

16. Göttinger Energietagung
Das H₂-Puzzle: Wie die Teile richtig setzen?

Impuls: Wasserstoff als Schlüssel für ein integriertes Energiesystem (?)

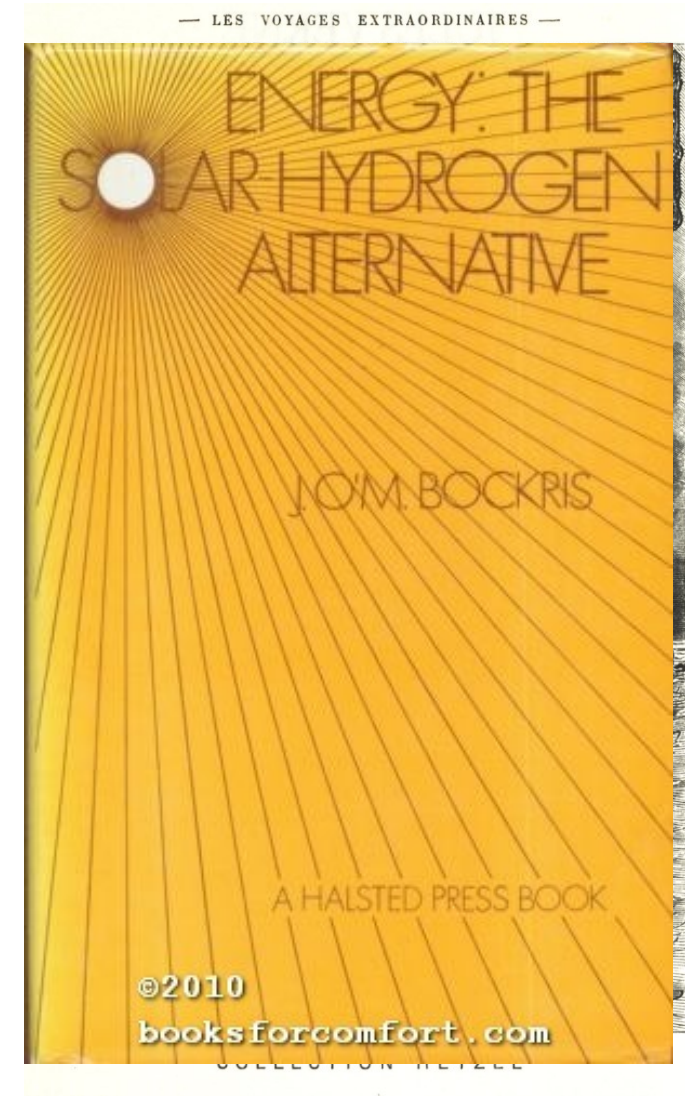
Benjamin Pfluger
13.05.2025



Wasserstoff ist ein alter Hut

... war aber lange ein Nischenthema

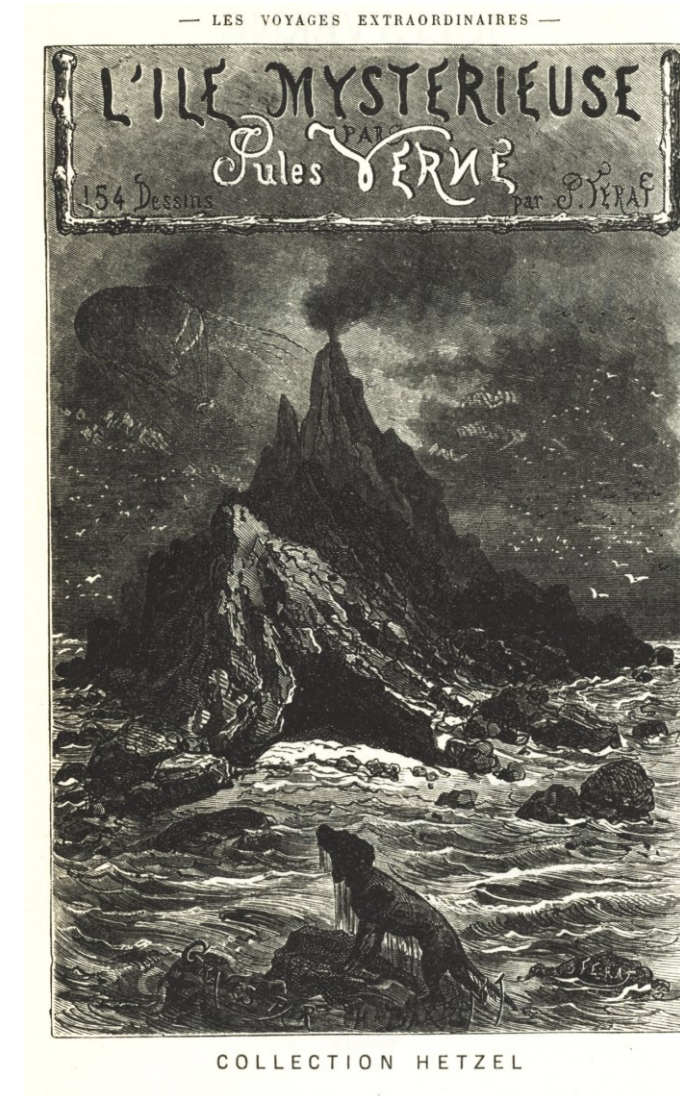
- Wasserstoff an Energieträger beginnt als **Science-Fiction** (wie viele gute Ideen).
- Mit der Ölkrise entstehen die ersten konkreteren Überlegungen einer „**Hydrogen Economy**“.
- Nach der Ölkrise verschwindet das Thema erst mal in der Versenkung.
- In Energieszenarien Deutschland und Europas spielt Wasserstoff lange Zeit – wenn überhaupt – im Verkehr eine Rolle.
- Grund dafür: Für eine 80%ige THG-Reduktion ist Wasserstoff nicht erforderlich bzw. kosteneffizient.
- Das Thema nimmt wieder Fahrt auf, nachdem 2019 die Bundesregierung ankündigt, bis **2050 klimaneutral** werden zu wollen.



