

H2 Roadshow NRW 2025 - Status Quo?

Technik und Investition - Einstieg in die H2-Anwendung,
07. April 2025, IHK Nord Westfalen
Beginn: 15:00 Uhr



Begrüßung, Dr. Fritz Jaeckel, Dr. Eckhard Göske

1

Wasserstoff und grüne Gase für die Energiewende

Prof. Dr. Görner,
GWI/Rhein-Ruhr-
Power e.V.

2

**Wasserstoff in der Thermo-
prozesstechnik:**

Schwieriger Wandel
aufgrund von
Asynchronitäten

Matthias Rieken,
Honeywell

3

Einsatz von Wasserstoff in der Ziegelindustrie – erste Erfahrungen

Ulrich Hagemann,
Keller HCW GmbH

4

Die Genehmigung von Elektrolyseuren nach dem BImSchG

Christian Terhorst,
Bezirksregierung

Austausch/Diskussion

Begrüßung

Dr. Fritz Jaeckel, Hauptgeschäftsführer IHK Nord Westfalen



Standortbestimmung des Energieträgers Wasserstoff

2021

2024

2025



Kostensenkung?

Wasserstoff und Grüne Gase für die Energiewende

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Görner

Rhein Ruhr Power e.V.
Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

Vita

Studium	Verfahrenstechnik an der Universität Stuttgart
Prom. und Habil.	Energietechnik an der Universität Stuttgart
Industrie	Lentjes, Düsseldorf und Deutsche Babcock, Oberhausen



Funktionen

LUAT / LEE	Universität Duisburg-Essen - Leiter bis 01/2023, heute Senior-Prof.
GWI	Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. - Wissenschaftlicher Vorstand bis 08/2023
RRP	Rhein Ruhr Power e.V. - Vorstand
InPro-Consult	Innovative Prozessoptimierung GmbH - Mit-Gesellschafter und Geschäftsführer
AnSimO	Anlagensimulation und Optimierung GmbH - Gesellschafter und Geschäftsführer

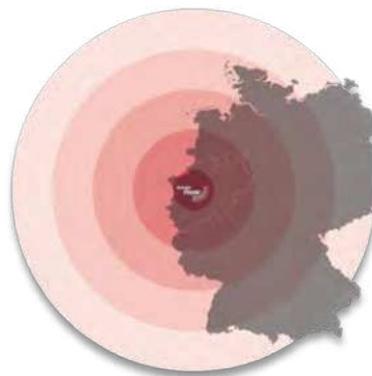
Aktivitäten

Gestern	Dynamische Anlagensimulation und Teilsystemoptimierung
Heute	Systemische Betrachtungen Systemaggregation und -komplettierung
Morgen	Wasserstoff, Ammoniak, P2X und Sektorenkopplung auf allen Ebenen

- 2G Energy AG
- 4.OPMC
- 4-stream consulting GmbH
- Beckmann, Prof. Dr. Michael
- Benesch, Prof. Dr. Wolfgang A.
- Brinkmann, Claus
- CEBra Centrum für Energietechnik Brandenburg e.V.
- DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
- DVV Deutsche Vereinigung für Verbrennungsforschung e.V.
- Energy Systems Solutions
- Evonik Operations GmbH
- Fraunhofer Institut Umsicht
- Görner, Prof. Dr. Klaus
- GWI Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
- h2-netzwerk-ruhr e.V.
- Heiermann, Gerd
- HKL Anlagentechnik GmbH
- Hourfar, Dr. Dariush
- IKS e.V. Innovation & Kreislaufwirtschaft Sachsen
- InPro-Consult GmbH
- Iqony Solutions GmbH
- Kehr, Dr. Manfred
- Korte, Dr. Hermann-Josef
- Korte, Nicolas
- KWS Energy & Knowledge eG

- MAN Energy Solutions SE
- Mehldau & Steinfath Umwelttechnik GmbH
- MHI Mitsubishi Heavy Industries EMEA Ltd.
- RM Strategie&Kommunikation
- RWTH Aachen
- Schuhmacher, Michael
- SOLITERM GmbH
- SPRINT! Energy Consulting GmbH / troveo GmbH
- Steidle, Andreas

- Thiemler, Frank
- Thomeczek, Margit
- TÜV Nord Systems GmbH & Co. KG
- TÜV Rheinland Industries Service GmbH
- VDM Metals International GmbH
- vgbe energy e.V.
- WELLAND & TUXHORN AG
- Winkler, Prof. Dr. Wolfgang
- Witt, Prof. Dr. Gerd



Energiewende



Energiewende

zur Erhöhung der Nachhaltigkeit
(Ressourcenschonung, Klimastabilisierung)

Energieeffizienz

Steigerung,
auch zur
Ressourcen-
schonung

Elektrifizierung

unter Einsatz
Erneuerbarer
Energien

CCUS

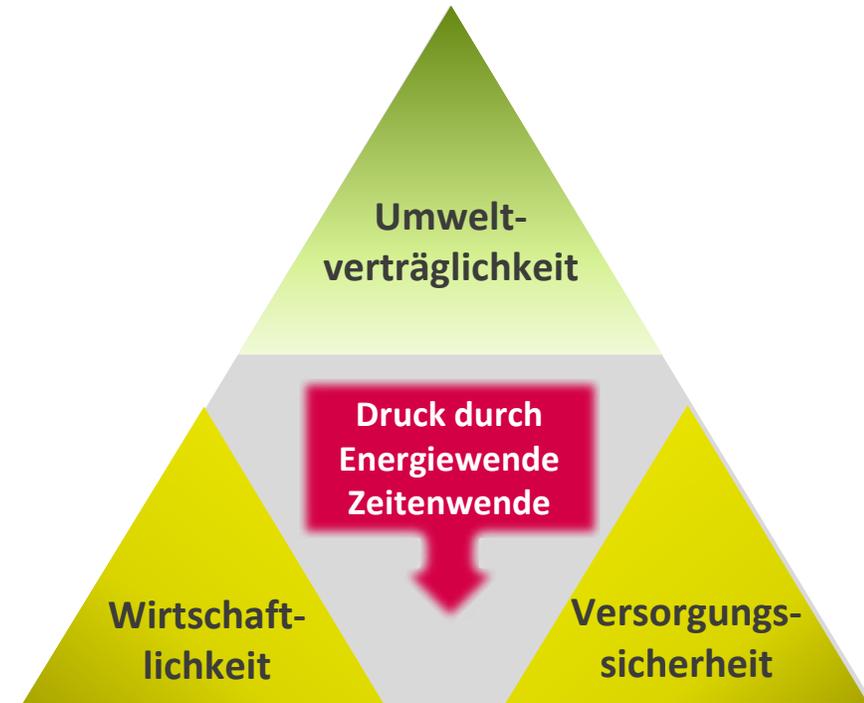
CO₂-Abtrennung
und -Nutzung,
wo nicht anders
möglich oder
C nötig

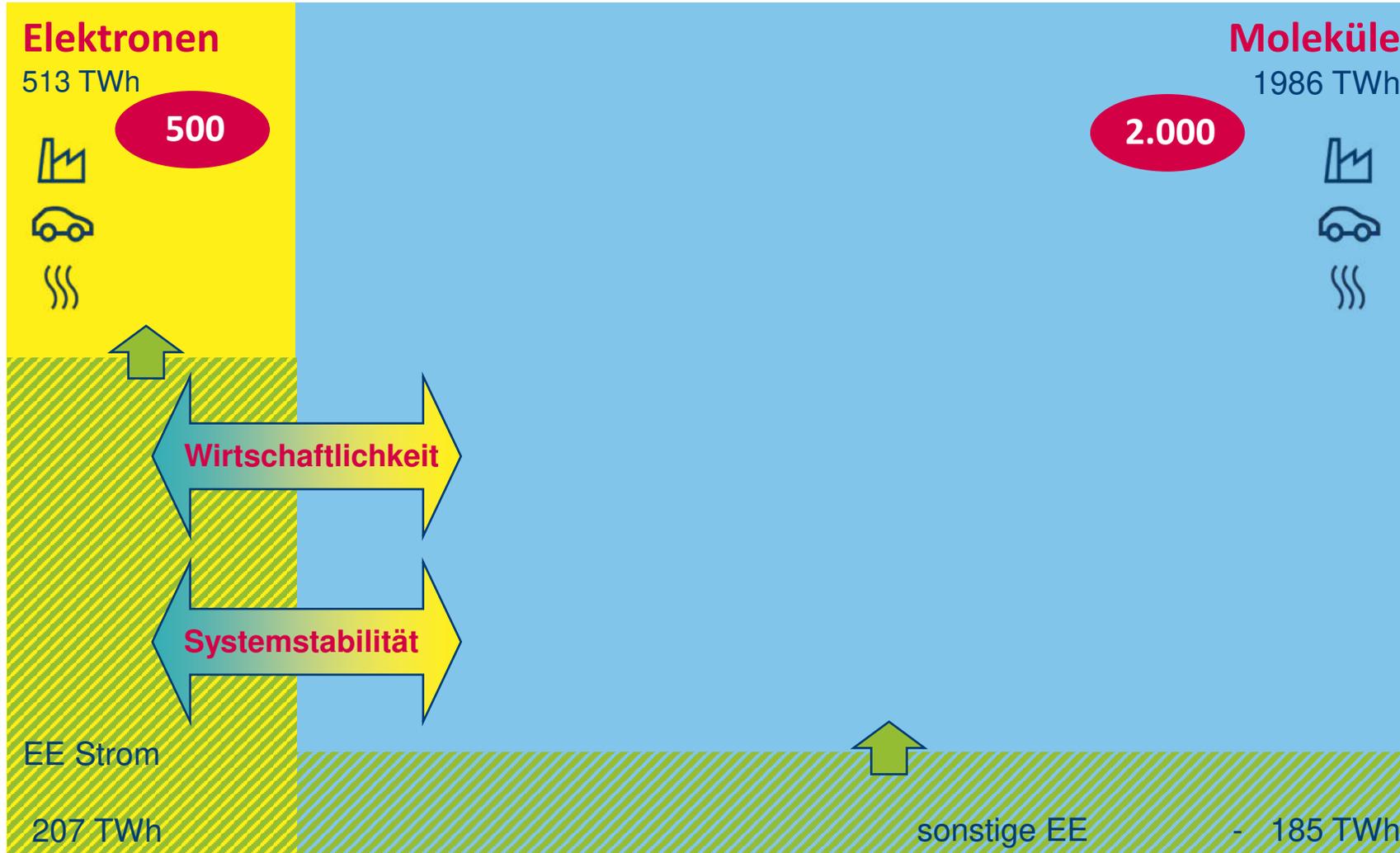
Grüne Gase

Wasserstoff
LNG
Ammoniak
...

Energiewirtschaftliches Zieldreieck

Verschiebungen durch „Energiewende“ und „Zeitenwende“





EE-Anteile

- Elektronen < 60 %
- Moleküle < 10 %

Sektorenkopplung

Konversion zwischen Elektronen und Molekülen tragen zur

- **Wirtschaftlichkeit**
 - und
 - **Systemstabilität**
- bei.

Quelle: OGE, 2020; aktualisiert 2025

The background of the slide is a blurred image of Euro banknotes, with a prominent 10 Euro note in the foreground. In the upper right, there are out-of-focus blue and orange lights, suggesting a stadium or arena setting.

Herausforderungen

Umweltverträglichkeit

und

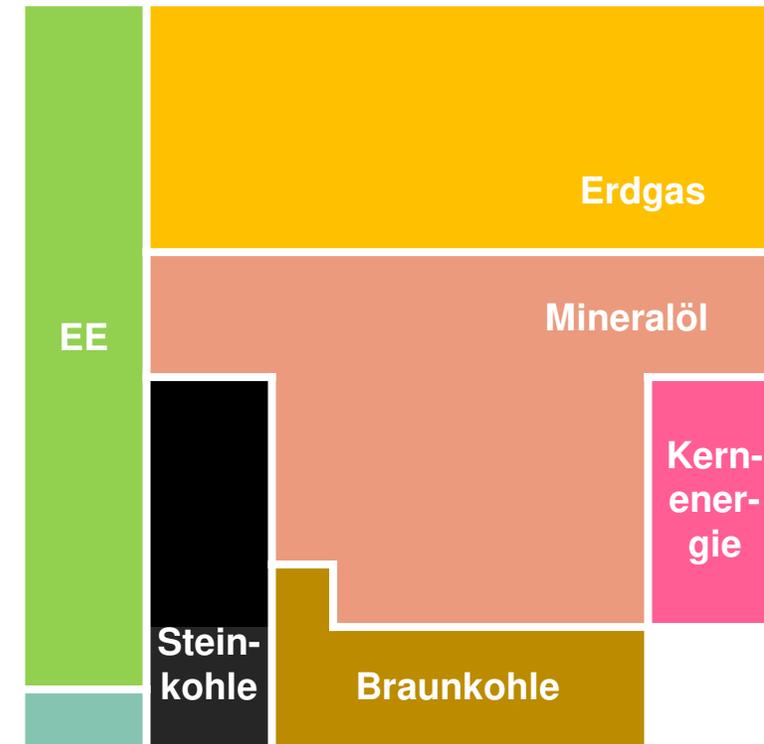
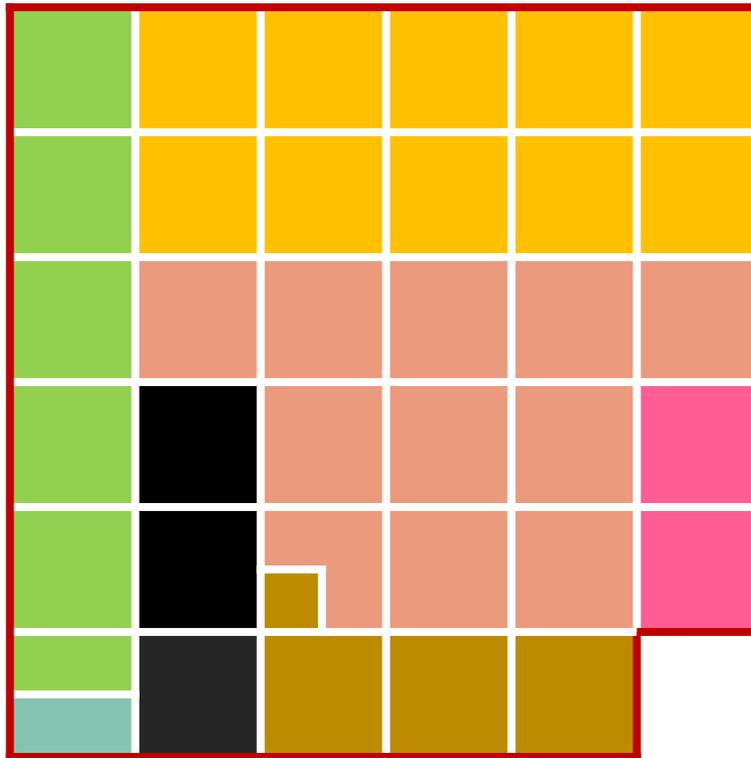
Versorgungssicherheit

Primärenergieaufkommen in Deutschland

Aufteilung nach Energieträgern

Ausgangssituation | 2021 | Gesamtbedarf 3.500 TWh

Bereitstellung	TWh
Erneuerbare	545
Andere	44
Erdgas	1.003
Mineralöl	1.077
Braunkohle	315
Steinkohle	291
Kernenergie	210
Gesamt (gerund.)	3.500



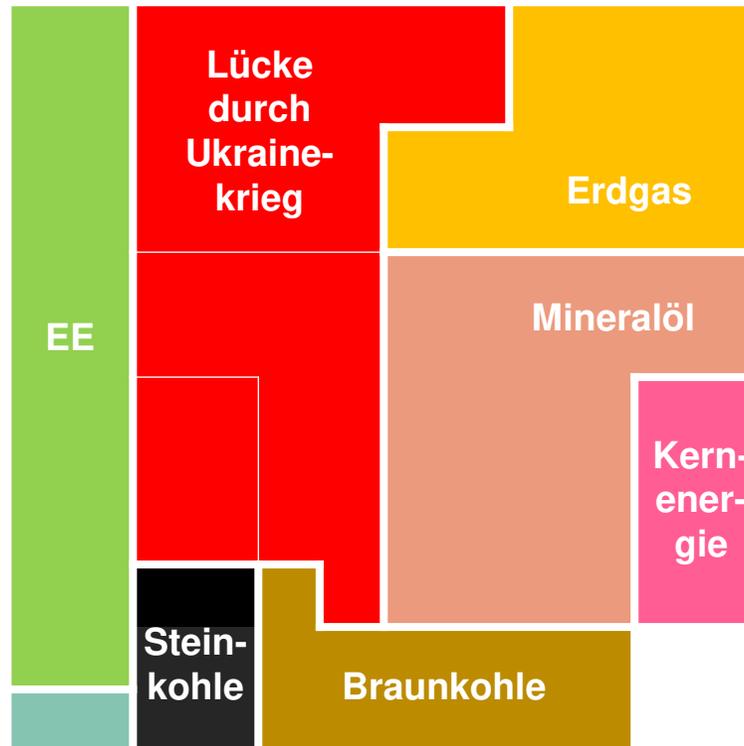
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Linke, G.: Wie kommen wir über den nahen Winter?
Energie | wasser-praxis, 11/2022 - dabei Daten von AGEB für 2021

Primärenergieaufkommen in Deutschland

Aufteilung nach Energieträgern

Lieferstopp aus Rußland | 2021 | Gesamtbedarf 3.500 TWh

Bereitstellung	TWh
Erneuerbare	545
Andere	44
Erdgas	500
Mineralöl	700
Braunkohle	315
Steinkohle	150
Kernenergie	210
Gesamt (gerund.)	2.450

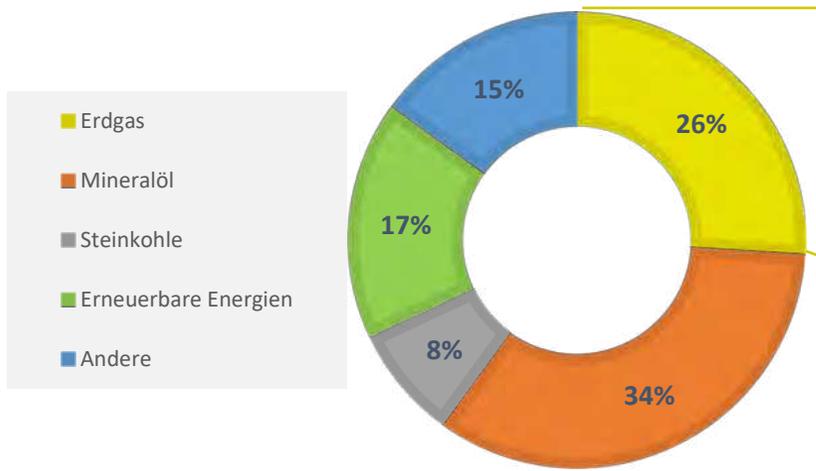


Lücke durch Ausfall der Lieferungen aus Russland	
Erdgas	500 TWh
Mineralöl	375 TWh
Steinkohle	150 TWh
=====	
Gesamt	1.025 TWh

