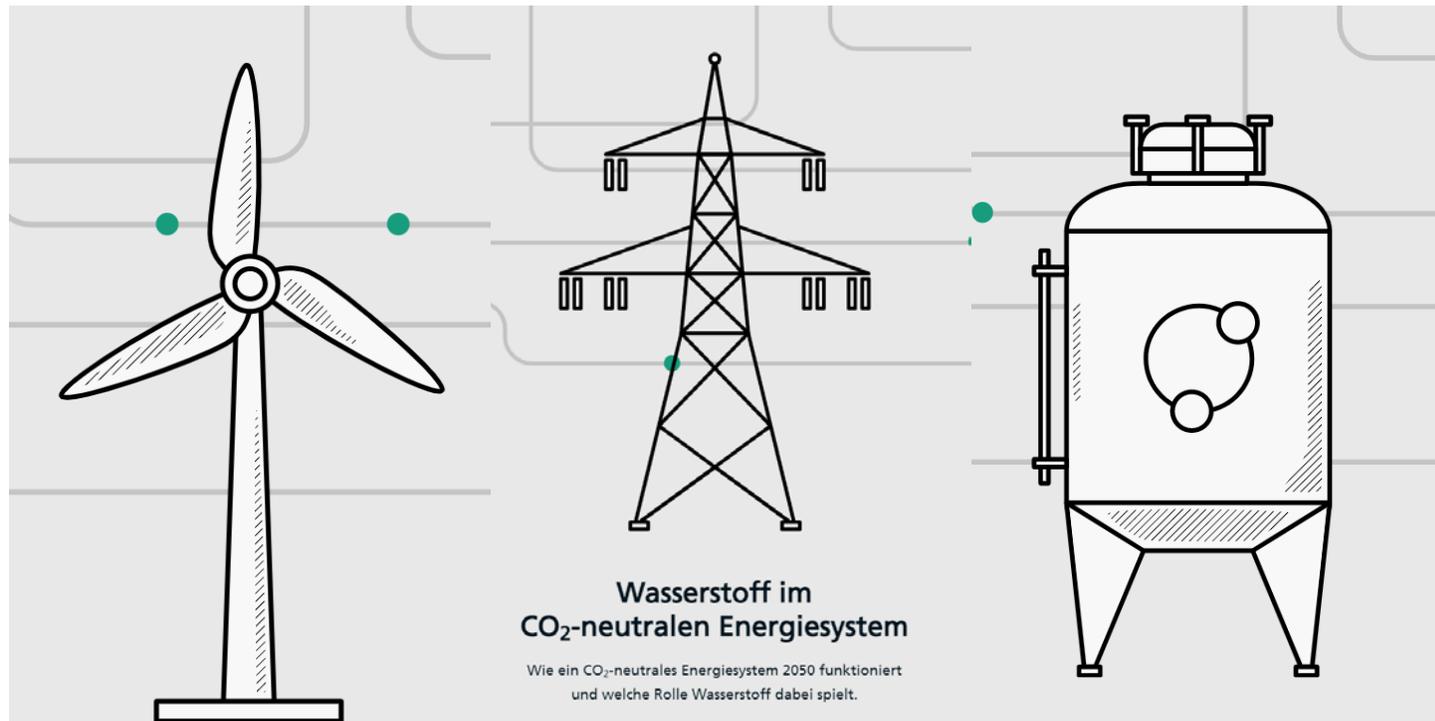


WASSERSTOFF IM CO₂-NEUTRALEN ENERGIESYSTEM

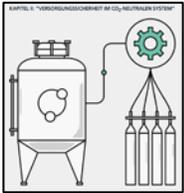
Tobias Fleiter, Richard Schmitz, Charlotte Senkpiel, Markus Haun, Julian Brandes, Marijke Welisch, Christoph Kost, Norman Gerhardt, Marius Neuwirth, Pia Manz, Benjamin Pfluger



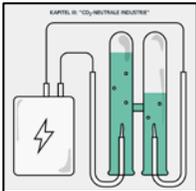
AGENDA



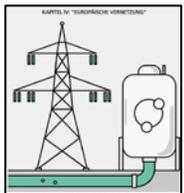
- Kapitel I: Das Energiesystem im Wandel



- Kapitel II: Versorgungssicherheit im CO2-neutralen System



- Kapitel III: Wasserstoff für die CO2-neutrale Industrie



- Kapitel IV: Europäische Vernetzung

CINES Systemanalyse: Institutsübergreifende Kooperation von Fraunhofer Instituten

Grundlage sind die Arbeiten der institutsübergreifenden CINES Systemanalyse, bestehend aus

