

Wasserstoff

Sekt oder Selters für die Energiewende?

Veranstaltung des BUND Wetteraukreis /
BUND OV Karben/Niddatal 25. April 2023

Dr. Werner Neumann

Kreisvorsitzender BUND Wetterau

Sprecher Bundesarbeitskreis Energie

Mitglied im Projekt KOPERNIKUS: Fachbeirat ARIADNE und
Zivilgesellschaftlichem Beirat Power-to-X

Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland

Fragestellungen

- **Grundinformationen – Herstellung, Transport von Wasserstoff**
- **Farbenlehren – woher kommt der Strom für den Wasserstoff?**
- **Wieviel Wasserstoff wird für die Energiewende benötigt?**
- **Energieeffizienz der Nutzung von Wasserstoff/Efuels**
- **Woher kommt der Wasserstoff – Import oder lokal?**
- **Praktische Verwendung von Wasserstoff in Gebäuden und Quartieren**

Wasserstoff

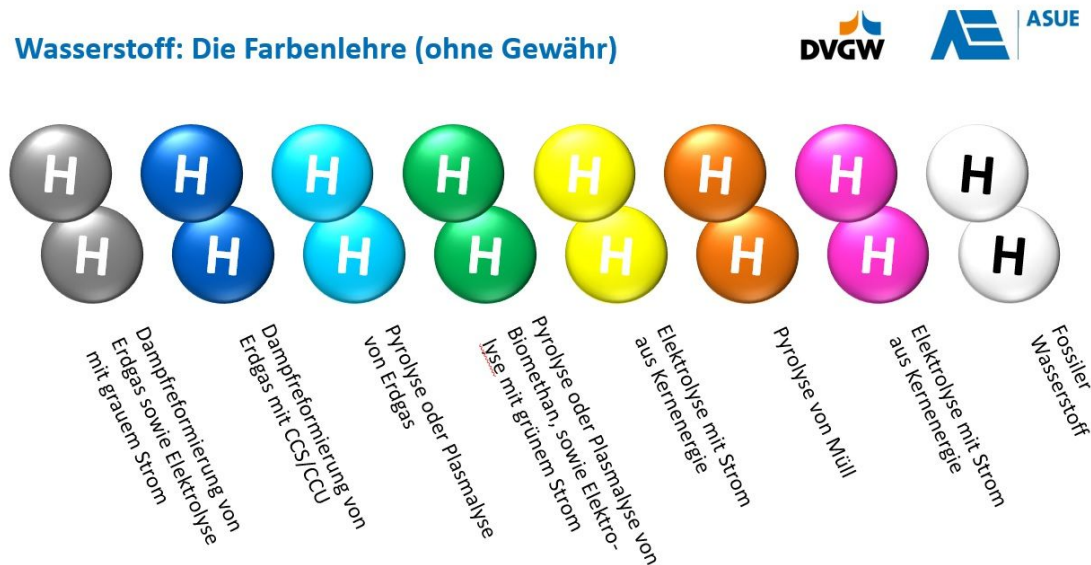
- **Wasserstoff – chemisch H_2**
- **Gasförmig oder unter Druck 20-200 bar in Leitungen oder Flaschen.**
- **Erdgasleitungen sind für H_2 geeignet, geringe Umstellungen. H_2 Beimischung aktuell bis 20% möglich.**
- **Energietransport ca. 10 mal mehr pro Leitung als mit Stromleitungen**
- **Energieinhalt 1 kg H_2 – 33 kWh Energie (Erdgas/Öl 10 kWh pro kg)**
- **Volumenbezogen 1 m³ H_2 – 3 kWh (Erdgas 10 kWh/m³)**
- **Entzündlicher als Erdgas – stärkere Vorkehrungen erforderlich**

- **Das meisthäufigste Element im Universum**
- **aber nicht auf Erden abbaubar**

- **Elektrolyse Strom + Wasser => Wasserstoff + Sauerstoff**
- **Wirkungsgrad (Energiebilanz) 70 % (30% Abwärme-nutzbar)**

Farbenlehre Wasserstoff

- Woher kommt der Strom für den Wasserstoff?
- Grauer H₂ = Erdgas – Reformierung + CO²
- Blauer H₂ = Erdgasreformierung – aber mit CCS – Abspaltung und Speicherung des CO²
- Türkiser H₂ = Erdgas mit Pyrolyse
- Pinker H₂ = Atomstrom
- **Grüner H₂ = Erneuerbare Energie – Wind, Sonne, Biomasse**
- Roter H₂ = Wasserstoff aus (blutigen) undemokratischen Ländern



- Grauer H₂ = 3 € / kg = 10 ct/kWh
- Grüner H₂ = 7 € / kg = 20 ct/kWh
- Herstellungskosten aus Stromkosten EE = 5-8 ct/kWh ./. 70%
- Plus Elektrolyse 1000 - 2000 € /kW Leistung / Auslastung 3000 h

- Idee : Wasserstoff aus Strom erzeugen, der zeitweilig „überschüssig“ ist und daher sehr geringe Kosten aufweist - negativ bis 2 ct/kWh.
- Auslastung der Elektrolyse = 3 – 6 ct/kWh
- Plus Transport - Summe 5 – 8 ct/kWh
- Konkurriert immer mit Stromkosten.