Wasserstoff ist ein alter Hut

... war aber lange ein Nischenthema

- Wasserstoff an Energieträger beginnt als **Science-Fiction** (wie viele gute Ideen).
- Mit der Ölkrise entstehen die ersten konkreteren Überlegungen einer „**Hydrogen Economy**“.
- Nach der Ölkrise verschwindet das Thema erst mal in der Versenkung.
- In Energieszenarien Deutschland und Europas spielt Wasserstoff lange Zeit – wenn überhaupt – im Verkehr eine Rolle.
- Grund dafür: Für eine 80%ige THG-Reduktion ist Wasserstoff nicht erforderlich bzw. kosteneffizient.
- Das Thema nimmt wieder Fahrt auf, nachdem 2019 die Bundesregierung ankündigt, bis **2050 klimaneutral** werden zu wollen.



Wasserstoff ist ein alter Hut

... war aber lange ein Nischenthema

- Wasserstoff an Energieträger beginnt als **Science-Fiction** (wie viele gute Ideen).
- Mit der Ölkrise entstehen die ersten konkreteren Überlegungen einer „**Hydrogen Economy**“.
- Nach der Ölkrise verschwindet das Thema erst mal in der Versenkung.
- In Energieszenarien Deutschland und Europas spielt Wasserstoff lange Zeit – wenn überhaupt – im Verkehr eine Rolle.
- Grund dafür: Für eine 80%ige THG-Reduktion ist Wasserstoff nicht erforderlich bzw. kosteneffizient.
- Das Thema nimmt wieder Fahrt auf, nachdem 2019 die Bundesregierung ankündigt, bis **2050 klimaneutral** werden zu wollen.

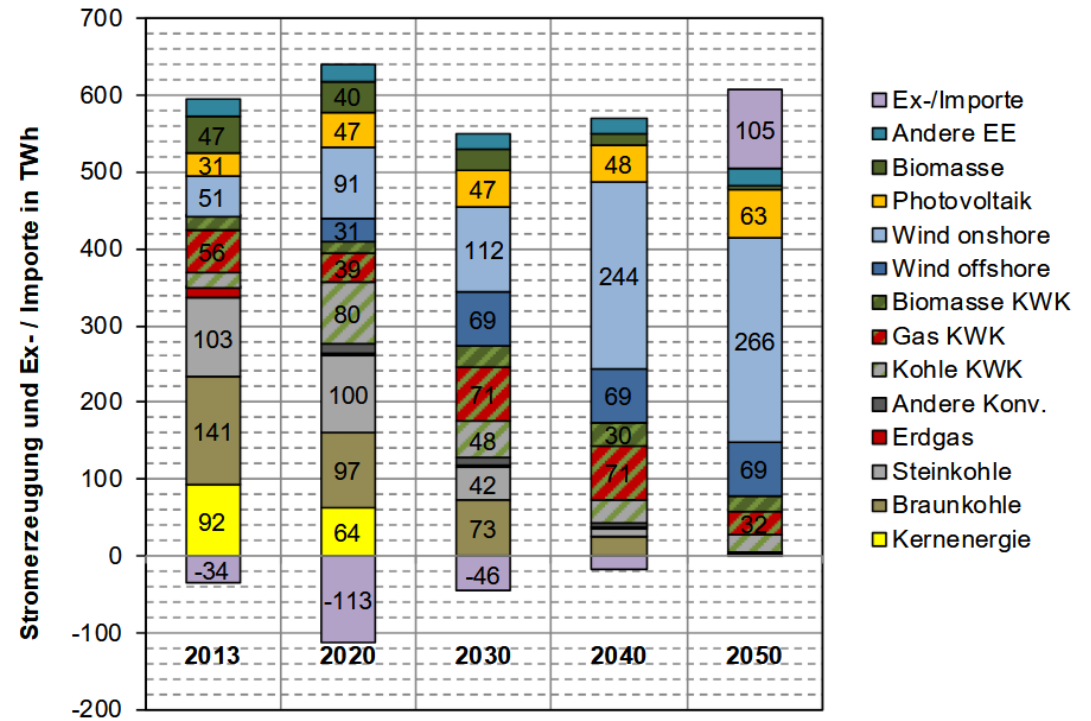
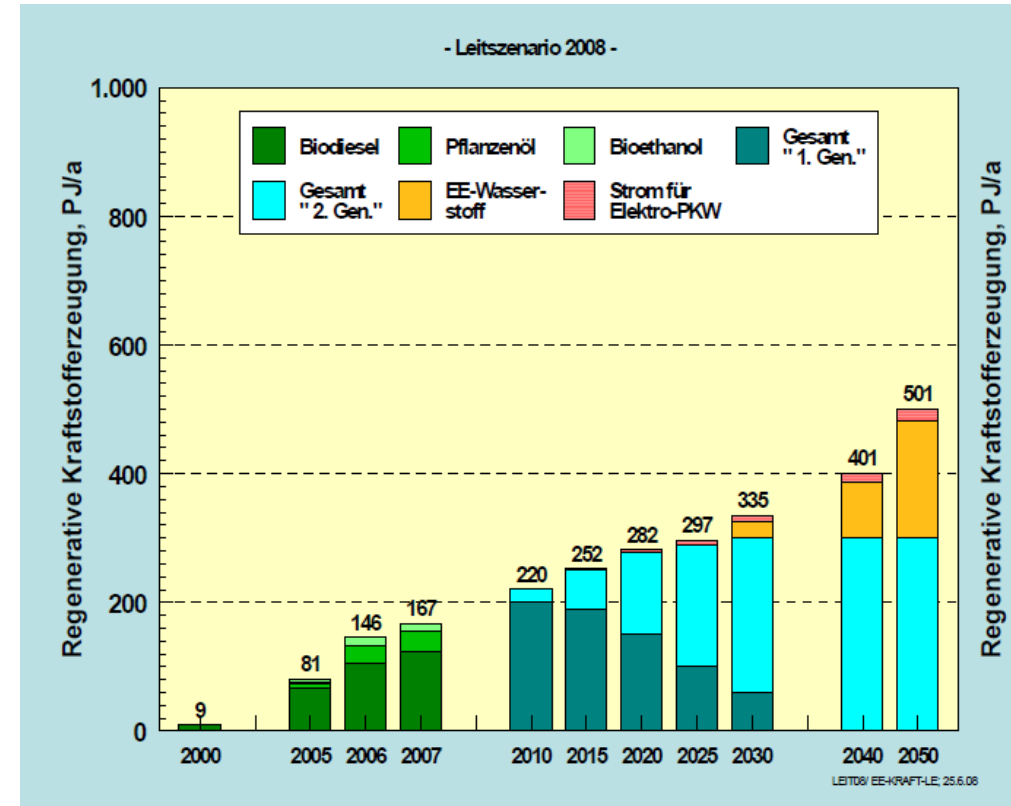


