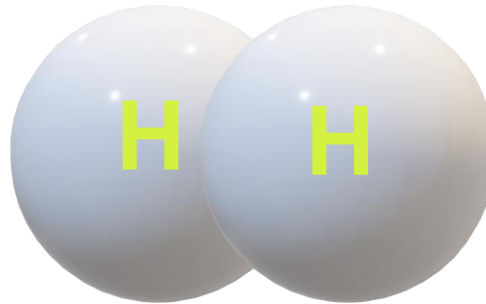


Die Wasserstoffversorgung der Zukunft - H₂ Hubs, H₂ Import und H₂ Gesteherungskosten



**13. Niedersächsische Energietage
2. und 3. November 2021
Hannover
Prof. Dr. - Ing. Carsten Fichter
Hochschule Bremerhaven**

Entwicklung- und Anwendungsforschung für die Windenergie und Speichersysteme

Beispiele:

- September 2018 – Januar 2019 Wasserstoffstudie Lune Delta und Fischereihafen Bremerhaven
- GoodWind! September 2018 – September 2020
- 2020 – 2021 Wasserstoff Microgrids, Bau eines Labormicrogrid
- 2021 – 2024 WindGISKI - Entwicklung eines KI-basierten GIS zur Auswahl von Windenergiepotenzialflächen im Spannungsfeld von Arten-, Umwelt- und Klimaschutz



**Prof. Dr. - Ing.
Carsten Fichter**

Beratung und Simulation

Beispiele:

- Simulationstool zur Modellierung der Wertschöpfung Wind – PV – Wasserstoff – SNG – LNG – Anwendungen.
- Strategiekonzept zur Neuausrichtung der zukünftigen grünen Energiewirtschaft im Landkreis Wesermarsch.
- Forschungsprojekt Demand Side Management Sielentwässerung (DSMS)

EnergieSynergie



ttz Bremerhaven

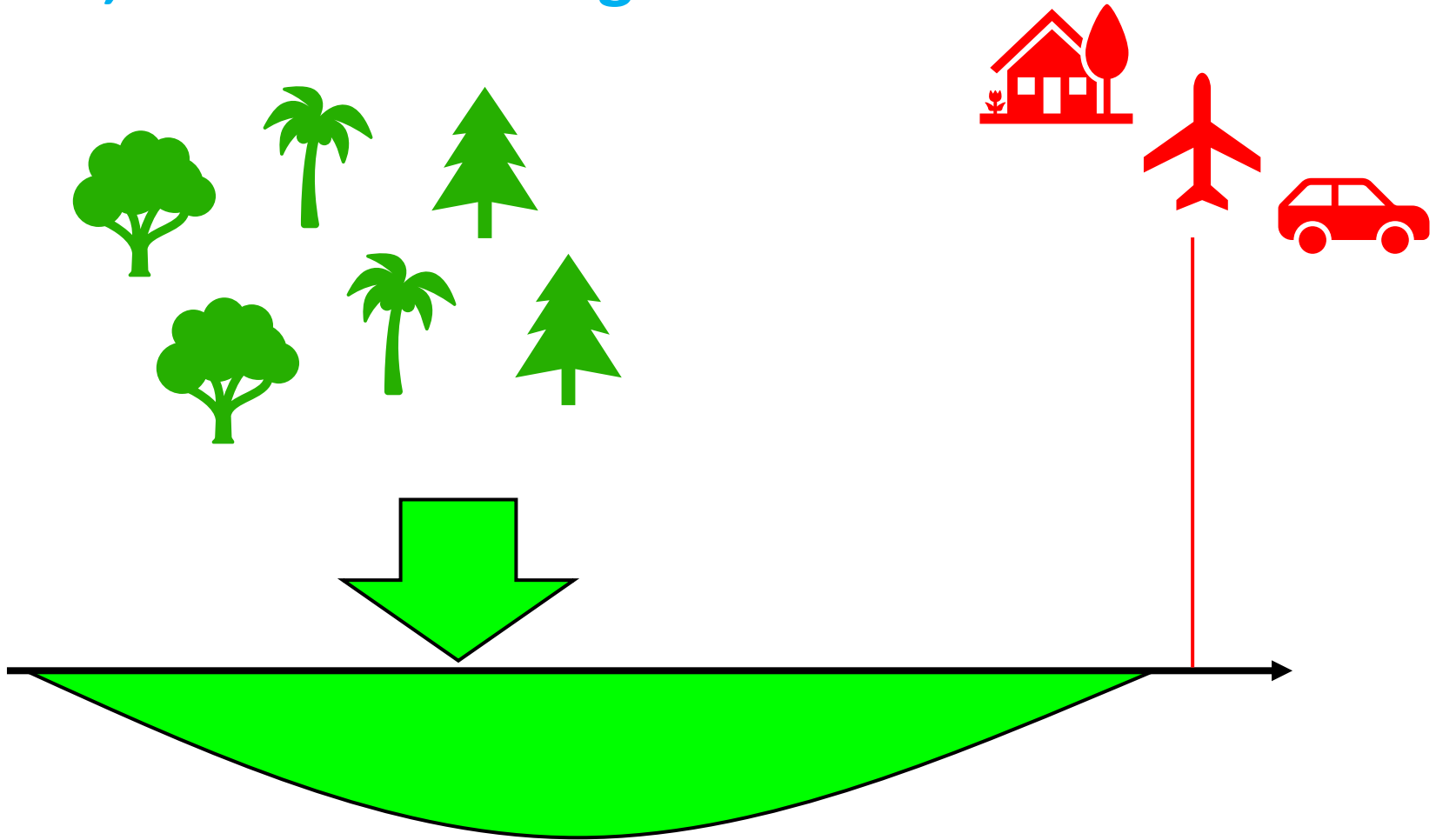
Forschungsleiter Energie und Wasserstoff für den Forschungstransfer aus der Hochschule in die Wirtschaft am ttz Bremerhaven

Beispiele:

2020 Anwendungsforschung Wasserstoff

- Alternative Kraftstoffe: Herstellung von SNG und LNG im Labormaßstab.
- Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität und Logistik.
- Einsatz von Wasserstoff in der Bäckereiindustrie

