LANGFRISTSZENARIEN FÜR DIE TRANSFORMATION DES ENERGIESYSTEMS IN DEUTSCHLAND

Treibhausgasneutrale Szenarien T45

Webinar | 15. Februar 2024

Prof. Dr. Joachim Müller-Kirchenbauer, Maximilian Evers

Entwicklung der
Gasnetzinfrastruktur
in treibhausgasneutralen
T45-Szenarien

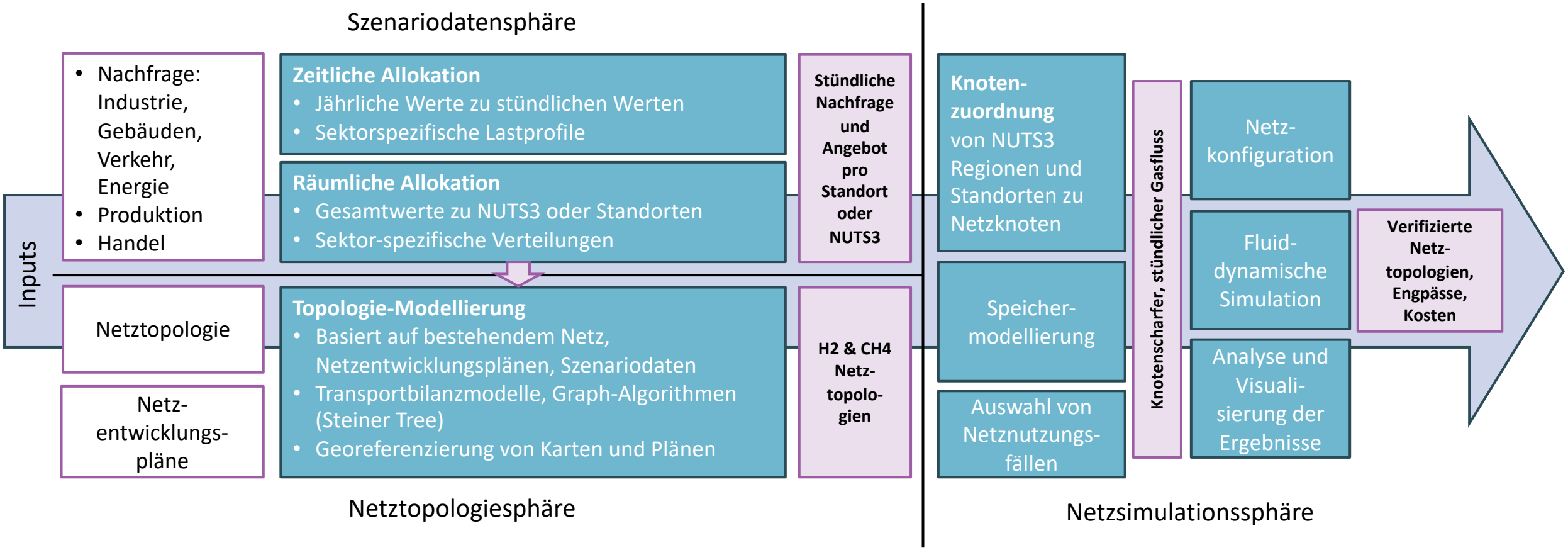
→ T45-Strom*
→ T45-PV+
→ T45-Dezentral

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Agenda

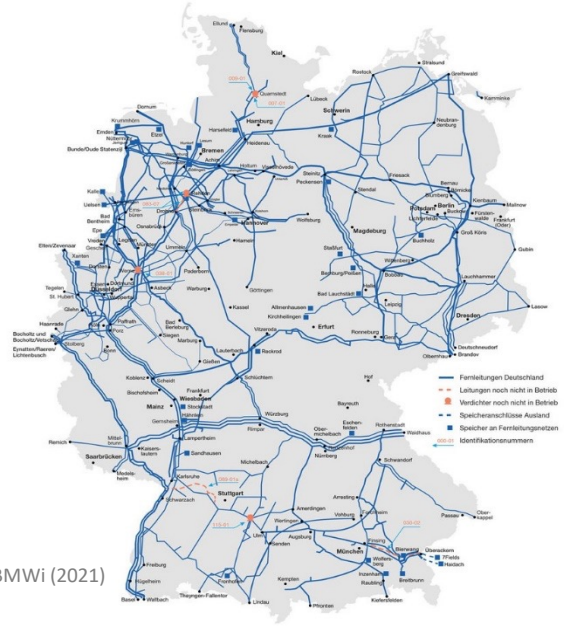
- **Überblick zu den Modellierungsansätzen und wichtigen Annahmen**
- Entwicklung der deutschen Gastransportnetzinfrastrukturen für Wasserstoff und Erdgas
- Strömungsmechanische Validierung der Gastransportnetzinfrastrukturen für Wasserstoff und Erdgas
- Einordnung des Infrastrukturbedarfs sowie der annuitätischen Gesamtkosten

Leitungsscharfe Modellierung Transportnetze – Übersicht der Methodik



Leitungsscharfe Modellierung Transportnetze – Es werden zwei getrennte Gasnetz-Topologien gebildet

- Wasserstoffnetz wird vorrangig aus umgewidmeten Erdgas-Leitungen gebildet
  - Beachtung separater Transportaufgaben CH4 und H2 für die Gewährleistung der Transportaufgabe
  - Umfang des Wasserstoffnetzes vom konkreten Szenario abhängig



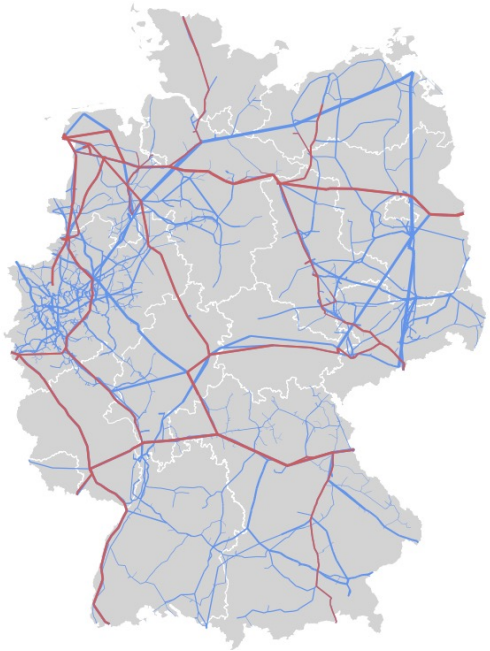
BMWi (2021)

Parallele Infrastruktur erkennen

- Nachfragestandorte (szenarioabhängig)
- (Fast) alle bestehenden Kavernenspeicher
- Interkonnektoren wie in Enertile berechnet
- Effiziente Verbindung der Interkonnektoren unter Verwendung paralleler Infrastrukturen und nachgelagertes Einfügen der Speicher

Entwicklung H2- und CH4-Transportnetze

- Aufteilung Ursprungsnetz in zwei zusammenhängende Topologien
  - H2-Transportnetz
  - Schrittweise reduziertes Methan-Netz



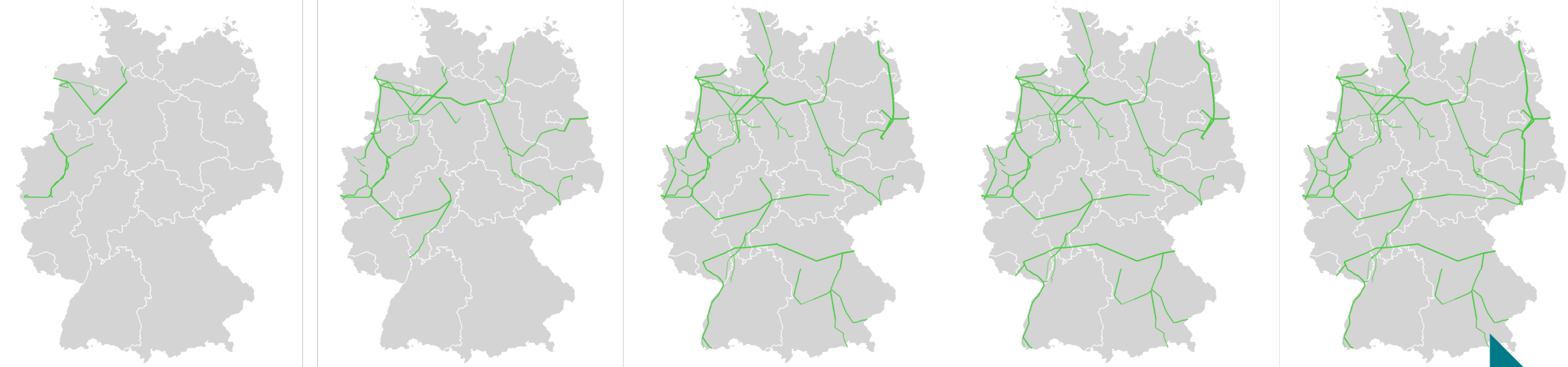
Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Agenda

- Überblick zu den Modellierungsansätzen und wichtigen Annahmen
- **Entwicklung der deutschen Gastransportnetzinfrastrukturen für Wasserstoff und Erdgas**
- Strömungsmechanische Validierung der Gastransportnetzinfrastrukturen für Wasserstoff und Erdgas
- Einordnung des Infrastrukturbedarfs sowie der annuitätischen Gesamtkosten

Gesamtüberblick der Wasserstoff-Topologieentwicklung
Umfangreiches Netz ab 2035

- Alle Szenarien basieren auf einer Grundtopologie, die vor der Kernnetz-Veröffentlichung modelliert wurde
- Unterschiedliche Umwidmungsraten und einige Detailänderungen aufgrund verschiedener Anforderungen
- Schwerpunkte Ein- und Ausspeisungen: Industrie, Kraftwerke, Produktion, Im-/Exporte und Speicher
- Transportnetze basieren auf einer gesamteuropäischen Optimierung; tatsächliche Netz können größer ausfallen
- Tatsächliche Importkorridore sind ebenfalls noch unsicher → Topologie ermöglicht Flexibilität

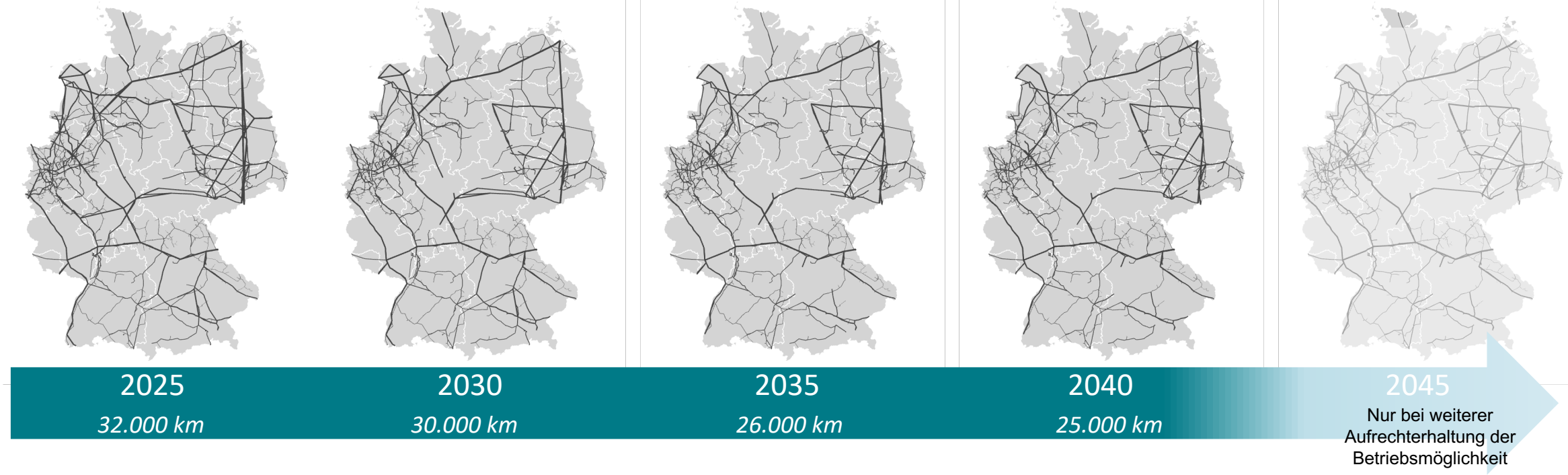


2025	2030	2035	2040	2045
1.000 km	*4.000 km*	*7.000 km*	*7.300 km*	*7.600 km*

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Gesamtüberblick der Erdgas-Topologieentwicklung
Weitreichender Rückbau des Erdgasnetzes

- Reduktion des Erdgasnetzes aufgrund rückläufiger Erdgasbedarfe ermöglicht Umwidmung von Leitungen auf Wasserstoff
- Für die Gewährleistung der Erdgas-Versorgungsaufgabe werden je nach Anforderungen der Szenarien geringfügig Methanpipelines neu gebaut
- Erdgasnetz im Jahr 2045 verbleibt nur bei weiterer Aufrechterhaltung der Betriebsmöglichkeit



Agenda

- Überblick zu den Modellierungsansätzen und wichtigen Annahmen
- Entwicklung der deutschen Gastransportnetzinfrastrukturen für Wasserstoff und Erdgas
- **Strömungsmechanische Validierung der Gastransportnetzinfrastrukturen für Wasserstoff und Erdgas**
- Einordnung des Infrastrukturbedarfs sowie der annuitätischen Gesamtkosten

Für alle Szenarien können Wasserstoffnetz-Topologien gebildet werden, die die Versorgungsaufgaben erfüllen

Szenario	T45-Strom*					T45-PV+					T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45	25	30	35	40	45	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					☐					☐					☐
Gesamtnachfrage minimal					☐										
Verteilungsnetzausspeisung maximal															
Kraftwerksausspeisung maximal															
Industrieausspeisung maximal															
Importe maximal															☐
Speicherausspeisung maximal															
Andere maximal															
Verteilungsnetzausspeisung minimal															
Kraftwerksausspeisung minimal															
Industrieausspeisung minimal															
Importe minimal										☐					
Speicherausspeisung minimal															
Andere minimal															

Netznutzungsfall gelöst

☐ Netznutzungsfall ist im Foliensatz zu finden

Für alle Szenarien verbleiben Erdgasnetz-Topologien, die die Versorgungsaufgaben erfüllen

Szenario	T45-Strom*					T45-PV+					T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45	25	30	35	40	45	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal		☐					☐					☐			
Gesamtnachfrage minimal												☐			
Verteilungsnetzausspeisung maximal															
Kraftwerksausspeisung maximal															
Industrieausspeisung maximal															
Importe maximal															
Speicherausspeisung maximal															
Andere maximal															
Verteilungsnetzausspeisung minimal															
Kraftwerksausspeisung minimal															
Industrieausspeisung minimal															
Importe minimal							☐								
Speicherausspeisung minimal															
Andere minimal															

Netznutzungsfall gelöst
Netznutzungsfall voraussichtlich lösbar
☐ Netznutzungsfall ist im Foliensatz zu finden

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

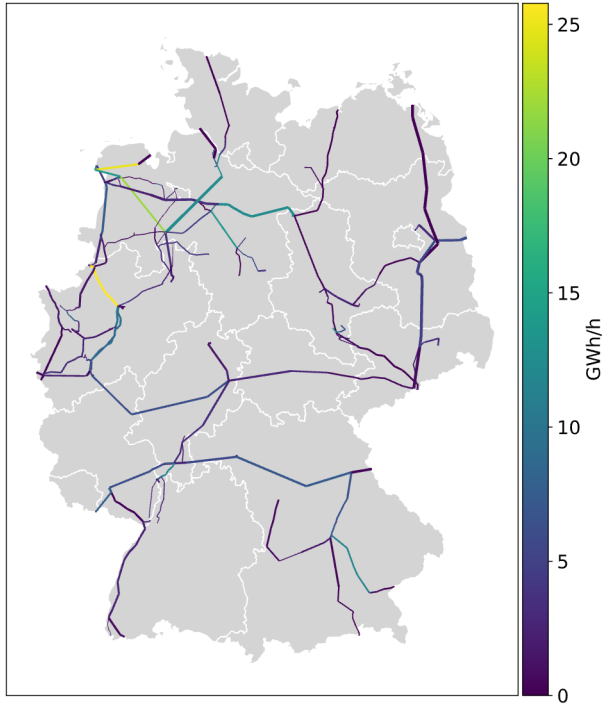
Drei Optionen zur Auflösung des Reallokationsbedarfs

- Reallokation der betroffenen Nachfrage auf andere Knoten im Gastransportnetz
  - Umfang der Stichleitungen zum Anschluss an das Transportnetz steigt
  - Vernachlässigbare Auswirkungen auf die Gesamtkosten des Szenarios anzunehmen
- Strom- und Gasnetze miteinander abstimmen
  - Räumliche Verortung des betroffenen Kraftwerksstandortes
  - Iterationen mit Consentec wegen Auswirkungen auf das Stromtransportnetz
- An Ein-/Ausspeise-Standorten Pufferspeicher installieren
  - Ermöglichen zeitliche Verschiebung der Nachfrage
  - Keine Auswirkungen auf das Transportnetz
  - Kostenauswirkungen nicht berücksichtigt

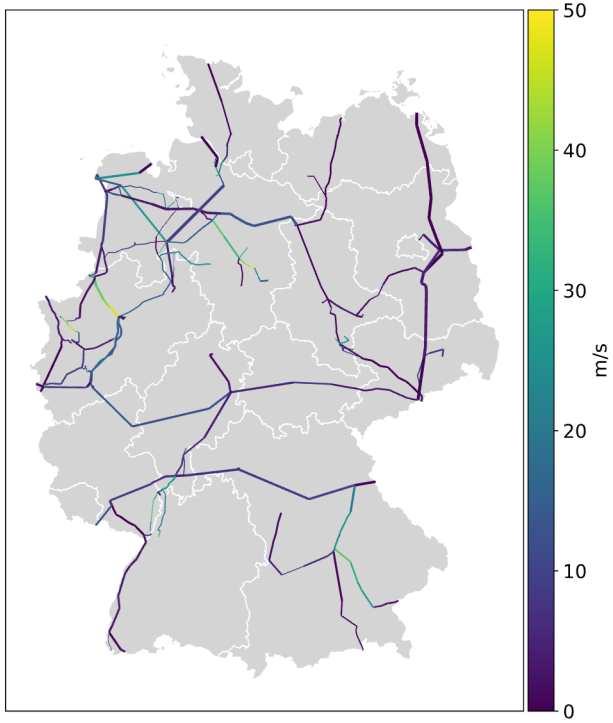
T45-Strom*: Simulation H2-2045
Für „Gesamtsystemlast Maximal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtnachfrage minimal					
Importe minimal					

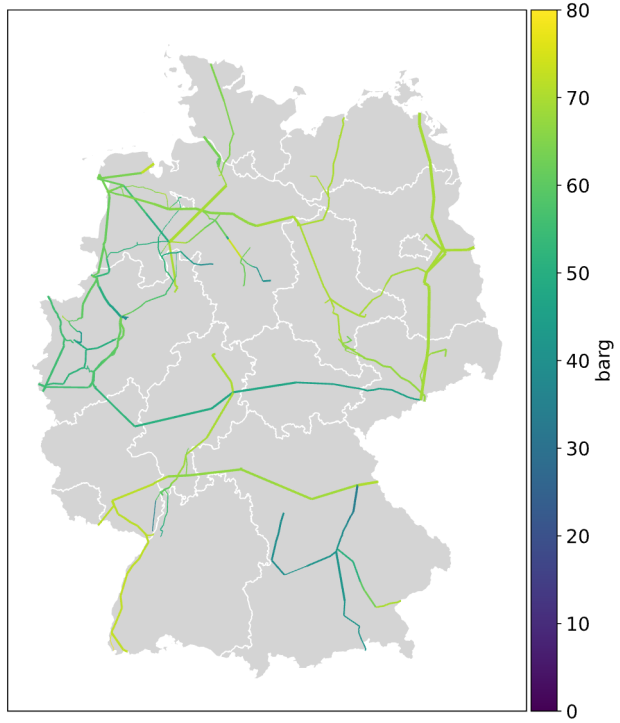
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 25 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