Abbildung 92: Nettostromerzeugung in Deutschland im *Basisszenario*

Wasserstoff ist ein alter Hut

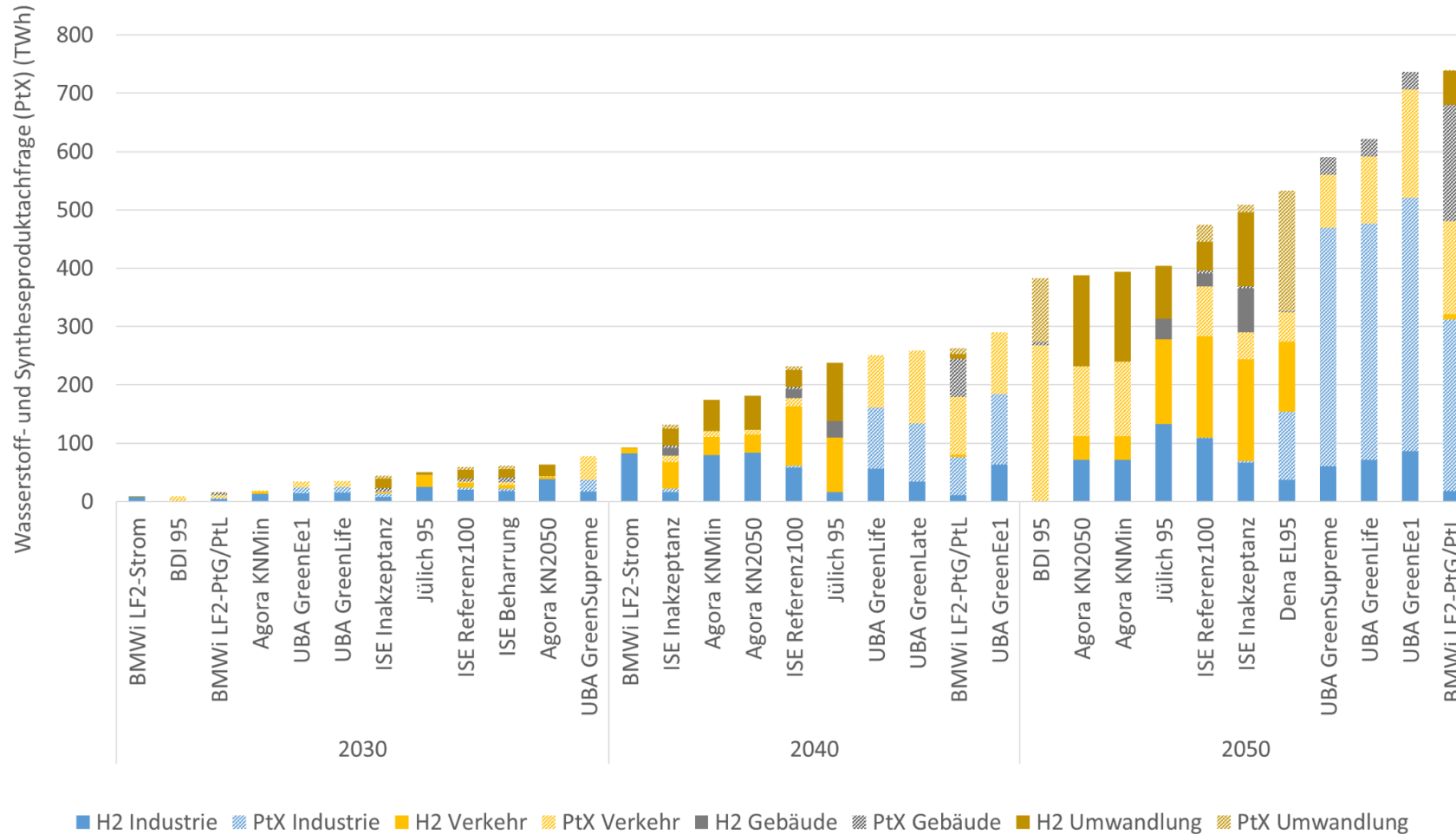
... war aber lange ein Nischenthema

- Wasserstoff an Energieträger beginnt als **Science-Fiction** (wie viele gute Ideen).
- Mit der Ölkrise entstehen die ersten konkreteren Überlegungen einer „**Hydrogen Economy**“.
- Nach der Ölkrise verschwindet das Thema erst mal in der Versenkung.
- In Energieszenarien Deutschland und Europas spielt Wasserstoff lange Zeit – wenn überhaupt – im Verkehr eine Rolle.
- Grund dafür: Für eine 80%ige THG-Reduktion ist Wasserstoff nicht erforderlich bzw. kosteneffizient.
- Das Thema nimmt wieder Fahrt auf, nachdem 2019 die Bundesregierung ankündigt, bis **2050 klimaneutral** werden zu wollen.



