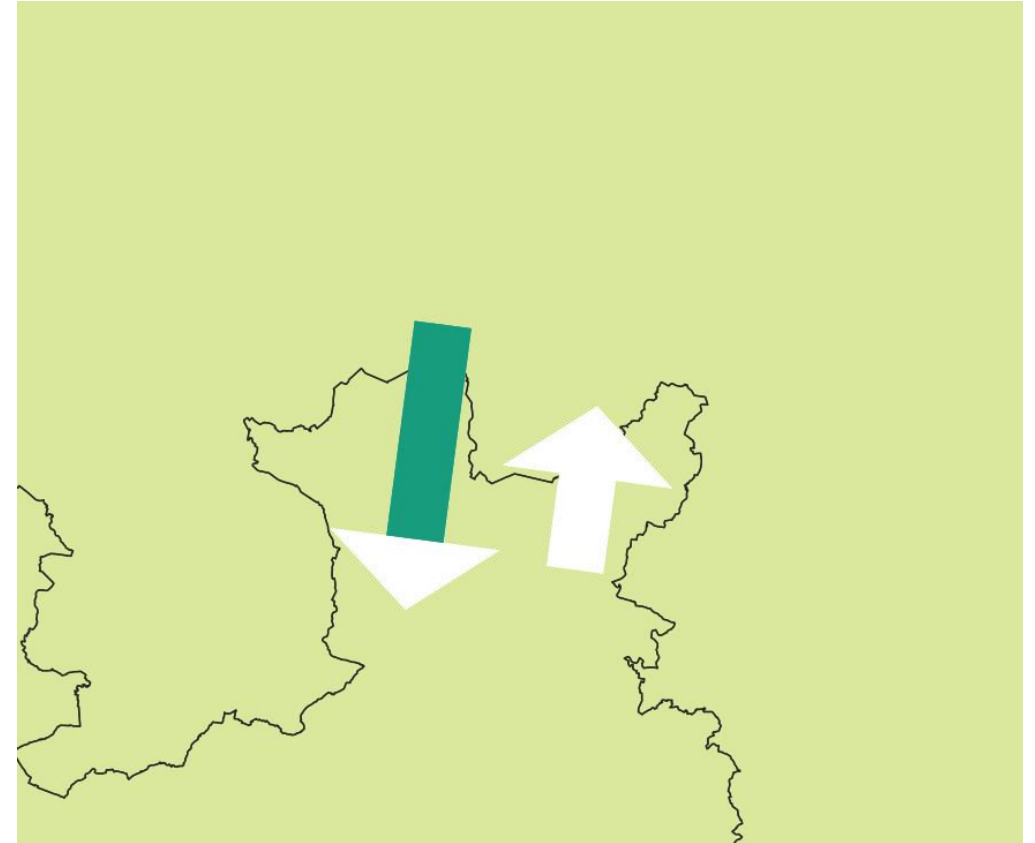


Methodik

Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH₄-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
 - **freie Leitungskapazitäten**
 - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H₂-Netz anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **freie Leitungskapazitäten**
 - **Umstellung reicht aus**

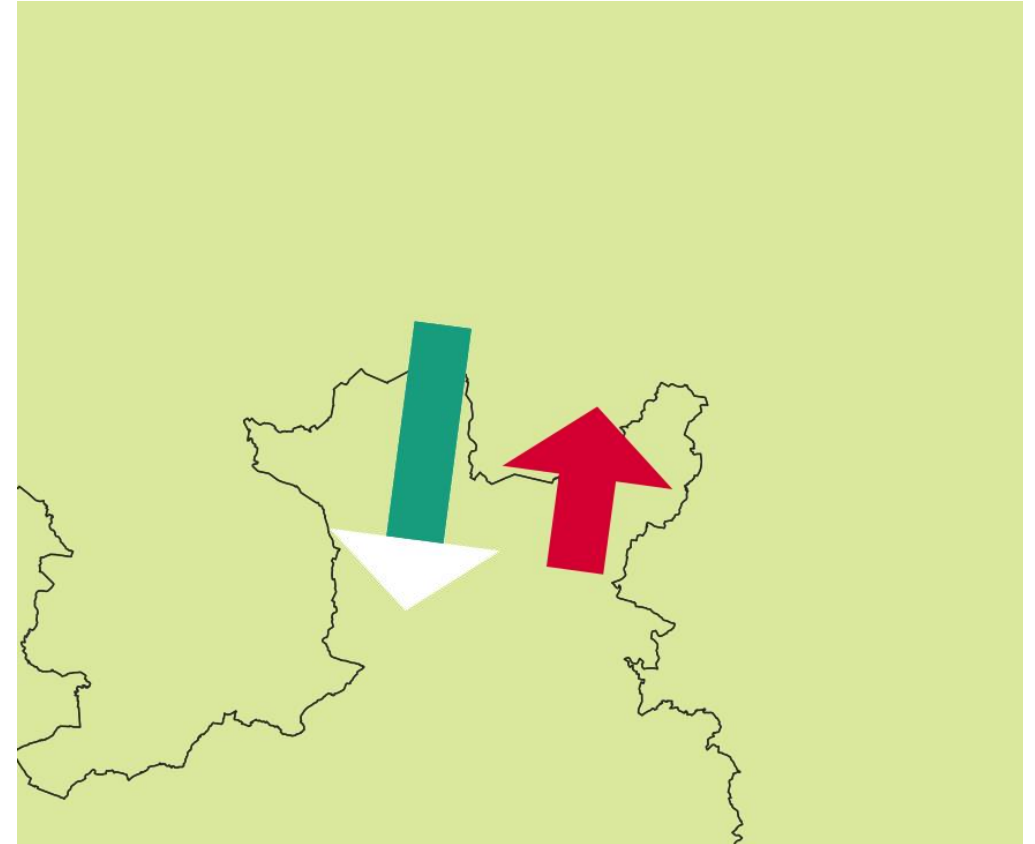


Methodik

Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH₄-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
 - **freie Leitungskapazitäten**
 - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H₂-Netz anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **freie Leitungskapazitäten**
 - **Umstellung reicht aus**
 - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**