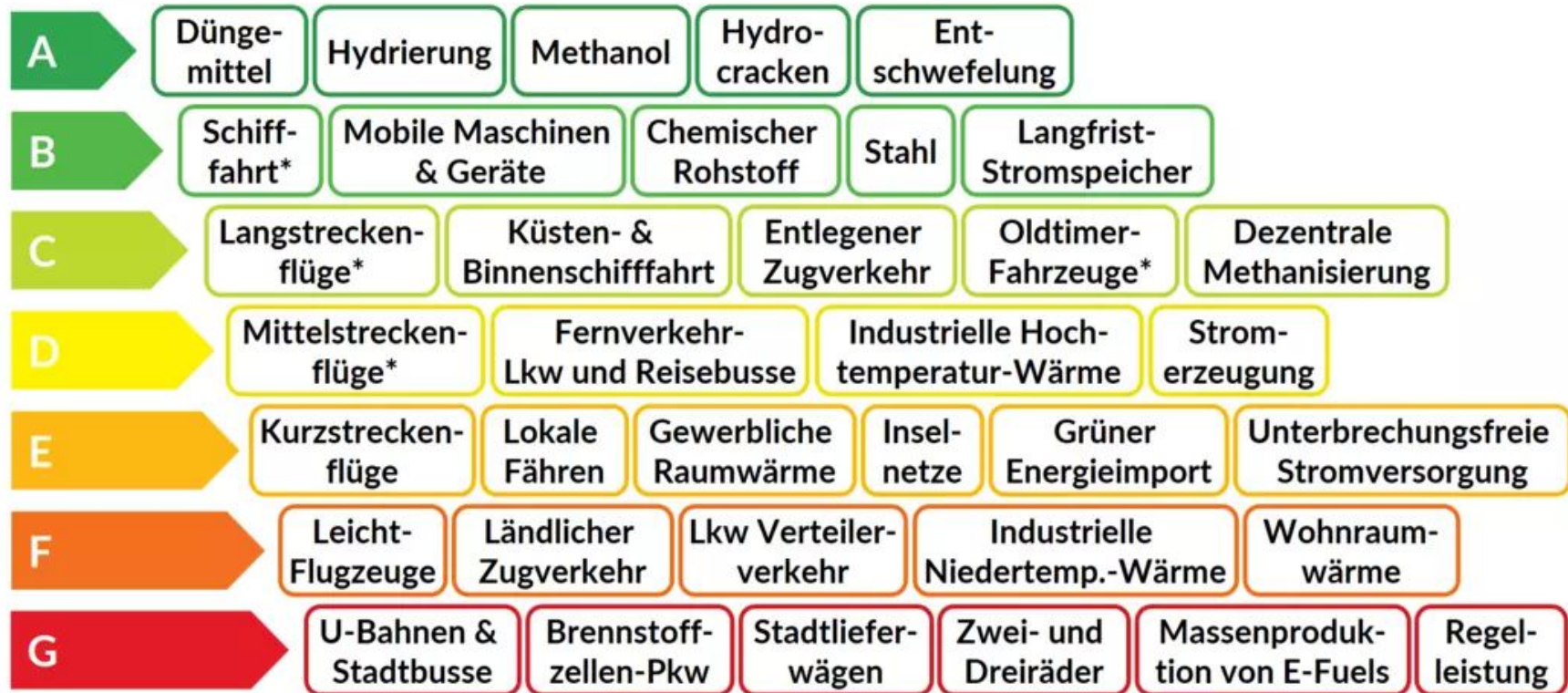
- Daher überlegen wo wird H₂ unbedingt benötigt ?!
Wasserstoff nicht als allgemeine Basis sondern als wichtiges Zusatzelement.

Einsatzbereiche Wasserstoff

Einsatzbereiche sauberen Wasserstoffs

(Nach M. Liebreich, 2021)

Alternativlos



Unwirtschaftlich

* Sehr wahrscheinlich in Form von mittels Wasserstoff erzeugten E-Fuels oder Ammoniak.

Energieeffizienz Kraftfahrzeuge

- Elektrofahrzeug – Strom – Batterie **86 %**
- Benzinfahrzeug – fossiler Kraftstoff **30 %**
- Wasserstofffahrzeug – Brennstoffzelle – EE Strom **34%**
- E-Fuels - Methanol, Oxymethylenether, EE Strom Synthese, CO²-Gewinnung, Motor **6-12 %**

- DECHEMA
- White paper E-Fuels 2017 Projekt Power-to-X
- E-Fuels nur dort wo es anders nicht geht. Flugzeuge, Schiffe, Chemie.