Über Jahrmillionen wurde Erdöl, Kohle und Gas gebildet



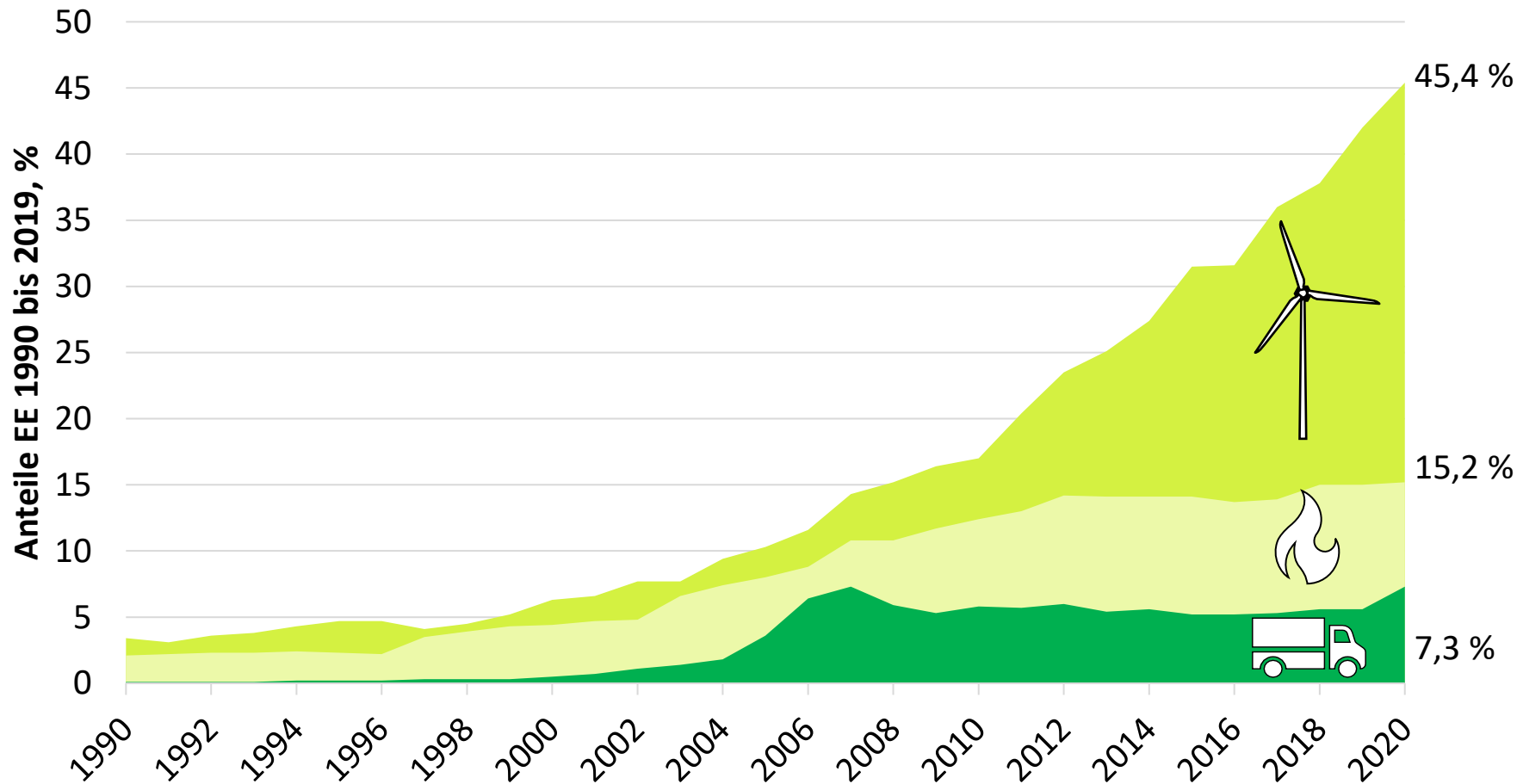
Innerhalb von 200 Jahren haben wir bspw. nahezu das Öl verbraucht!

Mein 4 Punkte Energiewendeplan für die Transformation unseres Energiesystem

- Energieverbrauch senken
- Energiesystem Strom umstellen
- Energiesystem Strom mit anderen Sektoren verknüpfen
- Projekte in Wüstenregionen anschieben und Energie importieren

Anteile EE

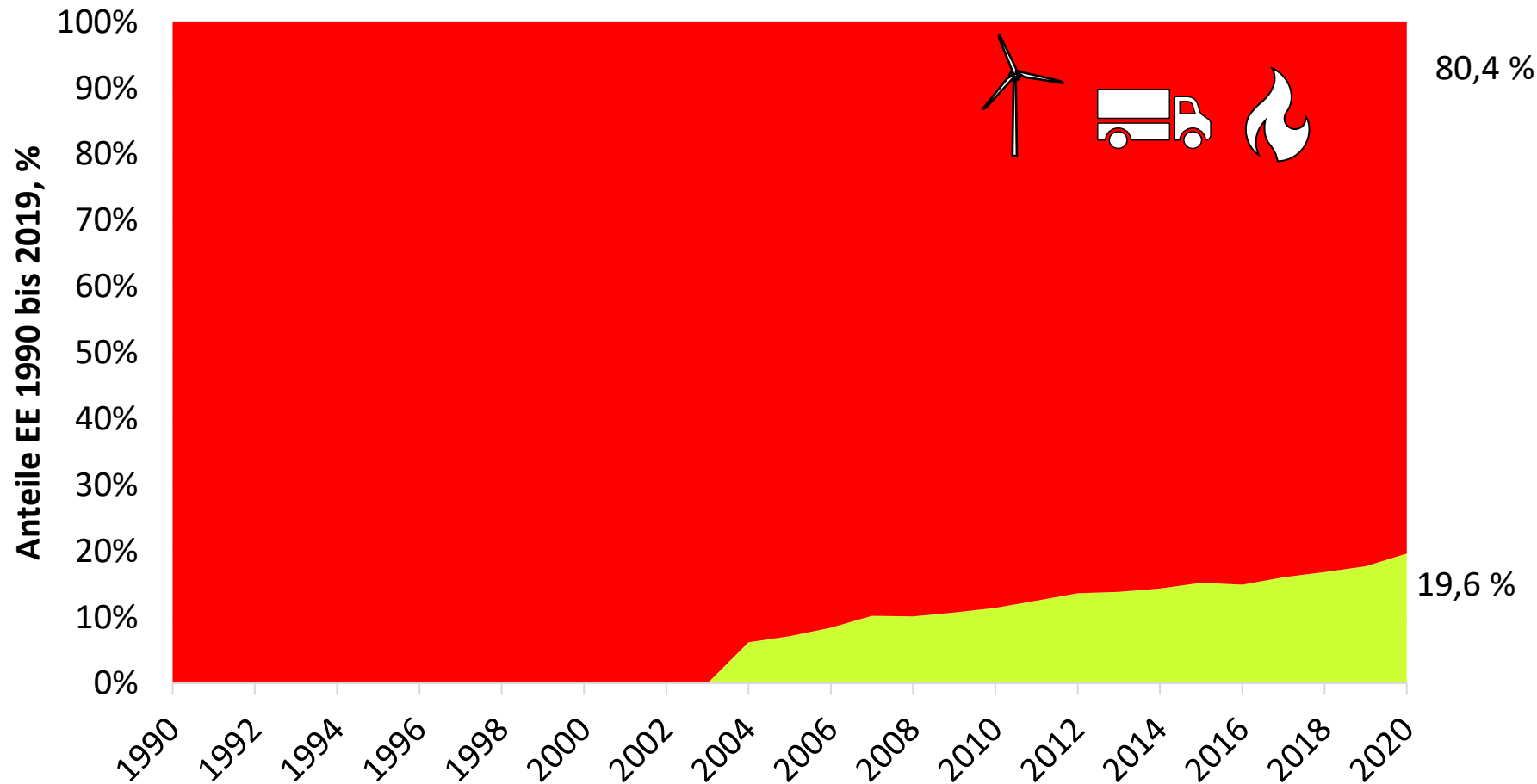
Energieverbrauch bis 2020



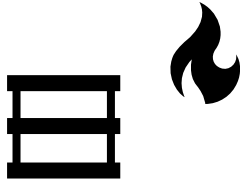
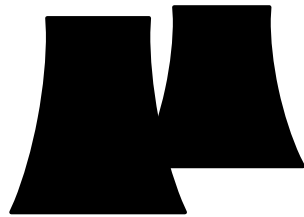
Datenquelle: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html

Anteile EE

Bruttoendenergieverbrauch bis 2020



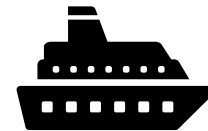
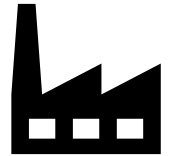
Sektorkopplung - Vergangenheit und Heute