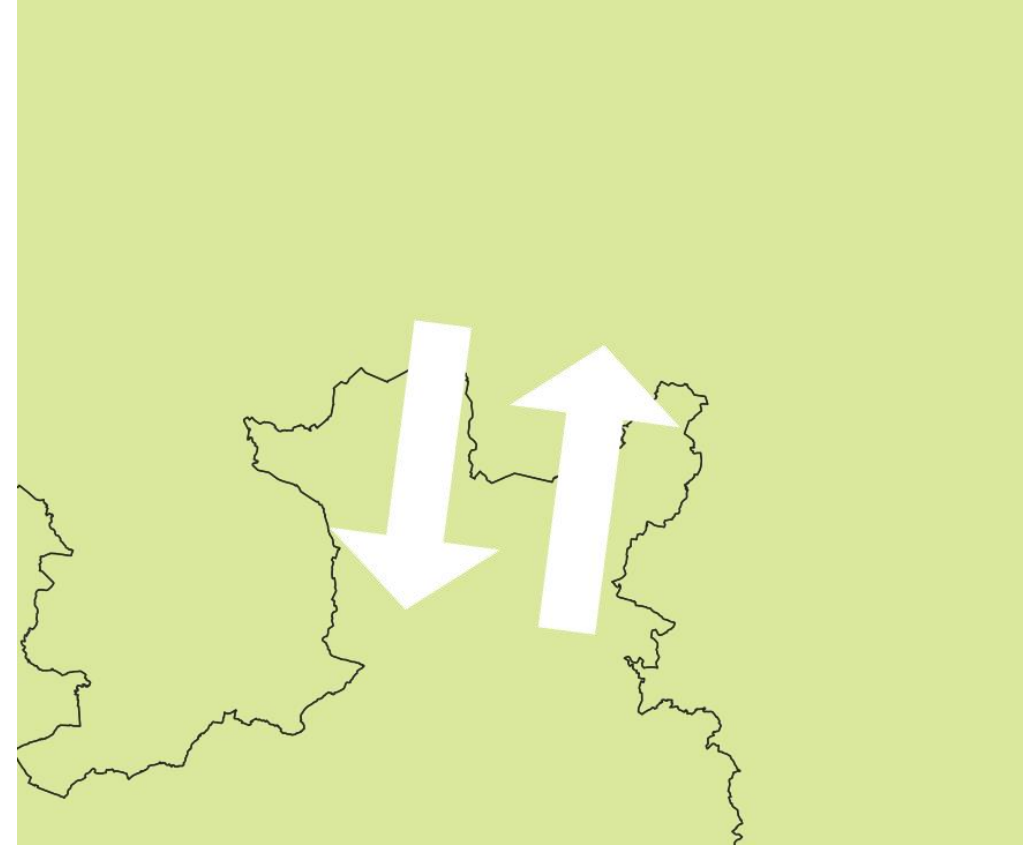


Methodik

Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH₄-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
 - **freie Leitungskapazitäten**
 - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H₂-Netz anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **freie Leitungskapazitäten**
 - **Umstellung reicht aus**
 - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
 - **Umstellung auf ungerichtete Flüsse**

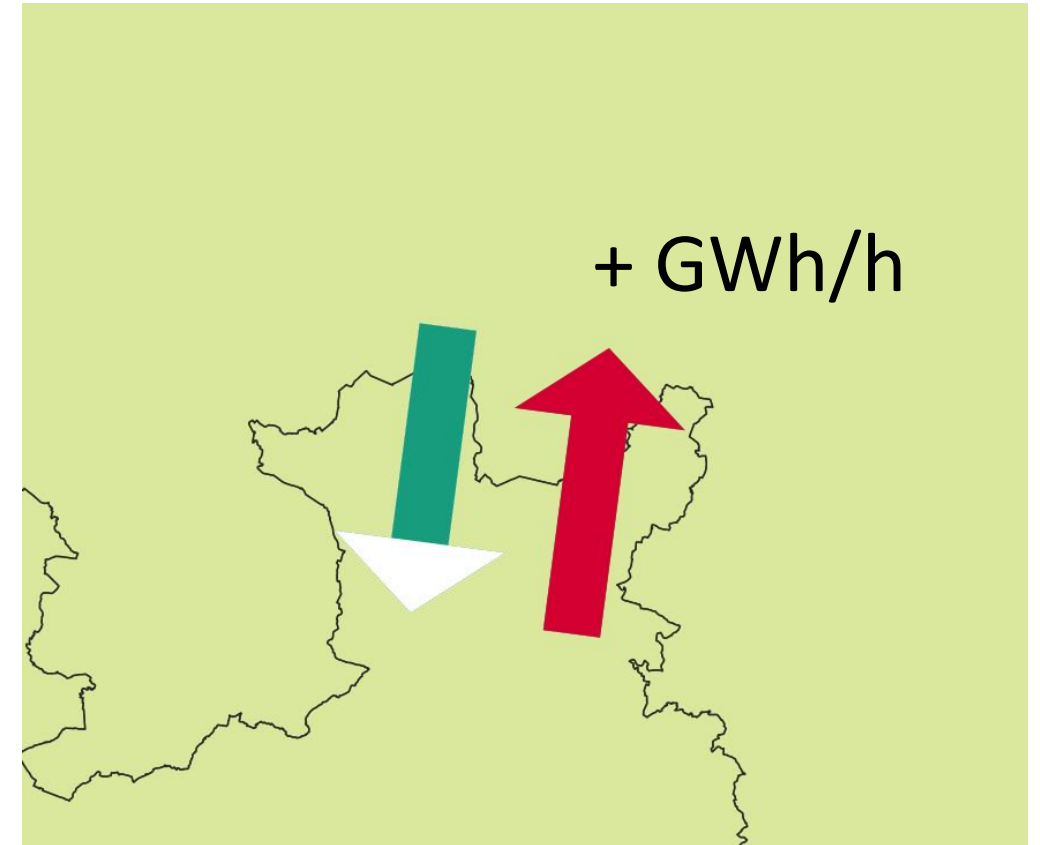


Methodik

Gastransportnetzmodell – Zukunftsbetrachtung

Zukunftsbetrachtung

- Berechnung der Gasflüsse des CH₄-Netzes anhand der Eingangsdaten von Fraunhofer ISE
 - begrenzt durch **IST-Leitungskapazitäten**
 - **freie Leitungskapazitäten**
 - **Überschreiten der Leitungskapazitäten**
- Berechnung des H₂-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 CH₄-IST-Netz zum CH₄- und H₂-Netz 2045
Modellaufbau

