



Wasserstoff

Warum ein Molekül Karriere macht

18.02.2025

Prof. Dr. Richard Hanke-Rauschenbach
Veranstaltungsreihe Lehrter Energiewende



Die Veranstaltungsreihe
wird finanziell
unterstützt von der Stadt
Lehrte.



„Wasserstoff – Warum ein Molekül Karriere macht?“

Richard Hanke-Rauschenbach

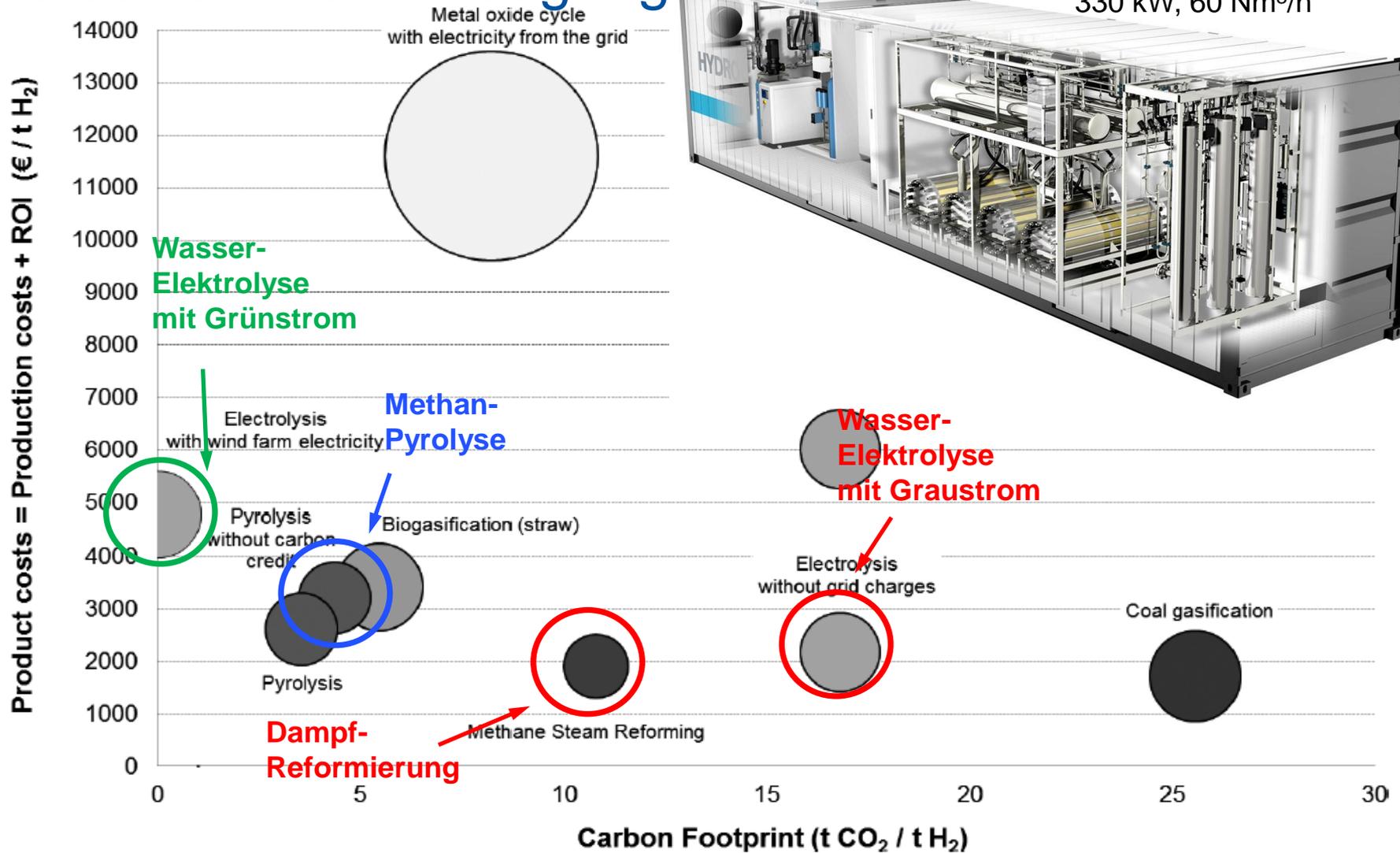
Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES)
Fachgebiet Elektrische Energiespeichersysteme

1. Die Wandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff stellt ein Lösungselement für die Defossilisierung folgender Bereiche dar
 - * Mobilität
 - * Grundstoff/Schwerindustrie
 - * Wärmesektor

2. Wasserstoff ist ein Hilfsmittel/Enabler zum Ausgleich von zeitlichen und örtlichen Unterschieden zwischen Energieverbrauch und Energiedargebot

Wasserstoff wird dabei dauerhaft in Konkurrenz zu alternativen Technologien stehen, die weniger Flexibilität aber höheren Wirkungsgrad bieten

H2-Gestehungskosten un verschiedener Erzeugung



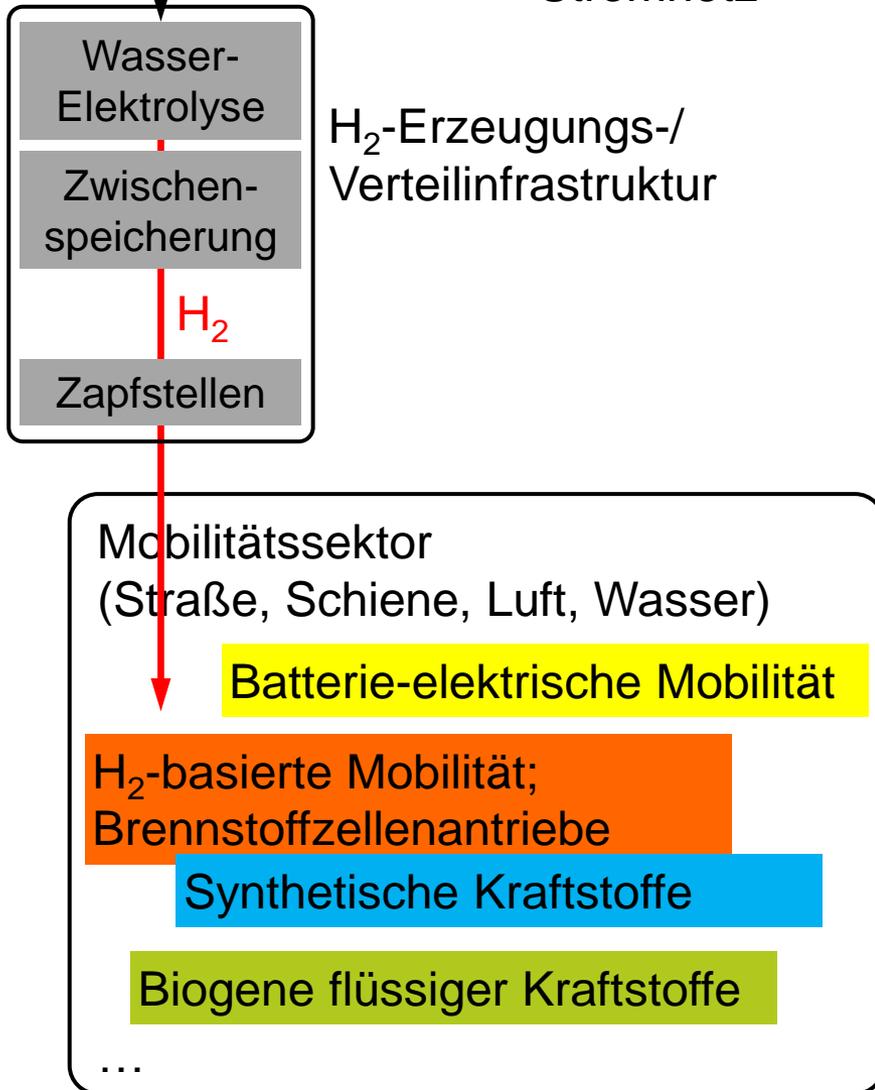
Aus Machhammer et al., Chem. Eng. Technol. 39, Abbildung 7, 1185, 2016. [Link zum Download](#)