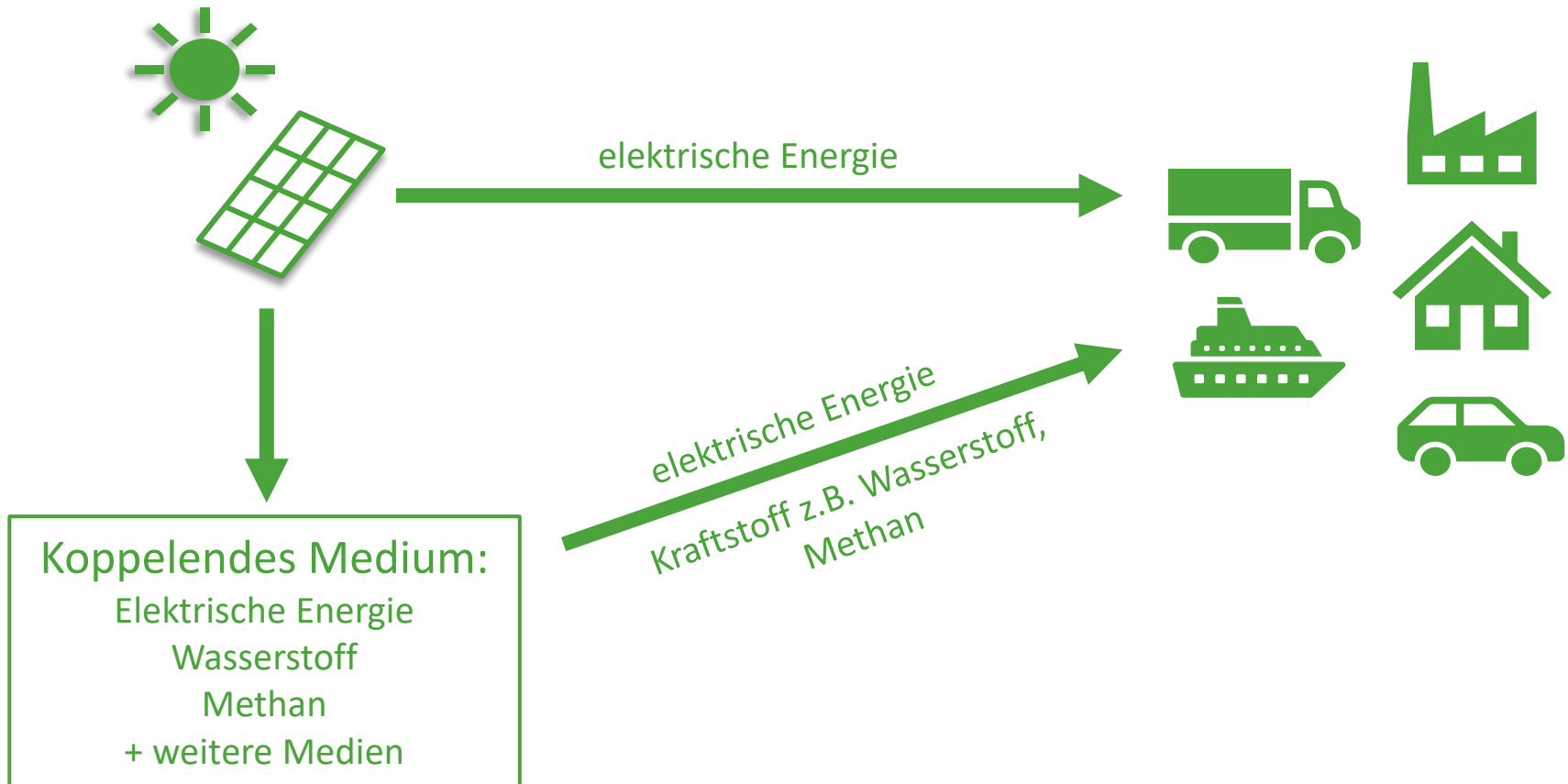
Koppelendes Medium:
Kohle, Öl, Gas

elektrische Energie

Kraftstoffe z.B. Erdgas, Heizöl,
Diesel



Sektorkopplung – Transformationsphase und Zukunft

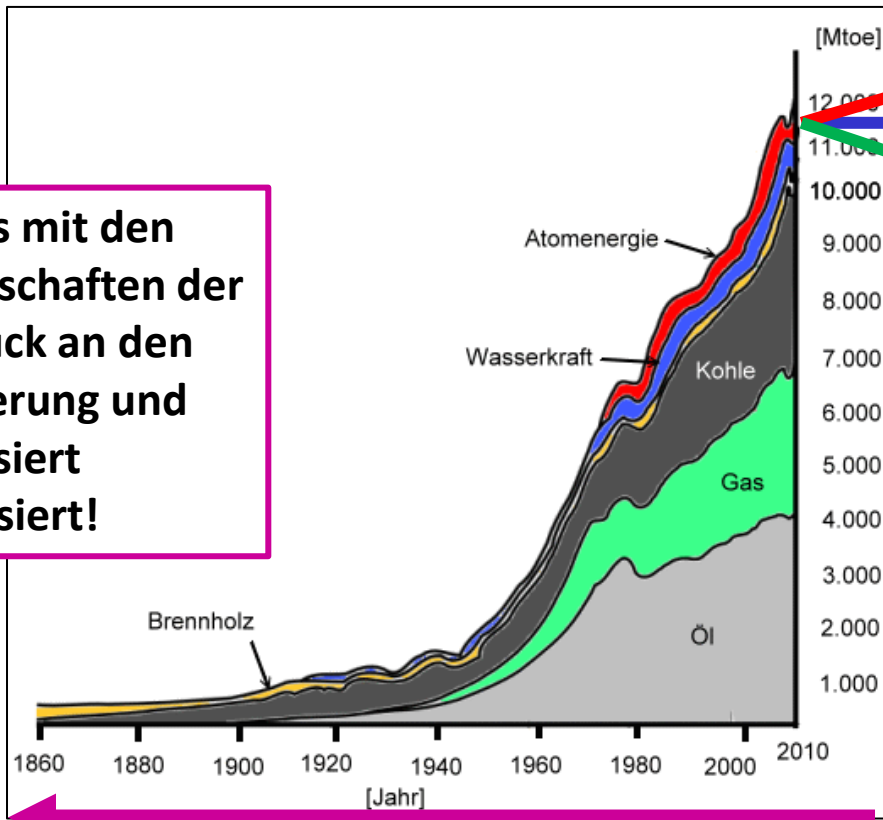


Was passiert im Zeitalter der Transformation unserer Gesellschaft?

① Status Quo:
Hoher Energiebedarf
Basis Kohlenstoff
Hohe CO₂ Emissionen

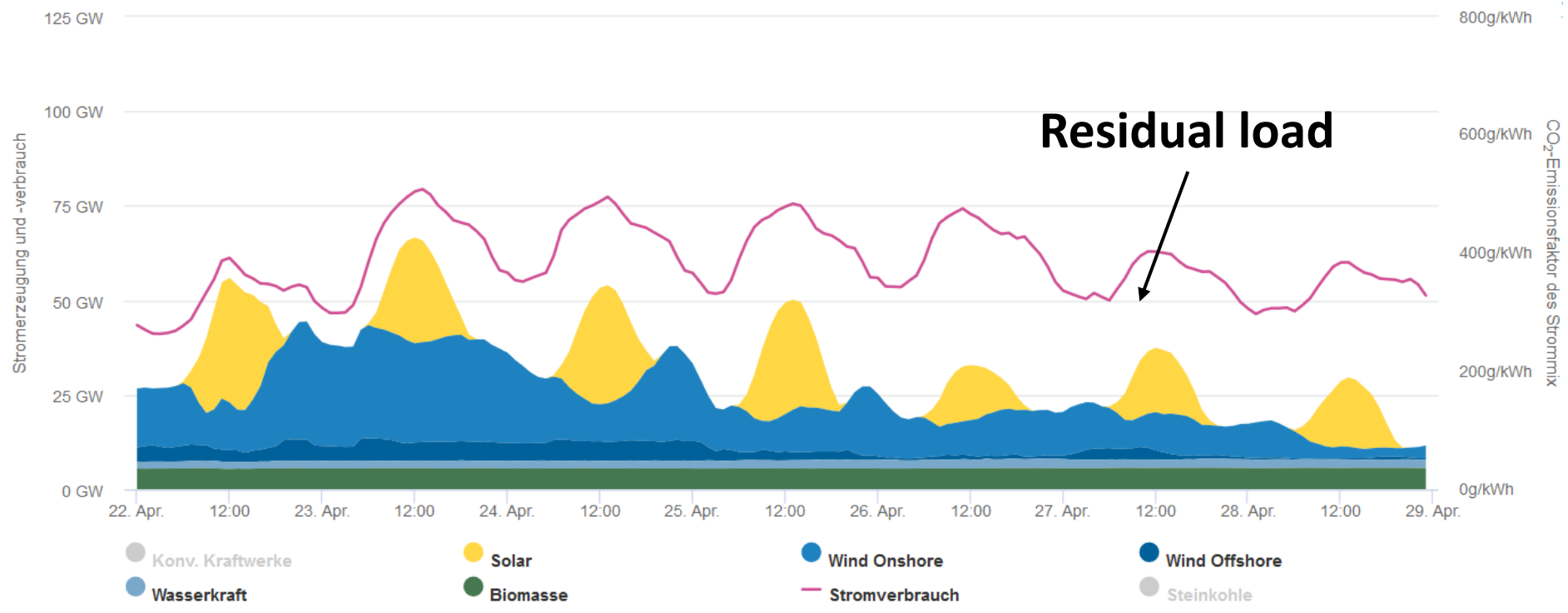
① Der Energiebedarf bleibt annähernd gleich, sinkt oder steigt leicht? Wir werden es sehen!

② Wir „beamen“ uns mit den technischen Errungenschaften der letzten 150 Jahre zurück an den Start der Industrialisierung und erfinden uns defossilisiert bestenfalls dekarbonisiert!



Bildquelle: oekosystem-erde.de

Wie sieht es mit der elektrischer Energieversorgung für die Sektorkopplung aus? Die heutigen EE werden bereits für die elektrische Energieversorgung benötigt!



Residual load delivered by:

Datenquelle: Agorameter

Today:
Nuclear, Coal, Natural Gas, Pump Storage

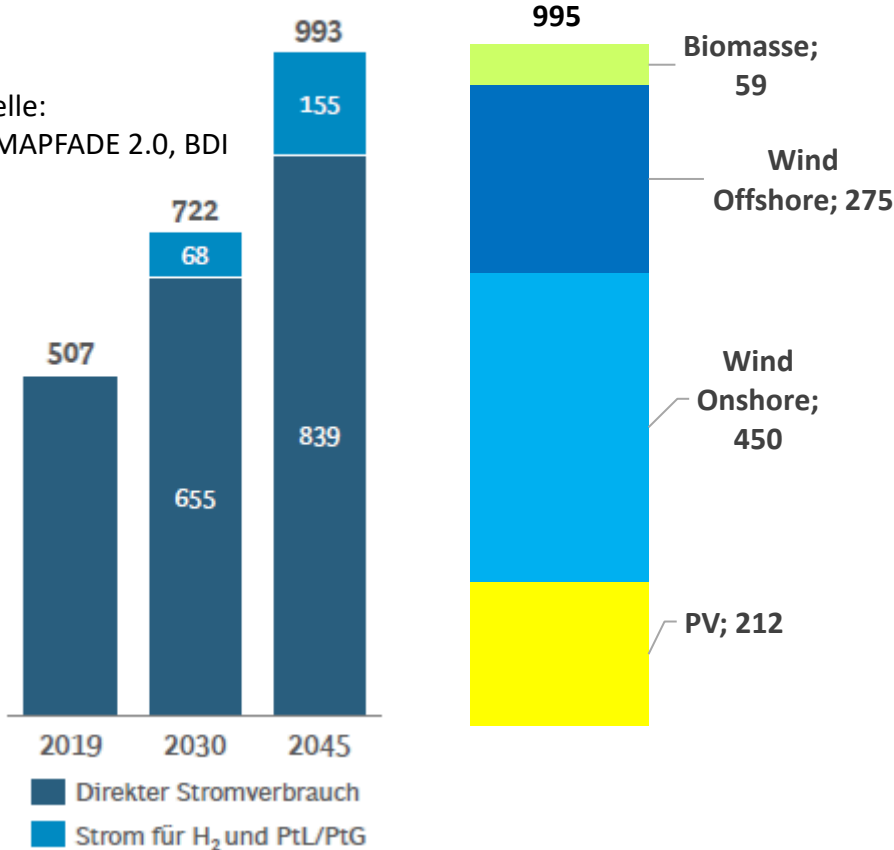
Tomorrow:
~~Nuclear~~, ~~Coal~~, Natural Gas, Pump Storage, Energy Import

Future:
~~Nuclear~~, ~~Coal~~, ~~Natural Gas~~, Pump Storage, Energy Import, Hydrogen, Synthetic Natural Gas



Quelle:

KLIMAPFADE 2.0, BDI

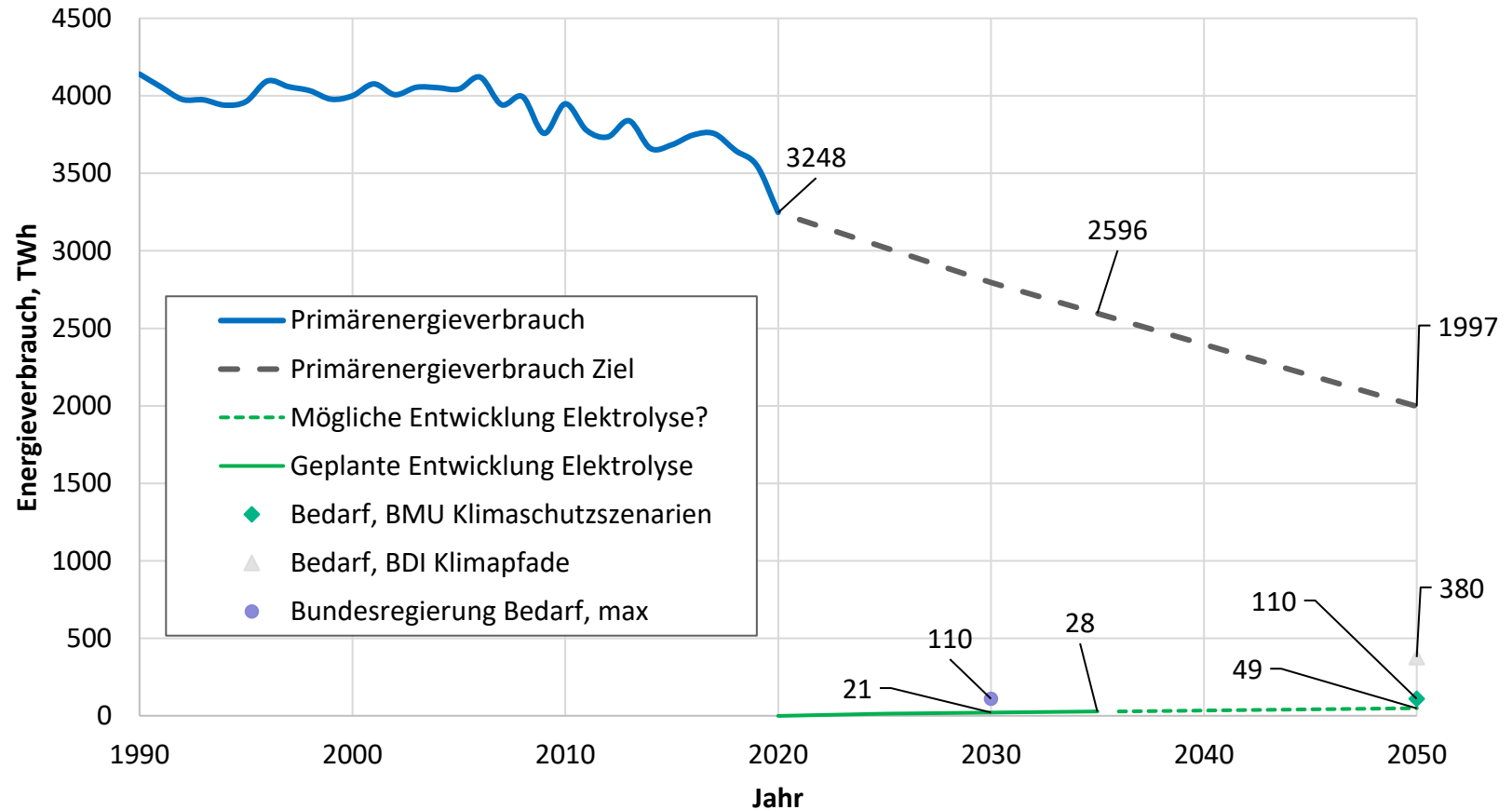


Beispiel: wie viele WEA müssen zusätzlich installiert werden um 180 GW zu erreichen.