3

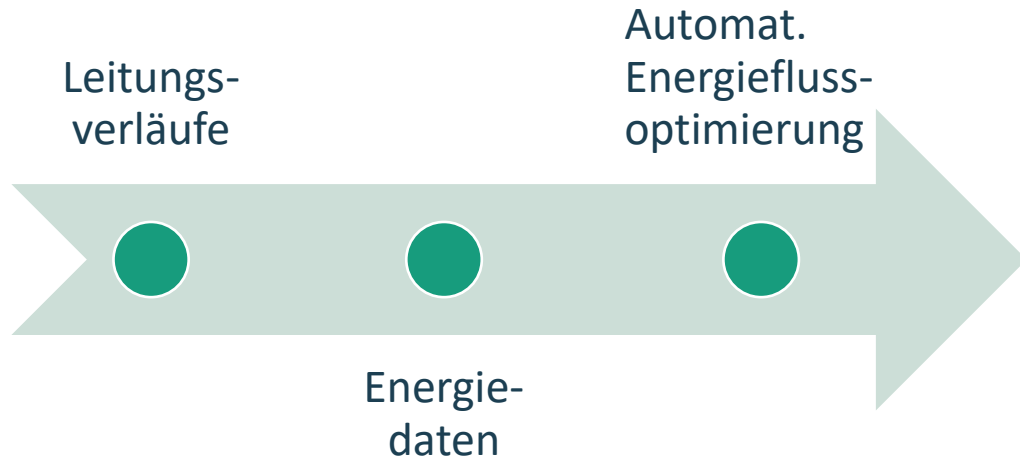
Ergebnisse
Entwicklung des Kapazitäts- und Ausbaubedarfs
zwischen den Bundesländern/Regionen bis 2045

