

Wasserstoffwirtschaft Hochlauf in D

Hans Thie
RLS-Fachgruppe Energiepolitik
10. November 2023



H₃ Hoffnung Hype Hopeium

„Gas der Zukunft“ Olaf Scholz

„Grüner Wasserstoff ist das Erdöl von morgen“ BMBF

„Wasserstoff rockt“ Frans Timmermans

„Hydrogen is the silver bullet“ Jacob Rees Mogg

„Dummheit, nicht Wasserstoff, ist das häufigste Element auf der Erde“ Frank Zappa

„Dummheit und Wasserstoff bilden die Legierung Hopeium, die in der Lage ist, sehr viel öffentliches und privates Geld anzulocken“ Michael Liebreich

Vorteile H₂

Scheinbar Alleskönner

- Häufigstes Element im Universum
- Energie pro Gewichtseinheit: drei Mal so viel wie Benzin, Diesel oder Kerosin
- Erzeugung braucht nur Strom + Wasser
- Keine CO₂-Emissionen und keine Giftstoffe

Nachteile H₂

Kosten- und Transportprobleme

- Keine Reinvorkommen
- **Energie pro Volumeneinheit: nur ein Viertel von Erdgas**
- **Erfordert viel Energie zur Abtrennung**
- **Teurer Transport**
- **Speicherung braucht Kompression, Kühlung oder Träger-Medium**
- Entweicht durch kleinste Lecks und explodiert schnell
- Kann Metall verspröden

H₂-Wirtschaft - ein Staats-Baby, das mit sechs erwachsen sein soll

Großes Planungsproblem mit geringer empirischer Basis

Konsens Kern-Bedarf

Mehrheit Energie-Experten: H₂ = Champagner

FDP / Gaswirtschaft / Laien: Breite Anwendung

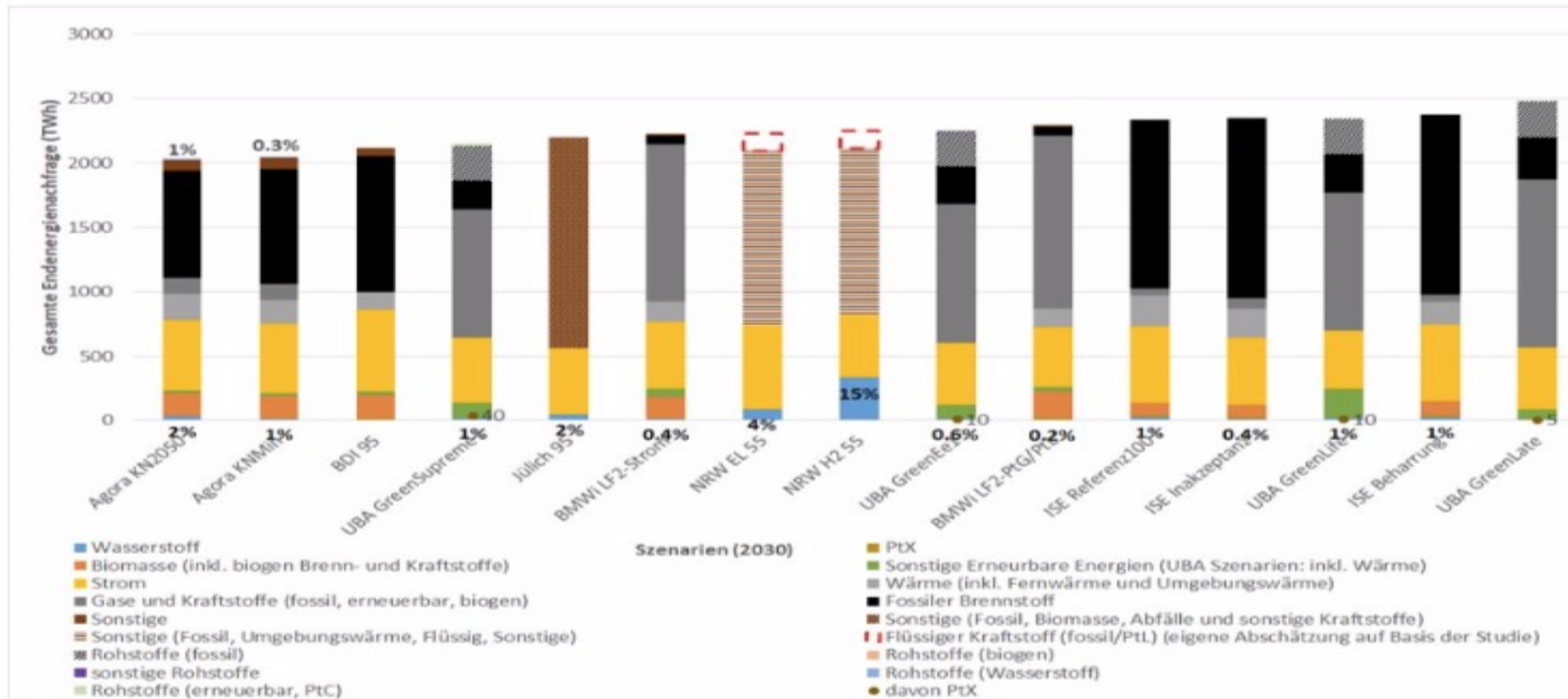
Im Gleichschritt Angebot und Nachfrage schaffen

Importe komplett ungeklärt

Hubs, Kern-Netz oder flächendeckend?