Wasserstoffbedarf ist umstritten

... aus einer Vielzahl an Gründen

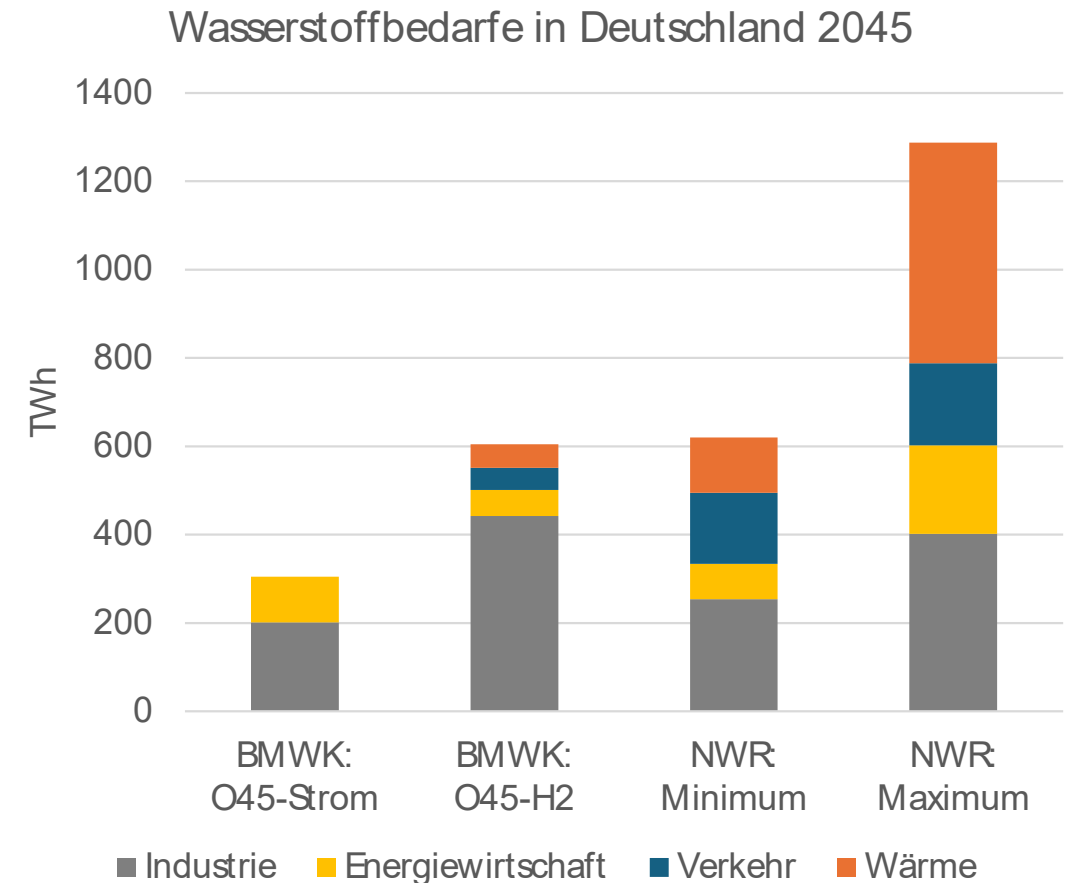


Quellen: Fraunhofer (2021): Metastudie Wasserstoff im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats
 BMWK (2024): Langfristszenarien
 NWR (2024): : THG-Einsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland

Wasserstoffbedarf ist umstritten

... aus einer Vielzahl an Gründen

- Langfristige Wasserstoffbedarfe 2045/2050:
 - Einschätzung 2021: 400 bis 800 TWh
 - Einschätzung 2025: 300 bis 1.300 TWh
- ➔ Unsicherheit nimmt eher zu als ab?
- Unschärfe entsteht insbesondere durch Importe, die in praktisch allen Studien eine große Rolle spielen.
 - Importe von PtL
 - Importe von (Vor-)produkten
- Ein Teil der Unsicherheit ist also weniger „Wasserstoff ja/nein?“ sondern „Machen wir das in Deutschland?“