1. Die Wandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff stellt ein Lösungselement für die Defossilisierung folgender Bereiche dar
 - * Mobilität
 - * Grundstoff/Schwerindustrie
 - * Wärmesektor
2. Wasserstoff ist ein Hilfsmittel/Enabler zum Ausgleich von zeitlichen und örtlichen Unterschieden zwischen Energieverbrauch und Energiedargebot

Wasserstoff wird dabei dauerhaft in Konkurrenz zu alternativen Technologien stehen, die weniger Flexibilität aber höheren Wirkungsgrad bieten

Potentielle Funktionalitäten von H₂ im künftigen Energiesystem

Stromnetz

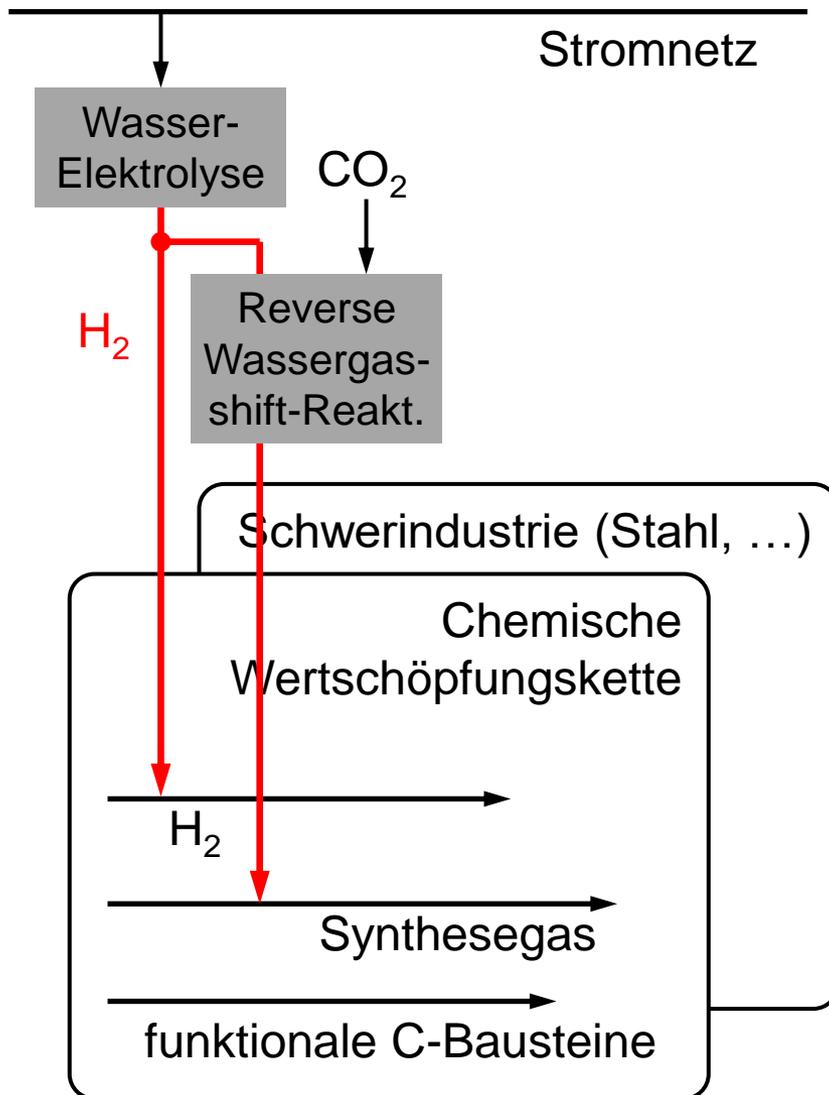


Funktionalität 1: Lösungselement zu Defossilisierung der Mobilität

- jährl. Substitutionspotential/-bedarf*:
185 Mio t_{CO₂} (25% d. CO₂-Emiss.)
720 TWh (30% d. Endenergiebed.)
- H₂-basierte Mobilität als Teil eines komplementären Ansatzes
- Alternativen zum Einsatz von H₂
 - * Einsatz biogener Treibstoffe
 - * Batterie-elektrische Antriebe
 - * Einsatz synthetischer Kraftstoffe
- „Nebeneffekt“ durch dynamische Fahrweise der Wasser-Elektrolyse: Bereitstellung von Flexibilitäten für Betrieb des Stromsystems

*Deutschland, Bezugsjahr: 2014

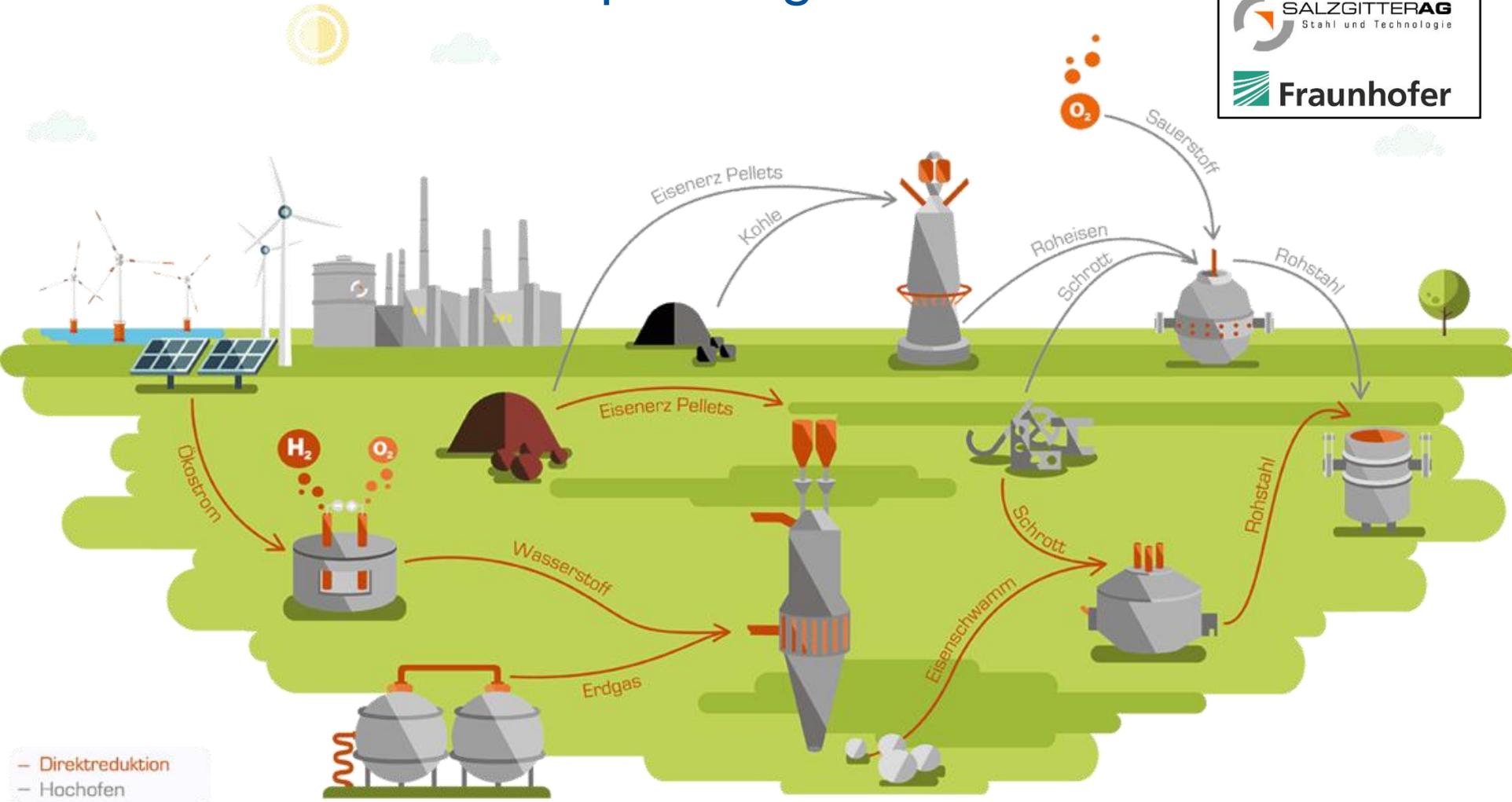
Potentielle Funktionalitäten von H₂ im künftigen Energiesystem