Tabelle 1: „All Methane-Energiesystem“ – Darstellung der Wirkungsgrade verschiedener Teilschritte und verschiedener Gesamt-Pfade für den Antrieb von Fahrzeugen auf Basis von fossilem Erdgas (rot) und EE-Strom (grün)

	Wirkungsgrad	Pfad 0a	Pfad 0b	Pfad 1a	Pfad 1b	Pfad 2a	Pfad 2b	Pfad 3a	Pfad 3b	Pfad 3c	Pfad 4	Pfad 5	Pfad 6
		Elektroauto (konv)	Elektroauto (EE)	H-Auto (konv)	H-Auto (EE)	Gasauto (konv)	Gasauto (EE)	FT-KW (konv)	FT-KW (EE)	FT-KW (E konv)	Methanol (EE)	MTG (EE)	OME (EE)
Gas, Kompression/Transport	95%			95%	95%	95%	95%						
Gasturbine	60%	60%								60%			
Vergasung	80%			80%				80%					
WGS	80%			80%									
Elektrolyse	70%				70%		70%		70%	70%	70%	70%	70%
RWGS + CO ₂	80%						80%		80%	80%	80%	80%	80%
Fischer-Tropsch-Synthese	70%							70%	70%	70%			
Methanisierung	70%						70%						
Methanol Synthese	70%										70%	70%	70%
Formaldehyd Synthese	70%												70%
OME Synthese	70%												70%
Methanol-to-Gasoline	88%												88%
Brennstoffzelle	60%			60%	60%								
Batterie	95%	95%	95%	95%	95%								
Elektroantrieb	90%	90%	90%	90%	90%								
Verbrennungskraftmaschine	30%					30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Gesamtwirkungsgrad		51%	86%	31%	34%	29%	11%	17%	12%	7%	12%	10%	6%
Erdgaseinsatz		1,9	0	3,0	0	3,4	0	5,9	0	14,3	0	0	0

Erläuterungen zu Tabelle 1:

In der Tabelle werden die Wirkungsgrade verschiedener Power-to-X-Pfade für die Mobilität gegenübergestellt. Die Gesamtwirkungsgrade sind als Produkte der Einzelwirkungsgrade der Schritte in den jeweiligen Pfaden berechnet. Diese Einzelwirkungsgrade sind als Energiegehalt des Produktes gegenüber dem Energiegehalt des Eduktes auf Basis der elektrischen Energie oder chemischen Energie als unterer Heizwert dargestellt. Prozessintegration und Wärmerückgewinnung wurden nicht betrachtet. Elektrische Energie auf Basis von Wind und Sonne wird definitionsgemäß mit einem Wirkungsgrad von 100% berücksichtigt.

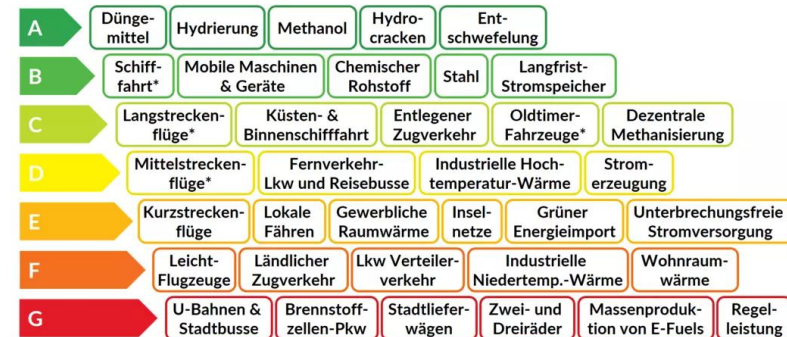
Einsatz und Mengen

- **Stahlerzeugung 100 TWh**
- **Chemieindustrie 100 - 300 TWh**
- **Verkehr 20 - 100 TWh**
H₂,efuels, Brennstoffzelle
- **Stromversorgung**
Versorgungssicherheit
150 TWh Strom für 100 TWh H₂
Langzeitspeicher für 50 TWh Strom
-
- **Summe ??? Strombedarf für H₂ 300-600 TWh**
- **Zusätzlich zu sonstigen Stromanwendungen**
- **Und teuer und aufwändig....**
- **Daraus folgt: Anwendungsbereiche prüfen**
Suffizienz , Recycling
Energieeffizienz vorneweg

Einsatzbereiche sauberen Wasserstoffs

(Nach M. Liebreich, 2021)

