

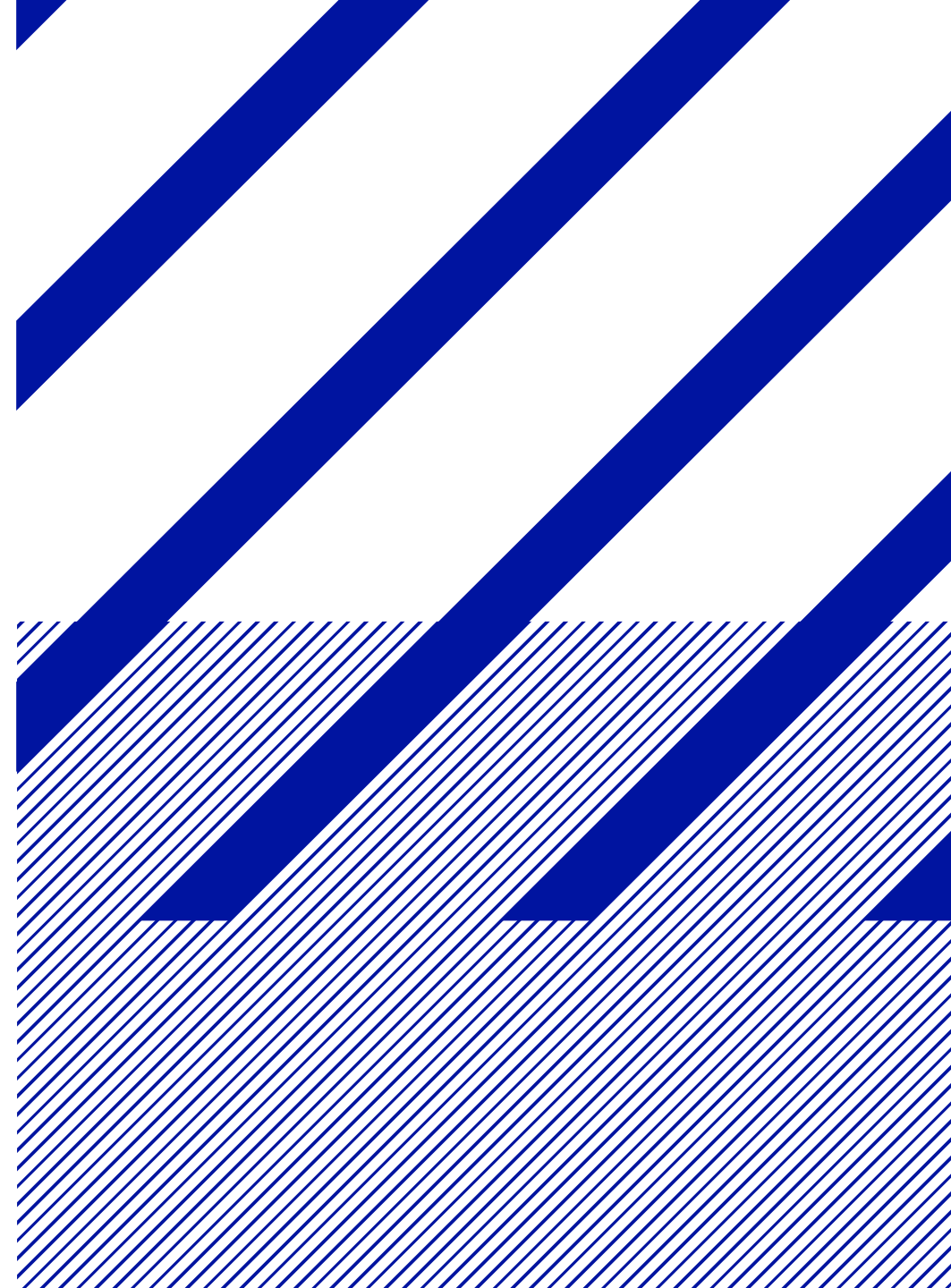


Wasserstoff als Energieträger der Zukunft

H₂-Konferenz
Wasserstoff in der Mobilität und Produktion
im Kreis Warendorf

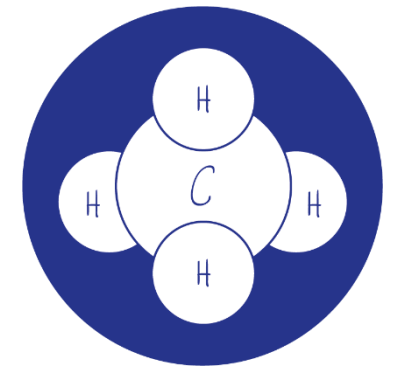
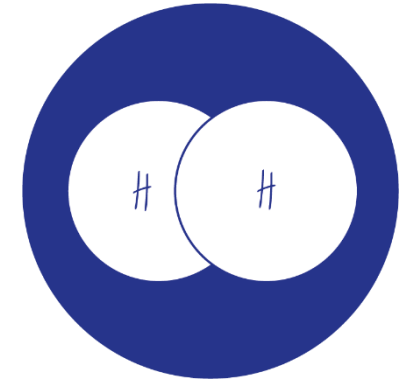
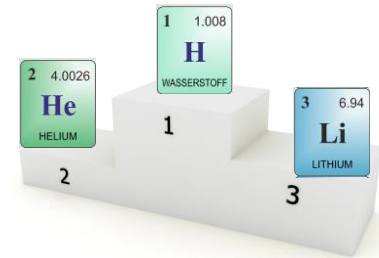
01.12.2021

Dr.-Ing. Elmar Brüggling



H₂ - Zahlen, Daten, Fakten

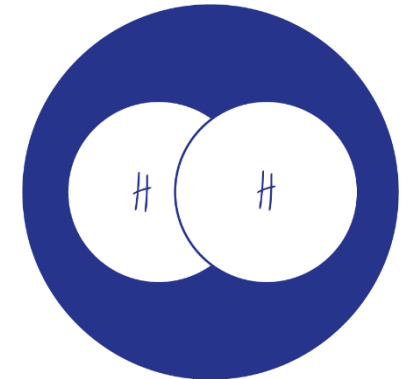
- Wasserstoff ist das erste Element des Periodensystems: „H“
Der Name (Hydrogen) des Elements stammt von den griechischen Wörtern *hydro* für "Wasser" und *Genen* für "Bildung", da Wasserstoff an Sauerstoff unter Bildung von Wasser (H₂O) bindet
- Wasserstoff: 1,008 g/mol → das leichteste Element
(H₂: 2,02 g/mol und damit 14 mal leichter als Luft (ca. 28.96 g/mol))
- Meist chemisch gebunden: z.B. Methan (CH₄, H₂O, organische Verbindungen,...)
- Wasserstoff ist das am häufigsten vorkommende Element . Etwa 90 % der Atome und 75 % der Elementmasse des Universums sind Wasserstoff
H₂ (z.B. in der Erdatmosphäre → 0,5 ppm)
- → H₂ **MUSS** aus Verbindungen in elementaren Wasserstoff gelöst werden



H₂ - Zahlen, Daten, Fakten

Energiebedarf	
Globale H ₂ -Produktion	3.198 TWh/a
Primärenergiebedarf Deutschland	3.640 TWh/a
Emissionen	
Weltweite CO ₂ -Emissionen aus H ₂	830 Mt/a
CO ₂ -Emissionen gesamt (2017) (D)	800 Mt/a
Preise	
Wasserstoffpreis in Deutschland (Mobilität)	~9,50 €/kg