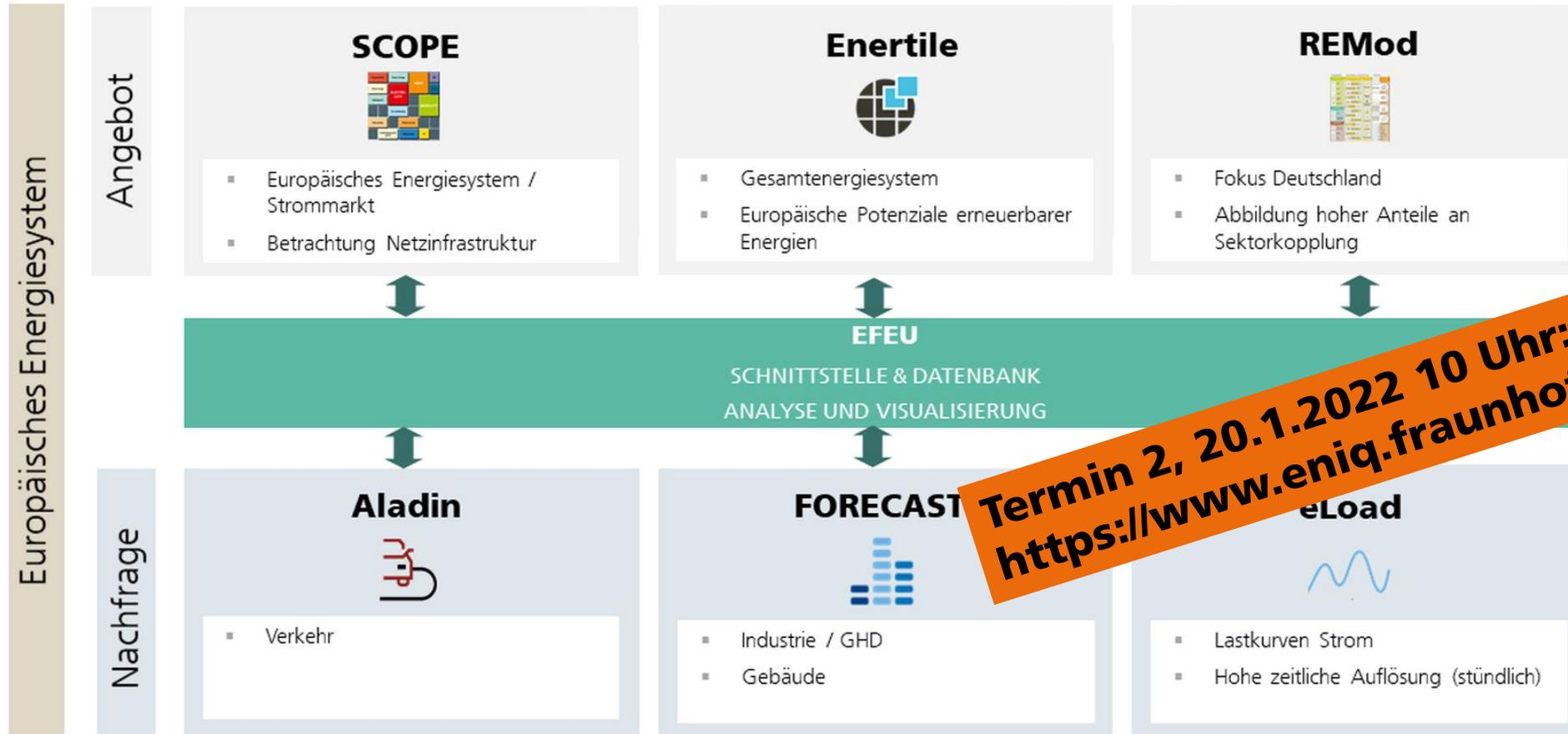
- Fraunhofer ISI,
- Fraunhofer IEE,
- Fraunhofer ISE und
- Fraunhofer IEG.

Die Webseite zur Fraunhofer-Wasserstoff Story soll

- Ergebnisse durchgeführter Systemstudien der beteiligten Fraunhofer Institute bündeln
- Ergebnisse zugänglicher machen und spannender aufbereiten
- Mehr bieten als herkömmliche Projektberichte



Systemmodellierung von Fraunhofer CINES als Grundlage



Termin 2, 20.1.2022 10 Uhr:
<https://www.eniq.fraunhofer.de/>

Kapitel I: Das Energiesystem im Wandel

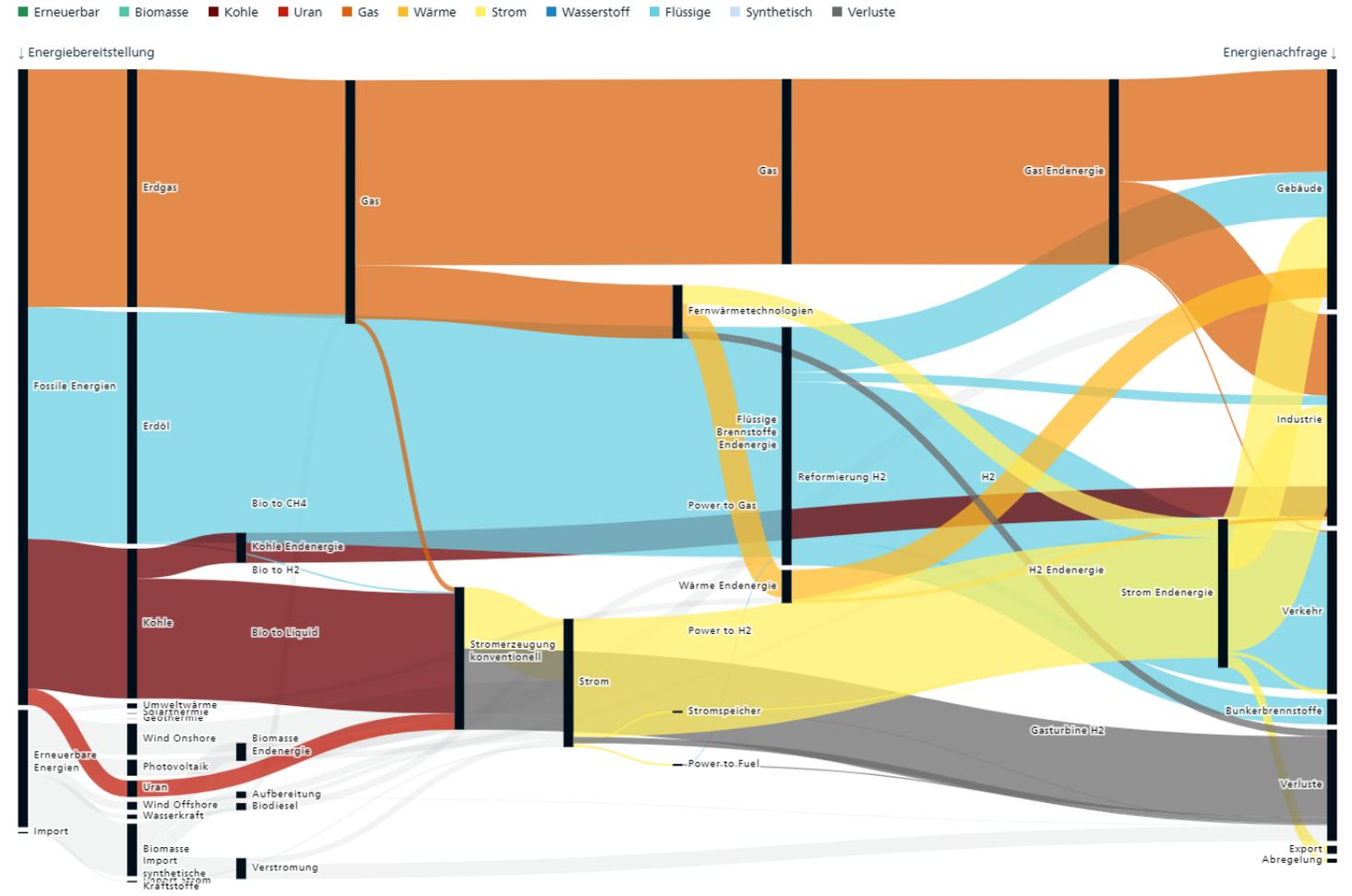
- Klimaschutzgesetz: Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um 65% reduziert werden, bis 2045 soll Deutschland klimaneutral sein
- Dies erfordert einen grundsätzlichen Umbau des Energiesystems:
 - Ausbau von Erneuerbaren, besonders Wind und PV
 - Ausbau von Wandlungs- und Speichertechnologien
 - Ausbau neuer Anwendungstechnologien im Verkehr, der Industrie und den Gebäuden
 - Effiziente Energienutzung



