

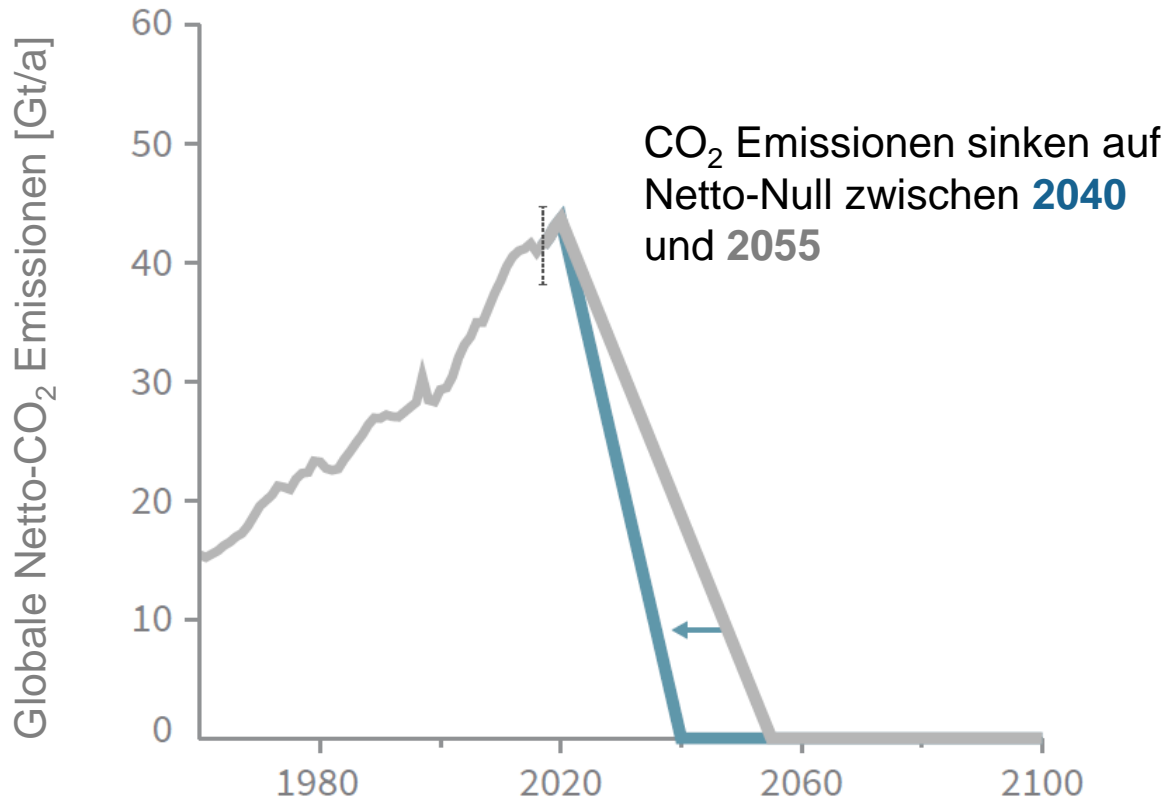
# Wasserstoff-Infrastrukturen in einem integrierten europäischen Energiesystem – Determinanten und Modellierungsansätze

30.06.2022 | Energieforum „Neue Energie für die Wirtschaft“, Dessau-Roßlau

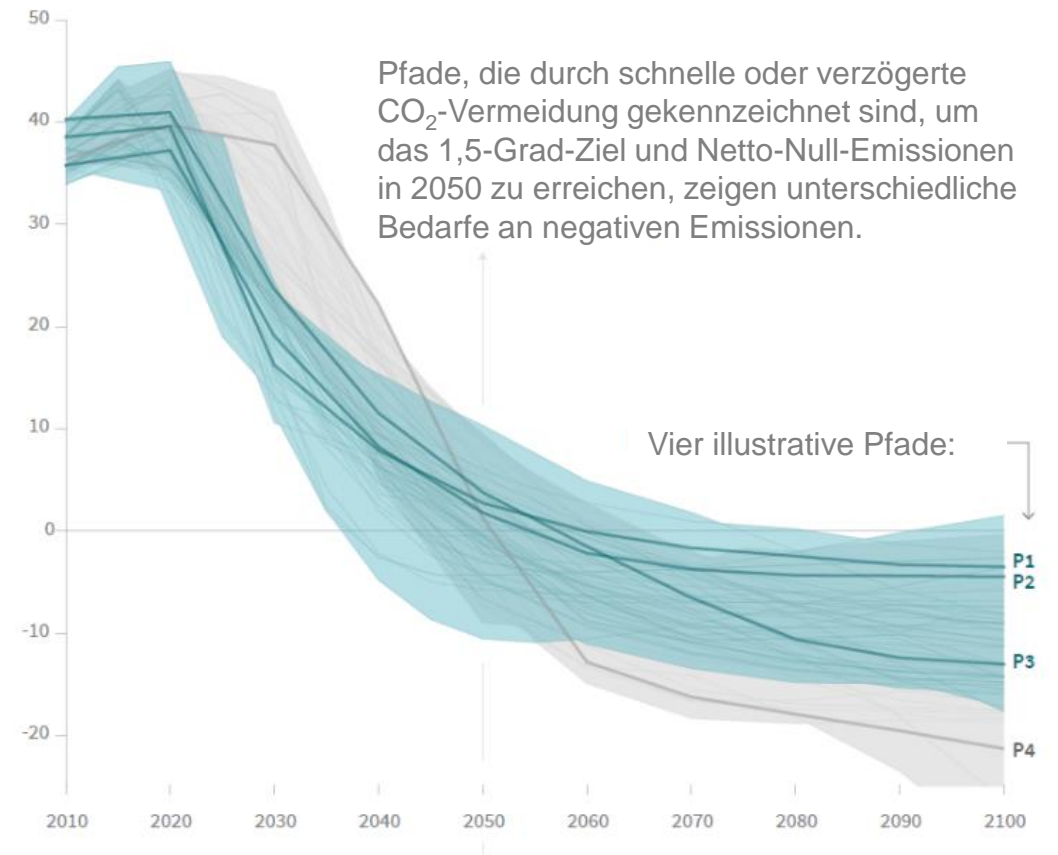
Prof. Dr. Mario Ragwitz, Fraunhofer IEG



# Klimaziele von Paris verlangen vollständige Treibhausgasneutralität zwischen 2040 und 2060



Globale Netto-CO<sub>2</sub> Emissionen [Gt/a]



Quelle: IPCC 2018

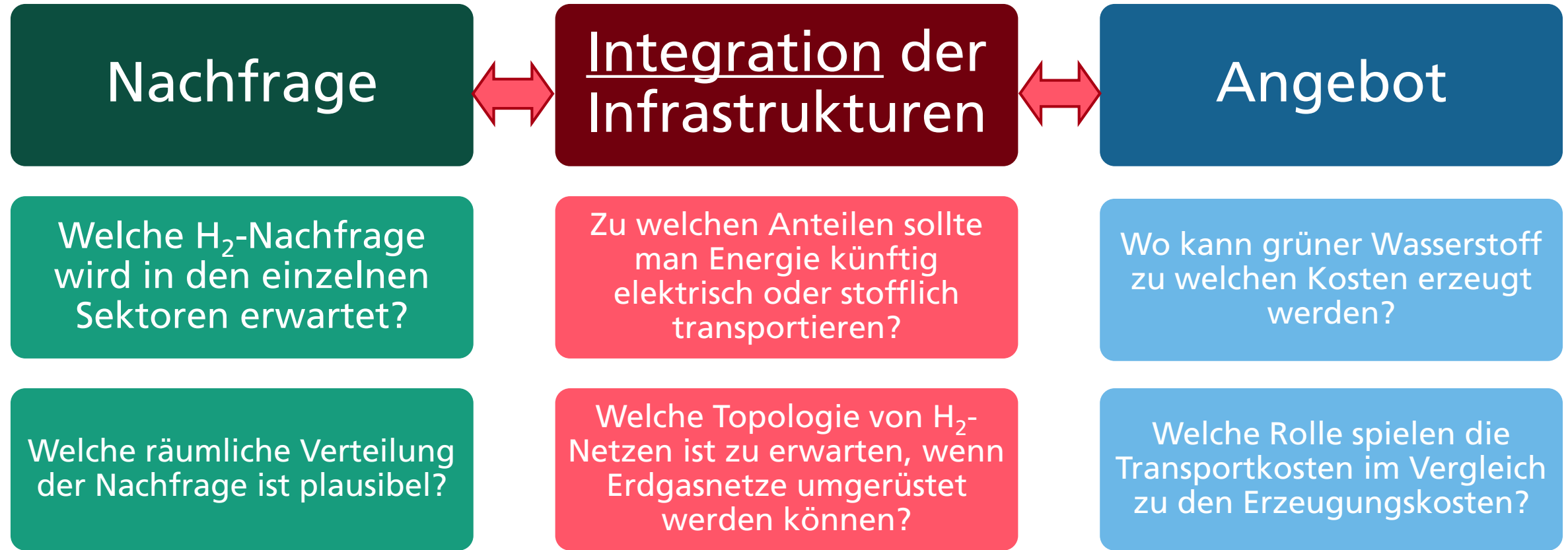
# Eigenschaften von direkter Stromnutzung, H<sub>2</sub> und synthetischen Energieträger (PTX)

Das optimale System berücksichtigt diese Eigenschaften ganzheitlich und hängt von deren Gewichtung ab.