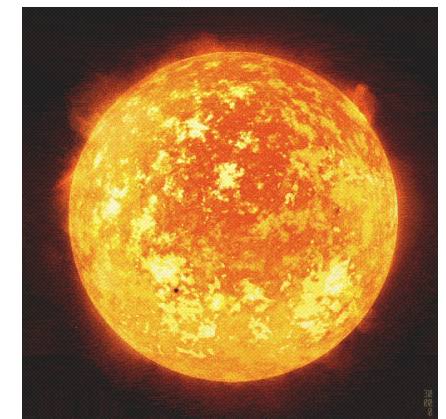
Erzeugung			
H ₂ mittels	%	Menge	Emissionsfaktor
Erdgas	76 %	205 Mrd. m ³ /a	10 t CO ₂ /t H ₂
Kohle	23 %	107 Mt/a	12 t CO ₂ /t H ₂
Öl	<1 %		19 t CO ₂ /t H ₂
Elektrolyse	<1 %		0,1 t CO ₂ /t H ₂ *



H₂ Produktion: weltweit ca. 70 Mio. t/a zzgl. 48 Mio. t/a als Beiprodukt (IEA 2019)
 = 6 % des weltweiten Erdgasbedarfs und 2 % des weltweiten Kohlebedarfs
Kosten: 1,50 € / kg H₂ (bei einem Erdgaspreis von 2,5 Cent/kWh)

Vergleich: Bei der Kernfusion verschmilzt die Sonne in jeder Sekunde rund 564 Millionen Tonnen Wasserstoff zu 560 Millionen Tonnen Helium

Quelle: https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf

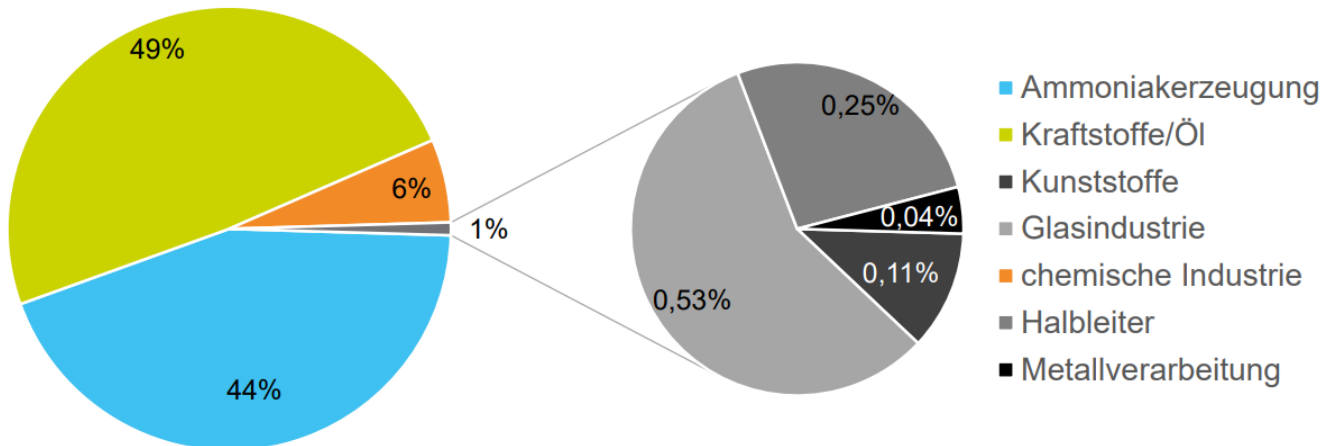


H₂ - Produktion und Bedarf in Deutschland (2019)

• H₂-Produktion:

- Deutschland: rd. 60 TWh/a → 20 Mrd. m³/a

Wasserstoffbedarf nach Branchen



https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/ess/ressourcen/dateien/11_Krause2.pdf?lang=en

• Zukünftiger H₂-Bedarf zur Dekarbonisierung der Sektoren:

- 250-800 TWh/a (je nach Studie)
- → bis 2050

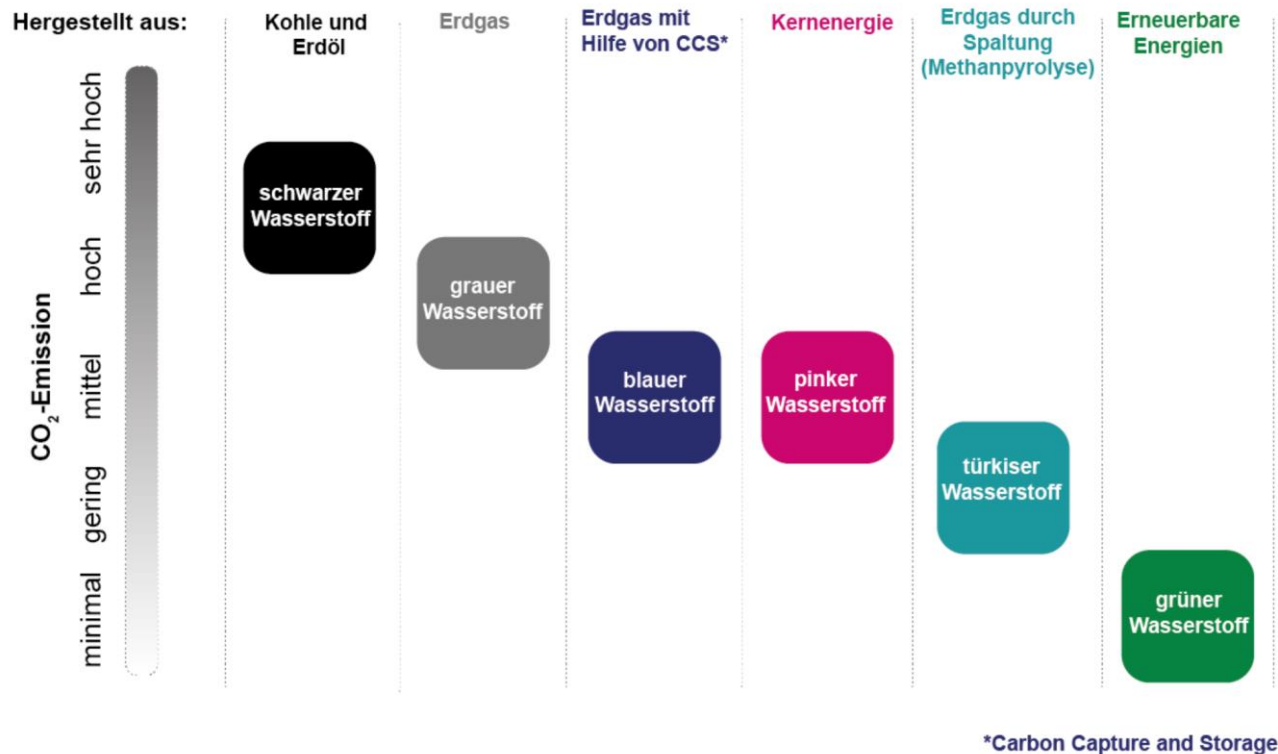
• In den Sektoren:

- Industrie
- Mobilität
- Energiespeicher
- Wärme

<http://www.hydrogeit.de/wasserstoff.htm#:~:text=Insgesamt%20werden%20j%C3%A4hrlich%20in%20Deutschland,1%2C5%20%25%20des%20Energiebedarfs.>

C. Hebling, M. Ragwitz, T. Fleiter, U. Groos, D. Härle, A. Held, M. Jahn und N. Müller (2019), „Eine Wasser-stoff-Roadmap für Deutschland. Fraunhofer ISE und ISI“.

