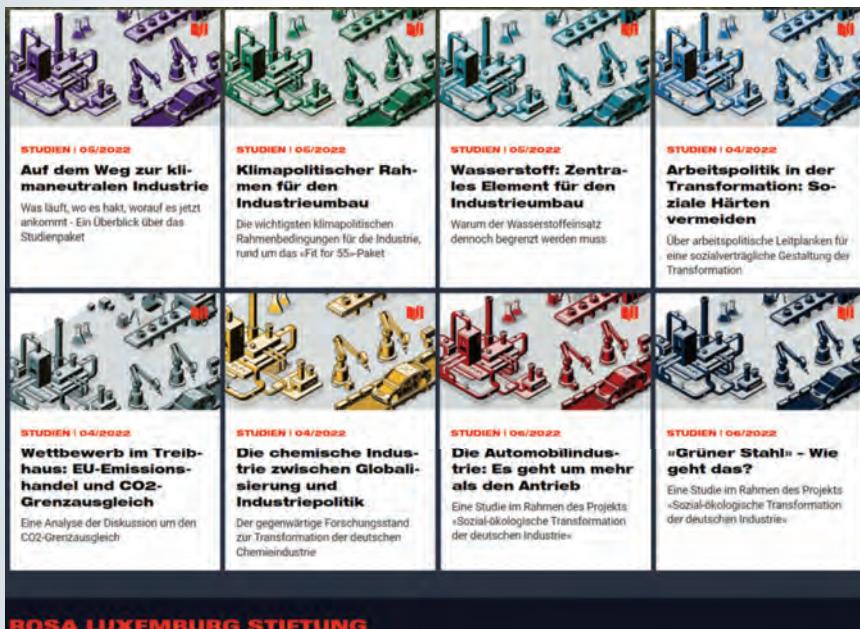


# WASSERSTOFF: DAS ÖL DER ZUKUNFT?

SOMMERSCHULE, BIELEFELD, 16.09.2022

Uwe Witt, Referent Klimaschutz und Strukturwandel, RLS

## RLS-INDUSTRIE-STUDIENPAKET



STUDIEN | 06/2022  
**Auf dem Weg zur klimaneutralen Industrie**  
Was läuft, wo es hakt, worauf es jetzt ankommt - Ein Überblick über das Studienpaket

STUDIEN | 06/2022  
**Klimapolitischer Rahmen für den Industrieumbau**  
Die wichtigsten klimapolitischen Rahmenbedingungen für die Industrie, rund um das «Fit for 55»-Paket

STUDIEN | 06/2022  
**Wasserstoff: Zentrales Element für den Industrieumbau**  
Warum der Wasserstoffeinsatz dennoch begrenzt werden muss

STUDIEN | 04/2022  
**Arbeitspolitik in der Transformation: Soziale Härten vermeiden**  
Über arbeitspolitische Leitplanken für eine sozialverträgliche Gestaltung der Transformation.

STUDIEN | 04/2022  
**Wettbewerb im Treibhaus: EU-Emissionshandel und CO2-Grenzausgleich**  
Eine Analyse der Diskussion um den CO2-Grenzausgleich

STUDIEN | 04/2022  
**Die chemische Industrie zwischen Globalisierung und Industriepolitik**  
Der gegenwärtige Forschungsstand zur Transformation der deutschen Chemieindustrie

STUDIEN | 06/2022  
**Die Automobilindustrie: Es geht um mehr als der Antrieb**  
Eine Studie im Rahmen des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie»

STUDIEN | 06/2022  
**«Grüner Stahl» – Wie geht das?**  
Eine Studie im Rahmen des Projekts «Sozial-ökologische Transformation der deutschen Industrie»

ROSA LUXEMBURG STIFTUNG



Uwe Witt  
**WASSERSTOFF:  
ZENTRALES ELEMENT FÜR  
DEN INDUSTRIEUMBAU**

ROSA LUXEMBURG STIFTUNG



**Fair Green Hydrogen:**

Chance or Chimera in Morocco, Niger and Senegal?

**RLS-Studie (2022):**

**Fairer grüner Wasserstoff:  
Chance oder Chimäre in Marokko, Niger  
und Senegal?**

**Arepo GmbH**



info@arepo-consult.com

[www.arepo-consult.com](http://www.arepo-consult.com)

April 2022

## **ABLAUF**

- Klimapolitischer Rahmen
- Grundlagen Wasserstoff
- Einsatzfelder
- Bedarf und Aufkommen
- Wasserstoff und Erdgas / LNG
- Institutionelles
- H2-Importe
- Projekte



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit

**Film des BMU zur PtX-Konferenz 2019:**

[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Videos/2019/191122\\_ptx\\_erklaerfilm/191122\\_ptx\\_erklaerfilm.mp4](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Videos/2019/191122_ptx_erklaerfilm/191122_ptx_erklaerfilm.mp4)

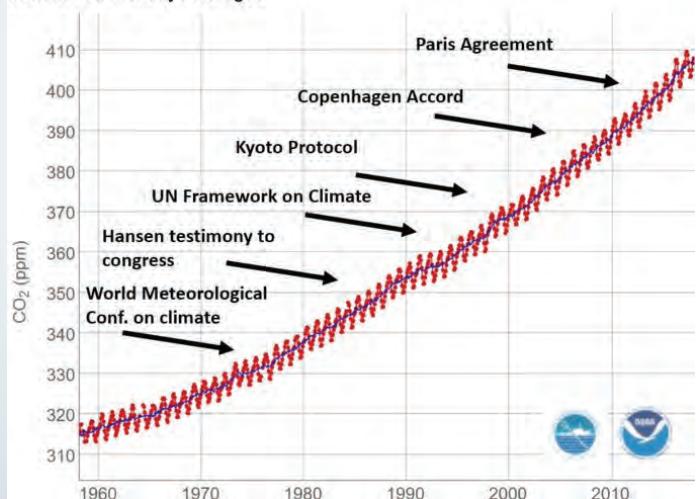
**KLIMAPOLITISCHER RAHMEN**

## PARISER ABKOMMEN

Erderwärmung deutlich unter 2 Grad, möglichst 1,5 Grad

IPCC-Bericht 2021: 1,5 Grad kaum noch zu schaffen, Vollbremsung für 2-Grad-Ziel

Mauna Loa Monthly Averages



## Das Klimaziel der EU

CO<sub>2</sub>-Emissionen der EU27 und Großbritanniens seit 1990  
(in Mrd. Tonnen) und Reduktionsziele (Stand: 15.7.2021)

■ Stagnierend ■ Sinkend ■ Ziel

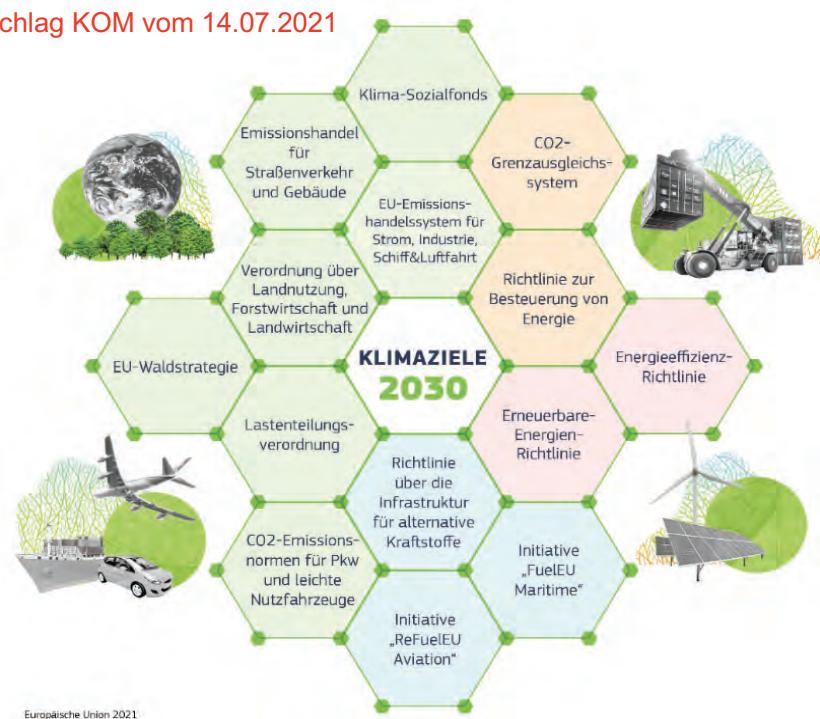


Quellen: EDGAR, Statista-Berechnung



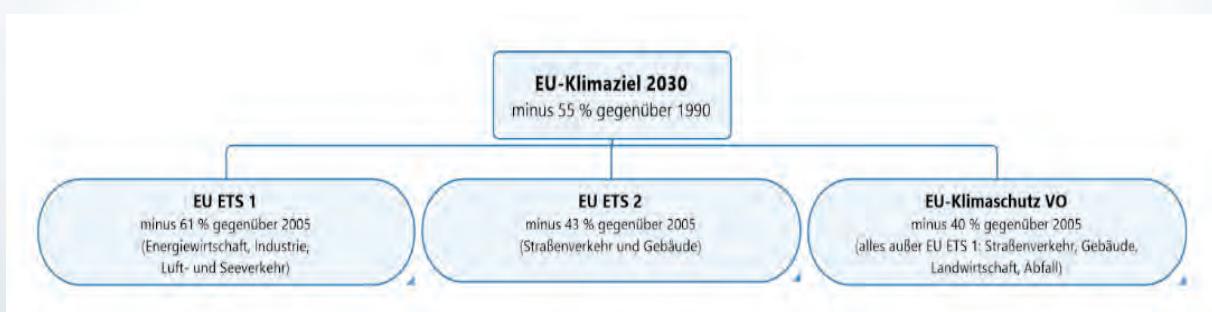
## ÜBERSICHT FIT-FOR-55 PAKET (TEIL 1)

Vorschlag KOM vom 14.07.2021



## "FIT FOR 55"-PAKET (TEIL 1)

- Vorschlag KOM vom 14.07.2021
- Ausgangspunkt:
  - Anhebung EU-Gesamtziel-Minderungsziel THG von 40 % auf 55 % bis 2030 gegenüber 1990 im EU-Klimagesetz
  - entspricht knapp 53 % ohne Senken, bedeutet ungefähr eine Verdopplung des bisherigen Klimaschutztempo.



## FIT-FOR-55 PAKET (TEIL 2)

Vorschläge KOM vom Herbst / Winter 2021

- **Überarbeitung der EU-Gebäude-Richtlinie**

- Exakt: EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)
- emissionsfreier Gebäudebestand bis 2050
- ab 2030 alle neuen Gebäude in der EU emissionsfrei
- Einführung von Mindesteffizienznormen auf EU-Ebene

- **EU-Gaspaket**

- Gesetzgebungsakt zur Verringerung der Methanemissionen im Öl-, Gas- und Kohlesektor
- Überarbeitung der EU-Gasrichtlinie von 2009, Überarbeitungen der Verordnung von 2017 über die Sicherheit der Gasversorgung u.a.
- Begleitende „Delegierte Rechtsakte“ (wie **Taxonomie oder Nachhaltigkeitskriterien für grünen Wasserstoff**)

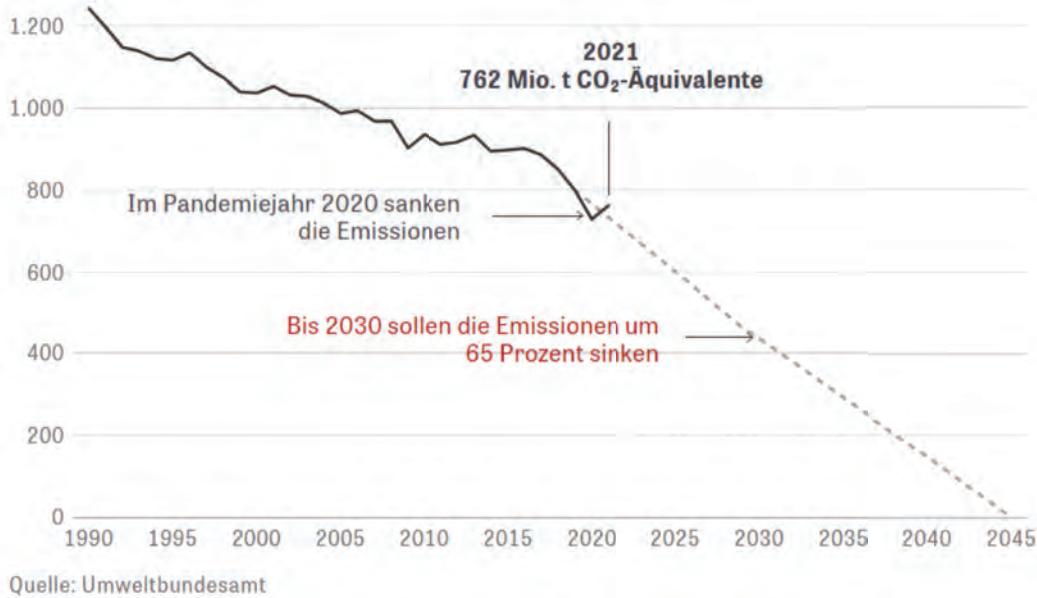
## FIT-FOR 55-PAKET DER EU

- Insgesamt noch kein klimagerechter Beitrag zu Paris
- Dennoch überraschend ambitioniert und enorme Herausforderung für alle Staaten und Sektoren

## DEUTSCHE THG-EMISSIONEN

ROSA LUXEMBURG STIFTUNG

Nachdem die Emissionen 2020 durch die Corona-Pandemie sanken, stiegen sie zuletzt wieder deutlich an. Um das Klimaschutzgesetz zu erfüllen, muss dringend nachgebessert werden.



Quelle:  
DIE ZEIT-Online

Die wichtigsten Daten zur  
Energieversorgung –  
täglich aktualisiert

## BUNDESKLIMASCHUTZGESETZ

ROSA LUXEMBURG STIFTUNG

### Anlage 2 (zu § 4) Zulässige Jahresemissionsmengen für die Jahre 2020 bis 2030

(Fundstelle: BGBl. I 2021, 3907)

Jahresemissionsmenge in Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalent	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Energiewirtschaft	280		257								108
Industrie	186	182	177	172	165	157	149	140	132	125	118
Gebäude	118	113	108	102	97	92	87	82	77	72	67
Verkehr	150	145	139	134	128	123	117	112	105	96	85
Landwirtschaft	70	68	67	66	65	63	62	61	59	57	56
Abfallwirtschaft und Sonstiges	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4

## BUNDESKLIMASCHUTZGESETZ

Anlage 2 (zu § 4)  
Zulässige Jahresemissionsmenge für die Jahre 2020 bis 2030

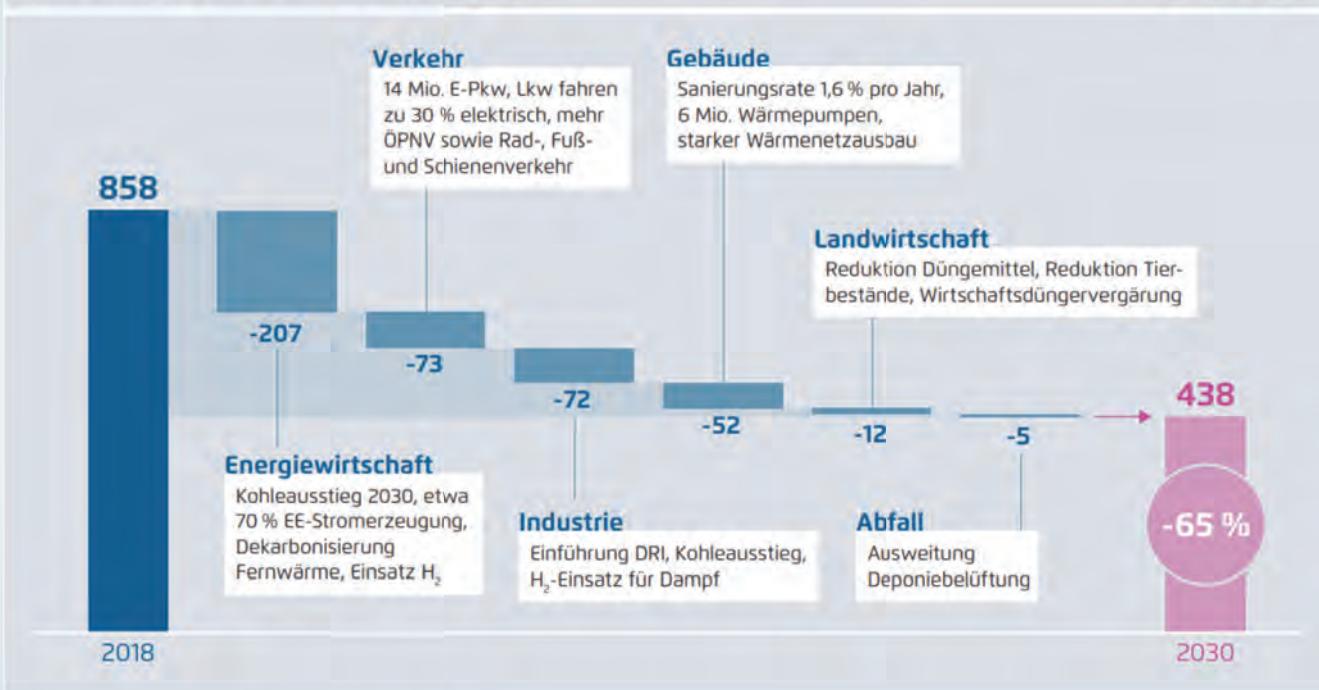
(Fundstelle: BGBl. I 2020, 2007)

Jahresemissionsmenge in Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalent	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Energiewirtschaft	280	277	172	165	158	147	140	132	125	118	108
Industrie	186	182	177	172	165	158	147	140	132	125	118
Gebäude	118	113	108	102	99	92	87	82	77	72	67
Verkehr	150	145	139	134	128	122	117	112	105	96	85
Landwirtschaft	70	68	67	66	65	63	62	61	59	57	56
Abfallwirtschaft und Sonstiges	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4

(2021 minus 38,7 Prozent)

Drei Schritte zur Klimaneutralität: Schritt 1 – 65 Prozent Minderung bis 2030  
(Treibhausgas-Emissionen in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq)

Abbildung 3



## GRUNDLAGEN WASSERSTOFF

## H2: VIERTE SÄULE DES KLIMASCHUTZES

Der Einsatz von Wasserstoff und seinen Folgeprodukten wird die „vierte Säule des Klimaschutzes“.

**Die anderen drei sind:**

- der Ausstieg aus den fossilen Energien,
- der Aufbau einer vollständig regenerativen Energieerzeugung sowie
- Energieeinsparung

## METHODEN DER H2-HERSTELLUNG

- „**Grauer Wasserstoff**“: Dampfreformierung von Erdgas oder Kohle, CO2 geht in Atmosphäre / bzw. Elektrolyse mit Strommix
- „**Blauer Wasserstoff**“: Grauer Wasserstoff bei dem mittels CCS anfallendes CO2 abgeschieden und verpresst wird (auch andere fossile Energieträger möglich)
- „**Türkiser Wasserstoff**“: thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse), H2 und fester Kohlestoff fällt an (nur im Labormaßstab)
- „**Roter Wasserstoff**“ bzw. „**Gelber Wasserstoff**“: Herstellung über Elektrolyse mittels Atomstrom
- „**Grüner Wasserstoff**“: Elektrolyse mittels Ökostrom
- Alle Verfahren extrem energieaufwändig

## WAS BEDEUTET PTX?

**PtL – Power to liquid:** Synthetische flüssige Kraft- und Brennstoffe aus H2 und CO2 (letzteres muss aus Atmosphäre kommen)

**PtG – Power to Gas:** Speicherung und Rückverstromung von reinem H2 oder synthetischen Methan

**PtX:** Überbegriff für PtL und PtG

## HERSTELLUNG VON WASSERSTOFF WELTWEIT (2019)

aus Erdgas:	48 Prozent
aus Benzin, Diesel oder Ethanol:	30 Prozent
aus Kohle:	18 Prozent
aus Graustrom:	4 Prozent
aus Ökostrom:	?

➤ Weltweit nur 0,7 Prozent des Wasserstoffs emissionsfrei hergestellt

## GESCHÄFTSMODELLE? ENERGIEWIRTSCHAFTLICH SINNVOLL?

Es muss **ausreichend Überschuss an Ökostrom** zur Verfügung stehen!

- **BNetzA (2019):** bis 2030 darum (nach damaligen Ausbauplänen) **nur 2,8 GW Elektrolyseleistung realistisch**
- **Bundesregierung 2021:** 10 GW Elektrolyseleistung bis 2030
- **Öko-Institut (2021):** bis 2030 müssten **für 10 GW** rund 30 TWh **regenerativer Strom** zusätzlich erzeugt werden - entspricht etwa dem Doppelten des durchschnittlichen Wachstums der gesamten EE-Stromerzeugung in den Jahren 2010 bis 2020

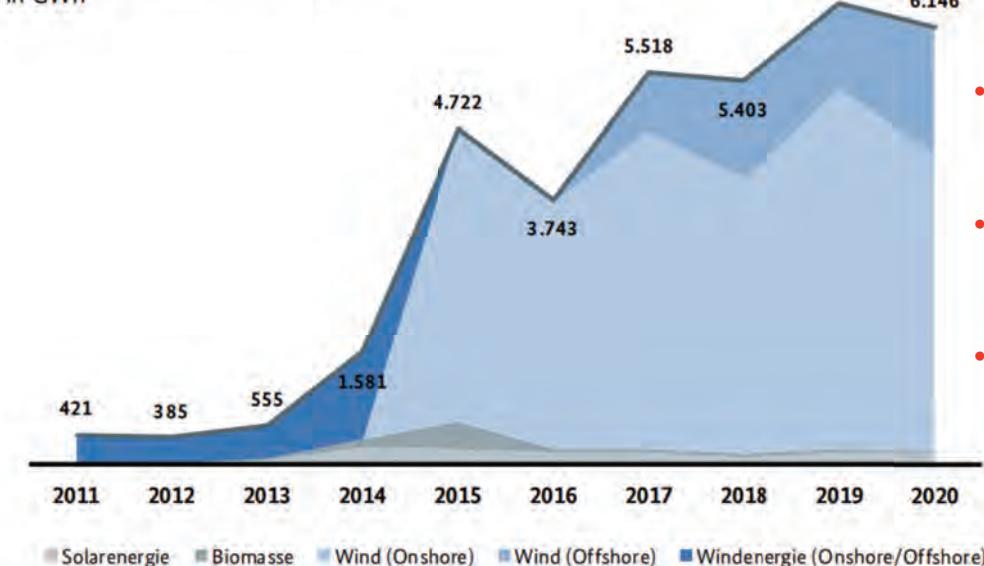
## GESCHÄFTSMODELLE? ENERGIEWIRTSCHAFTLICH SINNVOLL?

Stunden mit „Überschussstrom“ reichen momentan nicht aus

- **Netzbedingte EE-Überschüsse auch für die Zukunft gering** (BnetzA rechnet 2025 mit ähnlicher Größenordnung, wie heute anfällt (6 TWh)
- Anlagen müssen in Nähe (vor dem) Netzengpass stehen, Orte mit Netzengpässen verändern sich jedoch
- Relevante **marktbedingte EE-Überschüsse** (volkswirtschaftlich) erst ab etwa 60 % Ökostrom (vielleicht gegen 2025)

3.000 bis 4.000 Vollaststunden Minimum für Elektrolyseure – wer kann diese garantieren?

**Elektrizität: Ausfallarbeit verursacht durch Einspeisemanagementmaßnahmen**  
in GWh



6.000 GWh = 6 TWh

- **Koa-Vertrag:** Bis 2030 Elektrolyseleistung von 10 GW
- Entspricht «grüner» H2-Produktion von bis zu 28 TWh bzw.
- benötigter erneuerbarer Strommenge von bis zu 40 TWh

## KLIMASCHUTZ: WANN VERMINDERN PTX ÜBERHAUPT TREIBHAUSGASEMISSIONEN?

Meta-Studie des Öko-Instituts „Bedeutung strombasierter Stoffe für den Klimaschutz in Deutschland“

Umstellung der Wasserstoff-Herstellung auf die Elektrolyse:

- ab einem Stromemissionsfaktor von ca. 200 g CO<sub>2</sub>/kWhel = **70 Prozent Ökostrom** im Netz

strombasierte Substituten für Diesel und Erdgas:

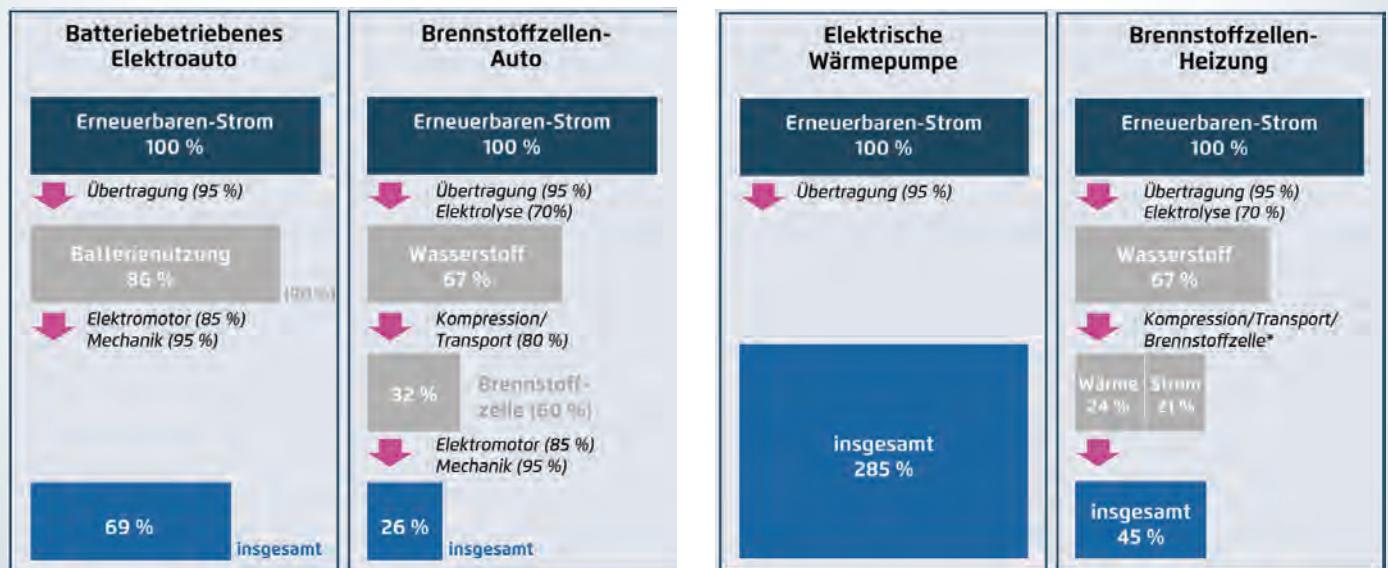
- ab einem Stromemissionsfaktor von ca. 150 g CO<sub>2</sub>/kWhel = **80 Prozent Ökostrom** im Netz

## KLIMASCHUTZ: WANN VERMINDERN PTX ÜBERHAUPT TREIBHAUSGASEMISSIONEN?

- **Gilt im Grundsatz auch für Importe**, durch die später 70 bis 80 Prozent des H<sub>2</sub>-Bedarfes decken sollen
- **Sinnvoller Aufwuchspfad** schon früher dennoch notwendig!

## H2-EINSATZFELDER

## WASSERSTOFF – KEIN ÖL DER ZUKUNFT

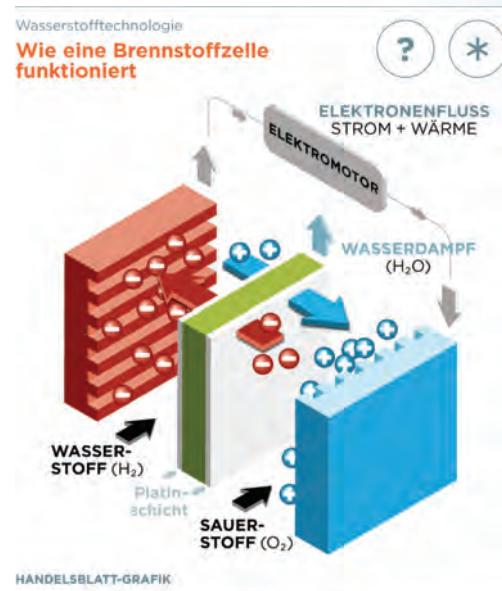


Quelle: Prognos u. a. 2021

## WIE EINE BRENNSTOFFZELLE FUNKTIONIERT

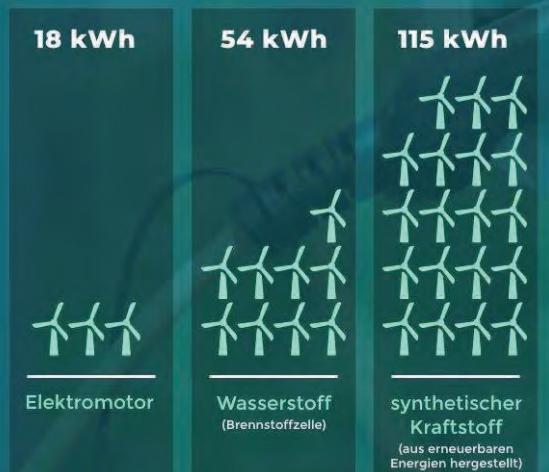
<https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiewende-nationale-wasserstoffstrategie-31-massnahmen-die-deutschland-zum-vorreiter-machen-sollen/25490610.html?ticket=ST-3866839-JuWN2s3cNfaaPQzISL31-ap6>

<https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/klima-energie-und-umwelt/wirtschaftsministerium-2-milliarden-euro-fuer-wasserstofftechnik-16608936/ein-tankfahrzeug-verlaesst-das-16608960.html>



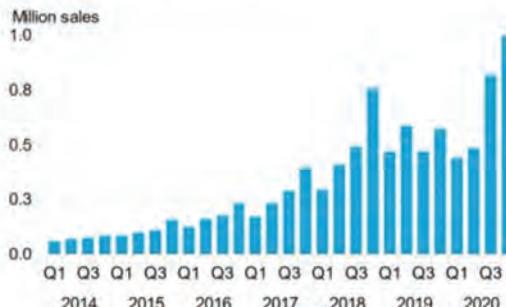
## Effizienz verschiedener Antriebsarten

So viel Strom wird benötigt, um jeweils 100 km mit dem Pkw zurückzulegen.



## Global BEV vs. FCV sales

### Battery electric vehicles



### Fuel cell vehicles



Source: BNEF

21 27 January 2021

Agora Energiewende/Agora Verkehrswende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe

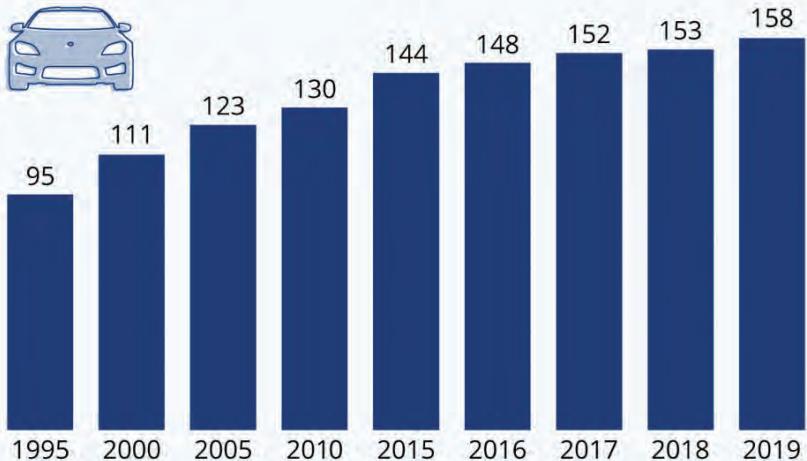
## VOLKSWIRTSCHAFTLICHE KOSTEN

### UBA-Studie 2019: Sensitivitäten Kostenbewertung

- kostengünstigste Option für den Umbau des Verkehrs Elektrofahrzeuge
- Brennstoffzelle gegenüber einer möglichst direkten Nutzung von Strom im Zeitraum 2020 - 2050 rund 600 Milliarden Euro Mehrkosten
- Berücksichtigt wurden: Bereitstellung des Wasserstoffes, Aufbau und Betrieb der Infrastruktur zur Wasserstoffversorgung sowie Fahrzeugherstellung

## Neuwagen werden immer PS-stärker

Durchschnittliche PS-Zahl verkaufter Neuwagen in Deutschland



Quelle: CAR Uni Duisburg-Essen



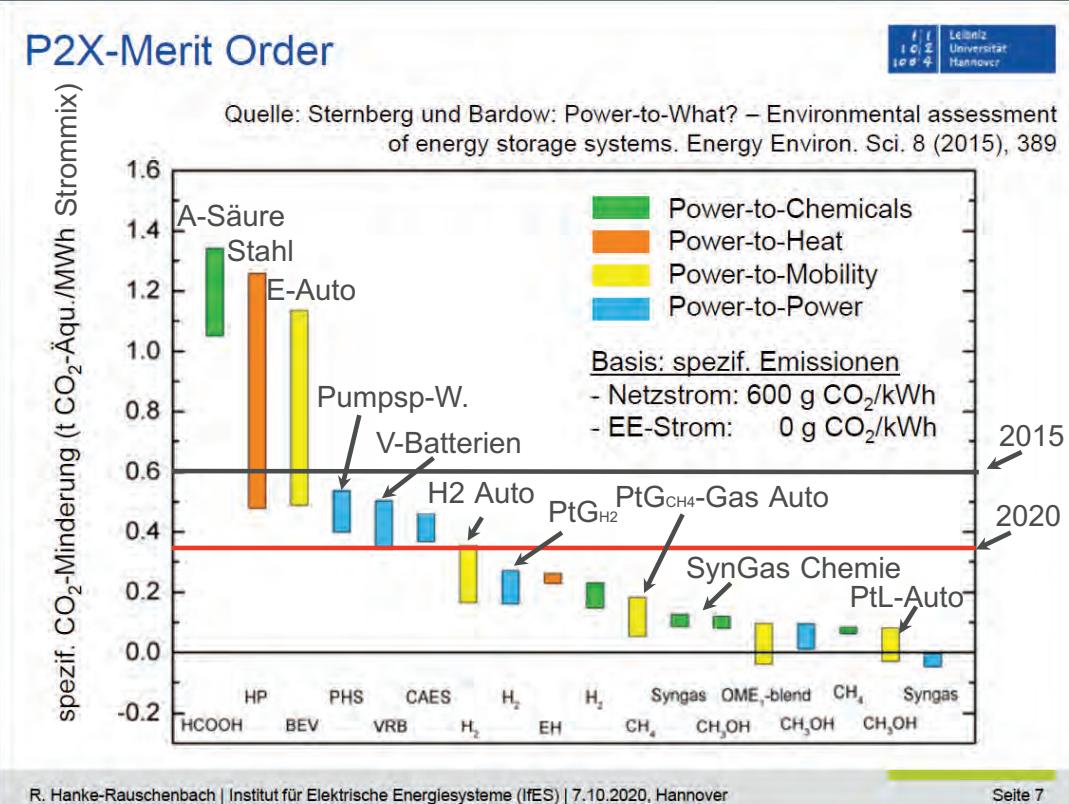
statista

## H2-EINSATZFELDER

1. Wo deutlich effizientere direkte oder batteriegestützte Stromeinsatz nicht, oder nur unter enormen Aufwand möglich wäre (**Flug- und Seeverkehr**)
2. Um Treibhausgase zu vermeiden, die in der Industrie nicht energiebedingt entstehen, sondern aufgrund von **stofflichen Prozessen** (Stahlproduktion)
3. Zur **thermischen Verwendung** zur Ablösung von Erdgas in Hochtemperatur-Prozessen
4. Für aus H2 und Kohlenstoff erzeugte Kohlenwasserstoffverbindungen in der Chemischen Industrie, um Erdgas und Erdöl als **Grundstoff** ersetzen.
5. Als **Langzeit-Speichermedium** zur Rückverstromung in Dunkelflauten

## H2-EINSATZFELDER

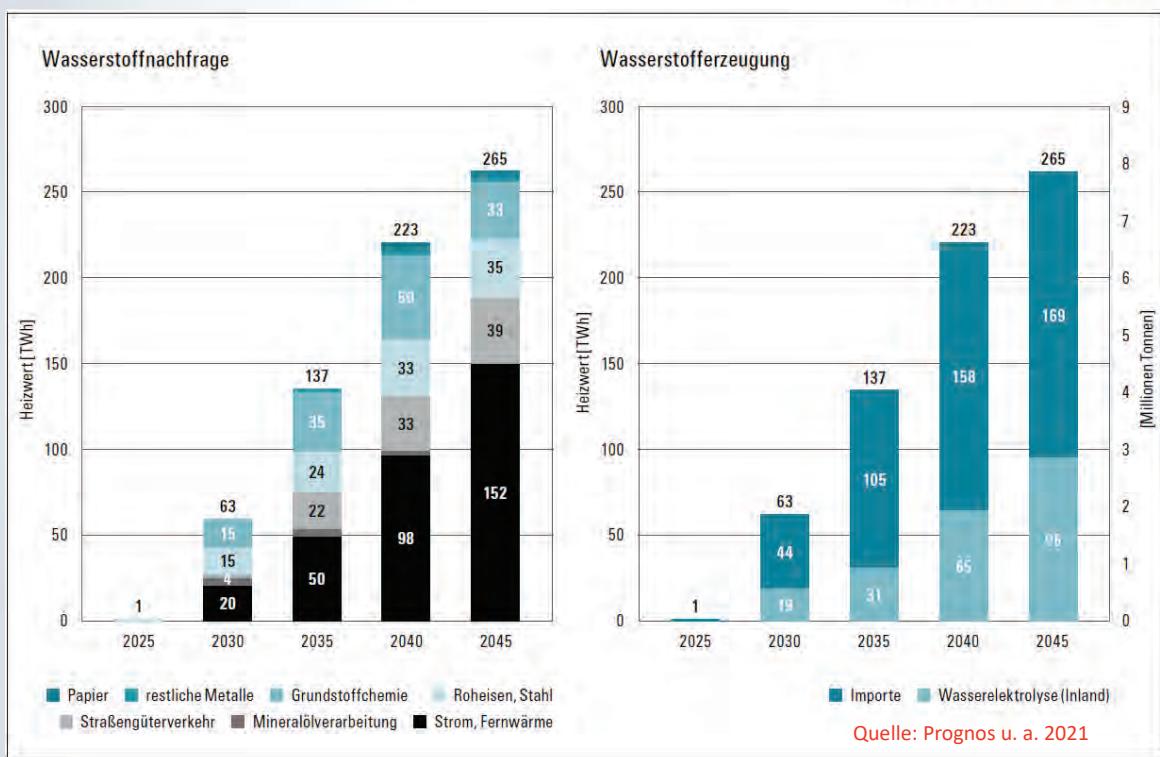
- Auch **Wasserstoffstrategie der Bundesregierung** hat im Grundsatz entsprechende Anwendungs-Hierarchie, schließt allerdings auch H2/E-Fuels in Pkws und im Niedrigtemperatur-Wärmebereich nicht aus
- **Entscheidung Bundesregierung** als Positionierung für Umweltrat (28.06.22) durchlöchert Verbrennerverbot:  
**E-Fuels auch nach 2035 für Pkws und leichte Nutzfahrzeuge**  
(„exklusiv mit klimaneutralen Kraftstoffen“) – FDP macht Umbau europaweit teurer praktische Auswirkung auf H2-Bedarf aber begrenzt (weil ohnehin viel zu teuer)
- **Lobby der Gebäudewirtschaft** macht Druck auf H2-Einsatz über Brennstoffzellen für Heizzwecke



## BEDARF UND AUFKOMMEN

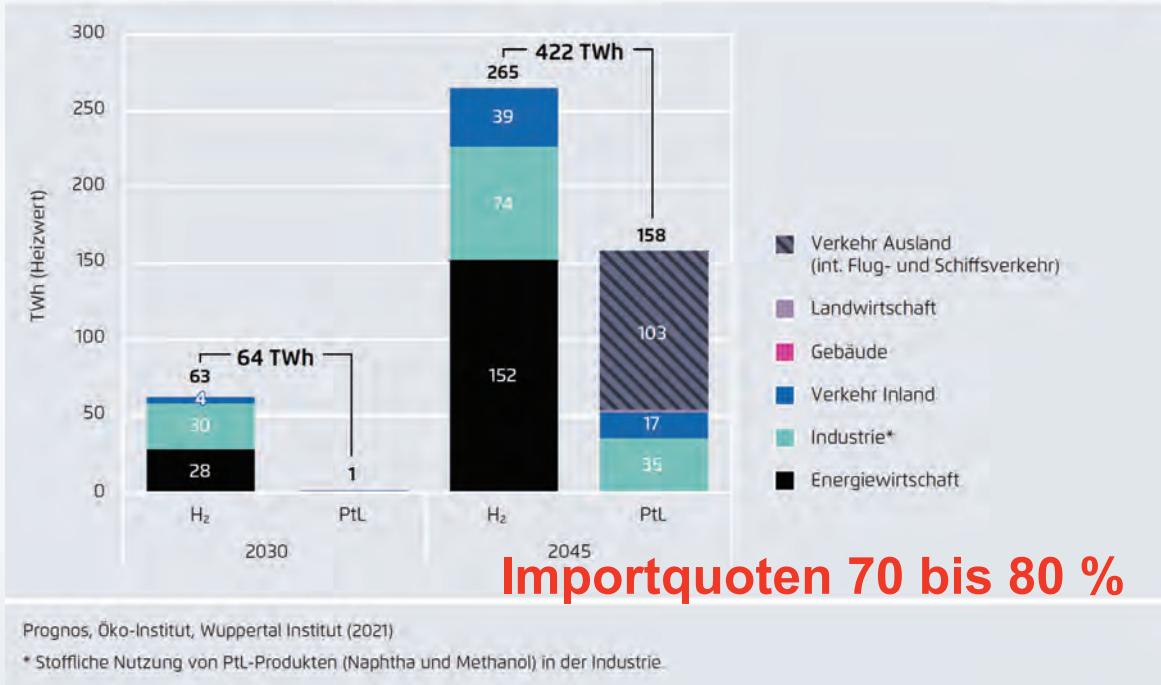


## BEDARF / ERZEUGUNG H2/PTX



Wasserstoff- und Power-to-Liquid-Einsatz (PtL)

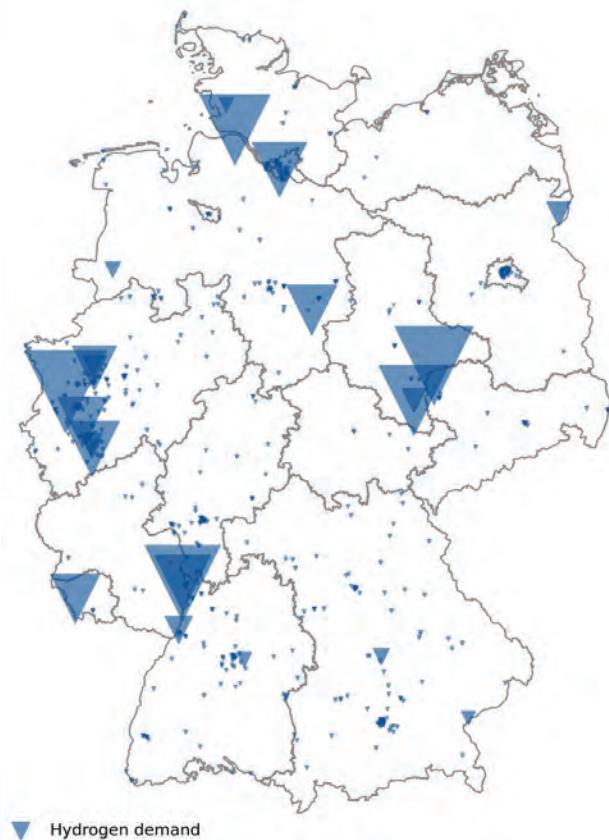
Abbildung 65



## STEILER ANSTIEG H2-BEDARF ERST AB 2030 AUS DREI GRÜNDEN

1. **Sehr hohe CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten**
  - andere Optionen sind schlicht billiger (Dämmung in Gebäuden, Effizienzsteigerung, Industrieprozesse und Elektrifizierung Verkehr)
2. es gibt **viele Teilprozesse**, die zwar in Demonstrationsgröße erprobt sind, aber noch **für den großindustriellen Einsatz skaliert** werden müssen
  - Zeitbedarf von mindestens 10 Jahren
3. **Limitierung der Ausbaugeschwindigkeit** durch die benötigten materiellen, fachlichen und administrativen Infrastrukturen (komplexe Synchronisierung Wind / Elektrolyse / Transport)

## WO LIEGT RÄUMLICH DIE KÜNFTEIGE PTX-NACHFRAGE?



▼ Hydrogen demand

Nettostromerzeugung und Importsaldo

Abbildung 8



ROSA LUXEMBURG STIFTUNG

Stromverbrauch im Jahr 2050 liegt 370 TWh höher als heute

Von dem Anstieg entfallen etwa

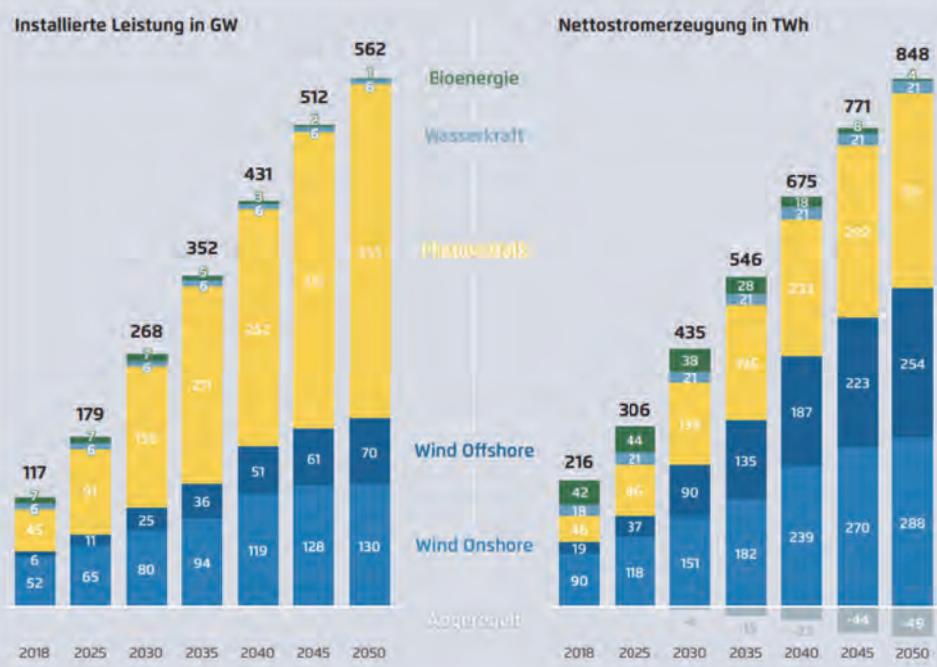
- 160 TWh auf den Verkehr
- 130 TWh auf die H2-Herstellung
- 70 TWh auf die Industrie.

Leicht rückläufig:  
Stromverbrauch im Gebäudesektor

Effizienzverbesserungen bei:  
Elektrogeräten, Beleuchtung,  
Nachspeicherheizungen  
und Elektroboilern  
(sparen mehr ein, als Wärmepumpen  
brauchen)

## Erneuerbare Energien

## Abbildung 9



Quelle: Prognos u. a. 2021

Notwendiger mittlerer jährlicher Ausbau  
Bruttozubau, bei 25 Jahren Lebensdauer

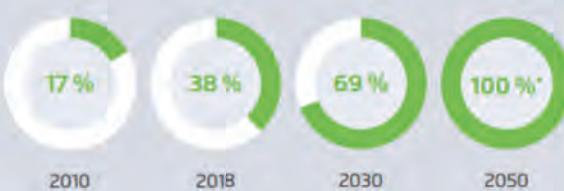
2021–2030

Ausbaustärkste Jahrgänge  
der Vergangenheit:

Photovoltaik: 8 GW (2010, 2012)  
Wind Offshore: 2 GW (2015)  
Wind Onshore: 5 GW (2014, 2017)

Kumulierter Bruttozubau  
zwischen 2021 und 2030:

Photovoltaik: 98 GW  
Wind Offshore: 17 GW  
Wind Onshore: 44 GW

Anteil Erneuerbarer Energien  
am Bruttostromverbrauch

\* Inkl. Stromerzeugung aus erneuerbar erzeugtem Wasserstoff, zwischengespeichertem und importiertem erneuerbaren Strom  
Prognos (2020)

Quelle: Prognos u. a. 2021

## WASSERSTOFF UND ERDGAS / LNG

## WASSERSTOFF ALS GASERSATZ?

- Gefahr des Vorziehens (ohne ausreichend Ökostrom)
- Gefahr des Einsatzes in inneffizienten Anwendungen (vor allem Raumwärme und damit Lock-In)
- H2-Traum von Ukraine platzt jedoch:

EU-Wasserstoffindustrie in:

„Green Hydrogen for  
a European Green Deal  
A 2x40 GW Initiative“

[Link](#)

- Kritisch dazu:  
<https://corporateeurope.org/en/hydrogen-1>

Electrolyser Capacity	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total 2030
<b>Domestic Market [MW]</b>									
Ammonia North Africa	75	125	250	500	750	1,000	1,250	1,500	5,450
Ammonia Ukraine	50	100	200	250	300	400	500	1,800	
Other (glass, steel, refineries)				10	20	30	40	50	150
Hydrogen refuelling stations					10	20	30	40	100
<b>Export Market [MW]</b>									
Hydrogen North Africa (Hydrogen plants)	500	1,000	2,000	3,000	4,000	6,000	8,000	24,500	32,500
Hydrogen Ukraine (Hydrogen plants)	500	700	1,000	1,400	1,900	2,500	8,000		
<b>Total (MW)</b>	<b>75</b>	<b>675</b>	<b>1,850</b>	<b>3,410</b>	<b>5,030</b>	<b>6,750</b>	<b>9,620</b>	<b>12,590</b>	<b>40,000</b>