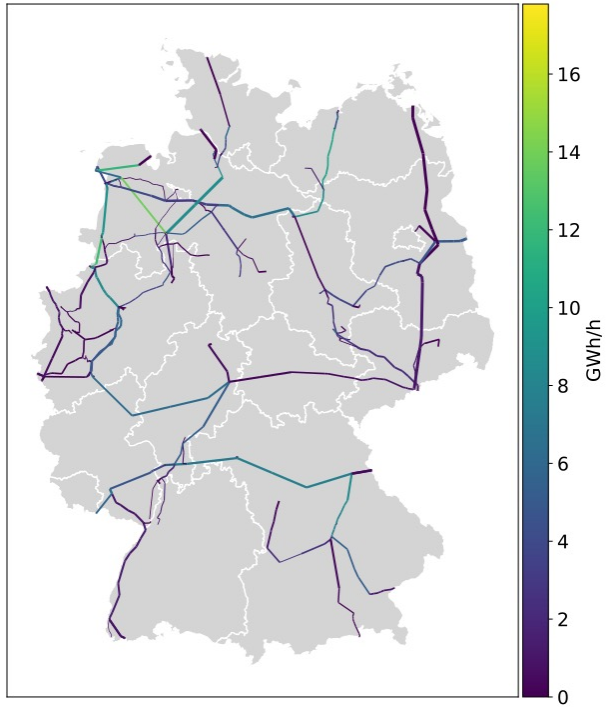
- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

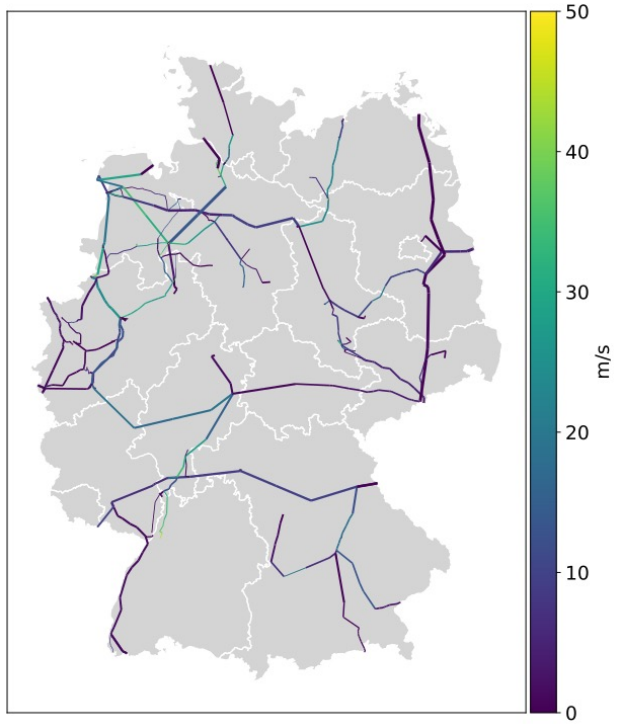
T45-Strom*: Simulation H2-2045
Für „Gesamtnachfrage Minimal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtnachfrage minimal					
Importe minimal					

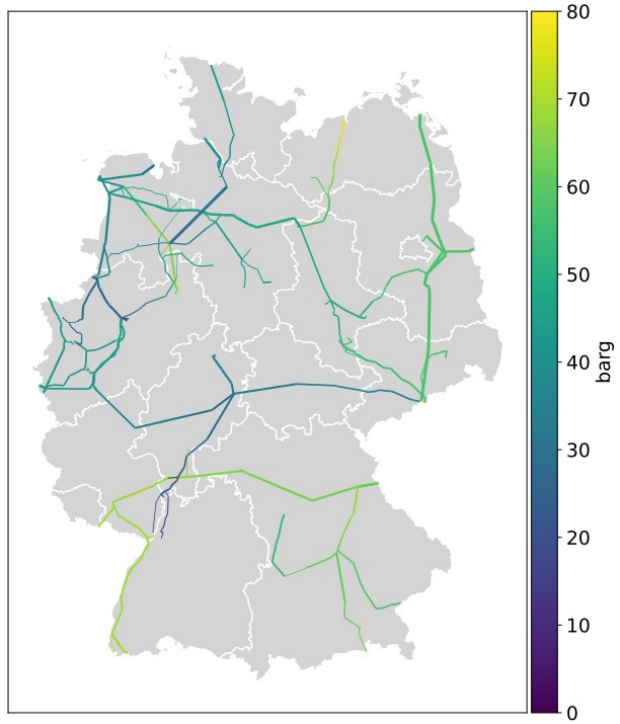
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation
- **Einordnung**
  - Leistungsflüsse bis 16 GWh/h
  - Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
  - Drücke bis etwa 80 bar
- **Schlussfolgerung**
  - Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

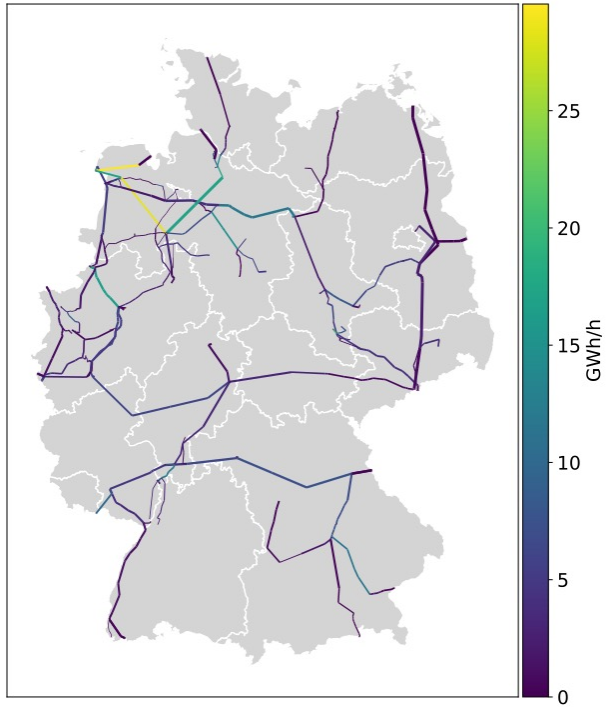
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

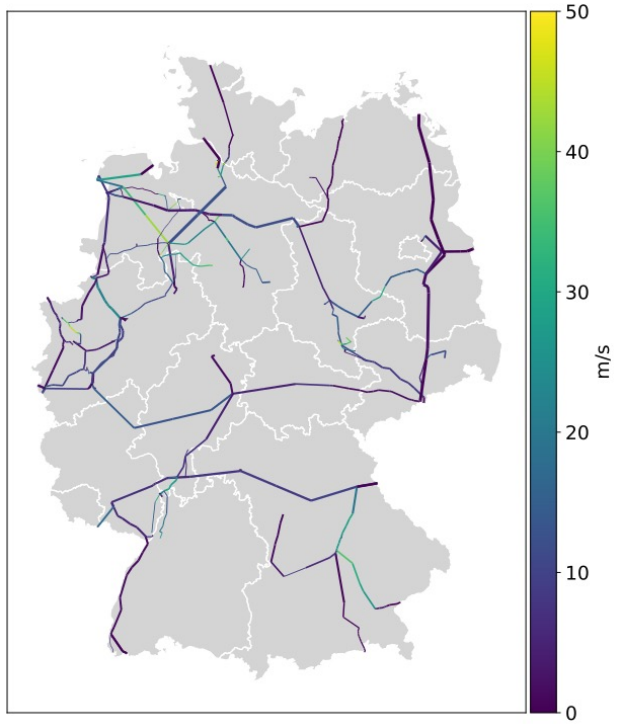
T45-PV+: Simulation H2-2045
Für „Gesamtsystemlast Maximal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtnachfrage minimal					
Importe minimal					

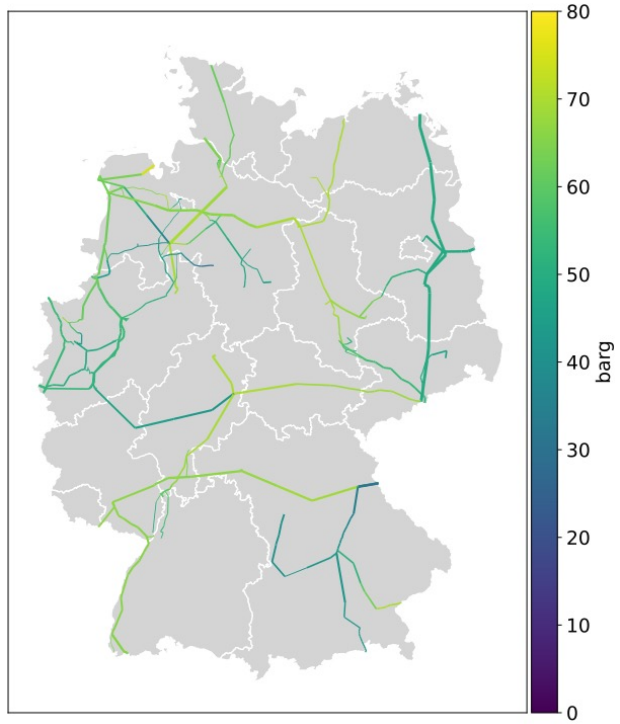
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 30 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 70 bar

Schlussfolgerung

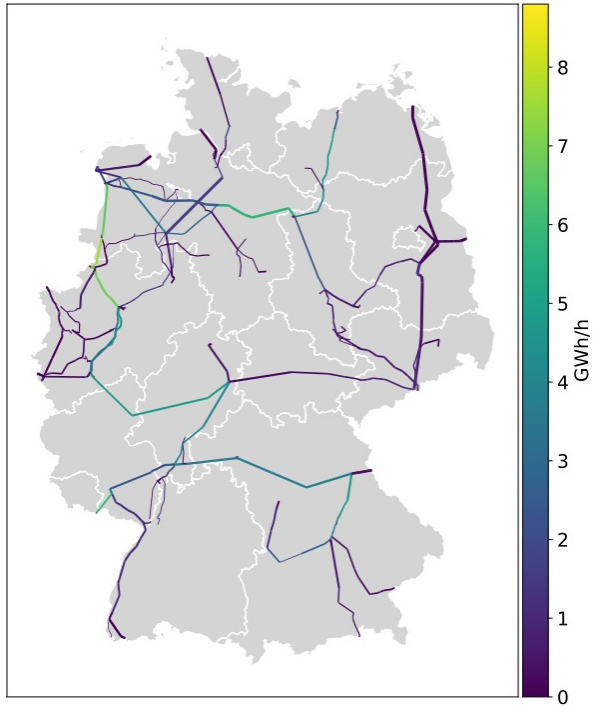
- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

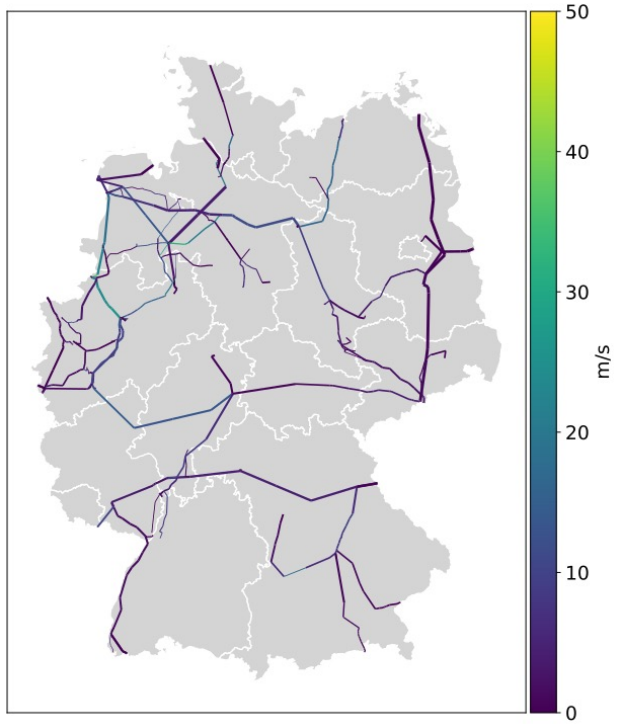
T45-PV+: Simulation H2-2045
Für „Importe Minimal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtnachfrage minimal					
Importe minimal					

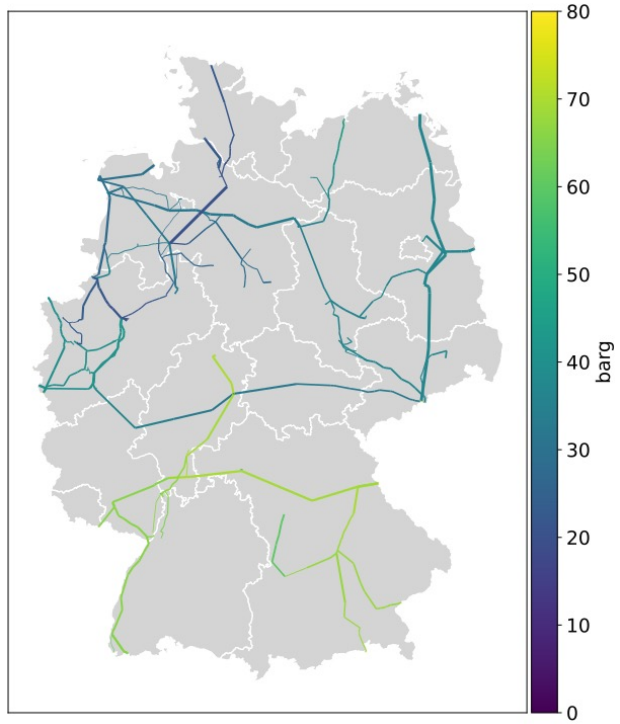
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 8 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 70 bar

Schlussfolgerung

- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

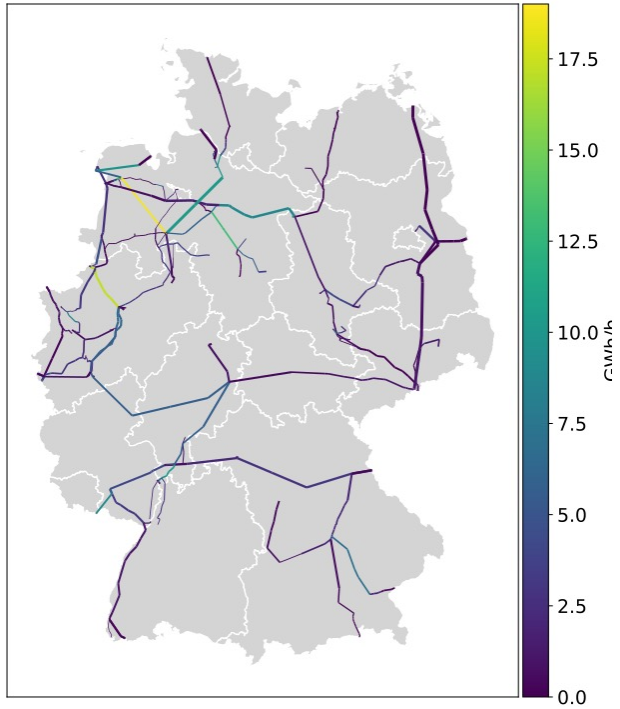
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

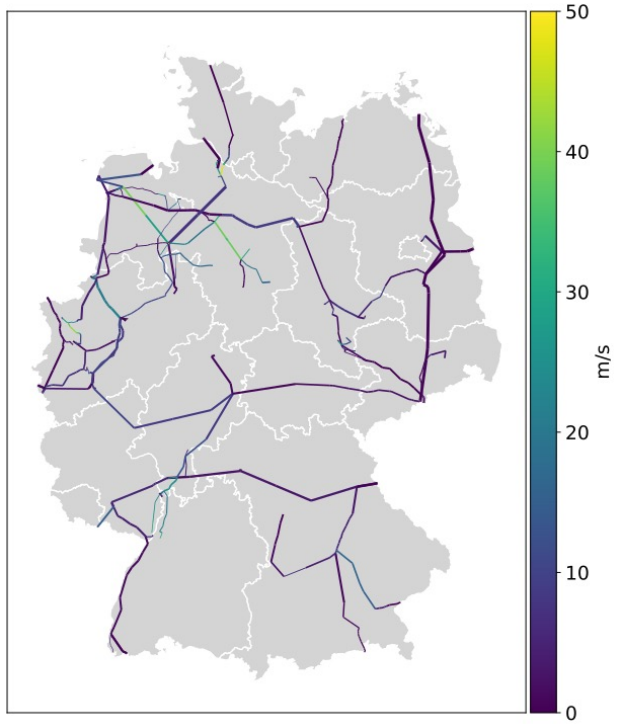
T45-Dezentral: Simulation H2-2045
Für „Gesamtsystemlast Maximal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtnachfrage minimal					
Importe minimal					

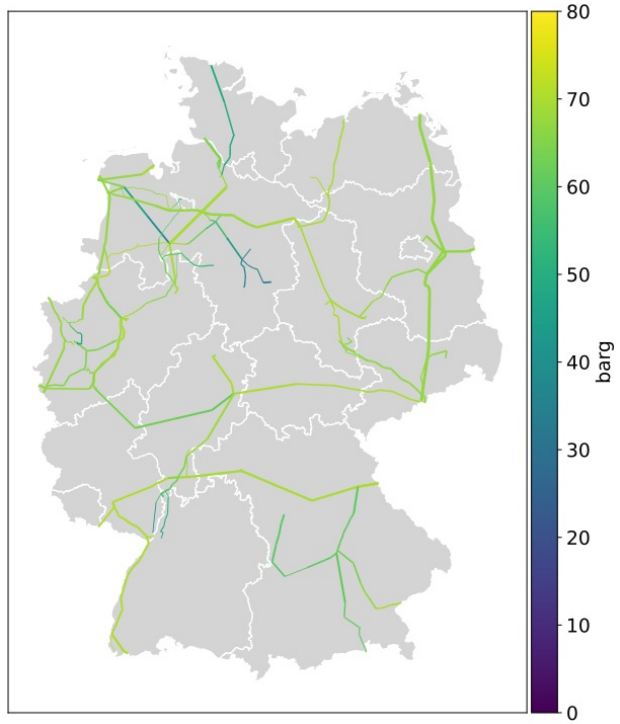
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck

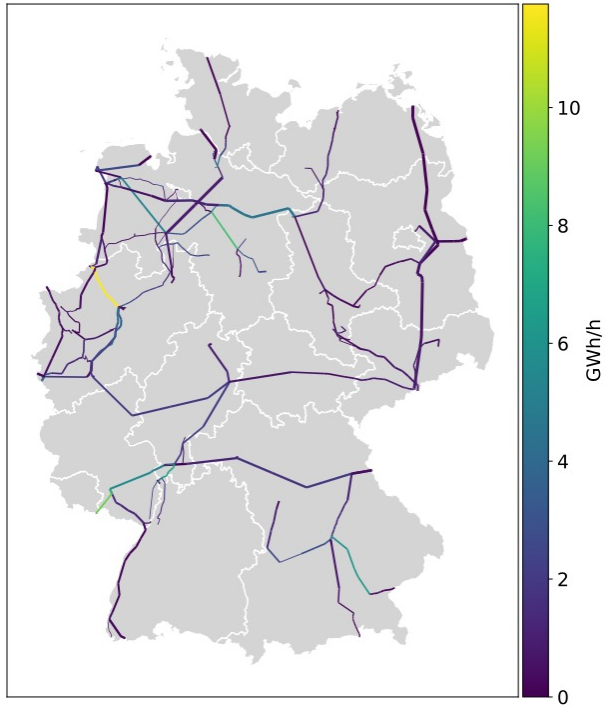


- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation
- **Einordnung**
  - Leistungsflüsse bis 18 GWh/h
  - Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
  - Drücke bis etwa 70 bar
- **Schlussfolgerung**
  - Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

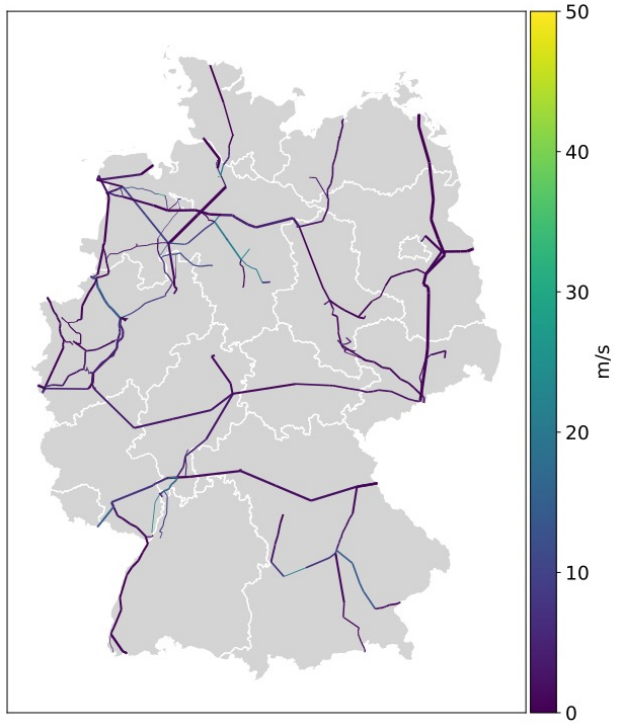
T45-Dezentral: Simulation H2-2045
Für „Importe Maximal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtnachfrage minimal					
Importe minimal					

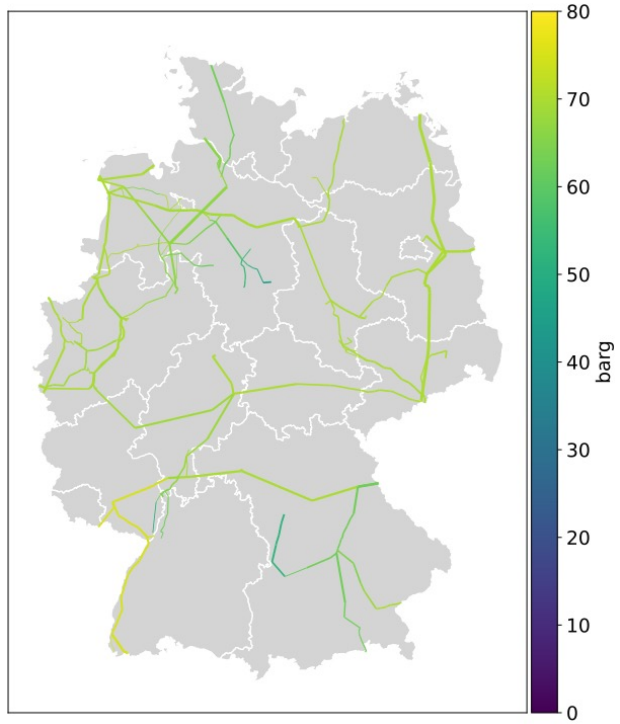
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 12 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 70 bar

Schlussfolgerung

- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

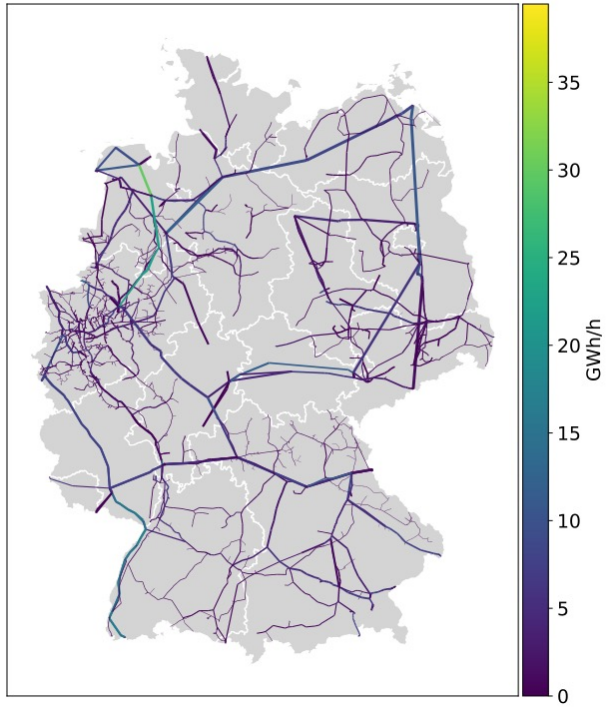
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

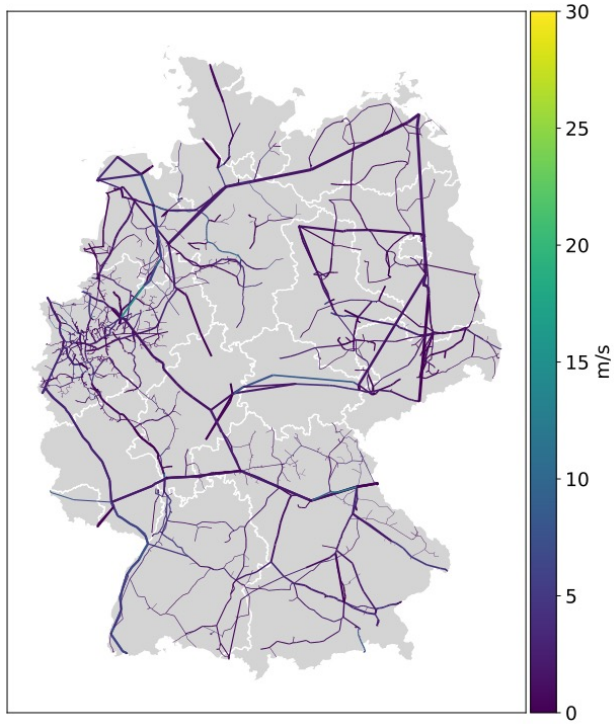
T45-Strom*: Simulation CH4-2030
Für „Gesamtsystemlast Maximal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtnachfrage minimal					

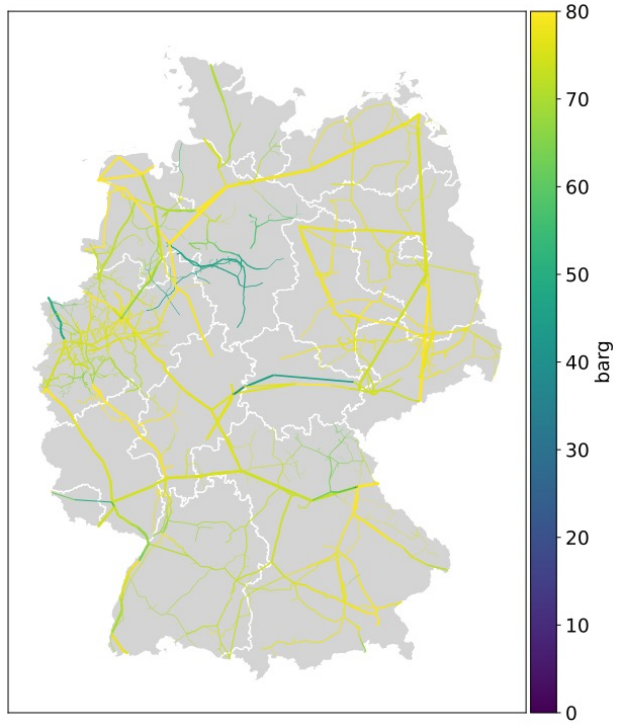
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 35 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

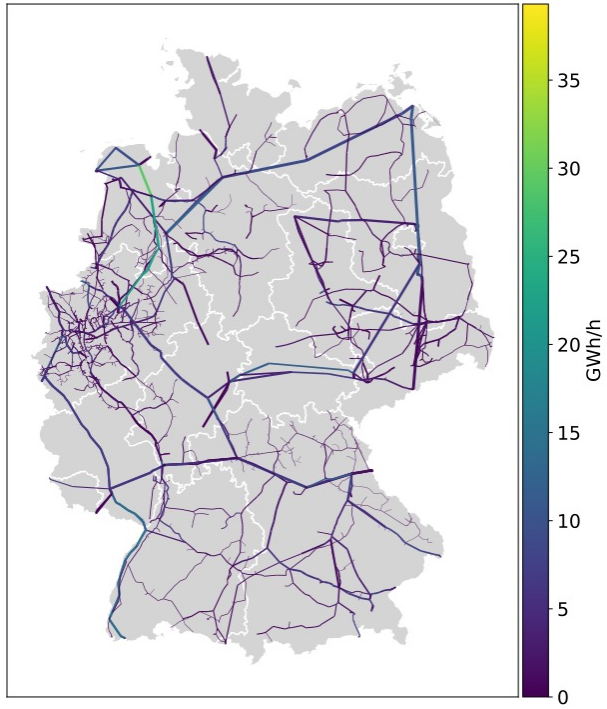
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

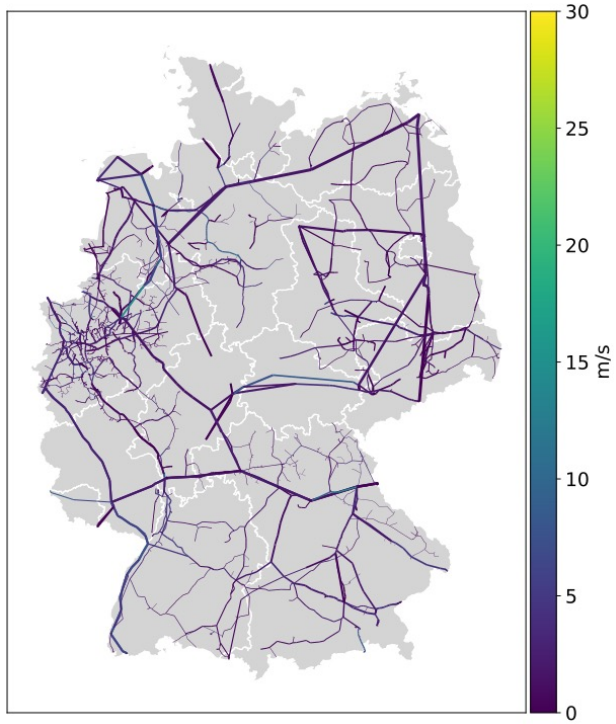
T45-PV+: Simulation CH4-2030
Für „Gesamtsystemlast Maximal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtnachfrage minimal					

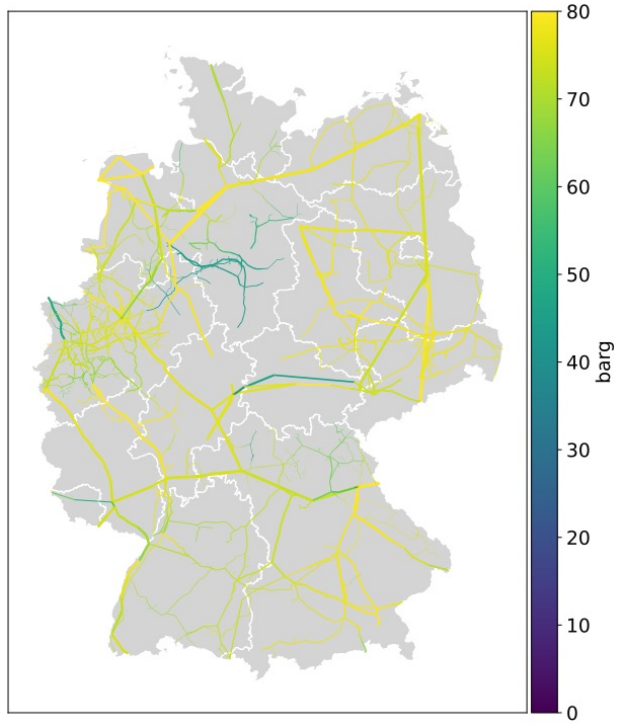
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 35 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

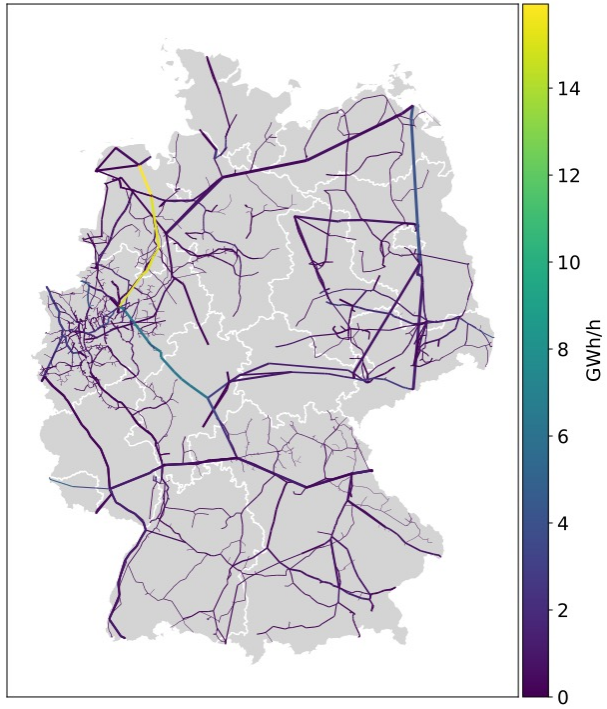
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

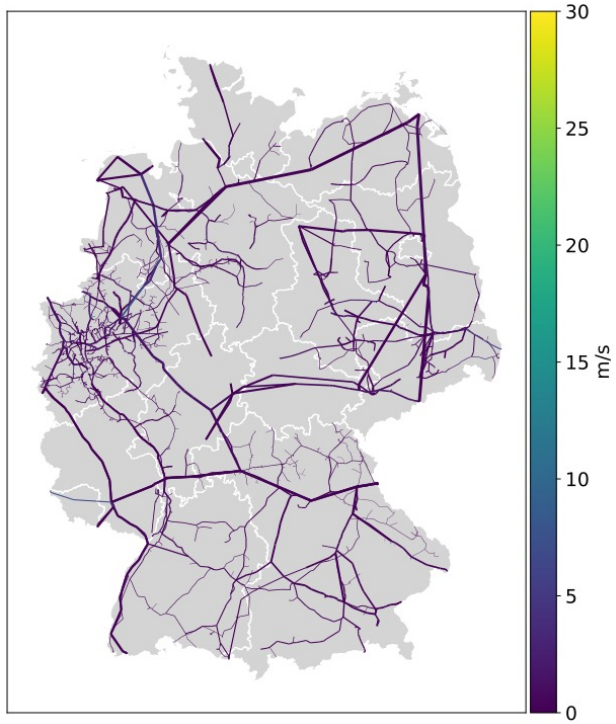
T45-PV+: Simulation CH4-2030
Für „Importe Minimal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtnachfrage minimal					

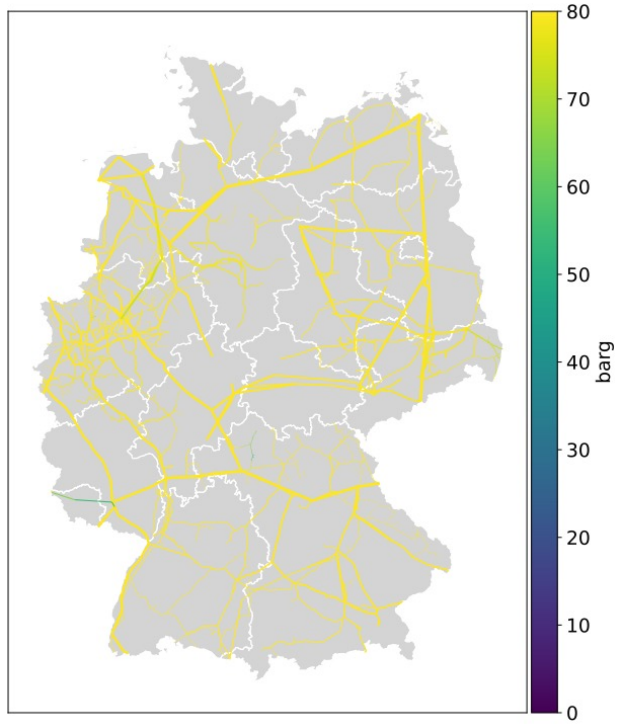
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 14 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa bis 30 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

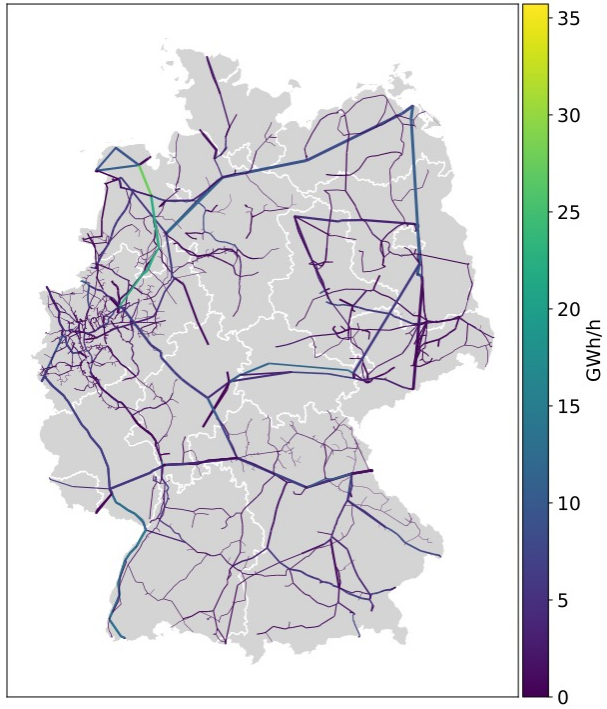
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

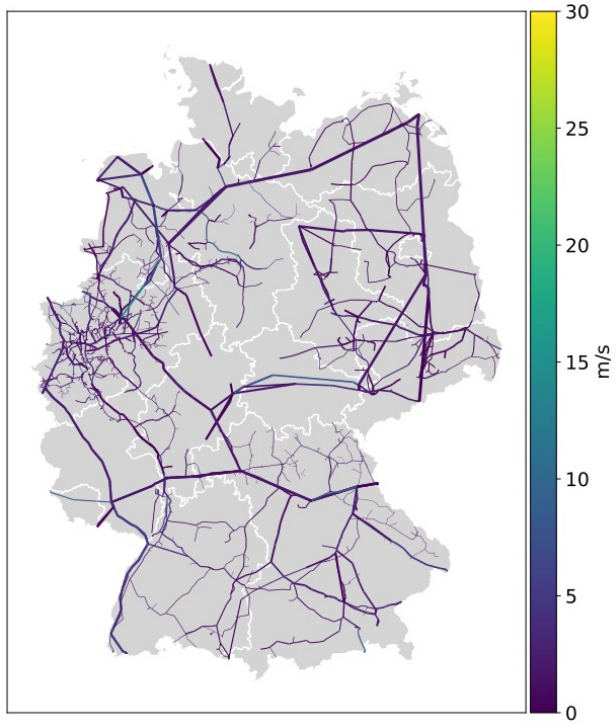
T45-Dezentral: Simulation CH4-2030
Für „Gesamtsystemlast Maximal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtnachfrage minimal					