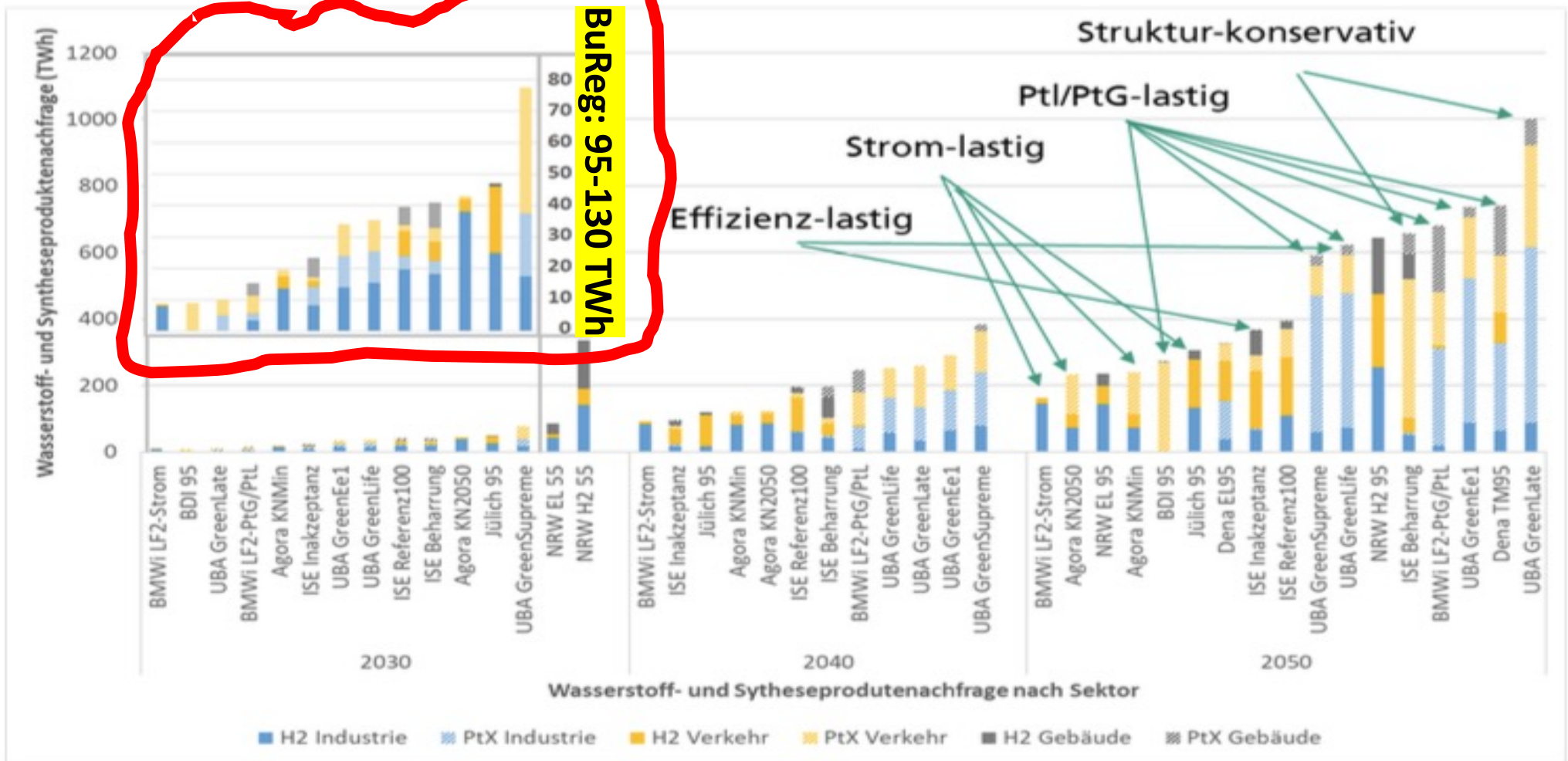
Private Finanzierungen schwierig – nahezu alles braucht Subventionen

Abbildung 6: Nationaler Endenergieverbrauch in Deutschland in 2030



Wietschel, M.; Zheng, L.; Arens, M.; Hebling, C.; Ranzmeyer, O.; Schaadt, A.; Hank, C.; Sternberg, A.; Herkel, S.; Kost, C.; Ragwitz, M.; Herrmann, U.; Pfluger, B. (2021): Metastudie Wasserstoff – Auswertung von Energiesystemstudien. Studie im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats. Karlsruhe, Freiburg, Cottbus: Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG (Hrsg.). Seite 22
 Ausgewertete Studien in Jahren 2018-2020 bzw. BMWi in 2021 veröffentlicht

Abbildung 4: Wasserstoff- und Syntheseproduktenachfrage in den Nachfragesektoren in Deutschland in 2030, 2040 und 2050



Wietschel, M.; Zheng, L.; Arens, M.; Hebling, C.; Ranzmeyer, O.; Schaadt, A.; Hank, C.; Sternberg, A.; Herkel, S.; Kost, C.; Ragwitz, M.; Herrmann, U.; Pfluger, B. (2021): Metastudie Wasserstoff – Auswertung von Energiesystemstudien. Studie im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats. Karlsruhe, Freiburg, Cottbus: Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG (Hrsg.). Seite 20
 Ausgewertete Studien in Jahren 2018-2020 bzw. BMWI in 2021 veröffentlicht

Wasserstoffstrategie ZIELE 2030 Update 27. Juli 2023

- Beschleunigter Markthochlauf und höheres Ambitionsniveau
- Kern-Netz mit mehr als 1.800 km bis 2027/2028 (4.500 km in EU)
- Heimische Elektrolysekapazität mindestens 10 GW (bislang 5 geplant)
- Für großen restlichen Bedarf Importstrategie
- Alle großen Anbieter mit allen relevanten Abnehmern verbinden
- Primäre Anwendungen bis 2030: Industrie, LKW + PKW, Luft-/Schiffsverkehr
- Wasserstoff im Wärmebereich bis 2030 nur partiell relevant
- Gaskraftwerke zunehmend H₂-ready. Elektrolyseure möglichst systemdienlich
- Gesamt-Wasserstoffbedarf von 95 bis 130 TWh in 2030 geschätzt