Alternativlos



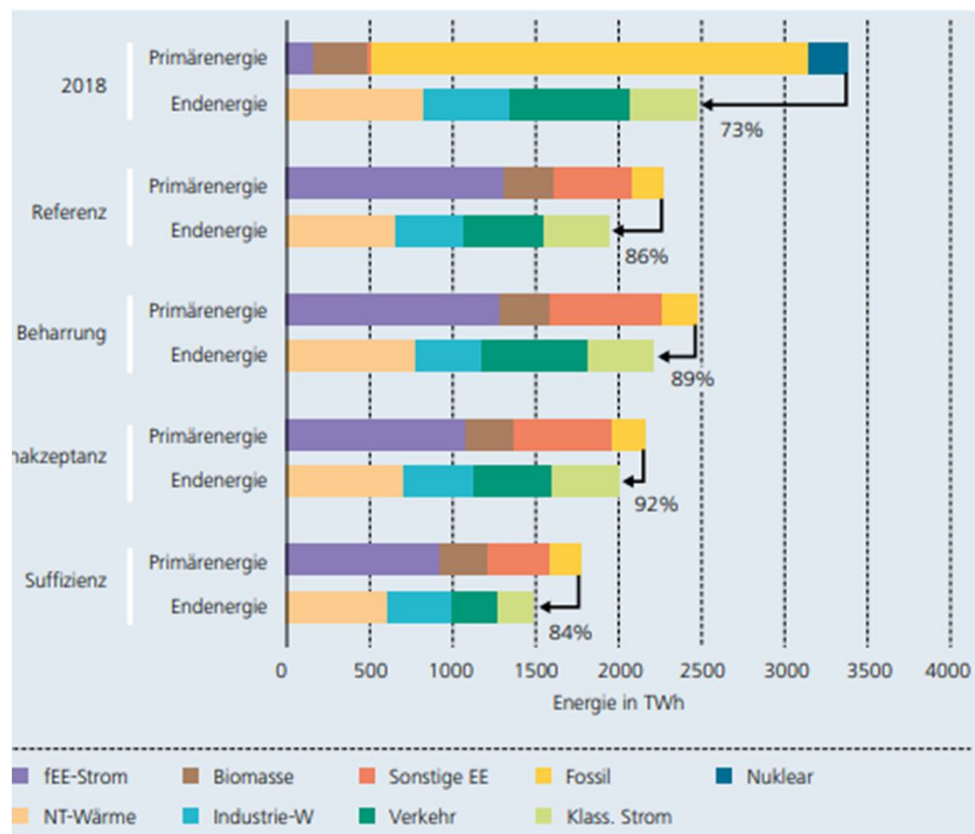
Unwirtschaftlich

* Sehr wahrscheinlich in Form von mittels Wasserstoff erzeugten E-Fuels oder Ammoniak.

© Energieagentur der Bundesländer, 2021. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Diagramm ist ein Produkt der Energieagentur der Bundesländer.

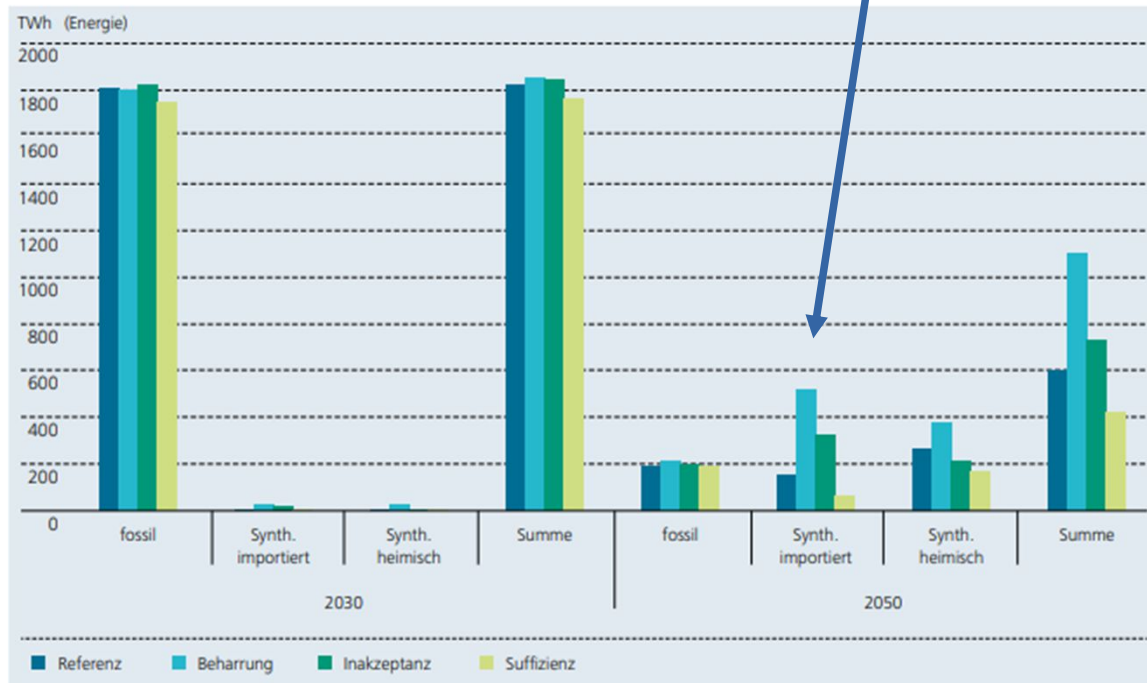
Wasserstoff Lehre: so wenig wie möglich und so effizient wie möglich

- Studie Fraunhofer ISE - Wege zu einem klimaneutralen System
- Einsparung von Energie ist die Voraussetzung für tragfähiges nachhaltiges Energiesystem mit erneuerbaren Energien



Wasserstoff Lehre: so wenig wie möglich und so effizient wie möglich

- Studie Fraunhofer ISE- Wege zu einem klimaneutralen System (Grafik :Zusammensetzung stofflicher Energieträger)
- Frage 400 TWh künstliche Energieträger (H₂, E-fuels) oder 1100 TWh ???
- Frage 50 TWh Import oder 500 TWh ?
- Die Wasserstoff-Euphorie darf nicht zur Wasserstoff-Falle werden!
-