1 Kachel = 100 TWh
Rundung ± 25 TWh

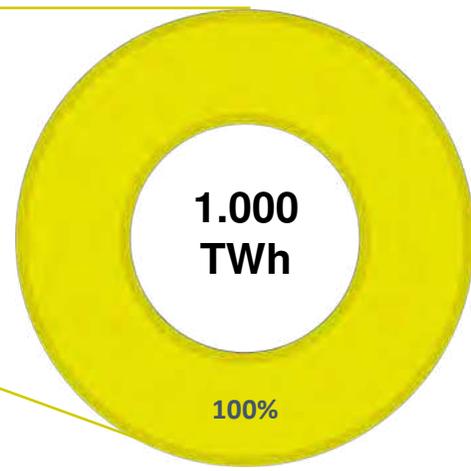
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Linke, G.: Wie kommen wir über den nahen Winter? Energie | wasser-praxis, 11/2022 - dabei Daten von AGEB für 2021

Erdgas-Anteil bei Primärenergieträgern 2020



Erdgas absolut [TWh]

Im Vergleich
Strom 550 TWh

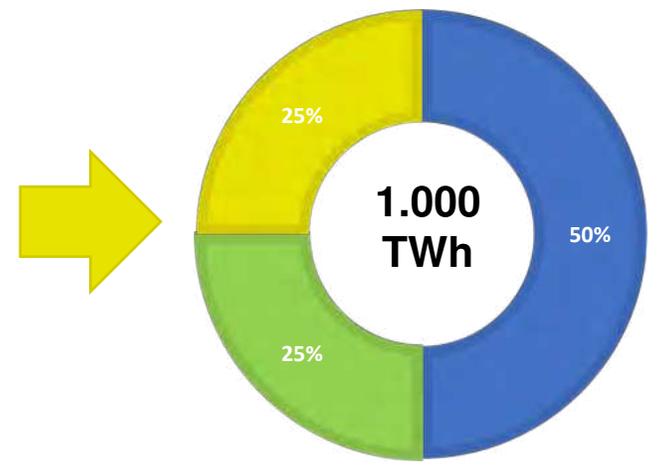


Daran Anteil
Chemie 90 TWh

Anteil zur
Wärmeerzeugung
Prozesswärme 205 TWh
Raumwärme 355 TWh

Substitution bis 2030

Szenario
keine Prognose



■ Wasserstoff ■ Biogas ■ LNG

Biogas
LNG
Wasserstoff

Biogas bioLNG

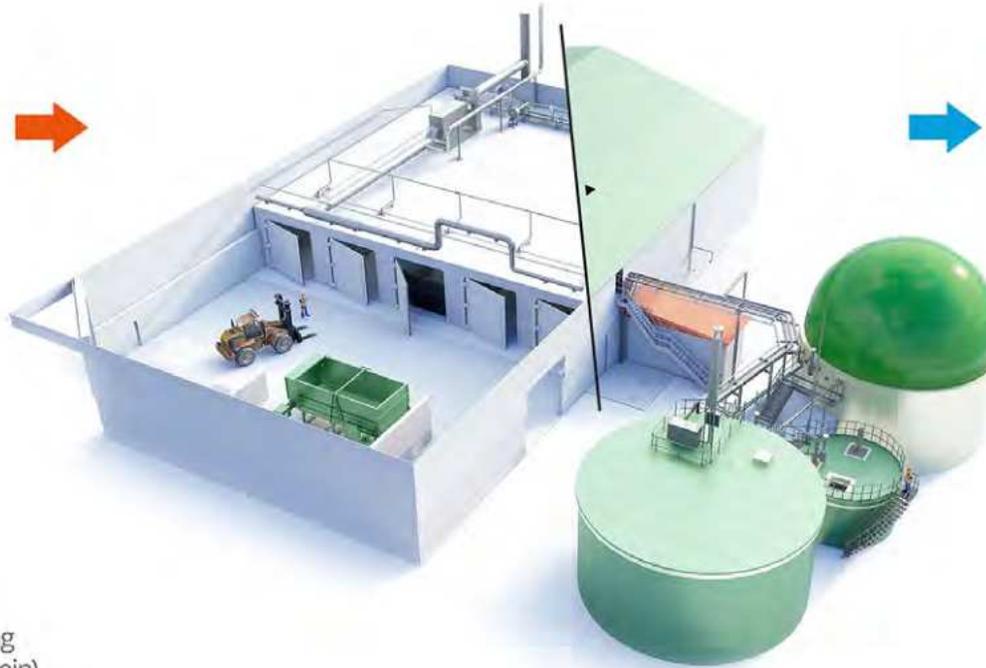


Biogas und bioLNG | Transport, Verteilung, Nutzung

Erzeugung von Biogas und Bio-LNG - schematisch

INPUT SUBSTRATE

-  Bioabfall aus Haushalten
-  Industrielle organische Abfälle
-  Landwirtschaftliche organische Abfälle
-  Festmist aus der Tierhaltung (Geflügel, Pferd, Rind, Schwein)
-  Grünabfälle aus der Landschaftspflege



OUTPUT PRODUKTE

- Strom Netzeinspeisung 
- Bio-Erdgas Netzeinspeisung 
- CNG Biokraftstoff Mobilität & Transport 
- Wärme/Kälte Erzeugung 
- Organischer Dünger 

Zur Erzeugung von **250 TWh/a Biogas** müsste die Kapazität in Deutschland verdoppelt werden.

Dieses Ziel scheint bis 2030 erreichbar.

Werden aus dem **Biogas** das CO₂ und Störstoffe entfernt, hat es vergleichbare Zusammensetzung wie Erdgas. Wird es dann noch verflüssigt, entsteht **bioLNG**, das wie LNG transportiert und eingesetzt werden kann.

A large LNG tanker ship is docked at a port. The ship is white with a dark hull. In the foreground, a crane is visible on the left, and a truck is on the right. The sky is a mix of orange and blue, indicating sunset or sunrise. The text "LNG" is overlaid on the left side of the image.

LNG

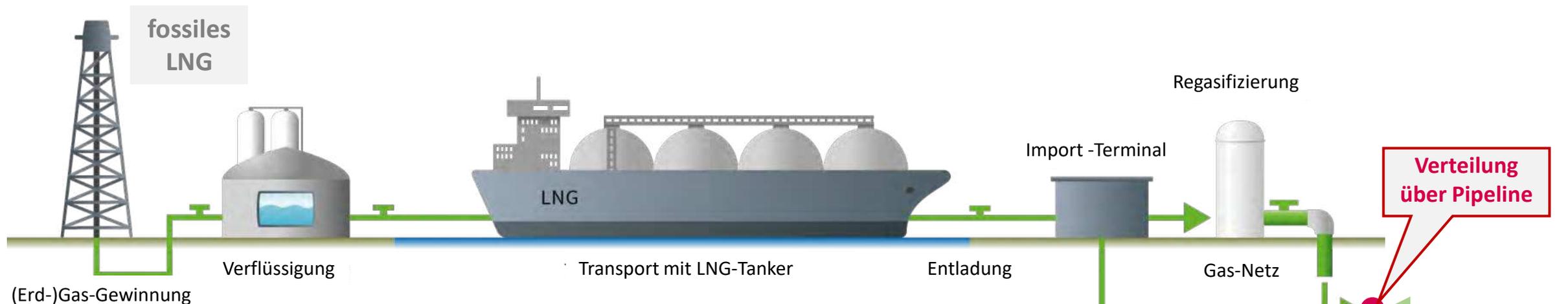
Verflüssigtes (Erd-)Gas
(Liquified Natural Gas)

LNG | Transport, Verteilung, Nutzung

Ergänzung der Lieferketten um Bio-LNG und SNG - schematisch



Lieferkette vom Ursprungsland zur Endanwendung

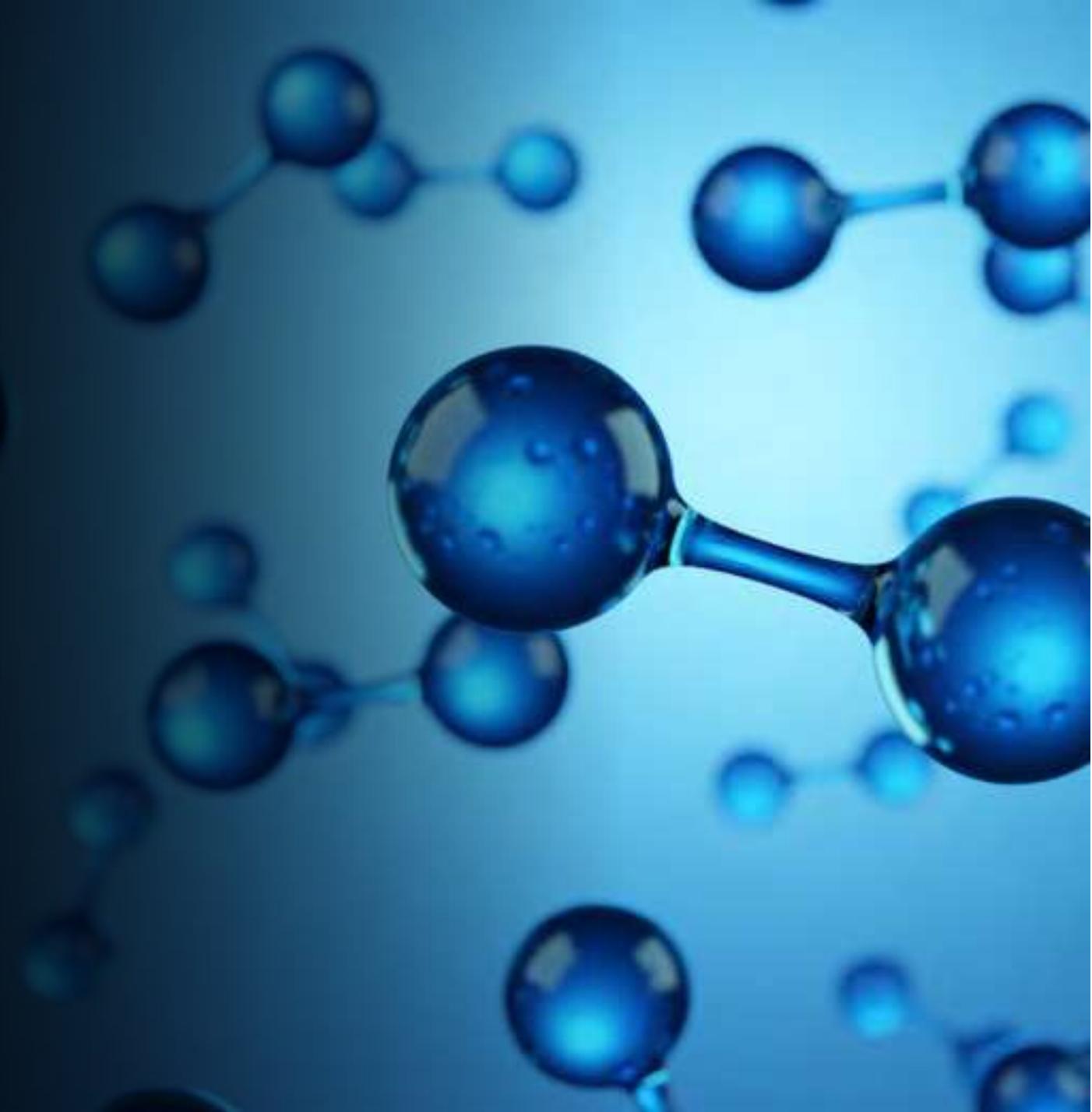


Verteilung und Nutzung



Source: GEWERBEGAS.info, 2023 - Download am 28.02.2023 — erweitert

H_2
Wasserstoff



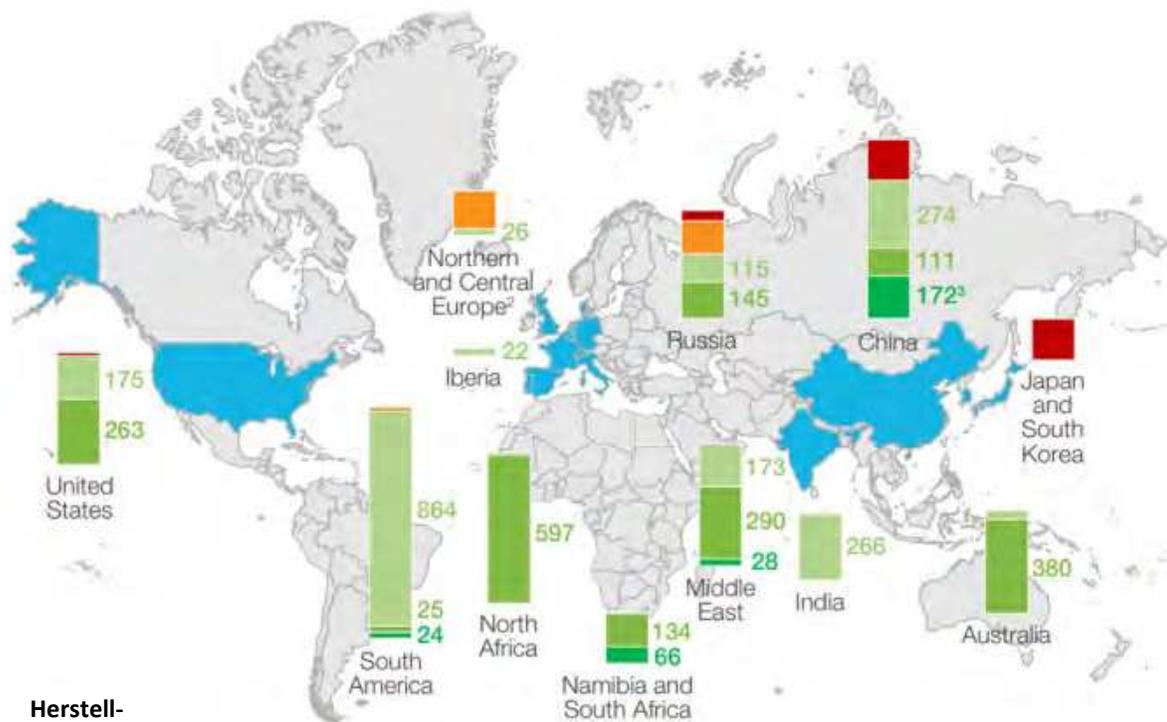
Erzeugung von Wasserstoff

Beispielrechnung für 500 TWh H₂

	Volumen	Masse	Energie	Strom
Wasserstoff -Bedarf	170 Mrd m ³	15,1 Mrd kg	1.800 PJ	500 TWh
Zur Herstellung mit Elektrolyse würde hierfür Strom benötigt				Aktuelle Werte für D in 2020
Strom -Verbrauch für Elektrolyse ($\eta=70\%$)				Verbrauch 539,4 TWh
Hierfür müsste eine elektrische Elektrolyseleistung installiert werden				Install. Kapazität 224,7 GW
Elektrolyse -Leistung				
Ausgeschriebenes Ziel des BMWK für eine Elektrolyseleistung in D bis 2030				10 GW
Mit diesem sehr ambitionierten Ziel kann gerade ca. 1/8 des H ₂ national erzeugt werden.				Massiver H₂-Import notwendig
Notwendiger Invest für die obige Kapazität von 82 GW				
Investitions -Volumen (spez. Kosten: 750-1.500 €/kW)				60 - 120 Mrd €

Weltweite Potenziale für die Wasserstoffproduktion 2050

Mio t H₂ / Jahr



Herstellkosten [\$/kg]

- >2.50
- 1.80–2.50
- 1.20–1.80
- 1.00–1.20
- <1.00

● Bedarfszentren

Kosten-Kategorien

Produktion ist nicht wettbewerbsfähig gegenüber Import	Pipeline-Importe sind lokaler Produktion vorzuziehen, aber der Import via Schiff ist nicht lohnend	Produktionskosten sind niedrig genug, um H ₂ für den lokalen Bedarf herzustellen, aber Derivate sind wahrscheinlich günstiger und werden daher importiert	Wettbewerbsfähig für den Export in Nachbar-Märkte	Wettbewerbsfähig für den Export in alle Märkte
■	■	■	■	■

Quelle: McKinsey & Comp., 2024

Aber wie kommt der H₂ nach Deutschland (Europa)?