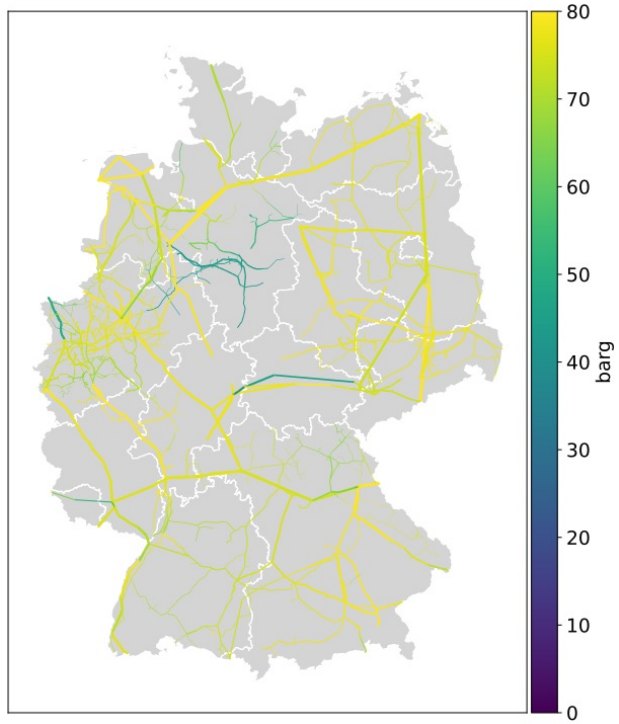
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 30 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

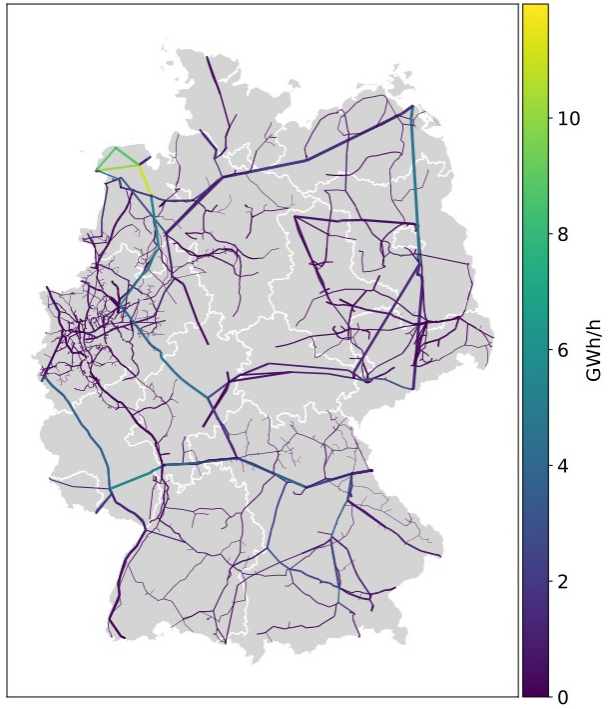
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

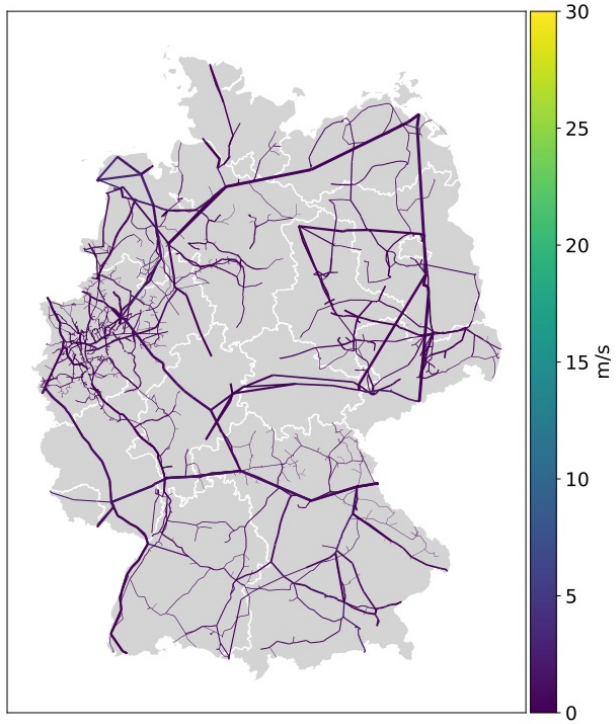
T45-Dezentral: Simulation CH4-2030
Für „Gesamtnachfrage Minimal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtnachfrage minimal					

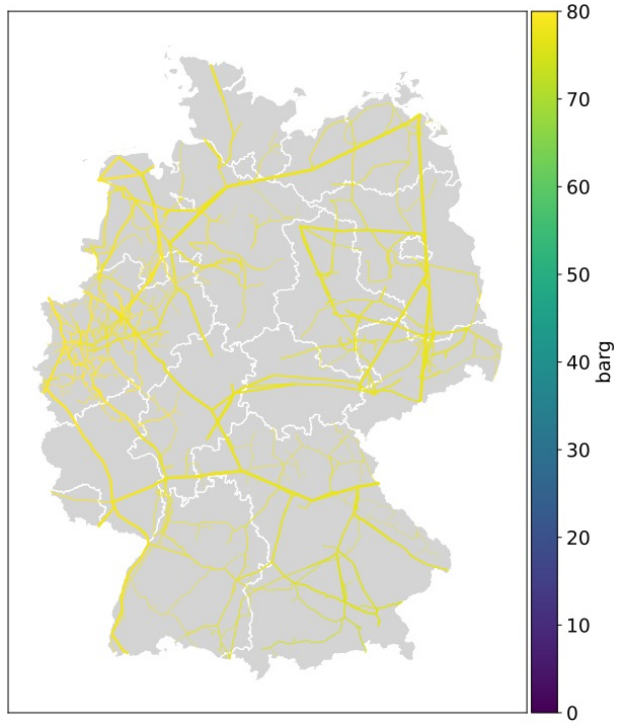
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 10 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

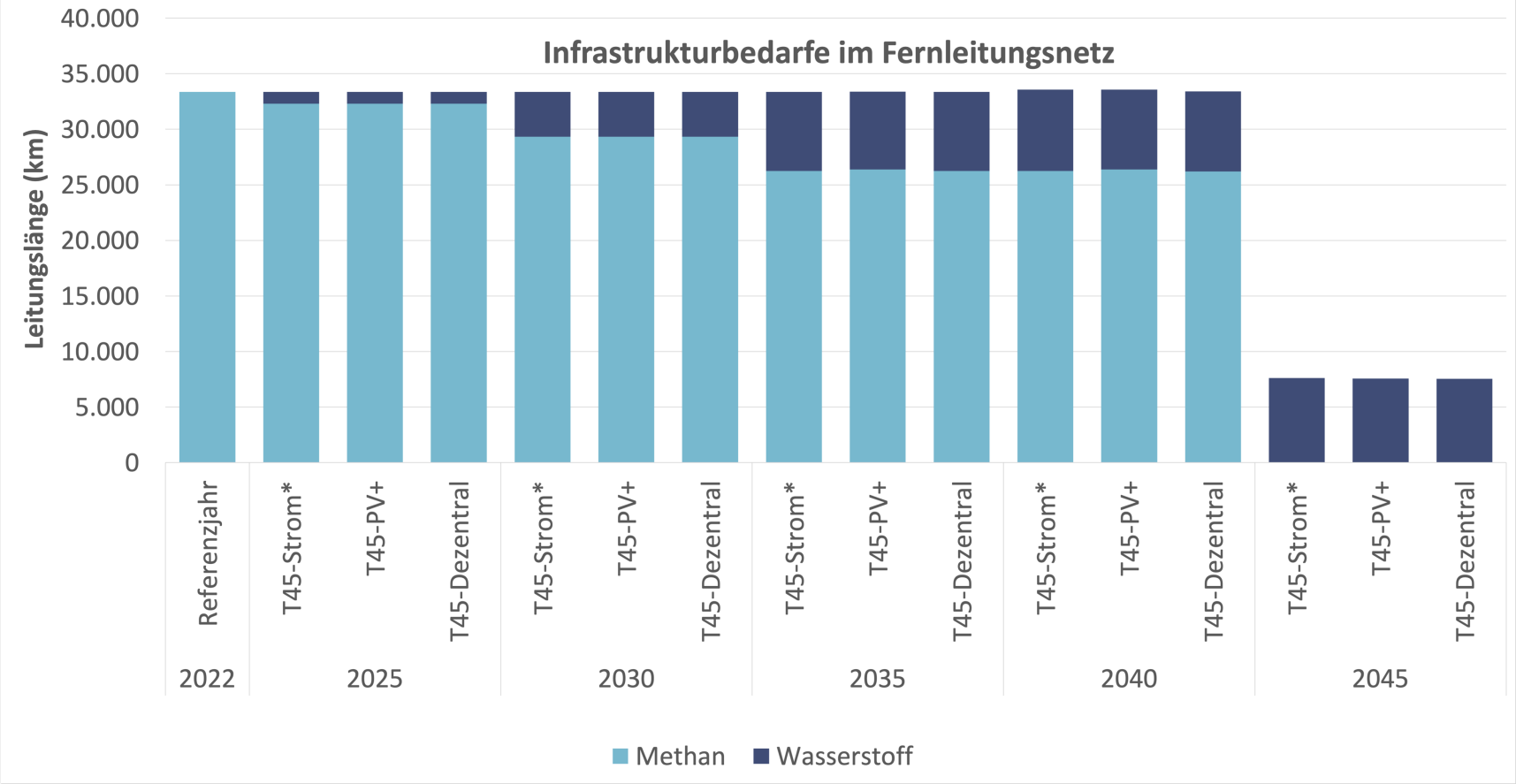
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Agenda

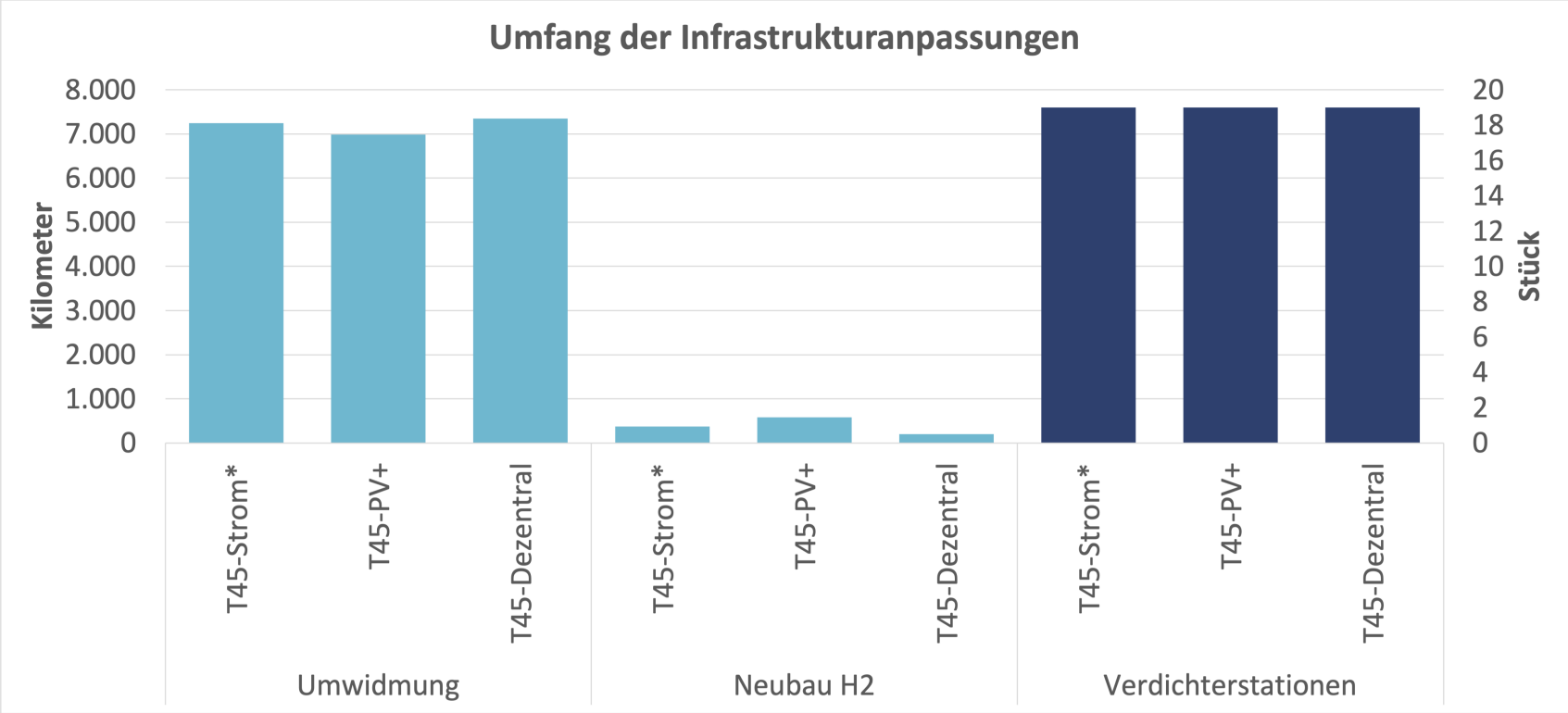
- Überblick zu den Modellierungsansätzen und wichtigen Annahmen
- Entwicklung der deutschen Gastransportnetzinfrastrukturen für Wasserstoff und Erdgas
- Strömungsmechanische Validierung der Gastransportnetzinfrastrukturen für Wasserstoff und Erdgas
- **Einordnung des Infrastrukturbedarfs sowie der annuitätischen Gesamtkosten**

Analyse Fernleitungsnetze 1/4
Wasserstoffnetz gegenüber dem Methannetz deutlich reduziert



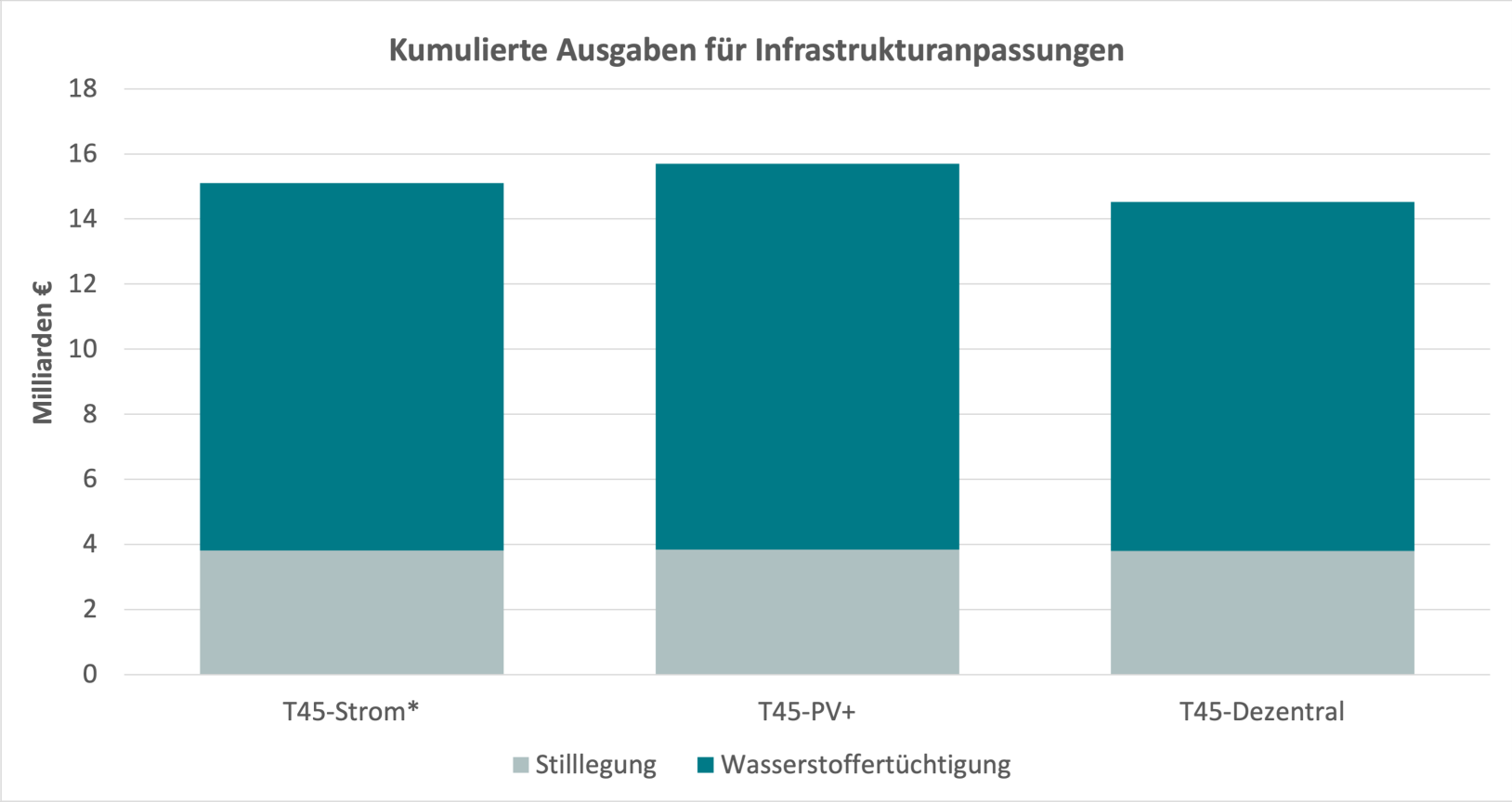
- **Ergebnisse**
  - Umwidmungen des CH4-Transportnetzes in allen Szenarien in ähnlicher Größenordnung
  - Vergleichsweise weniger Infrastrukturbedarf gegenüber heute
  - Ab 2035 umfangreiches H2-Netz vorhanden
- **Einordnung**
  - Umfang des H2-Netzes in 2045 in allen Szenarien um 7.500 km
- **Schlussfolgerung**
  - Wasserstofftransportnetz zentraler Baustein in allen Szenarien

Analyse Fernleitungsnetze 2/4
Umgewidmete Gasleitungen als Baustein der Wasserstoffnetze