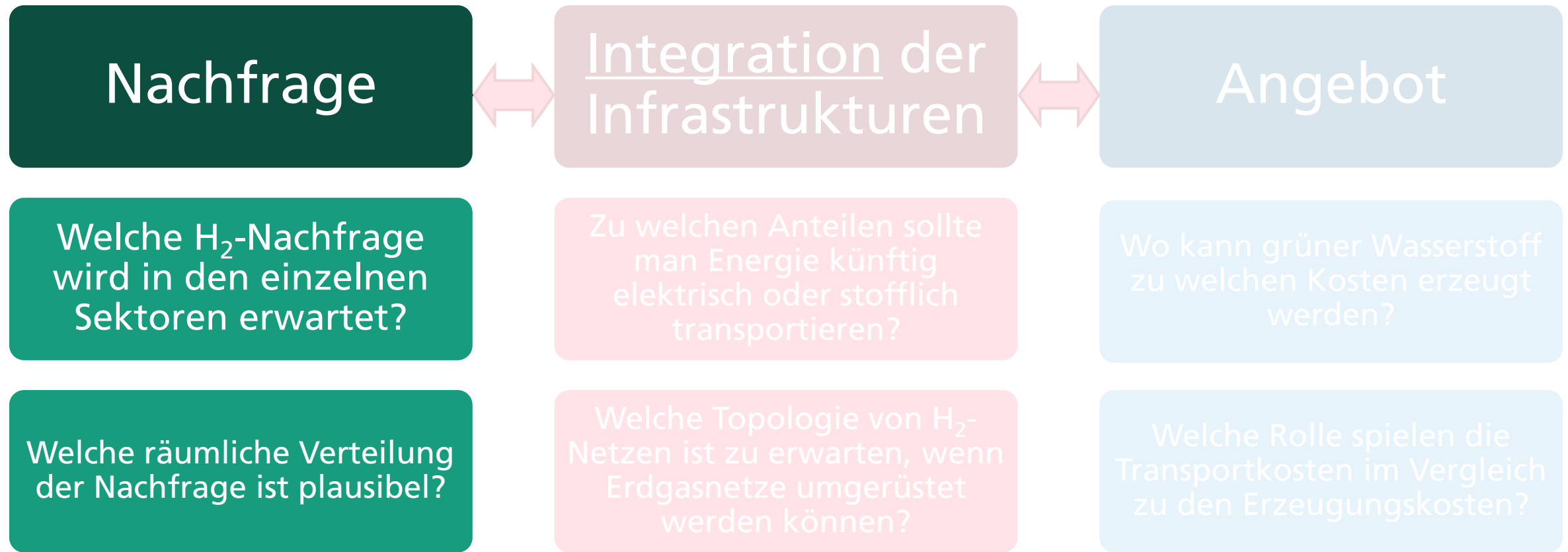
	Strom-Direkt	H <sub>2</sub>	PTX
Effizienz	↑	→	↓
Kosten	↓	→	↑
Stoffliche Nutzung	↓	↗	↑
Herausforderung Infrastruktur	↗	↗	→
Speicherbarkeit	↘	↗	↑
Biomasse-Substitut	↓	→	↑
Anpassungsbedarf Nachfrageseite	↑	↗	↓
Bedarf klimaneutrales „C“	↓	↓	↑ ↓

# Drei Determinanten der künftigen Transportoptionen des Energiesystems

**Keine dieser Fragen lässt sich isoliert beantworten! Daher sind neuartige Modelle erforderlich, die alle relevanten Interaktionen berücksichtigen.**

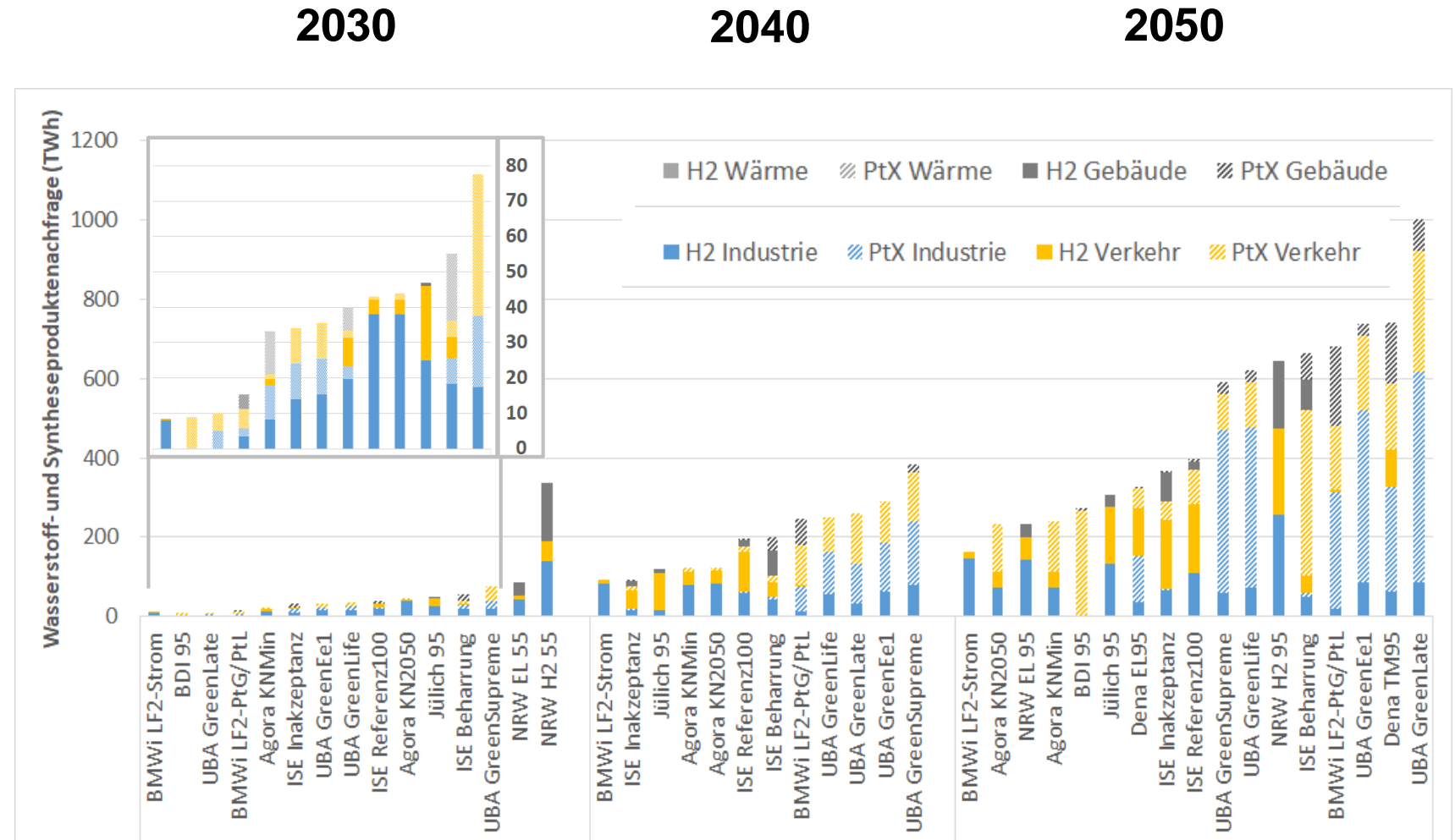


# Drei Determinanten der künftigen Transportoptionen des Energiesystems

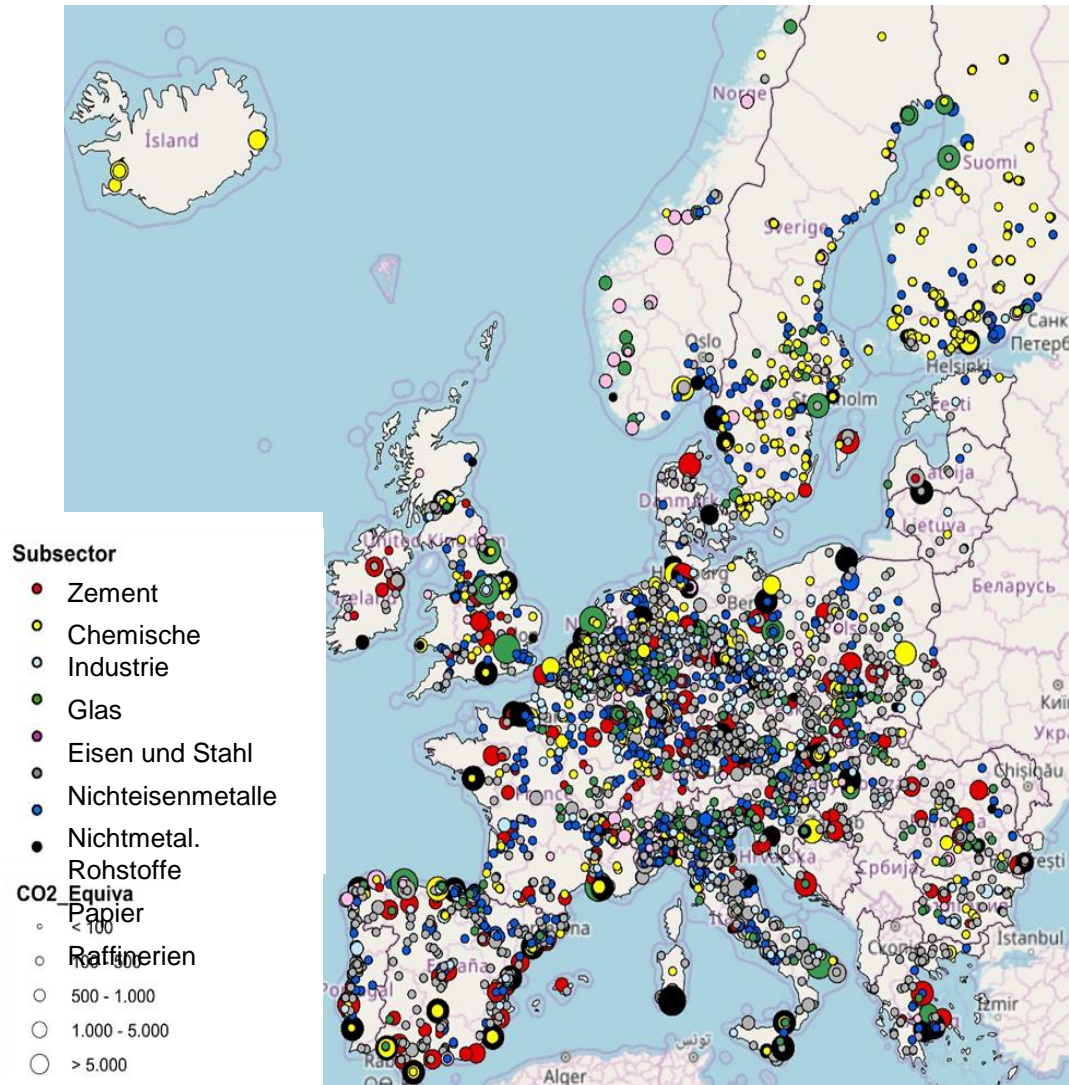


# Wasserstoff- und Syntheseproduktebedarf nach Anwendungssektoren für Deutschland (ohne Umwandlungssektor)

- Sehr hohe Bandbreite der Wasserstoff / Brennstoff-Bedarfe zwischen 180 und 1000 TWh in 2050 auch in Deutschland
- Dies entspricht 10-50% des Endenergiebedarfs in 2050!
- Industrie- und Verkehrssektor dominieren die Nachfrage
- Relevanz im Wärmebereich nicht einheitlich und überwiegend erst ab 2050



# Wasserstoff-Nachfrage in der Industrie



## Forecast Datenbank für alle Industriesektoren in Europa \*

- Energienachfrage der Industriesektoren erfasst: Basis-Chemie, Eisen & Stahl, Nichteisenmetalle, nichtmetallische Rohstoffe, Papier, Raffinerien, Zement
- H<sub>2</sub>-Nachfrage auf Basis von Reinvestitionszyklen und Wirtschaftlichkeit berechnet
- Erfasste Unternehmen: etwa 5500 Unternehmen in der EU - auf Basis der Emissionsregister E-PRTR\*\* und EU-ETS\*\*\*
- Räumliche Auflösung: NUTS 3 (Kreise in DE) + Geokoordinaten

\*\* European Pollutant Release and Transfer Register

\*\*\* European Union Emission Trading System

\* Quelle : P. Manz, et al. Sustainability 2021, 13(3), 1439  
Fraunhofer ISI

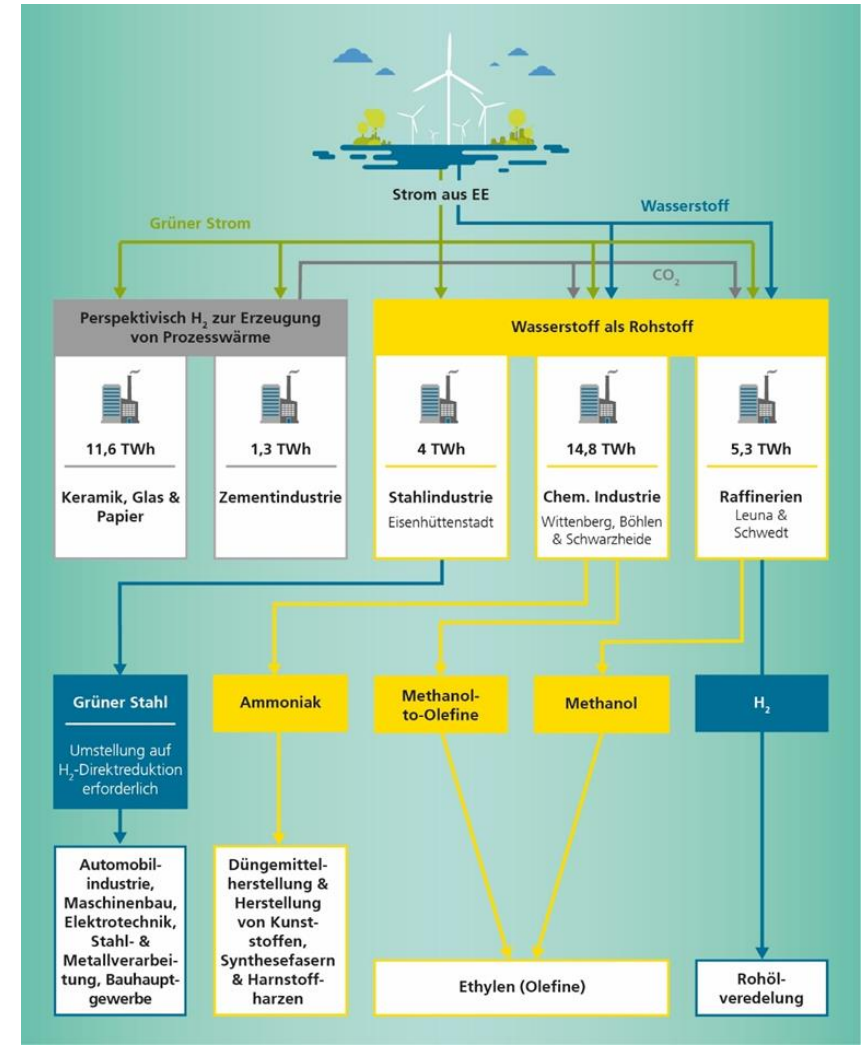
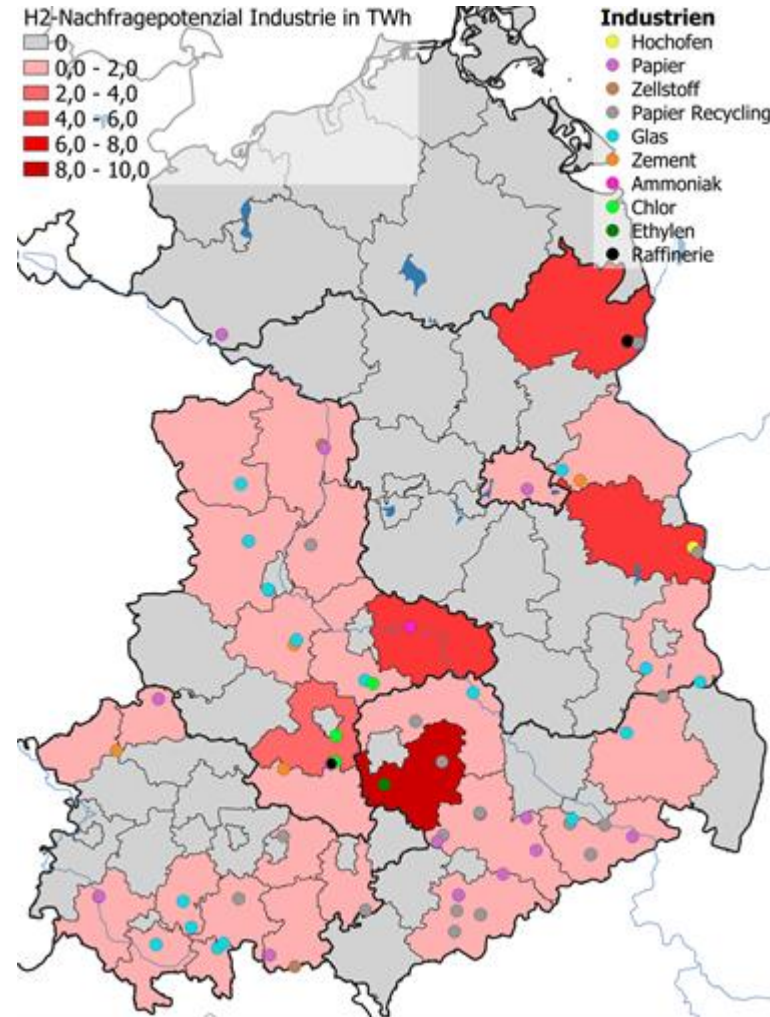
# Fallstudie Industrie - H<sub>2</sub>-Masterplan Ostdeutschland

## Ergebnisse: Optimistische Potenziale der H<sub>2</sub>-Nachfrage der energieintensiven Industrien

**Langfristige Wasserstoffpotenziale der energieintensiven Industrien je Bundesland**

Bundesland	TWh/a
Mecklenburg-Vorpommern	0
Thüringen	2,2
Sachsen-Anhalt	13,5
Sachsen	11,4
Brandenburg	9,9
gesamt	37,0

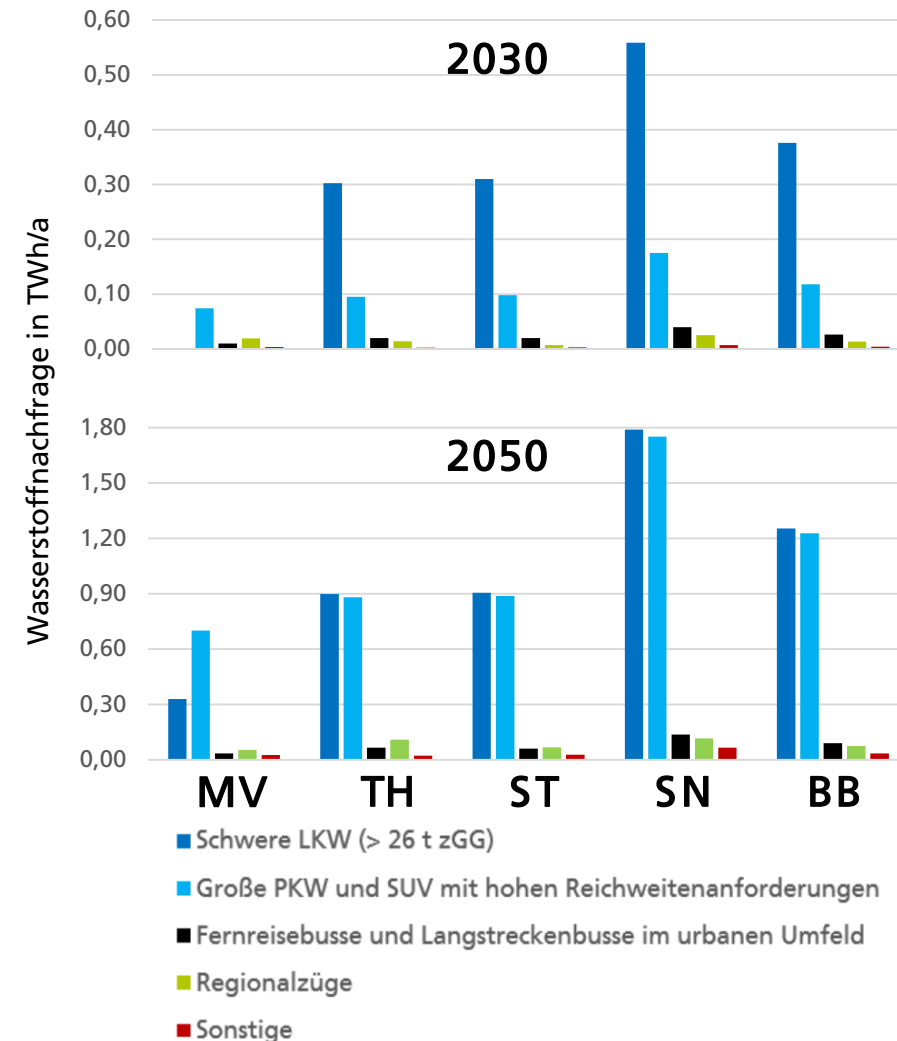
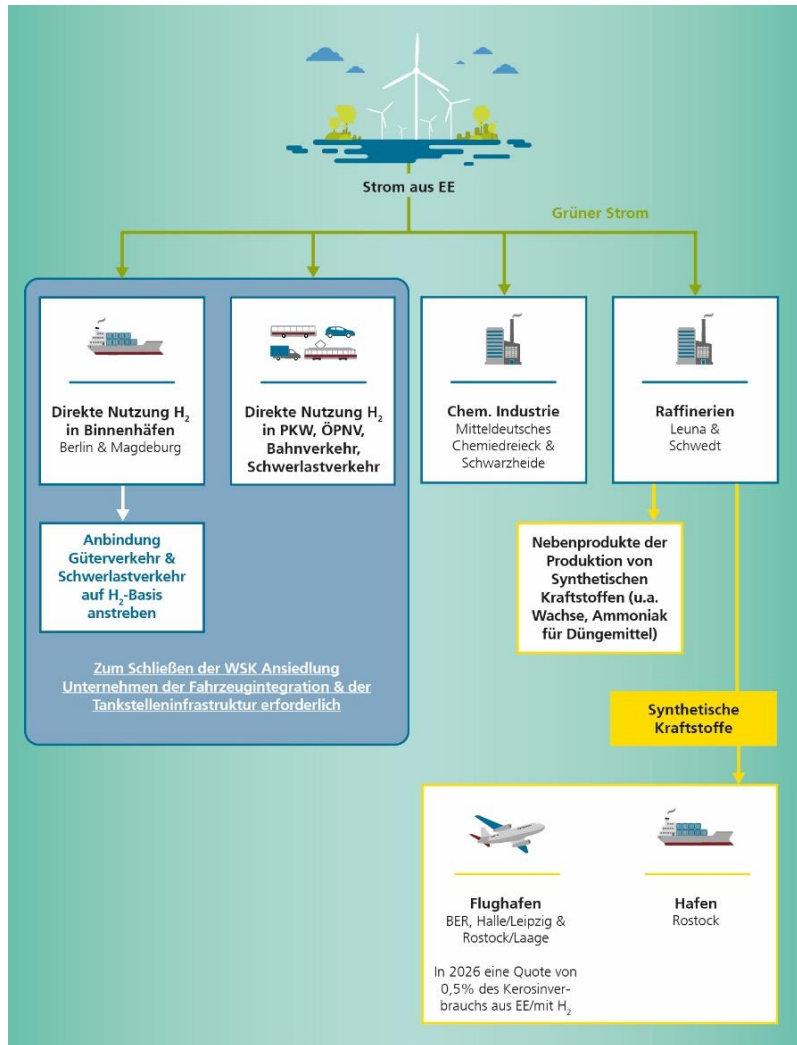
zeitliche Einordnung der Erschließbarkeit der Potenziale stark abhängig von der Technologieentwicklung und Wirtschaftlichkeit





# Fallstudie Mobilität – H<sub>2</sub>-Masterplan Ostdeutschland

## optimistisches Szenario der H<sub>2</sub>-Nachfragepotenziale im Verkehr in 2030 und 2050



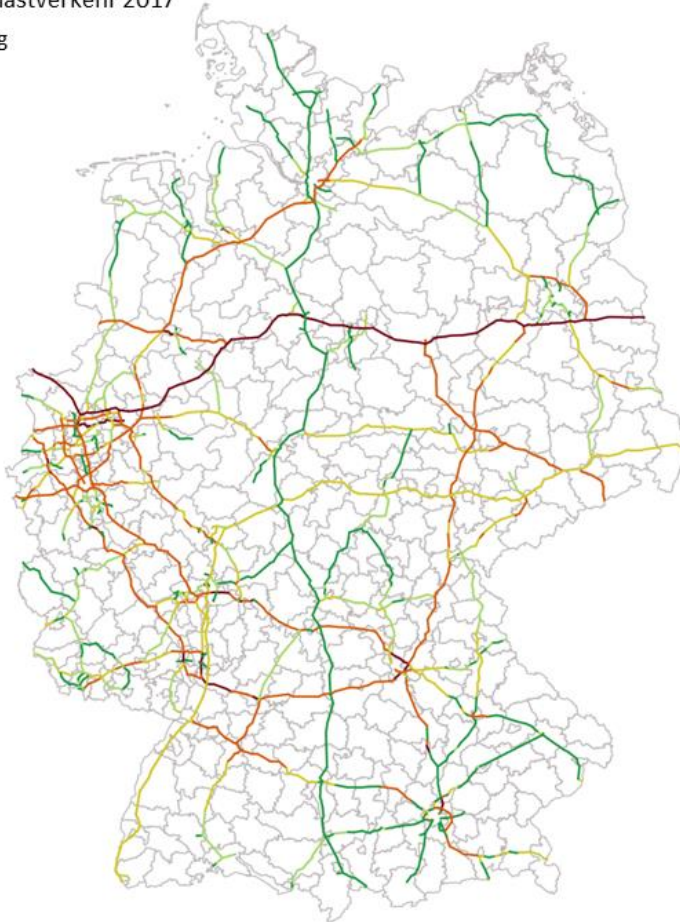
# Wasserstoff-Nachfrage im Schwerlastverkehr in Deutschland

## Schwerlast-Verkehr auf Autobahnen in DE in 2017

Gesamter Schwerlastverkehr 2017

Schwere Lkw pro Tag

- 0 - 1500
- 1500 - 3000
- 3000 - 5000
- 5000 - 10000
- >10000

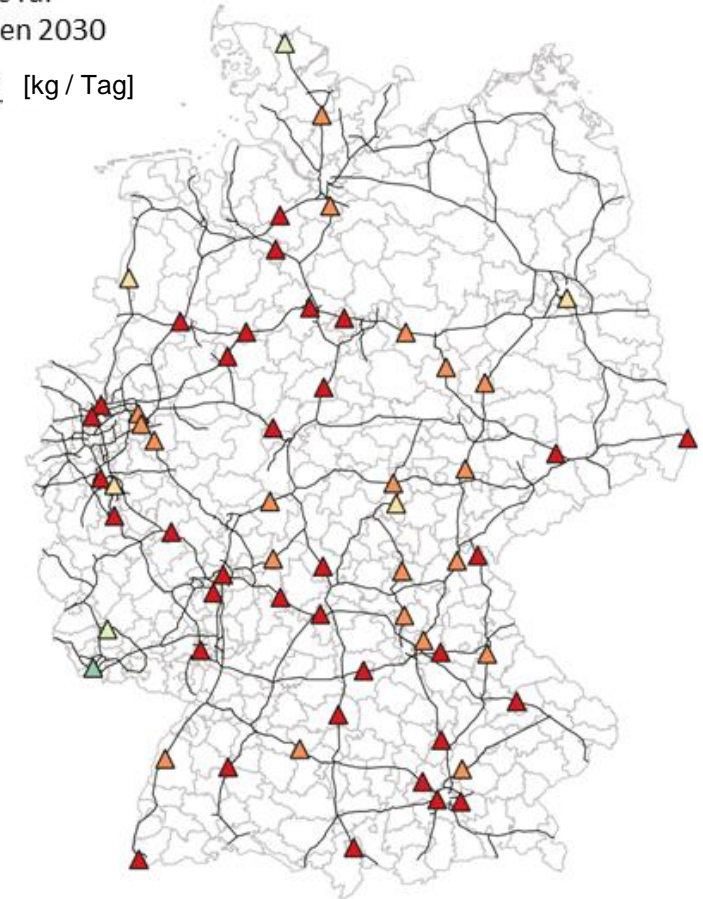


## Wasserstoff-Nachfrage-Szenarien 2030

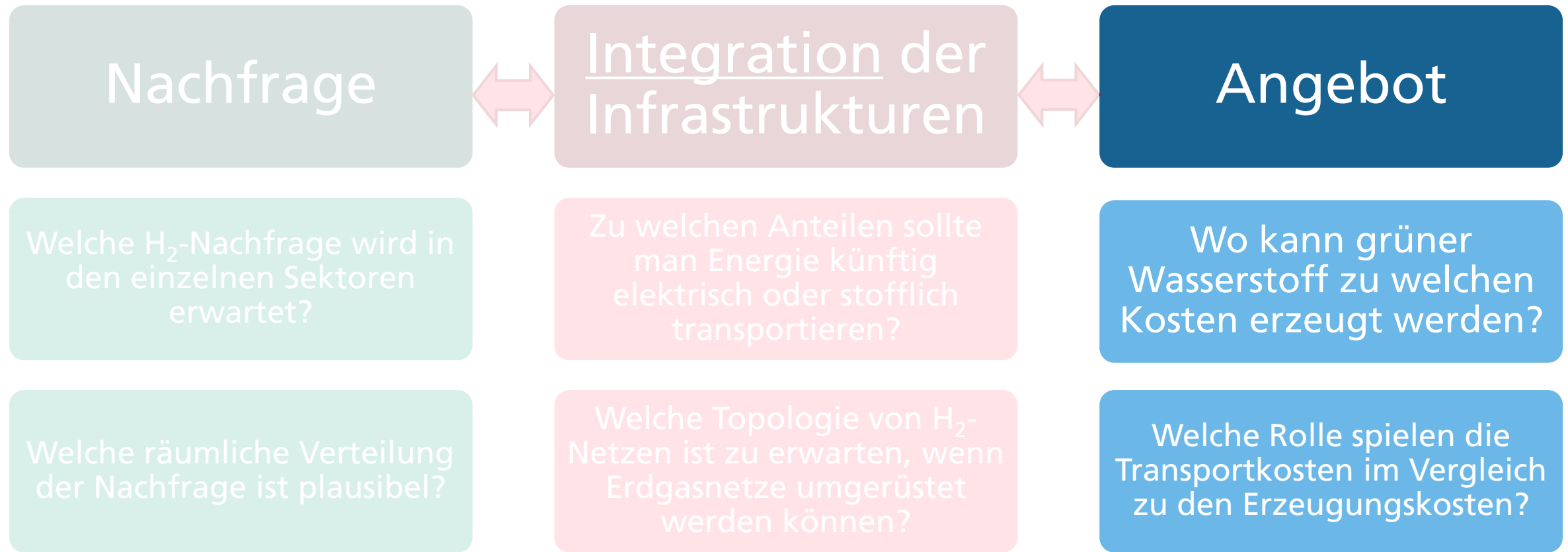
Potenzielle Standorte für Wasserstofftankstellen 2030

Wasserstofftankstellen [kg / Tag]

- 0 - 938
  - 938 - 1875
  - 1875 - 3750
  - 3750 - 7500
  - 7500 - 15000
  - 15000 - 30000
- Bundesautobahnen

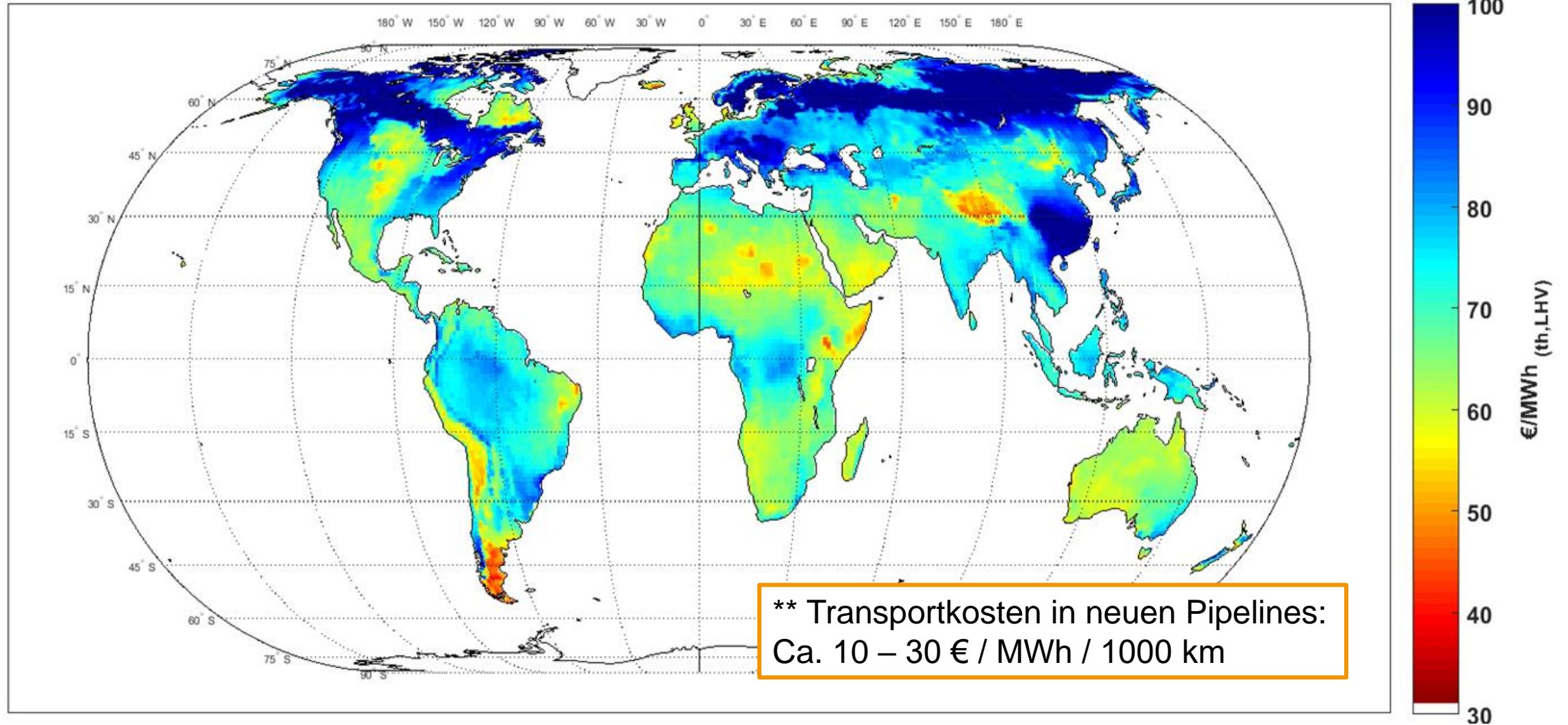


# Drei Determinanten der künftigen Transportoptionen des Energiesystems



# Import von synthetischen Energieträgern

## Gestehungskosten von grünem Wasserstoff in der Welt \*

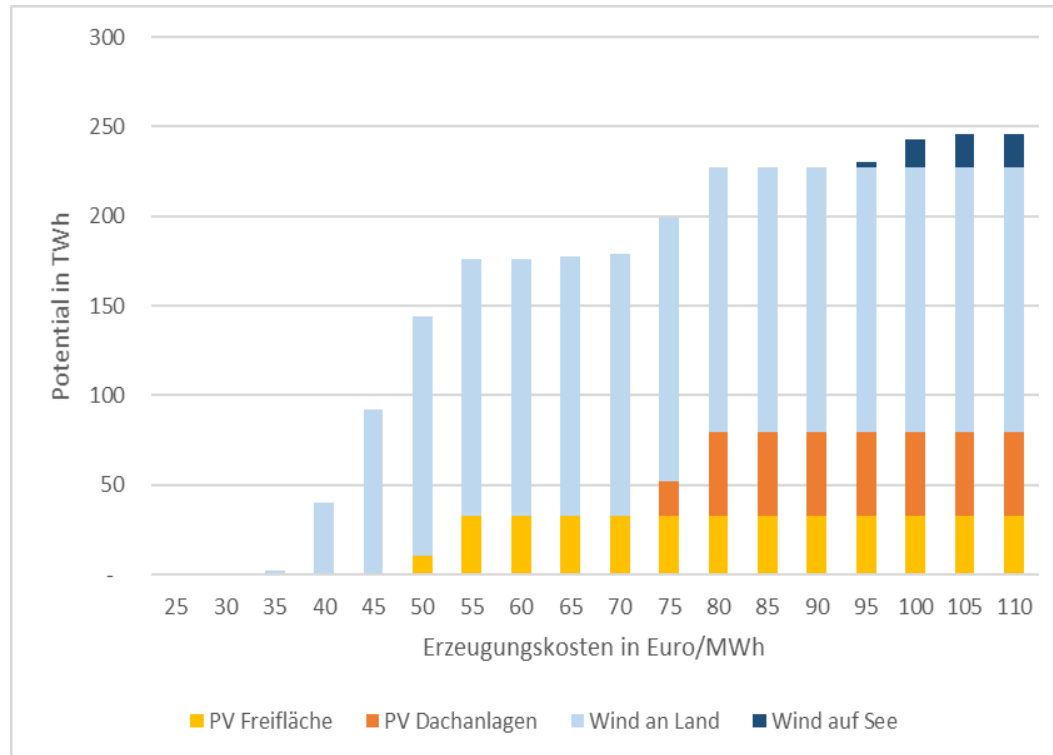


Source: \* Jensterle et al. 2019 (LUT-model)

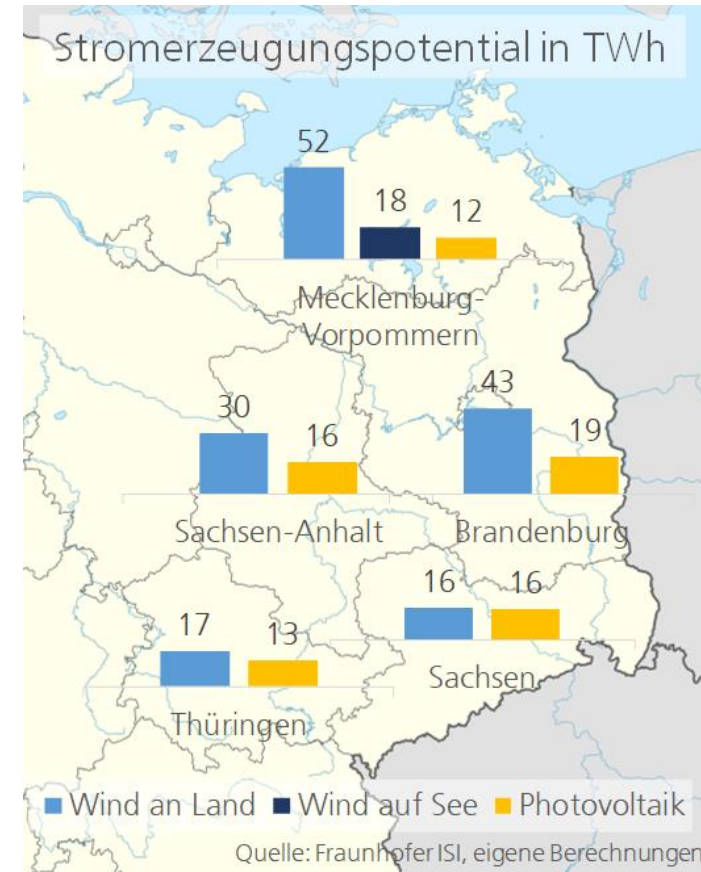
\*\* Source: AGORA (2021)

# Erneuerbare Energien in Ostdeutschland großes Potenzial für grüne Stromerzeugung

Kostenpotentialkurve Erneuerbarer Energien für den Zeitraum 2021-2030 in Ostdeutschland



Potentiale für Windenergie und PV in Ostdeutschland

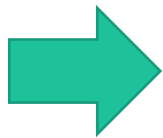


# Stärken der neuen Bundesländer für den Weg in eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft - Akteure der Wertschöpfungskette\*

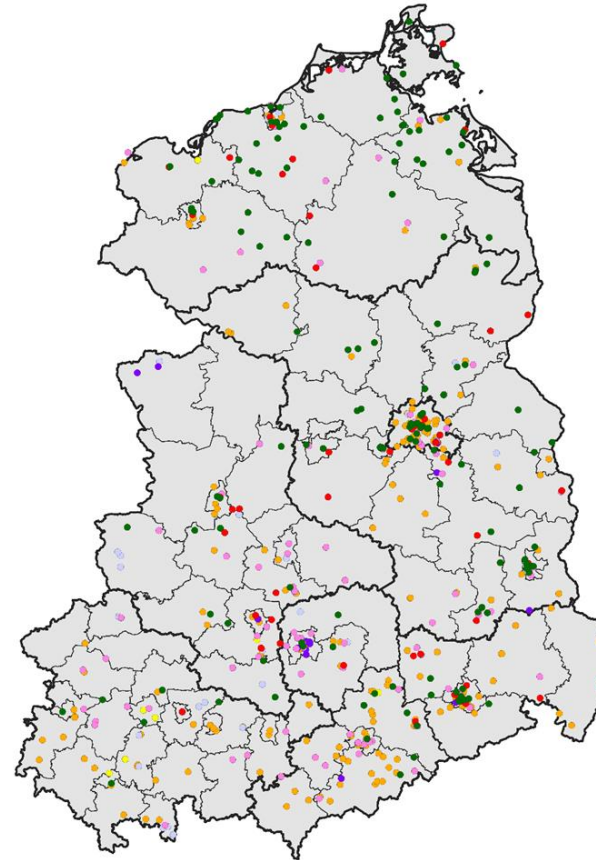
Bereich der Wasserstoffwertschöpfungskette	Anzahl Akteure
Betreiber EE-Anlagen	158 (143)
H <sub>2</sub> Erzeugung*	68 (59)
H <sub>2</sub> Anlagenhersteller*	312 (240)
H <sub>2</sub> Infrastruktur*	69 (57)
H <sub>2</sub> Nutzung*	169 (148)
Anlagentechnik/Komponenten/MSR und Elektronik*	46 (40)
H <sub>2</sub> Sicherheit*	14 (12)

\* heutige und potentielle

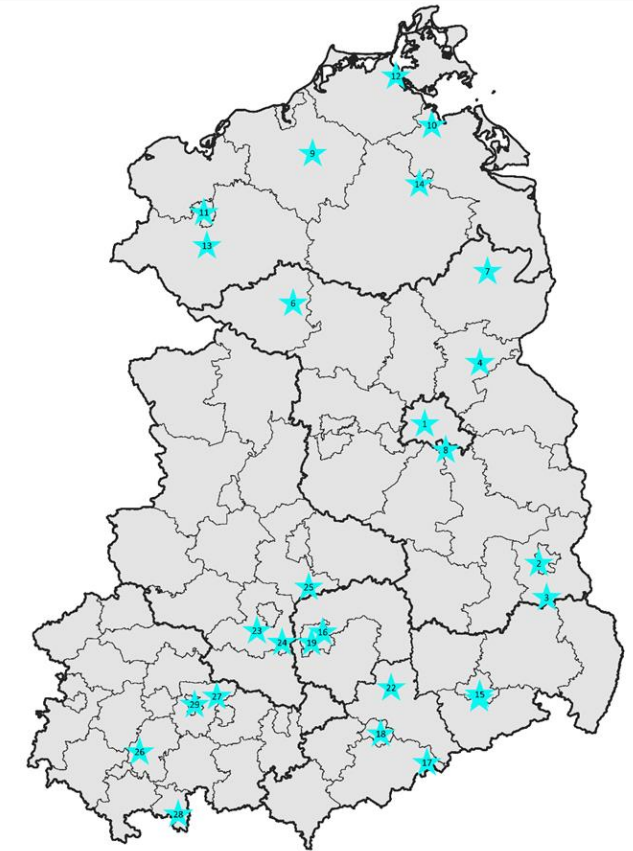
(in Klammern ohne Berlin)



Vielzahl an Akteuren und Projekten entlang der H<sub>2</sub>-Wertschöpfungskette in den ostdeutschen Bundesländern vorhanden



- EE-Betreiber
- H<sub>2</sub>-Erzeugung
- H<sub>2</sub>-Nutzung
- H<sub>2</sub>-Infrastruktur
- H<sub>2</sub>-Sicherheit
- Anlagentechnik/Komponenten/MSR und Elektronik
- Hersteller von Brennstoffzellen, Elektrolysestacks sowie Systemen und Komponenten



- ★ Projekte

\* Ergebnis auf Basis von Auswertungen existierender Studien, Recherchen von Online-Auftritten von Unternehmen, Netzwerken und IHKs sowie Online-Umfrage

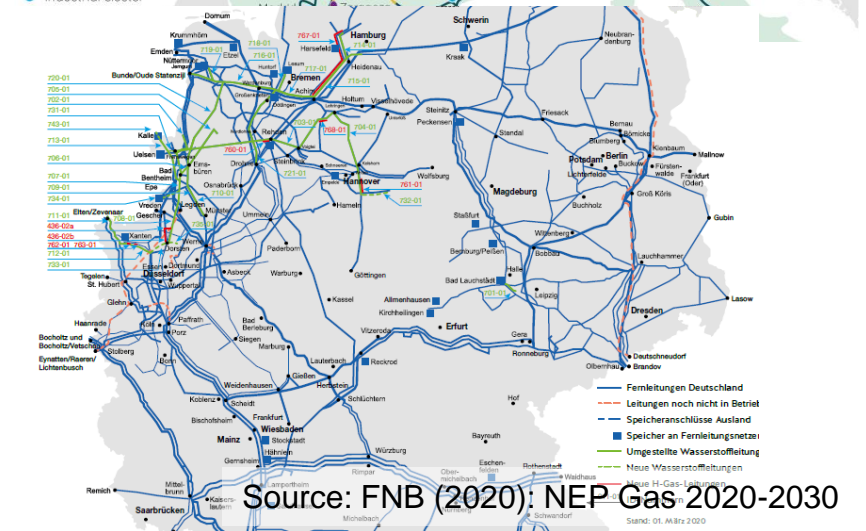
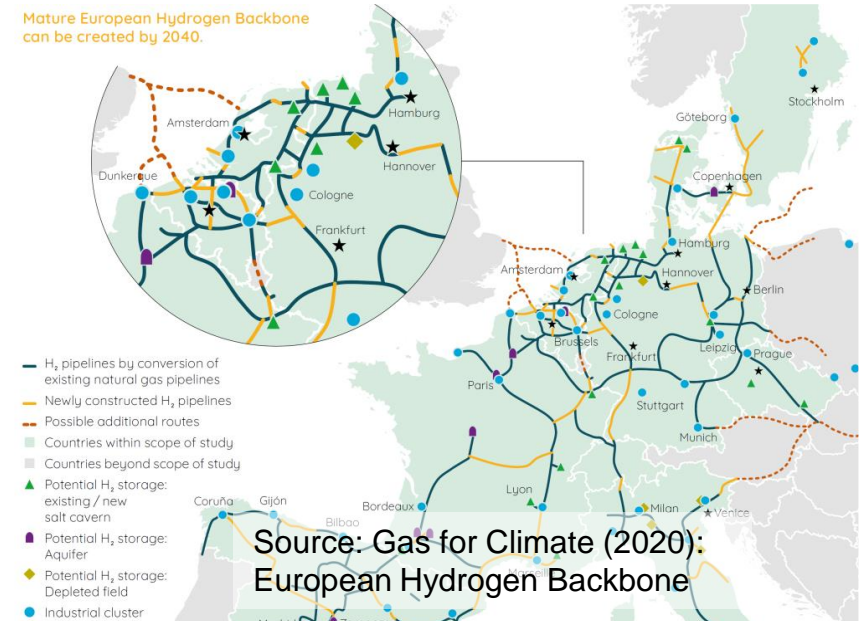
# Drei Determinanten der künftigen Transportoptionen des Energiesystems



# Erste Analysen der Gasversorger zu künftigem H<sub>2</sub>-Startnetz

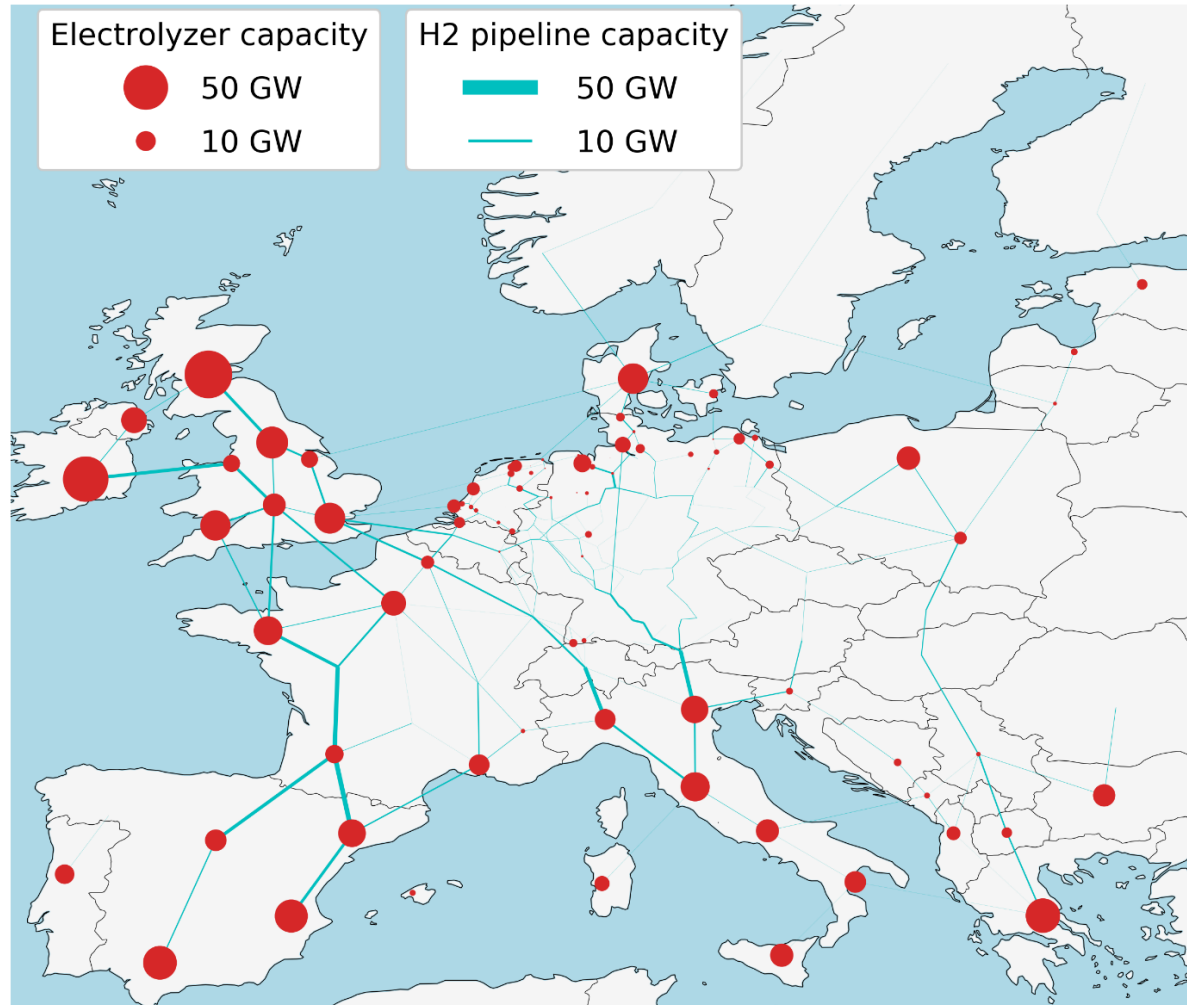
- Erste Analysen eines europäischen Wasserstoffnetzes wurden 2020 veröffentlicht.
- Ein zentrales Ergebnis ist, dass wesentliche Teile der künftigen H<sub>2</sub>-Infrastruktur auf umgerüsteten Gasnetzen basieren sollten.
- Aktuelle Analysen: Perspektive der Gasnetzplanung - mit ex-ante fixierten Wasserstoff-Nachfragen und Angeboten und ohne Interaktion Strom- / Wasserstoffnetze
- Die Modellierung realistischer Infrastrukturfade erfordert die Berücksichtigung:
  - der Interaktion zwischen Angebot, Nachfrage und Infrastrukturen für Strom und Gas / Wasserstoff
  - Kostenoptimalität des Gesamtsystems
  - der Speicherdynamik für Wasserstoff und Strom
- Hieraus ergibt sich erheblicher Forschungsbedarf

Mature European Hydrogen Backbone can be created by 2040.