Das Energiesystem im Wandel

Die heutigen Energieflüsse

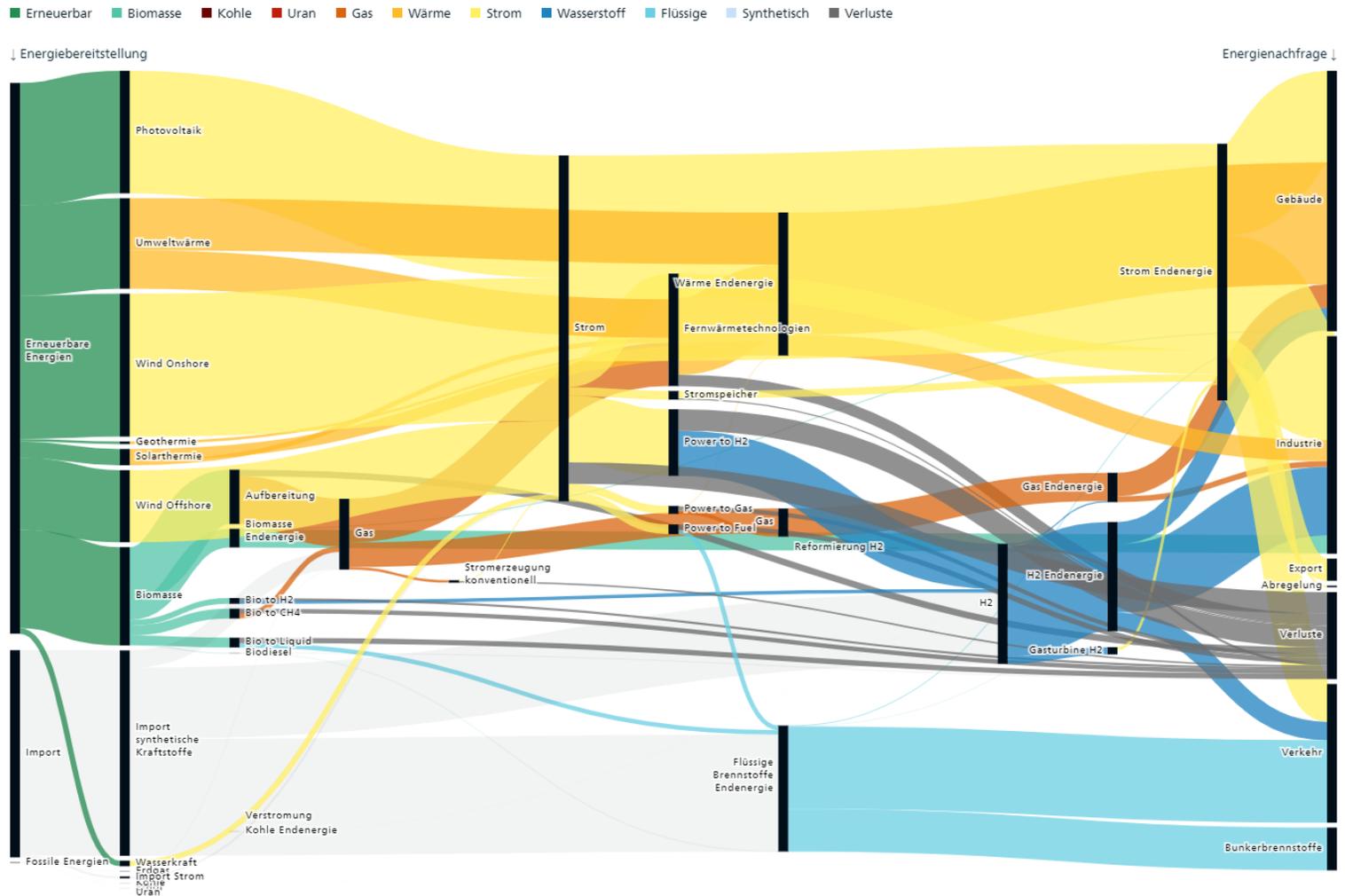
- Fossile Energieträger dominieren das heutige Energiesystem. An den knapp 12.200 PJ Primärenergieverbrauch im Jahr 2021 lag der Anteil der Erneuerbaren bei 16%.
- Wasserstoff spielt heute als Energieträger kaum eine Rolle.



Das Energiesystem im Wandel

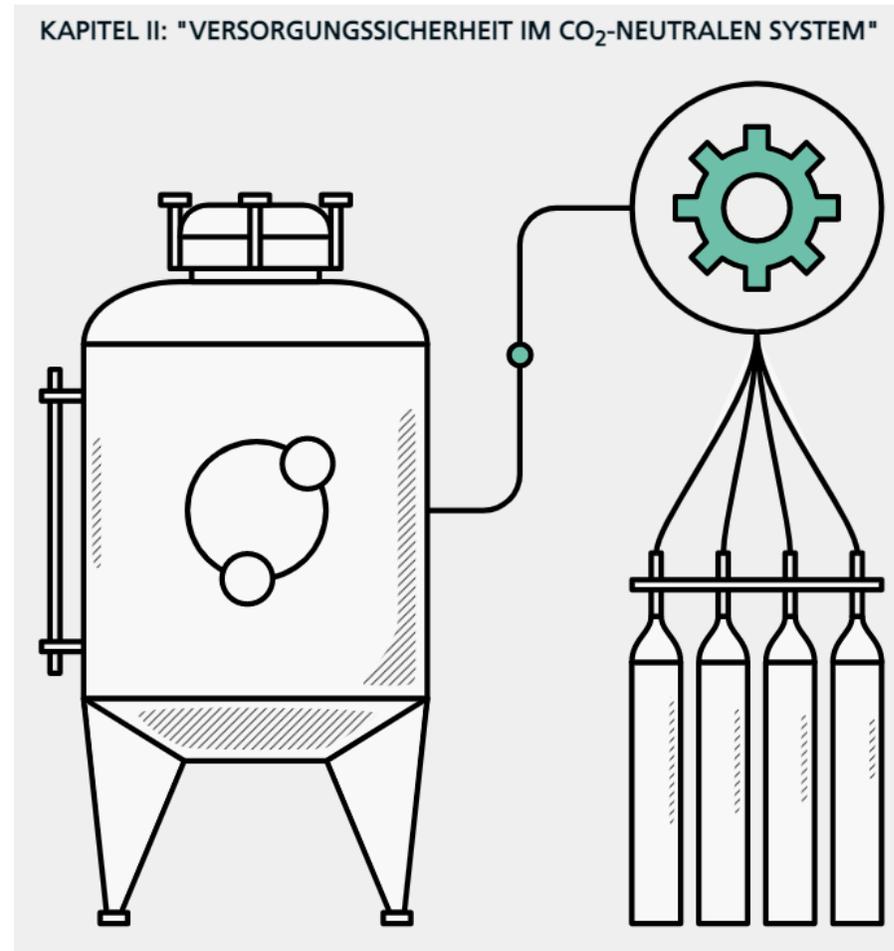
Das Klimaneutrale System im Szenario „SynFuel“

- Die Energiebereitstellung basiert in diesem Szenario auf erneuerbaren und dem Import von Wasserstoff / synthetischer Kraftstoffe.
- Die direkte Elektrifizierung nimmt die dominante Rolle ein.
- Wasserstoff kann (je nach Szenario) in allen Verbrauchssektoren angewandt werden.
- Die Hauptanwendung ist in der Industrie, wo es wenig Alternativen gibt.



Kapitel II: Versorgungssicherheit im CO₂-neutralen System

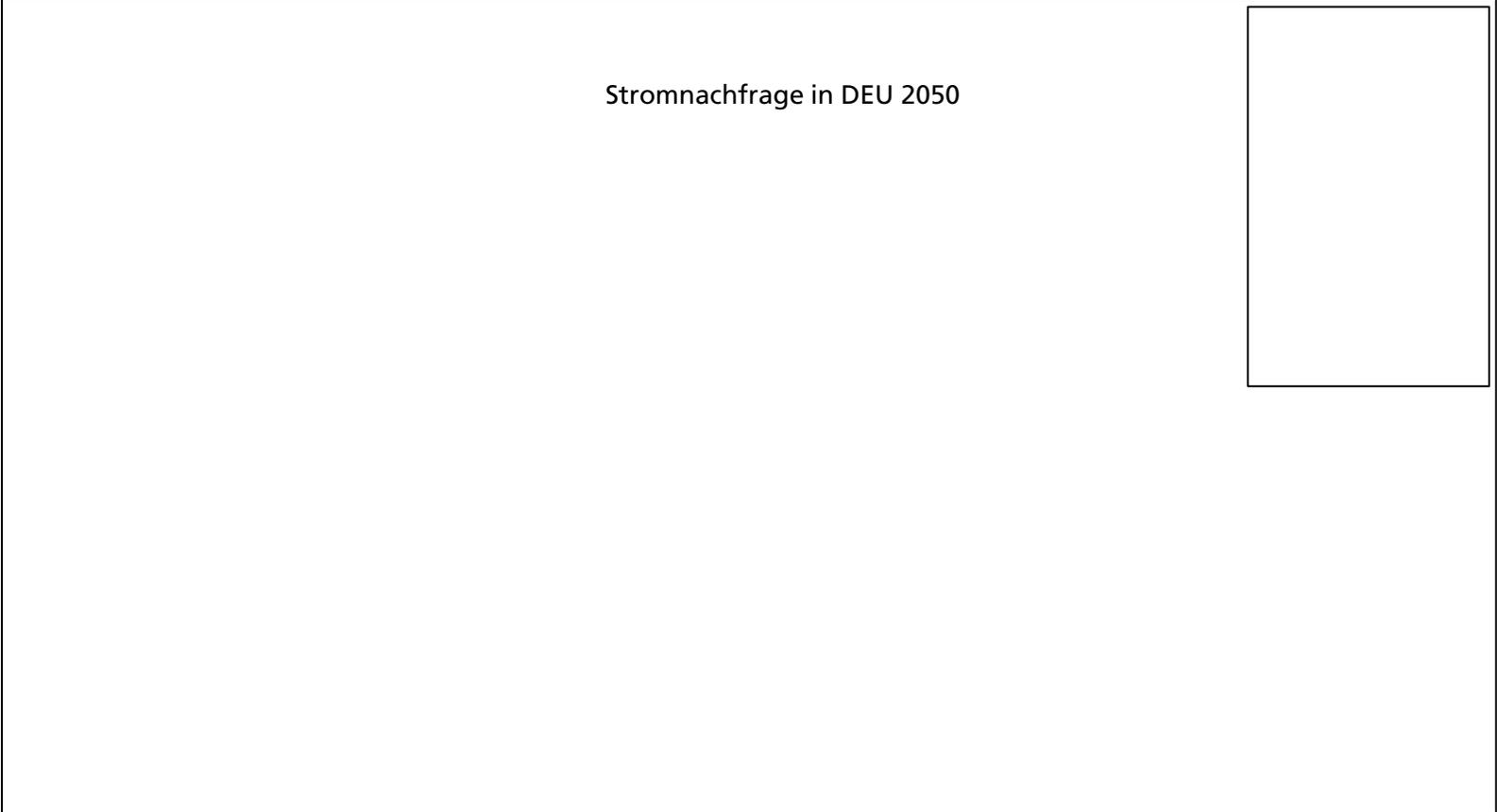
- Wir nutzen eine stündlich aufgelöste Systemmodellierung für das gesamte europäische System
- Die Ergebnisse zeigen, dass die Versorgungssicherheit jederzeit gewährleistet ist und die Nachfrage zu jeder Stunde des Jahres gedeckt ist
- Dabei wird vollständig auf fossile Energieträger verzichtet
- Dieses Ergebnis wird anhand von exemplarischen Wochen illustriert



Gewährleistung der Versorgungssicherheit auch bei kalten Dunkelflauten

- Während Dunkelflauten ist nur wenig bis gar keine Einspeisung von Wind und PV in Deutschland vorhanden
- Für die Versorgungssicherheit ist dabei der Winter mit hohem Wärmebedarf relevant, in einem System mit vielen Wärmepumpen

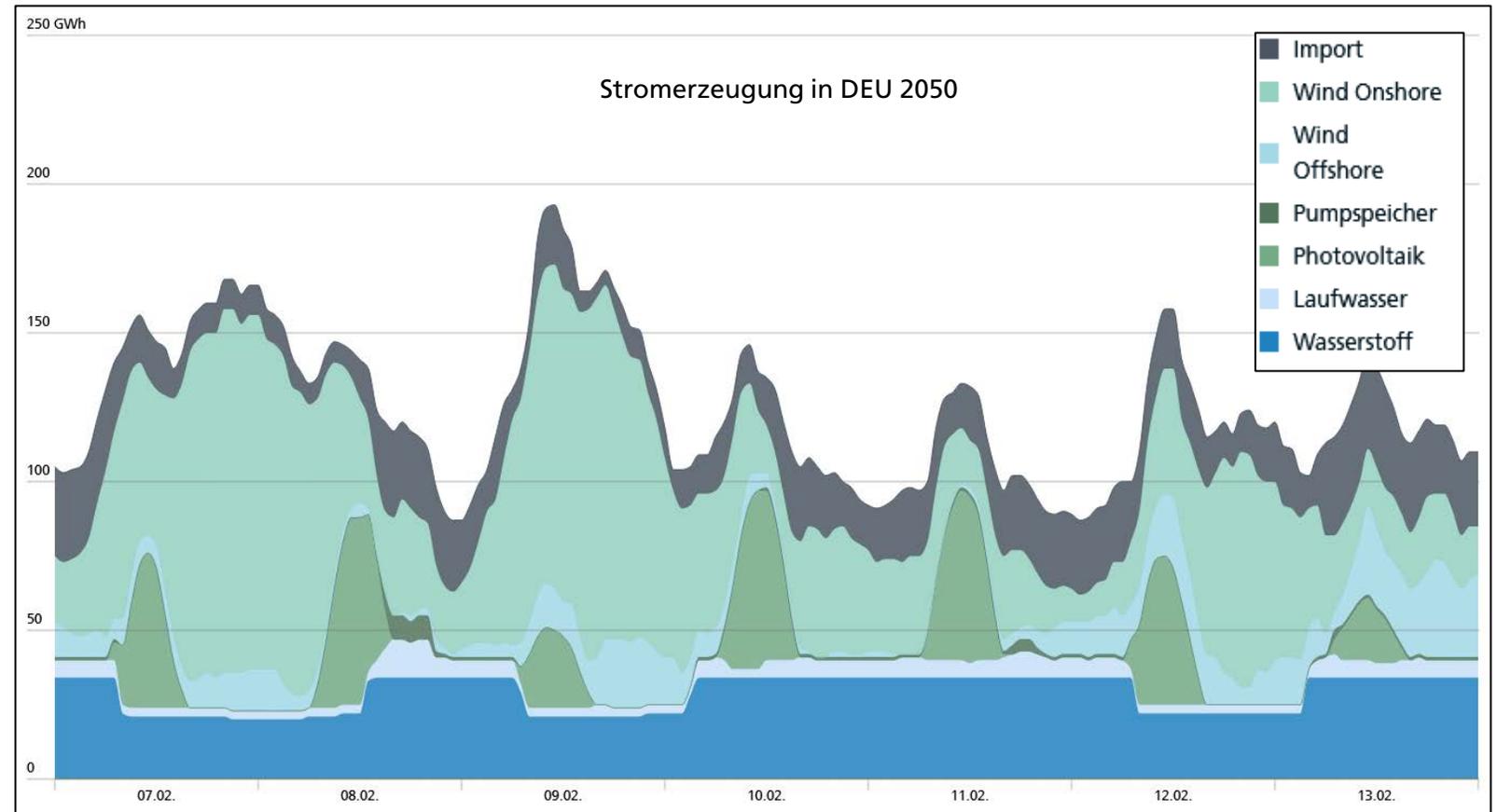
Stromnachfrage in DEU 2050



Gewährleistung der Versorgungssicherheit auch bei kalten Dunkelflauten

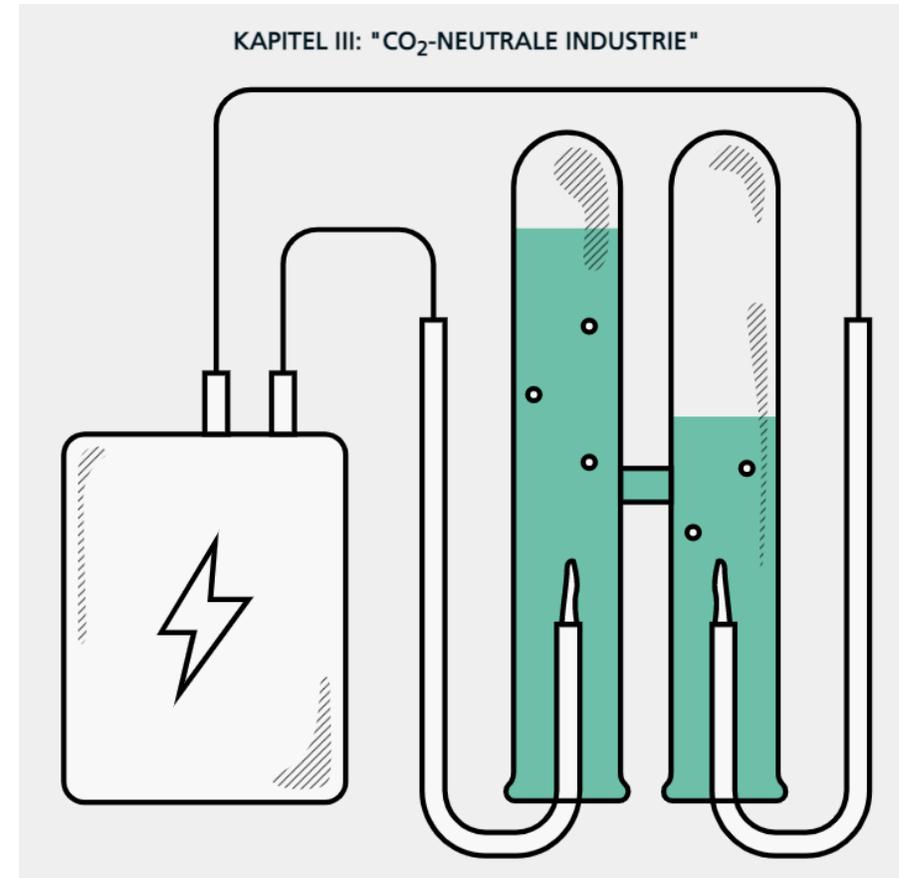
Die Berechnungen zeigen:

- **Kurzfristflexibilität** und der europäische Austausch dienen zur Vergleichmäßigung,
- **Wasserstoff ist hingegen als Langfristspeicher zur Stromproduktion in Kraftwerken wichtig.** Zusätzlich kann z.B. in der Fern- und Industriewärme durch den Einsatz von Wasserstoffheizwerken die Stromnachfrage reduziert werden.



Kapitel III: Wasserstoff für die CO₂-neutrale Industrie

- Status-Quo: Einsatz von grauem/fossilem Wasserstoff über Dampfreformierung von Erdgas in der Herstellung von Ammoniak und in Raffinerien genutzt
- Mögliche Bereiche für zukünftigen Einsatz:
 1. Reduktionsmittel und Energieträger für die Herstellung von Stahl
 2. Einsatz als Rohstoff für die chemische Industrie zur Herstellung von Ammoniak oder Olefinen und Aromaten
 3. Einsatz als Energieträger für die Bereitstellung von Prozesswärme in vielen Industriebranchen



Wasserstoff für die CO₂-neutrale Stahlproduktion



- **Staus-Quo:** In DE etwa 30 Mio. Tonnen Primärstahlproduktion über die Hochofenroute mit hohem Kohlebedarf für die Reduktion des Eisenerzes
- CO₂-neutral Stahlherstellung
 - Der Ausbau der **Sekundärstahlherstellung** ist deutlich energieeffizienter und kann den Energiebedarf in der Stahlherstellung deutlich senken
 - **Direktreduktionsanlagen** betrieben mit Wasserstoff ersetzen verbleibende Hochöfen in der Primärstahlerzeugung und erlauben nahezu CO₂-neutral Stahlherstellung
 - **Wasserstoffbedarf langfristig ~50-100 TWh**, verteilt auf wenige Standorte



Wasserstoff ermöglicht eine CO2-neutrale Grundstoffindustrie



■ Status-Quo:

- Erzeugung von **Ammoniak** über grauen Wasserstoff (Dampfreformierung von Erdgas)
- Erzeugung von **Ethylen/Olefinen** über Steamcracking aus Naphtha

■ CO2-neutrale Herstellung

- Umstellung auf grünen Wasserstoff ermöglicht CO2-neutrale Herstellung
- Weitere Strategien inkl. Recycling und biobasierten Kunststoffen berücksichtigen
- **Wasserstoffbedarf langfristig ~100-150 TWh, verteilt auf wenige Standorte**



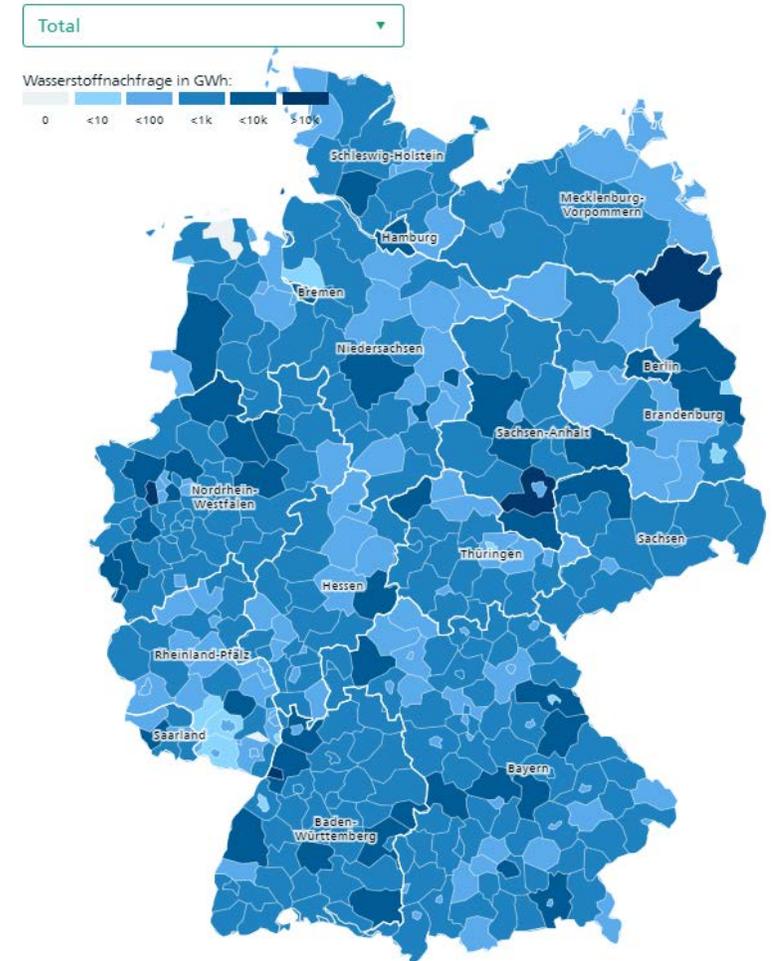
Wasserstoff zur Bereitstellung von Prozesswärme in allen Branchen

■ Status-Quo

- Prozesswärme in nahezu allen Branchen wichtig
- ~400 TWh Energiebedarf für Prozesswärme

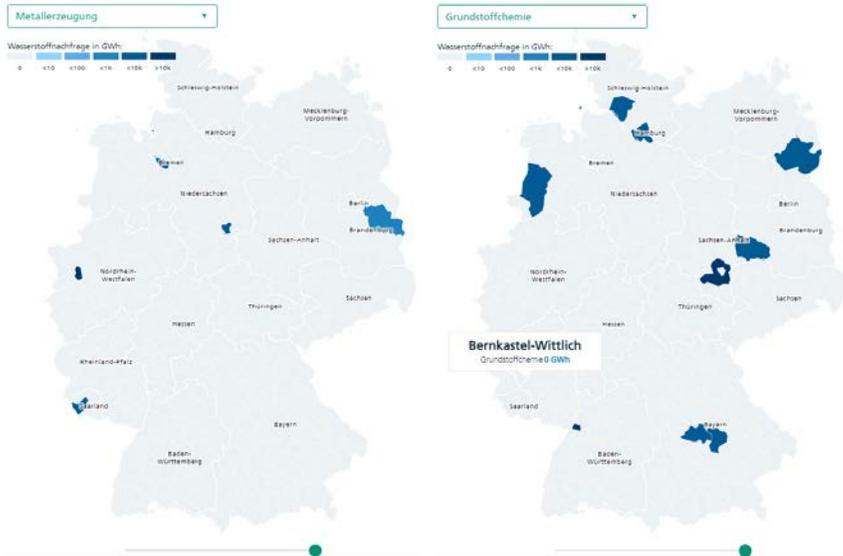
■ CO₂-neutral

- Neben der Elektrifizierung und dem Einsatz von Biomasse ermöglicht Wasserstoff eine CO₂-neutrale Prozesswärme
- Ergebnisse von Pilotanlagen deuten auf zukünftig breite Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff hin
- Bei großflächigem Einsatz von Wasserstoff in der Prozesswärme kann langfristig ein Bedarf von **100-350 TWh** entstehen



Wie großflächig wird der Einsatz von Wasserstoff in der Industrie sein?

~20 zentrale Stahl- und Chemie-Standorte

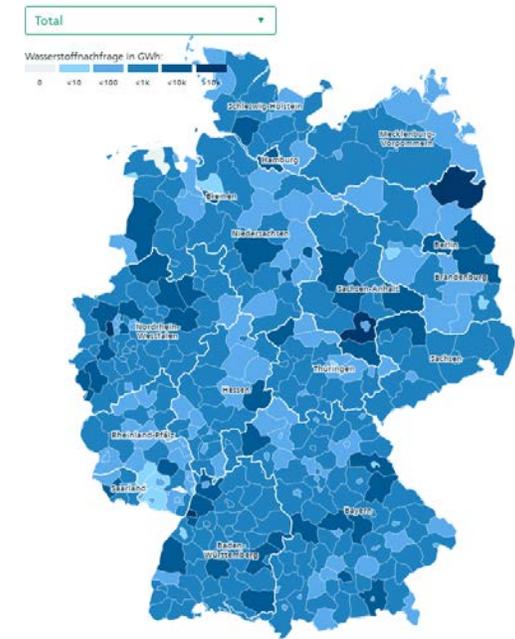


~150-250 TWh
Wasserstoff

Unterschiedliche Energiesysteme und Strategien

- › Verbindung der großen Verbrauchszentren möglich über H₂-Transportnetz
- › Übergang auf breitere Nutzung erfordert Verteilnetz
- › Liegt der optimale Einsatz von Wasserstoff dazwischen?

Stahl u. Chemie
+ H₂-Anwendung für die Prozesswärme in allen Branchen

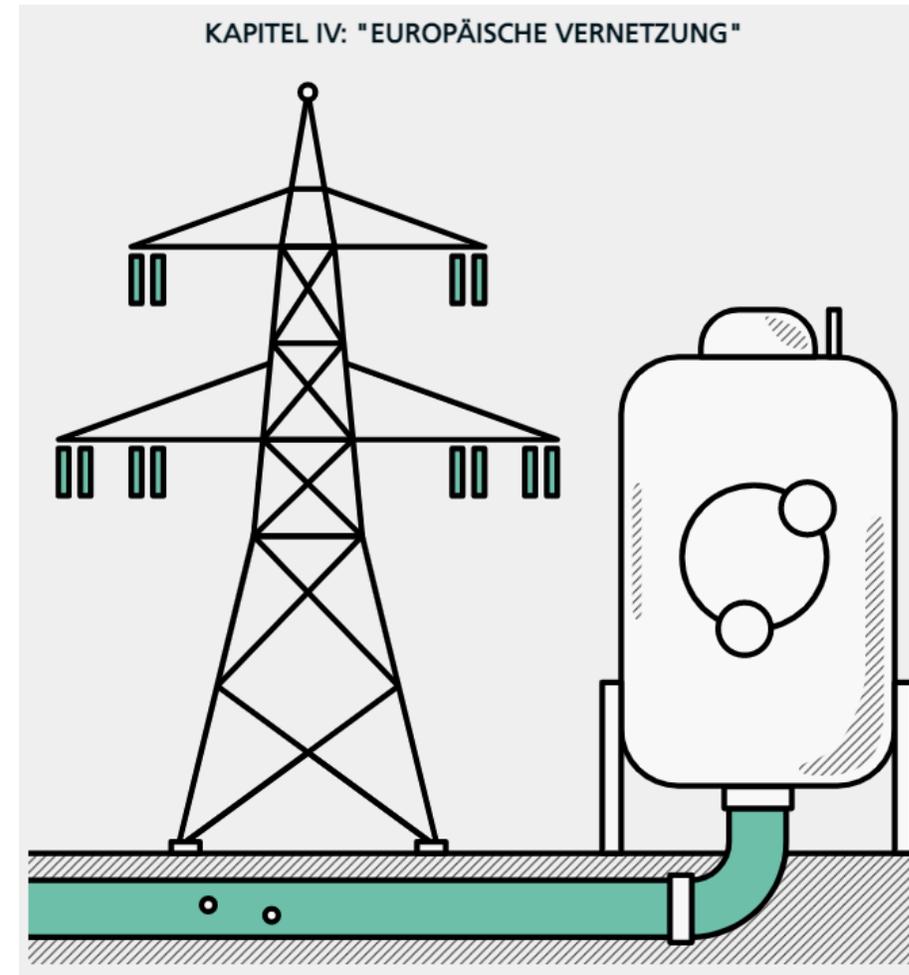


~250-500 TWh
Wasserstoff

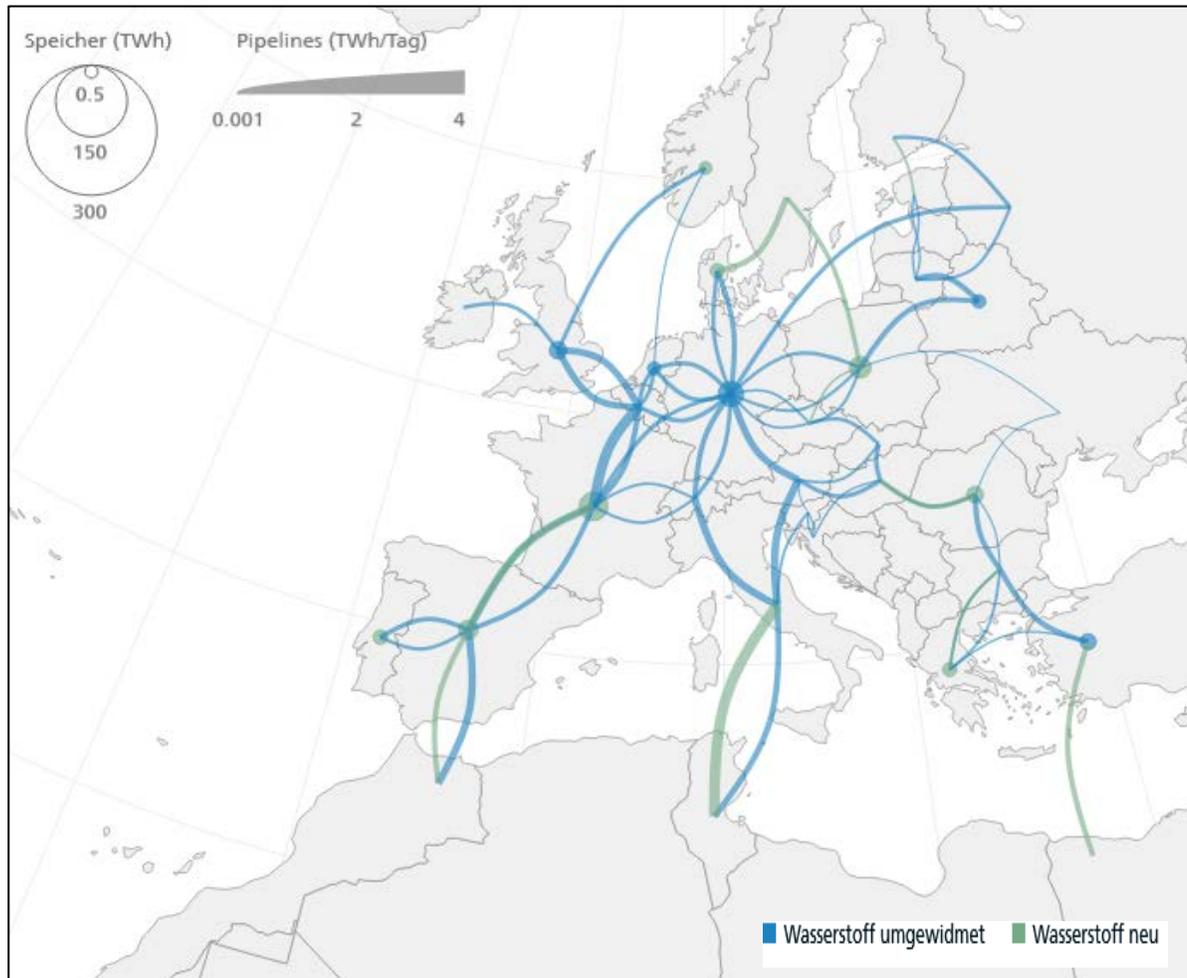
Quelle: Fraunhofer ISI

Kapitel IV: Europäische Vernetzung

- Große Flexibilität für das europäische Energiesystem entsteht durch den Ausbau von Übertragungskapazitäten, sowohl im Stromnetz als auch durch Umwidmung im Gasnetz
- Elektrische Übertragungskapazitäten können regionale Unterschiede zwischen Angebot und Nachfrage ausgleichen
- Das europäische Gasnetz stellt die Versorgung von Industriestandorten und Wasserstoff-Kraftwerken sicher



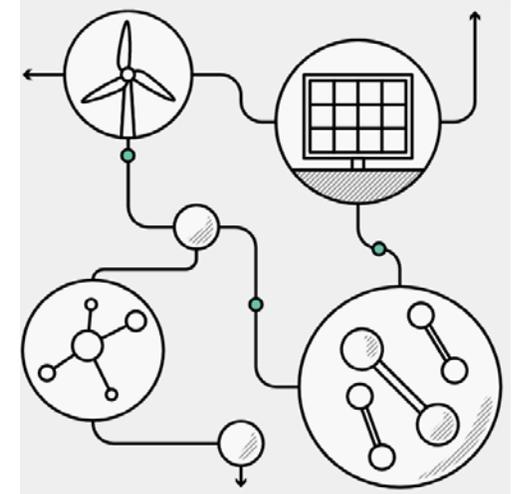
Das europäische Wasserstoffnetz im Jahr 2050



- Ein Großteil des aktuell bestehenden Erdgas-Netzes kann umgewidmet werden. Viele bestehende Leitungen werden im CO₂-neutralen System nicht weiter benötigt.
- Der Bedarf an neuen innereuropäischen Pipelines ist gering. Ein Neubau findet hauptsächlich zwischen Nordafrika und Europa statt.
- Hoher Bedarf an neuen Kavernenspeichern

Zusammenfassung

- **Das CO₂-neutrale Energiesystem funktioniert – und Wasserstoff kann einen wichtigen Beitrag leisten**
- Die Systemanalyse und die berechneten Szenarien haben gezeigt:
 - Der beschleunigte Ausbau von Erneuerbaren Energien,
 - die Flexibilisierung der Stromnachfrage,
 - der Einsatz von Wasserstoff im Industriesektor
 - sowie die europäische Vernetzung sind wesentliche Bausteine eines effizienten und CO₂-neutralen Energiesystems.
- Gleichzeitig zeigen die dargestellten Szenarien lediglich eine Auswahl der möglichen Entwicklungen und sind nicht als Vorhersage zu interpretieren.
- Weitere Handlungsempfehlungen, siehe: [**7 Empfehlungen zum Gelingen der Energiewende**](#)



7 Empfehlungen zum Gelingen der Energiewende

Inhalt: 70+ Empfehlungen zu 7 Themenbereichen, auf Grundlage der Fraunhofer CINES Systemanalysen:

1.	Technologieoffenheit oder klare Vorgaben?
2.	Energiepreise
3.	Erneuerbare Energien
4.	Wärmewende
5.	Industriewende
6.	Verkehrswende
7.	Infrastrukturen



Download Bericht:
[7 Empfehlungen zum Gelingen der Energiewende](#)

Genutzte Studien zur weiteren Vertiefung

- **Ariadne: Wege zur Klimaneutralität**
- **Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland**
- **Wege zu einem Klimaneutralen Energiesystem**
- **Transformationspfade im Wärmesektor**

Kontakt:
CINES@ZV.Fraunhofer.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Inhaltliche Fragen zur Systemmodellierung?
-> Herzlich Willkommen bei Termin 2, 20.1.2022 10 Uhr:
<https://www.eniq.fraunhofer.de/>

<https://fraunhofer.wasserstoff-story.de/>