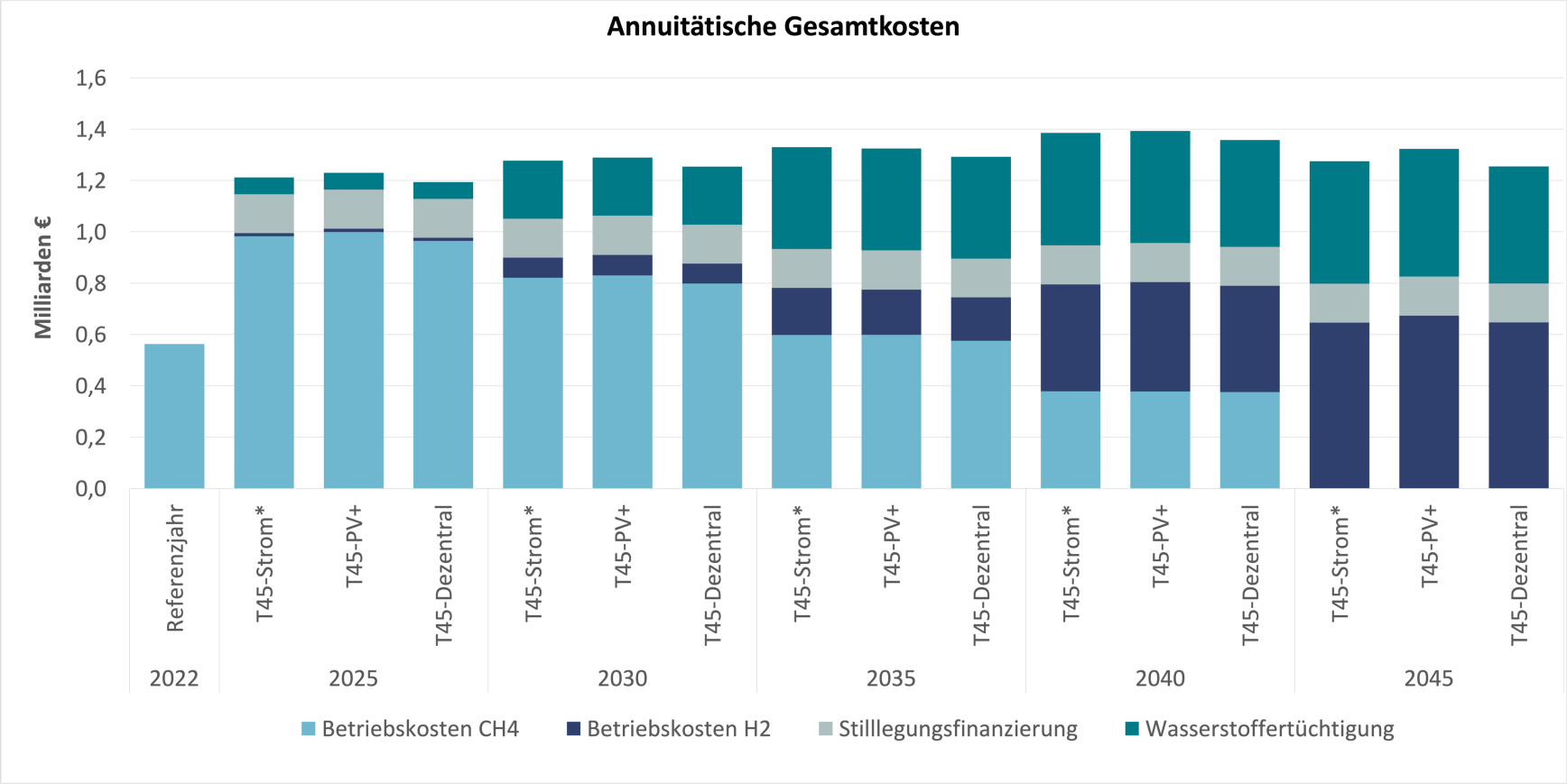
- **Ergebnisse**
  - Umfangreiche Maßnahmen zur Ertüchtigung des Gastransport-netzes auf Wasserstoff
  - Weiterbetrieb für den Methan-transport in allen Jahren und Szenarien bis 2045 (parallele Netzstruktur)
- **Einordnung**
  - Netztopologien basieren auf gesamteuropäischer Optimierung
  - Genauere Prüfung der Stilllegungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen in der Umsetzung notwendig
  - Starker Methanrückgang nach 2030 ermöglicht hohe Umwidmungsquote
- **Schlussfolgerung**
  - Stilllegungen und Wasserstoffertüchtigung benötigen frühzeitige Planung- und Finanzierungsregelungen

Analyse Fernleitungsnetze 3/4
Wasserstoffnetz gegenüber dem Methannetz deutlich reduziert



- **Ergebnisse**
  - Kumulierte Ausgaben für Infrastrukturanpassungen in allen Szenarien zwischen 14 und 16 Mrd. €
  - Stilllegungsausgaben konstant bei ca. 4 Mrd. €
- **Einordnung**
  - Min. 70 % der Gesamtausgaben entfallen auf Wasserstoffertüchtigung
- **Schlussfolgerung**
  - Finanzierungsbedarf mindestens 14 Mrd. € (einschließlich Stilllegungen)

Analyse Fernleitungsnetze 4/4
Betriebskosten stark von H2-Transportvolumen abhängig



- **Ergebnisse**
  - Betriebskosten – bestehend aus fixen Kosten für die Netzinfrastruktur (abhängig von Netzlängen) und jährlichen Betriebskosten (abhängig von Transportmengen) – unterschiedlich nach Szenario
  - Max. Gesamtkosten in T45-PV+ ca. 1,4 Mrd. €/a in 2040
- **Einordnung**
  - Betriebskosten des Methannetzes rückläufig
  - Gesamte Betriebskosten in allen Szenarien ansteigend
- **Schlussfolgerung**
  - Finanzierungs- und Regulierungsfragen für die Wasserstoffertüchtigung frühzeitig klären

Fazit zur Gasnetzentwicklung

- In allen Szenarien ist ein umfangreicher Aufbau eines deutschen Wasserstofftransportnetzes erforderlich und kostenoptimal im Sinne der Optimierung der Kosten des Energieangebots.
- Geringe Variation des Infrastrukturbedarfs zwischen den Szenarien.
- Erheblicher Ausbau erfolgt auch außerhalb von Deutschland.
- Der weit überwiegende Teil des Wasserstoffnetzes kann bei paralleler Erfüllung der Aufgaben des Erdgastransports aus dem bestehenden Erdgastransportnetz umgewidmet werden. (Ausreichende Verfügbarkeit auch von Importkapazitäten und Speichern ist hierfür essentiell.)
- Keine Verteilungsnetze betrachtet, weil Wasserstoff in diesen Szenarien nicht in der Wärmeversorgung eingesetzt wird.
- Der Anteil der Kosten für die Anpassung der Gastransportinfrastruktur bewegt sich im unteren einstelligen Prozentbereich der Gesamtsystemkosten.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
... dann mal los

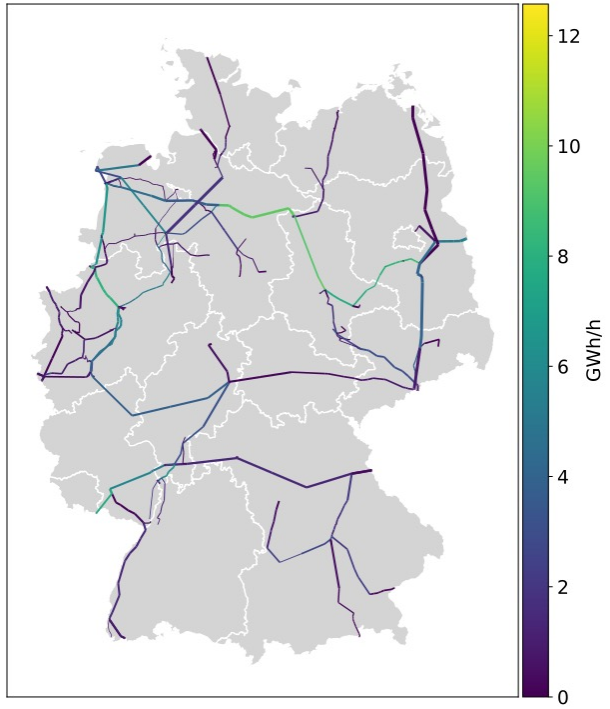
www.langfristszenarien.de

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

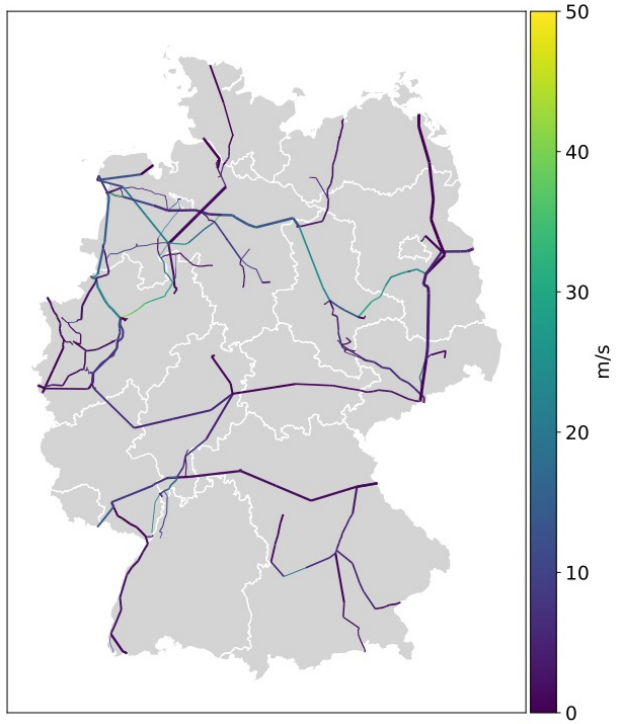
T45-Strom*: Simulation H2-2045
Für „Importe Maximal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtsystemlast minimal					
Importe minimal					

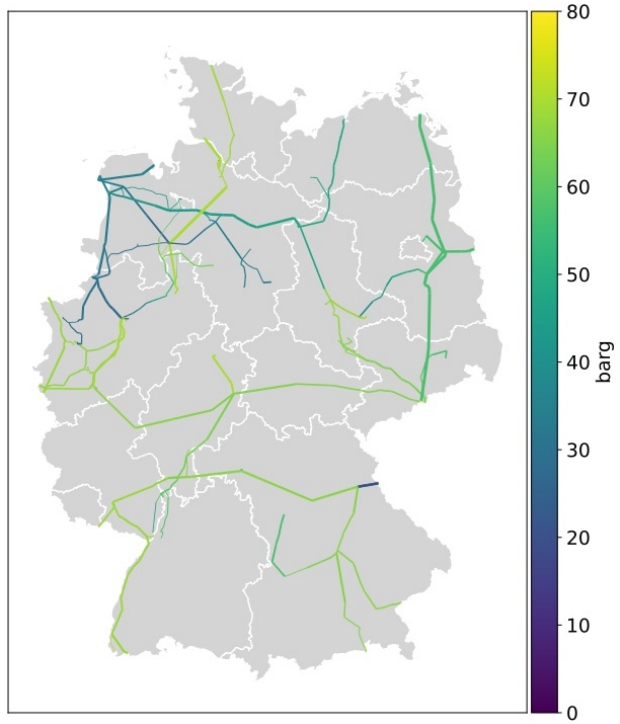
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 12 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

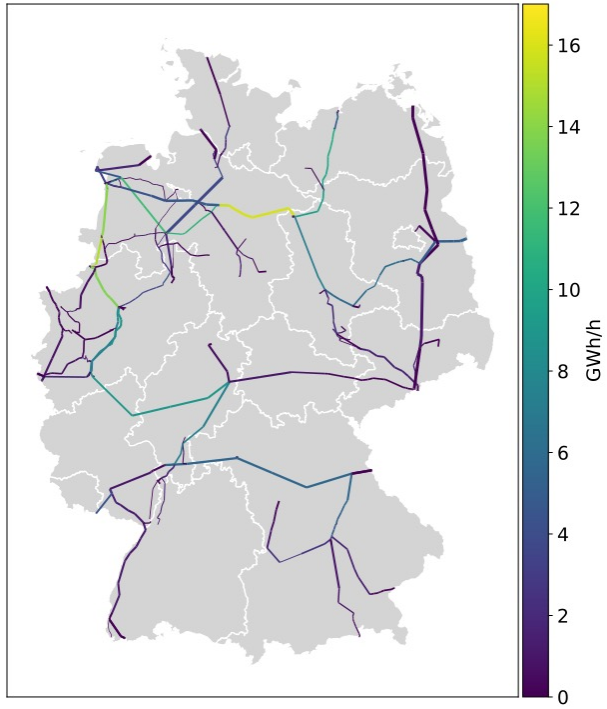
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

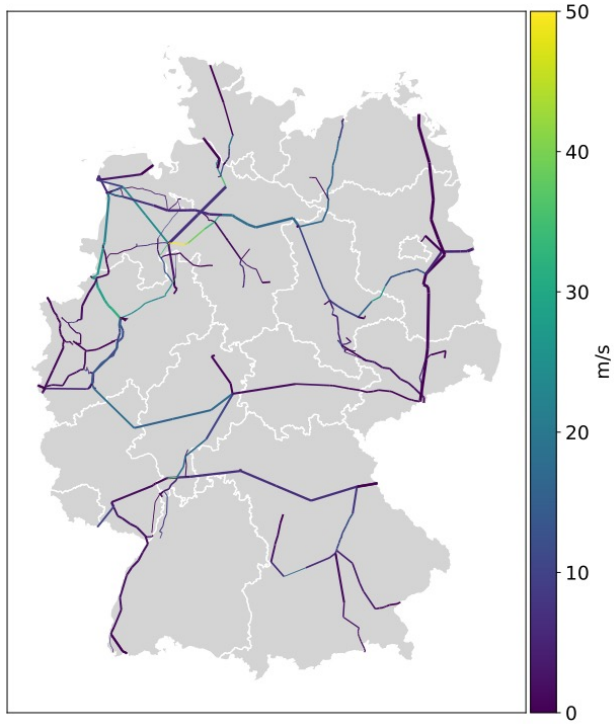
T45-Strom*: Simulation H2-2045
Für „Importe Minimal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtsystemlast minimal					
Importe minimal					

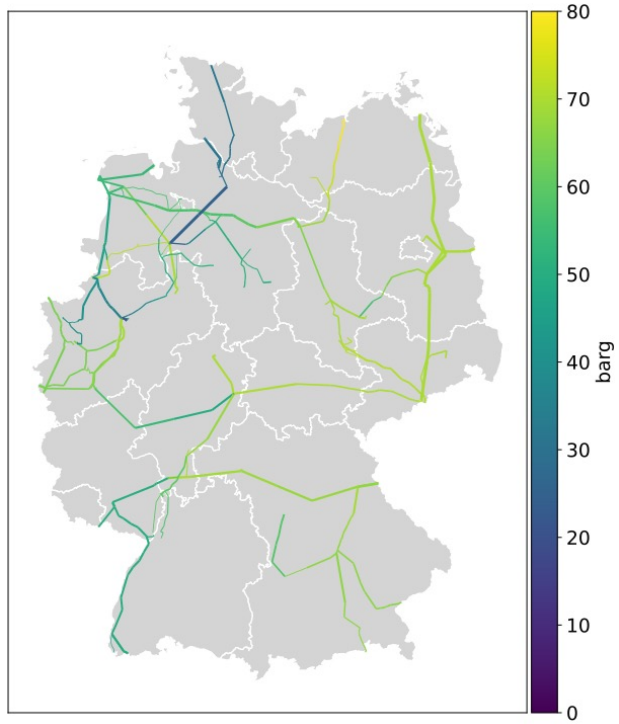
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 16 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

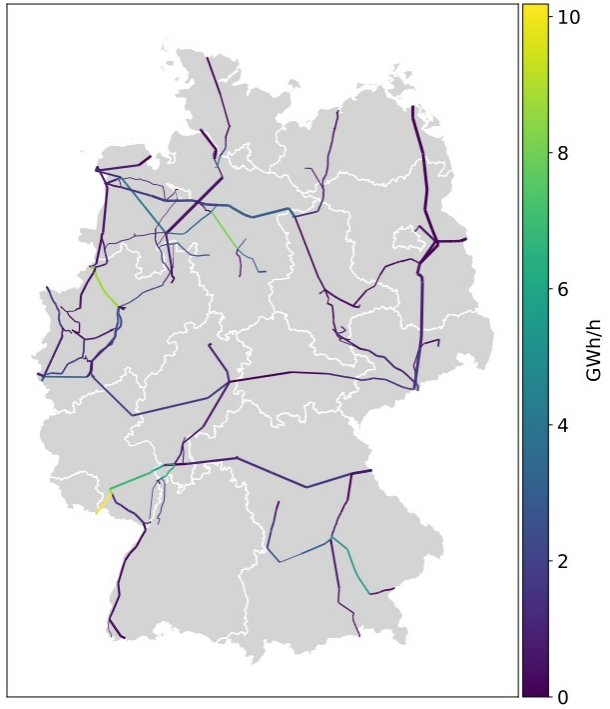
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

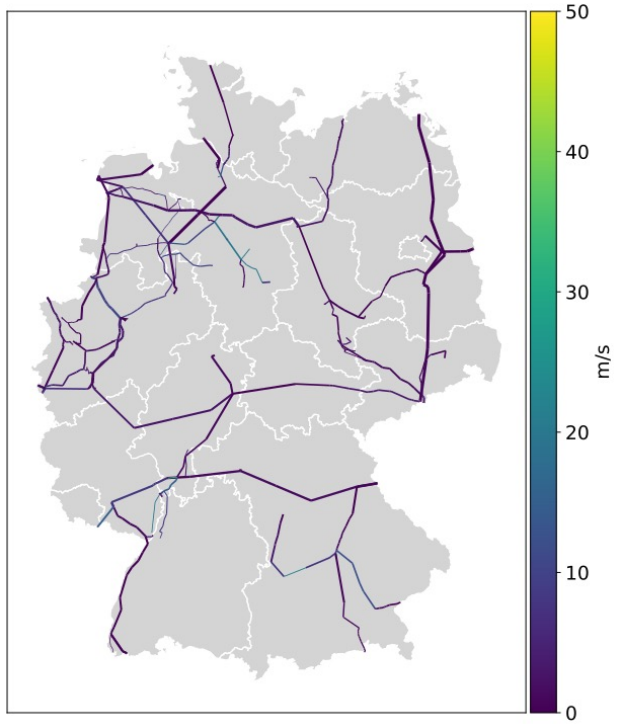
T45-PV+: Simulation H2-2045
Für „Importe Maximal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtsystemlast minimal					
Importe minimal					

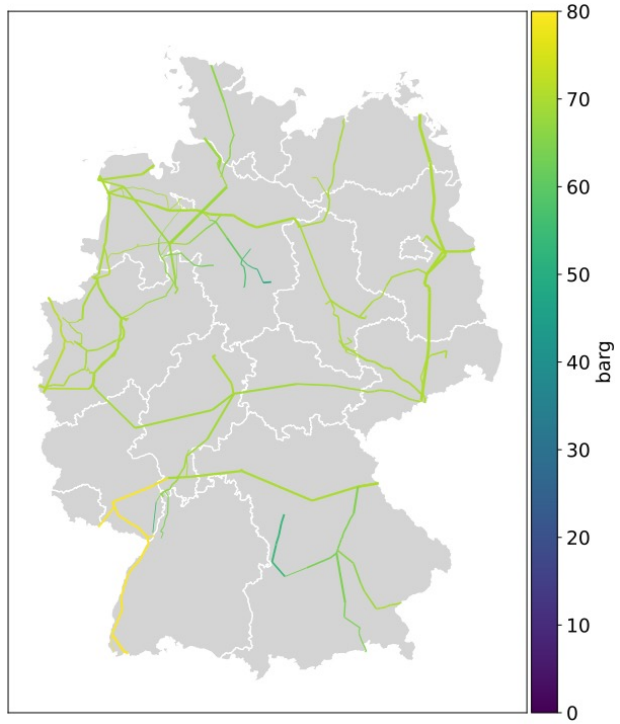
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 10 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 5-10 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