Funktionalität 2: Lösungselement zur Substitution fossilstämmiger Rohstoffe in der Grundstoff-/Schwerindustrie

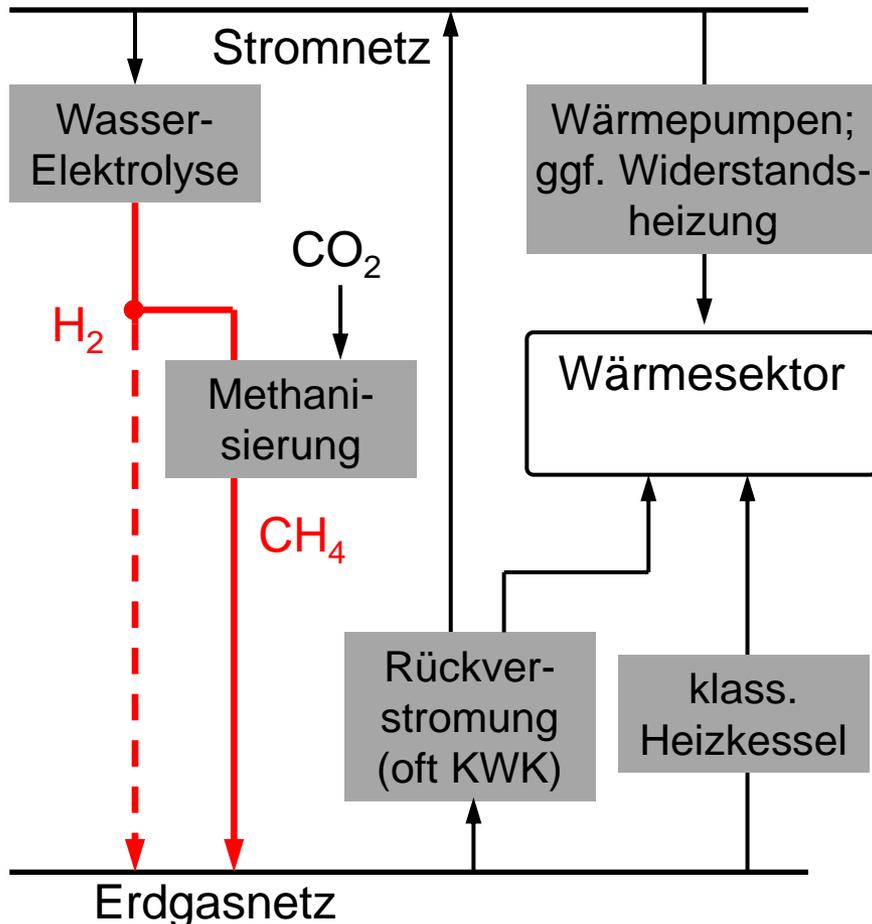
- jährl. Substitutionspotential/-bedarf: 60 Mio t_{CO₂} (8% d. CO₂-Emiss.)
- Zwei Ansätze
 - * Deckung von bestehenden Wasserstoffbedarfen durch grünen/blauen Wasserstoff; Bsp. Raffinerien, Ammoniak-/Methanol-Synthese
 - * Änderung von bestehenden Prozessrouten unter Einbindung von grünem/blauen Wasserstoff; Bsp. Stahlherstl.
- Auch hier denkbar: Bereitstellung von Flexibilitäten für Betrieb des Stromsystems durch dynamische Fahrweise der Wasserelektrolyse

Zu: H₂-Einsatz chem. Industrie/ Schwerindustrie – Bsp. Salzgitter Stahl



Aus <https://salcos.salzgitter-ag.com/>, abgerufen 17.11.2020

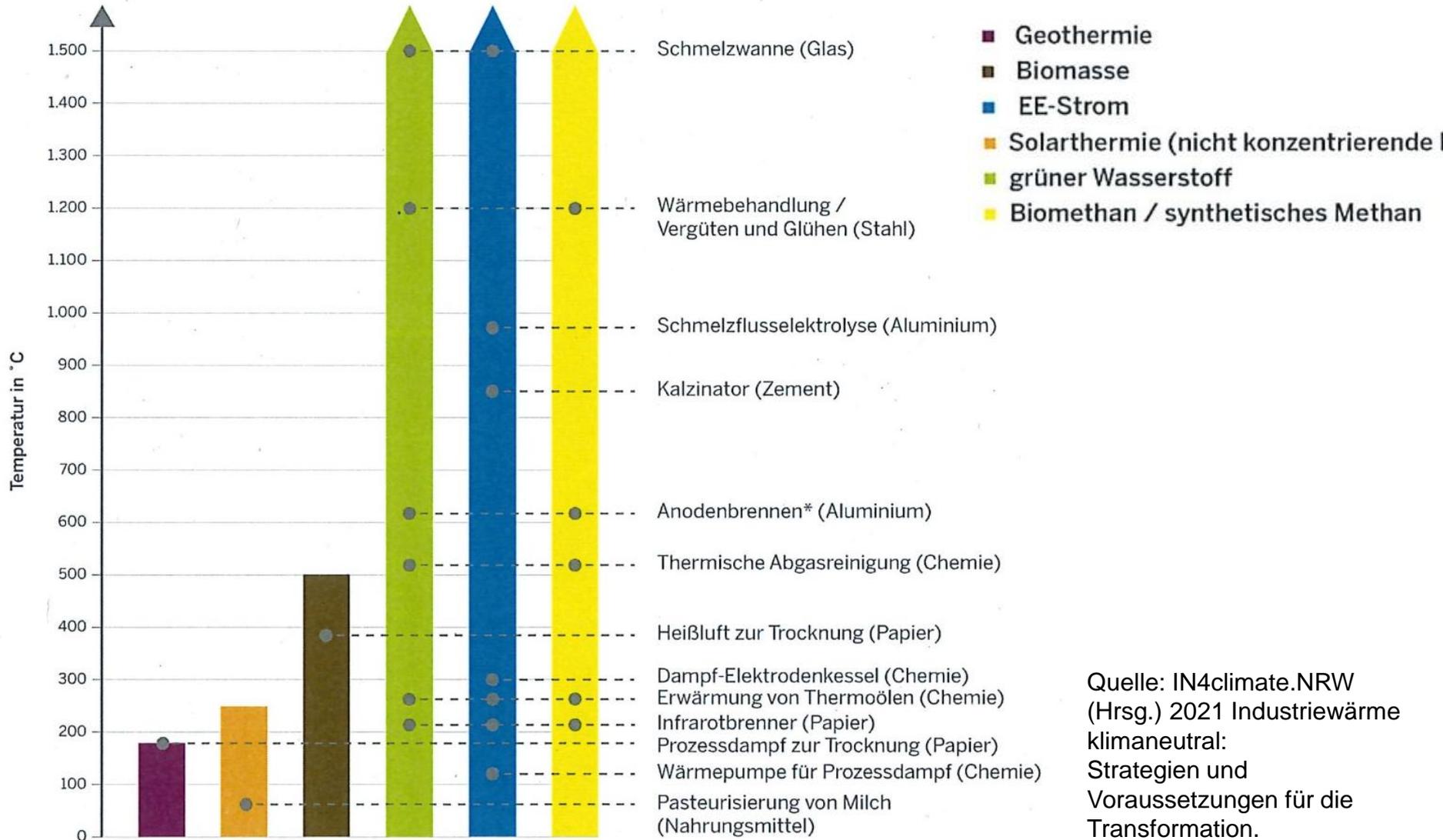
Potentielle Funktionalitäten von H₂ im künftigen Energiesystem



