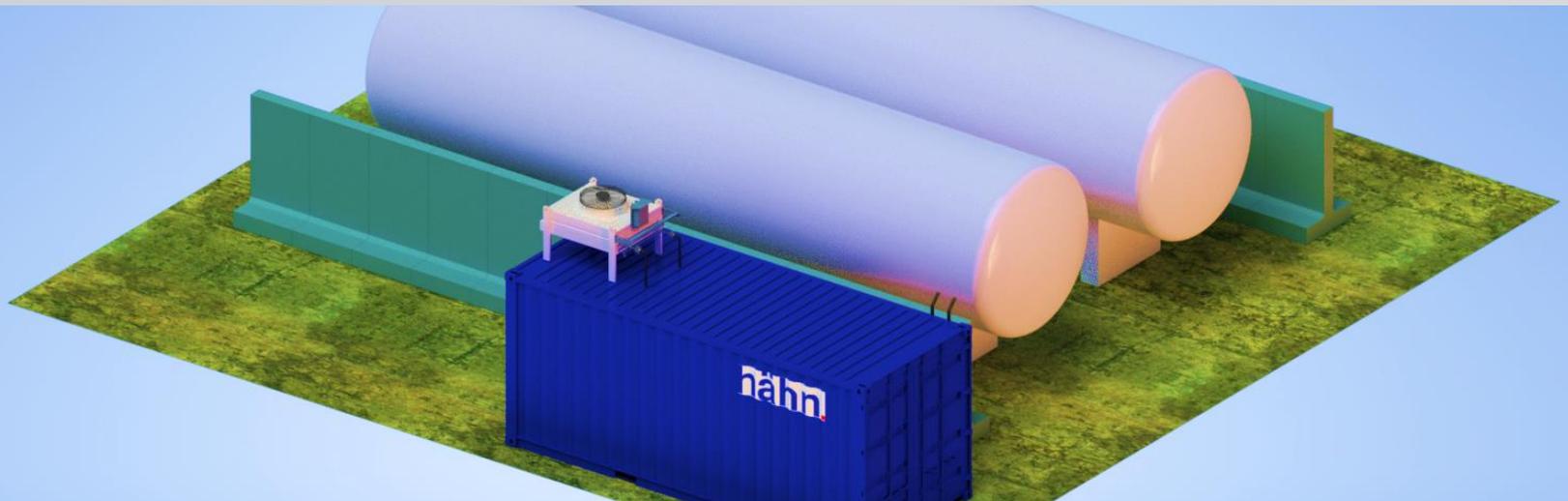


Sachstand Regionale Wasserstoffproduktion

14.09.2023

Stephan Hähn, Technischer Geschäftsführer iph Hähn GmbH

sales@iph-haehn.de



- **Kurzvorstellung Fa. Hähn**
- **Wasserstoff:**
 - **Allgemeines**
 - **Anwendungsgebiete und Energie-Speichermöglichkeiten**
 - **Elektrolyseverfahren: PEM-Elektrolyse**
 - **Lokale Wasserstoffproduktion und ihre Kosten**
 - **Beispiel Wasserstoffwerk**



Jules Verne (1828-1905)

„Wasser ist die Kohle der Zukunft“

Wasserstofftechnologien

hähn hydrogen



- **Elektrolyseure**
- **Brennstoffzellensysteme** (Brennstoffe Methanol und H₂) zur Stromerzeugung oder in der Antriebstechnik
- **Synthesanlagen** zur Gewinnung von Methanol, Ammoniak etc.

Wasseraufbereitung

hähn water treatment



- **Verschiedene Verfahren je nach Anwendungsart**
- Trinkwasser, Prozesswasser, Wertstoffrückgewinnung, Wasserrecycling, Meerwasserentsalzung, Abwasser etc.

Engineering

hähn engineering



- **Bereiche: Energieanlagenbau / Kraftwerksbau und verfahrenstechnischer Anlagenbau / Prozesstechnik z.B. Chemie**
- Projektentwicklung, Machbarkeitsstudien, EPC-Projekte, u.v.m.

Über uns

hähn.

- Gründung 2016
- Sachverständige
- Fachbetrieb z.B. nach WHG
- Wir verfügen über Erfahrungen in nationalen wie internationalen Klein- und Großprojekten.

Unsere Branchenerfahrungen:

 **Maschinen- und Anlagenbau**

 **Energietechnik**

 **Prozessindustrie, z.B.
Chemie-, Lebensmittelindustrie**

 **Wasseraufbereitung**

 **Schifffahrt**

 **Medizintechnik**

 **Fahrzeugbau**

 **Consumerprodukte**

 **Luftfahrt**



Wasserstoff: Allgemeines

hähn.

Daten

- Wasserstoff liegt unter Normalbedingungen als H₂-Molekül vor, ein farb- und geruchloses Gas
 - Bestandteil des Wassers und aller Lebewesen
 - Heizwert: 3 kWh/ Nm³ - 33,33 kW/kg
 - Dichte: 0,0899 kg/Nm³
 - Energiegehalt von 1 Nm³ Wasserstoff entspricht 0,34 l Benzin
 - 1 kg Wasserstoff entspricht 2,75 kg Benzin oder etwa 2,1 kg Erdgas
- Höchste massebezogene Energiedichte

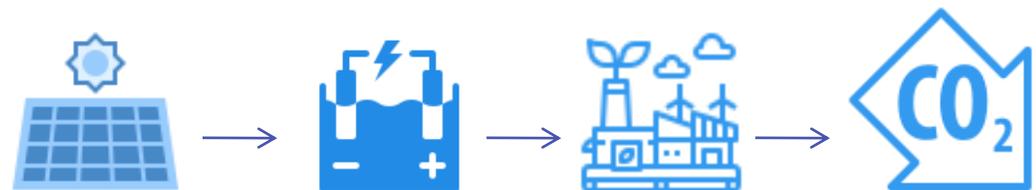
Zahllose Anwendungen in Industrie und Technik

Grüner Wasserstoff spielt aufgrund seiner Eigenschaften die entscheidende Rolle in der Dekarbonisierung der **Energiewirtschaft**, der **Mobilität** und **Produktion**

Grüner Wasserstoff

Hergestellt durch die Elektrolyse von Wasser

Die Energie dafür kam aus erneuerbaren Quellen → CO₂-frei



Wasserstoff ist

- ✓ nicht explosiv (in Reinform)
- ✓ nicht giftig
- ✓ nicht ätzend
- ✓ nicht selbstentzündlich
- ✓ nicht brandfördernd
- ✓ nicht zerfallsfähig
- ✓ nicht radioaktiv
- ✓ nicht übelriechend
- ✓ nicht wassergefährdend
- ✓ nicht krebserzeugend

Wasserstoff

- wird dennoch als Gefahrstoff eingestuft, da es bei einem **bestimmten Mischverhältnis** mit Luft **und z.B. einem Funken** zur Explosion kommen kann (Knallgas-Reaktion)

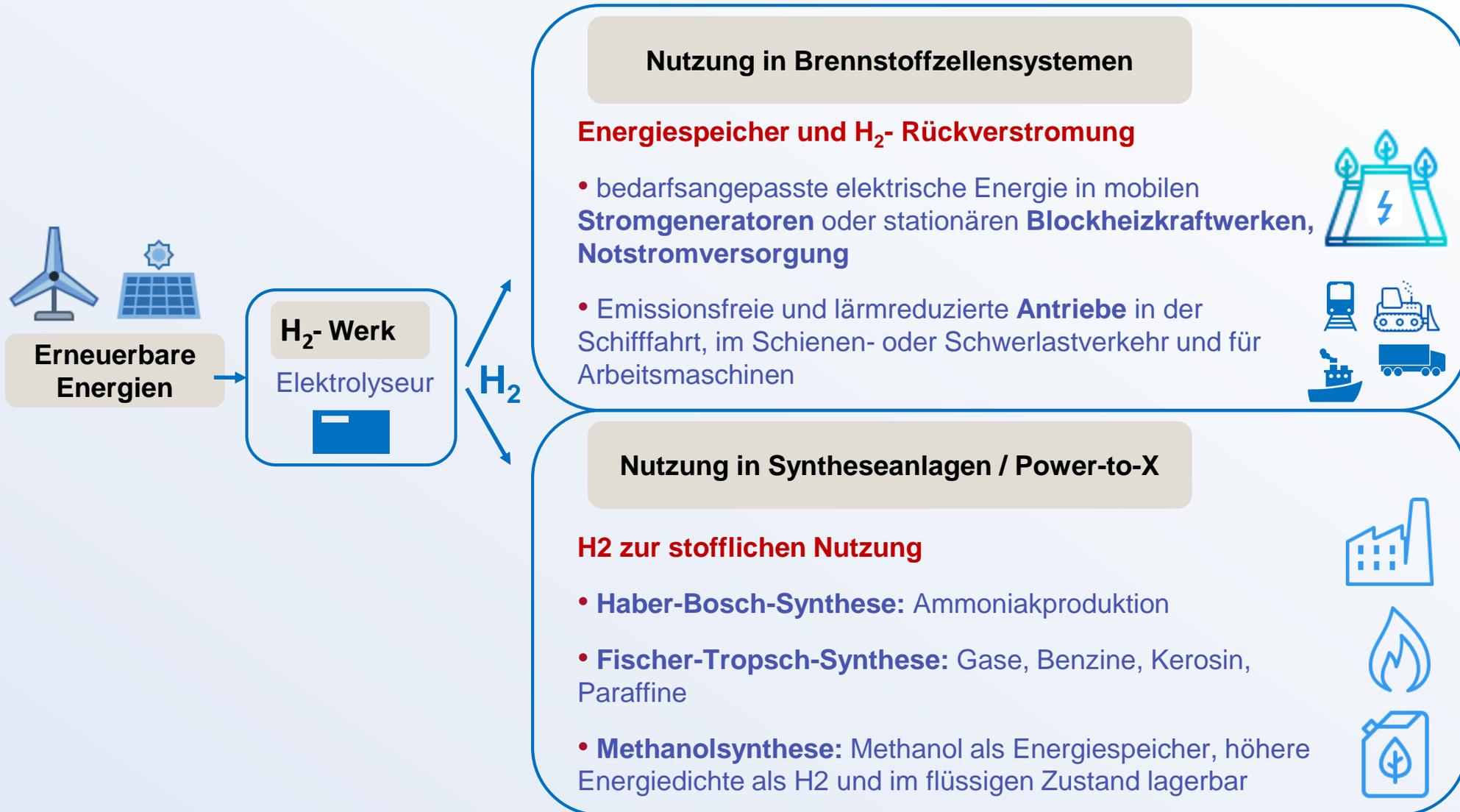


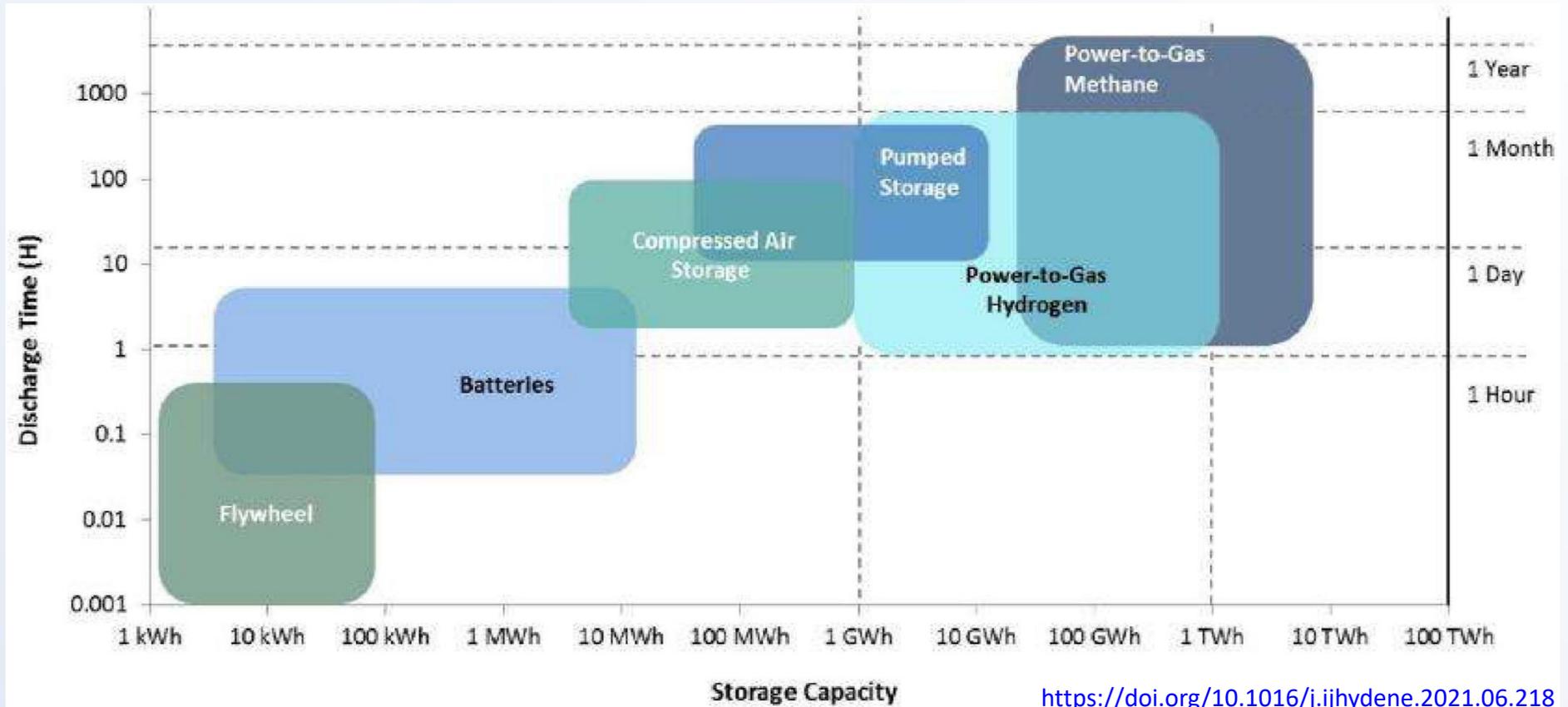
- reagiert außerdem mit z.B. Chlor und Fluor