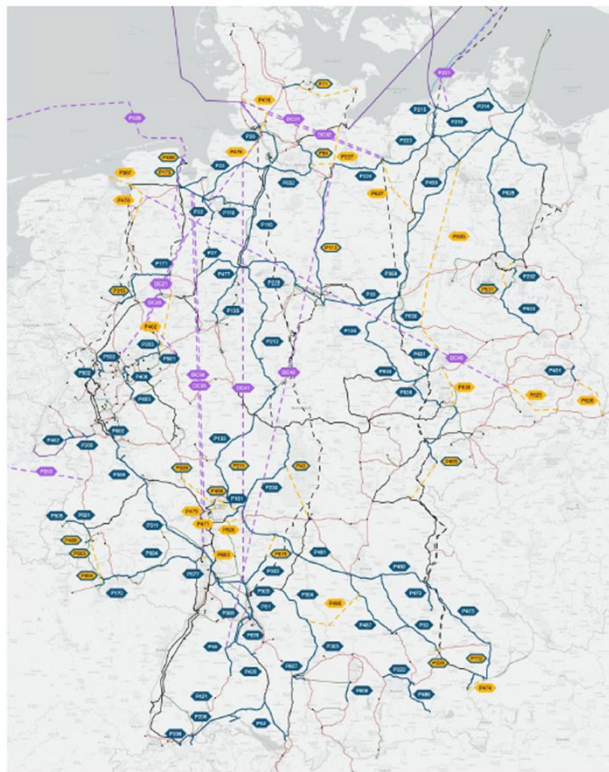


Wasserstoff Lehre: so wenig wie möglich und so effizient wie möglich

- Aktueller Entwurf des Netzentwicklungsplans Strom
- Dutzende neuer Stromleitungen zum Abtransport von Offshore-Windenergie
- BUND legt hierzu grundlegende Kritik vor und Widerspruch ein

Netzentwicklungsplan Strom 2037/2045, Version 2023, 1. Entwurf 101
5 Onshore-Netz

Abbildung 64: Szenarien A/B/C 2045/nur Leitungsprojekte*

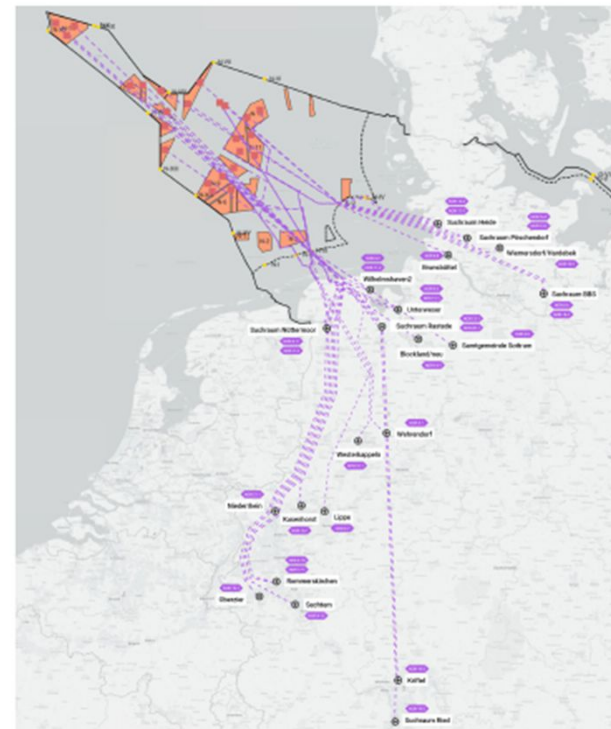


*Die Darstellung der Neubauprojekte zeigt die Anfangs- und Endpunkte, aber keine konkreten Trassenverläufe. Diese werden erst in nachgelagerten Genehmigungsverfahren festgelegt.

Quelle: Übertragungsnetzbetreiber/Kartengrundlage © Mapbox, © OpenStreetMap [00b]

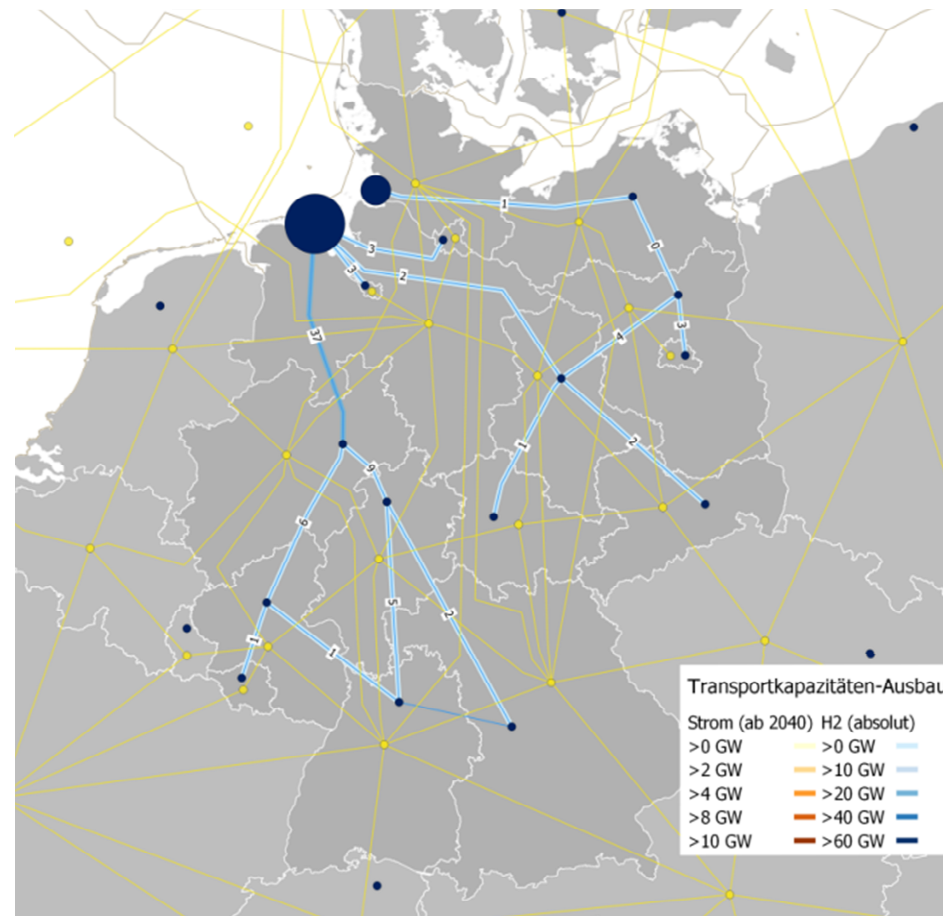
Netzentwicklungsplan Strom 2037/2045, Version 2023, 1. Entwurf 116
4 Offshore-Netz