**Eine Schlüssel-Option ist
Grünes Ammoniak als Derivat von H₂**

Positionspapier zur Wertschöpfungskette von Grünem NH₃

German-Dutch Green Ammonia Supply Chains:
Current State, Opportunities, and Challenges

October 2024

<https://rhein-ruhr-power.net/wp/wp-content/uploads/2024/12/Position-Paper Green-Ammonia EN FINAL1.pdf>

H₂- bzw. NH₃-Transport-Optionen

Vor- und Nachteile H₂-Transport

	Technologie	Vorteile	Nachteile
Pipeline-transport	Komprimierter Wasserstoff (CGH₂)	<ul style="list-style-type: none"> Etablierte Technologie Günstige Transportoption (bei kurzen Distanzen bzw. großen Mengen) Kostengünstige Umwidmung von Gasleitungen möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsbedarf bei H₂-Verdichtern Materialverträglichkeitsprüfung bei bestehenden Leitungen erforderlich
	Verflüssigter Wasserstoff (LH₂)	<ul style="list-style-type: none"> Verflüssigung in kleinem Maßstab etabliert, Konzepte für große Verflüssiger verfügbar Transport hochreinen H₂, hohe volumetrische H₂-Dichte Kompatibilität mit LH₂-Trailertransport Verdampfung im Importland für Weitertransport via Pipeline unproblematisch 	<ul style="list-style-type: none"> Hoher Energiebedarf der Verflüssigung (bis zu 30 % der transportierten Energiemenge) Geringe Transporttemperaturen erforderlich + Transportverluste („boil-off“) Schiffe mit großen LH₂-Tanks bisher nur als Prototyp Umrüstung bestehender LNG-Terminals aufwändig
Schiffstransport	Ammoniak (NH₃)	<ul style="list-style-type: none"> Hohe volumetrische H₂-Dichte NH₃ wird bereits heute als Commodity gehandelt → existierende Technologien, Lieferketten und Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> Cracking (noch) nicht ausgreift (nur im kleinen Maßstab verfügbar), hoher Energiebedarf Ggfs. Aufreinigung H₂ und N₂ erforderlich Toxizität
	Flüssige organische Wasserstoff-Träger (LOHC)	<ul style="list-style-type: none"> Hohe volumetrische H₂-Dichte LOHC-Transport auch via Trailer möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Kapitalintensiv (Schiffe + Trägersubstanzen) Energiebedarf bei Dehydrierung Entwicklungsbedarf bei großen Reaktoren für Hydrogenierung und Dehydrogenierung

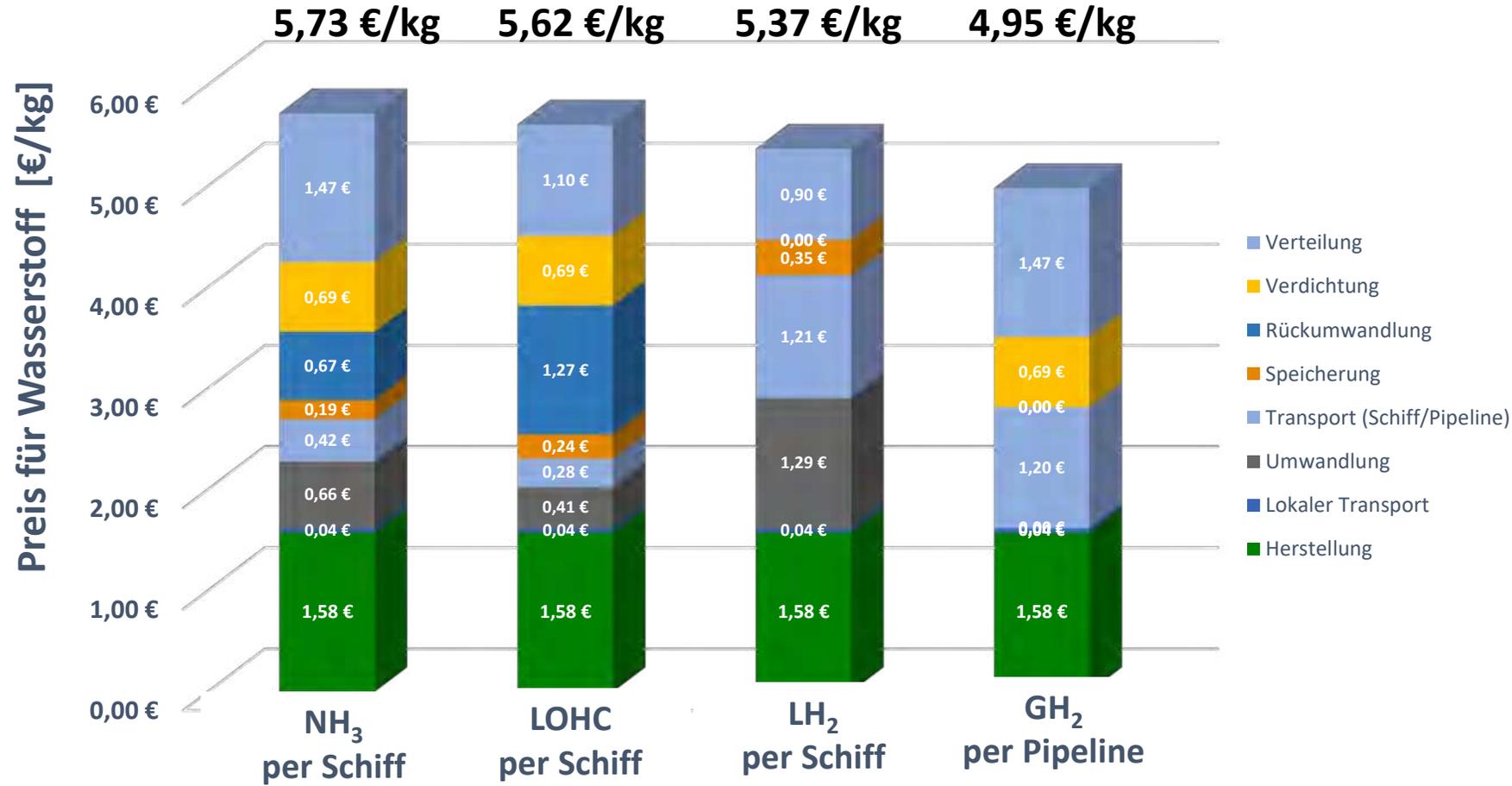


Quelle: GWI, Dr. Anne Giese, 2023

Herstell- bzw. Bezugskosten

Wasserstoff H₂ vs. Ammoniak NH₃

Kosten für Wasserstoff (grüner H₂) bei Lieferung aus Saudi Arabien 2025



H₂-Preis an Erdgastankstelle
9,5 €/kg 0,29 €/kWh



NH ₃	Ammoniak in flüssiger Form
LOHC	Liquid Organic Hydrogen Carriers
LH ₂	Liquid Hydrogen
GH ₂	Gaseous Hydrogen

Quelle: Erweitert nach: VDI-Nachrichten, 23.07.2021 und Studie Arthur D. Little

Kosten für Wasserstoff (grüner H₂) bei Lieferung aus Saudi Arabien bzw. Algerien in 2030

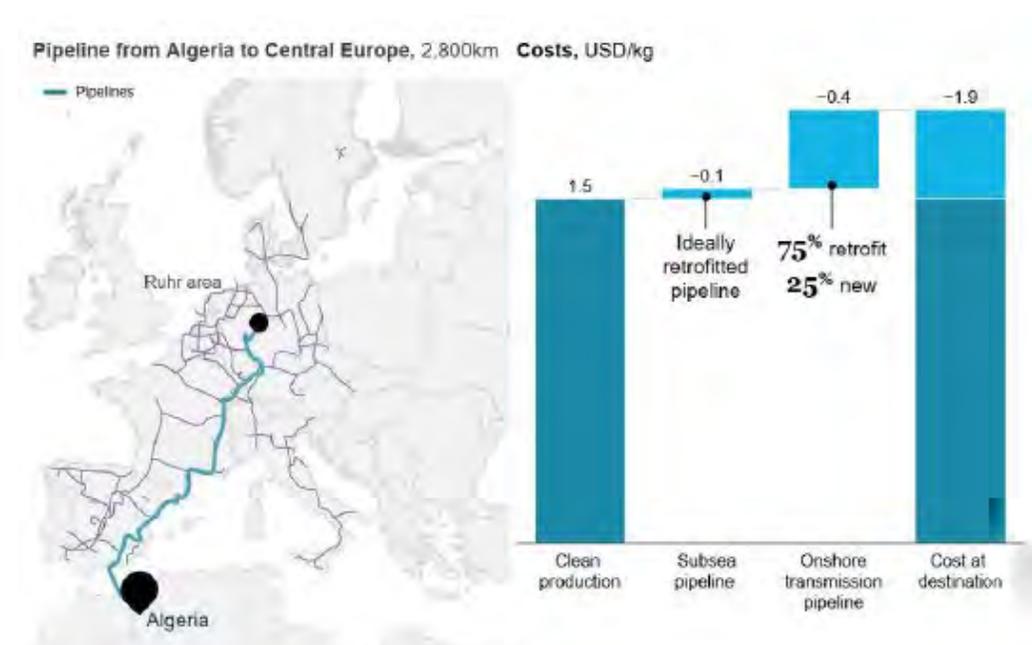
Saudi Arabien Produktion in industriellem Maßstab
Schiffs-Transport



Quelle: Hydrogen Council – Hydrogen Insights 2021

Algerien Produktion in industriellem Maßstab
Pipeline-Transport

Heutiger H₂-Preis
in Deutschland:
1,5 €/kg
(Dampfreformierung)
6 – 12 €/kg
(Wasser-Elektrolyse)

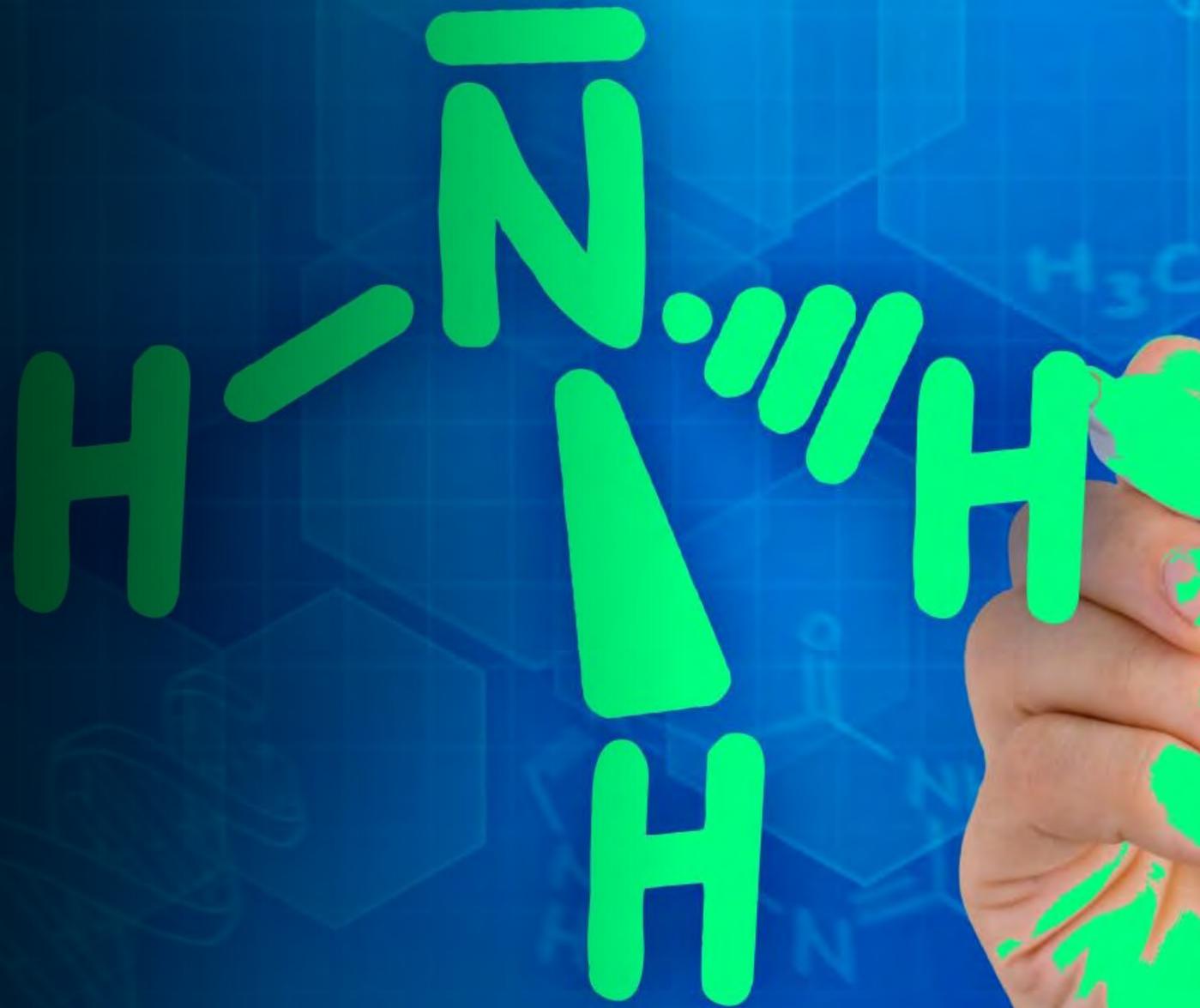


Quelle: Hydrogen Council – Hydrogen Insights 2021

Quelle: F. Koch, HydroHub – eine Initiative von Unternehmen der TÜV NORD GROUP, Vortrag am 11.03.2025, RRP-Lenkungskreis

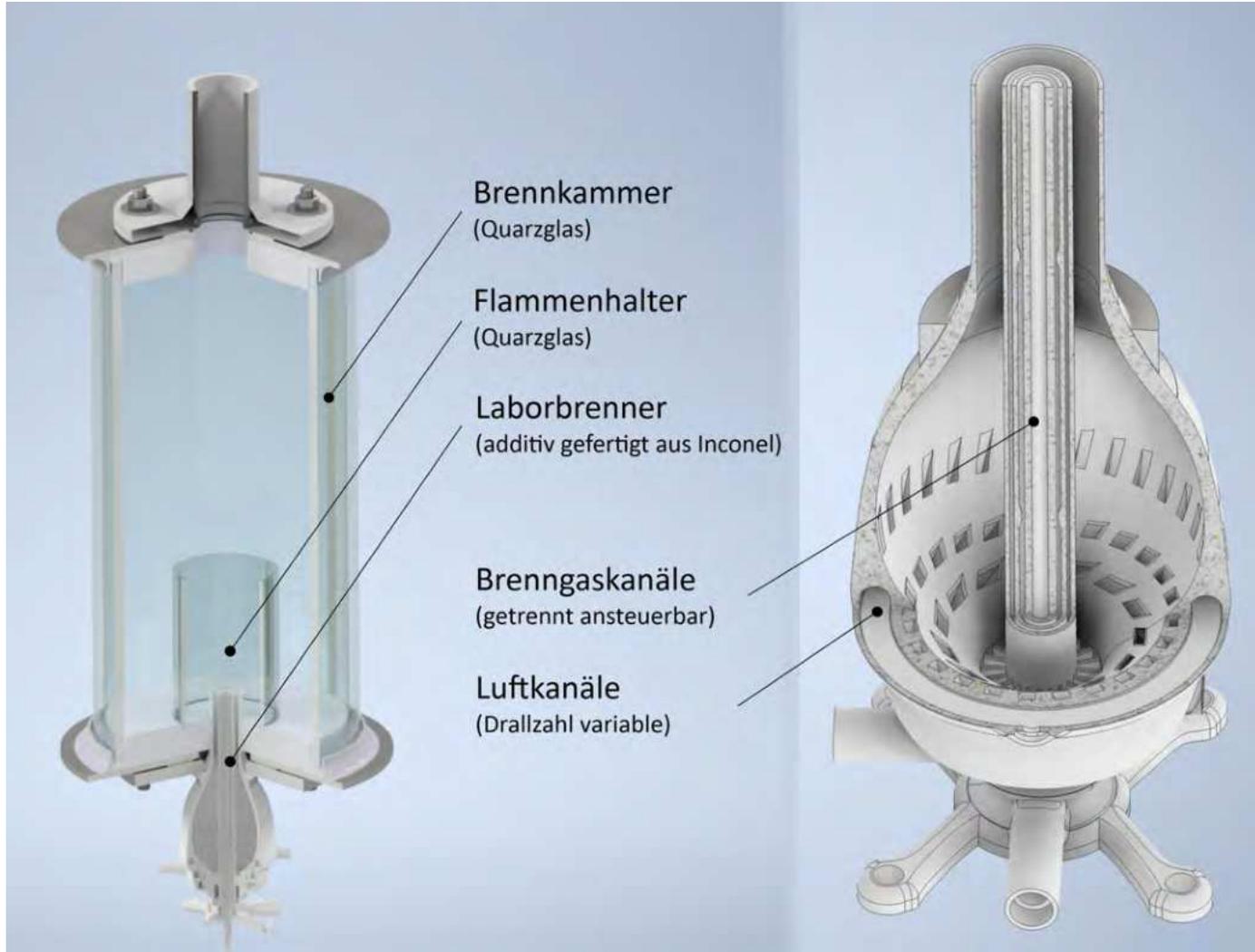
NH_3

Ammoniak



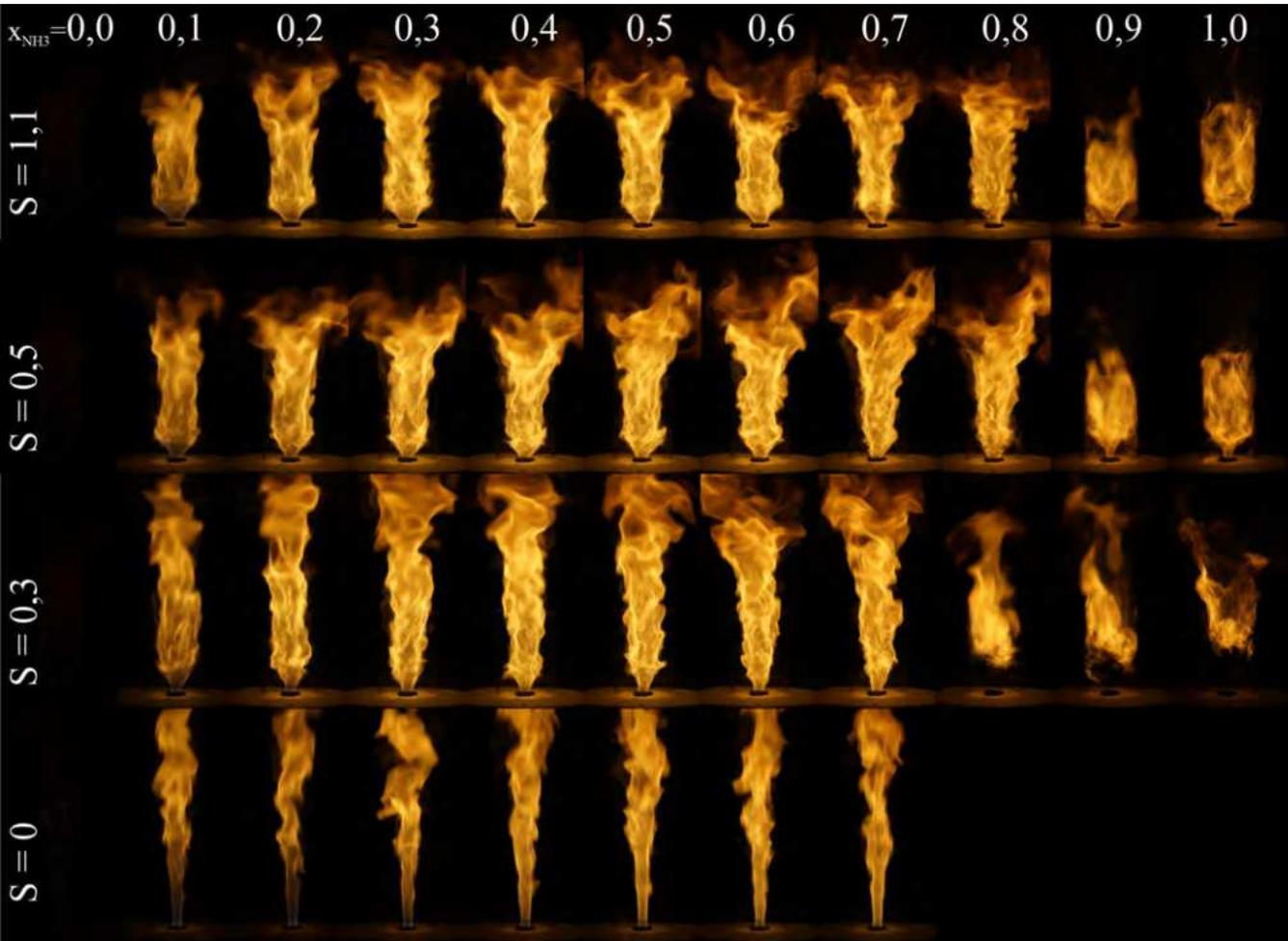
Anwendungstechnik - Entwicklung und Test eines Laborbrenners