H₂-Farblehre – CO₂ Emissionen



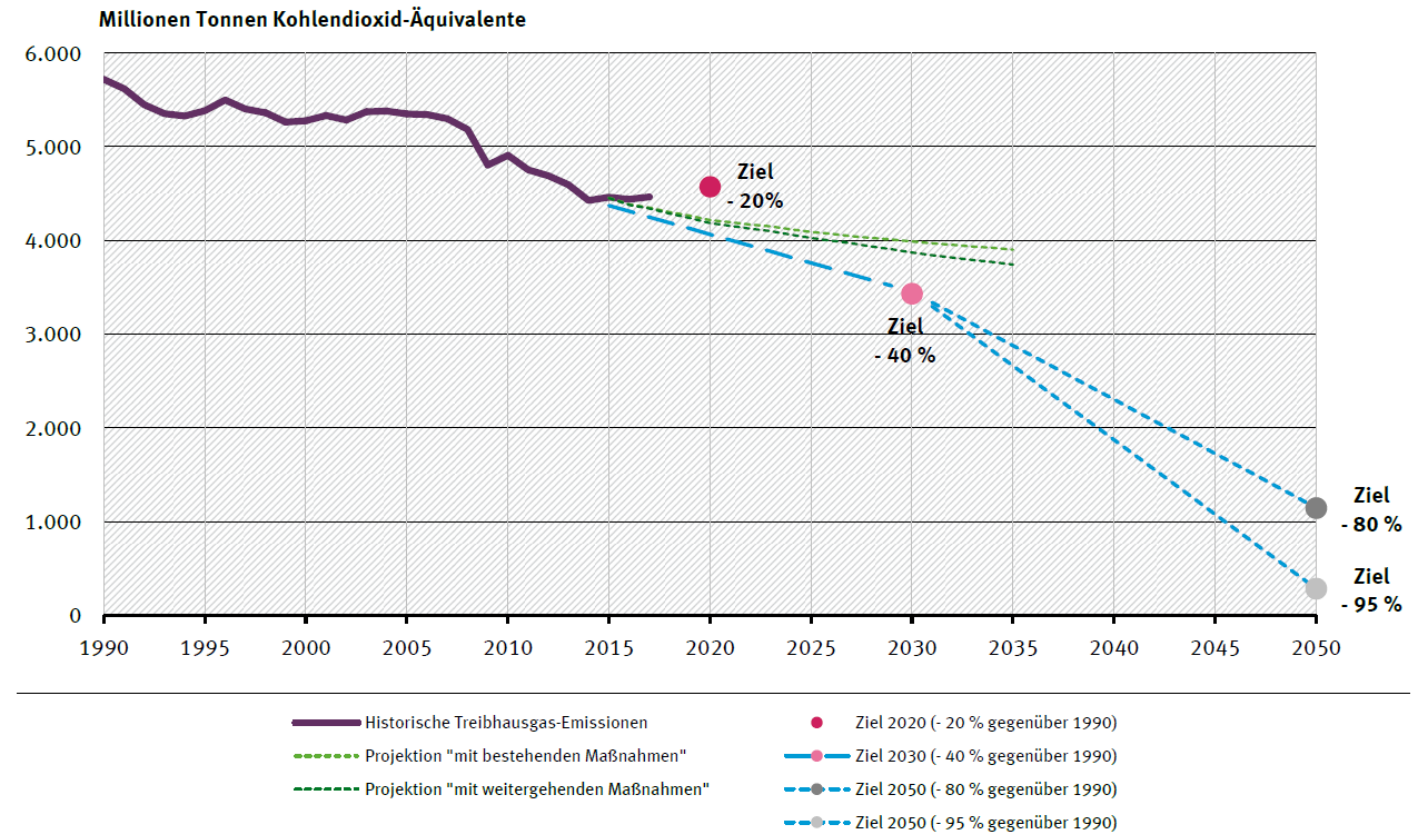
- Grauer Wasserstoff:**
Wasserstoff aus fossilen Kohlenwasserstoffen (z. B. Dampfreformierung (Erdgas))
- Blauer Wasserstoff:**
Wasserstoff aus Dampfreformierung (Erdgas) mit CO₂-Abscheidung und –Speicherung
- Türkiser Wasserstoff:**
Wasserstoff aus der thermischen Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) Anstelle von CO₂ entsteht dabei fester Kohlenstoff
- Grüner Wasserstoff:**
Wasserstoff aus Strom von erneuerbaren Energien oder **Biomasse (!?)**

H₂ - Zahlen, Daten, Fakten

RICHTLINIE (EU) 2015/652 DES RATES

Rohstoffquelle und Verfahren	In Verkehr gebrachte(r) Kraftstoff	Lebenszyklustreibhausgasintensität (in g CO _{2äq} /MJ)
Konventionelles Rohöl	Diesel- oder Gasölkraftstoff	95
Verflüssigtes Erdgas		94,3
Verflüssigte Kohle		172
Naturbitumen		108,5
Ölschiefer		133,7
Alle fossilen Quellen	Flüssiggas im Fremdzündungsmotor	73,6
Erdgas, EU-Mix	Komprimiertes Erdgas im Fremdzündungsmotor	69,3
Erdgas, EU-Mix	Verflüssigtes Erdgas im Fremdzündungsmotor	74,5
Sabatier-Prozess mit Wasserstoff aus der durch nicht-biogene erneuerbare Energien gespeisten Elektrolyse	Komprimiertes synthetisches Methan im Fremdzündungsmotor	3,3
Erdgas mit Dampfreformierung	Komprimierter Wasserstoff in einer Brennstoffzelle	104,3
Vollständig durch nicht-biogene erneuerbare Energien gespeiste Elektrolyse	Komprimierter Wasserstoff in einer Brennstoffzelle	9,1