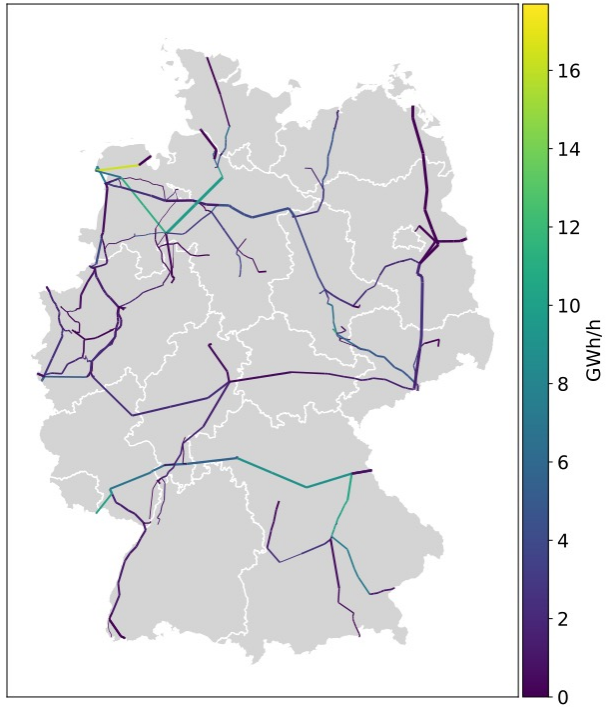
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

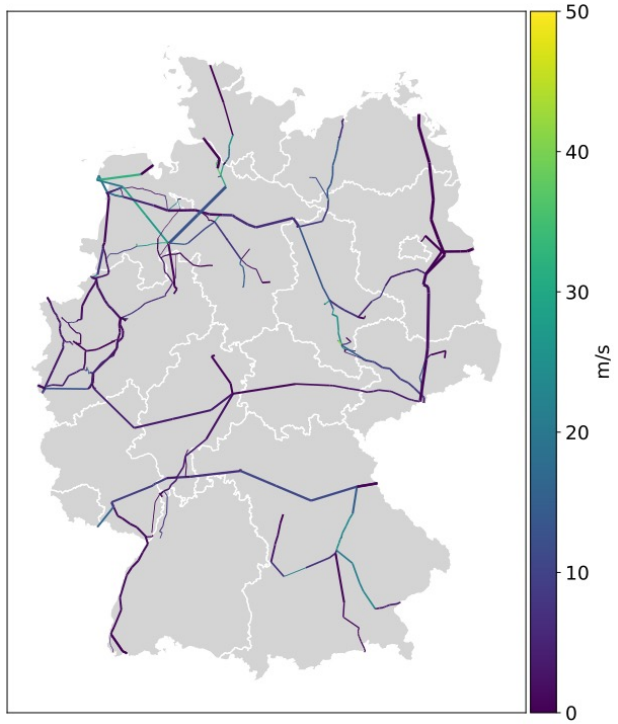
T45-PV+: Simulation H2-2045
Für „Gesamtnachfrage Minimal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtsystemlast minimal					
Importe minimal					

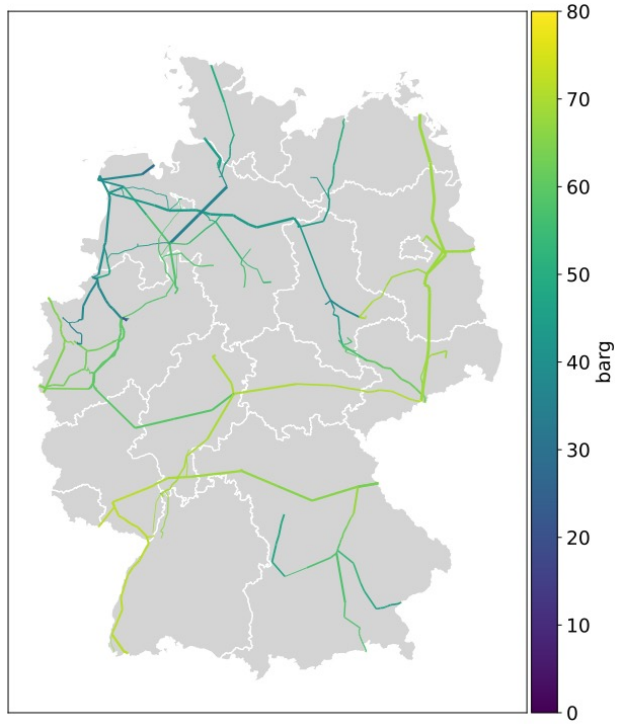
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 16 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

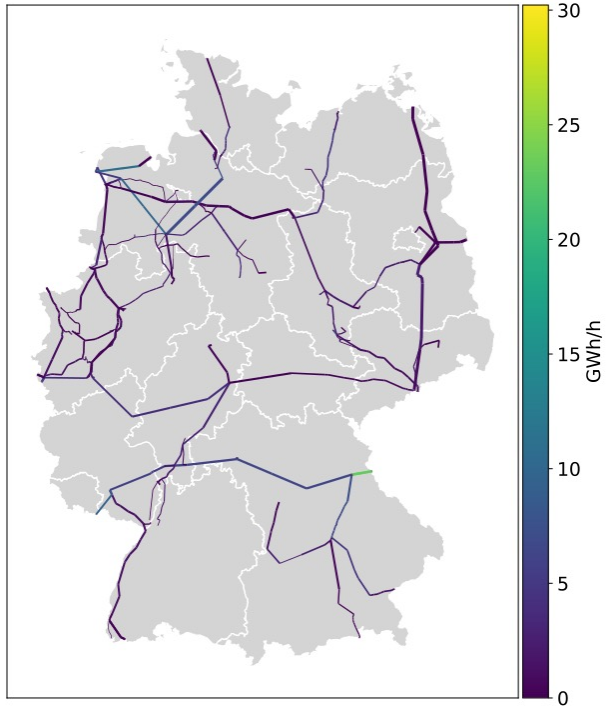
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

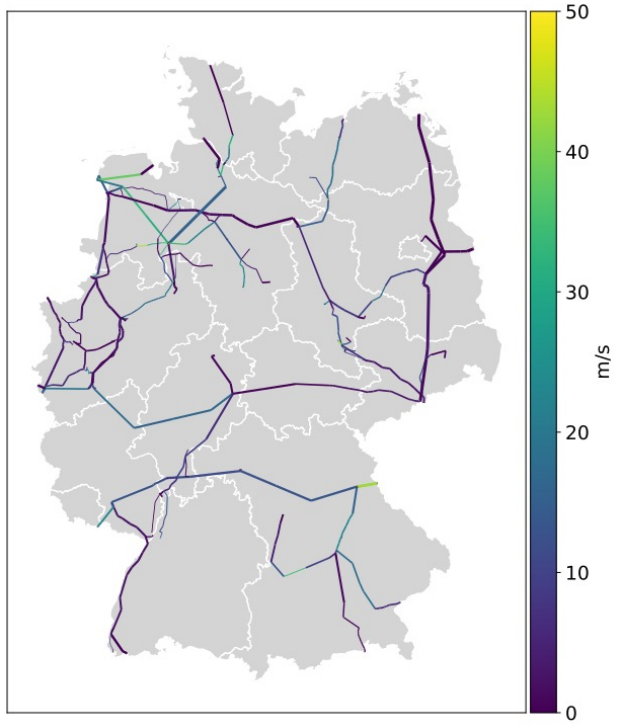
T45-Dezentral: Simulation H2-2045
Für „Gesamtnachfrage Minimal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtsystemlast minimal					
Importe minimal					

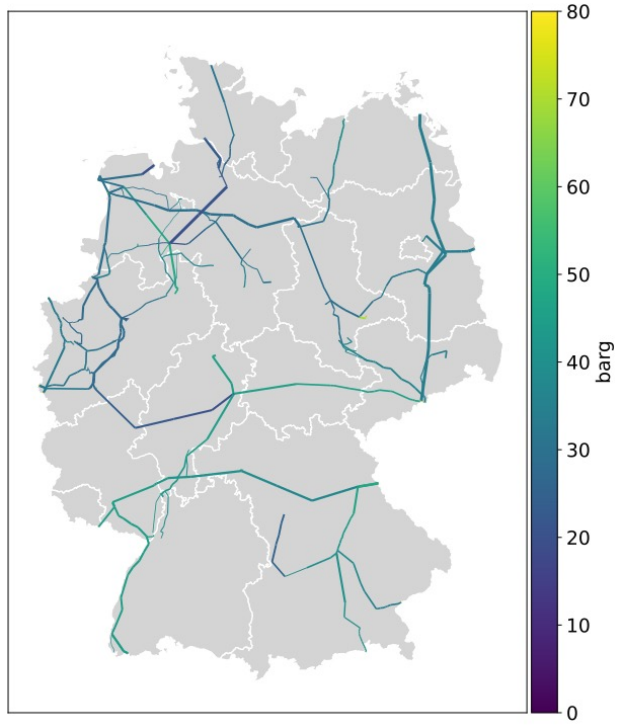
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 30 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

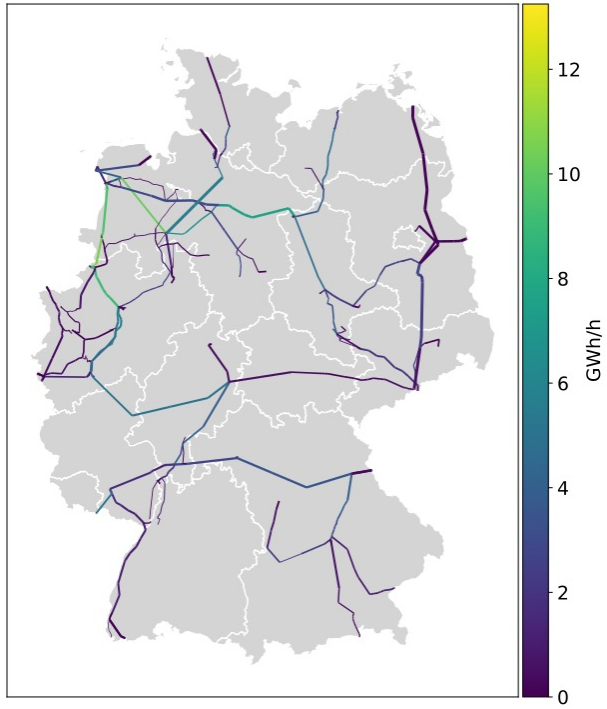
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

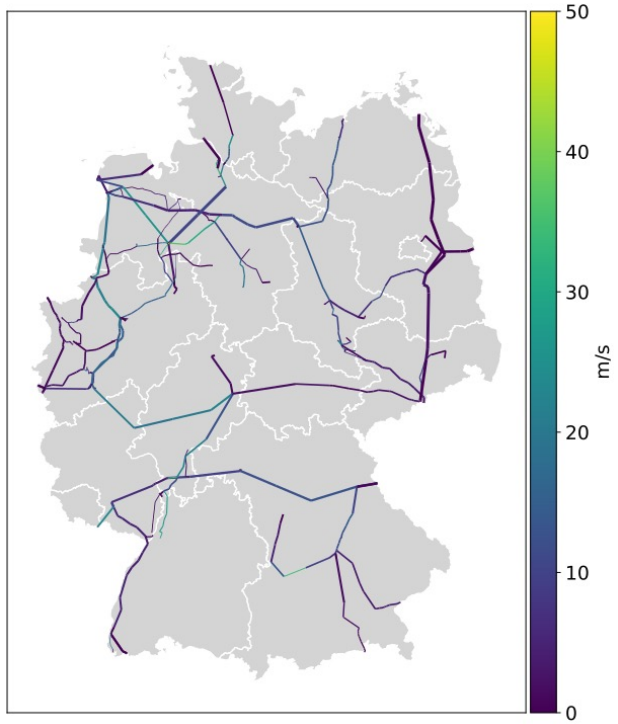
T45-Dezentral: Simulation H2-2045
Für „Importe Minimal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Gesamtsystemlast minimal					
Importe minimal					

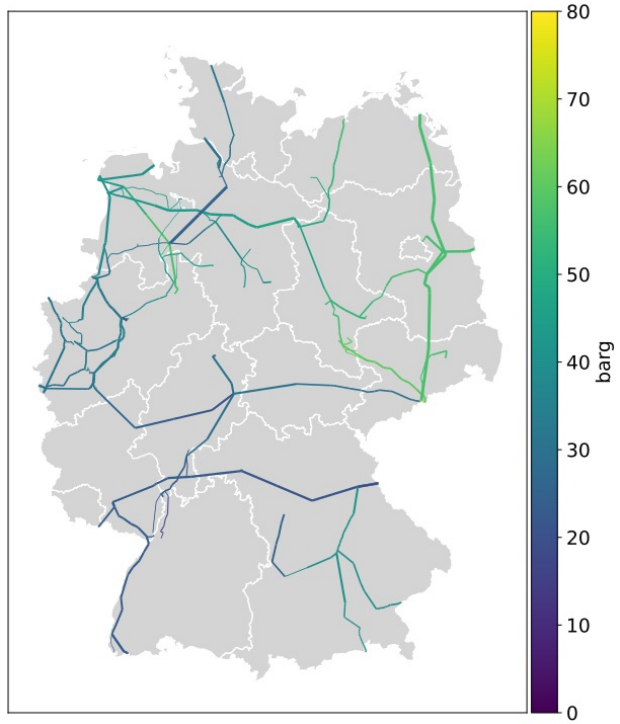
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2045 kann erfüllt werden
  - Länge des Wasserstoffnetzes ca. 7.600 km (ca. 90% aus Umwidmung)
  - 6 Verdichterstationen als Bestandteil der Simulation

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 12 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

- Aufbau eines Wasserstoffnetzes weitgehend durch Umwidmung bestehender Erdgaspipelines

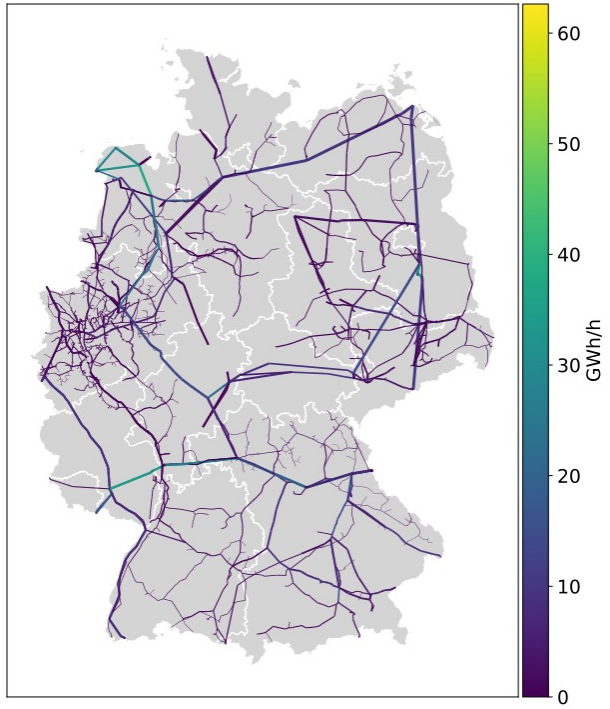
Datenstand: 11/2023

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

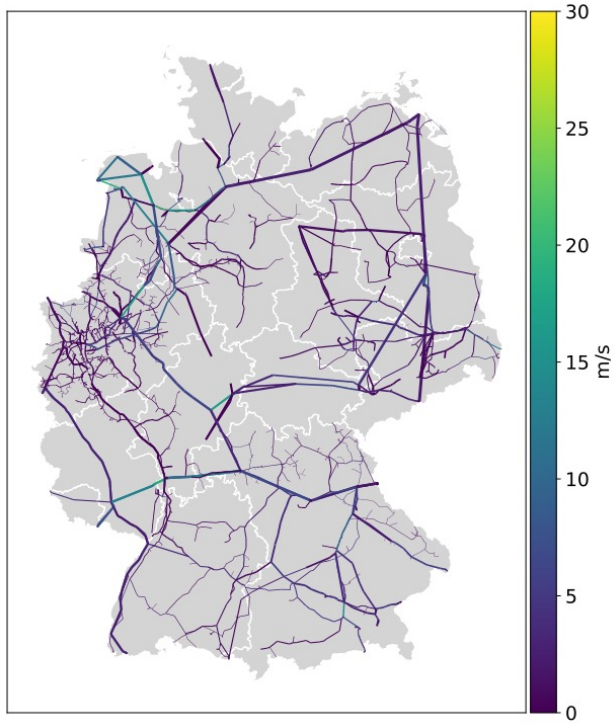
T45-Strom*: Simulation CH4-2030
Für „Importe Maximal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

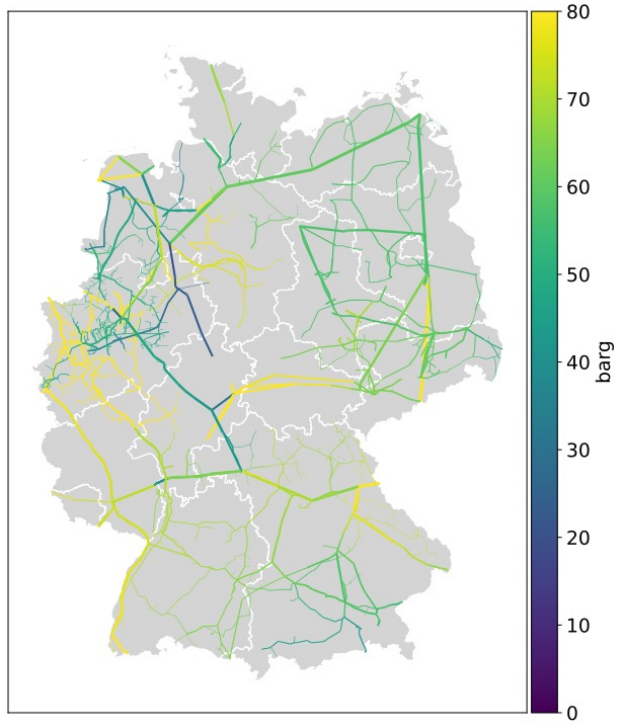
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 50 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 20-25 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

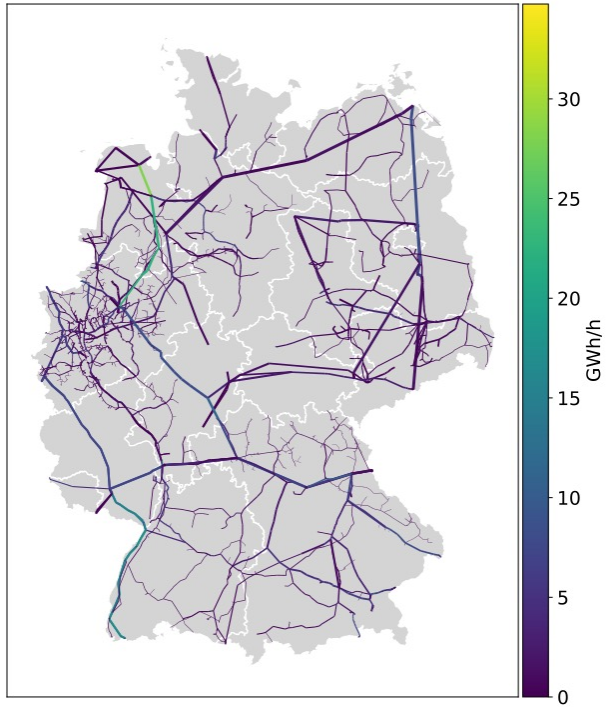
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