Funktionalität 3: Lösungselement zur Defossilisierung des Wärmesektors

- jährl. Substitutionspotential/-bedarf: 178 Mio t_{CO₂} (24% d. CO₂-Emiss.)
770 TWh (32% d. Endenergiebed.)
- Weiterkonversion zu synt. Erdgas und Nutzung bestehender Infrastruktur; wichtige Option für die Wärmewende im Altbau
- Alternativ: Verteilung von Wasserstoff und Nutzung in Brennstoffzellenheizgeräten
- Alternativen zum Einsatz von H₂
 - * Nutzung nachwachsender Rohstoffe
 - * Einsatz von Wärmepumpen, ggf. in Komb. mit saisonal. Wärmespeichern
 - * Nutzung von Geothermie
- Auch hier denkbar: Bereitstellung von Flexibilitäten für Betrieb Stromsystem

Defossilisierung der Wärmebereitstellung Industrielle Wärmebedarfe

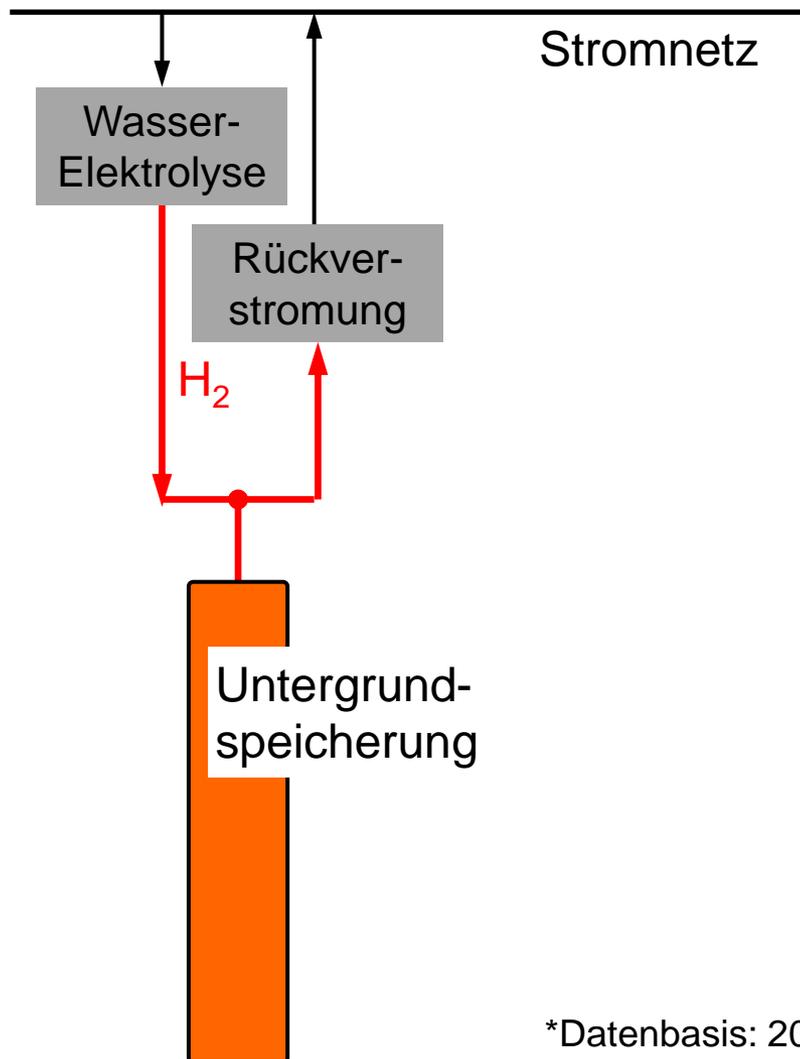


Quelle: IN4climate.NRW
(Hrsg.) 2021 Industriewärme
klimaneutral:
Strategien und
Voraussetzungen für die
Transformation.

1. Die Wandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff stellt ein Lösungselement für die Defossilisierung folgender Bereiche dar
 - * Mobilität
 - * Grundstoff/Schwerindustrie
 - * Wärmesektor
2. Wasserstoff ist ein Hilfsmittel/Enabler zum Ausgleich von zeitlichen und örtlichen Unterschieden zwischen Energieverbrauch und Energiedargebot

Wasserstoff wird dabei dauerhaft in Konkurrenz zu alternativen Technologien stehen, die weniger Flexibilität aber höheren Wirkungsgrad bieten

Potentielle Funktionalitäten von H₂ im künftigen Energiesystem

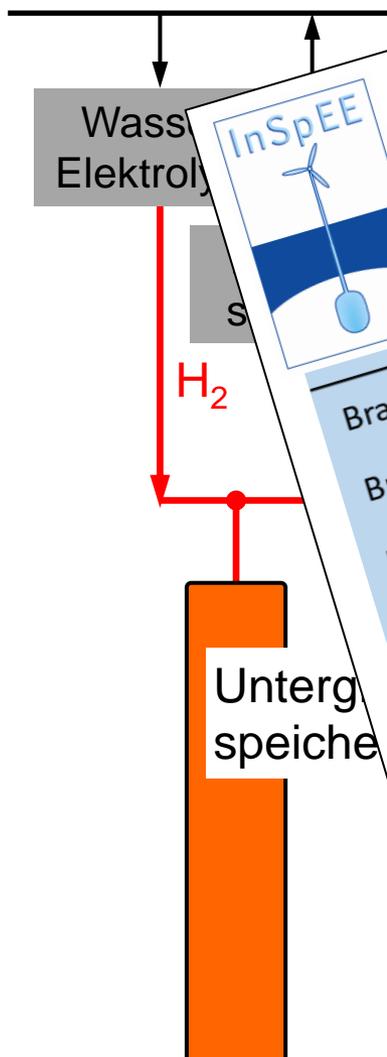


Funktionalität 4: Lösungselement zur Langzeitspeicherung von erneuerbarer Energie

- Voraussetzung zur Erreichung hoher erneuerbarer Deckungsgrade; konkret: Überbrückung von sog. Dunkelflauten (10-20 Tage)
- benötigt werden hierfür Speicher mit hoher spez. Kapazität > 250 kWh/kW
- H₂-basierte Untergrundspeicherung stellt hierfür eine sinnvolle Lösung dar:
 - ökonomische Sicht*: < 5 EUR/kWh (Pumpspeicher: ≈ 50 EUR/kWh, Li-Ionen-Akku: ≈ 100 EUR/kWh)
 - Verfüg. Potential: ≈ 3.326 TWh (Pumpspeicher: ≈ 100 GWh)

*Datenbasis: 2050, berücksichtigt sind sowohl Kosten für Energieteil des Speichers als auch für den entsprechend dimensionierten Leistungsteil