$Q_{th} = 8 \text{ kW} / \lambda = 1,05 / S = 0,5 / \text{H}_2\text{-NH}_3\text{- und CH}_4\text{-NH}_3\text{-Gemische}$



Anwendungstechnik - Untersuchung am Laborbrenner

H₂-NH₃-Gemische bei Q_{th} = 8 kW / λ = 1,05

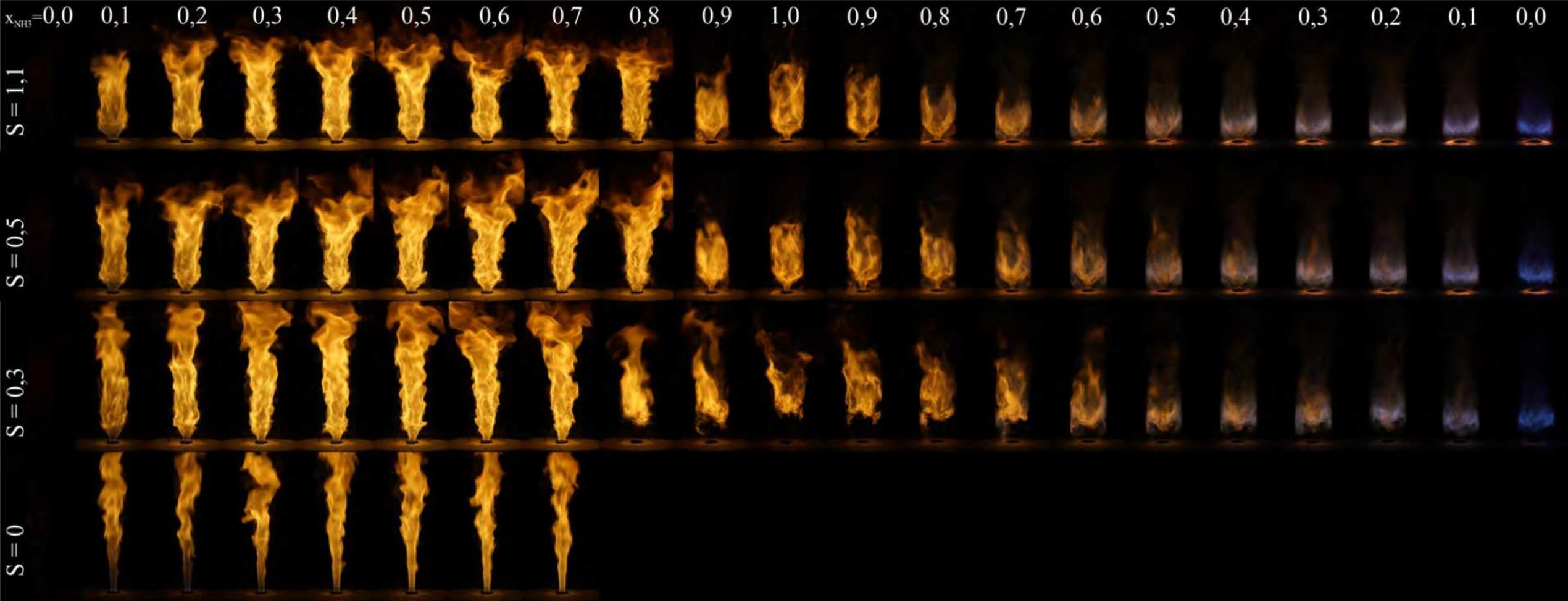


↑
Drallzahl



Anwendungstechnik - Untersuchung am Laborbrenner

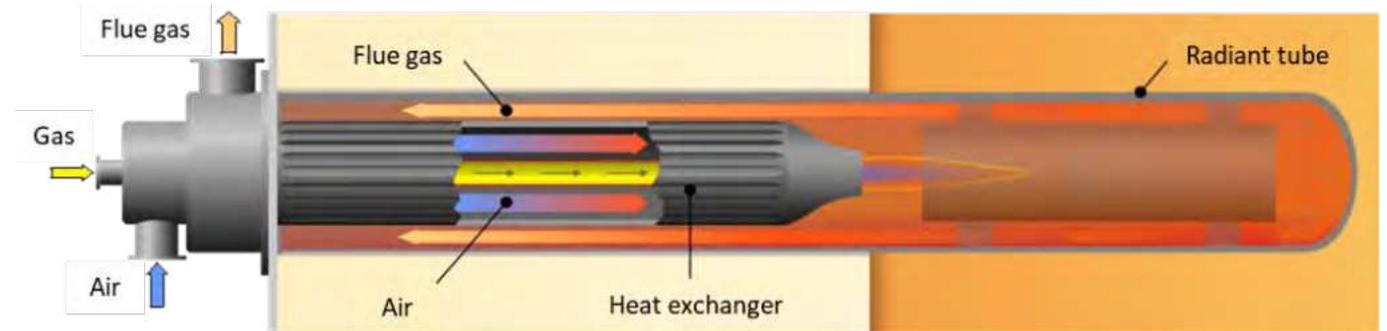
H₂-NH₃- und CH₄-NH₃-Gemische bei Q_{th} = 8 kW / λ = 1,05





Quelle: WS Wärmeprozestechnik GmbH

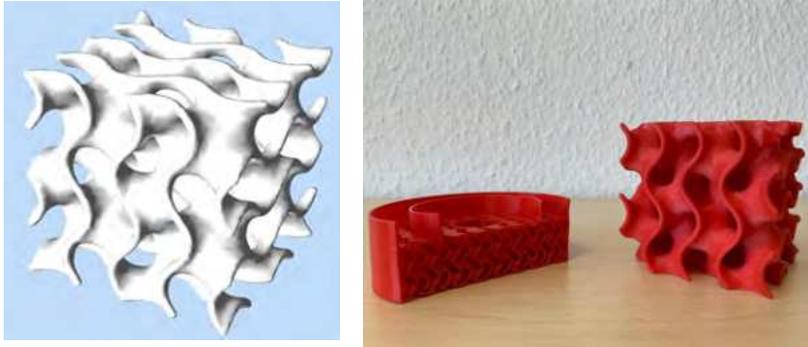
Prinzip eines Rekuperatorbrenners



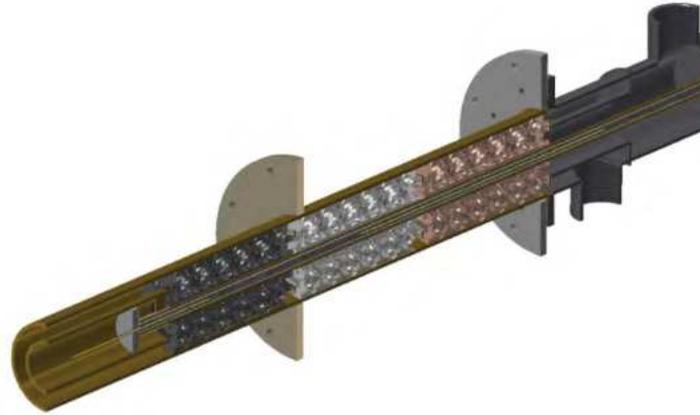
Quelle: Honeywell

➔ Projekt **AdReku**: Steigerung der Effizienz durch Einsatz der additiven Fertigung

TPMS - triply periodic minimal surface



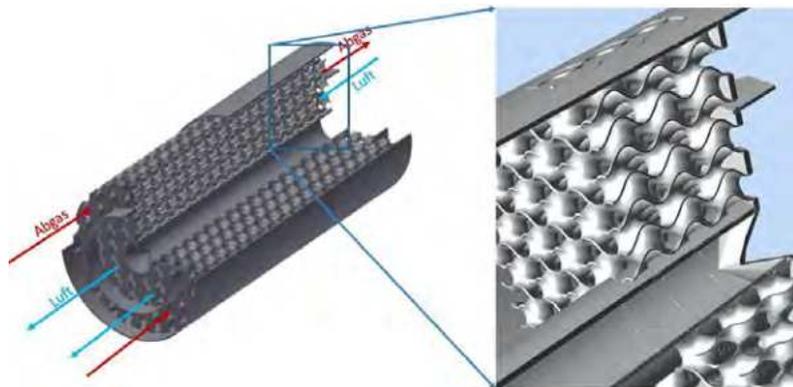
Prototyp eines Rekuperatorbrenners



Additiv gefertigter Serienbrenner



Rekuperator im metallischen 3D-Druck



Anwendungstechnik – Entwicklung eines kommerziellen Brenners

Entwicklungsprozess des iRecu-Brenners – Projekt AdReku



Anwendungstechnik – Entwicklung eines kommerziellen Brenners

Entwicklungsprozess des iRecu-Brenners – dual fuel – von Erdgas zu Wasserstoff



KWK-Anlage

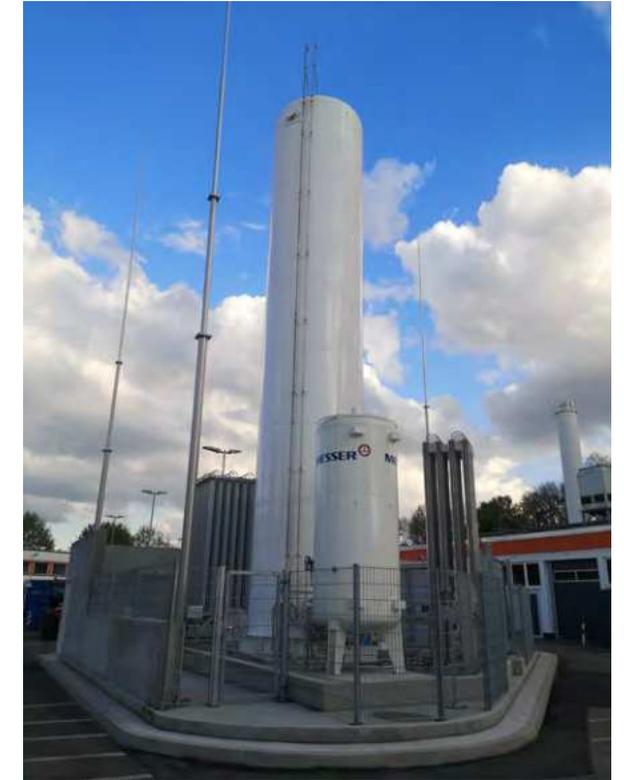
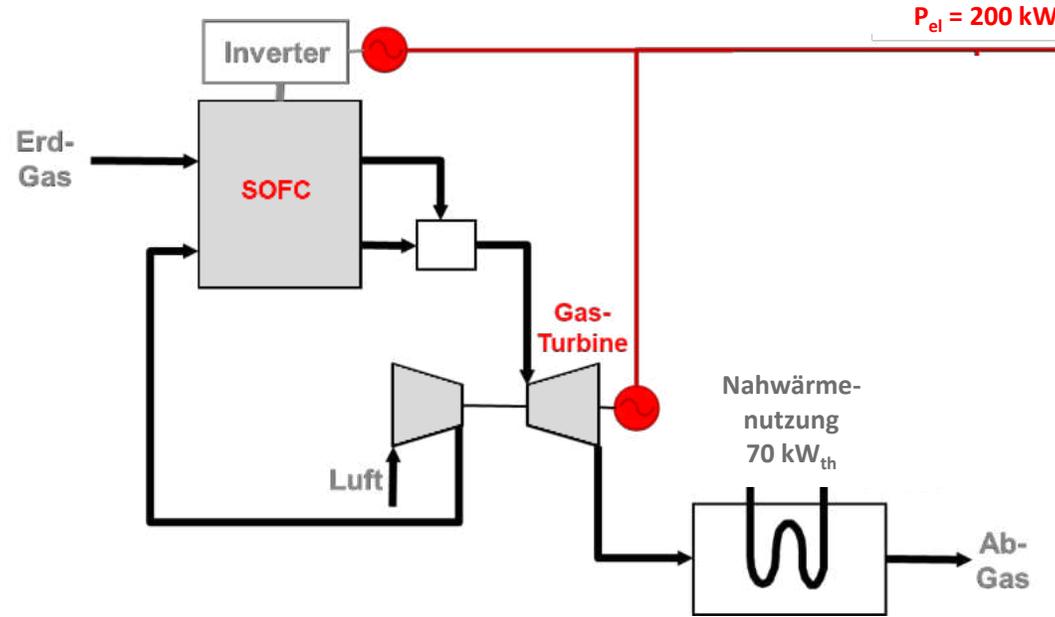
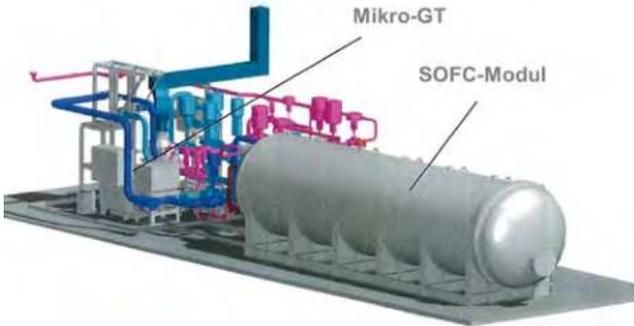
mit Einsatz

Grüner Gase

CH_4 , H_2 , NH_3 , bioLNG, bioCNG



KWK-Anlage 200 kW_{el}, Erdgas (leitungsgebunden und mit LNG)



Kombination aus SOFC-Hybrid-Anlage und LNG-Tank

- Inselbetrieb
- Schwarzstartfähigkeit



Resümee

Fazit

Erdgas ...

- ... hat in D als Energieträger einen fast doppelt so hohen Anteil wie Strom
- ... bleibt „Brücken“-Energieträger für die Energiewende
- ... ist ein wichtiges stoffliches Edukt für viele Produkte
- ... ist „Türöffner“ für Wasserstoff und stellt teilweise Infrastruktur zur Verfügung

Wasserstoff ...

- ... ist eines der zentralen Element der Energiewende
- ... muss überwiegend importiert werden

Ammoniak ...

- ... sollte ergänzend zu Wasserstoff betrachtet werden
- ... hat Vorteile ggü. Wasserstoff in Bezug auf Transport und Speicherung
- ... muss verbrennungstechnisch noch optimiert werden

bioLNG, bioCNG, Methanol u.a. ...

- ... können bestehende Infrastrukturen nutzen
- ... diversifizieren das Brennstoffportfolio weiter und erhöhen so die Sicherheit

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr.-Ing. Klaus Görner

RRP Rhein Ruhr Power e.V.

GWl Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.



Institutionen

KG 

RRP 

GW I 

Energiewende

Allg. 