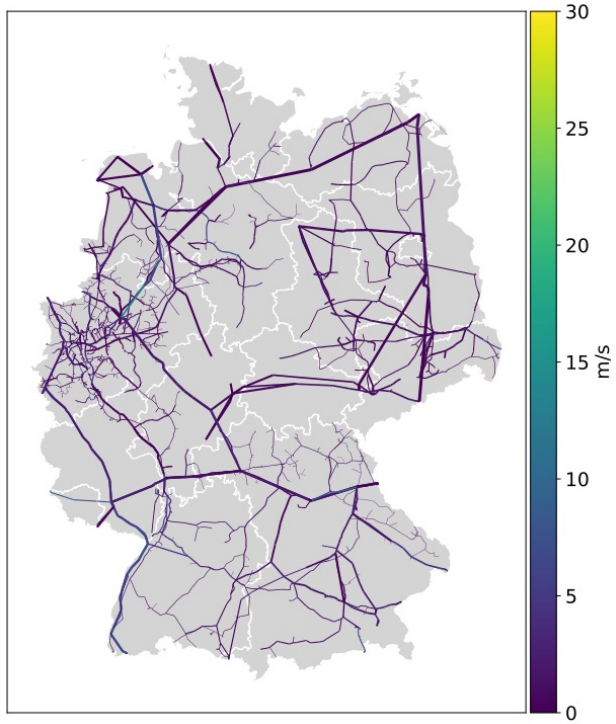
T45-Strom*: Simulation CH4-2030
Für „Kraftwerksausspeisung Maximal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

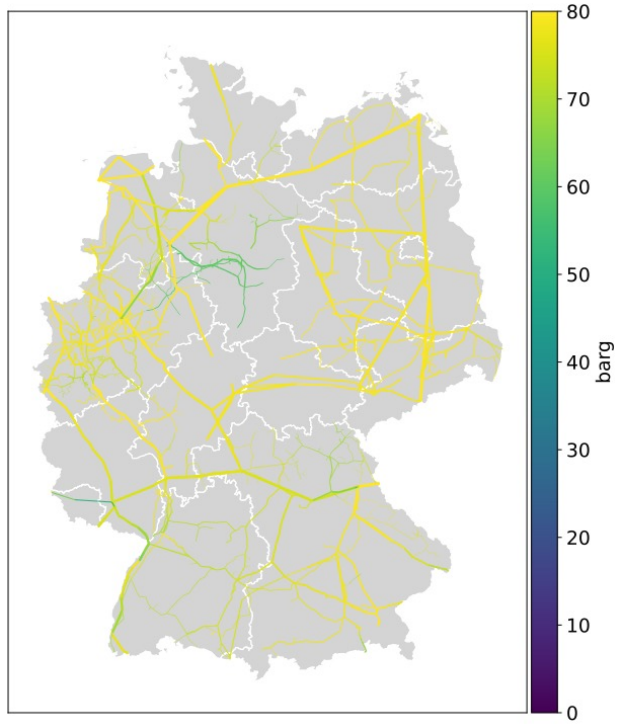
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis etwa 30 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

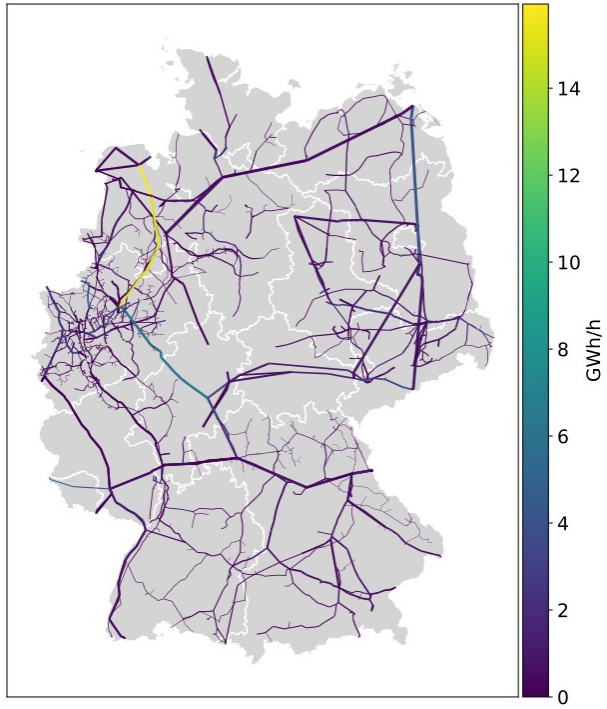
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

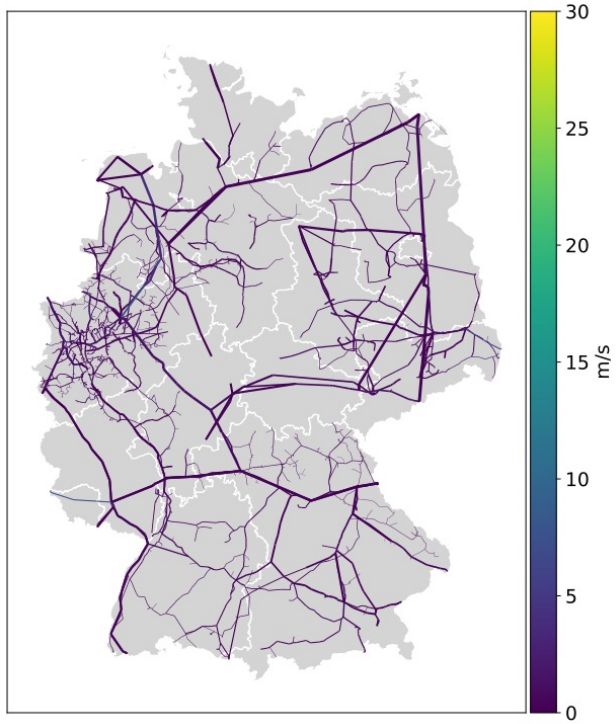
T45-Strom*: Simulation CH4-2030
Für „Importe Minimal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

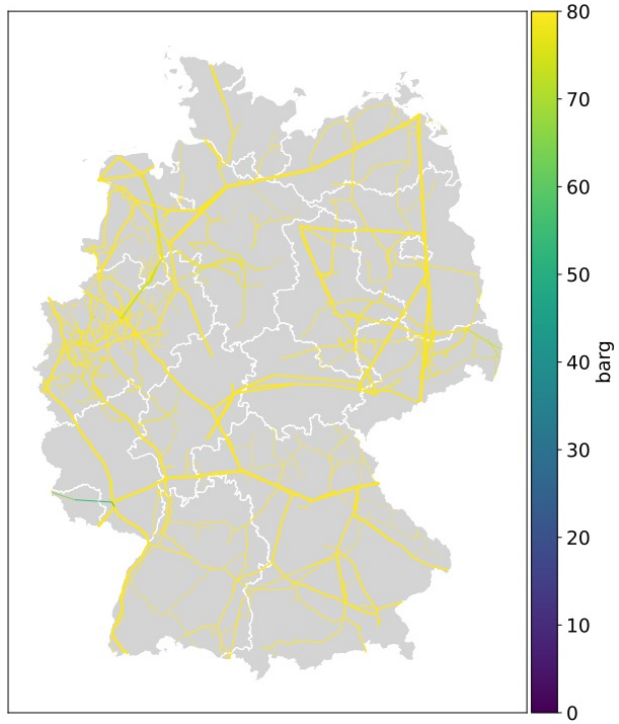
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 15 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 5-10 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

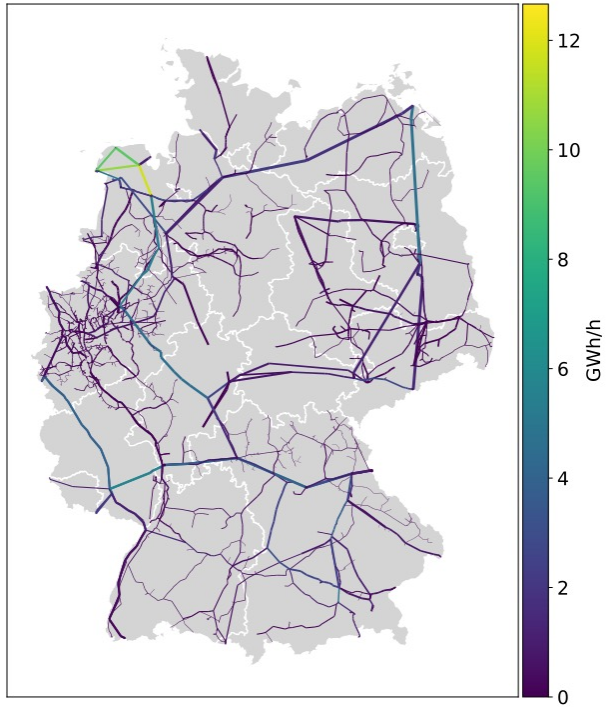
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

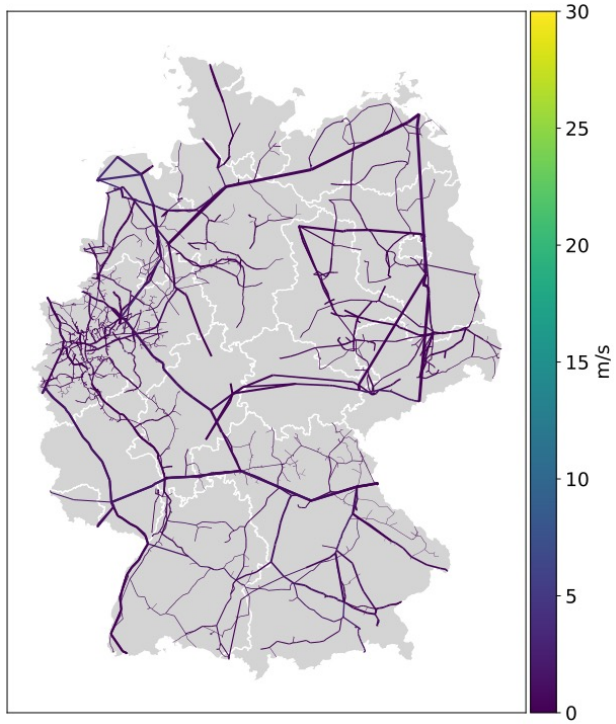
T45-Strom*: Simulation CH4-2030
Für „Gesamtnachfrage Minimal“

Szenario	T45-Strom*				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

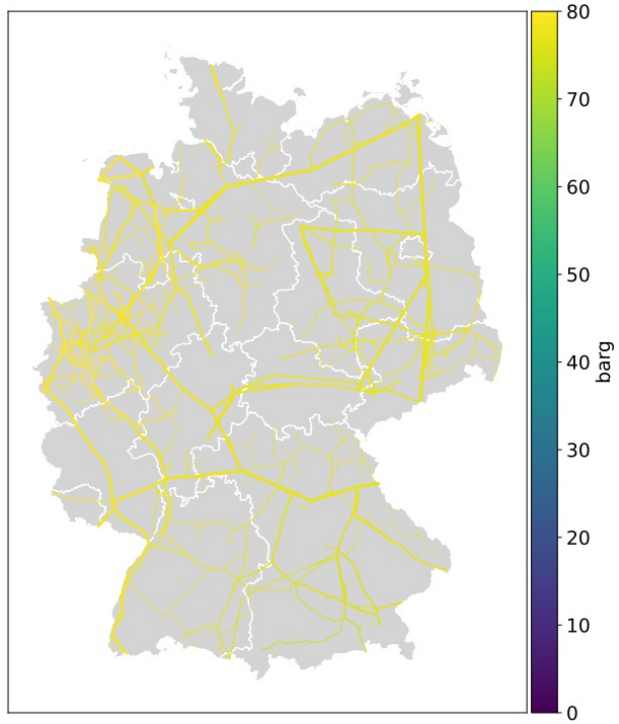
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 12 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 5-10 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

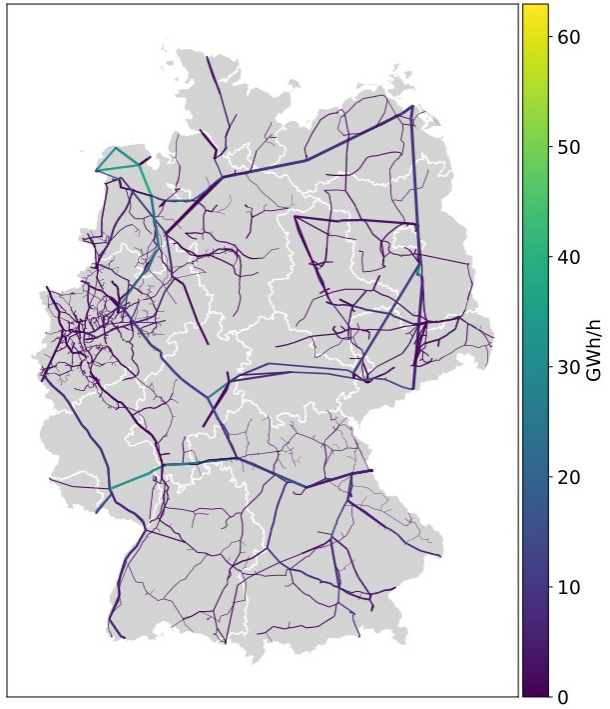
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

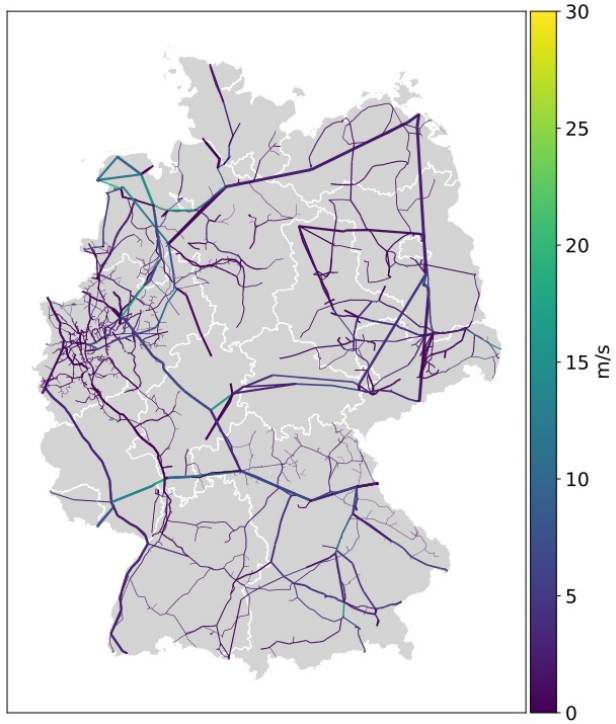
T45-PV+: Simulation CH4-2030
Für „Importe Maximal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

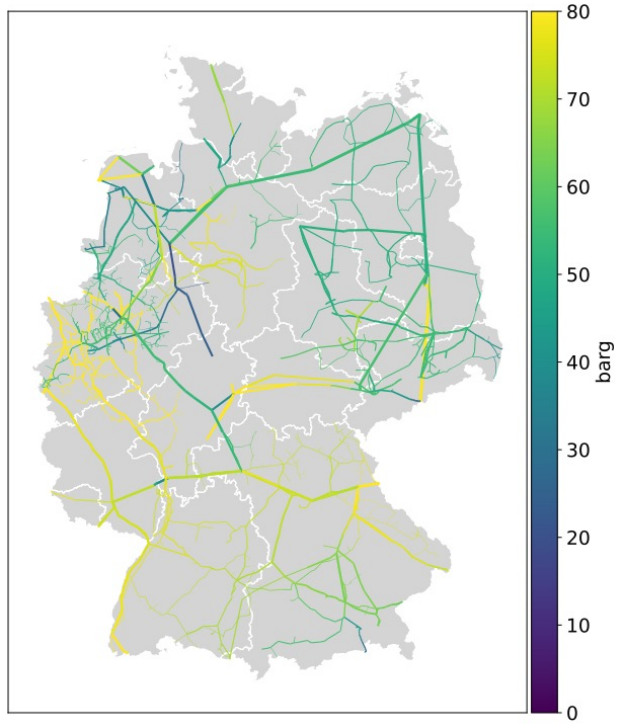
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 50 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

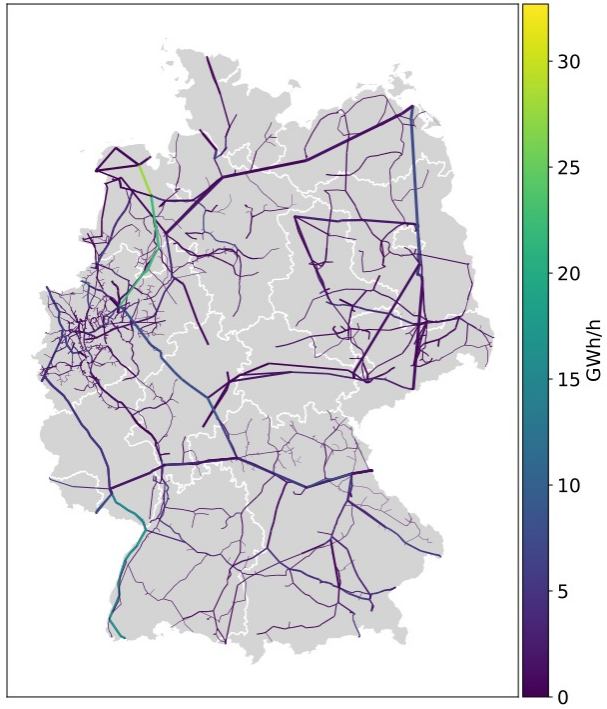
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

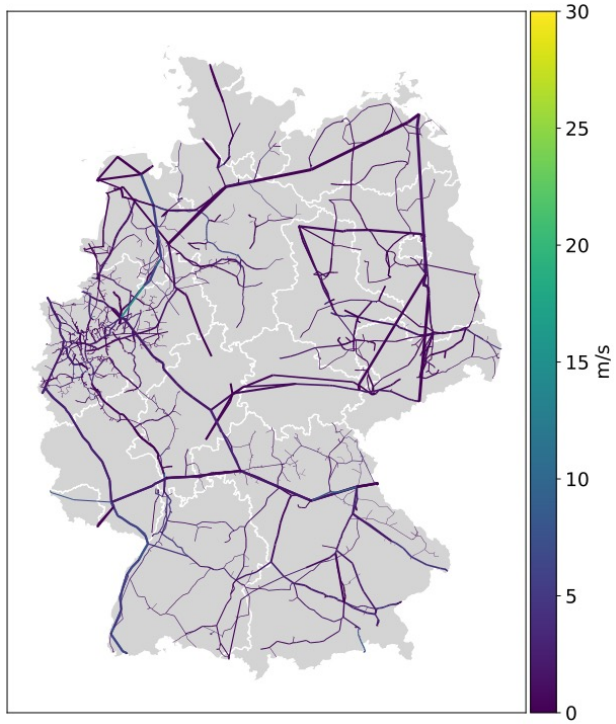
T45-PV+: Simulation CH4-2030
Für „Kraftwerksleistung Maximal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