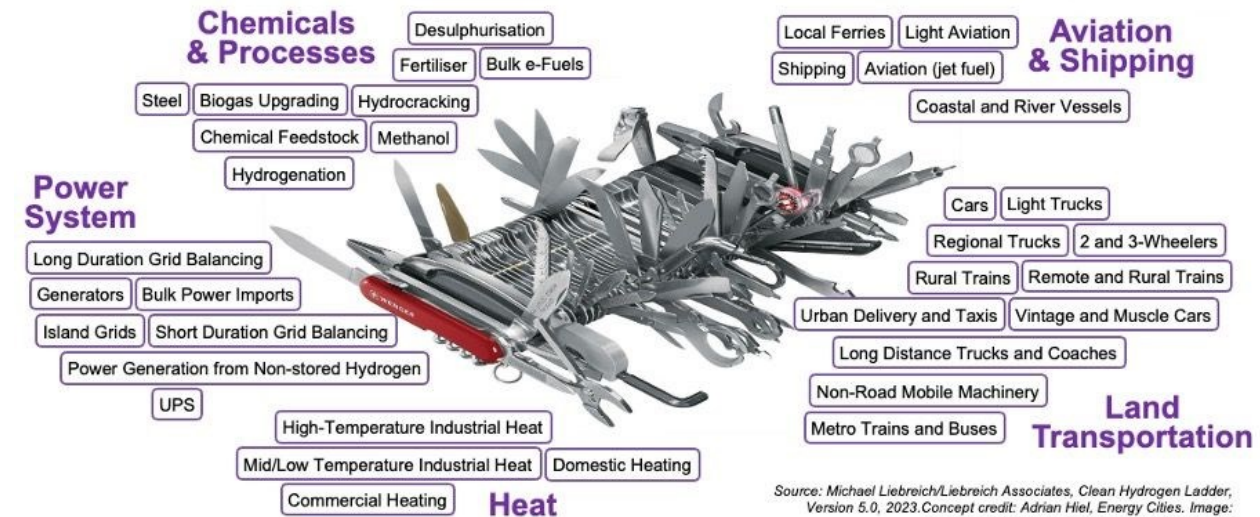


Wasserstoff ist ein Taschenmesser

... und das ist eher eine Herausforderung als ein Kompliment

- Michael Liebreich hat das schöne Bild eines **Schweizer Wasserstofftaschenmessers** erfunden.
- Wasserstoff in ein **vielseitiger Energieträger**, der fast überall eingesetzt werden kann, oder in etwas mit höherer Energiedichte umgewandelt werden kann.
- Kern des Gedankens ist aber, dass wir uns mit einem Schweizer Taschenmesser die Haare schneiden könnten, es aber selten tun, weil es dafür geeigneter Hilfsmittel gibt.

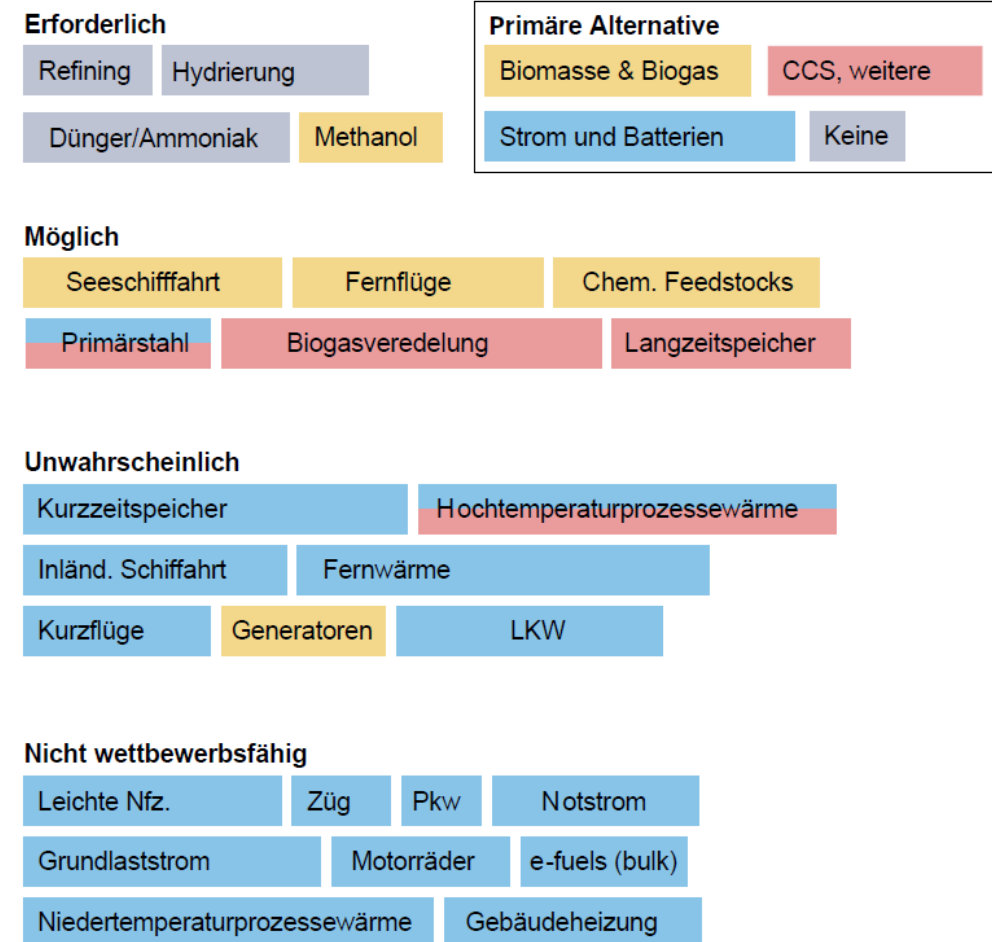
Clean Hydrogen Swiss Army Knife



Wasserstoff ist ein Taschenmesser

... und das ist eher eine Herausforderung als ein Kompliment

- Michael Liebreich hat das schöne Bild eines **Schweizer Wasserstofftaschenmessers** erfunden.
- Wasserstoff in ein **vielseitiger Energieträger**, der fast überall eingesetzt werden kann, oder in etwas mit höherer Energiedichte umgewandelt werden kann.
- Kern des Gedankens ist aber, dass wir uns mit einem Schweizer Taschenmesser die Haare schneiden könnten, es aber selten tun, weil es dafür geeigneter Hilfsmittel gibt.
- Wofür Wasserstoff eingesetzt werden solle, ist in der Breite der Stakeholder umstrittener als in der Wissenschaft.

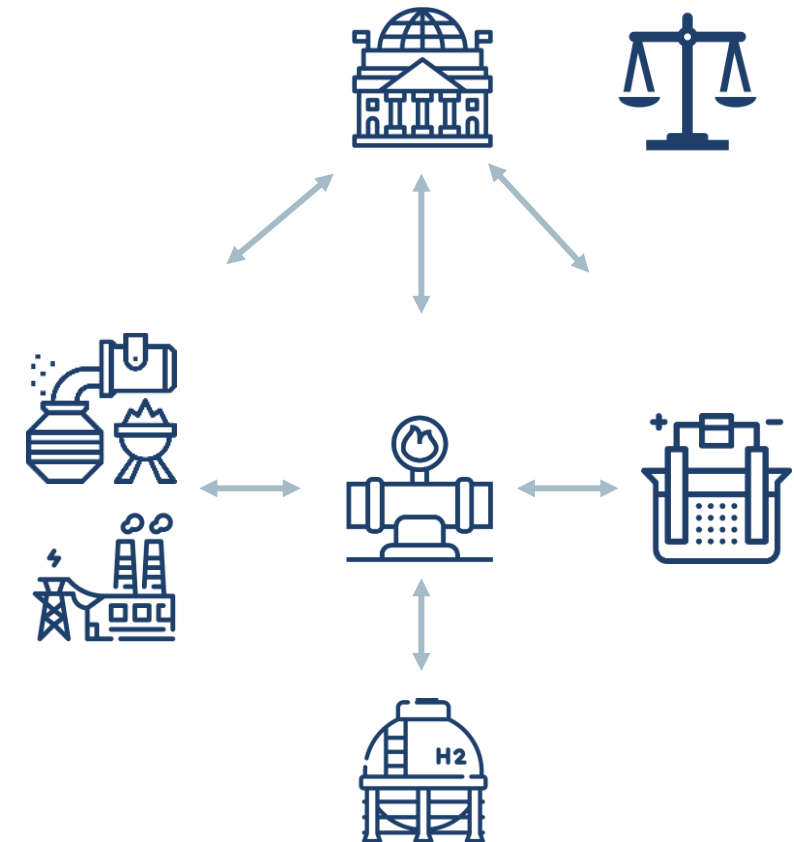


Quelle: Johnson et al. (2025) Realistic roles for hydrogen in the future energy transition.
Nature Reviews Clean Technology.

Wasserstoffhochlauf ist kompliziert

... und wir müssen erst lernen, damit umzugehen

- Früher: **Vertikal integrierte Unternehmen** planen und betreiben Infrastrukturen, über die sie Kunden mit Energie versorgen.
- Wasserstoff ist der erste Hochlauf eines neuen **Energieträgers im unbündelten Energiemarkt**.
- Heute: Viele Akteure müssen ihre Entscheidungen abstimmen:
 - Erzeuger
 - Nachfrager
 - Infrastrukturbetreiber
 - Staat
- Ohne Fördermittel würde in den nächsten 10 Jahren nicht in den Wasserstoffhochlauf investiert.
- Deutsche und europäische Regelwerke und Strukturen sind primär darauf ausgelegt, vollentwickelte Infrastrukturen und Märkte weiterzuentwickeln.



Wasserstoffhochlauf ist kompliziert

... und wir müssen erst lernen, damit umzugehen

- Früher: **Vertikal integrierte Unternehmen** planen und betreiben Infrastrukturen, über die sie Kunden mit Energie versorgen.
- Wasserstoff ist der erste Hochlauf eines neuen **Energieträgers im unbundelten Energiemarkt**.
- Heute: Viele Akteure müssen ihre Entscheidungen abstimmen:
 - Erzeuger
 - Nachfrager
 - Infrastrukturbetreiber
 - Staat
- Ohne Fördermittel würde in den nächsten 10 Jahren nicht in den Wasserstoffhochlauf investiert.
- Deutsche und europäische Regelwerke und Strukturen sind primär darauf ausgelegt, vollentwickelte Infrastrukturen und Märkte weiterzuentwickeln.



Wasserstoff ist bunt

.... ein Molekül, aber sehr unterschiedliche Ansprüche an die Herstellung

Grauer Wasserstoff	Aus Erdgas durch Dampfreformierung
Grüner Wasserstoff	Elektrolyse mit erneuerbarem Strom
Pinker Wasserstoff	Elektrolyse mit Atomstrom
Gelber Wasserstoff	Elektrolyse mit Strom aus dem Netz
Blauer Wasserstoff	Aus Erdgas mit CO ₂ -Abscheidung (CCS)
Türkiser Wasserstoff	Methanpyrolyse: Spaltet Erdgas in H ₂ und C
	Natürlich vorkommender geologischer H ₂
Oranger Wasserstoff	Teilweise für Wasserstoff aus Biomasse genutzt.
Low carbon hydrogen	> 70% weniger THG-Emissionen als grauer H ₂