Potentielle Funktionalitäten von ... künftigen Energiesystem



InSpEE
KBB UNDERGROUND TECHNOLOGIES
BGR
IGtH Institut für Geotechnik

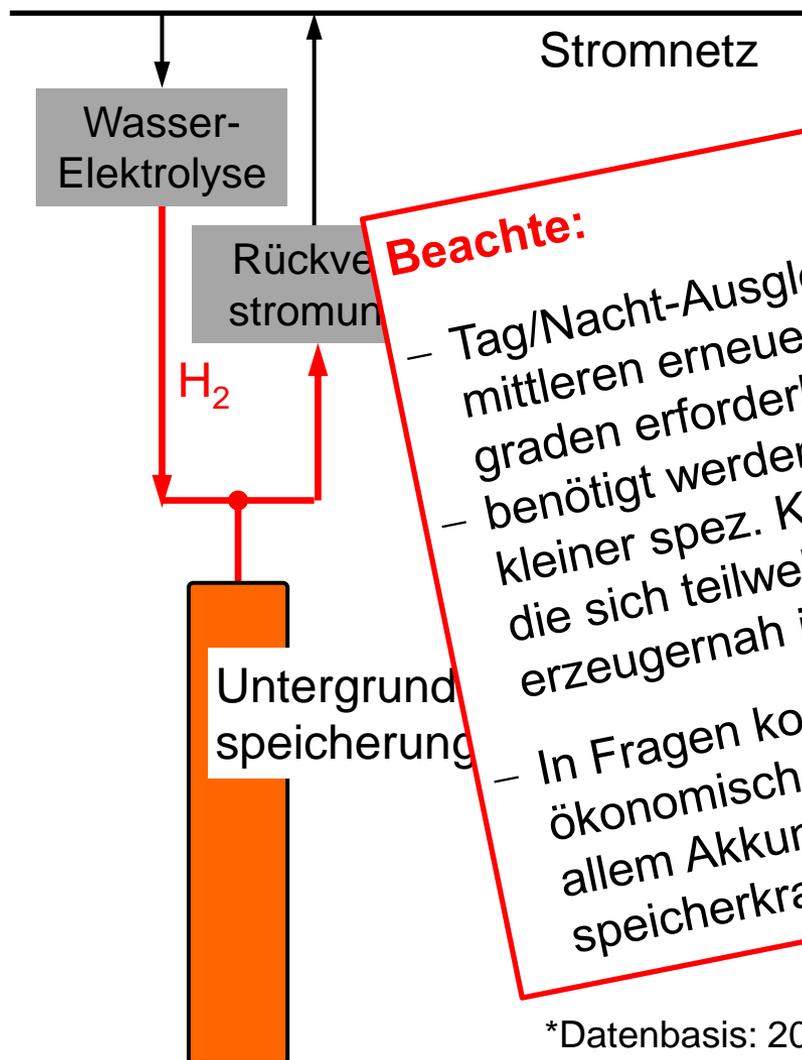
Potential [TWh]	CAES	Wasserstoff
Brandenburg	1,1	512
Bremen/Niedersachsen	2,1	955
Hamburg/Schleswig-Holstein	0,7	413
Mecklenburg-Vorpommern	0,6	218
Nordrhein-Westfalen	0	168
Sachsen-Anhalt	2	465
Thüringen	0,7	595
Total	7,2	3326

Aus InSpEE-DS - Teilprojekt Bewertungskriterien und Potenzialabschätzung (Sachbericht 03ET6062A), Tabelle 7-1, 2020 [Link zum Download](#)

Lösungselement zur
... von erneuerbarer

Erreichung hoher
...ngsgrade;
...ng von sog.
(Tage)
... Speicher mit
250 kWh/kW
...peicherung
... Lösung dar:
5 EUR/kWh
...R/kWh,
...R/kWh)
...ar. ≈ 3.326 TWh
...peicher: ≈ 100 GWh)

Potentielle Funktionalitäten von H₂ im künftigen Energiesystem



Funktionalität 4: Lösungselement zur Langzeitspeicherung von erneuerbarer

Beachte:

- Tag/Nacht-Ausgleich ist bereits bei mittleren erneuerbaren Deckungsgraden erforderlich
- benötigt werden hierfür Speicher mit kleiner spez. Kapazität $\approx 10 \text{ kWh/kW}$, die sich teilweise auch anwender-/erzeugernah installieren lassen
- In Fragen kommen hierfür insb. aus ökonomischen Erwägungen* vor allem Akkumulatoren und Pumpspeicherkraftwerke

zur Erreichung hoher Deckungsgrade; Deckung von sog. (-20 Tage)

hierfür Speicher mit Kapazität $> 250 \text{ kWh/kW}$

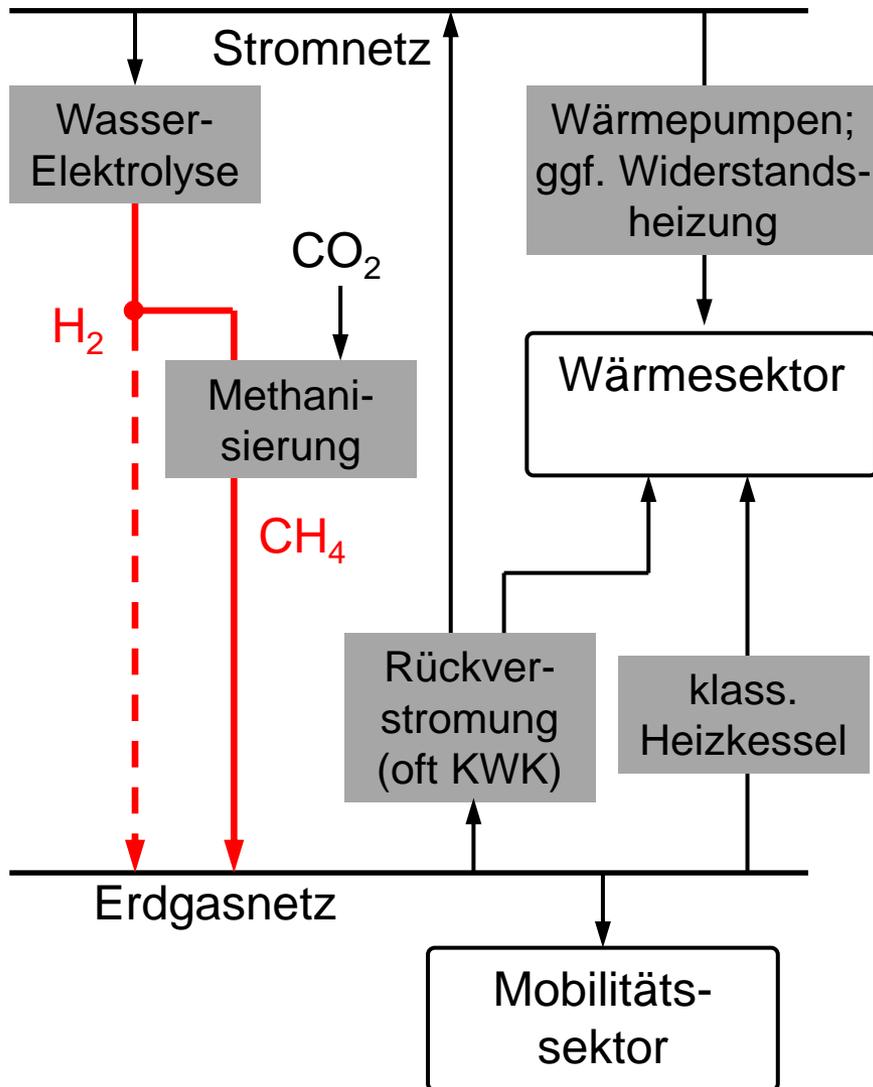
undspeicherung involle Lösung dar: $< 5 \text{ EUR/kWh}$