MITTEL Wasserstoffstrategie Update 27. Juli 2023

Verfügbarkeit von ausreichend Wasserstoff

2023

- Förderbescheide für erste IPCEI-Elektrolyseprojekte
- Jährlich 500 MW Elektrolyseleistung zur Erzeugung von grünem Wasserstoff gemäß Windenergie-auf-See-Gesetz (2023-2028)
- Mit RED II Anreize für 2 GW Elektrolyse für Verkehr. Auch danach Elektrolyse-Förderung durch BMDV-Gesamtkonzept Erneuerbare Kraftstoffe

2024/2025

- Weiterentwicklung H2Giga für Serienfertigung von Elektrolyseurtechnologien
- Importe anschieben, zunächst schiffsbasiert, später Pipelines
- Umstellung auf der Anwendungsseite zunächst auch mit nicht-grünem Wasserstoff gefördert

Installierte Leistung von Elektrolyse-Projekten in Deutschland In Gigawatt (elektrisch)



¹ Gesamt inkl. undatierter Projekte.

Anmerkung: Der lineare Zielpfad ist rein illustrativ, die Bundesregierung hat nur das Ziel für 2030 gesetzt, aber keinen Zeitverlauf spezifiziert. Datenstand 10.10.2022. Eine aktualisierte Abbildung mit Datenstand 10.10.2023 findet sich im Ampel-Monitor Energiewende (online verfügbar).

Quelle: IEA (2022), a. a. O.

DIW-Wochenbericht 41/2024, S. 565

© DIW Berlin 2023

Um das Ziel für 2030 zu erreichen, müssten auch die meisten der Projekte realisiert werden, die derzeit erst in frühen Konzeptphasen sind.

MITTEL Wasserstoffstrategie Update 27. Juli 2023

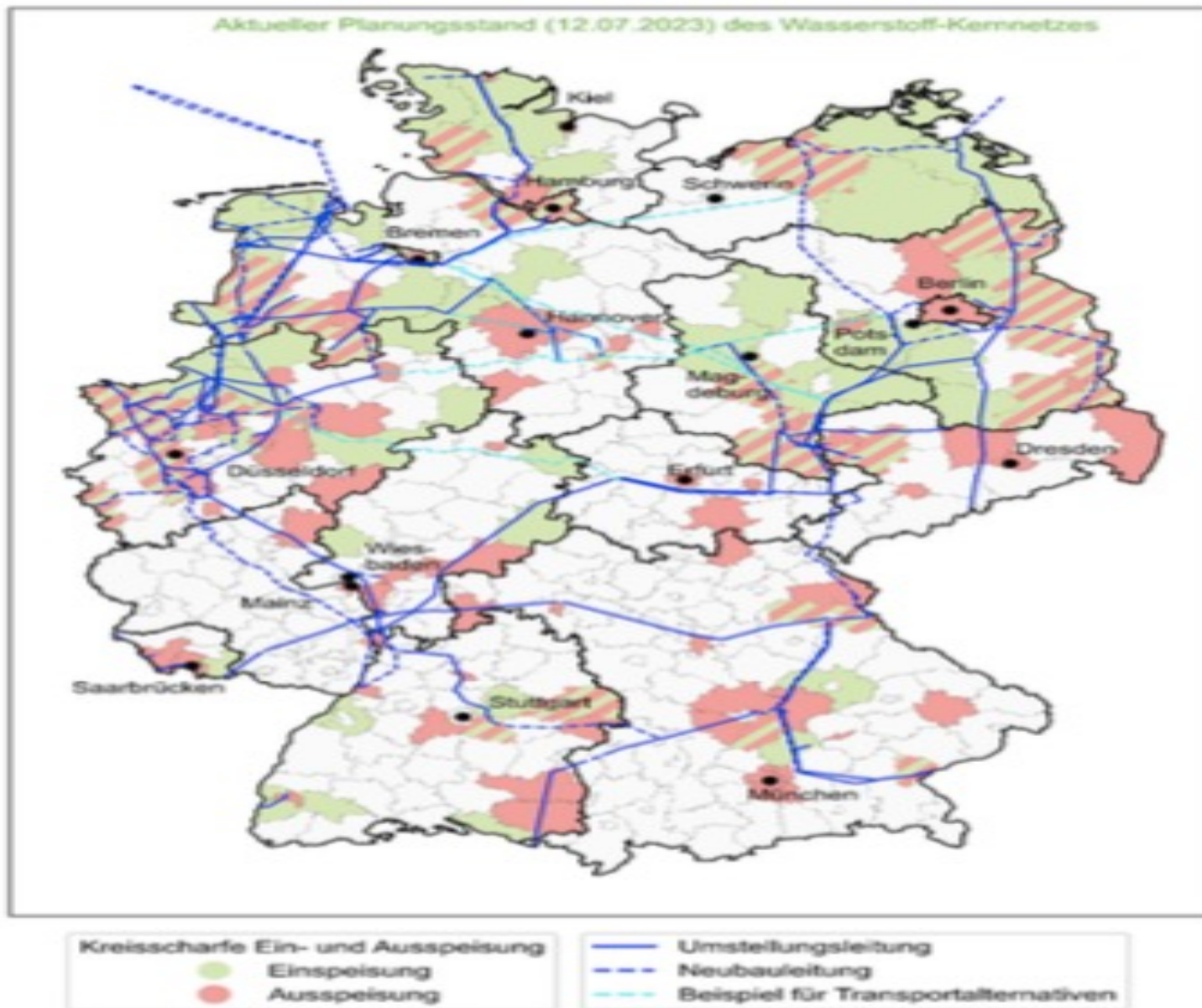
Aufbau Wasserstoff-Infrastruktur (national, EU, Importe aus Drittstaaten)