Wasserstoff ist ~~Champagner~~ koste

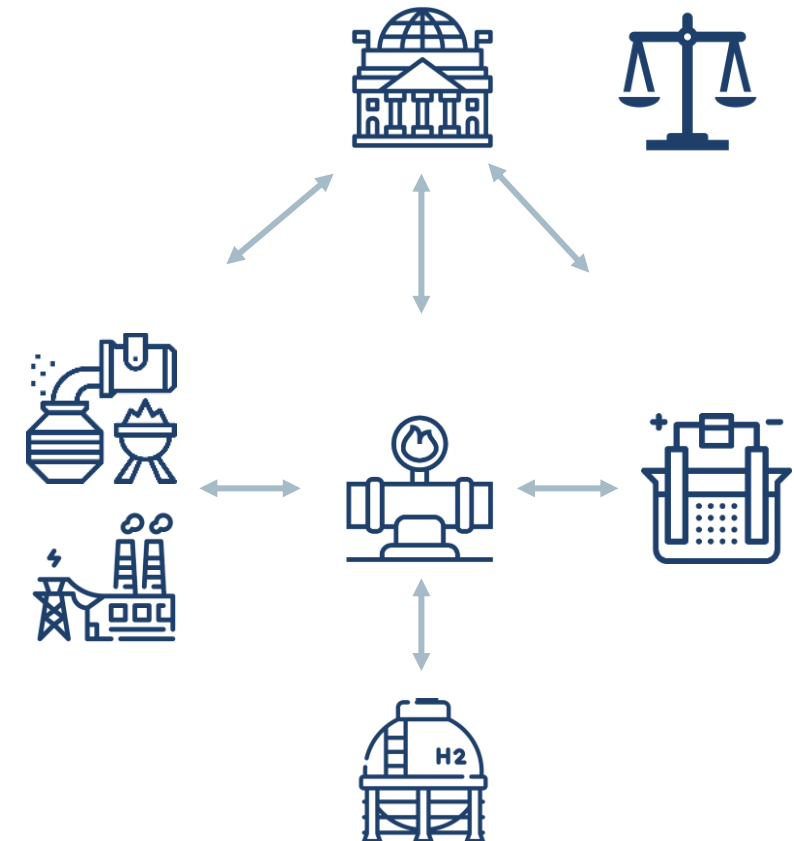
- EEX-Wasserstoffindex HYDRIX Index aktuell: Preise für grünen Wasserstoff von **~7 bis 8,5 EUR/kg**.
- **Endkund:innenpreise** werden von vielen Faktoren abhängen, besonders vom **Lastprofil**, u.a. wegen:
 - Marktpreisen,
 - Netzentgelten und
 - Speicherkosten
- **Blauer Wasserstoff** ist zwar (vermutlich) günstiger zu produzieren, welcher Preis dafür aufgerufen wird, ist aber eine andere Frage.
- H2-Hochlauf wird **erstmal kein Selbstläufer** werden, weil auch der ETS eine Preisparität mit Erdgas erst sehr spät erzielen wird.



Wasserstoffeinsatz ist auf Netze und Speicher angewiesen

... aber Netze und Speicher eben auch Wasserstoffeinsatz

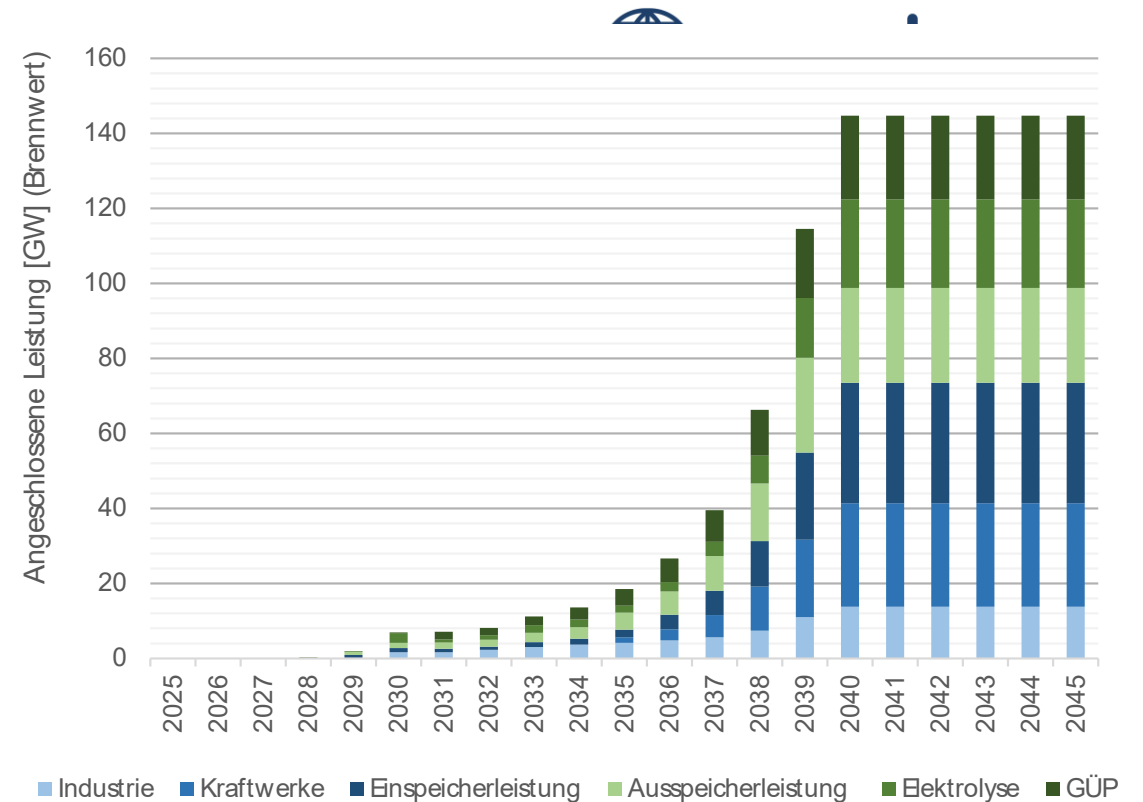
- Wasserstoff-Kernnetz: probates Mittel für „**Henne-Ei-Problematik**“
- Aber: Das Wasserstoff-Kernnetz in der derzeitigen Planung absehbar **zu früh zu groß** dimensioniert:
 - Grüner Stahl wächst langsam
 - Pfad der chemischen Industrie noch recht unklar
 - H₂-Kraftwerke kommen frühestens Ende der 2030 Jahre
- Die **unterschiedlichen Ambitionsniveaus** des Wasserstoff-Kernnetzes und des Wasserstoffhochlaufs müssen in Einklang gebracht werden.
- **Netzausbau dynamisieren** und **Planen in Optionen**