50 EUR/kWh, 100 EUR/kWh)

erregb. Potential: $\approx 3.326 \text{ TWh}$ (Pumpspeicher: $\approx 100 \text{ GWh}$)

*Datenbasis: 2050, berücksichtigt sind sowohl Kosten für Energieteil des Speichers als auch für den entsprechend dimensionierten Leistungsteil

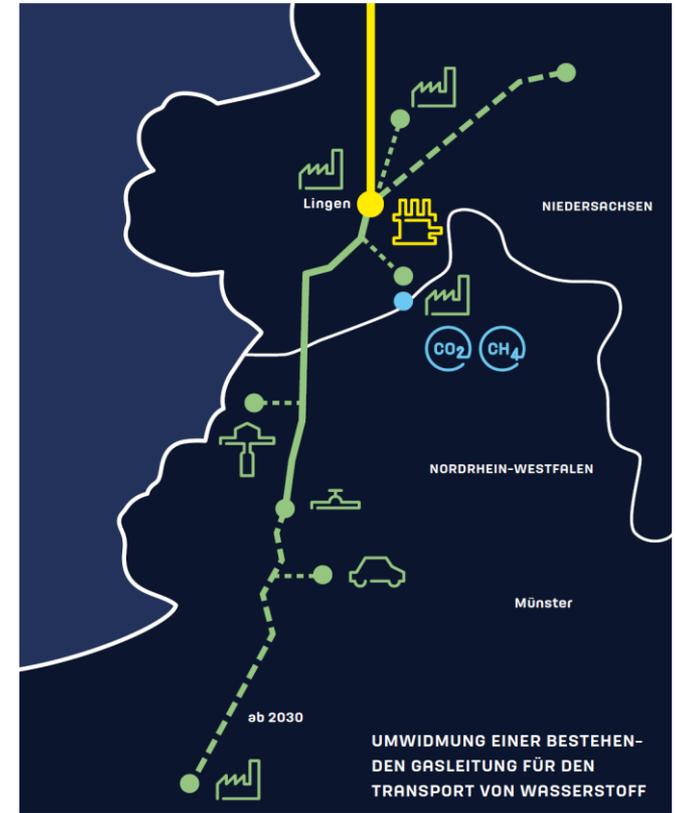
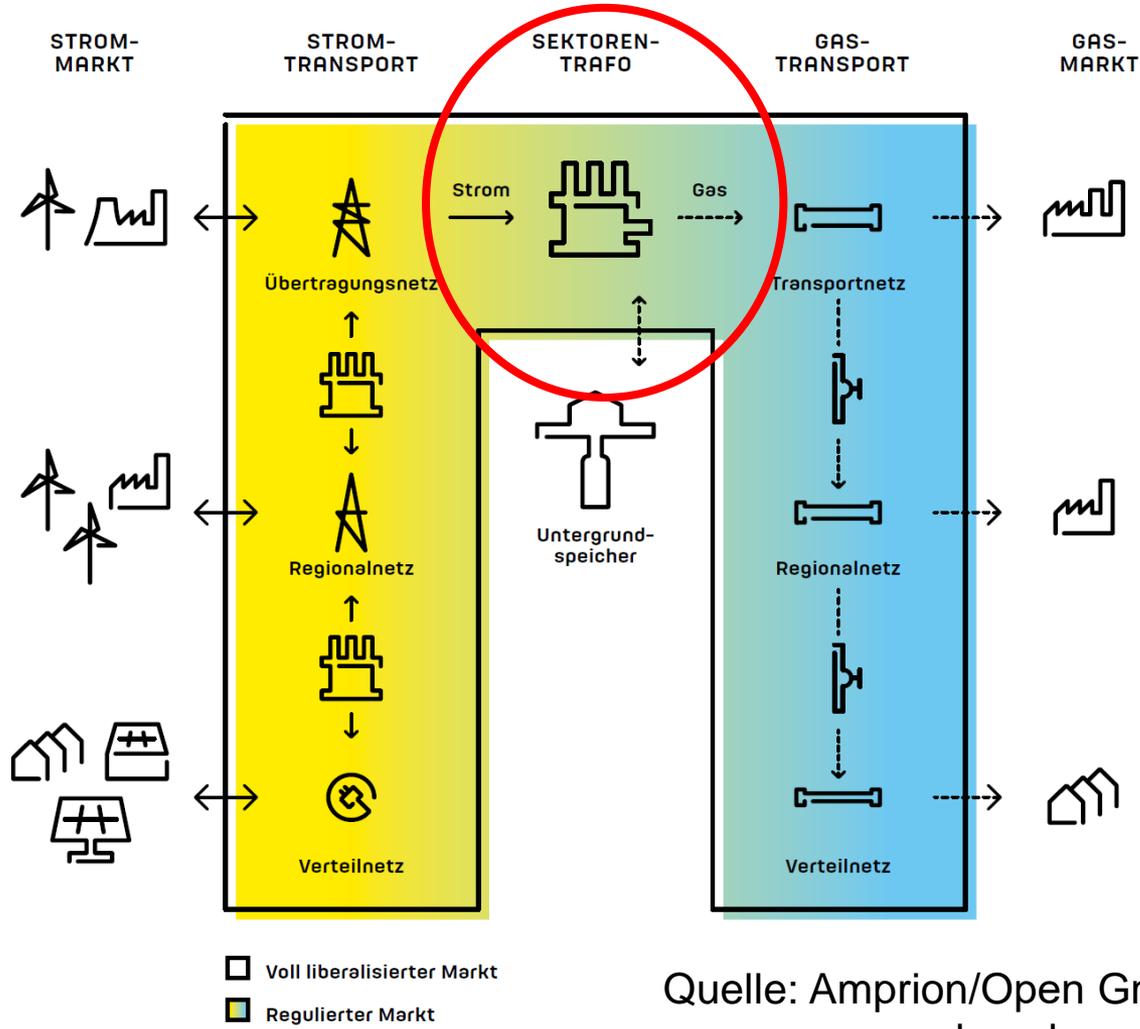
Potentielle Funktionalitäten von H₂ im künftigen Energiesystem



Funktionalität 5: Lösungselement zur volkswirtschaftlichen Optimierung des Stromnetzausbaus

- Wandlung von sog. nicht-integrierbarem EE-Strom in H₂ und Verteilung über H₂-Infrastruktur (bzw. Wandlung in synth. Erdgas und Abgabe ins Erdgasnetz)
- anschließende Nutzung in verschied. Sektoren (insb. Wärmesektor)
- Systemdienlicher Betrieb der Power-to-Gas-Anlage ist notwendig
- volkswirtschaftlich sorgfältig zu bewerten
- Weiterer Vorteil: Infrastruktur lässt sich auch für Import von grünem/blauen Wasserstoff nutzen

hybridge-Vorschlag – P2G als sog. „Sektoren-Trafo“ (Amprion/Open Grid Europe)



Quelle: Amprion/Open Grid Europe. “Hybridge - Mit Sektorenkopplung erfolgreich zur Energiewende”, 2019

1. Die Wandlung von erneuerbarem Strom in Wasserstoff stellt ein Lösungselement für die Defossilisierung folgender Bereiche dar
 - * Mobilität
 - * Grundstoff/Schwerindustrie
 - * Wärmesektor
2. Wasserstoff ist ein Hilfsmittel/Enabler zum Ausgleich von zeitlichen und örtlichen Unterschieden zwischen Energieverbrauch und Energiedargebot

Wasserstoff wird dabei dauerhaft in Konkurrenz zu alternativen Technologien stehen, die weniger Flexibilität aber höheren Wirkungsgrad bieten

Veranstaltungsreihe „Vom Wasserstoff-Boom profitieren – Chancen für KMU in der H2-Ausrüsterbranche“ (seit 2020)



Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft,
Verkehr, Bauen und Digitalisierung

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen

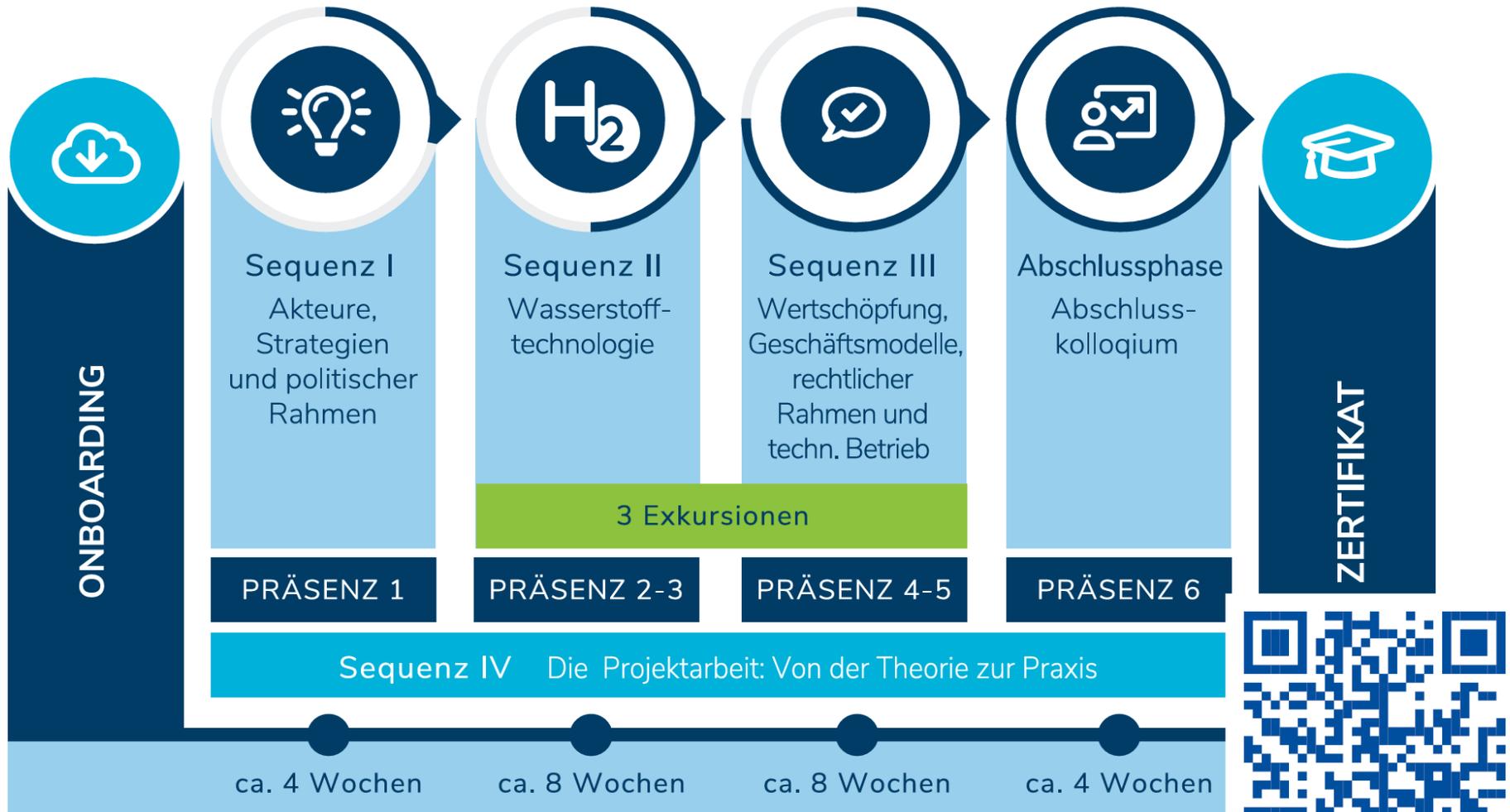
UVN

UNTERNEHMERVERBÄNDE
NIEDERSACHSEN E.V.



Niedersachsen.next

Weiterbildungsprogramm H₂ für Fach- und Führungskräfte



Weiterbildungsprogramm H2 für Fach- und Führungskräfte



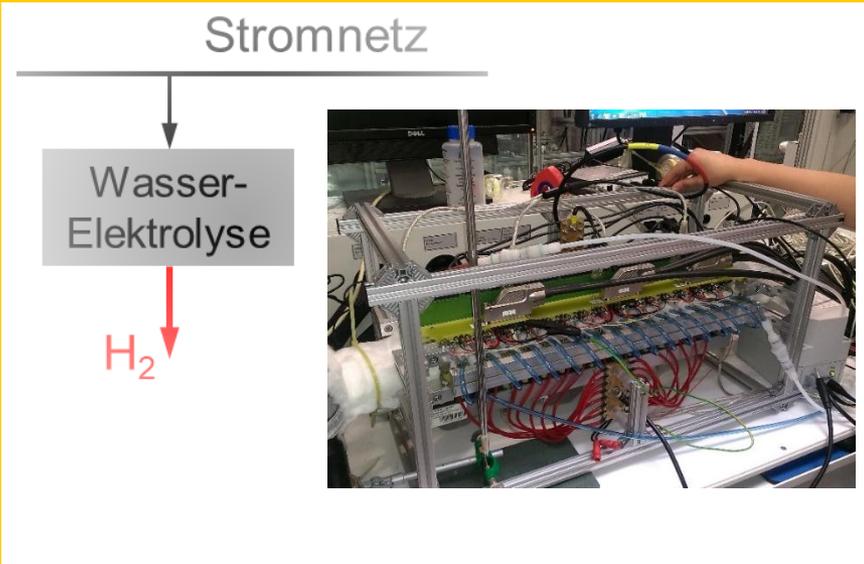
H2-Forschung in Niedersachsen: EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff

<https://www.efzn.de/de/projekte/efzn-forschungsverbund-wasserstoff-niedersachsen/>

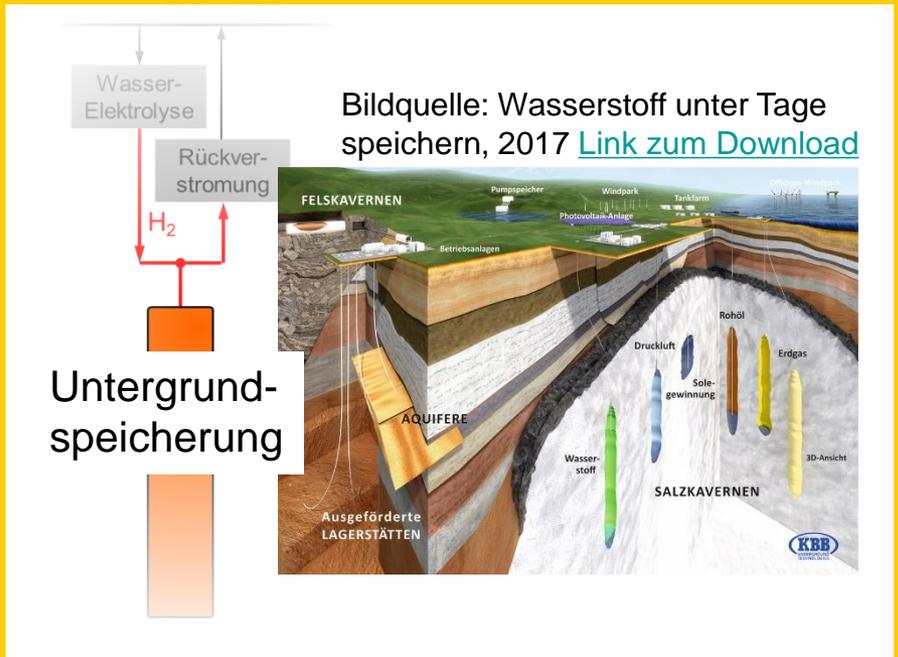
efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen

I. Wasserstoffbereitstellung mittels Wasserelektrolyse



II. Speicherung von Wasserstoff im Untergrund und Infrastruktur



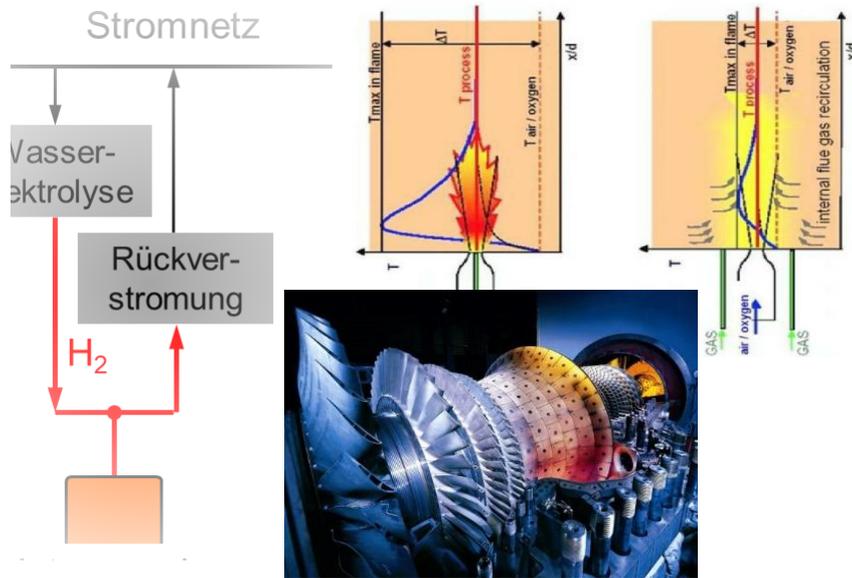
Leibniz Universität Hannover
 TU Clausthal
 Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut
 CUTEC
 Technische Universität Braunschweig
 Fraunhofer IST
 DLR Institut für Vernetzte Energiesysteme

TU Clausthal
 Leibniz Universität Hannover
 DLR Institut für Vernetzte Energiesysteme

H2-Forschung in Niedersachsen: EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff

<https://www.efzn.de/de/projekte/efzn-forschungsverbund-wasserstoff-niedersachsen/>

III. Zukünftige Wasserstoffverbrennungskonzepte



IV. Konversion von Wasserstoff in andere Energieträger

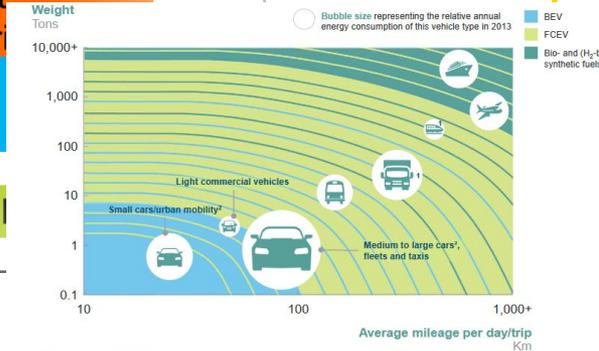
Mobilitätssektor
(Straße, Schiene, Luft, Wasser)

Batterie-elektrische Mobilität

H_2 -basierte Mobilität:
Brennstoffzellenantriebe

Synthetische Kraftstoffe

Biogene flüssiger Kraftstoffe



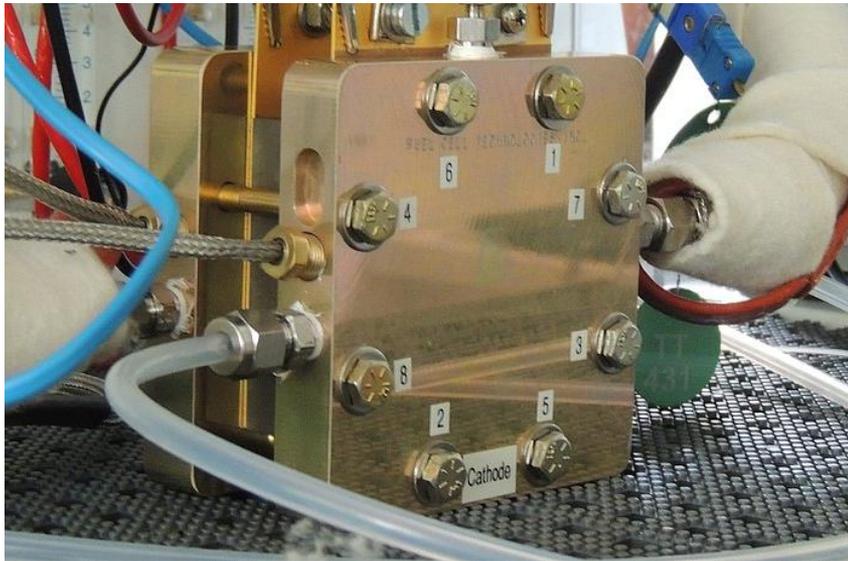
H2-Forschung in Niedersachsen: EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff

<https://www.efzn.de/de/projekte/efzn-forschungsverbund-wasserstoff-niedersachsen/>

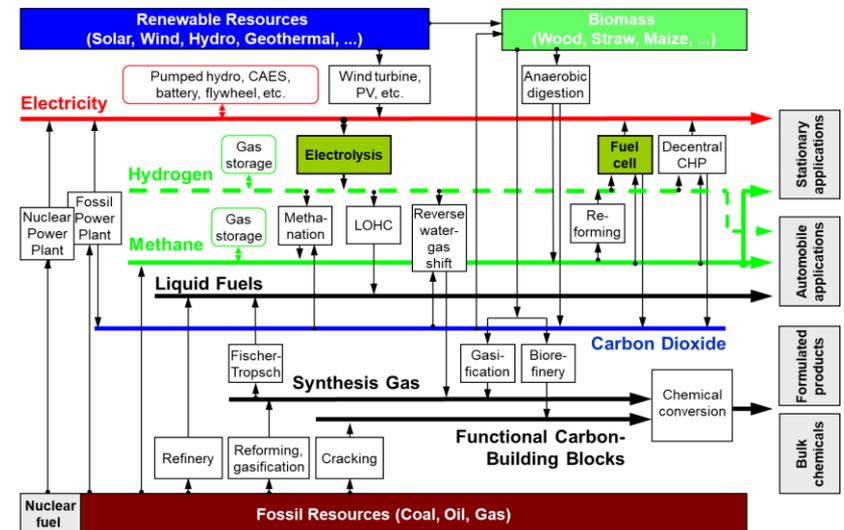
efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen

V. H2-Anwendungen in Brennstoffzellen



VI. Energiesystemanalyse mit besonderem Schwerpunkt auf H2



„Wasserstoff – Warum ein Molekül Karriere macht?“

Richard Hanke-Rauschenbach

Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES)
Fachgebiet Elektrische Energiespeichersysteme

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Lehrter Energiewende

Mehr Infos zum Vortrag und zur Vortragsreihe
finden sich unter: <https://hof-zwoelf-lehrte.de/energiewende/>



Die Veranstaltungsreihe
wird finanziell
unterstützt von der Stadt
Lehrte.