4

Zusammenfassung und Ausblick

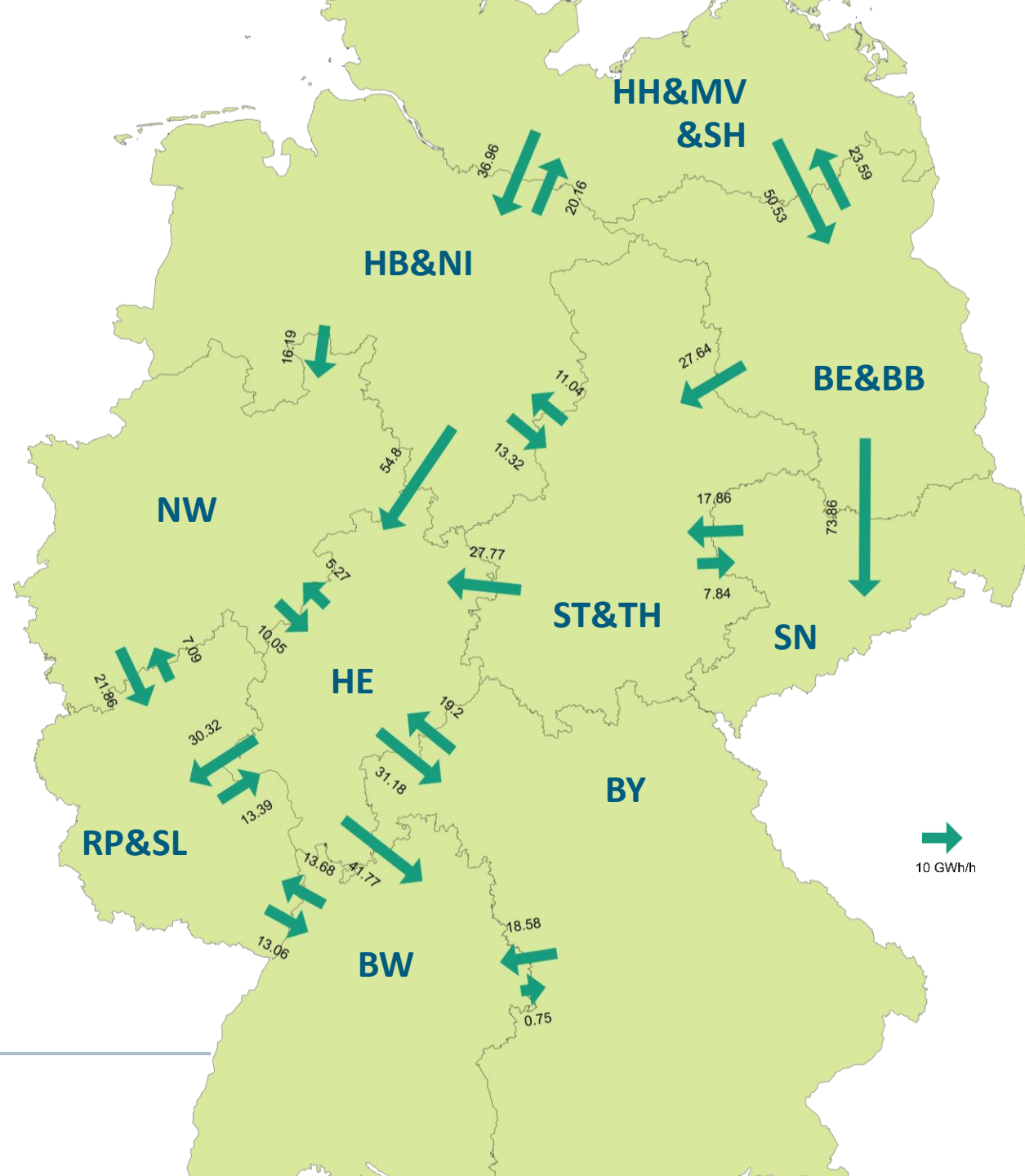
Ergebnisse

CH₄-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

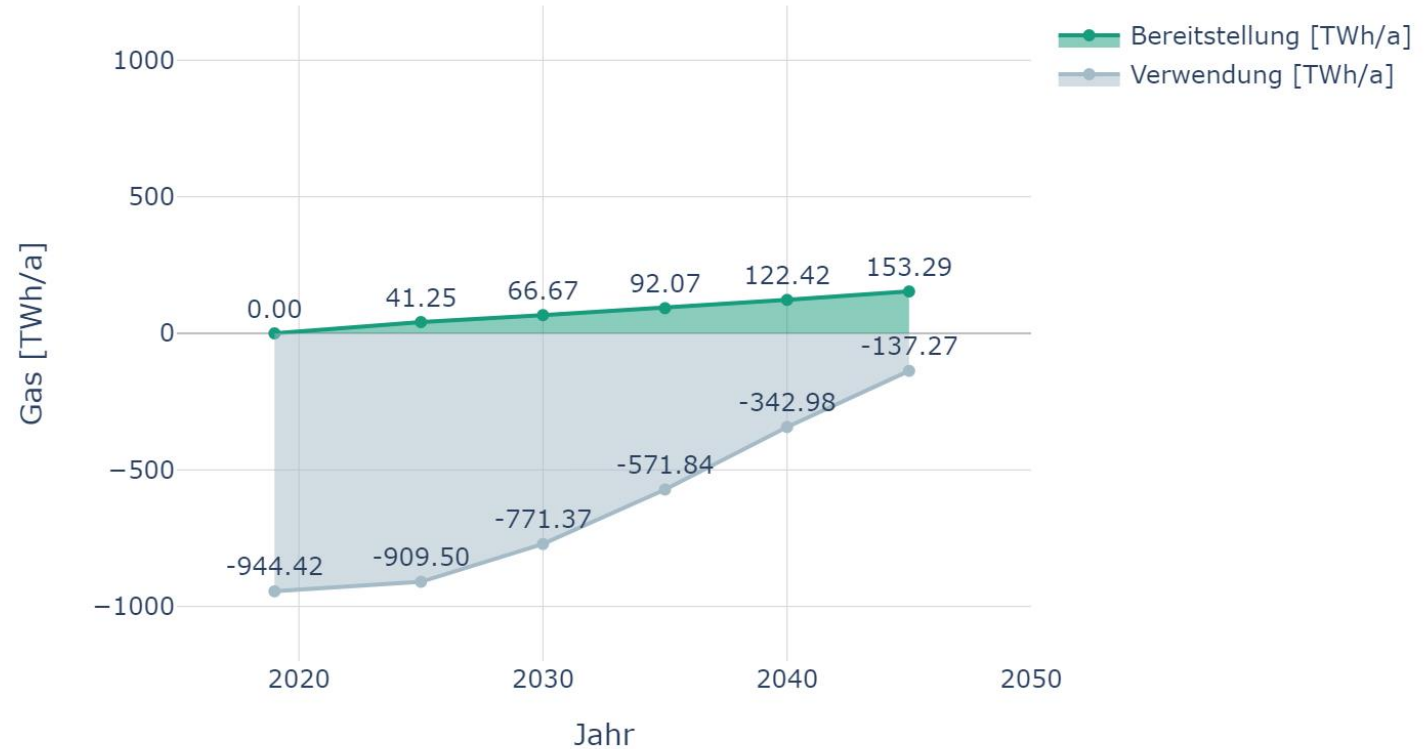
Über welches Bundesland kommt derzeit die größte Gasmenge nach Deutschland?

Ergebnisse

CH₄-Netz – Vergleich Status Quo und Szenario

Entwicklung des jährlichen Methanbedarfs und der Methanbereitstellung

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

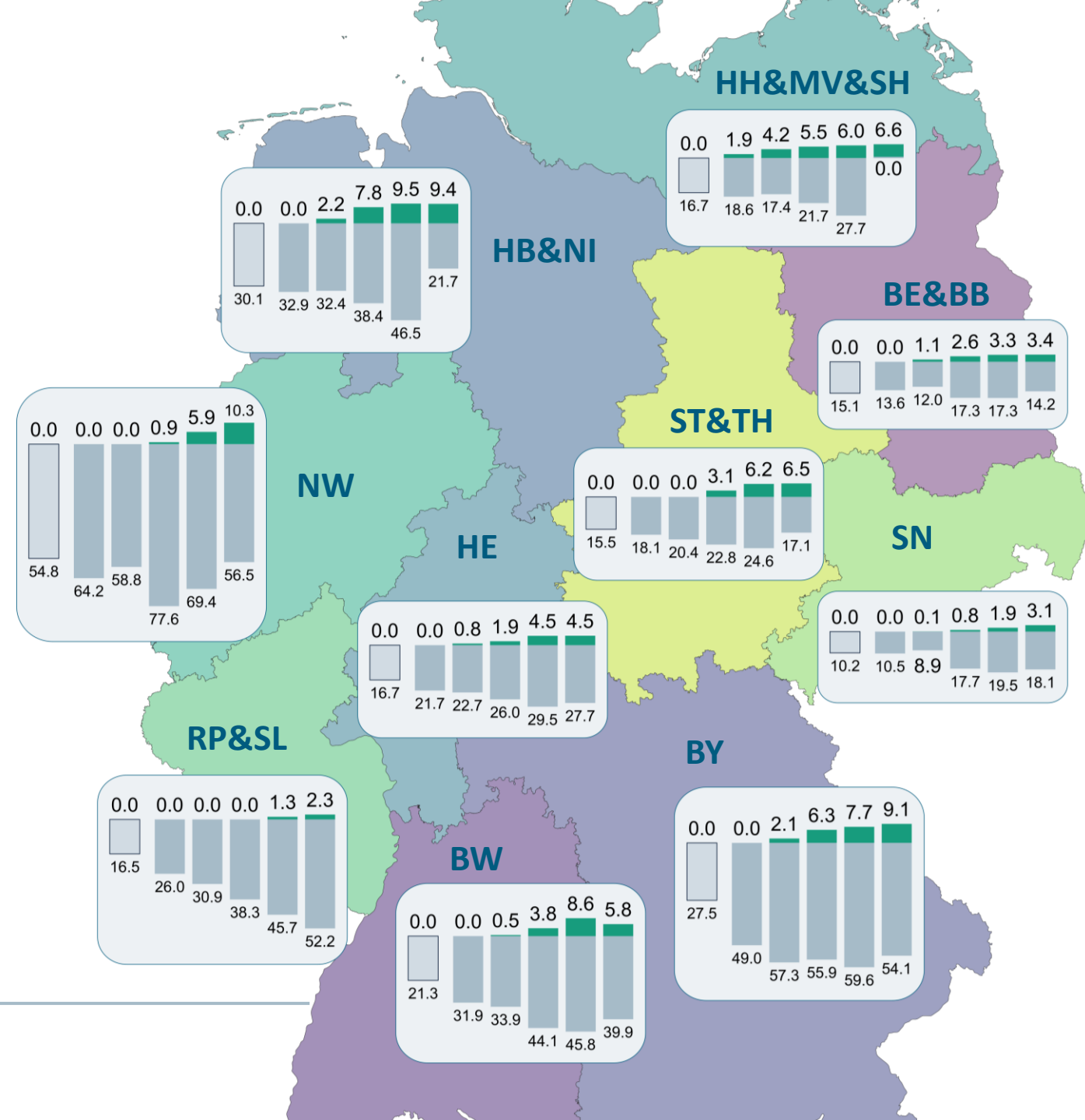
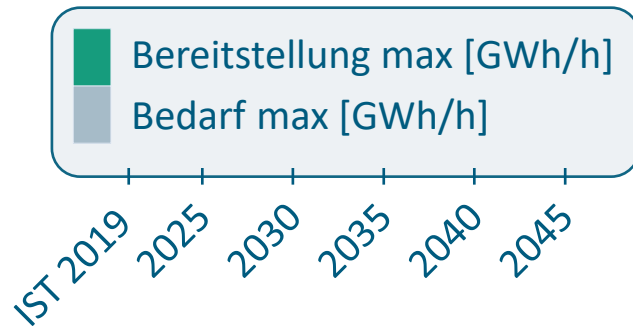


Ergebnisse

CH₄-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



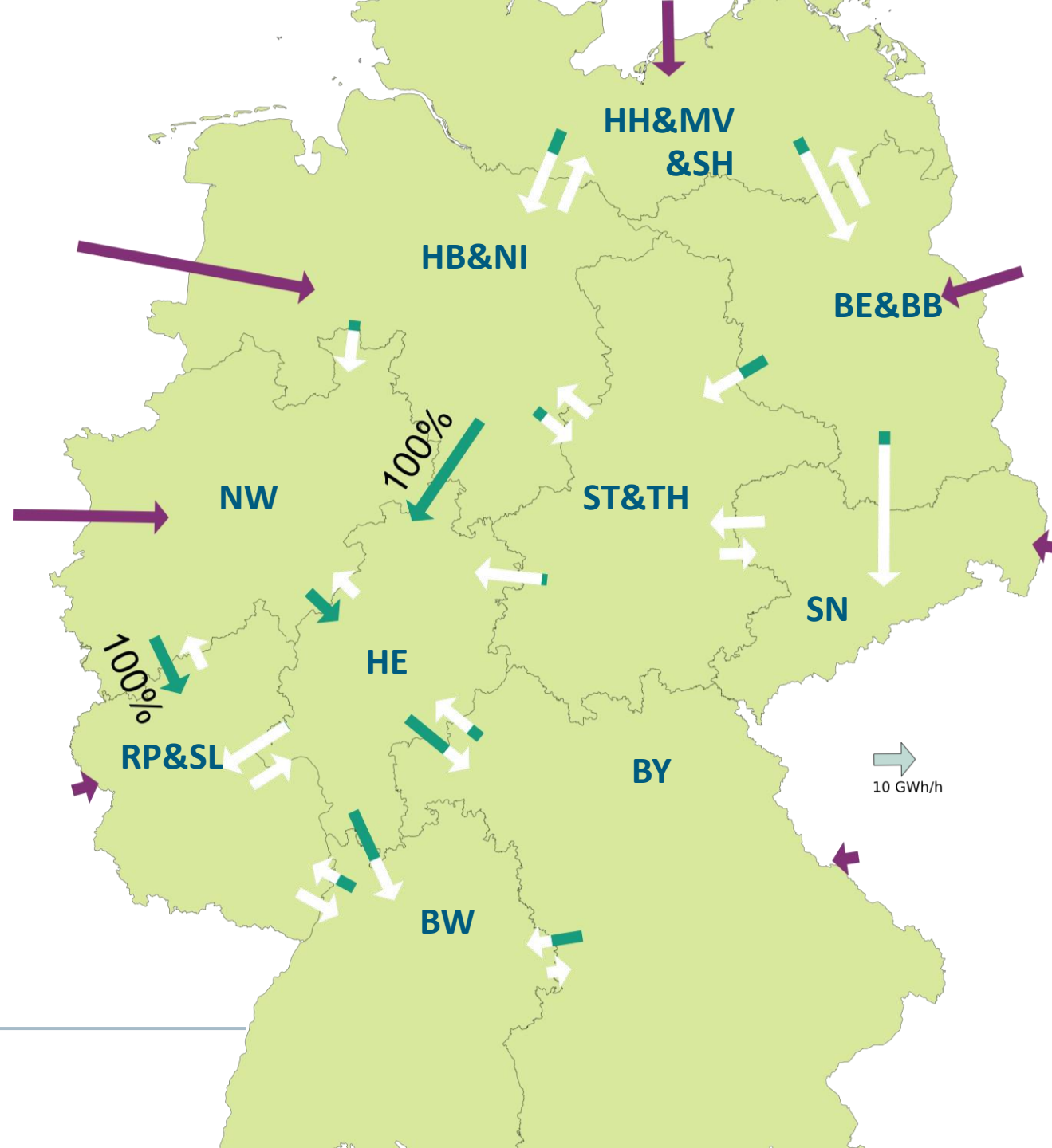
Ergebnisse

CH₄-Netz – Transportkapazitäten

Netzauslastung 2025

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

- maximaler Import
- freie Kapazität
- maximal Auslastung
- Überlast



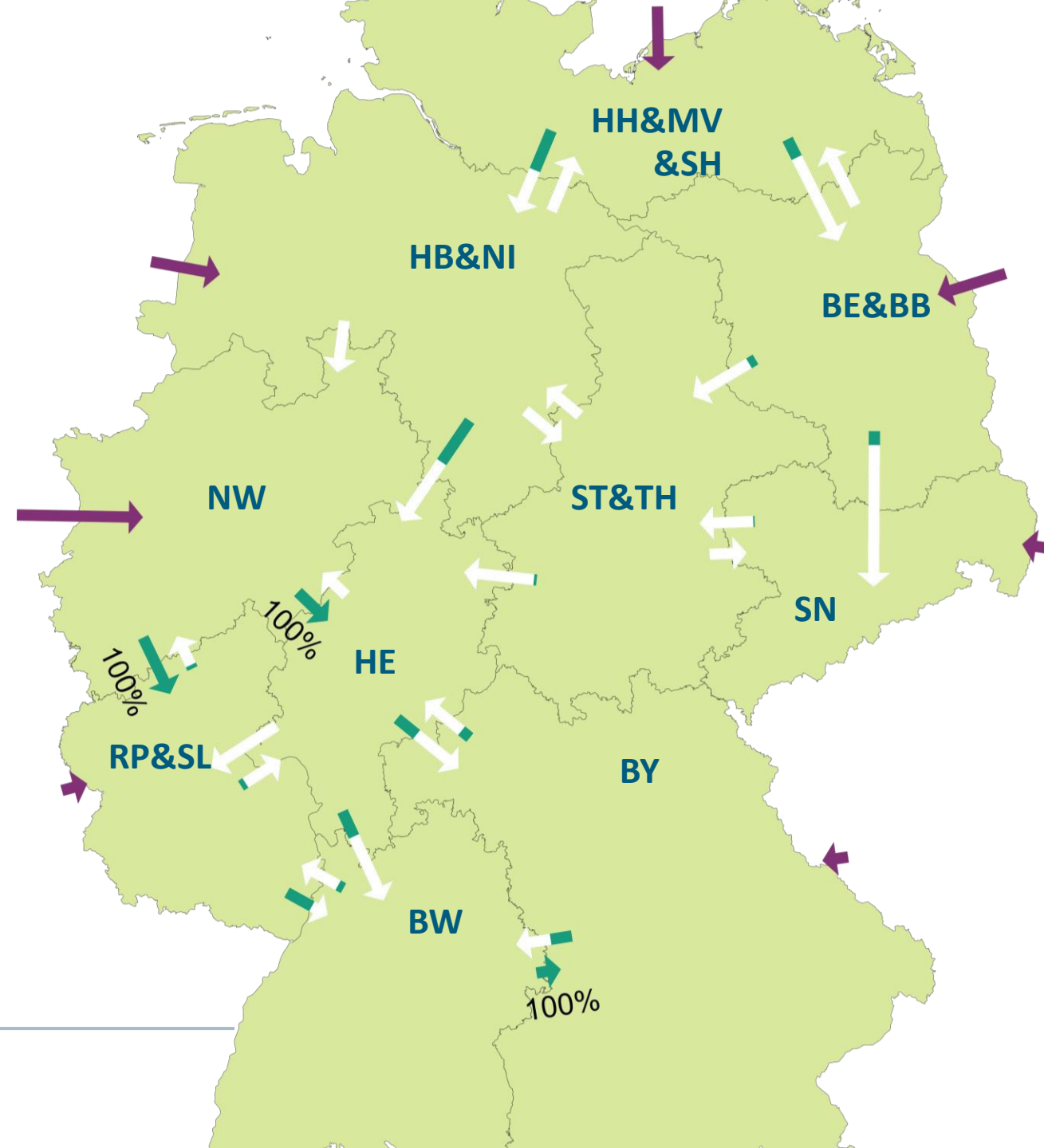
Ergebnisse

CH₄-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

H₂-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

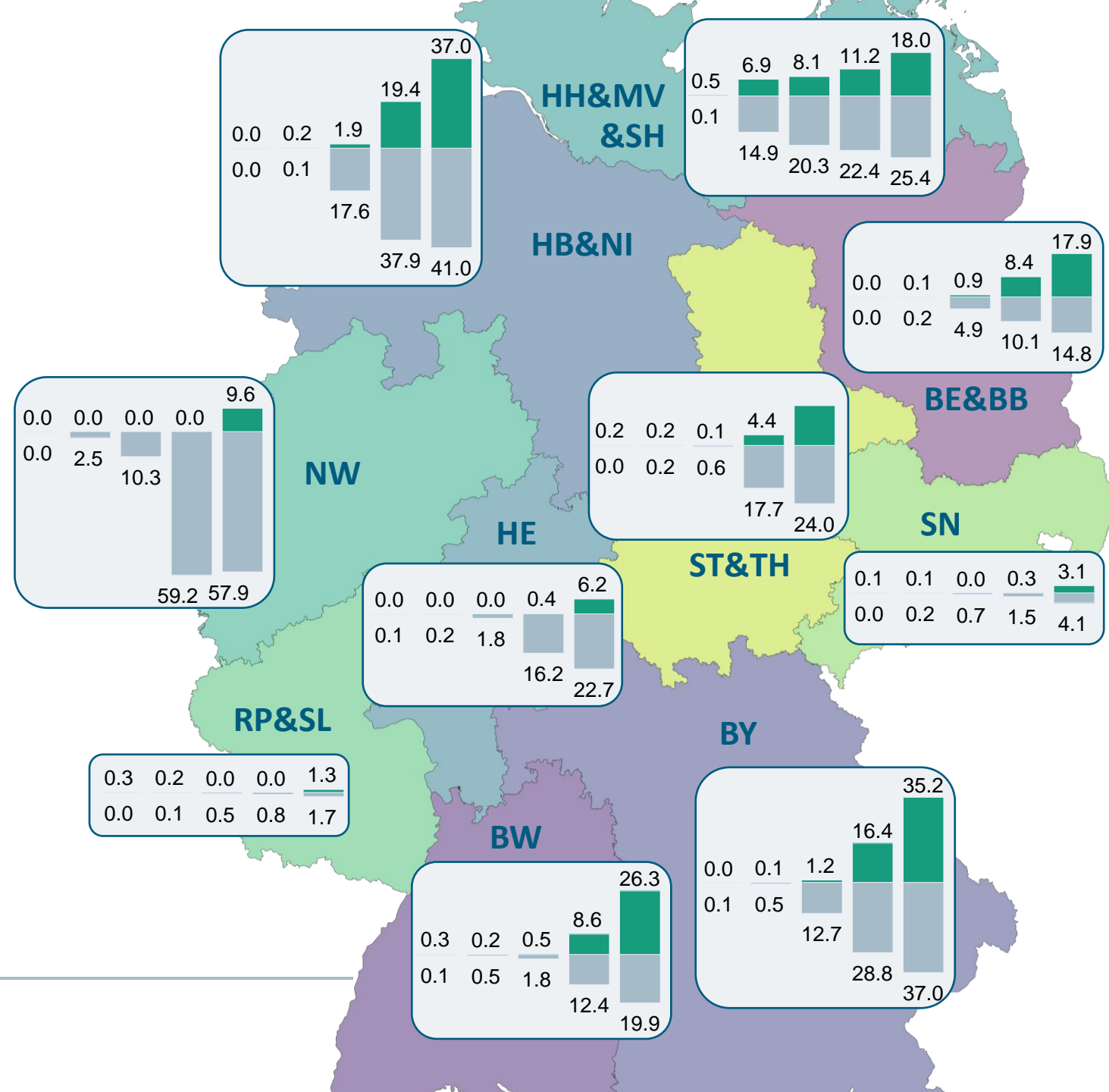
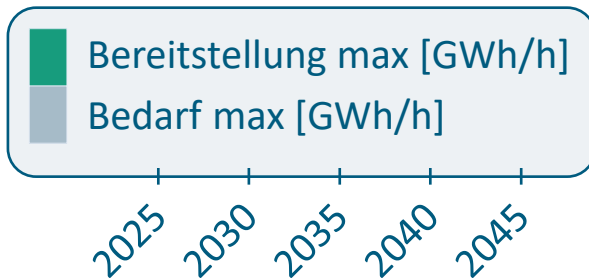