2023

- Novelle EnWG: Rechtsgrundlage für erstes Wasserstoff-Kernnetz
- Wasserstoffbeschleunigungsgesetz (u. a. für Wasserstoff-Import-Terminals).
- EU Gasmarkt- und Wasserstoffpaket

Ab 2024/2025

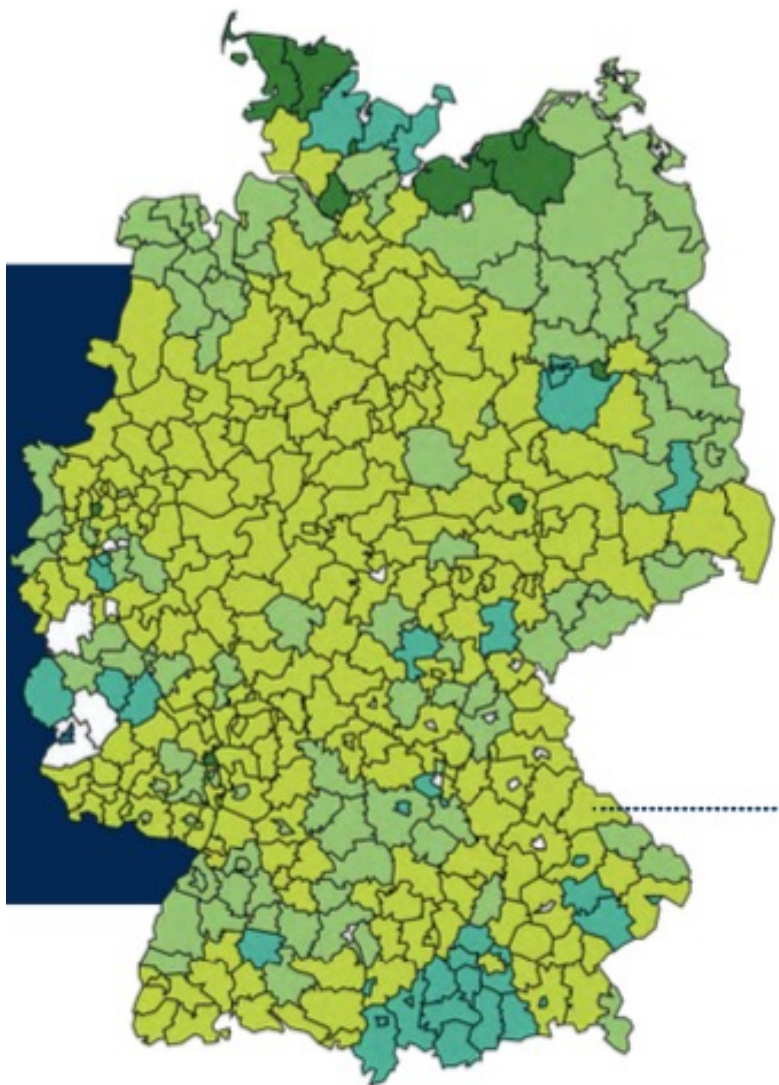
- Erster Gas- und Wasserstoff-Netzentwicklungsplan
- EU-Hubs für Offshore-Windenergie und Offshore-Elektrolyse
- Pipelines zu Anrainerstaaten der Union
- Machbarkeitsstudie über gesamte Wasserstofflieferungen aus Norwegen
- Bau weiterer Terminals nur für Wasserstoff oder Derivate



Planungsstand Wasserstoff-Kernetz

Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber
Gas e.V..

Berlin, 12. Juli 2023



Position Gaswirtschaft

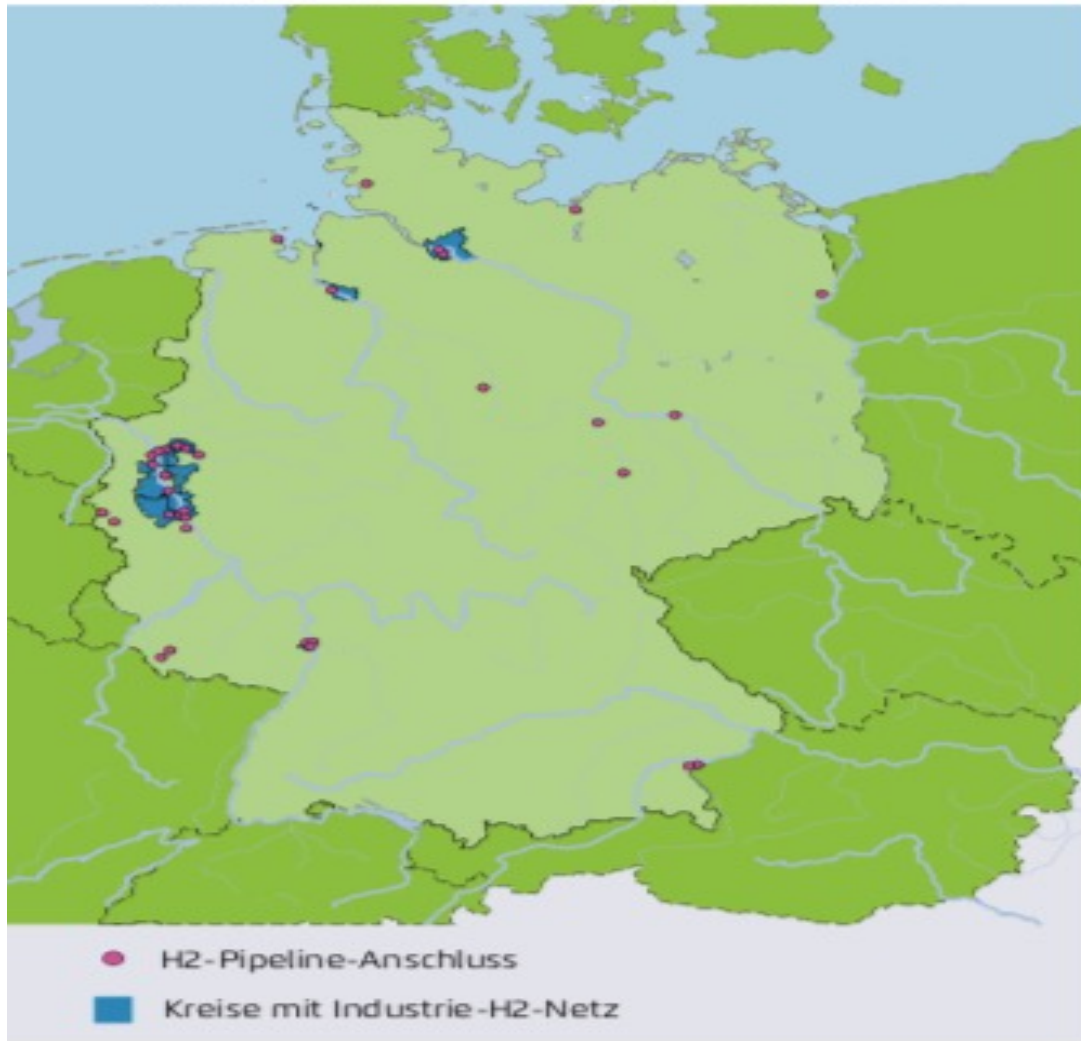
Bis **2030**

wird in großen Teilen Deutschlands die H₂-Einspeisung beginnen.
Bis 2040 werden alle gasversorgten Regionen erreicht.

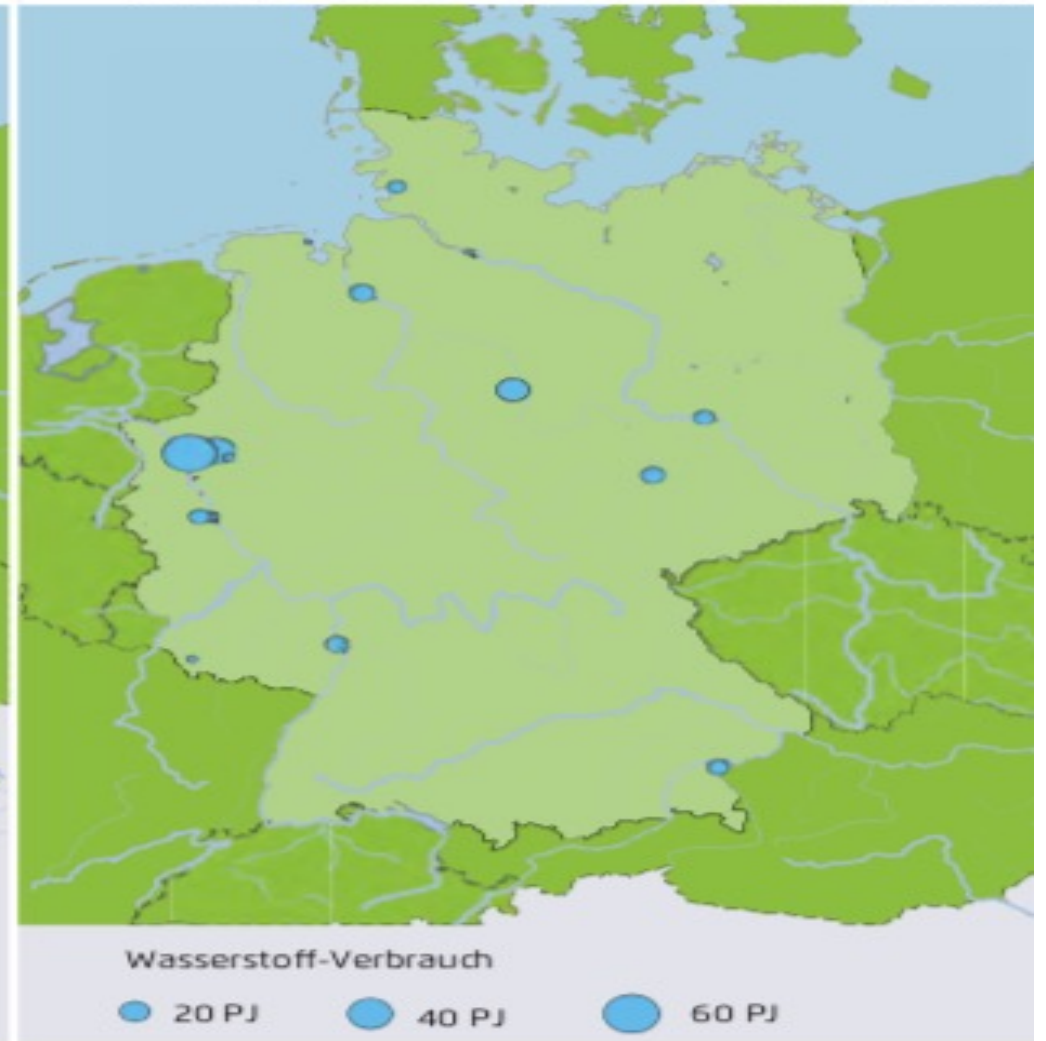
- H₂ bis 2030
- H₂ bis 2035
- Methangebiet: 100 Prozent klimaneutrales Methan in 2045
- keine Beteiligung
- H₂ bis 2040
- H₂ bis 2045

Der Gebietsnetztransformationsplan. Ergebnisbericht. Herausgeber: DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V.
Dieses Dokument wurde durch die Initiative H2vorOrt im DVGW in Zusammenarbeit mit dem VKU erarbeitet. Stand: September 2023

Industrielle Wasserstoff-Pipeline-Anschlüsse



Netto-Wasserstoffverbräuche nach Standorten



* ohne Tankstellen, ohne Kraftwerke zur Rückverstromung von Wasserstoff

MITTEL Wasserstoffstrategie Update 27. Juli 2023

Wasserstoffanwendungen etablieren – Industrie und Verkehr

Industrie 2023

- Klimaschutzverträge: Förderung von Mehrkosten (CAPEX und OPEX)
- Konzept zu grünen Leitmärkten

Industrie ab 2024 ???

Verkehr 2023

- Mit elf Maßnahmen am deutlichsten konkretisiert. Pflöcke für Wasserstoff auch im Landverkehr sollen offenkundig gesetzt werden

Verkehr ab 2024

- Gesamtstrategie zur Wasserstoff-Transformation der Schifffahrt
- Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR)

MITTEL Wasserstoffstrategie Update 27. Juli 2023

Wasserstoffanwendungen etablieren – Strom und Wärme

Strom 2023

- Prüfung der Anforderungen an „systemdienliche Elektrolyse“
- Ausschreibungen nach § 28e EEG 2023 für geförderte „Wasserstoff-Sprinter“-Kraftwerke (4,4 GW bis 2026) und Ausschreibungen nach § 28d EEG für lokale „EE-Wasserstoff-Hybridkraftwerke“ und Wasserstoffherzeugung vor Ort (weitere 4,4 GW)

Strom 2024/25

- Prüfung der Refinanzierung von steuerbaren, klimaneutralen Kapazitäten im Rahmen der Plattform klimaneutrales Strommarktdesign

Wärme-Gebäude 2023

- Abwärmenutzung von Elektrolyseuren in Standortwahl von Elektrolyseuren berücksichtigen
- Perspektivische Nutzung von Wasserstoff in der dezentralen Wärme-Erzeugung

MITTEL Wasserstoffstrategie Update 27. Juli 2023

Wirkungsvolle Rahmenbedingungen schaffen

Planungs- und Genehmigungsverfahren

- Wasserstoffbeschleunigungsgesetz
- Genehmigungsverfahren für Wasserstofftankstellen aller Typklassen
- Mehr Fachkräfte in Industrie und Verwaltung

Nachhaltigkeitsstandards und Zertifizierung

- Vorgaben für die Anrechnung von Wasserstoff in den Nachfragesektoren
- Definition nachhaltiger Kohlenstoff-Quellen für Wasserstoffderivate
- Vorgaben für blauen Wasserstoff und für abgeschiedenes CO₂
- Carbon-Management-Strategie für CCU, CCS und CO₂-Transport

Forschung, Innovation und Ausbildung von Fachkräften

- Technologie- und Innovations-Roadmap Wasserstoff. FuE-Kooperationen

Kommentar Michael Liebreich I

H₂-Hype wird platzen wie Brennstoffzellen-Hype

- Anwendungen zu breit, Import-Mengen illusionär, technische Herausforderungen und Preisprobleme unterschätzt
- H₂ muss gegen vorhandene Technologien und gegen andere Null-Karbon-Optionen konkurrieren
- Direkt-Elektrifizierung (je nach Anwendung) deutlich wirtschaftlicher und ökologischer als H₂ (Faktor 2 bis 5)
- H₂ weder für PKW noch für LKW. Batterie-elektrisch wirtschaftlich und ökologisch deutlich besser
- Gegen den Hype hilft klare 80-90%-Strom-Perspektive mit H₂ als Lückenfüller
- Auf große H₂-Hubs fokussieren, nicht auf Flächendeckung
- Ökostrom und grüner Wasserstoff werden Produktionsstandorte bestimmen.

Kommentar Michael Liebreich II

H₂-Transport ist DAS RIESENPROBLEM

- Nur mit (nicht vorhandenen) Pipelines halbwegs wirtschaftlich.
Transportkosten: 7-50 EuroCent je kg
- Mit Tankern/LKW extrem teuer: 60-700 EuroCent je kg
- Tanker-H₂ ist 4-6 Mal teurer als LNG und 8-12 Mal teurer als Pipeline-Erdgas
- Grüner Ammoniak per Tanker drei Mal so teuer wie lokale H₂-Produktion
- Vergesst verflüssigten Wasserstoff, wird nirgends wirtschaftlich funktionieren
- H₂-ready von LNG-Terminals ist Nonsense, geht technisch nicht

Kommentar Michael Liebreich III

Industrie

- Alternativlos für Grundstoff-Chemie und Hochtemperatur-Industrie
- Grüner Ammoniak primär für Düngemittel, womöglich für Schiffs- und Luftverkehr
- Falls Strom-Stahl kostengünstiger, wird H_2 -Stahl zum stranded investment
- Industrie-Prozess-Wärme mit H_2 kaum konkurrenzfähig. Alternative Strom

Strom

- H_2 = Unbegrenzte Speicherbarkeit = Notanker
- Elektrolyseure primär mit überschüssigem Ökostrom funktioniert nicht

Flugverkehr jenseits von 500 Meilen

- Bio-Treibstoffe, H_2 , Ammoniak und E-Fuels – alle noch im Rennen
- E-Fuels bestenfalls für Flugverkehr relevant, für sonst nichts

Raumwärme

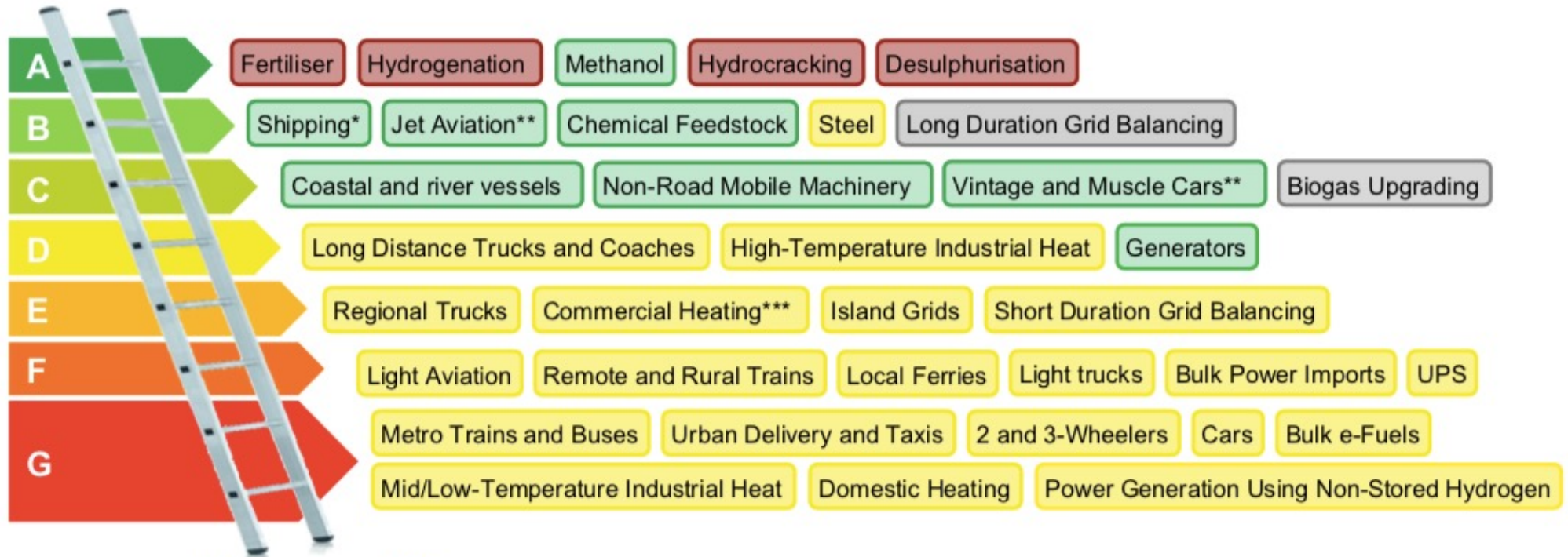
- Wärmepumpen sind die Killer App. Vier Mal mehr Wärme je kwh Ökostrom als H_2

Hydrogen Ladder 5.0

Liebreich Associates

Unavoidable

Key: No real alternative Electricity/batteries Biomass/biogas Other



Uncompetitive

*As ammonia or methanol **As e-fuel or PBTL ***As hybrid system

Source: Michael Liebreich/Liebreich Associates, *Clean Hydrogen Ladder, Version 5.0, 2023*. Concept credit: Adrian Hiel, Energy Cities. CC-BY 4.0

LINKE Positionen (grob)

- **Eindeutige Vorfahrt für Direkt-Elektrifizierung**
Ist wirtschaftlicher und ökologischer
- **H₂ auf anerkannten Kern-Bedarf begrenzen**
Verschwendung von Ökostrom und stranded investments vermeiden
- **Kein H₂ für Landverkehr und Raumwärme**
Heute schon als Irrsinn erkennbar
- **H₂-Hubs und Kern-Netz nur für große industrielle Abnehmer**
Kein flächendeckendes H₂-Netz
- **Elektrolyse-Anlagen bedarfsgerecht und verbrauchsnahe**
Verbrauchsnahe H₂-Produktion relativiert das Transportproblem
- **Importe nur via Pipeline**
Neu oder Umstellung Gas-Pipelines

BackUp

Infos

Physik des Wasserstoffs

- Wasserstoff ist das Element mit der geringsten Dichte
- Molekularer Wasserstoff (H_2) ist etwa 14,4-mal weniger dicht als Luft
- Flüssiger Wasserstoff wiegt 70,8 Gramm pro Liter
- Schmelzpunkt liegt bei $-259\text{ }^{\circ}\text{C}$. Siedepunkt bei $-252\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 100 TWh Energiegehalt H_2 = ca. 3,0 Mio. Tonnen H_2
- Für die Produktion von 3 Mio. Tonnen grünen Wasserstoffs braucht man heute (je nach Effizienz der Elektrolyse-Anlagen) ca. 130–140 TWh Ökostrom

Brennwerte

- | | |
|---------------|---|
| • Wasserstoff | 39,39 kWh/kg und 3,54 kWh/m ³ |
| • Erdgas | 13,90 kWh/kg und 11,10 kWh/m ³ |

Handelsblatt 2. Mai 2023: Habeck will offenbar keine staatliche Wasserstoffnetzgesellschaft mehr

- Habeck verabschiedet sich von der Idee, eine staatliche Wasserstoffnetzgesellschaft zu gründen, und will die Pläne der privaten Gasleitungsbetreiber für ein „Wasserstoff-Startnetz“ aufgreifen.
- Damit endet eine Hängepartie, die in weiten Teilen der Industrie für erheblichen Unmut gesorgt hatte.
- Die Pläne für den Aufbau eines Netzes liegen zwar parat. Doch ungeklärte Regulierungsfragen, die Debatte um eine Staatsbeteiligung an einer Wasserstoffnetzgesellschaft und eine unsichere Refinanzierung standen dem Start bislang im Weg. Diesen Zustand will Habeck nun beenden.
- Erster Schritt: Startnetz konzipieren
- Für viele Unternehmen ist die aktuelle Situation belastend. Stahlhersteller wie [Thyssen-Krupp](#) oder [Salzgitter](#) haben milliardenschwere Investitionen in wasserstoffbasierte Verfahren beschlossen und stecken bereits in der Umsetzungsphase, wissen aber nicht, ob und wann eine Wasserstoffleitung an ihrem Werk vorbeiführt.
- Um beim Aufbau einer Wasserstoffnetzinfrastruktur voranzukommen, verfolgt das Ministerium jetzt einen zweistufigen Ansatz. In der ersten Stufe soll das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) geändert werden.
- Mit der EnWG-Änderung soll ein „Wasserstoff-Startnetz“ mit einer Länge von 1700 Kilometern gesetzlich definiert werden. Die Definition des Netzes soll „durch die [Bundesnetzagentur](#) unter Mitwirkung der Ferngasleitungsbetreiber erfolgen“, hieß es in Ministeriumskreisen. Das „Startnetz“ wäre damit ein gesetzlich priorisiertes Vorhaben mit zügigen Genehmigungsverfahren. Wesentliche Teile des neuen Netzes sollen aus umgewidmeten Erdgasleitungen bestehen.
- Die Betreiber der Ferngasleitungen haben sich bereits intensiv mit der Frage befasst, wie das Startnetz aussehen könnte.
- Den bisherigen Plänen zufolge bedient das Wasserstoff-Startnetz zunächst vorwiegend den Nordwesten Deutschlands. Der Süden soll erst später folgen.
- Zweiter Schritt: Netzentwicklungspläne zusammenführen
- In einem zweiten Schritt sollen bereits ab 2024 die Planungen für das Gas- und das Wasserstoffnetz in einem „integrierten Netzentwicklungsplan Gas/Wasserstoff“ zusammengeführt werden. Auch dafür soll das EnWG geändert werden.
- Die Netzentwicklungspläne sind die Basis für den Ausbau der Gas- und Stromnetze. Sie werden von den Netzbetreibern erarbeitet und von der Bundesnetzagentur bestätigt. Sie sind damit ein wichtiges Instrument zur Steuerung des Netzausbaus.
- Auch bislang ungelöste Probleme bei der Refinanzierung der Investitionen in das Wasserstoffnetz will das Bundeswirtschaftsministerium aus dem Weg räumen. Die Betreiber der Gasnetze kritisieren seit Langem, dass die staatliche Netzregulierung den Aufbau einer Leitungsinfrastruktur für Wasserstoff verhindere.
- Die noch von der Großen Koalition beschlossene Regulierung für Wasserstoffnetze sieht vor, dass allein die Kunden der Wasserstoffnetze über ihre Netzentgelte den Ausbau und den Betrieb der Leitungen finanzieren.
- So müsste der erste Nutzer einer Wasserstoffleitung mit den Entgelten, die ihm für die Nutzung in Rechnung gestellt werden, für die komplette Refinanzierung sorgen. In der Anfangsphase würde das zu prohibitiv hohen Netzentgelten führen.
- Die Netzbetreiber sprechen sich seit Jahren für eine andere Lösung aus: Sie wollen aus den Entgelten, die sie für die Nutzung der Erdgasleitungen erhalten, den Aufbau des Wasserstoffnetzes finanzieren. Doch die Politik lehnt diese Form der Quersubventionierung ab.
- Nun will das Bundeswirtschaftsministerium nach Informationen des Handelsblatts aus Ministeriumskreisen einen anderen Weg gehen, der im Wesentlichen auf einem Konzept fußt, das die Deutschen Energie-Agentur (Dena) im Sommer vergangenen Jahres vorgestellt hatte: Es soll über ein „Amortisationskonto“ eine staatliche Absicherung für Netzbetreiber geben, falls sich der Wasserstoffhochlauf verzögert und sich keine oder nur sehr wenige Kunden finden.
- Die Netzbetreiber sollen den Ausbau zwar vorfinanzieren. Der Staat sichert ihnen dafür aber zu, langfristig die Rentabilität der Investition abzusichern. Anfangs sollen die Netzentgelte gedeckelt sein, um potenzielle Netznutzer nicht abzuschrecken.
- Die gedeckelten Netzentgelte werden anfangs jedoch nicht ausreichen, um daraus die Investitionen der Netzbetreiber zu finanzieren. So ergibt sich für die Netzbetreiber eine Finanzierungslücke. Diese Lücke wird durch das „Amortisationskonto“ geschlossen, von dem die Kosten für den Aufbau abgehen und auf das die Netzentgelte eingezahlt werden.
- Die finanzielle Lücke wird nach der Hochlaufphase kleiner, weil die Zahl der Nutzer wächst und die Effizienz des Netzbetriebes damit steigt. Der Staat sichert die Amortisation für den Fall zu, dass sich der Wasserstoffhochlauf verzögert und so die Rentabilität gefährdet. Dazu kann der Staat Mittel für den Ausgleich der Lücken aufbauen, etwa über einen Fonds.

Erneuerbare Energien
Methanpyrolyse
Bioenergie
Kernenergie
Fossile Energieträger + CCS
Natürliche Vorkommen
Erdgas
Braunkohle
Steinkohle