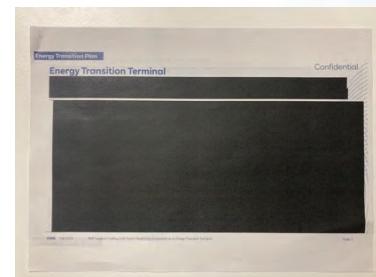
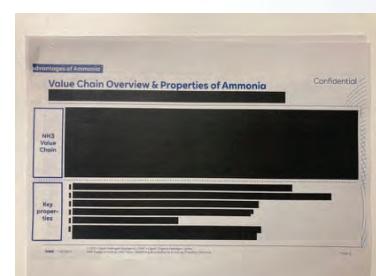
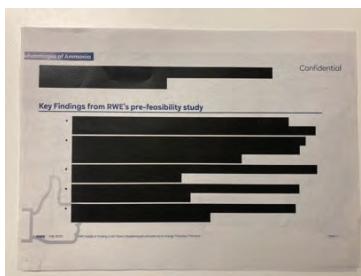
*Table 2 A roadmap to 40 GW electrolyser capacity in North Africa and Ukraine 2030 shows the development of a domestic market (7.5 GW) and an export market (32.5 GW).*

## LNG-TERMINALS UMRÜSTBAR AUF WASSERSTOFF ODER AMMONIAK?

- „H2 Ready“ ist Nebelkerze
- nach LNG-Beschleunigungsgesetz dürfen Terminals bis ins Jahr 2043 für reines LNG genutzt werden
- H2 muss bei minus 273 Grad statt bei minus 163 Grad, wie LNG gekühlt werden - ganz andere Anforderungen an Verdampfer, Leitungen und Speicher
- Umstellung Terminals auf Ammoniak?
  - Von Temperaturen her zwar einfacher. Allerdings Rückverwandlung in Wasserstoff extrem verlustreich und technisch in den Kinderschuhen

## LNG-TERMINALS UMRÜSTBAR AUF WASSERSTOFF ODER AMMONIAK?

- **UIG-Anfrage** DUH an BMWK zur Möglichkeit solche Umrüstungen:
- **U.a. Antwort** RWE zu LNG-Terminal Brunsbüttel:
- **Quelle:**  
<https://twitter.com/ConstZerger/status/1569940157121323013?s=20&t=hzjNcQctsHcoVwWsPfZ3HQ>



## INSTITUTIONNELLES

## NATIONALE WASSERSTOFFSTRATEGIE (BMWI)

- **2020 im Kabinett verabschiedet**
- **31 Maßnahmen**, die Deutschland „zum Vorreiter“ machen sollen
- bis zum Jahr **2030 rund 20 Prozent** des in Deutschland verbrauchten Wasserstoffs über **CO2-freien Wasserstoff** zu decken
- **Modellprojekte** („signifikante Netzentlastung“)
- Erzeugungspotenzial „in Höhe von **drei, möglichst fünf Gigawatt (GW) Elektrolyseleistung**“ bis **2030** (Koavertrag Ampel: **10 GW**)
- „**faire Ausgestaltung**“ staatlich induzierter Preisbestandteile
- Prüfung „**Änderungsbedarf des regulatorischen Rahmens** zur Schaffung der dafür notwendigen Voraussetzungen“

## **NATIONALE WASSERSTOFFSTRATEGIE (BMWI) INSTITUTIONNELLES:**

### **„Nationaler Wasserstoffrat“**

- zwölf Experten
- Vorschläge und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Wasserstoffstrategie

### **„Nationale Geschäftsstelle Wasserstoff“**

- u.a. Monitoring der Wasserstoffstrategie

### **„Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ (NOW GmbH)**

- koordiniert und steuert Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) und die Förderrichtlinien Elektromobilität sowie Ladeinfrastruktur (LIS)



## **STAND DER UMSETZUNG**

Siehe Umsetzungsberichte, [letzter](#) von September 2021

## H2-IMPORTIERTE



Solarkraftwerk Ouarzazate im Süden Marokkos

<https://www.wiwo.de/my/politik/ausland/wasserstoff-aus-wind-und-sonnenstrom-der-traum-vom-gruenen-wasserstoff-aus-aller-welt/25540874.html?ticket=ST-3851518-VcXcDmS3dUiGuoQnNIAi-ap6>

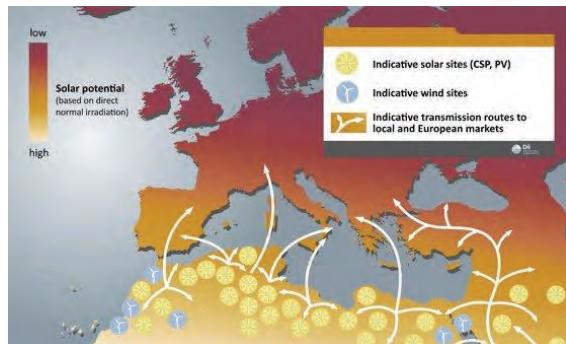
## FLÄCHEN, WASSER, ROHSTOFFE

- Weniger Flächen und Wasserverbrauch als Biomasseenergie
- Aber **als Ersatz für direkte Stromnutzung deutlich höherer Inanspruchnahme**
- Kampf um EE-Vorzugsflächen und Ressourcen
- Wasserbedarf ähnlich anderer Industrieprozesse (70 L/L Kraftstoff, 9 Liter je Kg H2)
  - aber überall verfügbar?
- **Verzögerte und ggf. teurere Transformation in Lieferländern?**

# WASSERSTOFF-IMPORTE GUNSTREGIONEN / MÖGLICHE LIEFERLÄNDER LAUT BREG

## Ökostromquoten 2018:

Marokko:	19,7 %
UAE:	0,7 %
Algerien:	0,9 %
Ägypten:	8,5 %
Saudi-Arabien:	0,05 %
Westafrika:	28,3 %
Chile:	48,1 %
Brasilien:	80,0 %
Australien:	19,5 %



## Fazit:

Importe gingen in absehbarer Zeit auf Kosten der Dekarbonisierung (und vielfach auch der öffentlichen Stromversorgungsquote) der potentiellen Lieferländer!

# WASSERSTOFF NAMIBIA - GIGANTISMUS

- 300.000 Tonnen Wasserstoff im Jahr ab 2026 (Bau ab 2024)
- Solar- und Windkraftanlagen, Gesamtkapazität von 5 Gigawatt
- Elektrolyseure, Meerwasserentsalzungsanlagen
- neuer Tiefwasserhafen (Ammoniak-Verschiffung)
- Standort: Tsau-Khaeb-Nationalpark
- Fläche: 1,5-mal Saarland
- Investor: Hyphen Hydrogen Energy
  - Infrastrukturinvestor Nicholas Holdings
  - Enertrag South Africa (SA)
- Investitionen: **9,4 Milliarden Dollar**
- gesamte Wirtschaftsleistung Namibias 2021: **12 Milliarden Dollar**



## H2 AUS AUSTRALISCHER BRAUNKOHLE PLUS CCS - FÜR JAPANISCHE AUTOS



<https://www.qmeb.com.au/20-shades-of-brown-coal/>



[https://www.aquaetgas.ch/de/aktuell/branchen-news/20191230\\_wasserstoff-aus-australien-f%C3%BCr-japan/](https://www.aquaetgas.ch/de/aktuell/branchen-news/20191230_wasserstoff-aus-australien-f%C3%BCr-japan/)



Fair Green Hydrogen:

Chance or Chimera in Morocco, Niger and Senegal?

**RLS-Studie (2022):**

**Fairer grüner Wasserstoff: Chance oder Chimäre in Marokko, Niger und Senegal?**

**Arepo GmbH**

## ERGEBNISSE RLS H2-WESTAFRIKA-STUDIE (AREPO 2022)

- Frühere Importe nicht ausgeschlossen, aber extrem voraussetzungsvoll
- Um erneute neokoloniale Verhältnisse zu verhindern, müssten auch spätere Importe unter strikten Rahmenbedingungen stattfinden:
  - **auszuschließen**, dass Wasserstoffexporte in die Industrieländer **zu Lasten** der Bemühungen in den Lieferländern gehen, ihre eigene Dekarbonisierung zu betreiben und die in der Regel vorherrschende Energiearmut zu überwinden
- **Ökosoziale Guidelines**: keine negativen Umweltfolgen, keine Vertreibung oder Flächenkonflikte, Beteiligung Bevölkerung etc.
- „**Zusätzlichkeit 2.0**“, da „niedrig hängende Früchte“ geerntet werden

## ERGEBNISSE RLS H2-WESTAFRIKA-STUDIE (AREPO 2022)

- „**Zusätzlichkeit 2.0**“
  - Zusatznutzen muss garantiert sein für Lieferländer
  - etwa zusätzliche Investitionen in Ökostromanlagen und entsprechender Infrastruktur vor Ort
  - ... und zwar in einem relevanten Maßstab zusätzlich zu jenen Wind- oder Photovoltaik-Anlagen hinaus, die für die Elektrolyseanlagen selbst benötigt werden
  - Nutzen für Region
  - Einbettung in regionale Wirtschaftspolitik

## ZUSÄTZLICHKEIT 2.0

Begleitende Maßnahmen, die gewährleisten, dass Aufbau einer Wasserstoff-Exportinfrastruktur nicht nur die eigene Entwicklung der Lieferländer nicht behindert, sondern einen Zusatznutzen für sie garantiert.

- zusätzliche Investitionen in Ökostromanlagen und entsprechender Infrastruktur vor Ort, und zwar in einem relevanten Maßstab zusätzlich zu jenen Wind- oder Photovoltaik-Anlagen hinaus, die für die Elektrolyseanlagen selbst benötigt werden.
- entsprechend ausgedehnte Flächen- und Wasserverfügbarkeit sowie das Vermeiden von Nutzungskonflikten mit der heimischen Bevölkerung und der Biodiversität wären Voraussetzung

## KRITERIEN FÜR "FAIREN GRÜNEN WASSERSTOFF"

- Zusätzliche Energieinfrastrukturen und erneuerbare Stromkapazitäten?
- Positiver Beitrag zu den SDGs?
- Zusätzliche Leistungen im Hinblick auf die nachhaltige Nutzung von Land oder Landrechten?
- Zusätzliche Wasserinfrastrukturen und Entsalzungskapazitäten?
- Zusätzliche wirtschaftliche Möglichkeiten und lokale Wertschöpfung?
- Einnahmeverwendung für nachhaltige Zwecke?
- Tragen Wasserstoffpläne dazu bei, den Ehrgeiz in nationalen Dekarbonisierungsplänen zu steigern?

## KRITERIEN FÜR "FAIREN GRÜNEN WASSERSTOFF"

### Bereits von anderen (z.B. Öko-Institut, Umweltrat)

- Werden Standards im Bereich der Menschenrechte beachtet?
- Wird für PtL nur CO<sub>2</sub> aus nachhaltigen Quellen verwendet?
- EU-Anforderungen an eine nachhaltige Finanzierung eingehalten?
- Grundsätze der verantwortungsvollen Staatsführung
- Fähigkeiten, Anreize und Motivation, um den Entwicklungsdialog zu lenken, die Investitionsströme zu steuern und die Transparenz zu gewährleisten?
- Beschwerdemechanismen

## KRITERIEN GRÜNER WASSERSTOFF (EU)

### Delegierter Rechtsakt EU zu Art. 27 Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III)

- Die Anforderungen des DR (bislang Entwürfe) beziehen sich auf die Anrechenbarkeit auf EE-Ziele für den Verkehrssektor eines Mitgliedstaates
- Hat Leitfunktion für andere Rechtsakte und nationale Regelungen
- Wurde mehrfach von KOM auf Druck H2-Lobby (z.B. Hydrogen Europe) aufgeweicht, insb. Frage der Zusätzlichkeit, letzter Entwurf von dieser Woche:
  - Kommission bestand **ursprünglich** auf „**Additionalitätsregel**“: Grüner Wasserstoff dürfe nur mithilfe von Ökostrom hergestellt werden, der explizit für diesen Zweck und nachweislich zusätzlich produziert wurde
  - **Ursprünglich:** Ökostromproduktion von zusätzlichen Anlagen in der gleichen oder benachbarten Gebotszone in selber Stunde

## KRITERIEN GRÜNER WASSERSTOFF (EU)

- **Warum?** Ansonsten stünde Ökostrom nicht für mehr das Netz zur (effizienteren) Ablösung von Kohle oder Gas bereit
- **Nun** wäre Wasserstoff auch dann grün, wenn nicht innerhalb der selben Stunde wie der zur Elektrolyse benötigte Strom hergestellt. Stattdessen **zeitliche Verrechnung über einen Monat**, zumindest für Übergangszeit bis Ende 2029 (1. Entwurf viertelstündlich)
- Vorschrift, wonach der **Ökostrom nur aus nicht subventionierten Wind- und Solaranlagen** kommen darf, wurde **entschärft**
- Weiterer Vorstoß EP-Abgeordneter **Markus Pieper (EVP)** im EU-Parlament
  - Will u.a. den (europaweiten) **indirekten Handel von grünem Wasserstoff über Herkunfts nachweise** ermöglichen
  - Will „kohlenstoffarmen“ (u.a. **blauen Wasserstoff**), **grünem gleichzustellen**

## WASSERSTOFFWIRTSCHAFT VERRINGERT PRIMÄRENERGIEIMPORTE

		PJ	TWh	Prozent
Primärenergieverbrauch	2018	13.129	3.646,9	100,0
Primärenergieimporte	2018	9.329	2.591,4	71,1
Primärenergieverbrauch	2045	6.658	1.849,4	100,0
Primärenergieimporte (H2 und synth.)	2045	1.174	326,0	17,6
Verängerung der Primärenergieimporte 2045 auf Prozent von 2018				12,6

Schätzungen für 2045 auf Basis Studie [Klimaneutrales Deutschland 2045](#)

## INFRASTRUKTUR / TRANSPORT



Nur 1.250 m<sup>3</sup> flüssiger Wasserstoff  
H<sub>2</sub> aus australischer Braunkohle  
Mit Diesel angetrieben



8

## Wasserstoffimport

OPTION: AMMONIAK



Importprodukt

Ammoniak-  
synthese

Verflüssiger

Speicher

Transport

Terminal

Stärken

- + Etablierte Technologie
- + Hohe Effizienz

Schwächen

- ⚠ Giftig
- ⚠ Begrenzt einsetzbar



8

## Wasserstoffimport

OPTION: LIQUID ORGANIC HYDROGEN CARRIER (LOHC)

Leopoldina  
Nationale Akademie  
der Wissenschaftenacatech  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWEISSENSCHAFTENUNION  
DER DEUTSCHEN AKADEMEN  
DER WISSENSCHAFTEN

Importprodukt



Hydrierung

Speicher  
(optional)

Transport

Terminal

Dehydrierung

Stärken

- + Einfacher Transport, Lagerung

Schwächen

- ⚠ Niedrige Effizienz
- ⚠ Umweltrisiken bei Havarie



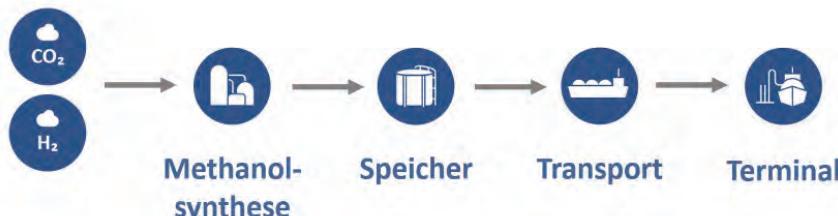
© Allgemeine Services  
KIT, Bramsche

7



## Wasserstoffimport

OPTION: METHANOL



### Stärken

- ⊕ Etablierter Energieträger

### Schwächen

- ⚠ Niedrige Effizienz
- ⚠ Kohlenstoffquelle notwendig

CH<sub>3</sub>OH



© Fraunhofer IMM

10

## Wasserstoffimport

OPTION: METHAN



### Stärken

- ⊕ Etablierter Energieträger

### Schwächen

- ⚠ Niedrige Effizienz
- ⚠ Kohlenstoffquelle notwendig

CH<sub>4</sub>



© chazelles.info

9

## Wasserstoffimport

OPTION: FISCHER-TROPSCH-PRODUKTE

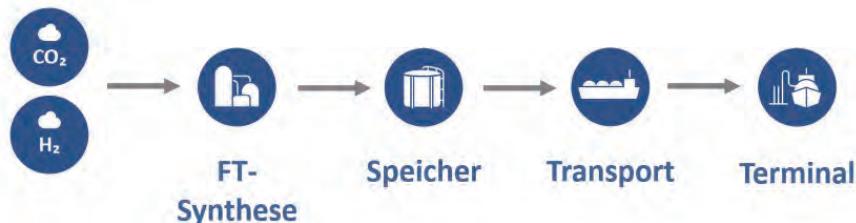


Leopoldina  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften

acatech  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWEISSENSCHAFTEN

UNION  
DER DEUTSCHEN AKADEMEN  
DER WISSENSCHAFTEN

Importprodukt



11

## VERLUSTE

### Wasserstoffimport

EFFIZIENZ



Leopoldina  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften

acatech  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWEISSENSCHAFTEN

UNION  
DER DEUTSCHEN AKADEMEN  
DER WISSENSCHAFTEN

Option	Prozesskette	Effizienz
Wasserstoff per Pipeline	Icon: Pipeline → Icon: Tank	94% - 98%
Ammoniak per Schiff	Icon: Tank → Icon: Building → Icon: Ship → Icon: Tank	80%
Flüssigwasserstoff per Schiff	Icon: Tank → Icon: Ship → Icon: Tank	75%
LOHC per Schiff	Icon: Tank → Icon: Ship → Icon: Tank → Icon: Tank	68%
Methan per Pipeline	Icon: Tank → Icon: Tank	63%
Methanol per Schiff	Icon: Tank → Icon: Ship → Icon: Tank	63%
FT-Produkte per Schiff	Icon: Tank → Icon: Ship → Icon: Tank	56%

14

## Vision für ein H<sub>2</sub>-Netz

ROSA LUXEMBURG STIFTUNG



**Disclaimer:** Bei der Karte handelt es sich um eine schematische Darstellung, die hinsichtlich der eingezzeichneten Speicher und Abnehmer keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

ROSA LUXEMBURG STIFTUNG

## PROJEKTE

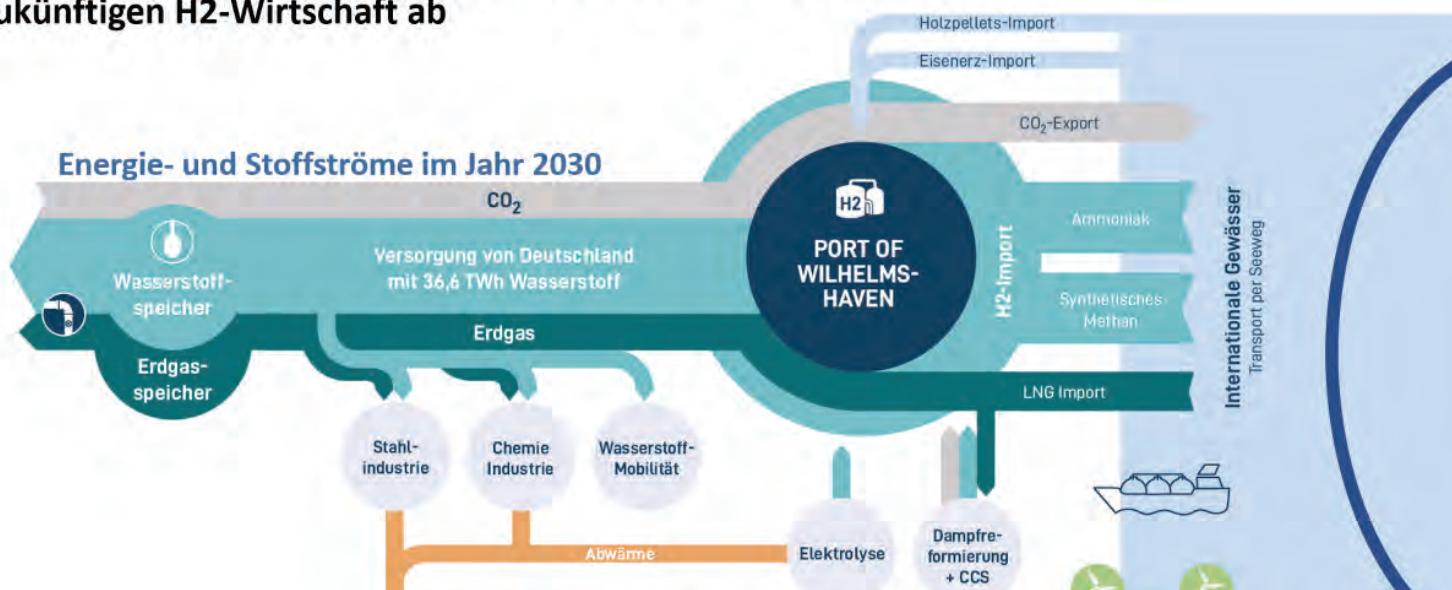
## WILHELMSHAVEN

Alleinstellungsmerkmale:  
starke Basis für den Erfolg

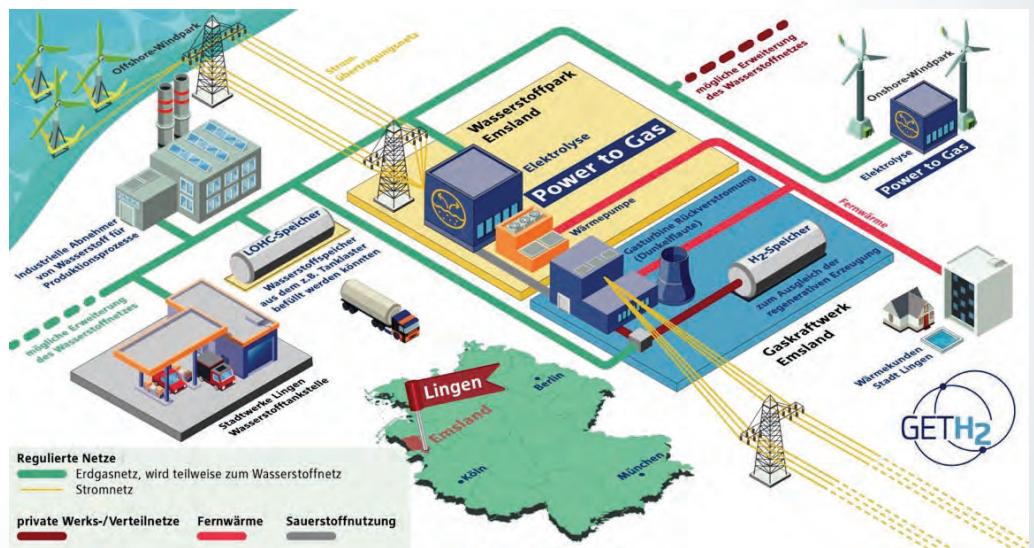


## WILHELMSHAVEN

**Hafen und Region bilden die gesamte Wertschöpfungskette der zukünftigen H2-Wirtschaft ab**



## „HYSYNGAS“: 105 MW POWER-TO-GAS-ANLAGE KERNELEMENT FÜR H2-INFRASTRUKTUR IM EMSLAND



## hybridge (Emsland)



## „HYSYNGAS“

### Industriepark Brunsbüttel

(ARGE Netz, MAN Energy Solutions und Vattenfall)

- Elektrolyseur zur Erzeugung von grünem Wasserstoff 50 Megawatt (MW)
- Anlage zur Herstellung synthetischen Methans mit einer Leistung von mindestens 40 Tonnen pro Tag



<https://www.hysyngas.de/>  
Bild: [https://www.stadt-und-werk.de/meldung\\_31293\\_Gro%C3%9Fprojekt+in+Brunsb%C3%BCttel.html](https://www.stadt-und-werk.de/meldung_31293_Gro%C3%9Fprojekt+in+Brunsb%C3%BCttel.html)

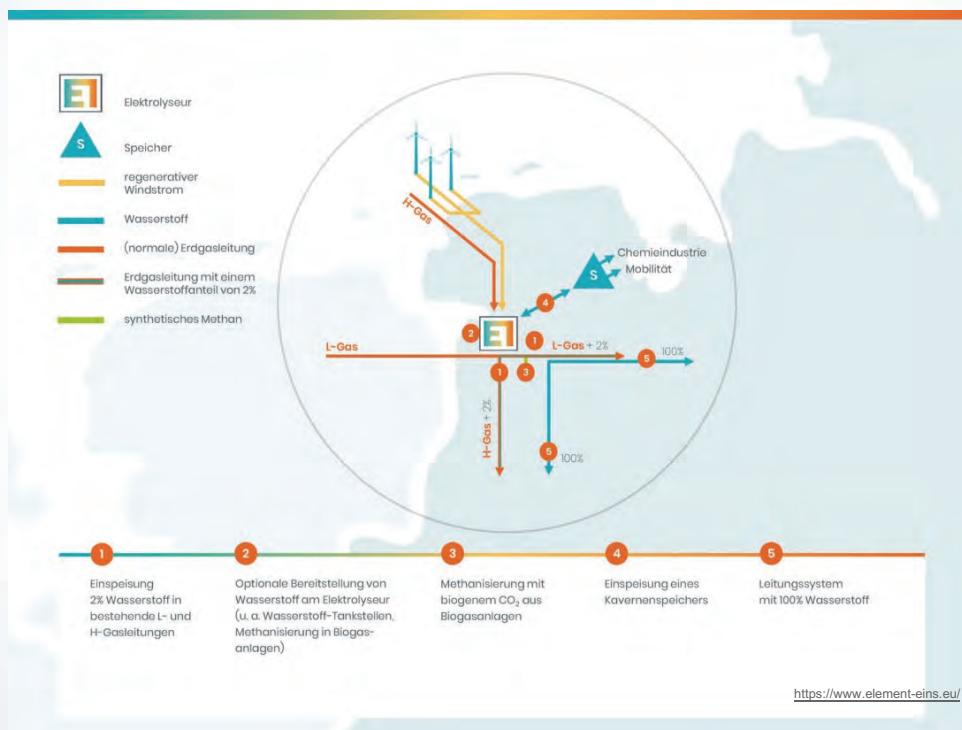
## „HYBRIDGE“

### Demonstrationsvorhaben (Emsland)

(Amprion und der Fernnetzbetreiber OGE)

- Elektrolyseurs der 100-MW-Klasse, Umwandlung in
- grünen Wasserstoff
- zum Teil weiter in grünes Methan umgewandelt werden kann
- bestehende OGE-Pipeline soll für ausschließlichen Transport von Wasserstoff weiterentwickelt werden
- Kosten: 150 Millionen Euro

## „ELEMENT EINS“



## „ELEMENT EINS“

ÜNB Tennet, Fernleitungsnetzbetreiber Gasunie Deutschland und Thyssengas  
Bereich der Tennet-Umspannwerke Diele und Conneforde (Niedersachsen)

- Projekt im Rahmen „Reallabore der Energiewende“
- 100 MW Power-to-Gas-Pilotanlage
- Forschungseinrichtungen: Universitäten Clausthal, Dortmund, Duisburg  
Essen, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Gas- und  
Wärme-Institut Essen

## PTX-ANLAGEN „REALLABOR ENERGIEWENDE“

### EnergieparkBL Energiepark Bad Lauchstädt

- 35-Megawatt-Elektrolyse, Kavernenspeicher, Gas- und Wasserstoffnetz
- VNG Gasspeicher GmbH

### GreenHydroChem Mitteldeutsches Chemiedreieck

- 50-Megawatt-PEM-Elektrolyseur (Gesamtausbauziel 100-Megawatt-Elektrolyse)
- Siemens AG, Linde AG, Fraunhofer-IMWS

### H2Stahl Ruhrgebiet

- 10.000 m<sup>3</sup> pro Stunde Wasserstoffeinblasung in Hochofen und 6,5 km Wasserstoffpipeline
- thyssenkrupp Steel Europe AG

## KONSEQUENZEN

1. **Jenseits vom notwendigen Elektrolyse-Aufwuchspfad: Vorsicht bei frühen H2-Anwendungen! (Klimaschutz)**
2. **H2-Anwendung zunächst zur Ablösung von Koks in der Stahlherstellung, später dann in chemischer Industrie**
3. **Keine Anwendung im Verkehrsbereich (in ineffizient und teuer), zunächst auch nicht bei Flugkerosin oder in der Schifffahrt (beide aber später)**
4. **Keine Anwendung in Gebäudewärme (in ineffizient und teuer)**
5. **H2-Einsatz so gering wie möglich halten – ansonsten droht Neokolonialismus 2.0 über explodierende Importe**
6. **Importbedarf Wasserstoff wird limitierender Faktor sein - bei weiterem Wachstum umso mehr**

## OFFENE FRAGEN

1. Woher und unter welchen Bedingungen sollen ökosozial nachhaltige H2-Importe stattfinden (75% Importe schon 2030)?
2. Wie werden ineffiziente Beimischungen von H2 ins Erdgasnetz verhindert und wie gelingt Aufbau von H2-Netzen?
3. Braucht es bei bestimmten Anwendungen aufgrund von Diskrepanz zwischen (Re-)Investitionszyklen und Verfügbarkeit grünem H2 Übergangslösungen mit grauem oder blauen H2 (insbesondere Stahl)?
4. Wer finanziert was? Welche Gegenleistungen sollten Unternehmen für die Übernahme von Differenzkosten durch den Staat leisten?

## PTX IN DER ENERGIEWENDE



"Nicht Power to X ist schlecht, sondern die Überlegung, das heutige System mehr oder weniger eins zu eins auf Power to X umzustellen,,

(Wolfgang Eichhammer, Fraunhofer

ISI

## VIELEN DANK!

Uwe Witt | Rosa Luxemburg Stiftung | Referent Klimaschutz & Strukturwandel  
Institut für Gesellschaftsanalyse (IfG) | Tel.: +49 (0)30-44310-135  
Straße der Pariser Kommune 8A | 10243 Berlin | Raum 6.14  
E-Mail: [uwe.witt@rosalux.org](mailto:uwe.witt@rosalux.org)