Ergebnisse

H₂-Netz – Bereitstellung und Bedarf

Entwicklung der Lastspitzen

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







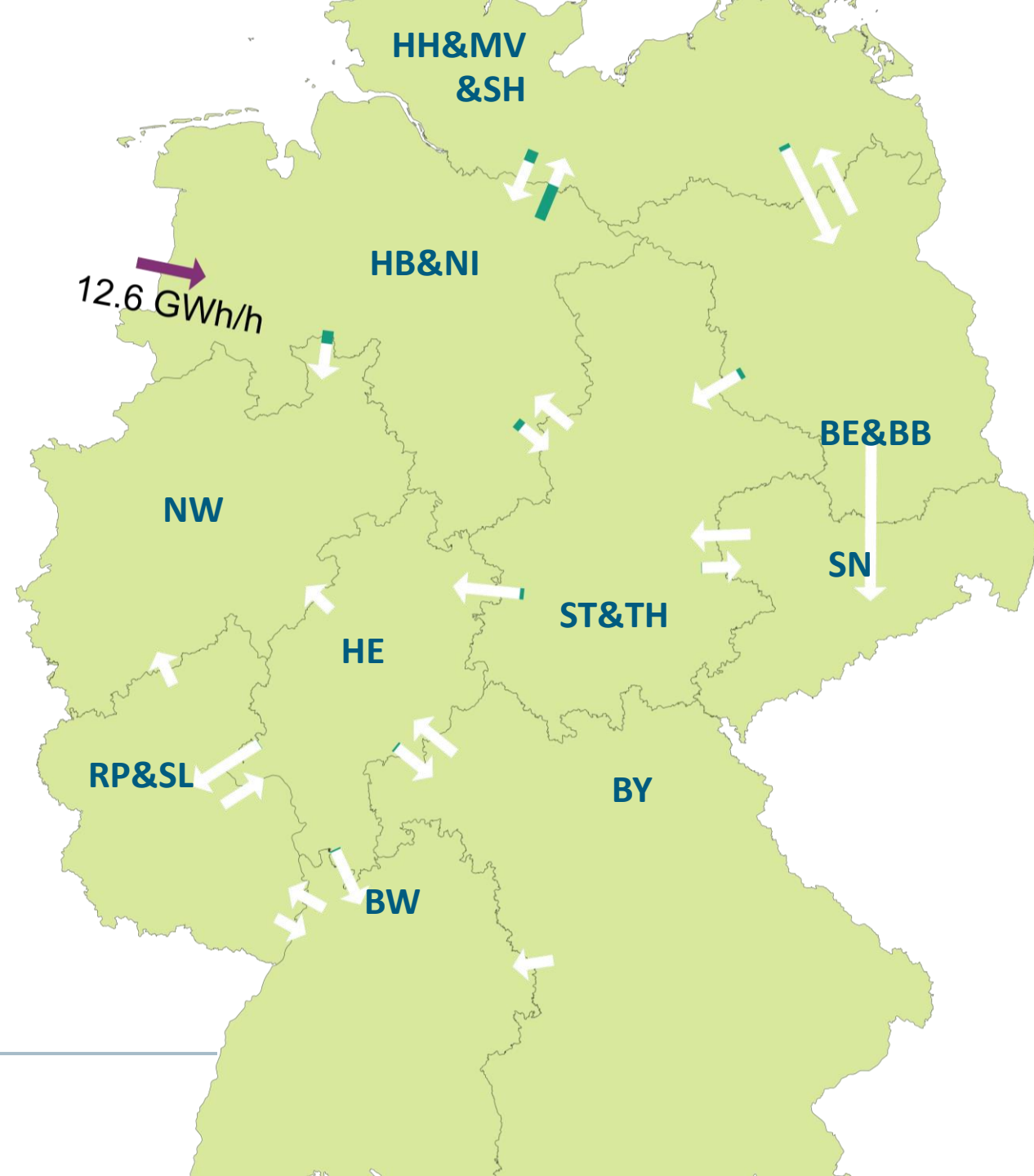
Ergebnisse

H₂-Netz – Transportkapazitäten

Netzauslastung 2030

- Freie CH₄-Transportkapazitäten sind ausreichend für Aufbau eines H₂-Netzes

-  maximaler Import
-  freie Kapazität
-  maximal Auslastung
-  Überlast



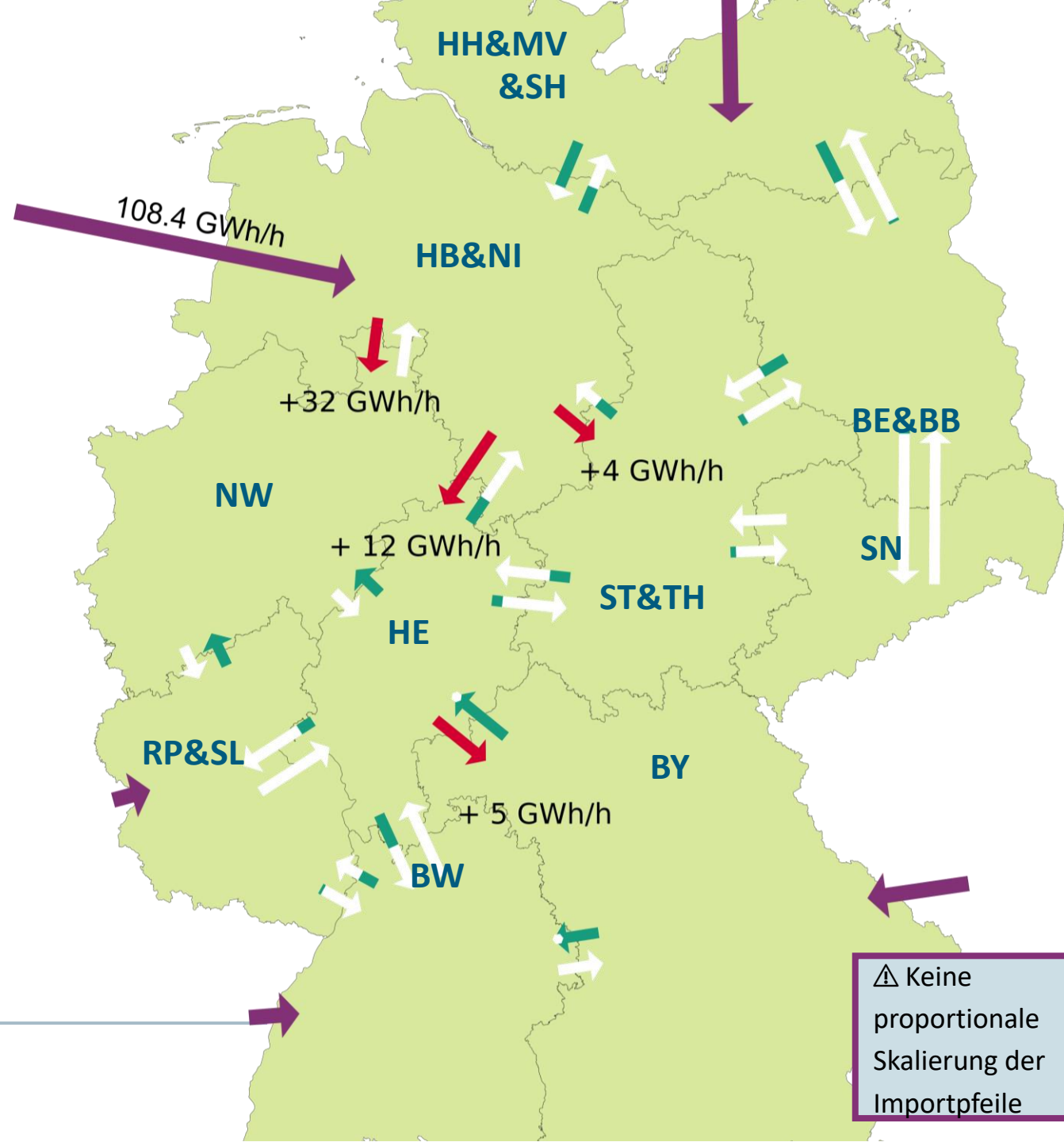
Ergebnisse

H₂-Netz – Transportkapazitäten

Netzauslastung 2045

- Neben Nutzung der freien CH₄-Transportkapazitäten müssen weitere Kapazitäten für das H₂-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 CH₄-IST-Netz zum CH₄- und H₂-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 CH₄-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 CH₄-Leitungen **H₂-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

M.Eng. Michael Wupperfeld
Projektleiter für Netzprojekte
Tel. +49 341 2457-154
michael.wupperfeld@dbi-gruppe.de

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Karl-Heine-Straße 109/111
04229 Leipzig
www.dbi-gruppe.de