ZeitW 

Gase

EG 

LNG 

H₂ 

NH₃ 

Technologien

KWK 

P2X 

RecuBr 

Sonstiges



WASSERSTOFF IN DER THERMOPROZESSTECHNIK SCHWIERIGER WANDEL AUFGRUND VON ASYNCHRONITÄTEN

MATTHIAS RIEKEN

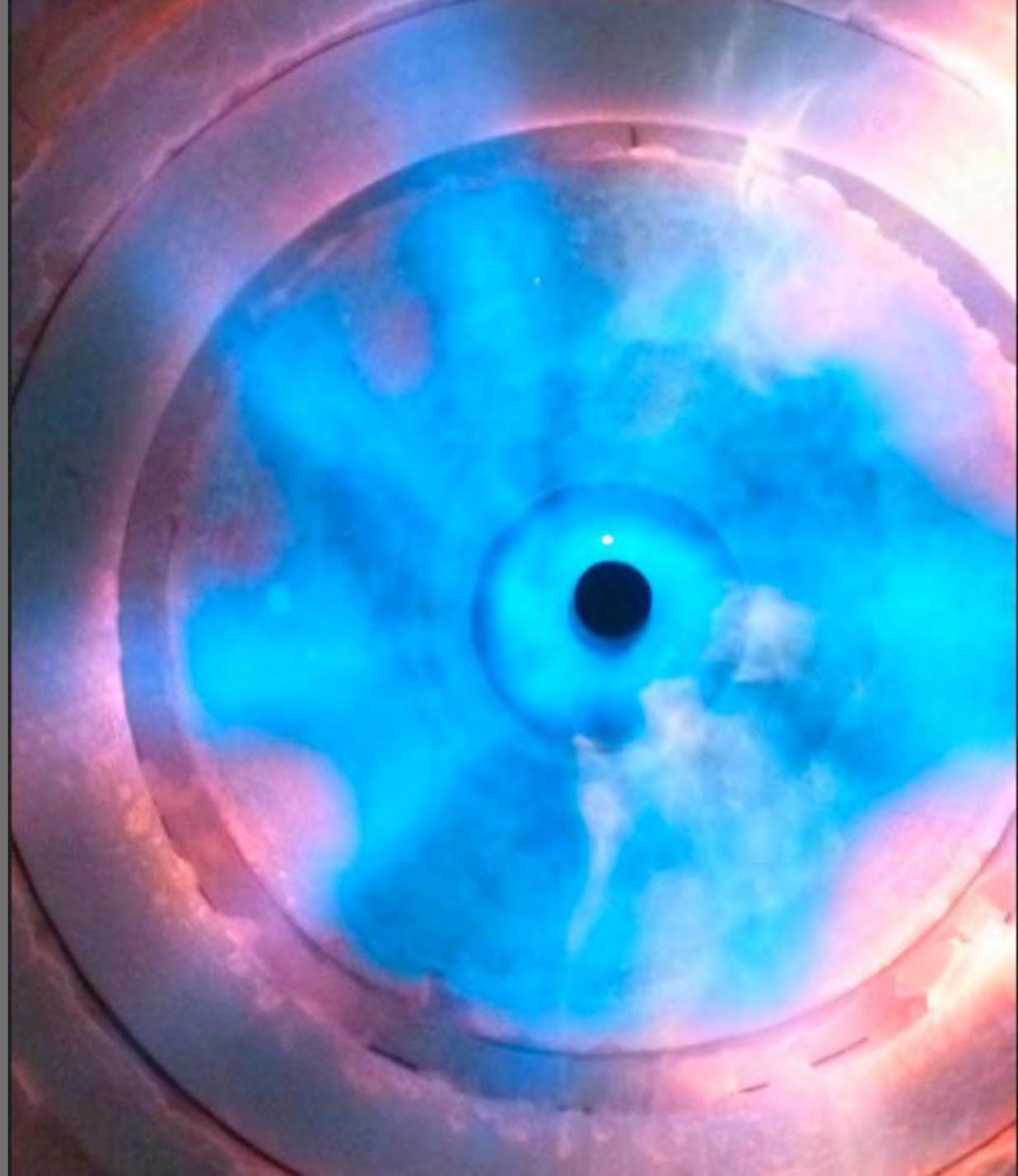
LEITER DER ENTWICKLUNG FÜR INDUSTRIELLE GAS-BRENNER

4. Juni 2025

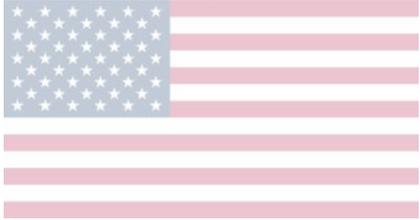
Honeywell

HONEYWELL THERMAL SOLUTIONS

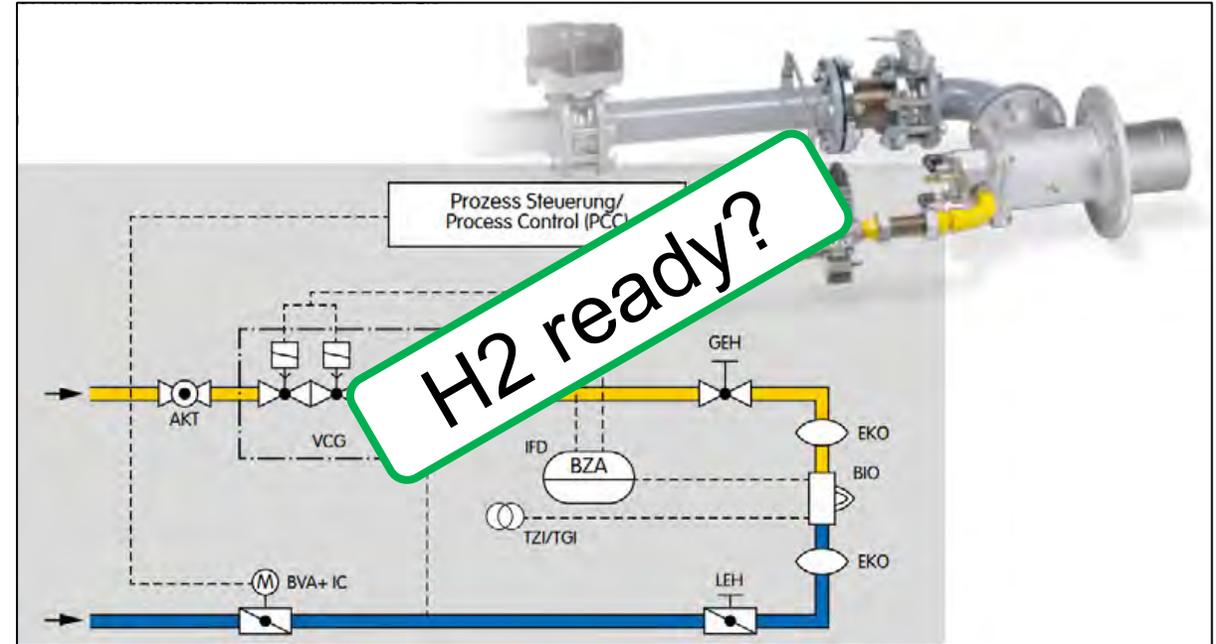
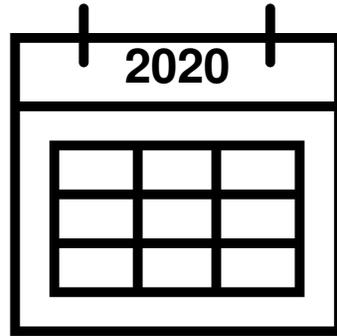
MARKTFÜHRER IM BEREICH DER
AUSRÜSTUNG FÜR
BEHEIZUNGSLÖSUNGEN IN DER
THERMOPROZESSINDUSTRIE



WASSERSTOFF, WANN UND WO



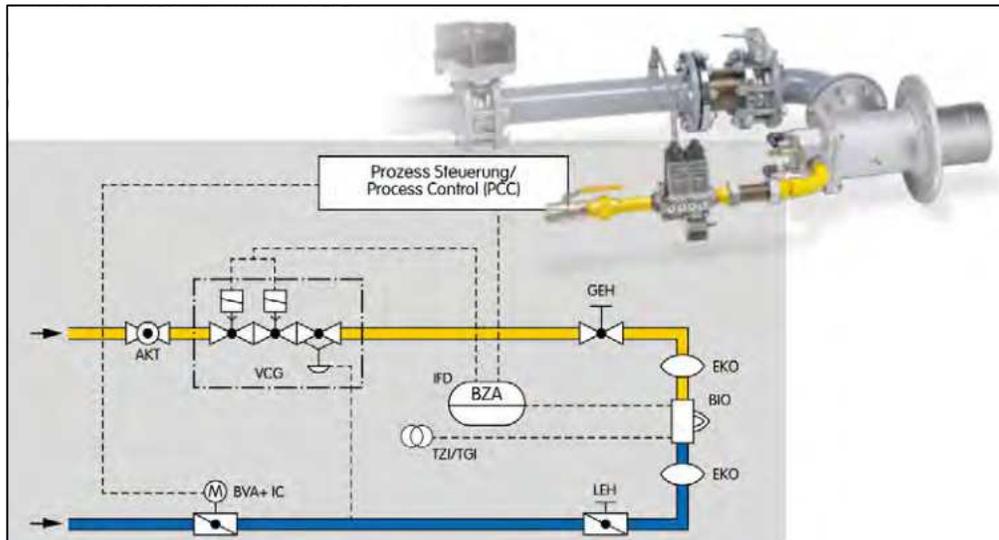
Nationale Wasserstoffstrategie
2020 der Bundesregierung



FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Beheizungseinrichtung

NO_x
Brennverhalten
NG-H₂ Wechsel
Dichtheit
Sicherheitsaspekte



Ofen

Auskleidung
Abgasfeuchte
Wärmeverteilung

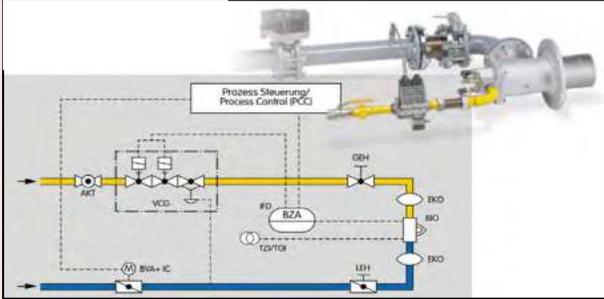


Produkt

Zundereigenschaften
Versprödungen
Kerntemperaturen



BEREITSCHAFT, DEN HEBEL UMZULEGEN

Produkt	Ofen	Beheizungseinrichtung
		
		

DIE GROBE WETTE

H2

Strom

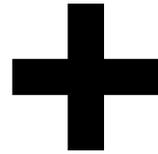
NG

NH3

Andere



AUSWIRKUNGEN DER UNSICHERHEIT



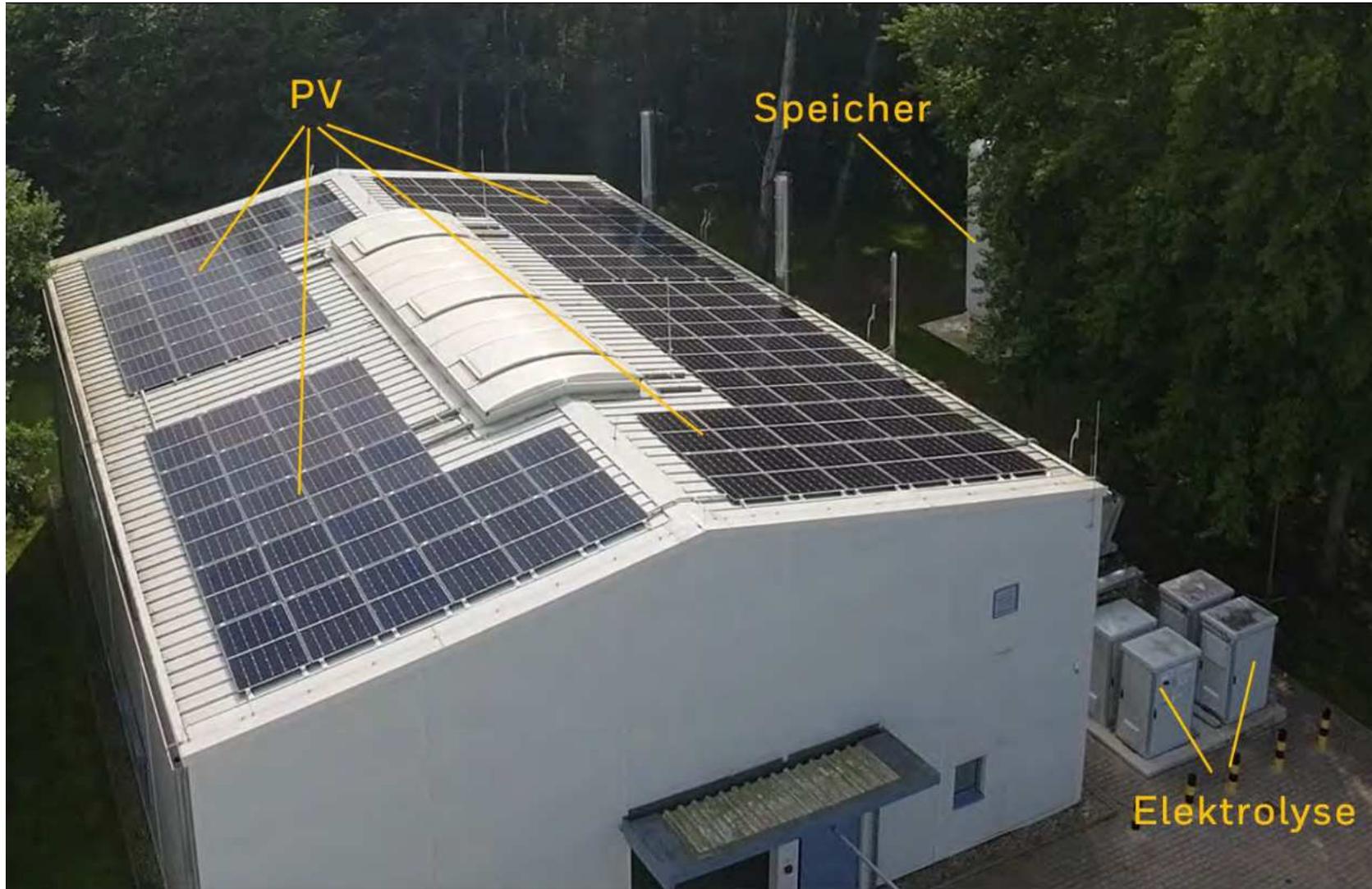
Produkt	Ofen	Beheizungseinrichtung	Verfügbarkeit
✓	✓	✓	NIO

Abzug ins Ausland
(z.B.: Kanada, grüner
und günstiger Strom)

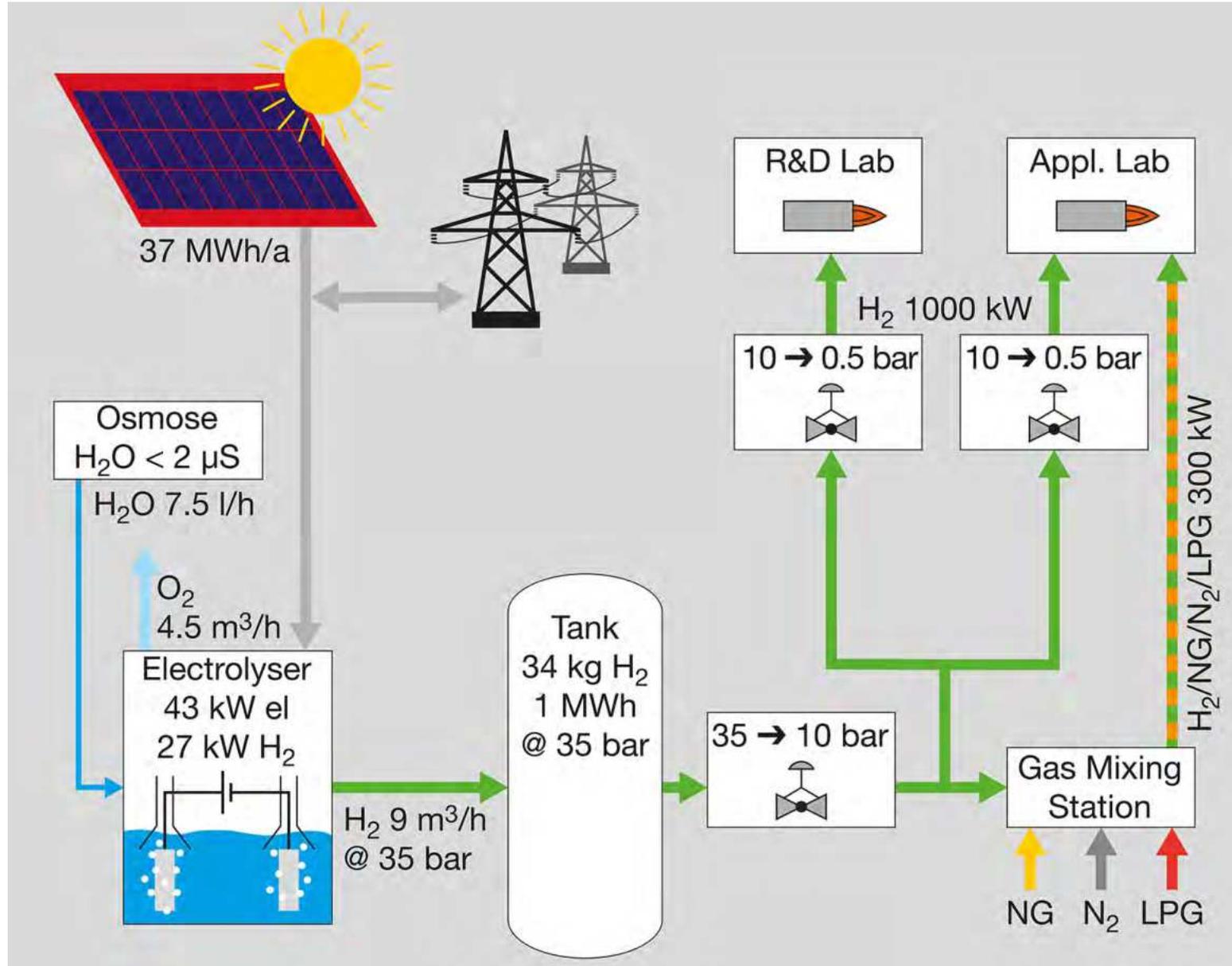
Gedämpfte
Investitionsbereitschaft

Euphorie-Verlust,
„neuer Markt“ mit
schlechten Zahlen.
Rückgang der
Vorleistungen.

GREEN H2 AM STANDORT LOTTE (OSNABRÜCK)



GREEN H2 AM STANDORT LOTTE (OSNABRÜCK)

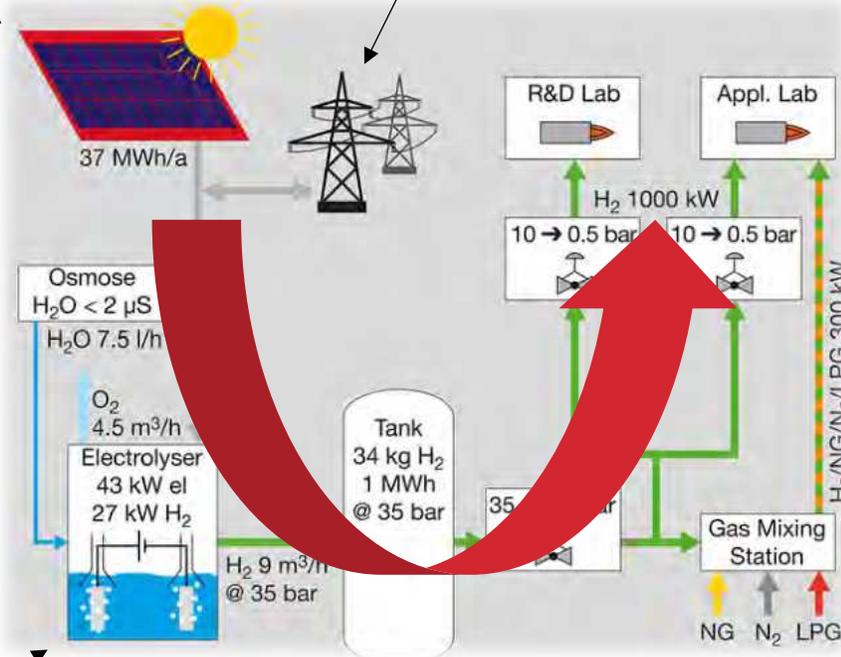


STOLPERSTEINE

H₂-Erzeugung sinnvoll, wenn die Strom-Nebenkosten (wie Netzkosten) reduziert werden.

H₂ mit „normalen“ Netz-Strom schlechter als NG in der CO₂-Bilanz.

Normative Regelungen fehlen teilweise oder sind irreführend. (NO_x vs CO₂)



Schwer Anbieter für Gesamtsysteme zu finden.

Undurchsichtiger Zulassungsprozess

- Baugenehmigung?
- Ex-Schutz?
- Druckbehälter?
- Brandschutz?

WO IST DAS WISSEN VERANKERT?