Abbildung 63: Maßnahmen des Offshore-Zubaunetzes der Nordsee in den Szenarien A/B/C 2045



Quelle: Übertragungsnetzbetreiber/Kartengrundlage © Mapbox, © OpenStreetMap [00b], [00c], [00d], [00e]

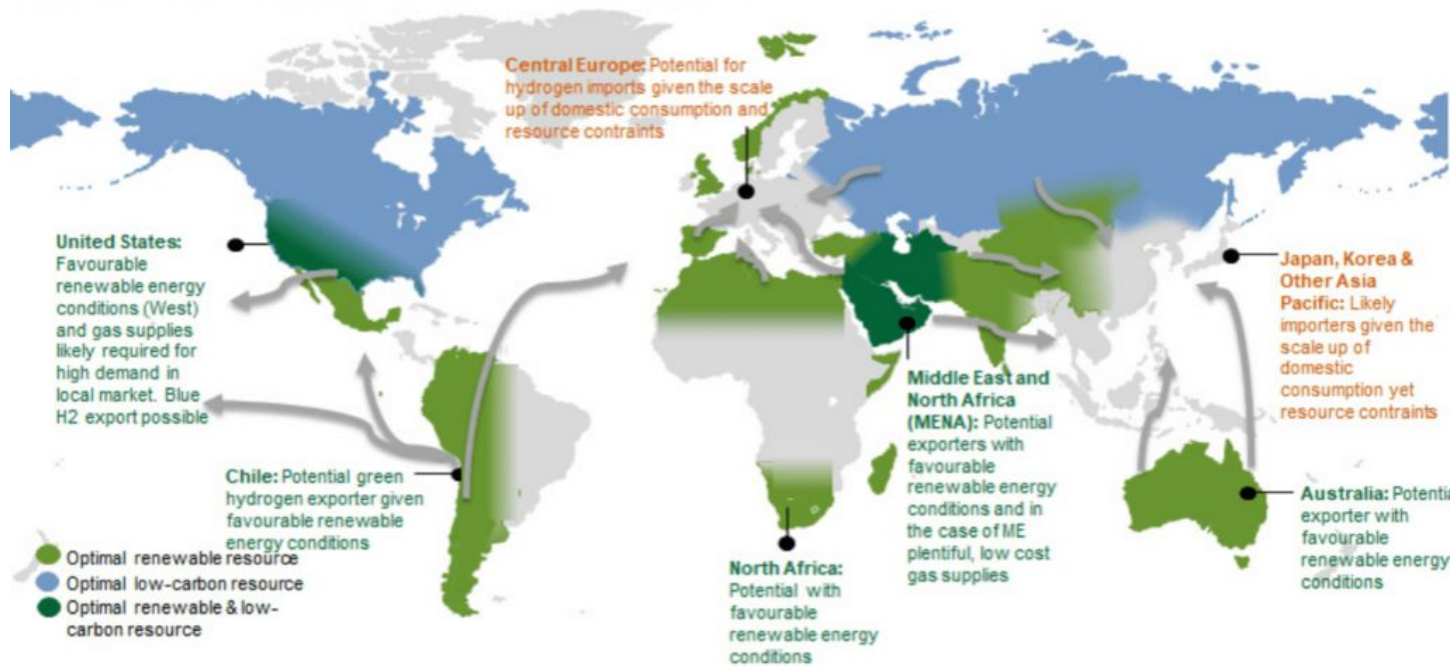
- **Alternativberechnung durch ÜNB AMPRION mit Vorgaben des BUND Szenarios - Energieeffizienz + 16 Strompreiszonen**
- **Resultat – keine weiteren Höchstspannungsleitungen HGÜ sondern gezielte Wasserstoffleitungen**



Importe von Wasserstoff – woher nehmen?