Wasserstoff ist jedoch etwa 14-mal leichter als Luft und sehr flüchtig → **schnelle Vermischung zu ungefährlichen Konzentrationen mit der Umgebungsluft**

Insbesondere in der chemischen Industrie über 100 Jahre mit sehr guten sicherheitstechnischen Bewertungen erprobt

→ **Wasserstoff ist nicht gefährlicher als herkömmliche Energieträger wie Erdgas, Benzin oder Erdöl**





Vergleich von Speicherkapazität und Entladezeit bei verschiedenen Speichertechnologien

→ Wasserstoff ist eine der besten Alternativen für die langfristige Speicherung von Energie in großem Maßstab

Typ	Elektrolyt	Temperaturbereich	Technologie status	Anwendung
Alkalische Elektrolyseure	Kalilauge - flüssig	ca. 80°C	ausgereift	Systeme größer 10 MW mit Dauerlast z.B. Stahlwerke
PEM - Elektrolyseur	Feststoff-elektrolyt	60 - 80°C	ausgereift	Primäre Technologie <ul style="list-style-type: none">• Schwankende Stromnutzung möglich• Kostengünstig, keine WHG-Stoffe oder Verschleißteile• Gute Skalierbarkeit von Klein- bis Großsystemen
Hochtemperatur (Festoxid) - SOEC	Feststoff-elektrolyt	ca. 900°C	Forschung	Forschungsprojekte

PEM-Elektrolyse Funktionsweise

Polymerelektrolytmembran bzw. proton exchange membrane (PEM): Membranbasiertes Verfahren zur Spaltung von Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff

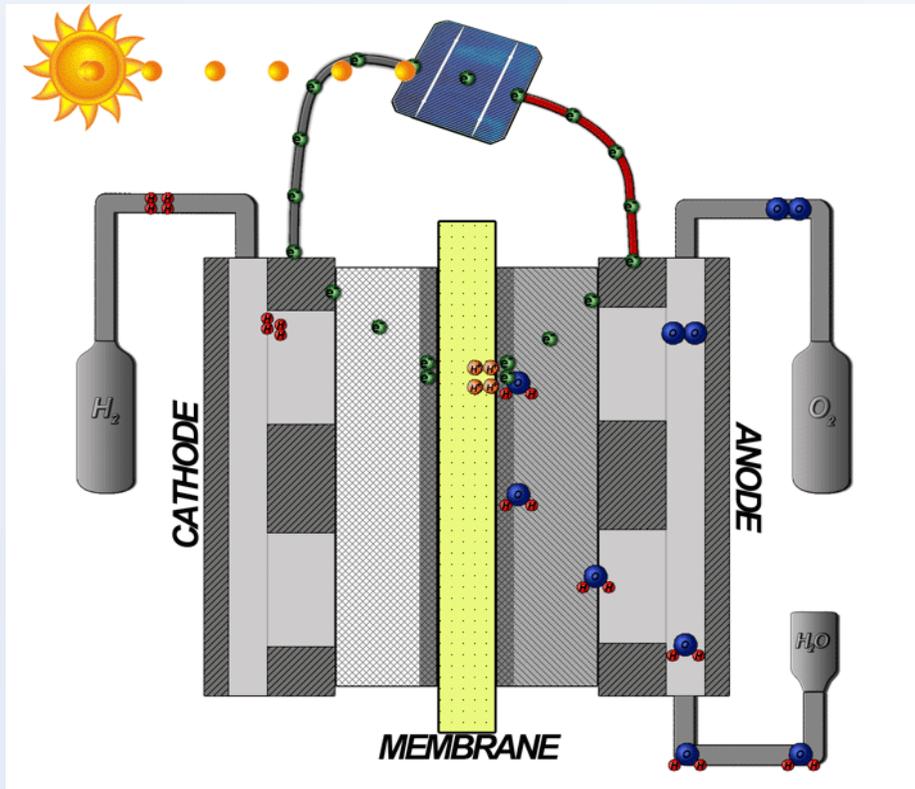


Abb. 1: An der Membran findet unter elektrischer Spannung sowohl die Spaltung des H_2O in Sauerstoff (blau), freie Elektronen (grün) und Protonen (gelb) als auch die Vereinigung zu H_2 (rot) statt

Abb.1 entspricht einer Elektrolyse-Zelle



Abb. 2: Katalytisch beschichtete, protonendurchlässige Membran



Abb. 3: Elektrolyse-Stack mit Zellen

Wasserstoffproduktion in DE

hähn.

Stand der Forschung:

Die Technologien sind entwickelt und einsatzbereit. **Die Produktionskosten für grünen Wasserstoff sind in den letzten zwei Jahren gesunken.** Seit Juli 2022 zahlreiche Planungen für neue Elektrolyseanlagen.

Politische Situation:

Die Rahmenbedingungen für den Wasserstoffhochlauf in DE haben sich in den letzten zwei Jahren stark verändert.

Die aktualisierte Nationale Wasserstoffstrategie vom Sommer 2023 sieht **eine Verdopplung der Elektrolyseleistung auf 10GW bis 2030** vor und eine Öffnung für blauen Wasserstoff.

Der Fokus liegt auf Industrie und Energiewirtschaft, teilweise auf dem Verkehrssektor und zu geringeren Teilen auf dem Gebäudesektor.

Mit Kosten zwischen 7 und 13,5 Ct/kWh H₂ ist eine Produktion in Deutschland konkurrenzfähig, im Vergleich zu Bezügen via Pipeline und insb. via Schiff.

Im Schnitt können 30-40% in D produziert werden → Abhängigkeiten reduzieren, Versorgungssicherheit gewährleisten

Aktuelle Hürden: Trotz ausgereifter Technologien und einem politischen Willen läuft der geplante Markthochlauf schleppend an. Eine Hürde ist das sog. **Henne-Ei-Problem:** Investitionen müssen aus ökonomischen Gründen nahezu zeitgleich auf Produzenten sowie Abnehmerseite erfolgen.

Weiterführende Literatur in: Merten, F. & Scholz, A. (2023). Metaanalyse zu Wasserstoffkosten und -bedarfen für die CO₂-neutrale Transformation. Wuppertal Institut.

Aktuelle Möglichkeiten: Das Henne-Ei-Problem auf lokaler Ebene lösen.

- ✓ Alle Akteure / Marktteilnehmer haben kurze (Kontakt)wege
- ✓ Transportkosten können erheblich reduziert werden
- ✓ Effiziente Verwertung von Überschüssen aus EE vor Ort möglich
- ✓ Nutzung der Abwärme möglich
- ✓ Weitere Wertschöpfungsketten möglich (Sauerstoff und Syntheseverfahren)
- ✓ Beste Standortfaktoren oftmals insb. im ländlichen Raum → Hohes Potential für Politik und Wirtschaft selbst in strukturschwachen Regionen

Think global

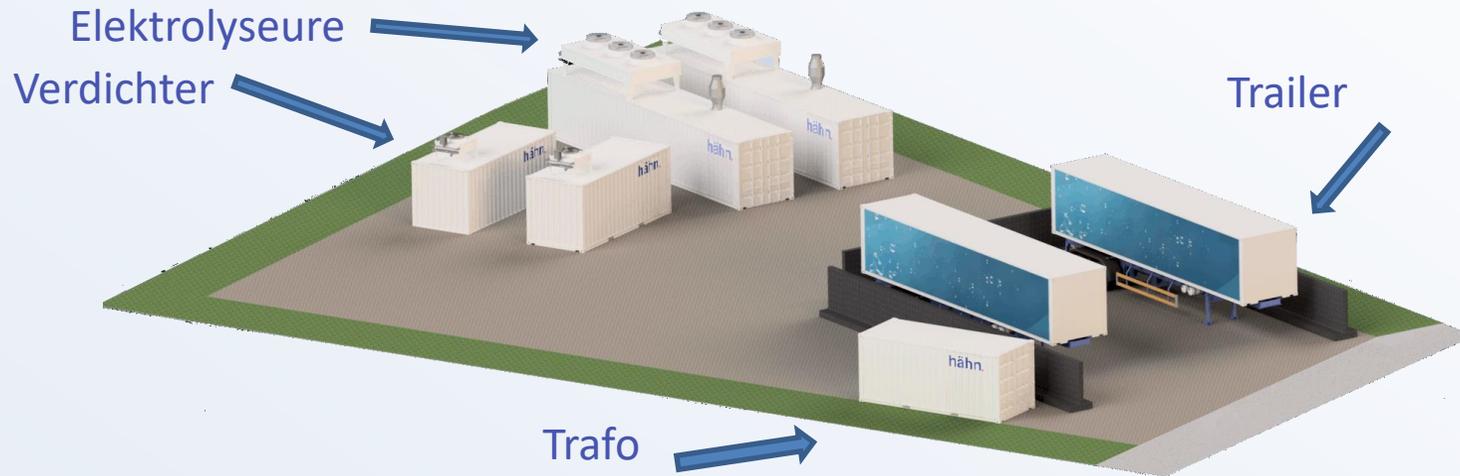


Act local

Dem Slogan der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro kommt auch beim Thema Wasserstoff wieder eine besondere Bedeutung zu

Beispiel lokale Produktion

hähn.



Aufstellkonzept einer Wasserstoffproduktionsanlage im nördlichen RLP. Lieferungen von

- Wasserstoff für eine LKW Tankstelle
- Wasserstoff als Prozessgas
- Wasserstoff als Brennstoff für Brennöfen

- ✓ **Möglichkeiten und Know-How für eine teilweise Selbstversorgung mit Wasserstoff in Deutschland sind vorhanden.**
- ✓ **Die Studienlage zeigt eine ökonomische Produktion von Wasserstoff in Deutschland.**
- ✓ **Regionale, dezentrale Produktionen spielen eine entscheidende Rolle.**

Basisinformationen

- ✓ **Strom macht 75 - 82 % der Betriebskosten aus**
- ✓ Bei Einsatz von Erneuerbaren Energien bis zu 6 Ct/kWh Gestehungskosten möglich
- ✓ **Bei Stromkosten von unter 14 Ct/kWh lokale Produktion bereits heute günstiger als Importwasserstoff (Grüner Wasserstoff); Verfügbarkeit von Importwasserstoff noch nicht absehbar**
- ✓ Importländer für grünen Wasserstoff meist zugleich Krisenländer mit instabiler Politik
- ✓ Nur vereinzelte Ausspeisung von Wasserstoff für Großverbraucher z.B. Chemieparks geplant
- ✓ Kosteneinsparungen durch Einsparung von CO2 Abgaben
- ✓ Auf Absehbare Zeit nicht genug import Wasserstoff erhältlich
- ✓ **Wasserstoff Industriepreis aktuell: ca. 10 €/kg**
- ✓ **Wasserstoff Industriepreis voraussichtlich 2030 (Grün):**
 - ✓ **Lokale Herstellung ca. 4,6 - 6 €/kg bis 2,5 €/kg bei 6 Ct/kWh (Strom) möglich**
 - ✓ **Import ca. 6- 14,5 €/kg je nach Herkunftsland zzgl. Umwandlungsverluste**

(z.B. Metaanalyse Wuppertaler Institut für Klima, Dena)

Vielen Dank!

Fragerunde folgt!