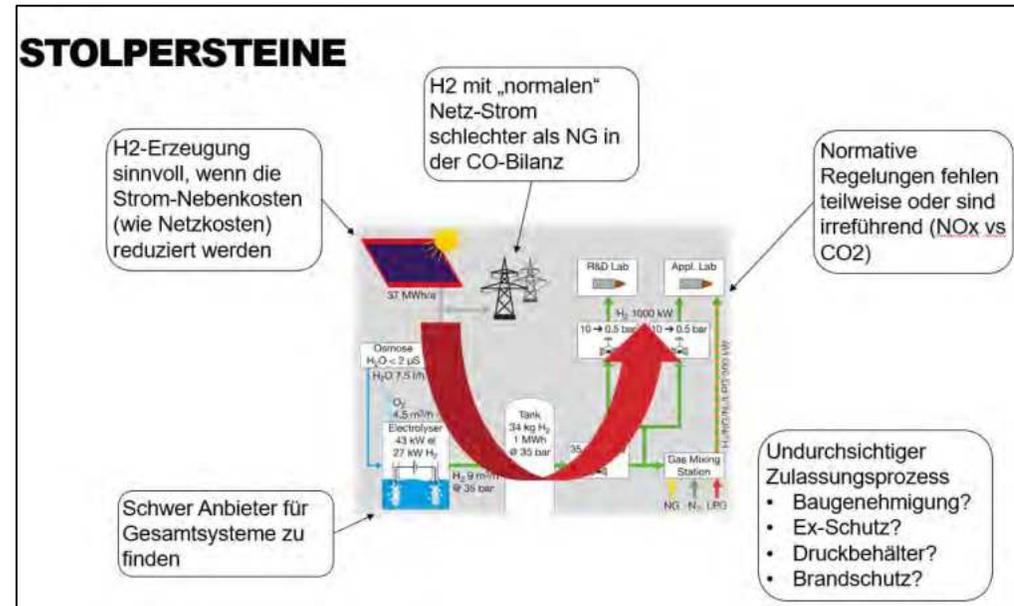
Forschungsinstitute

Dachverbände

Ministerien

Vereine

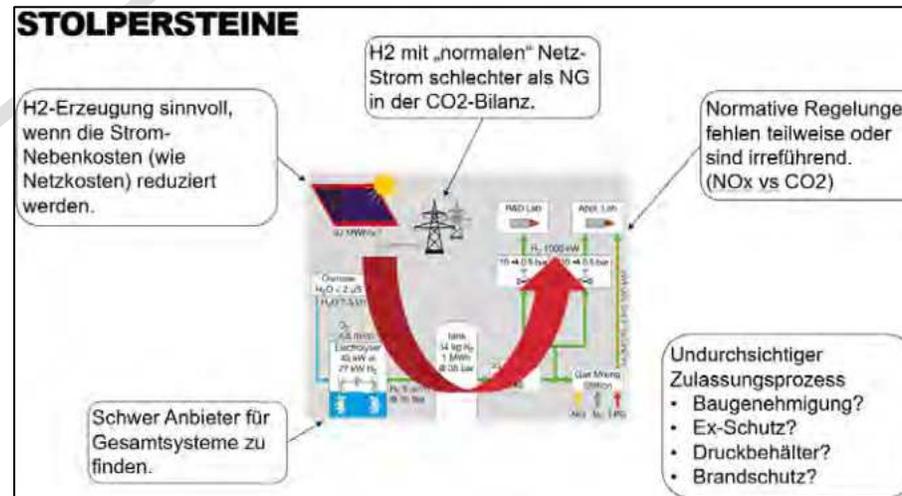
Verlage



Behörden

Kammern

ZEIT, DAS PUZZLE ZUSAMMENZUSETZEN



Produkt	Ofen	Behältereinrichtung	Verfügbarkeit
✓	✓	✓	NIO

THANK
YOU

Honeywell





Innovation aus Tradition

Es sind die Werte unseres Firmengründers Carl Keller, auf denen die Erfolge der Vergangenheit beruhen und auf die wir unsere Zukunft bauen.



KELLER

Creating Solutions

Unser Standort:

Ibbenbüren-Laggenbeck

350 Mitarbeiter
an 2 Standorten in Deutschland.



KELLER - seit 1894 Erfahrung schafft Vertrauen

- Alles begann mit der überzeugenden Idee des Firmengründers Carl Keller im Jahr 1894. Der erste Absetzwagen für Ziegeleien, ein Transportwagen, mit dem Ziegel einfach be- und entladen werden konnten, markierte den Beginn der Automatisierung in der Ziegelindustrie.
- Immer am Puls der Zeit wurde frühzeitig moderne Steuerungs- und Messtechnik entwickelt.
- KELLER Maschinen, Steuerungen und Anlagen laufen heute rund um die Uhr auf der ganzen Welt.



Unternehmenspolitik

- **Qualitätspolitik**
Wir setzen einen klaren Fokus auf die Einhaltung und Verbesserung der Produkt- und Servicequalität.
- **Umweltpolitik**
Wir setzen uns gemeinsam für einen sorgsam und nachhaltigen Umgang der Ressourcen ein und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der Umweltbelastung.
- **Energiepolitik**
Wir haben das Ziel, den Verbrauch von Energie kontinuierlich und nachhaltig zu reduzieren.



Wasserstoff – Chance, Herausforderung, oder was?

- „Dieses kleine Element bietet uns revolutionäre Möglichkeiten“ (Zitat Frau Neubauer !)
- Technik & Investition – unser Einstieg in die H₂-Anwendung. Wo stehen wir?
- Unsere ersten Erfahrungen mit dem technischen Anspruch !

„Mit den Klimaschutzverträgen eröffnen sich ganz neue Entwicklungs- und Innovationsmöglichkeiten – vor allem für Branchen mit hohem Energieverbrauch. Energieintensive Unternehmen können nun neue Technologien einsetzen und auf klimafreundliche Energien umstellen. Damit erhalten sie national wie international eine wegweisende Rolle auf dem Weg zur Klimaneutralität.“

Robert Habeck, Vizekanzler und Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz (2024)

WNO Janinhoff Vorreiter in Europa

60 Millionen Euro von Habeck: Ziegelwerk setzt auf Wasserstoff

Münster - Die Zukunft gehört den Mutigen. Das Amelsbürener Ziegelwerk Janinhoff wagt etwas, was bislang noch niemand gewagt hat: eine Ziegelproduktion mit grünem Wasserstoff. Das Wirtschaftsministerium unter Robert Habeck hilft dabei.

Von Klaus Baumeister

Samstag, 19.10.2024, 08:00 Uhr



Hubertus Foyer vom Ziegelwerk Janinhoff in Amelsbüren hoch oben auf dem 140 Meter langen Tunnelofen, rechts die Ziegelrohlinge vor dem Brennvorbereitung. Foto: Klaus Baumeister

Grundsätzliches:

Erdgas

Erdgas ist ein brennbares, farb- und in der Regel geruchloses Gas mit einer Zündtemperatur von rund 600 °C. Es besitzt eine geringere Dichte als Luft. Zur vollständigen Verbrennung von 1 Kubikmeter Erdgas werden ungefähr 10 Kubikmeter Luft benötigt. Bei der Verbrennung entstehen als Reaktionsprodukte im Wesentlichen Wasser und Kohlenstoffdioxid. Daneben können noch geringe Mengen Stickoxide, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Staub entstehen.

Wasserstoff

Wasserstoff ist das häufigste Element im Universum. Auf der Erde kommt Wasserstoff hauptsächlich gebunden vor – in Form von Wasser (H_2O) oder als Wasserstoffgas (H_2). In molekularer Form steckt er außerdem in fossilen Rohstoffen wie Erdgas und Erdöl sowie in mehr als der Hälfte aller bekannten Mineralien. In Reinform ist Wasserstoff bei Normaltemperatur gasförmig. Wird er unter geringem Druck auf -253 Grad Celsius heruntergekühlt, verflüssigt er sich. Fest wird er bei -259 Grad.

Weitere Eigenschaften von Wasserstoff:

- ist etwa 14-mal leichter als Luft
 - ist farb- und geruchlos und völlig ungiftig
 - ist in Reinform weder brennbar noch explosiv
 - ist in Verbindung mit Sauerstoff leicht entzündlich
-
- ist energiereicher als Erdgas in Bezug auf den Energieinhalt pro Gewicht (33 kWh/kg Wasserstoff zu 10 kWh/kg Erdgas)
 - ist weniger energiereich als Erdgas in Bezug auf das Volumen (3 kWh/m³ Wasserstoff zu 10 kWh/m³ Erdgas)

Wasserstoff-Daten

unterer Heizwert	3,00 kWh/Nm ³	10,8 MJ/Nm ³
	2,359 kWh/l LH ₂	8,495 MJ/l LH ₂
	33,33 kWh/kg	120,0 MJ/kg
oberer Heizwert	3,54 kWh/Nm ³	12,75 MJ/Nm ³
	2,790 kWh/l LH ₂	10,04 MJ/l LH ₂
	39,41 kWh/kg	141,86 MJ/kg
Dichte	0,0899 kg/Nm ³	70,79 kg/m ³ LH ₂
Siedepunkt	20,390 K (0,1013 MPa)	
unterer Wobbe-Index	11,361 kWh/Nm ³	40,898 MJ/Nm ³
oberer Wobbe-Index	13,428 kWh/Nm ³	48,340 MJ/Nm ³
spezifische	$c_p = 14,199 \text{ J/kg/K}$	$c_p = 10,074 \text{ J/kg/K}$
Wärmekapazität		
Explosionsgrenze		4,0 – 75,0 Vol.-%
in Luft		
Detonationsgrenze		18,3 – 59,0 Vol.-%
in Luft		
Diffusionskoeffizient	0,61 cm ² /s	

Der Energiegehalt von 1 Nm³ Wasserstoff entspricht 0,34 l Benzin, 1 l flüssiger Wasserstoff entspricht 0,27 l Benzin, 1 kg Wasserstoff entspricht 2,75 kg Benzin.

Daten zu Energieträgern

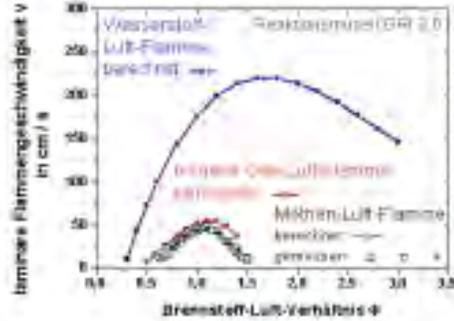
Wasserstoff	3,00 kWh/Nm ³	33,33 kWh/kg
Rohöl	≈ 1 toe/t	≈ 11,6 kWh/kg
Diesel	≈ 10 kWh/l	≈ 11,9 kWh/kg
Benzin	≈ 8,8 kWh/l	≈ 12,0 kWh/kg
Methanol	4,44 kWh/l	5,47 kWh/kg
Methan	9,97 kWh/Nm ³	13,9 kWh/kg
Erdgas	8,8 – 10,4 kWh/Nm ³	10,6 – 3,1 kWh/kg
(82 – 93% CH ₄)		
Propan	25,89 kWh/Nm ³	12,88 kWh/kg
Buthan	34,39 kWh/Nm ³	12,7 kWh/kg
Stadtgas**	4,54 kWh/Nm ³	7,57 kWh/kg

Charakteristische Verbrennungseigenschaften

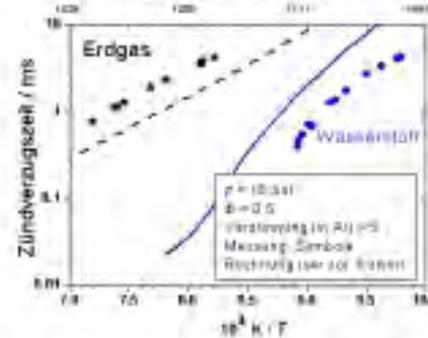
Wasserstoff (Synthese / biogene Gase)

Methan (Erdgas)

Laminare Flammgeschwindigkeit



Zündverzugszeit

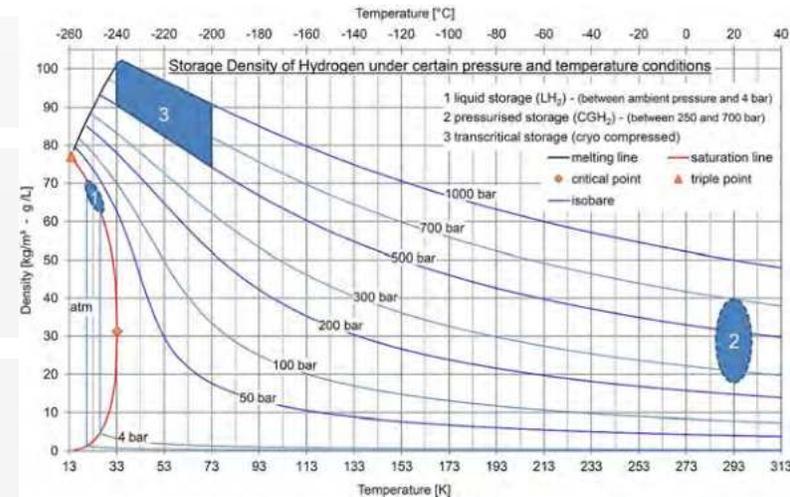
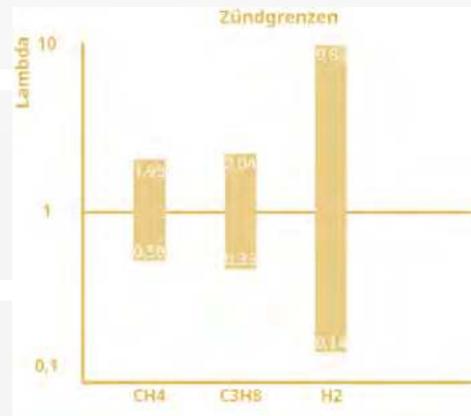


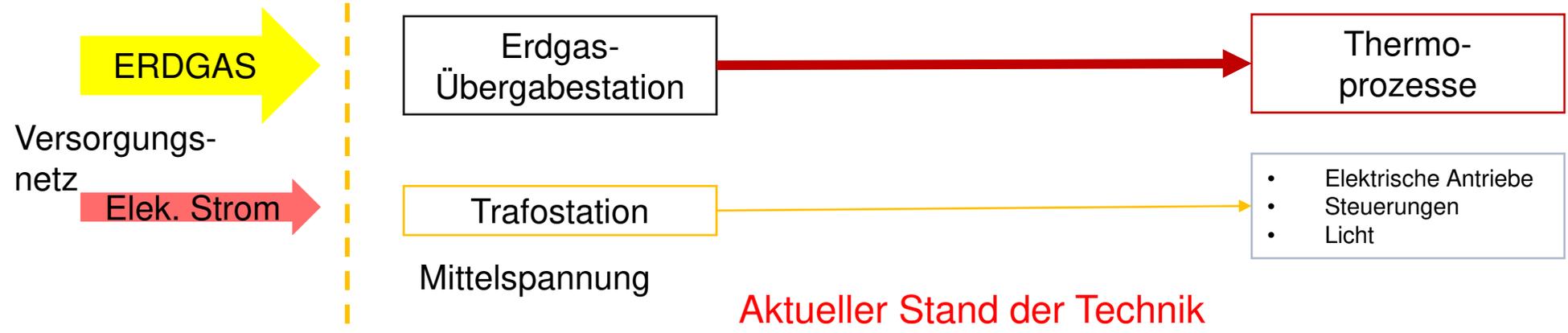
Wasserstoff als Energieträger

1MW Leistung bedarf ca. 20 m³ Speicher pro Tag

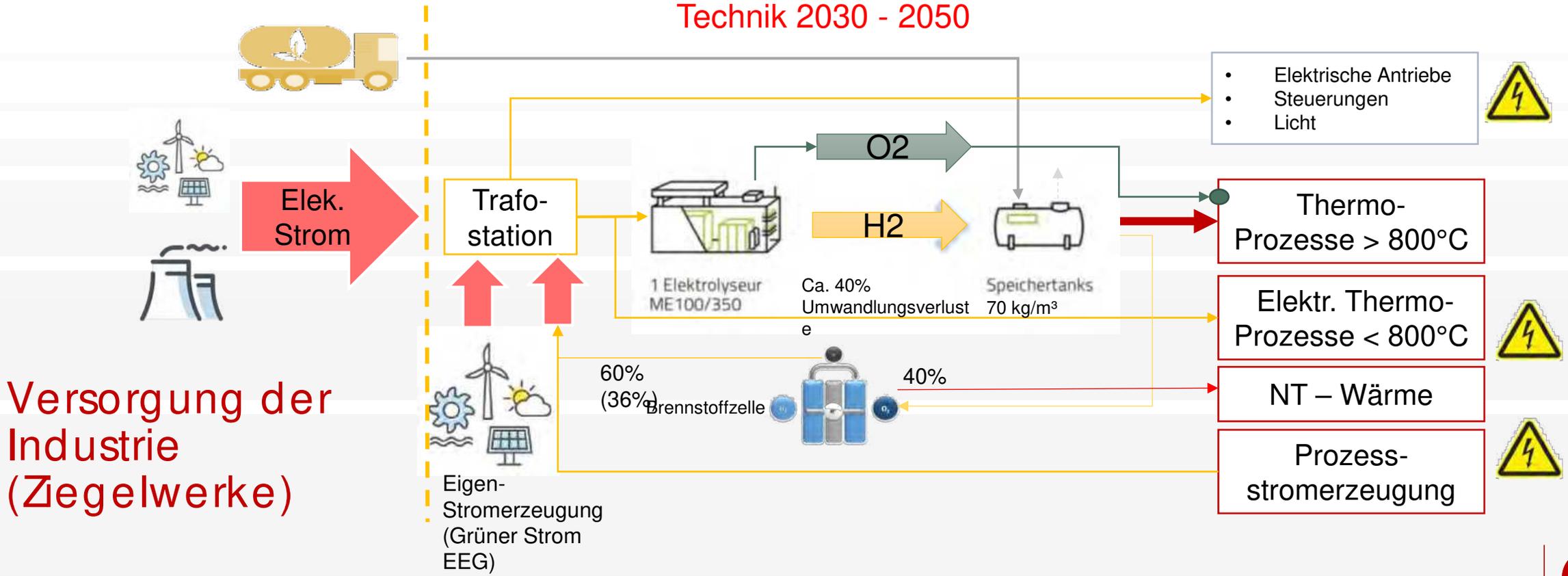
Vergleich der Zündgrenzen CH₄ / H₂

Speicherdichte Wasserstoff (P,T):





Technik 2030 - 2050



Was sind unsere Erfahrungen im Umgang mit Wasserstoff, was ist Stand der Technik ?



Abschlussbericht

Energieeffizienz und Emissionsreduzierung – Einsatz von Wasserstoff in der Ziegelindustrie (Akronym: H₂-Ziegel)

Förderkennzeichen: EFO 0058 A – E

Durchführungszeitraum: 15.07.2021 – 14.07.2024

Projektpartner:

1. Projektpartner (Koordinierende Forschungsstelle) – EFO 0058 A

Institut für Ziegelforschung Essen e. V. (IZF)
Dipl.-Ing. Eckard Rimpel
Am Zehnthof 197
45307 Essen
T: +49(0)201 59 213 - 48
E: rimpel@izf.de

2. Projektpartner – EFO 0058 B

Kueppers Solutions GmbH
Jens te Kaat
Carlo-Schmid-Allee 3
44263 Dortmund
T: +49 (0) 231 47 73 07 430
E: jens.tekaat@kueppers-solutions.de

3. Projektpartner (BFI) – EFO 0058 C

VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH
Dr.-Ing. Wolfgang Adler
Sohnstraße 69
40237 Düsseldorf
T: +49 (0) 211 98492-309
E: wolfgang.adler@bfi.de

4. Projektpartner – EFO 0058 D

KELLER HCW GmbH
Dipl.-Ing. Rainer Hüsing
Carl-Keller-Straße 2-10
49479 Ibbenbüren
T: +49 (0) 5451 850
E: rainer.huesing@keller.de

5. Antragsteller – EFO 0058 E

Klinkerwerk Hagemeister GmbH & Co. KG
Christian Hagemeister
Buxtrup 3
48301 Nottuln
T: +49 (0) 2502 804-102
E: c.hagemeister@hagemeister.de



Unsere Erfahrungen im Rahmen des Forschungsvorhabens mit Wasserstoff

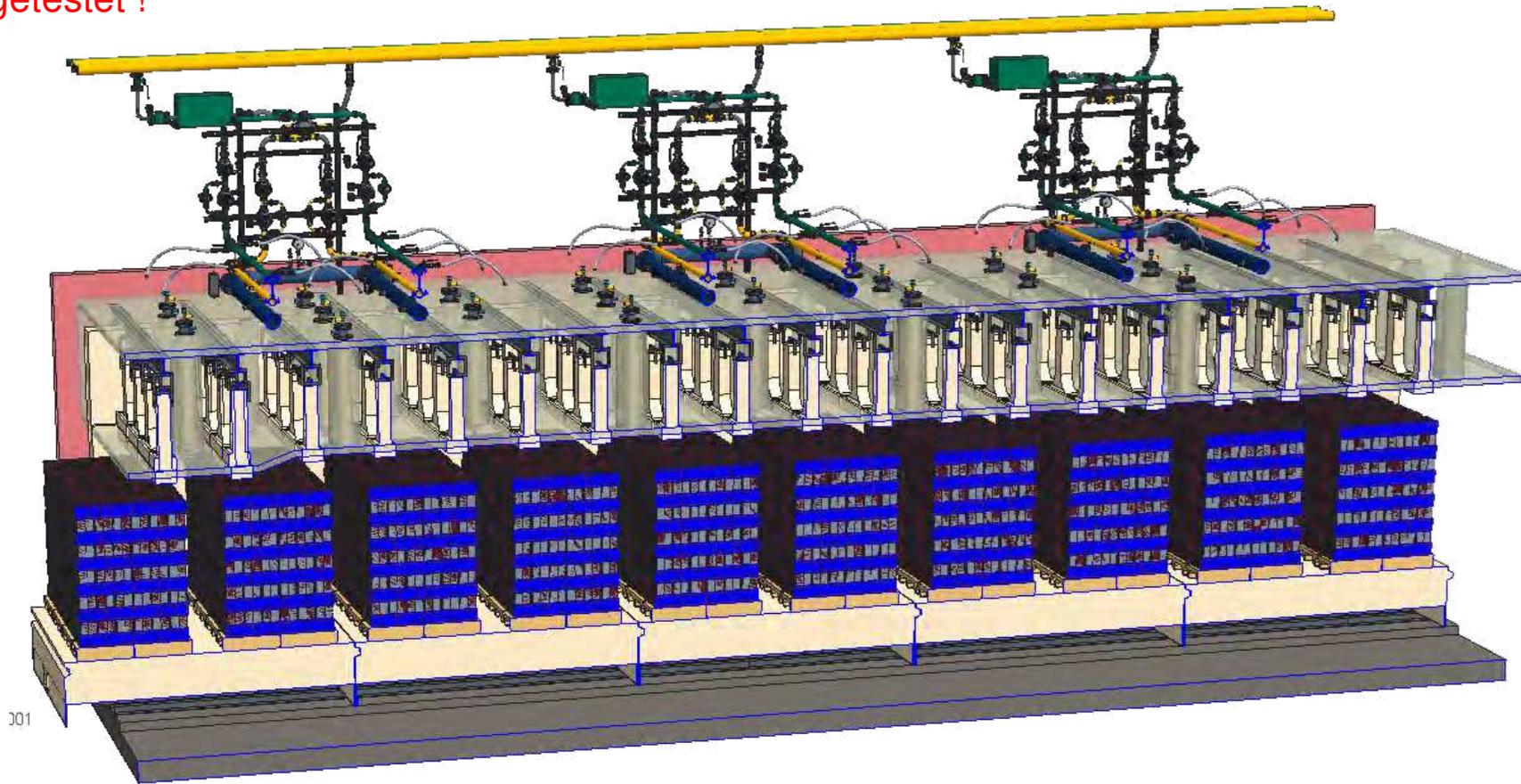


Großversuch in einer realen Produktion !

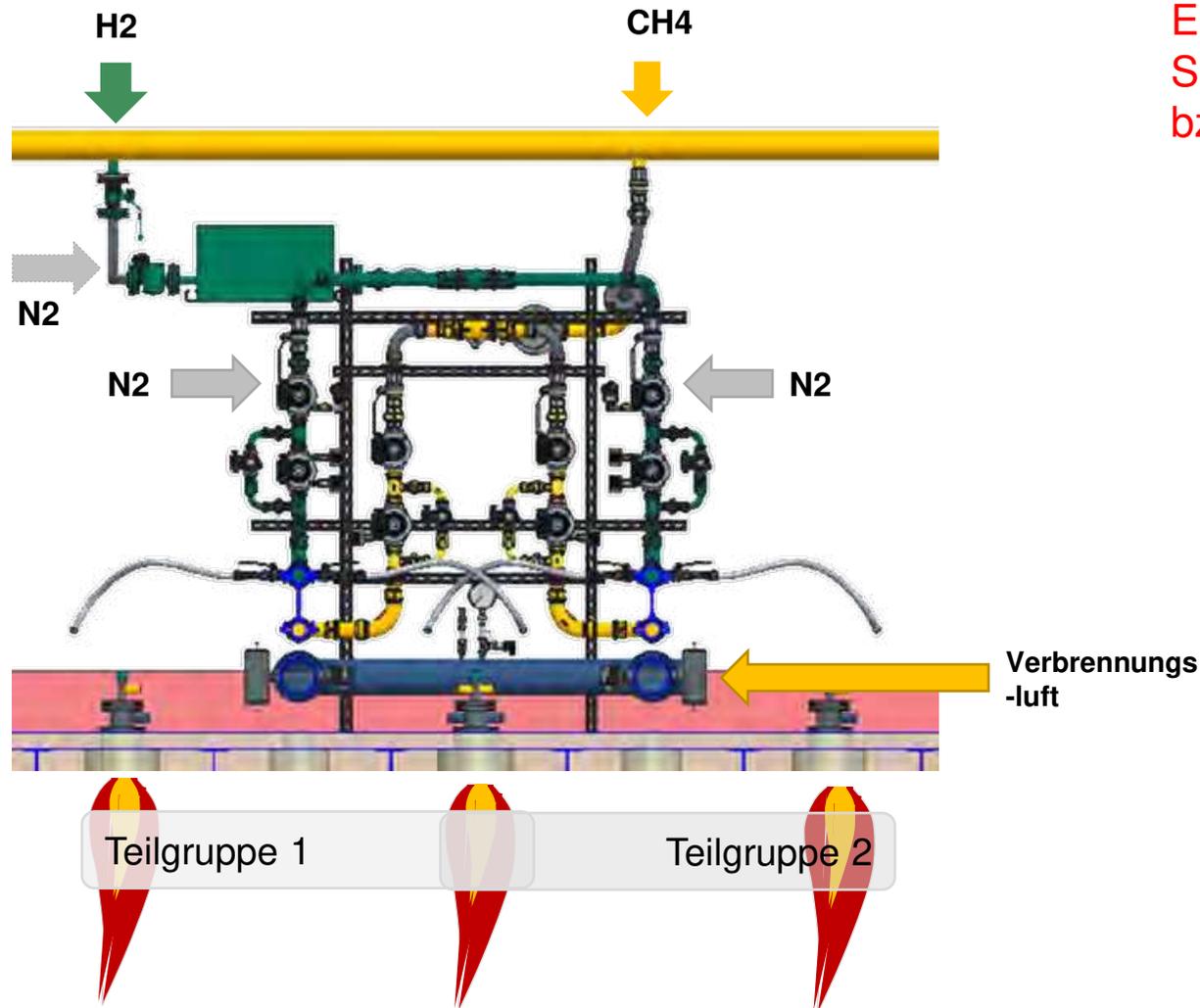


Unsere Erfahrungen im Rahmen des Forschungsvorhabens mit Wasserstoff

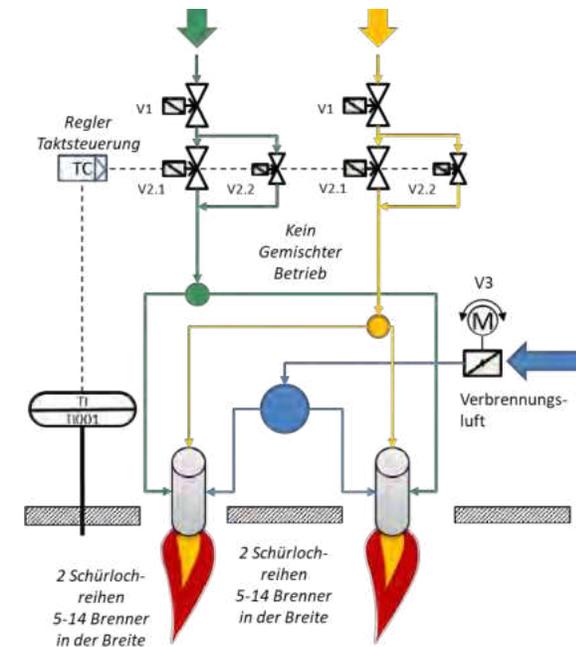
Bi-Fuel Brennergruppen in 3
Temperaturbereichen eines realen
Tunnelofens praktisch getestet !



Unsere Erfahrungen im Rahmen des Forschungsvorhabens mit Wasserstoff



Erforderliche Ausstattung und Sicherheitstechnik entwickelt, bzw. zusammen getragen !



Unsere Erfahrungen im Rahmen des Forschungsvorhabens mit Wasserstoff

Sicherheitsbetrachtung zwingend erforderlich:

- Explosionskenngößen

Kenngröße	Wasserstoff	Methan
Unter Explosionsgrenze (UEG)	4,0 Vol.-% (Mol-%)	4,4 Vol.-% (Mol-%)
Obere Explosionsgrenze (OEG)	77,0 Vol.-% (Mol-%)	17,0 Vol.-% (Mol-%)

**Bereichsabsicherung max.
1000 ppm entspricht 0,1 Vol.-%**



Dichtigkeit < 100 ppm besser 0 ppm

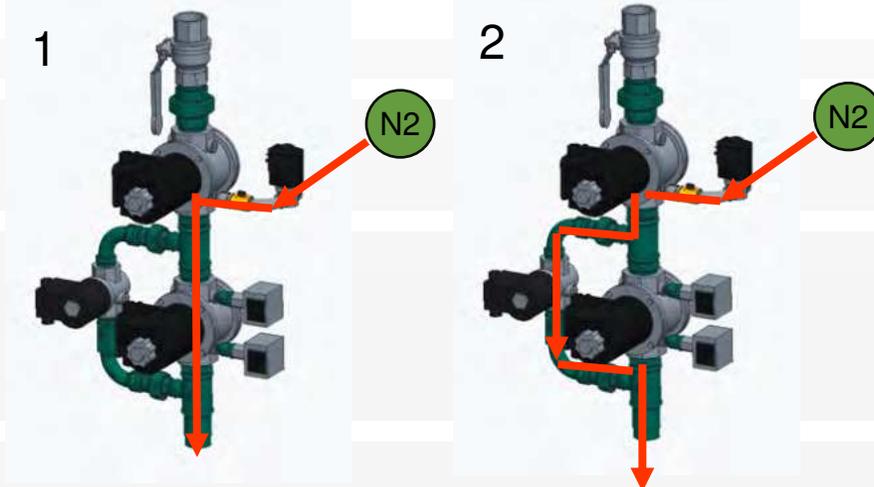




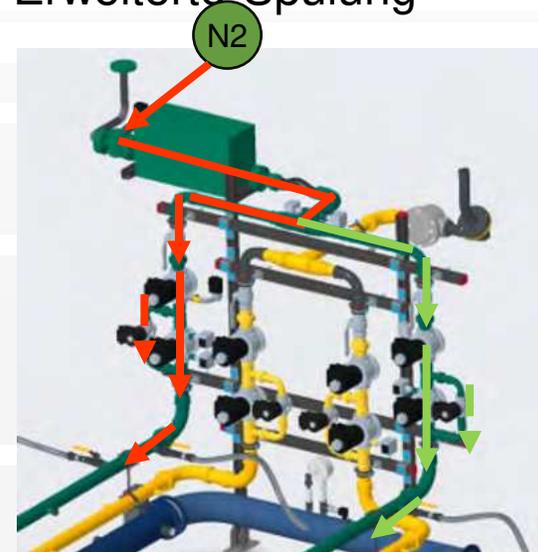
Stickstoff-Spülung in der Brennergruppe (Inertgasspülung)

Aufgrund der höheren Entzündlichkeit und geringen Dichte von Wasserstoff wird die Brennergruppe bei längerem Stillstand oder dem Umschalten auf Erdgasbetrieb automatisch mit Stickstoff gespült. Für Umbauten und Arbeiten an der Brennergruppe ist eine erweiterte Spülung vorgesehen.

Standardspülung Teilgruppe

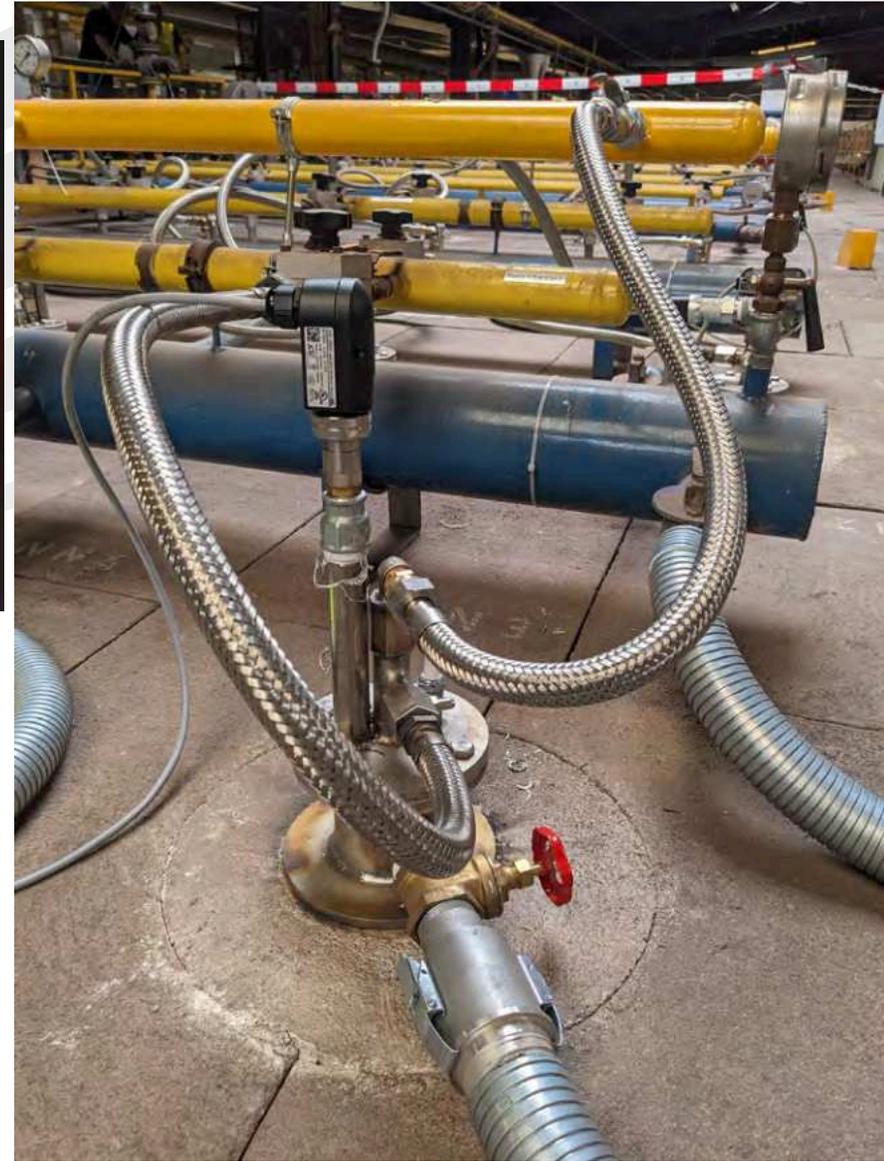
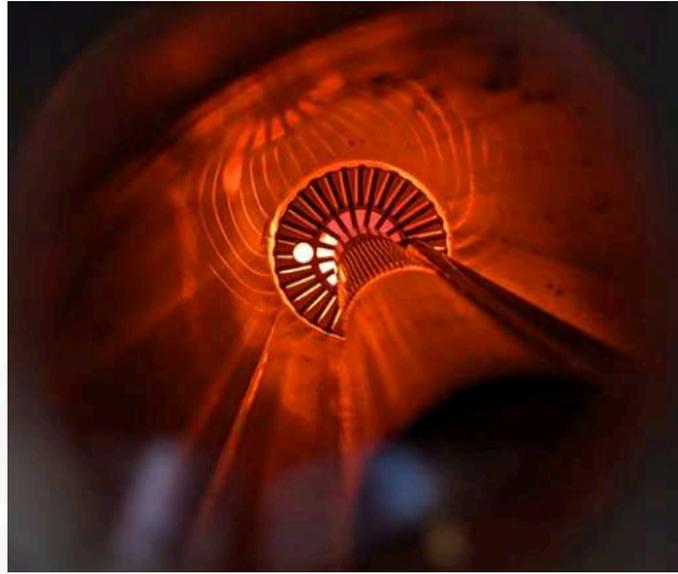


Erweiterte-Spülung



Die Stickstoffspülung für die Brennergruppe ist nützlich, weil man schnell ohne Risiko Arbeiten kann. Auch beim Erdgas würde dieser Anschluss und eine Spülung sinnvoll sein, um sicher zu arbeiten!