Wasserstoffeinsatz ist auf Netze und Speicher angewiesen

... aber Netze und Speicher eben auch Wasserstoffeinsatz

- Wasserstoff-Kernnetz: probates Mittel für „**Henne-Ei-Problematik**“
- Aber: Das Wasserstoff-Kernnetz in der derzeitigen Planung absehbar **zu früh zu groß** dimensioniert:
 - Grüner Stahl wächst langsam
 - Pfad der chemischen Industrie noch recht unklar
 - H2-Kraftwerke kommen frühestens Ende der 2030 Jahre
- Die **unterschiedlichen Ambitionsniveaus** des Wasserstoff-Kernnetzes und des Wasserstoffhochlaufs müssen in Einklang gebracht werden.
- **Netzausbau dynamisieren und Planen in Optionen**

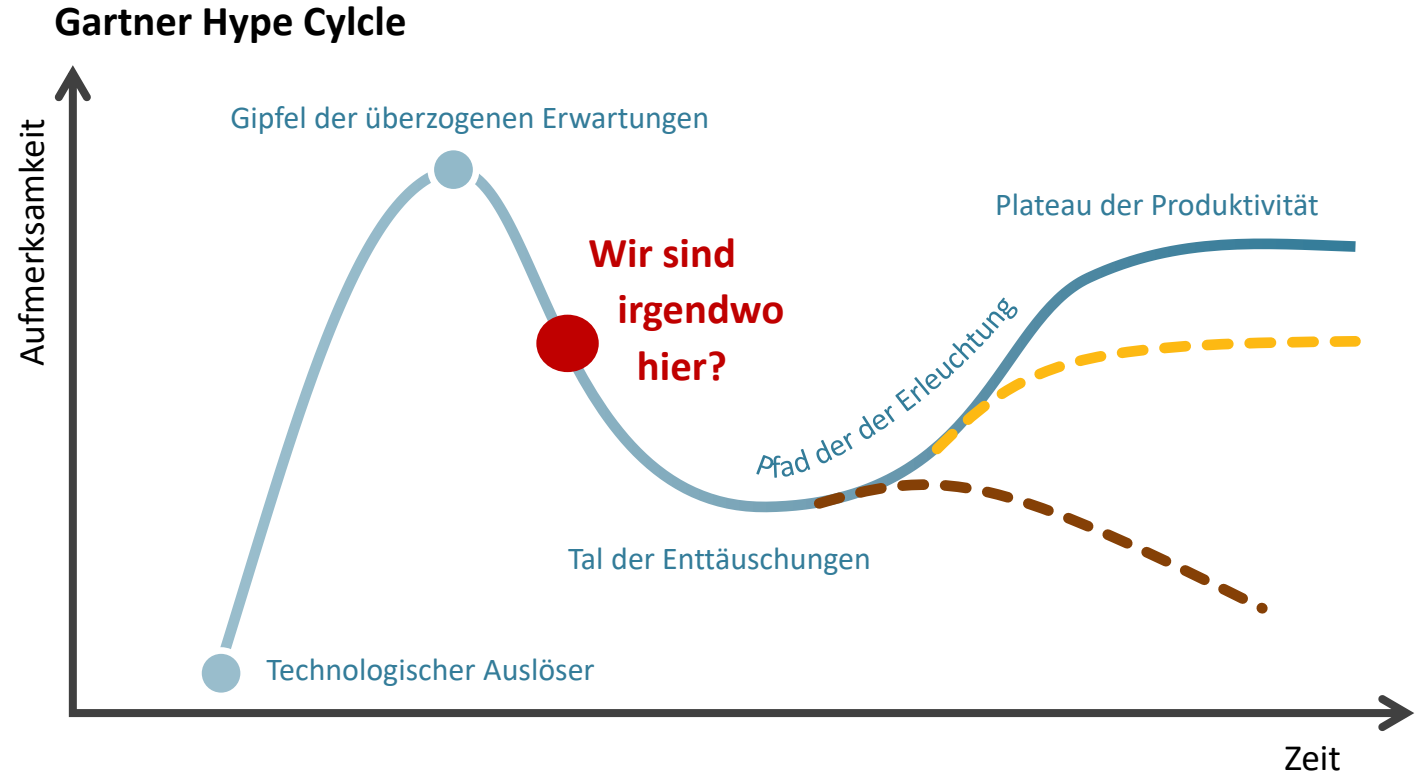


Quelle: Pfluger et al (2025): Hintergrundscenarien zur
Festlegung des Hochlaufentgelts im Wasserstoff-Kernnetz

Wasserstoff ist Hype

... und muss nun zu einem produktiven Teil der Energiewende werden

- Das Thema Wasserstoff hatte (und hat) klar **Charakteristika einer Blase:**
 - Globale Elektrolyse-Ankündigungen für 2030 über 422 GW.
 - Elektrolyseziel der EU: 10 Mt Produktion plus 10 Mt Import
 - Vorhersage „Kostenparität mit grauem H₂ in 2030“
- Der „Pfad der Erleuchtung“ führt über
 - realistische Erwartungen,
 - mutige Vorreiterunternehmen,
 - kluge, auf Effizienz und Effektivität und bedachte Politik und Regulierung.
- Gelingt dies, kann Wasserstoff eine Schlüsseltechnologie der Energiewende werden.



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!