Anlagenklassen	Anzahl WEA	Zusätzliche WEA zum aktuellen Bestand
Aktuell, 1,9 MW 1 Hj. 2021	29.715	0
4 MW Klasse	45.000	15.285
5 MW Klasse	36.000	6.285

Technik	Ausbauziele 2030 EEG 2021, GW	Möglicher Ausbaubedarf	Volllaststunden	TWh
PV	100	235	900	212
Wind Onshore	71	180	2.500	450
Wind Offshore	20	61	4.500	275
Biomasse	8	8	7.000	59
Summe	199	484		995

Entwicklung Primärenergieverbrauch und Anteil Wasserstoff auf der Grundlage der Nationalen Wasserstoffstrategie



Datenquelle: Wasserstoffstrategien: D, ndt. H₂, EU

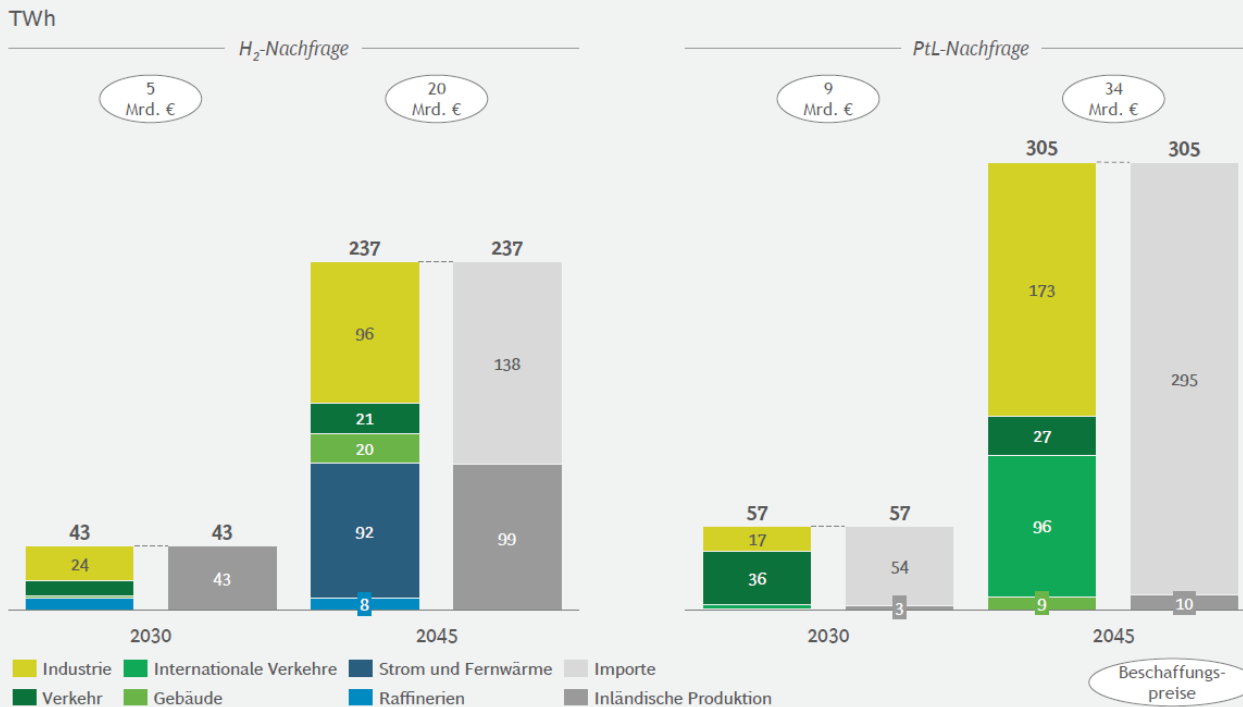
H₂ Import

Heutiger und zukünftiger Energieimport ca. 70 - 80% des Primärenergiebedarf.

Grüner Wasserstoff wird in großen Teilen in der Zukunft z.B. aus den ECOWAS-Staaten (westafrikanische Wirtschaftsgemeinschaft) importiert (Erzeugungspotenzial grüner Wasserstoff 165.000 TWh)

Industrie, Verkehr und Energiewirtschaft treiben H₂-/PtL-Nachfrage

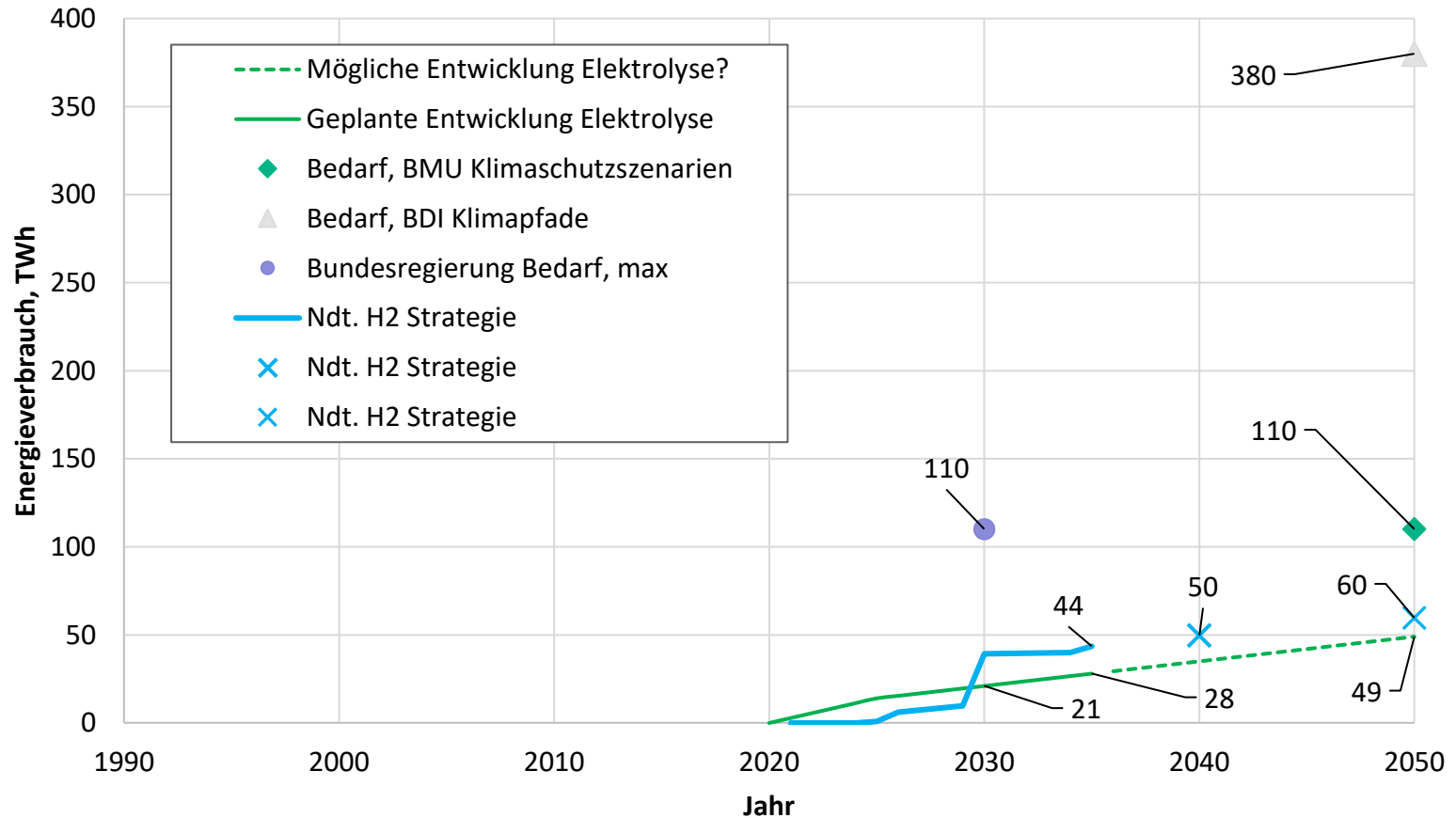
ABBILDUNG 3 | H₂- und PtL-Nachfrage nach Sektoren und Anwendungen 2030 – 2045



Anmerkung: H₂ = Wasserstoff aus der Elektrolyse von erneuerbaren Energien (übergangsweise – vor 2040 – auch Bezug von blauem Wasserstoff denkbar); PtL = erneuerbare synthetische Brenn- und Kraftstoffe aus grünem Wasserstoff (v. a. Synccrude, Methanol); internationale Verkehre = von Deutschland abgehender See- und Luftverkehr; im Jahr 2019 betrug der Wert fossiler Energieträgerimporte 91 Mrd. €
 Quelle: BCG-Analyse

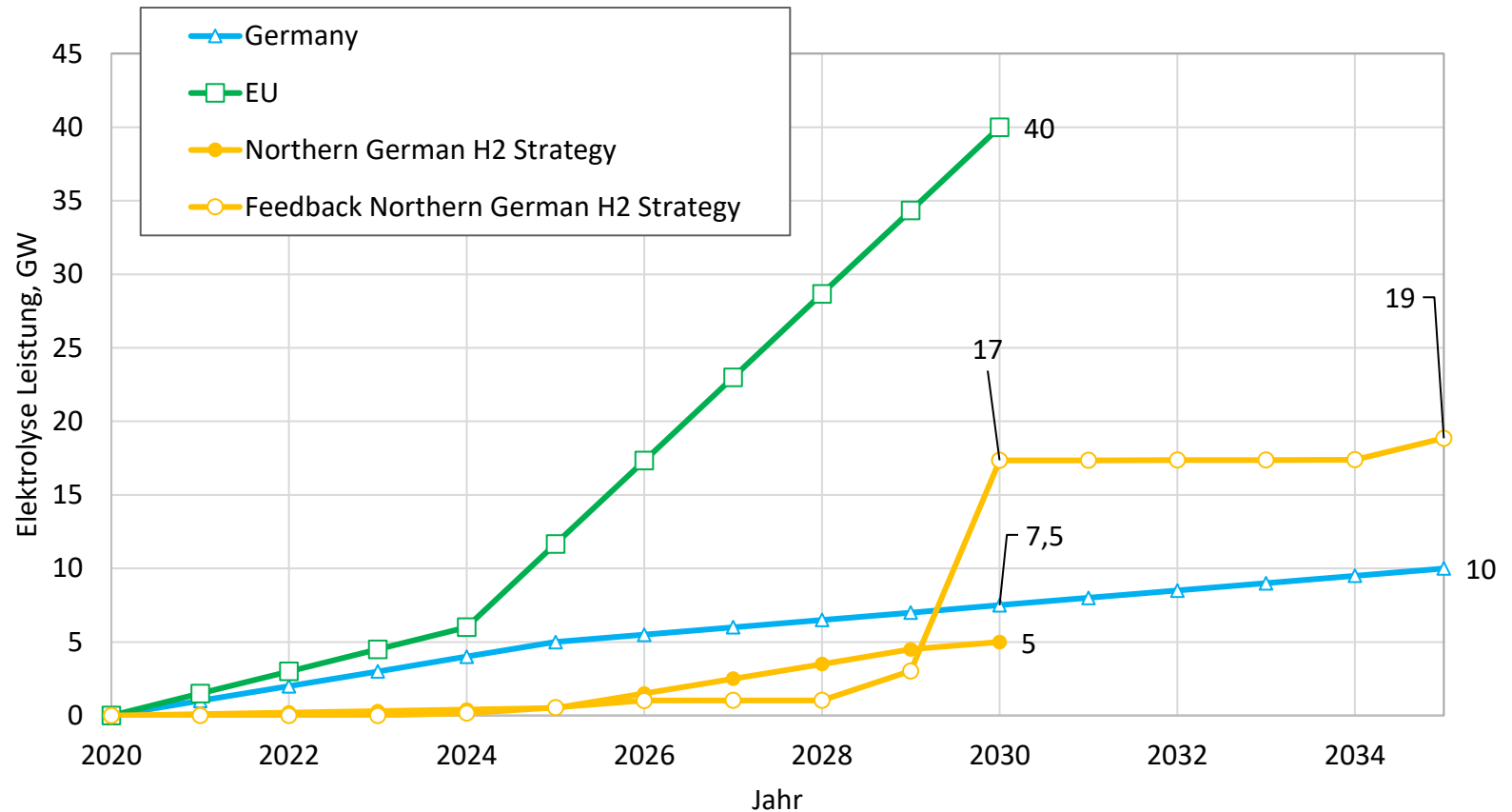
Quelle:
 KLIMAPFADE 2.0, BDI
 und
<https://www.erneuerbare-energien.de/energie-ende/unserer-importabhaengigkeit-wird-sich-beim-umstieg-auf-die-erneuerbaren>

Entwicklung Primärenergieverbrauch und Anteil Wasserstoff auf der Grundlage von norddeutscher und deutscher Wasserstoffstrategie



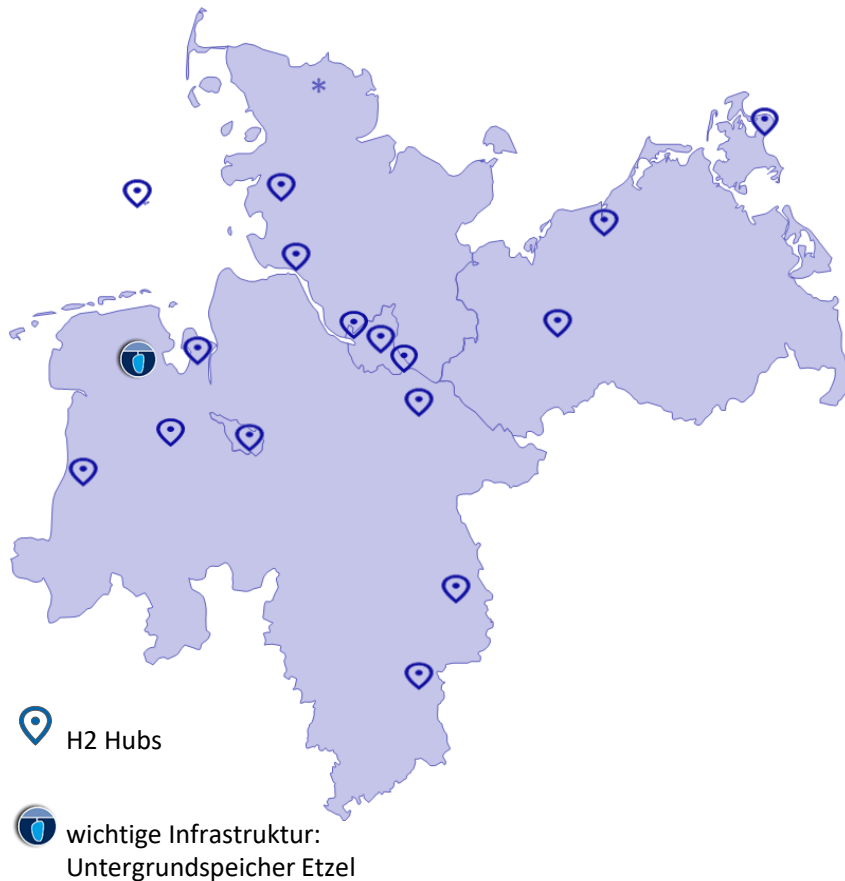
Datenquelle: Wasserstoffstrategien: D, ndt. H₂, EU

Entwicklung Elektrolyseleistung, Nationalen Wasserstoffstrategie – D, EU Wasserstoffstrategie und ndt. Wasserstoffstrategie



Datenquelle: Wasserstoffstrategien: D, ndt. H₂, EU

Wasserstoff-Hubs norddeutsche Wasserstoffstrategie



HB	HyBit (Bremen)
	Bremerhaven
HH	Wasserstoff-Hub FHH
	Entwicklung Stellingter Moor
	Busbetriebshof Bergedorf
MV	Wasserstoffzentrum Mukran
	Hub Schwerin
	HyTechHafen Rostock
NI	Green-H2-Hub Oldenburg-Wesermarsch
	Wasserstoffnetzwerk Nordostniedersachsen
	H2-Hub Emsland
	Wasserstoffcampus Salzgitter
	Green Energy Hub Helmstedt
SH	AquaVentus
	Wasserstoffhub Heide
	ChemCoast Park Brunsbüttel

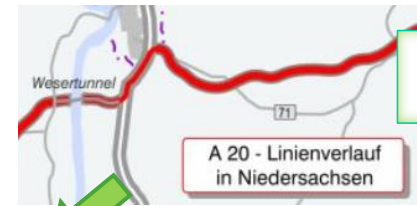
Quelle und Link: <https://norddeutschewasserstoffstrategie.de/>

Energiewendedrehkreuz Wesermarsch Mitte

Download unter:
<https://bit.ly/3qfKqky>

Grüner Wasserstoff und Grüne Kraftstoffe
(Transport- und Flugsektor)

Energy Hub Wesermarsch



A 20: Hier kommt der Autobahnanschluss

Hier entsteht das neue grüne Interkommunale Gewerbegebiet Wesermarsch



- Vorteile:**
- Erweiterung der Kavernen Blexen für Wasserstoffspeicherung.
 - Offshore-Anbindungen (bis zu 3,7 GW)
 - Interesse von Energiekonzernen und der Industrie wie Zinkhütte, Kronos Titan, Olmix, Olenex, vor Ort ...



KKU: hier liegt der 400 kV-Netzanschluss

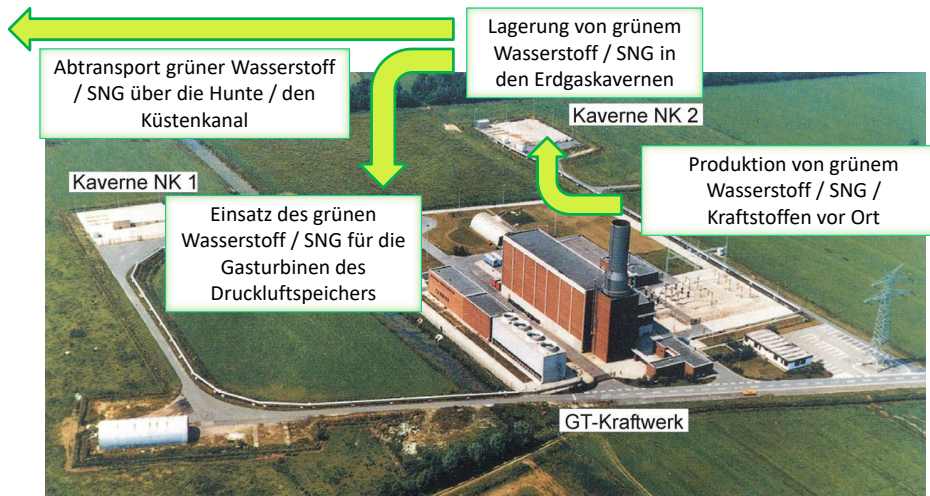
Bildquelle: energie-und-management.de, www.schleswig-holstein.de, Norddeutsche Wasserstoffstrategie, Wirtschaftsförderung Wesermarsch

Projekt	Netzverknüpfungspunkt	Übertragungsleistung	Technik	geplanter Bauabschluss
NOR-9-1	Unterweser	2.000 MW	DC	2029
NOR-10-1	Unterweser	1.700 MW	DC	2030

Energiewendedrehkreuz Wesermarsch Süd

„Das Energieunternehmen **EWE und Uniper** einer der größten Stromerzeuger Europas kooperieren zukünftig, um im niedersächsischen Huntorf einen Wasserstoffhub... das Ausbaupotential des Standortes wird zurzeit auf **bis zu 300 Megawatt** geschätzt.“

Quelle: <https://www.uniper.energy/news/de/ewe-und-uniper-planen-wasserstoffhub-am-standort-huntorf>



Download unter:
<https://bit.ly/3qfKqky>



Clean Hydrogen Coastline

Player: ArcelorMittal Bremen, EWE, FAUN, Gasunie und TenneT, swb

Quelle: <https://www.swb.de/ueber-swb/unternehmen/nachhaltigkeit/wasserstoff/clean-hydrogen-coastline>

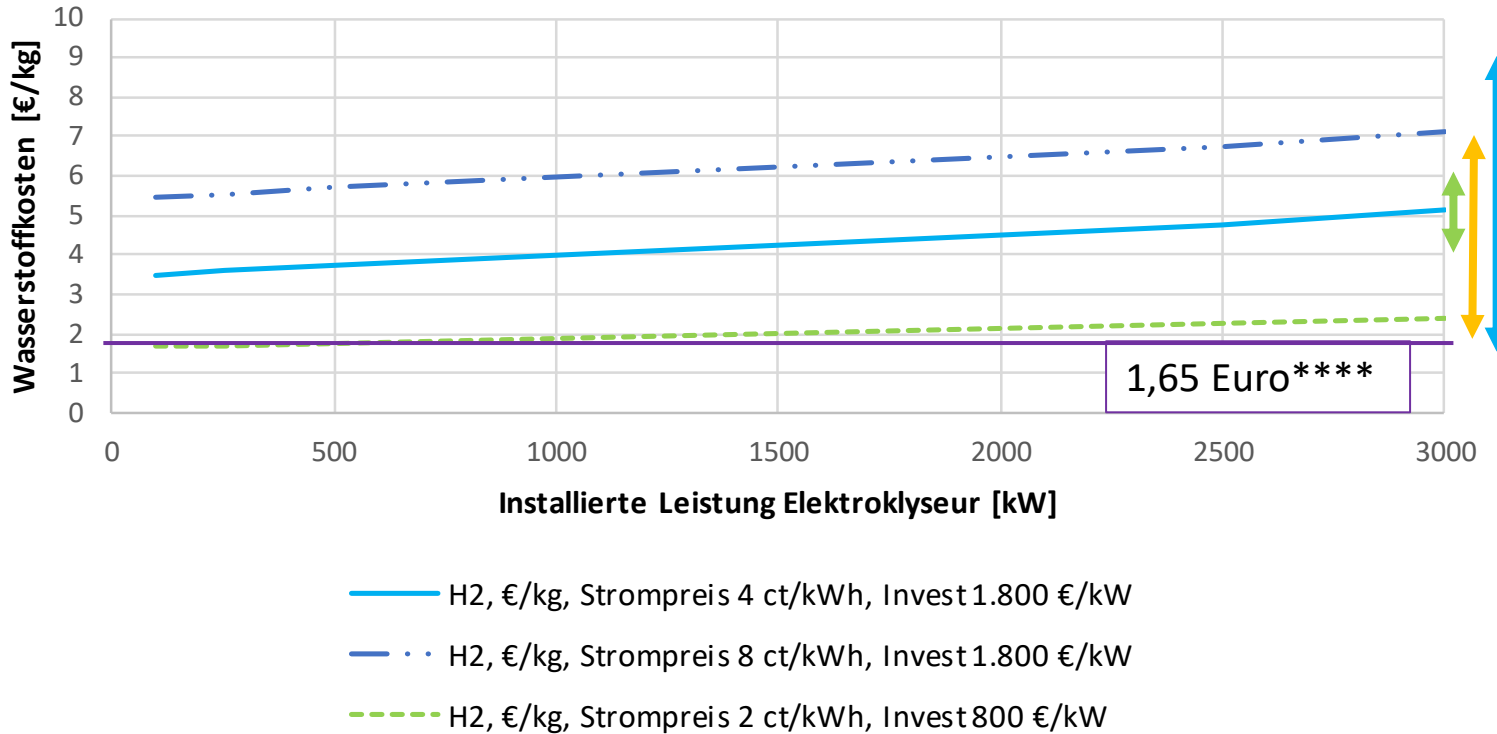
„In der Region entstehen Elektrolyseure mit einer Gesamtleistung von **200 MW** – mit **optionaler Ausbaustufe bis 400 MW** – am **Standort Bremen** mit direkter Nähe zum Stahlwerk als Verbraucher **und in Huntorf mit direkter Anbindung an den Kavernenspeicher**. Im Nordwesten steht hierfür eine wachsende Menge an grünem Strom bereit. **Perspektivisch kann die Leistung ab 2030 in den Gigawatt-Bereich hochgefahren werden.**“

Quelle: <https://www.swb.de/ueber-swb/unternehmen/nachhaltigkeit/wasserstoff/clean-hydrogen-coastline>

Kosten H₂

Was kostet der Wasserstoff?

Was darf der Wasserstoff kosten?



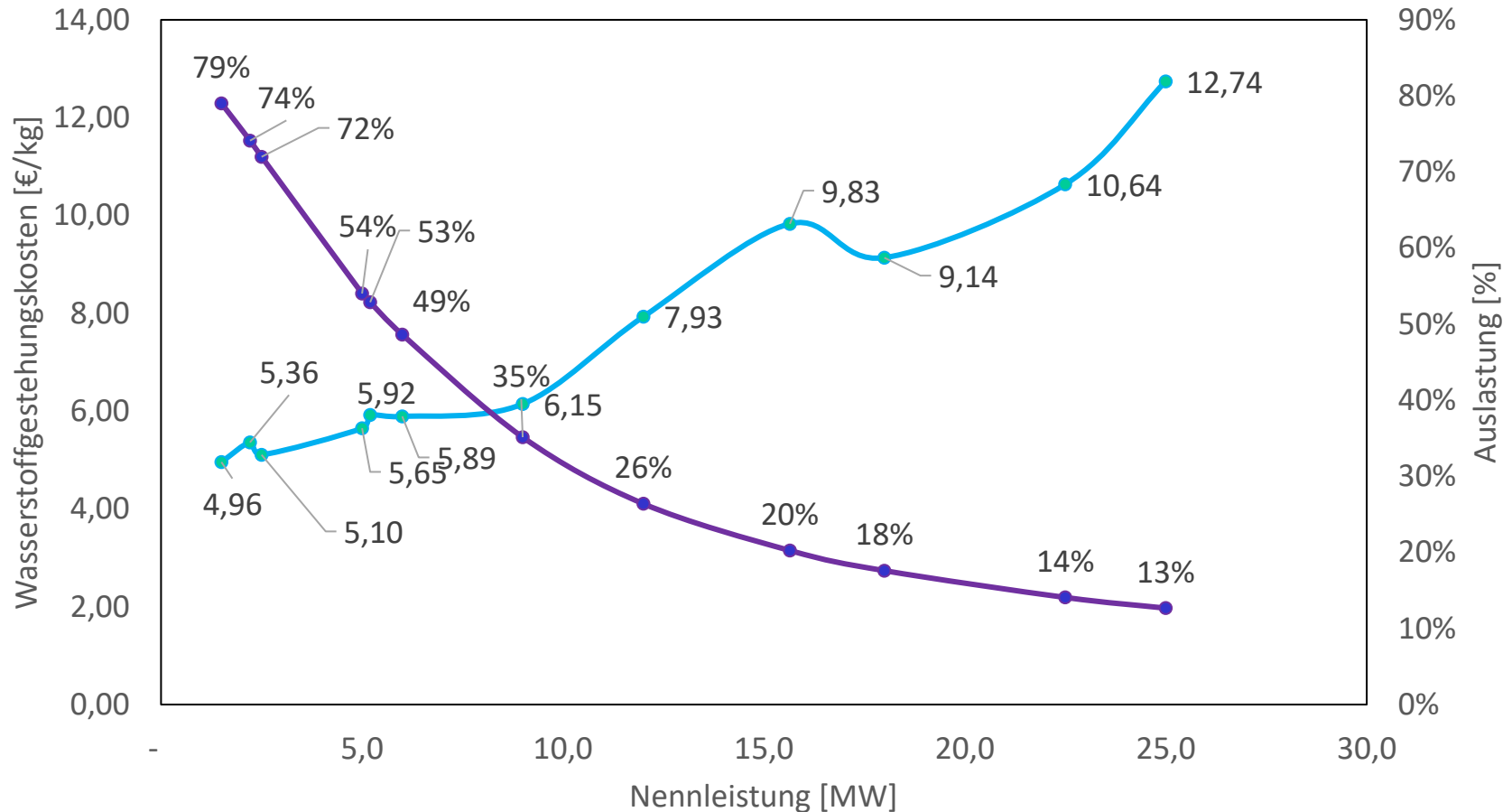
↓

Mobility 4 - 6 €/kg***
Industry 2 - 7 €/kg***
Energy 2.5 - 9 €/kg***

Berechnungsgrundlage 3 MW WEA, Kapitalwertmethode,
 Berechnung der Grenzkosten, Stromkosten siehe Grafik,
 Steuern und Umlagen sind nicht enthalten

Source: Freedonia; Hydrogen Generators GIA; Navigant; CertifHY; **** <https://www.iwr.de/news/bundesregierung-will-import-von-gruenem-wasserstoff-beschleunigen-news37474>, ***Siemens, **DENA, *calculation

Projektbeispiel Kosten H₂



Es ist „oftmals“ nicht sinnvoll die komplette elektrische Energie einer EE Anlage in einen Elektrolyseur zu geben. Die Elektrolyseurprojekte müssen vom Verbraucher gedacht werden. Dies Bedarf einer Optimierung!

Zusammenfassung I

- Die Transformation unserer Gesellschaft bedeutet: wir „beamen“ uns mit den technischen Errungenschaften der letzten 150 Jahre zurück an den Start der Industrialisierung und erfinden uns defossilisiert bestenfalls dekarbonisiert!
- **H₂ ist ein Element der Energiewende** und der Transformation unserer Gesellschaft. **Ausgangsbasis ist jedoch immer die elektrische Energie der EE.**
- Der **Zubau an erneuerbaren Energien** muss beim Thema Wasserstoff **mitgedacht werden.**
- Der **Zubau an erneuerbaren Energien** für a. elektrische Energieversorgung und b. H₂ ist **machbar.**
- Auch **zukünftig** wird ein **großer Teil der Energie importiert** werden (ca. 70 - 80% des Primärenergiebedarf).

Zusammenfassung

- **Die Gestehungskosten von H₂ können wesentlich gesenkt werden.** Die Entwicklung der EE haben dies bereits bewiesen → **siehe Kostendegression der EE der letzten 20 Jahre.**
- Sektorkopplung auf Basis von H₂ ist ein weiterer Schritt auf dem Weg zur Klimaneutralität der Industrie, Gewerbe, Endverbraucher. → **Vorsicht, nicht jede H₂ Anwendung ist sinnvoll!!**
- **Der norddeutsche Raum war, ist und bleibt Energieland:** es gibt eine Vielzahl von geplanten H₂ Hubs in Norddeutschland (17 H₂ Hubs).
- Das **Potential für H₂ aus den Region Norddeutschlands ist höher wie von der Politik angenommen** (ndt. H2 Strategie) **2030: 5 GW (angenommen) vs. 17GW (gemeldet).**
- **Die Energiewende und Transformation ist kein technisches, sondern ein rechtliches / politisches ggf. „noch“ ökonomisches Thema.**

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Carsten Fichter

Professur für Windenergietechnik, Energiewirtschaft und Speicherung

Bremerhaven University of Applied Sciences

An der Karlstadt 8

D-27568 Bremerhaven, Germany

Tel.: +49(0)471 4823 546

E-Mail: carsten.fichter@hs-bremerhaven.de

www.hs-bremerhaven.de

www.fk-wind.de