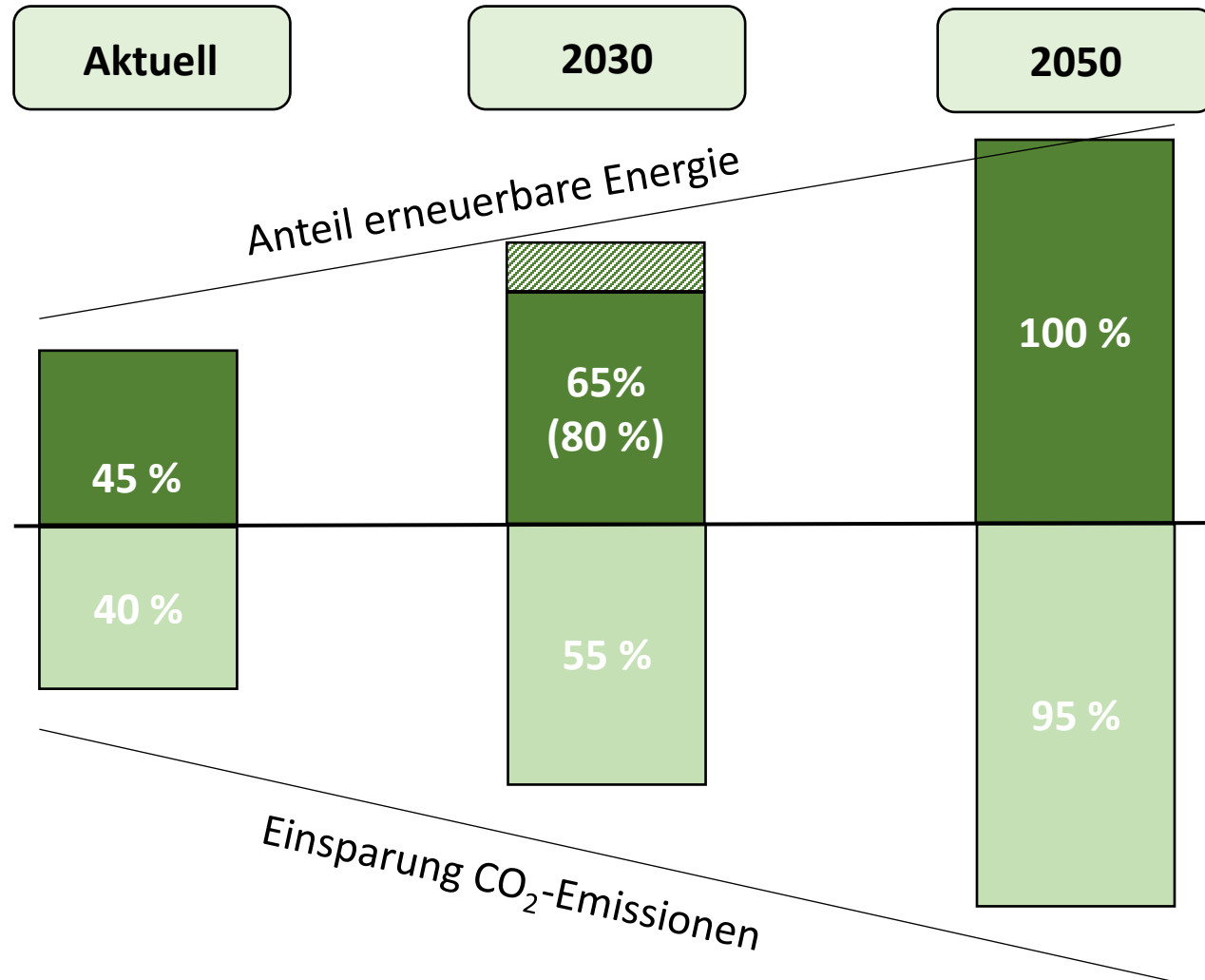
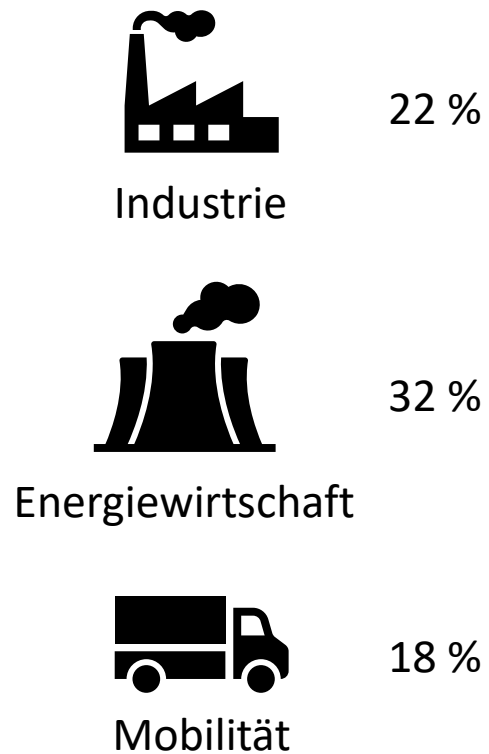
Treibhausgas-Emissionen der EU bis 2015, Projektionen bis 2035 und Minderungsziele bis 2050

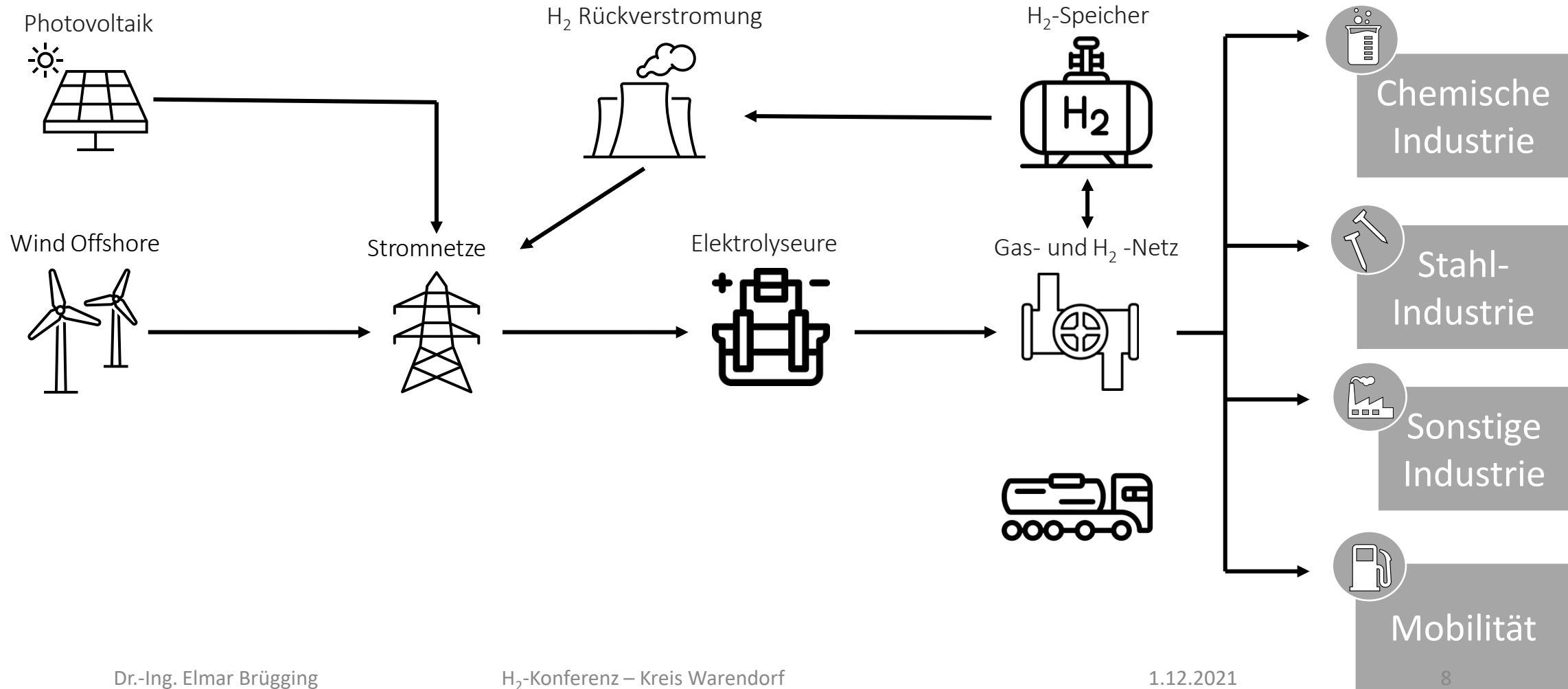
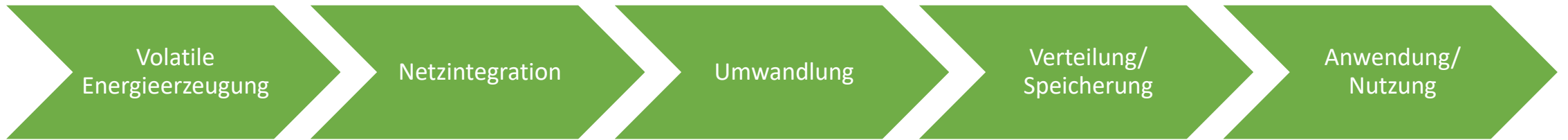


Quelle: European Environment Agency (EEA), Trends and Projections report 2018, EEA GHG dataviewer 2018, EEA GHG projections dataset 2018, Figure 2.1

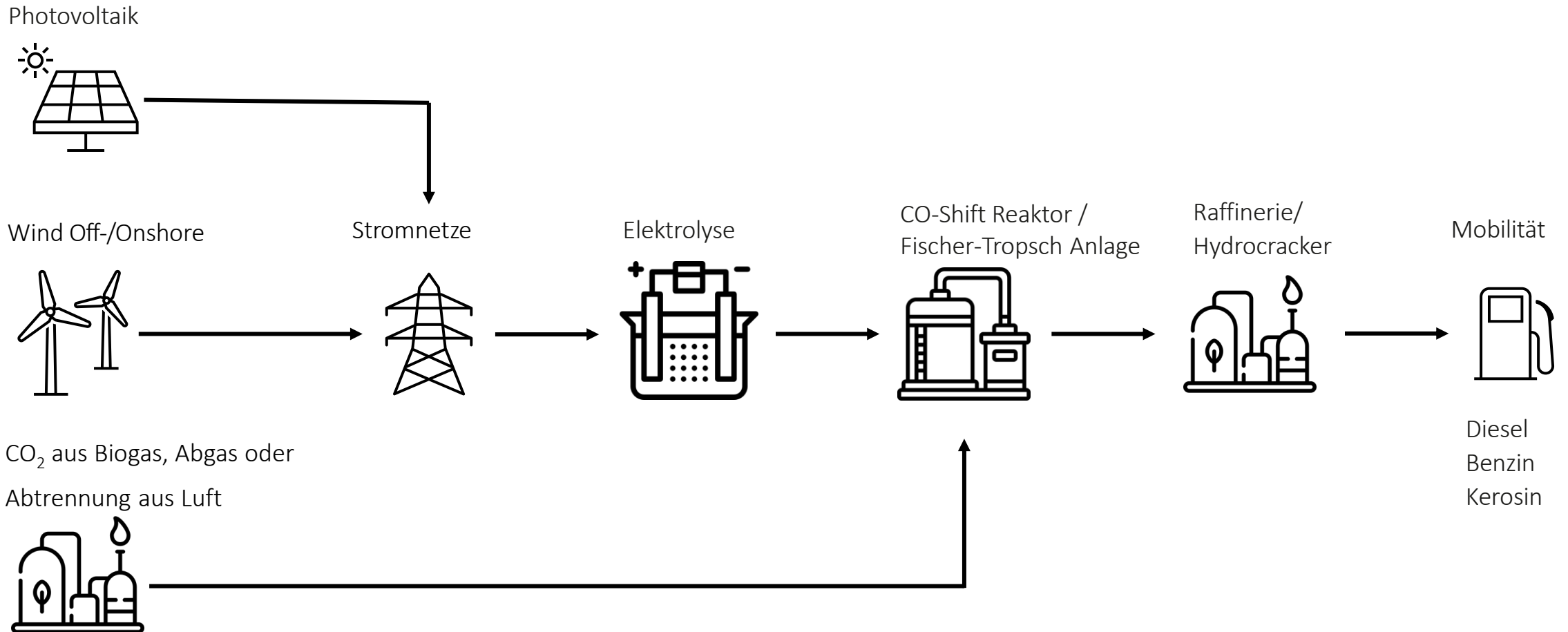
Ausgangslage: Defossilisierung – Ziele für Deutschland

Die größten CO₂-Verursacher:

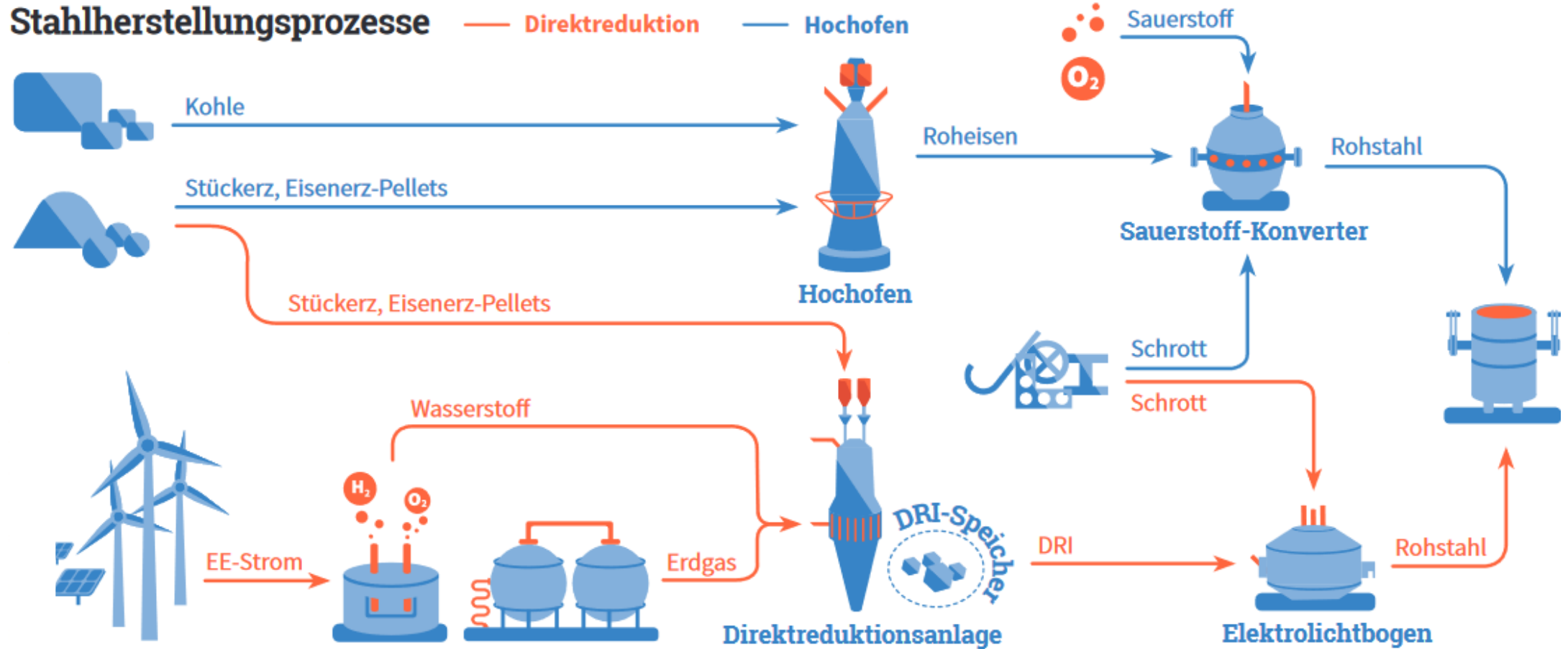




Chemische Industrie – z.B. Herstellung synthetischer Kraftstoffe



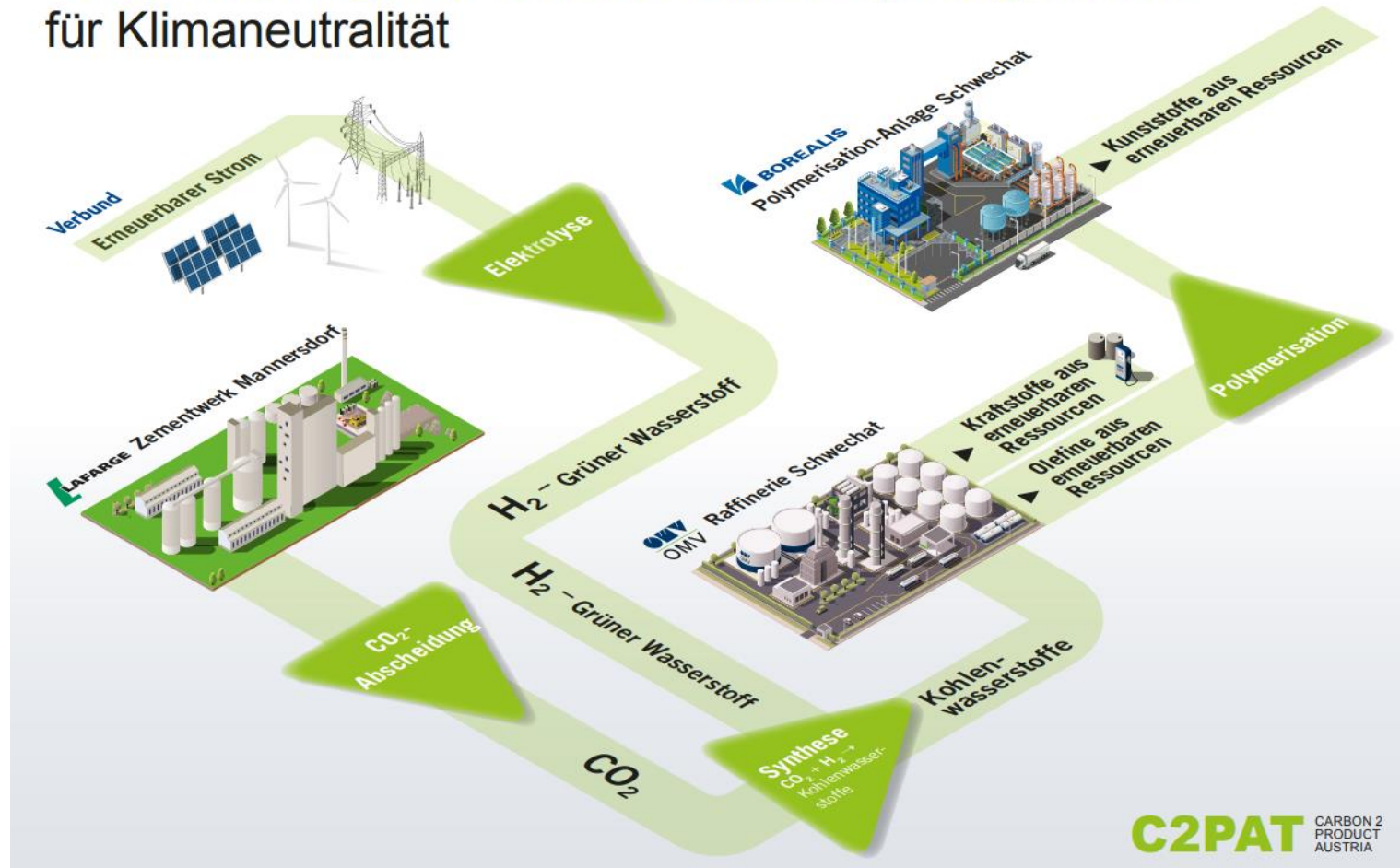
H₂-Einsatz bei der Stahlherstellung



Quelle: DENA

Zementindustrie – Projekt C2PAT

Sektorübergreifende Wertschöpfungskette für Klimaneutralität



Quelle: Lafarge



Wasserstoff in der Mobilität

- H₂ Einsatz bei Nutzfahrzeugen
 - ÖPNV (Linienbusse)
 - LKW
 - Sonderfahrzeuge (Abfallsammelfahrzeuge, Reinigungsfahrzeuge, etc)
Gutes Bsp. Groningen (CO₂-freie Innenstadt) in Kooperation mit HYZON bzw. Fa. Holthausen



Quelle: HYZON Motors

- Aufbau von Tankstellen
 - Betriebstankstellen
 - Öffentliche Tankstellen (aktuell rd. 90 Tankstellen in D)
 - Betrieb von Tankstellen erfordert mind. 25 t/a H₂ Absatz im 1. Jahr und 50 t/a im 2. Jahr entspricht 5 bzw. 10 Bussen oder LKW (Angaben H2-Mobility)



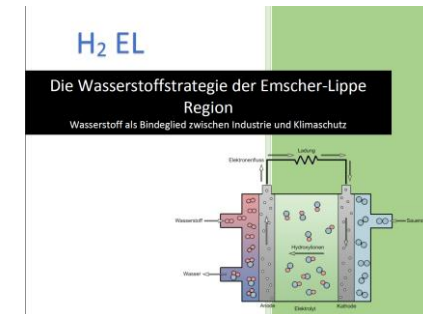
Quelle: SW Münster



Quelle: FAUN Umwelttechnik GmbH & Co. KG

Wasserstoff in ländlich strukturierten Regionen

- H₂ Konzepte sind in ländlichen Regionen eine Herausforderung
 - Aufbau einer H₂-Informations- und Netzwerkplattform
 - Identifikation der Potenziale und relevanten Akteure (Kommunen, Unternehmen, Wissenschaft, EE-Betreiber, Energieversorger,...)
 - Erarbeitung eines regionalen H₂-Konzeptes
 - Welche sinnvollen H₂-Konzepte sind vorhanden und lassen sich schrittweise umsetzen?
 - „Allianz der Willigen“ zur Lösung der häufigen Henne-Ei-Problematiken



Die HyLand-Projekte im Überblick:

HyStarter

(9 Regionen) – Aktivierung und Organisation der Akteurslandschaft



HyExperts

(13 Regionen) – Erstellung von umsetzungsreifen Konzepten



HyPerformer

(3 Regionen) – Entwicklung und Umsetzung konkreter Wasserstoffprojekte



Wasserstoff in ländlich strukturierten Regionen

- H₂ Konzepte sind in ländlichen Regionen eine Herausforderung
 - Grundsätzlich rel. hohe EE- Erzeugungspotenziale vorhanden (Kombination aus Wind, PV und Biomasse)
 - Power 2 Gas Konzepte als Möglichkeit einer optimierten und nachhaltigen Energieversorgung
 - Wasserstoff BHKW als integrationsfähige Energieanlage
 - Sektorenkopplung über Strom-, Wärme- und Kraftstofflieferung möglich
 - Wasserstoff als Baustein in einem nachhaltigen Energiesystem und nicht als „Allheilsbringer“



Technische Vorteile BHKW:

- Die Wärme bleibt nicht ungenutzt (mehr als 90% Gesamtwirkungsgrad)
- Dezentral und Hochflexibel
- Zuverlässige Energieversorgung
- Reduzierung von CO₂ Emissionen

Quelle: 2G Energy AG

Den Weg zum Wasserstoff vorbereiten

Ein Weg zum zusätzlichen Baustein Wasserstoff

Der Weg zum Wasserstoff sollte gut vorbereitet sein (Dekarbonisierung)

H₂-Infrastruktur und H₂-Produktion von grünem H₂ sind im Münsterland aktuell kaum vorhanden. In der Zwischenzeit...

- Energie-Einsparungs-Programm – Die Energie, die nicht benötigt wird, ist die Beste (Strom, Wärme und Mobilität)
- Effizienzsteigerung umsetzen – Erforderliche Energie mit hohem Wirkungsgrad einsetzen

Zahlen & Fakten



Grafiken: Deutsche Energie-Agentur (dena)

Zahlen & Fakten

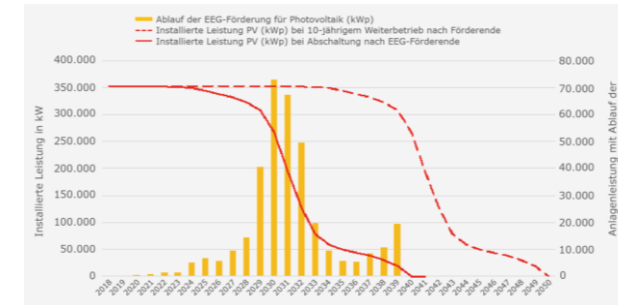
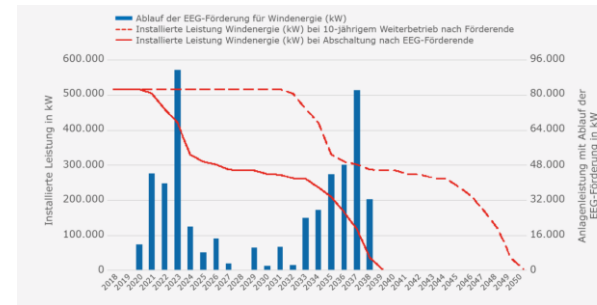
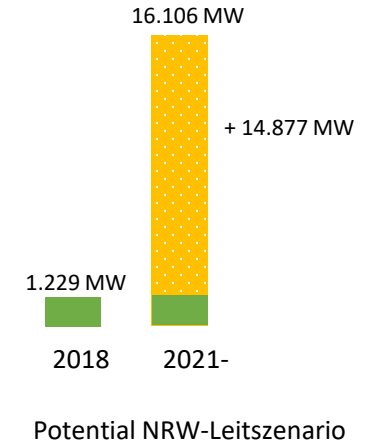
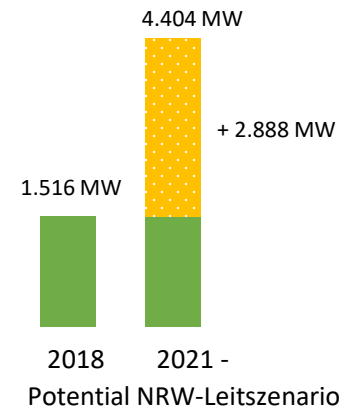


Ein Weg zum zusätzlichen Baustein Wasserstoff

Der Weg zum Wasserstoff sollte gut vorbereitet sein (Dekarbonisierung)

H₂-Infrastruktur und H₂-Produktion von grünem H₂ sind aktuell im Münsterland kaum vorhanden. In der Zwischenzeit...

- Energie-Einsparungs-Programm – Die Energie, die nicht benötigt wird, ist die Beste (Strom, Wärme und Mobilität)
- Effizienzsteigerung umsetzen – Erforderliche Energie mit hohem Wirkungsgrad einsetzen
- Nutzung und Ausbau der erneuerbare Energien Potenziale
 - Wind
 - PV
 - Biogas

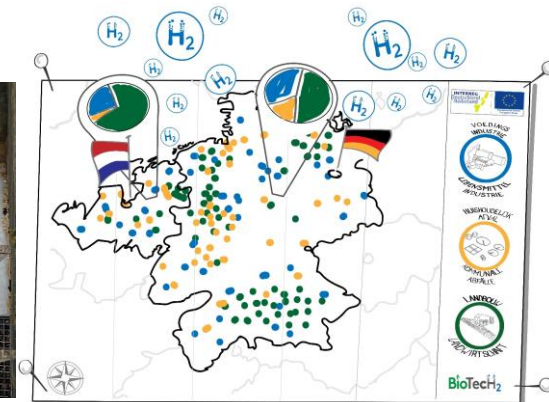


Ein Weg zum zusätzlichen Baustein Wasserstoff

Der Weg zum Wasserstoff sollte gut vorbereitet sein (Dekarbonisierung)

H₂-Infrastruktur und H₂-Produktion von grünem H₂ sind aktuell im Münsterland kaum vorhanden. In der Zwischenzeit...

- Energie-Einsparungs-Programm – Die Energie, die nicht benötigt wird, ist die Beste (Strom, Wärme und Mobilität)
- Effizienzsteigerung umsetzen – Erforderliche Energie mit hohem Wirkungsgrad einsetzen
- Nutzung und Ausbau der erneuerbare Energien Potenziale
 - Wind
 - PV
 - Biogas
- Unternehmen und Industrie vernetzen und unterstützen bei der Umsetzung hin zu einem dekarbonisierten Unternehmen (eigene Energiepotenziale nutzen, Speicher, Elektrolyseur)
- Dezentrale Versorgungskonzepte stärken und demonstrieren



Nutzung von Reststoffen und Abwässern zur H₂- oder Methanproduktion bislang nur 10 % genutzt - Potenzial: 10-20 TWh/a in D



Ein Weg zum Wasserstoff

Der Weg zum Wasserstoff sollte gut vorbereitet sein (Dekarbonisierung)

H₂-Infrastruktur und H₂-Produktion von grünem H₂ sind im Münsterland kaum vorhanden. In der Zwischenzeit...

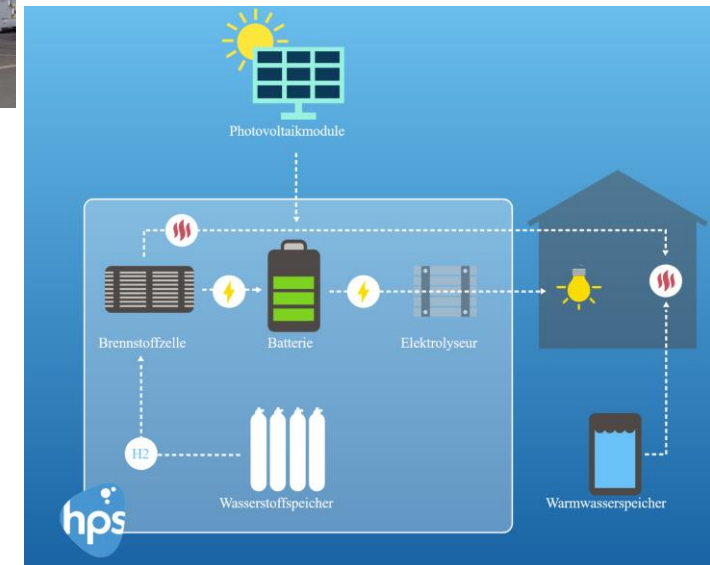
- Energie-Einsparungs-Programm – Die Energie, die nicht benötigt wird, ist die Beste (Strom, Wärme und Mobilität)
- Effizienzsteigerung umsetzen – Erforderliche Energie mit hohem Wirkungsgrad einsetzen
- Nutzung und Ausbau der erneuerbare Energien Potenziale
 - Wind
 - PV
 - Biogas
- Unternehmen und Industrie vernetzen und unterstützen bei der Umsetzung hin zu einem dekarbonisierten Unternehmen (eigene Energiepotenziale nutzen, Speicher, Elektrolyseur)
- Dezentrale Versorgungskonzepte stärken und demonstrieren
- Wasserstoffinfrastruktur aufbauen und Anwendungsbeispiele umsetzen (Industrie, KMU, ÖPNV)



Mobile H₂-Tankstelle (© Westfalen AG, Münster)



Deutsche Umwelthilfe: Grüner Wasserstoff und Power-to-X



<https://www.homepowersolutions.de/produkt>

Die politischen Ziele sind formuliert...



**Wasserstoffstrategie
für Deutschland**
Juni 2020



**Wasserstoffroadmap
für Nordrhein-Westfalen**
November 2020

Juli 2020
Europäische Wasserstoffstrategie



Dr.-Ing. Elmar Brüggling

H2-Konferenz – Kreis Warendorf

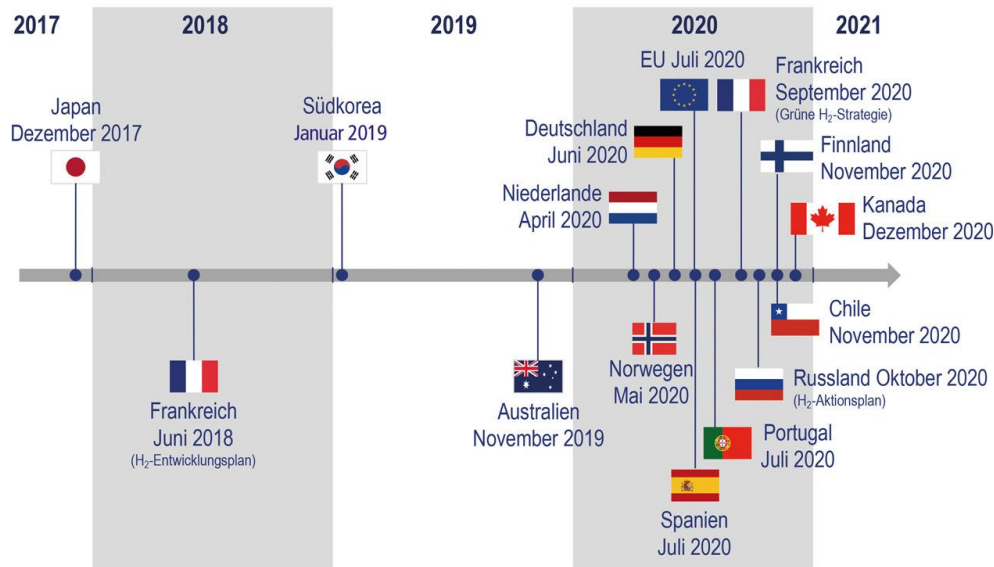
April 2021
**Wasserstoffroadmap
der Bezirksregierung Münster**



Der Weg zu einer klimaneutralen Wasserstoff-Wirtschaft
im Münsterland und der Emscher-Lippe-Region.

1.12.2021

... national wie international



Main target sectors of current hydrogen strategies per country

Hydrogen use sectors	EU	DE	NL	FR	ES	IT	UK	NO	CH	UA	RU	JP	KR	CN	AU	CA	MO
Industry	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	✗	✗	✓	(✓)	✗	✗	✓	(✓)	✓
Power	(✓)	(✓)	(✓)	✓	(✓)	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)	(✓)
Transport	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)
Buildings	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	✗	✗	(✓)	✗	✗	(✓)	(✓)	✓	✓	✗	(✓)	(✓)	(✓)
Export	✗	✗	✗ ¹⁾	✗	✓	✗	✗	✗ ²⁾	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓

✓ main sector (✓) less relevant ✗ not addressed

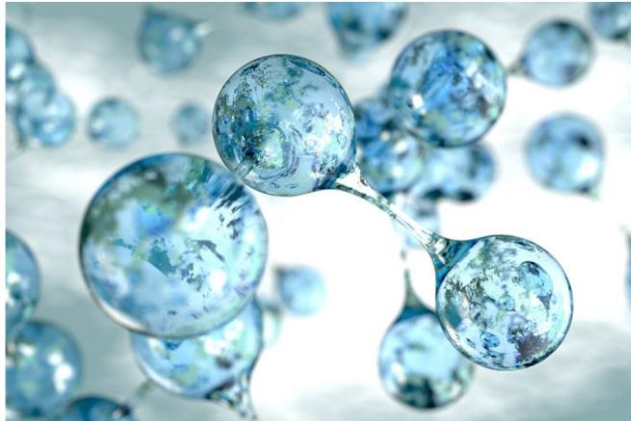
1) Hydrogen imports transit to other counties (e.g. Germany) considered.

2) For Norway, hydrogen is not targeted for direct export, but indirectly through the export of NG with local CCS.

Quelle: LBST

Außerordentliche H₂-Förderkulisse mit vielversprechenden Projekten (Industrie, KMU, F&E) und zur Realisierung von guten Konzepten

IPCEI Wasserstoff: Gemeinsam einen Europäischen Wasserstoffmarkt schaffen

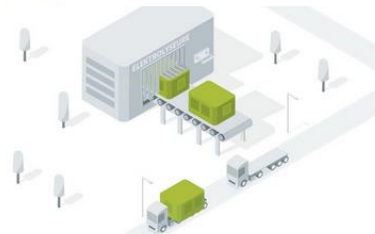


Neun Milliarden Euro für Wasserstoff

Im Einzelnen sind sieben Milliarden Euro für die Förderung von Wasserstofftechnologien hierzulande und zwei Milliarden Euro für internationale Partnerschaften im Kontext von Wasserstoff vorgesehen. Anwendungen sollen etwa in der Stahl- und in der Chemieindustrie, im Wärmebereich, aber auch im Verkehrsbereich stattfinden.



H₂Giga



Grafik: PtJ im Auftrag des BMBF

Wie das Leitprojekt H₂Giga Elektrolyseure in die Serienfertigung bringen will

H₂Mare



Grafik: PtJ im Auftrag des BMBF

Wie Partner im Leitprojekt H₂Mare Wasserstoff direkt auf hoher See produzieren wollen

TransHyDE



Grafik: PtJ im Auftrag des BMBF

Wie das Leitprojekt TransHyDE eine Wasserstoff-Transport-Infrastruktur entwickeln will

Nachhaltige Mobilität - Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie Phase II (NIP) - Marktaktivierung

Schlusssatz

Der Weg zum Wasserstoff ist politisch vorgezeichnet

Mit Hilfe der regionalen erneuerbaren Potenziale können erste Anwendungen umgesetzt werden

Der LK Warendorf bietet (wie das Münsterland) insgesamt gute Voraussetzungen für einen erfolgreichen Weg zum Wasserstoff ...

...und die Zeit die Wasserstoffreise zu beginnen ist jetzt!

Kontakt Daten



Dr.-Ing. Elmar Brüggling
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt
T: 02551/9 62420
M: 0179/5495281
Mail: bruegging@fh-muenster.de