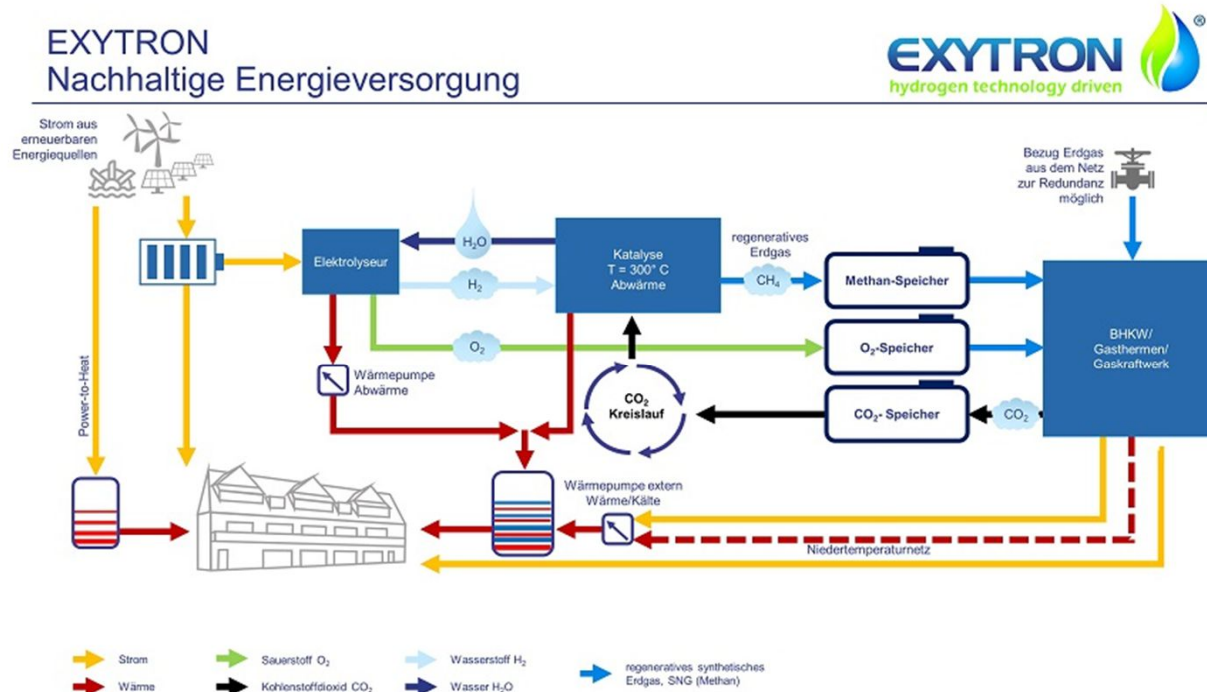
- Kann auch Ammoniak (NH₃) oder E-fuels (Methanol, Ethanol) aus EE-Strom sein
- Importe prüfen: neue Abhängigkeit - Regime im Exportland (Demokratie, Korruption, Menschenrechte ?)
soziale Bedingung: H₂ Technologie + EE Strom muss zuallererst der Entwicklung des Exportlandes dienen !
- „Mitspielen“ am neuen H₂-Weltmarkt !?
- Nordafrika, Südafrika(Namibia), Naher Osten, Chile,.....

Exhibit 101: Potential evolution of an international clean hydrogen market



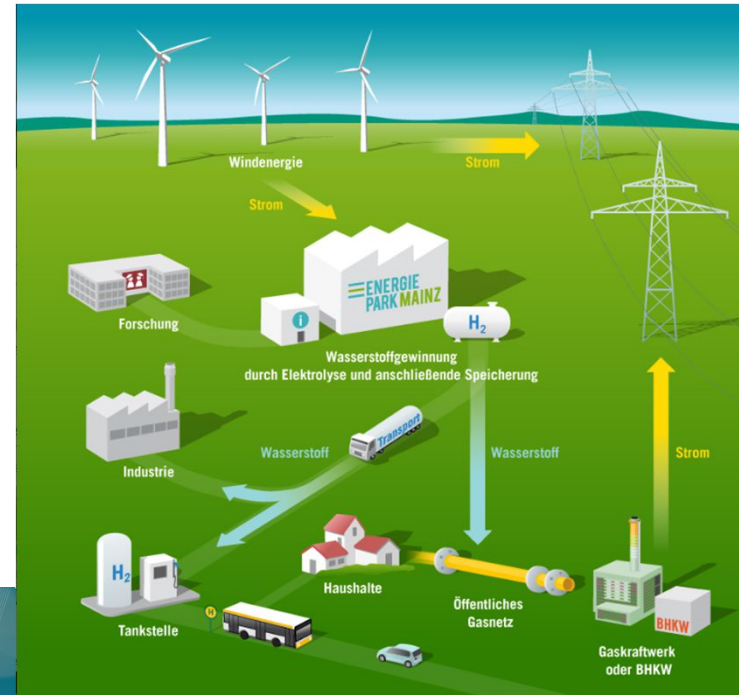
Wasserstoff – vor und hinter der Haustüre

- BUND sagt:
- H₂ sollte nicht im Heizungssektor eingesetzt werden, hochwertiger Energieträger nicht nur für Wärme. Absage an „Wasserstoffkessel“. Wenn, dann in Kraft-Wärme-Kopplung, ob Kleinanlage oder großes Heizkraftwerk (Mainova Frankfurt- neue Gas-und Dampfturbinen – „H₂-ready“)
- Beispiel - Brennstoffzellen-Mini-BHKW Viessmann / BUDERUS
- Beispiel – Exytron - Wasserstoffherzeugung und Nutzung in KWK vor Ort.