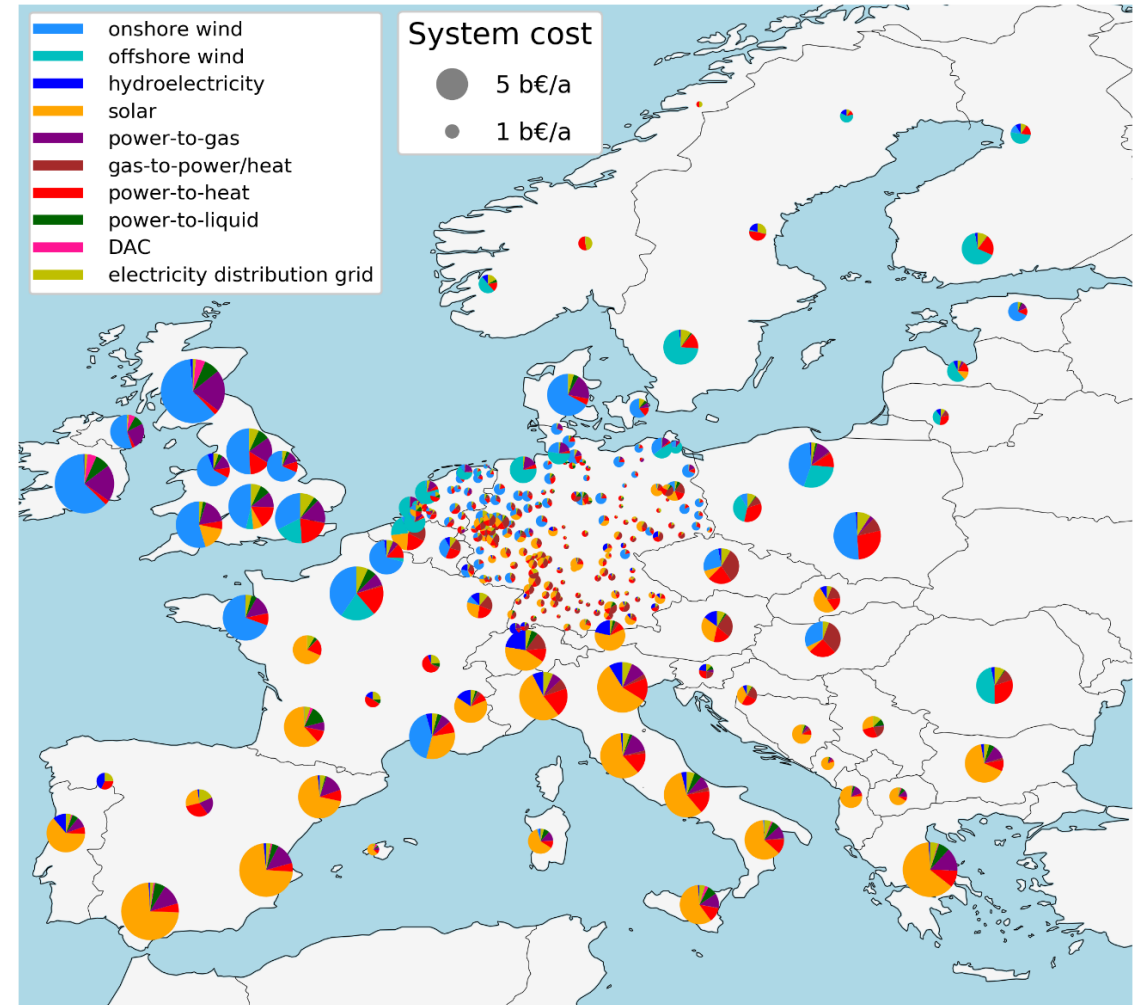




# Erste Ergebnisse zur Planung eines Europäischen H<sub>2</sub>-Netzes



Wasserstoff-Netz – basierend auf integrierter Optimierung (Strom / H<sub>2</sub>)



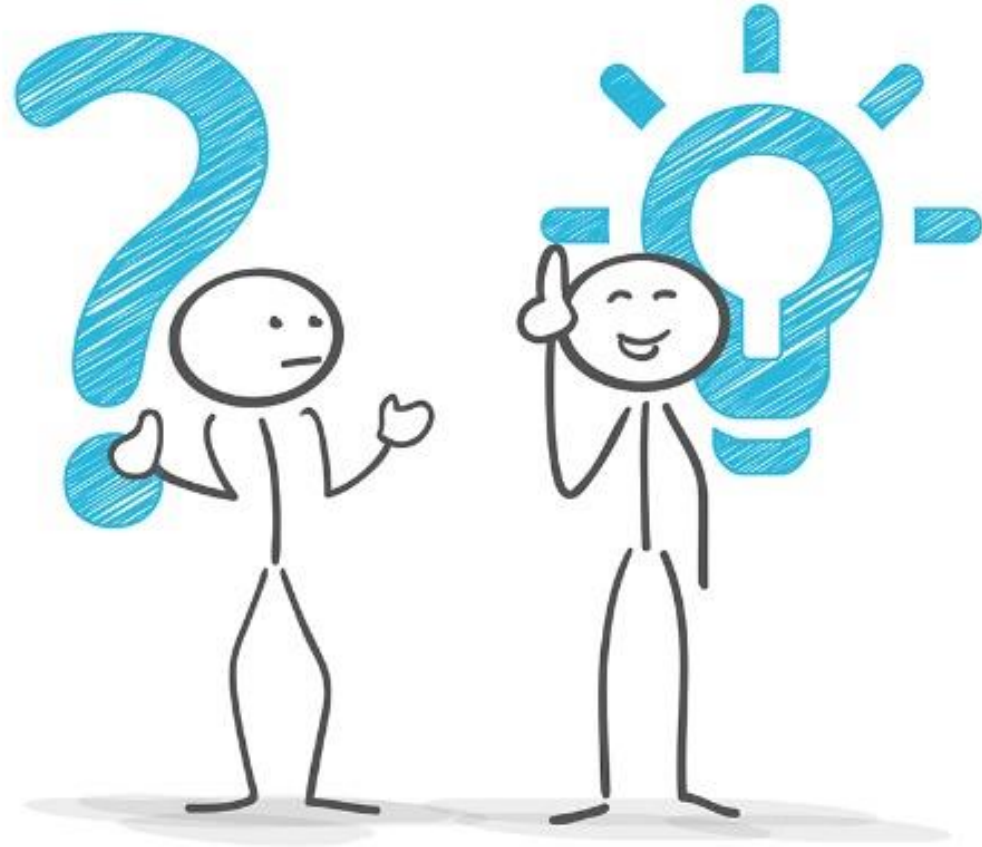
Räumliche Verteilung der Anteile an den Systemkosten je Technologie

# Schlussfolgerungen

- Die Sektorenkopplung wird zur dominanten Eigenschaft künftiger Energiesysteme.
- Die Aufteilung zwischen strombasierter Sektorenkopplung, Wasserstoff und synthetischen Brennstoffen ist in aktuellen Studien durch eine große Bandbreite charakterisiert.
- Neben den generellen Unsicherheiten zu den Eingangsdaten ergeben sich die Bandbreiten aus der Herausforderung sektorengekoppelte Energieinfrastrukturen integriert zu modellieren.
- Eine Mehrzahl der Szenarien zeigt substanziellen Bedarf an Wasserstoff und synthetischen Brennstoffen, der dezidierte Wasserstoff-Infrastrukturen notwendig erscheinen lässt.
- Eine detaillierte Analyse der räumlichen Verteilung von Wasserstoff-Angebot und Nachfrage ist erforderlich, um die Topologie der Infrastrukturen zu bestimmen.
- Die integrierte Optimierung von Strom-, Erdgas- und Wasserstoff-Infrastrukturen, Erzeugung und Nachfrage sollte die Grundlage für die künftige Netz-Planung sein (Ergänzung um weitere Infrastrukturen für CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> ggf. notwendig).
- Hierfür sind Modelle für netzbasierte Multi-Energie-Systeme notwendig.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Q&A



Source: Rheumalis 2019