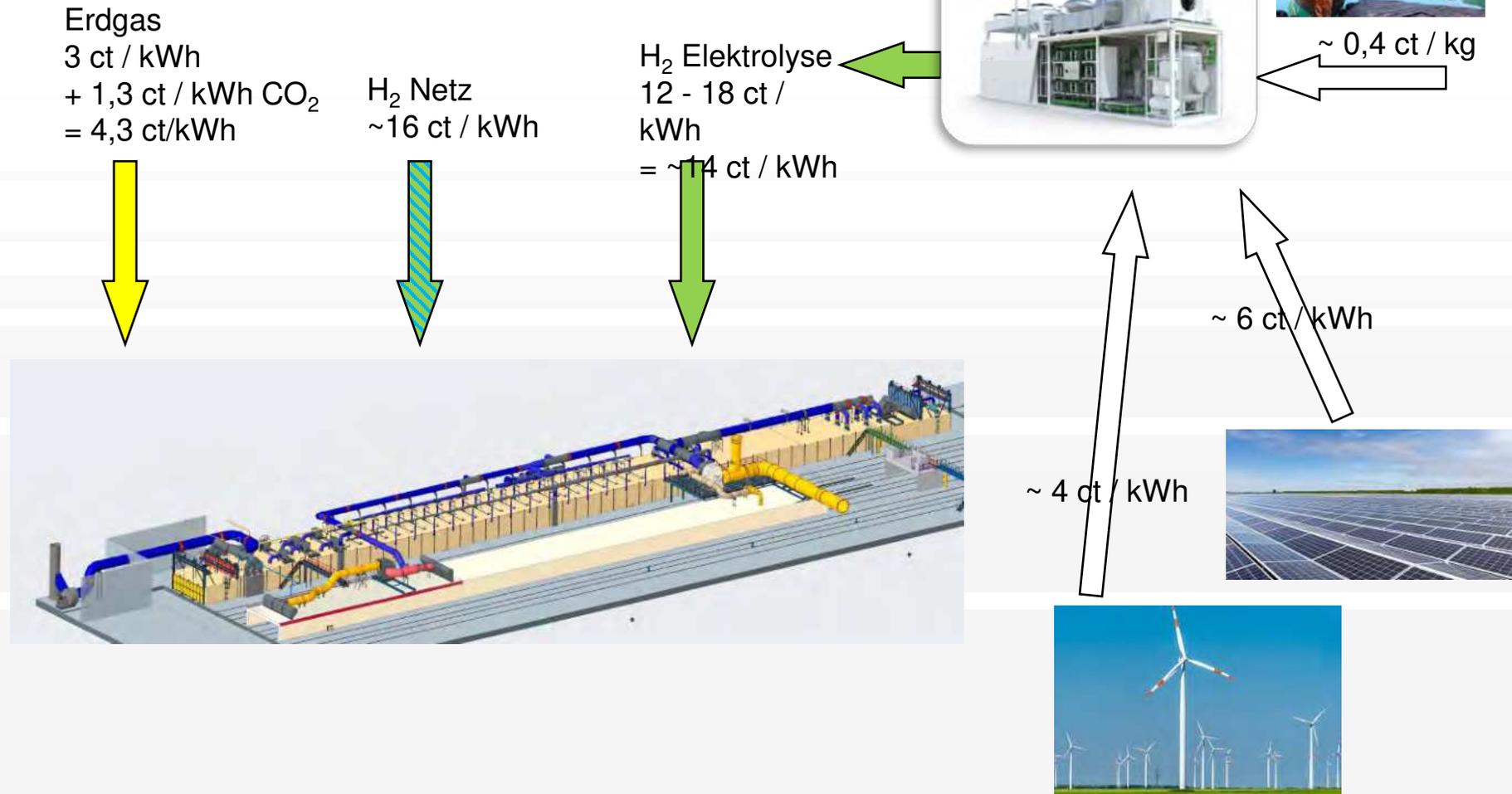




Dual-Gas Brennergruppe

Wirtschaftlichkeit H₂-Brenneranlage (dual) zu Erdgas-Brenneranlage

Brenneranlagen-Spezifikation:



Dual-Gas Brennergruppe

Betrachtung der Versorgungslage für Wasserstoff



Was haben wir schon erreicht?

- ✓ Gesetzliche Grundlage für Kernnetzplanung
- ✓ Gesetzliche Grundlage für die Finanzierung des Kernnetzes
- ✓ Kernnetz liegt im Entwurf vor: 9.700 km
 - Davon ca. 40% Neubau/ 60% umzustellende Erdgasleitungen
 - 19,8 Mrd. € Investitionsvolumen
- ✓ Konsultation durch BNetzA (Nov.-Jan. 2024)

Was ist noch zu tun?

- Finale Investitionsentscheidung der Kapitalgeber (Eigen- und Fremdkapital)
- Finales Abgabedatum: 21.05.2024 (vorbehaltlich einer beihilferechtlichen Genehmigung des Finanzierungskonzeptes durch EU-KOM)
- Weitere Konsultation durch BNetzA
- Genehmigung des Kernnetz-Antrags durch BNetzA (2 Monate nach Antragsabgabe)
- Verabschiedung des Wasserstoffbeschleunigungsgesetz



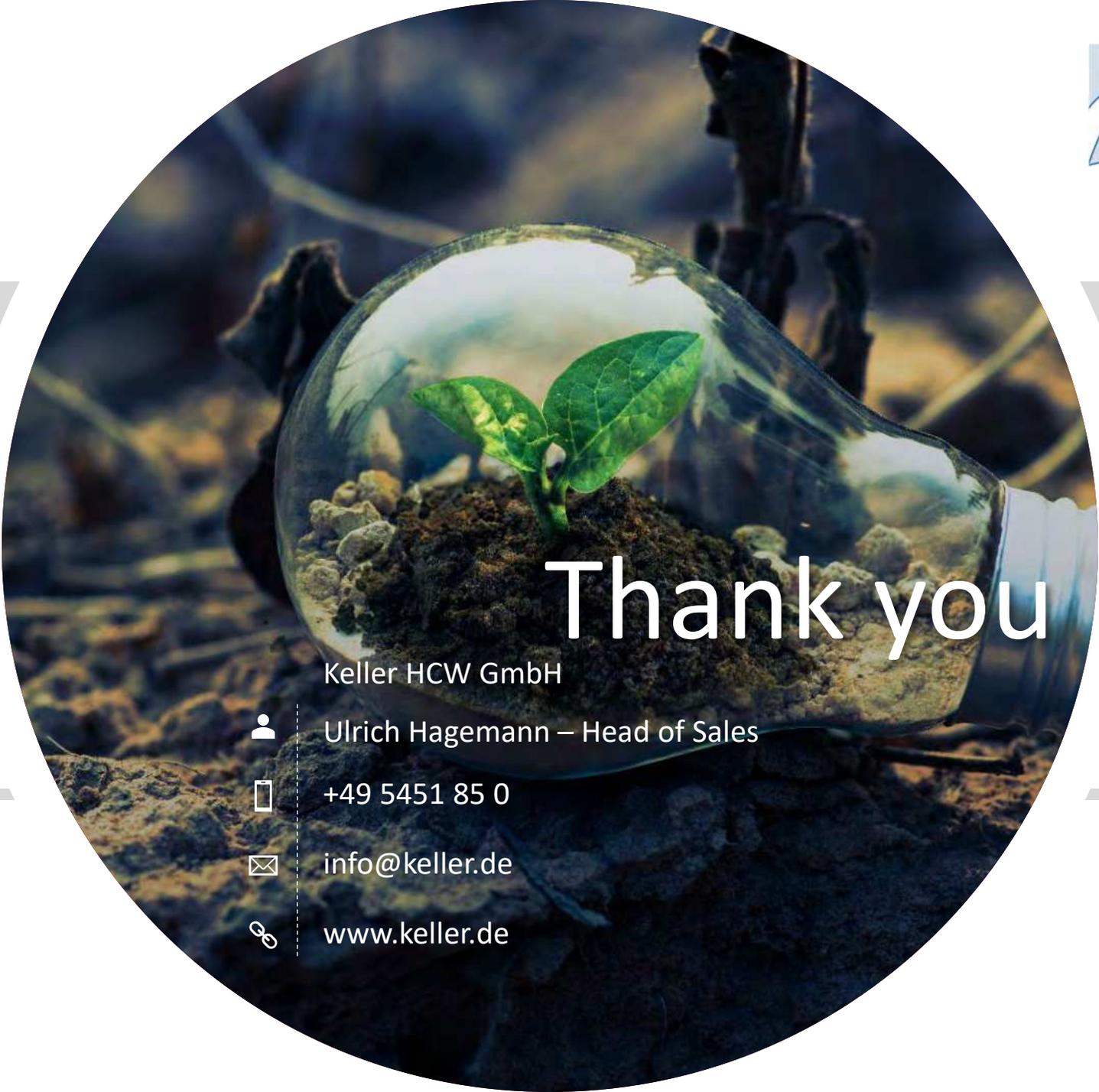
Dual-Gas Brennergruppe

Die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben für uns !



- Wir wissen, dass wir Grobkeramische Produkte mit H2 brennen können.
(Qualität & Farbe)
- Wir sind H2 Ready (EN 746-2, EN 13577)
Ventile, Technik, Bauteile, Abdichtung
- Brennertechnik ist vorhanden (sowohl Dual Fuel als auch Black/White)
- Flammlänge und Temperaturverteilung ist beim H2 Brenner im Vergleich zum Erdgasbrenner beeinflussbar.
- Wir haben eine die notwendige Brennerausstattung verfügbar.
- Die notwendige Steuerungs- und Regelungstechnik, sowie die Sicherheitstechnik sind ausgearbeitet.
- Was offen ist, ist die Verfügbarkeit von Wasserstoff zu einem wirtschaftlichen Preis !



A circular image showing a small green plant growing inside a glass lightbulb that has been repurposed as a terrarium. The bulb is filled with soil and small rocks, and is set against a dark, blurred background of what appears to be a forest floor with fallen leaves and twigs.

Thank you

Keller HCW GmbH



Ulrich Hagemann – Head of Sales



+49 5451 85 0



info@keller.de



www.keller.de



_für die Region

Die Genehmigung von Elektrolyseuren nach dem BImSchG

Christian Terhorst, Dezernat 53 - Immissionsschutz



Das Dezernat 53 für Immissionsschutz

- Um Mensch und Umwelt vor schädlichen Immissionen zu schützen, überwacht und genehmigt das Dezernat 53 der Bezirksregierung Münster als obere Immissionsschutzbehörde komplexe Gewerbe- und Industrieanlagen.
- Das Dezernat 53 führt als obere Immissionsschutzbehörde auch die Fachaufsicht über die unteren Immissionsschutzbehörden.



Genehmigungserfordernis

- Das immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren nach § 4 BImSchG (bei Änderungen bestehender Anlagen § 16 BImSchG) ist erforderlich, wenn die elektr. Nennleistung 5 MW oder mehr beträgt:

Nr.	Anlagenbeschreibung	Verfahrensart	Anlage gemäß Art. 10 der RL 2010/75/EU
a	b	c	d
„10.26	Anlagen zur Herstellung von Wasserstoff durch die Elektrolyse von Wasser mit		
10.26.1	einer Produktionskapazität von 50 Tonnen Wasserstoff oder mehr je Tag,	G	E
10.26.2	einer elektrischen Nennleistung von 5 Megawatt oder mehr, sofern nicht von Nummer 10.26.1 erfasst.	V “.	

V: Genehmigung
Industrieemissions-Richtlinie

(Auszug aus der 4. BImSchV)



Lagerung von Wasserstoff

- **Nebenanlage: Lagerung von Wasserstoff**
 - 4. BImSchV Nr. 9.3 Lagerung H₂
 - Mengenschwellen:
 - Nr. 9.3.1, 30 t Spalte 4 Verfahrensart G
 - Nr. 9.3.2, 3 t Spalte 3 Verfahrensart V
- **Störfallverordnung**
 - Mengenschwellen Gesamtmenge H₂ in der Anlage
 - 5 t Untere Klasse
 - 50 t Obere Klasse
 - Angemessener Sicherheitsabstand (KAS 63) max. 180 m



Nr.		
10.8	Errichtung und Betrieb einer Anlage zur Wasserelektrolyse zur Erzeugung von Wasserstoff sowie Sauerstoff, ausgenommen integrierte chemische Anlagen nach Nummer 4.1, mit einer elektrischen Nennleistung von	
10.8.1	50 MW oder mehr,	A
10.8.2	5 MW bis weniger als 50 MW	S

A: Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls, S: Standortbezogene Vorprüfung des Einzelfalls

- Es ist eine überschlägige Prüfung gem. den Kriterien der Anl. 3 durchzuführen
- UVP-Pflicht nur bei erheblichen nachteiligen Auswirkungen
- Achtung: 50 MW, nicht t wie in der 4. BImSchV!

Konzentrationswirkung § 13 BImSchG

All-in-one? Fast!



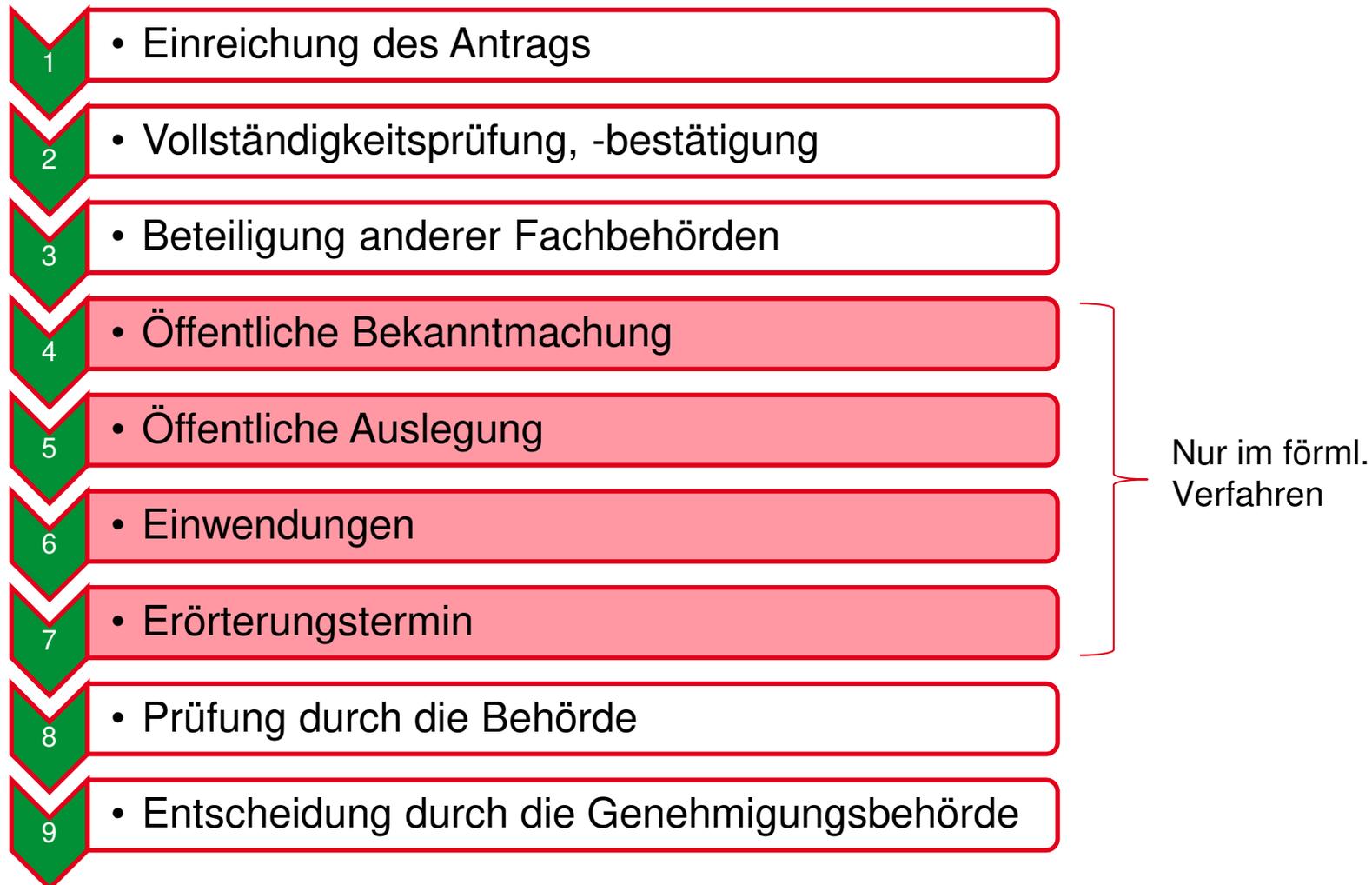
- Die Genehmigung nach dem BImSchG schließt andere die Verfahren betreffende Zulassungen mit ein:
- Baugenehmigung
- Genehmigung Indirekteinleitung (§ 58 WHG i.V.m. Anh. 31 AbwV)
- TEHG, trotz Nullemission! (neu!)
- Eignungsfeststellung von Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen mit wassergefährdenden Stoffen (§ 63 WHG)
- Erlaubnis nach § 18 BetrSichV

Ausnahme:

Erlaubnis nach § 8 Grundwasserentnahme oder Direkteinleitungen müssen separat beantragt werden!



Ablauf des Genehmigungsverfahrens





Dauer des Verfahrens

- **Neugenehmigung (§ 4 BImSchG):**

Vereinfachtes Verfahren: 3 Monate

Förmliches Verfahren: 7 Monate

- **Änderungsgenehmigung (§ 16 BImSchG):**

Vereinfachtes Verfahren: 3 Monate

Förmliches Verfahren: 6 Monate

Ein vollständiger Antrag sorgt für einen reibungslosen Ablauf des Verfahrens!



Gerne beraten wir Sie zu Genehmigungsvorhaben!

Bezirksregierung Münster

Dezernat 53

dez53@brms.nrw.de

0251-411 5655

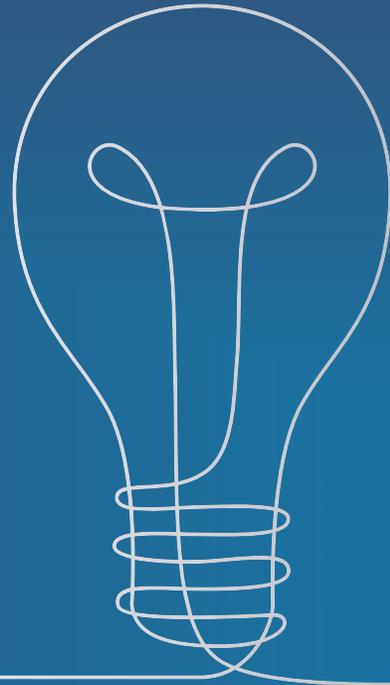
 **H₂ Working Group**
zum Regierungsbezirk Münster

H₂-Hochlauf

in der Technologie-
und Anwenderregion

-  **Industrie**
-  **Wärme**
-  **Mobilität**
-  **International**

Unsere Region als Schlüssel zur Transformation:



30. April, 15:00 Uhr

Thema: Markt, Preise und Wirtschaftlichkeit

Veranstaltungsort: IHK Industrie- und
Handelskammer Bonn/Rhein-Sieg

21. Mai, 15:00 Uhr

**Thema: Leitungs- und
Speicherinfrastruktur**

Veranstaltungsort: Südwestfälische
Industrie- und Handelskammer zu Hagen