Wasserstoff – vor und hinter der Haustüre

- Beispiel
- Energiepark Mainz
- Aufnahme von Strom aus Wind und Sonne
- Elektrolyse
- Speicherung Wasserstoff
- Einsatz in KWK in einem Blockheizkraftwerk



JENBACHER
INNIO

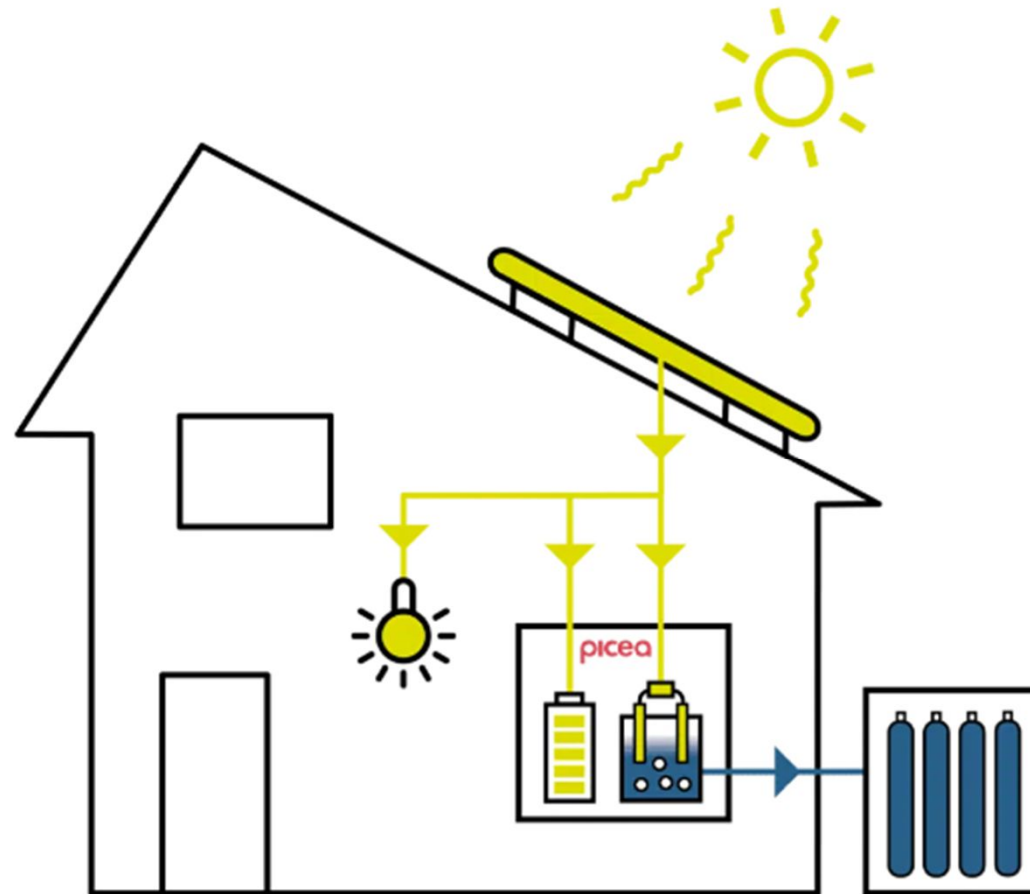
ready for
HYDR H₂ GEN

THE JENBACHER WAY
TO A GREENER FUTURE.

INNIO.COM

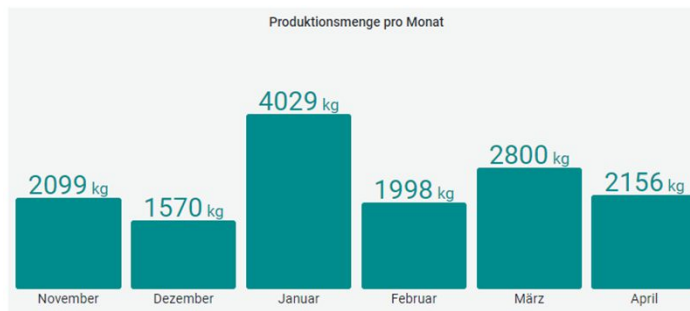
Wasserstoff – vor und hinter der Haustüre

- Firma PICEA
- Wasserstofftechnik fürs Einfamilienhaus



Wasserstoff – vor und hinter der Haustüre

- Klimaneutrales Green Quartier Esslingen 120.000 m²



Zusammenfassung

- **Wasserstoff ist ein wichtiger Teil der Energiewende**
- **Aber nur mit H₂ aus erneuerbaren Energien**
- **Wenn er effizient hergestellt und verwendet wird (inkl. Abwärmenutzung der Verluste)**
- **Und insgesamt Energieeinsparung Priorität bekommt**
- **Mit Priorität für die Sektoren und Anwendung, in denen Nutzung von EE-Strom, Solarthermie, Biomasse nicht günstiger ist (Umwelt, Kosten)**
- **Mit Priorität der Herstellung und Nutzung in Deutschland, aus Wind-und Solarenergie in regionalen Projekten**
- **Bei Importen mit Beachtung von Nachhaltigkeit und sozialen Anforderungen – keine neue Abhängigkeit**

Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland

BUND Position zur Wasserstoffstrategie



- Zum Nachlesen und Bestellen
- Unterstützen Sie den BUND
- Werden Sie Mitglied!

Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland