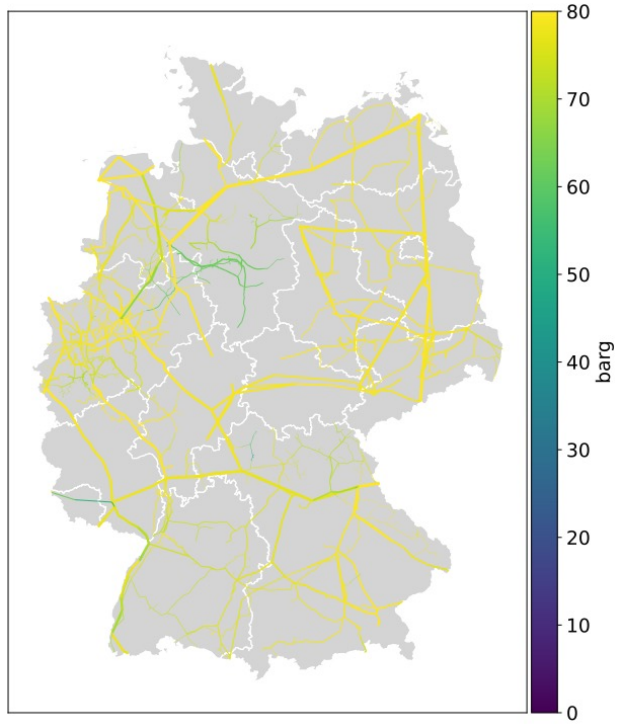
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 30 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 5-10 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

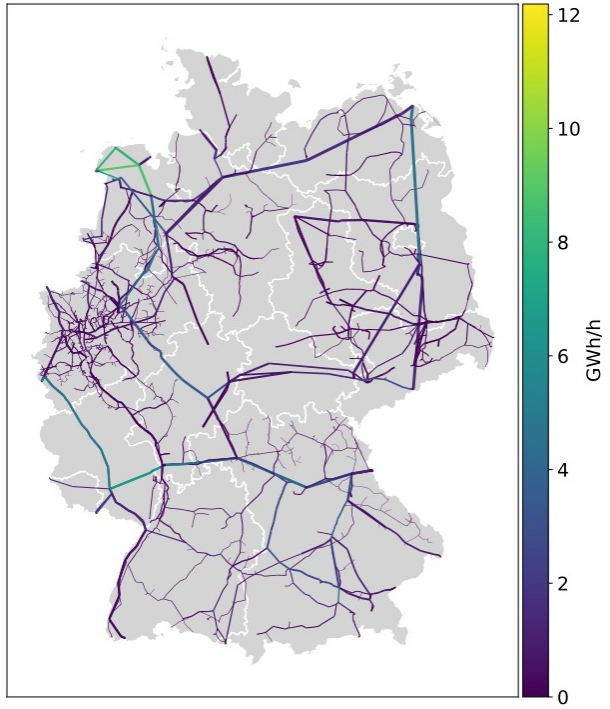
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

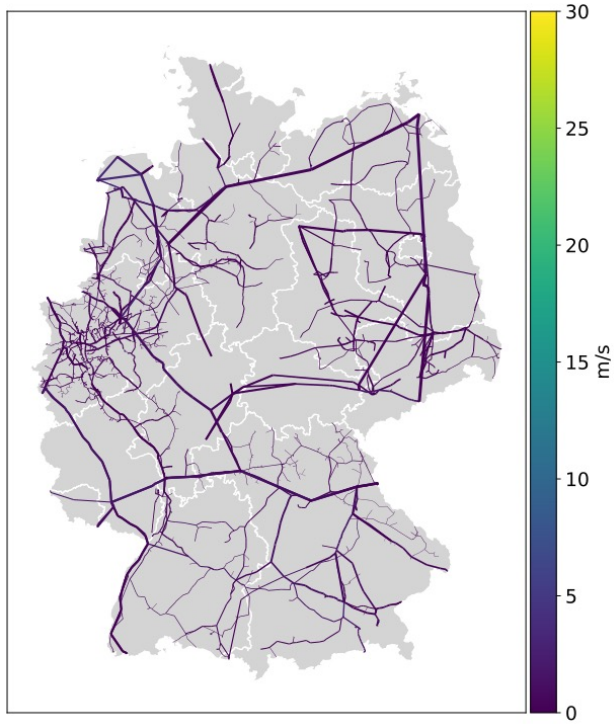
T45-PV+: Simulation CH4-2030
Für „Gesamtnachfrage Minimal“

Szenario	T45-PV+				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

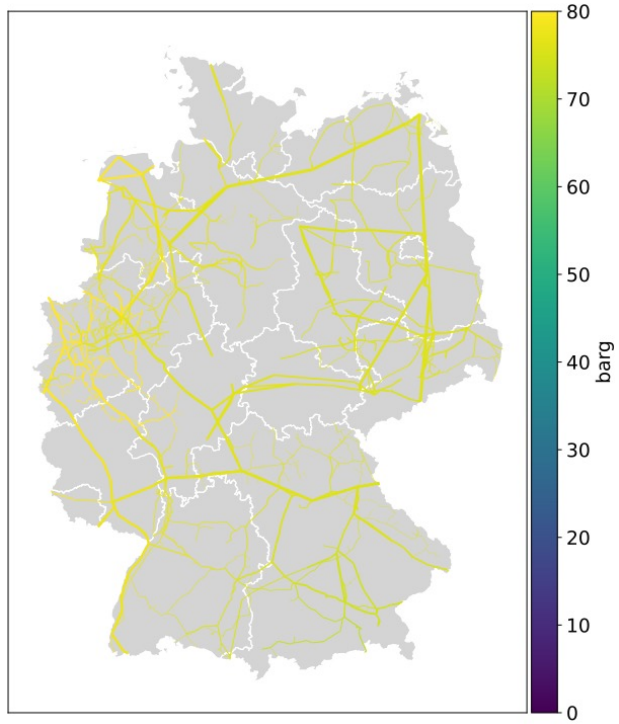
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 12 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa bis 30 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

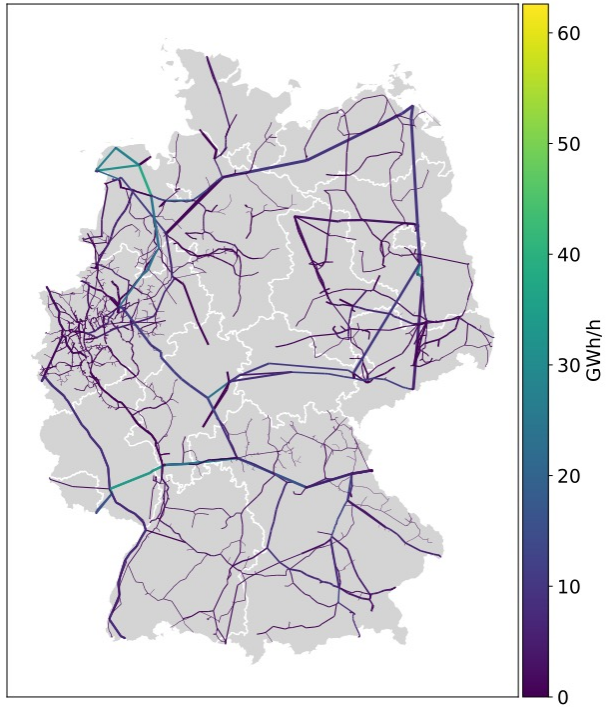
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

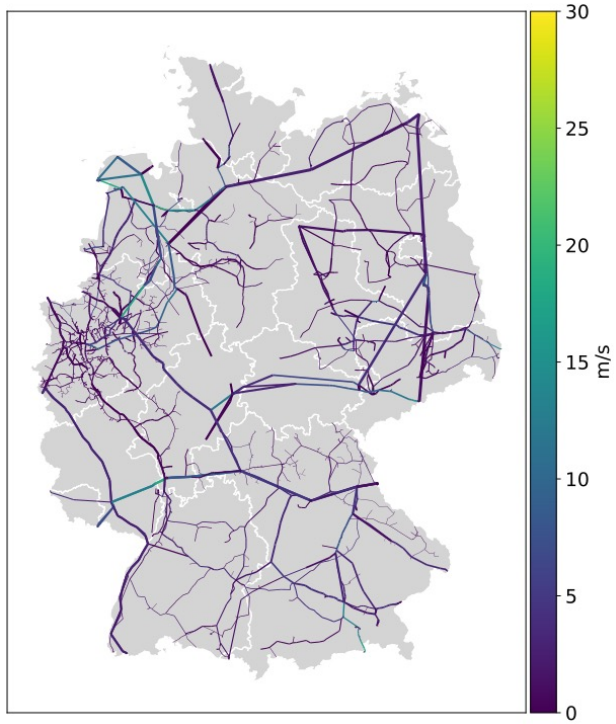
T45-Dezentral: Simulation CH4-2030
Für „Importe Maximal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

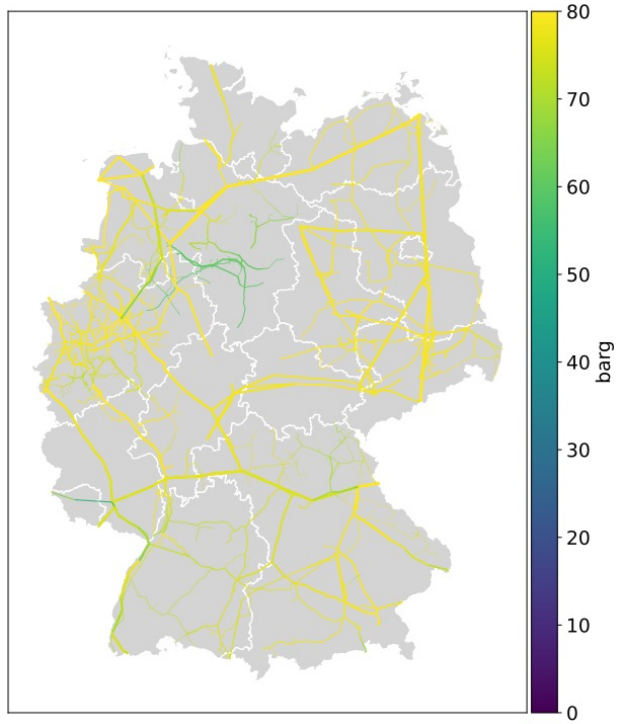
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 60 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten bis etwa 30 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

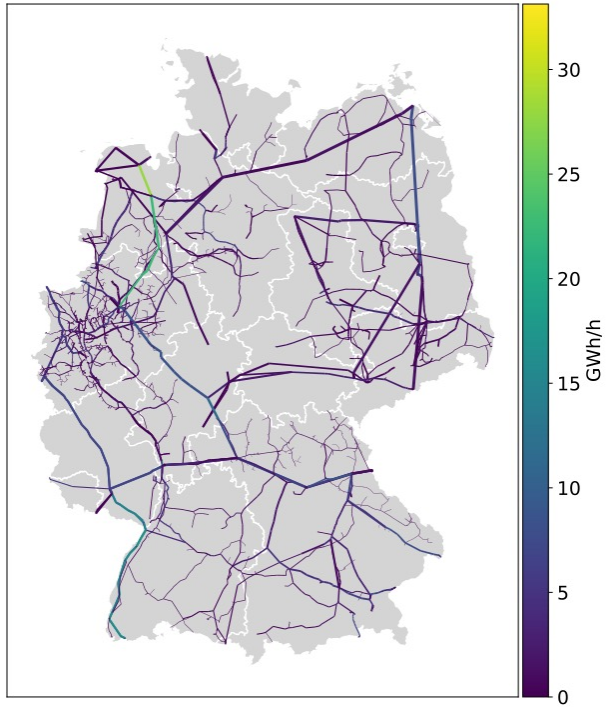
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

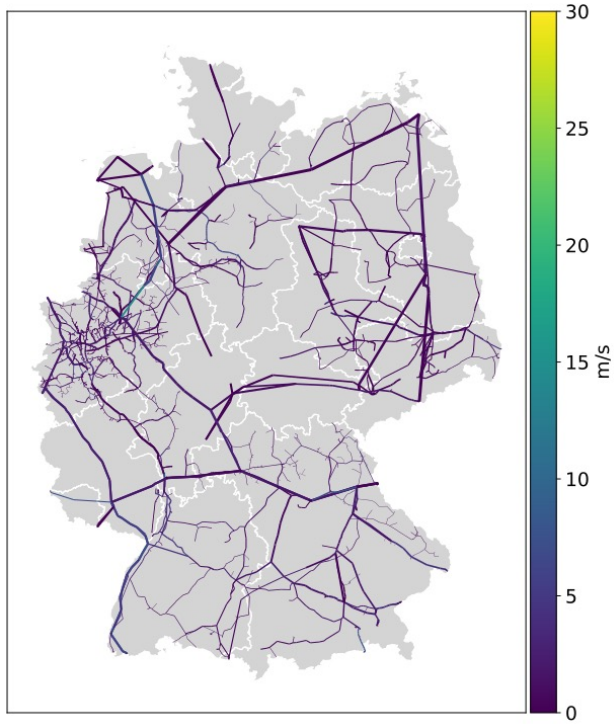
T45-Dezentral: Simulation CH4-2030
Für „Kraftwerksleistung Maximal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

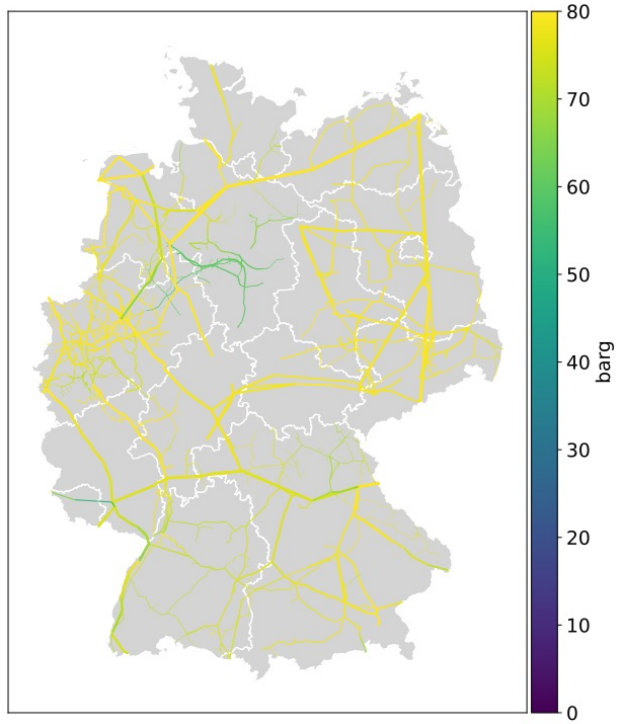
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 30 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

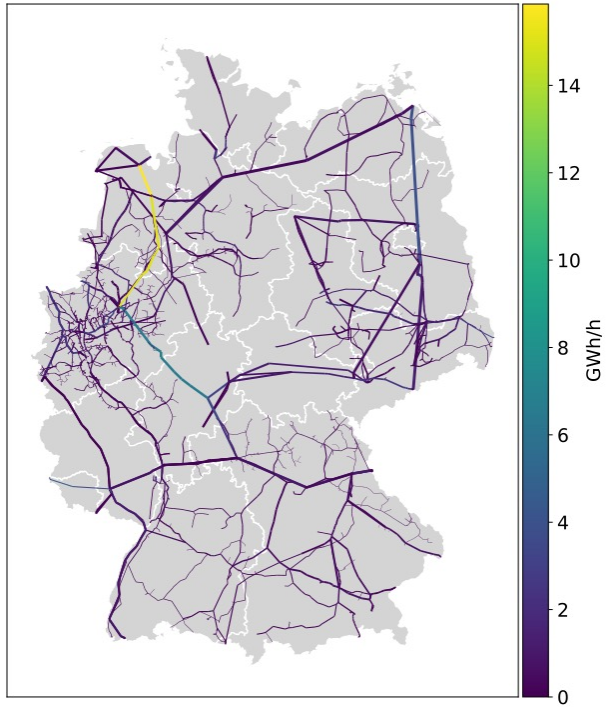
- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

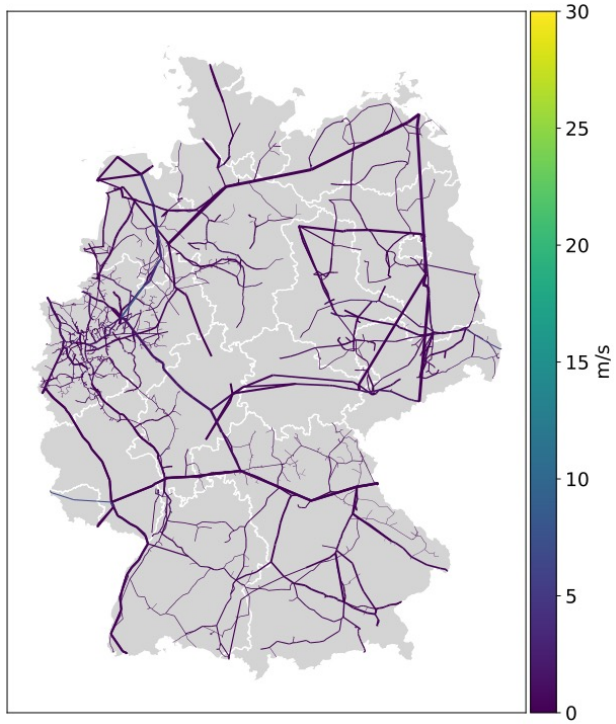
T45-Dezentral: Simulation CH4-2030
Für „Importe Minimal“

Szenario	T45-Dezentral				
Netznutzungsfall/Jahr	25	30	35	40	45
Gesamtsystemlast maximal					
Importe maximal					
Kraftwerksausspeisung max.					
Importe minimal					
Gesamtsystemlast minimal					

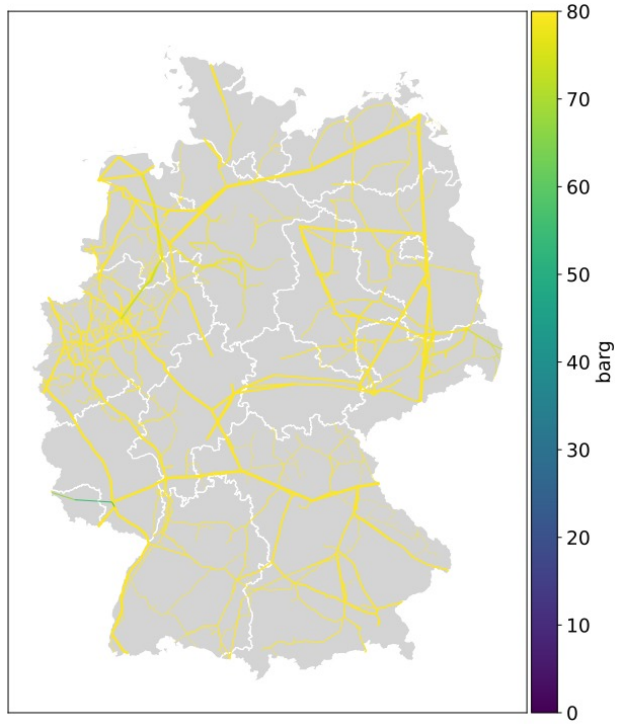
Leistung



Flussgeschwindigkeit



Druck



- **Ergebnisse**
  - Versorgungsaufgabe für 2030 kann erfüllt werden

Einordnung

- Leistungsflüsse bis 15 GWh/h
- Flussgeschwindigkeiten etwa 10-15 m/s
- Drücke bis etwa 80 bar

Schlussfolgerung

- Erfüllung der Versorgungs-aufgabe im Erdgasnetz trotz der Umwidmungen möglich.

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources