

Wasserstoff

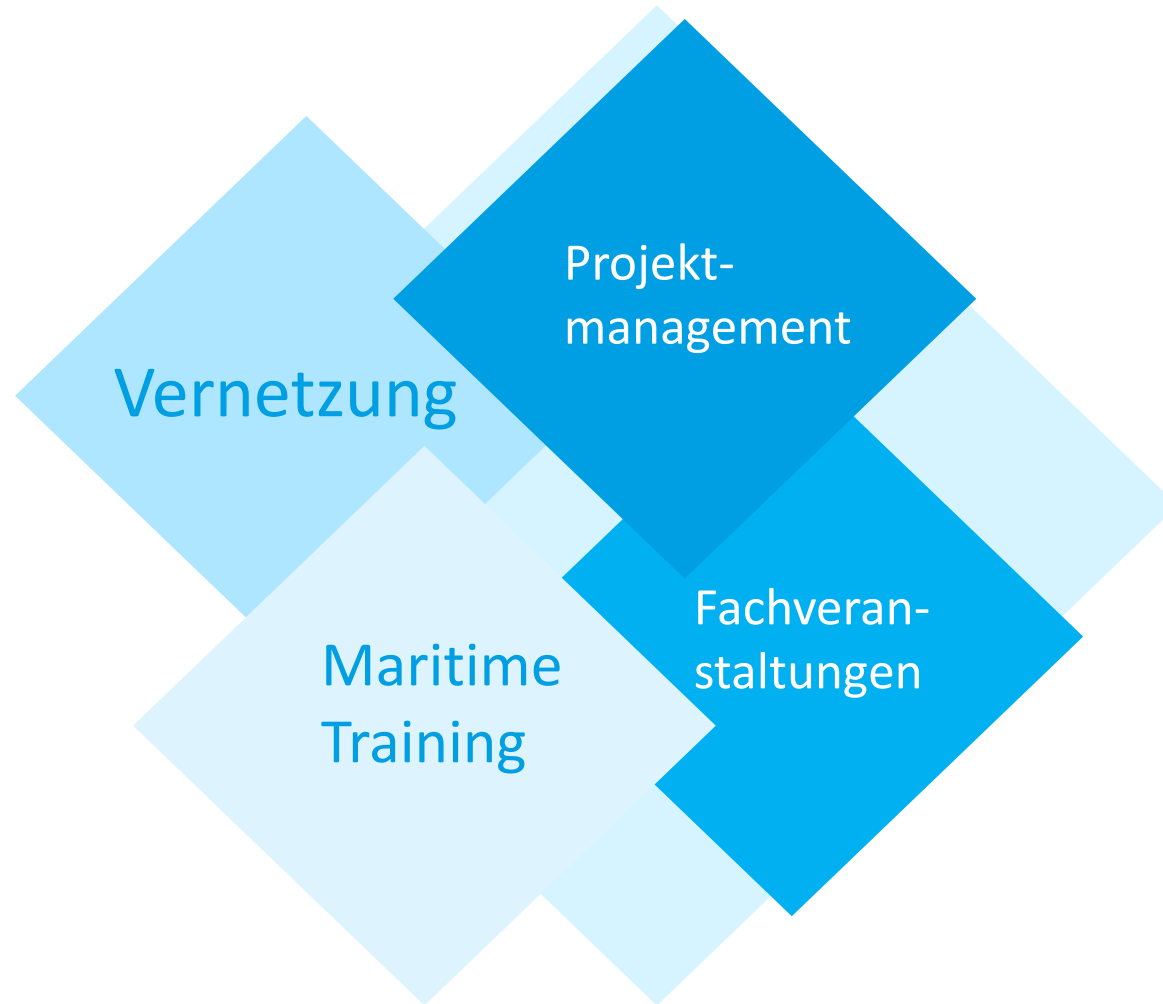
Ein Überblick von der Erzeugung bis zur Nutzung

Sören Berg, MARIKO GmbH

Agenda

- MARIKO GmbH
- Wasserstoff-Basics
- Wasserstoff im Energiesektor
- Wasserstoff in der Mobilität
- Projekte in der Region

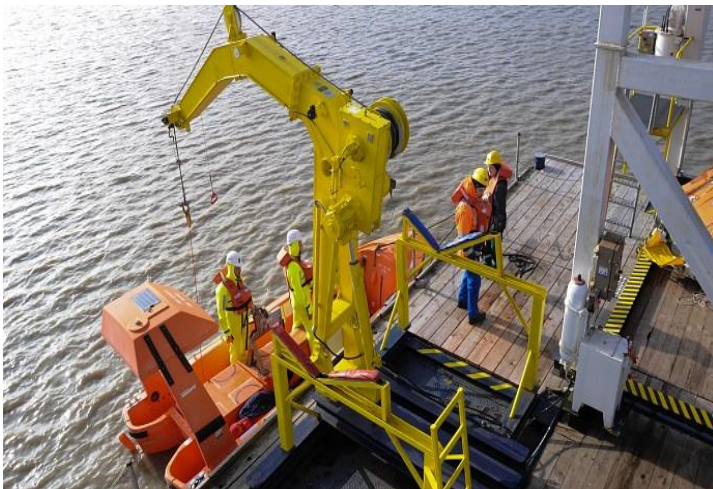
Tätigkeitsfelder MARIKO GmbH



Maritime Training



- Basic Safety
- Survival Craft and Rescue Boat
- Fast Rescue Boat
- Advanced Fire Fighting
- Tankerbrandbekämpfung
- Complete Refresher
- LNG Basiskurs



MARIKO Projekte



Schiffstechnik & Design / innovative Antriebssysteme / Logistik & Routing / Simulation & Sicherheit / Green Ports

LNG.AGENTUR Niedersachsen

LNG-Koordinierungsstelle zur Unterstützung der Realisierung einer LNG-Infrastruktur in Niedersachsen



Produktion, Speicherung, Transport und Nutzung von Wasserstoff im Wattenmeer



Berufsorientierung & Gewinnung von Nachwuchskräften



Netzwerk der innovativen maritimen schulischen Bildung



deutsch-niederländische Kooperation zum Einsatz einer CO₂-Abfang- & -Speicheranlage



erfolgreiche & nachhaltige Digitalisierung der regionalen Unternehmen

MariConnect

Innovationsforum zur Verbesserung digitaler Schnittstellen und Kommunikationslösungen



Netzwerk zur Entwicklung und Bau von CO₂-neutralen Boots- und Schiffskonzepten



Wasserstoff-Basics

Wasserstoff ist blau, grau, türkis und grün!

Erzeugung aus fossilen
Quellen
(CO₂ wird abgefangen)

Kein CO₂ freigesetzt,
wird Speicherung

Erzeugung aus fossilen
Quellen

CO₂ wird freigesetzt ¹

Erzeugung aus Methan
(C wird abgefangen)
Methanpyrolyse

Kein CO₂ freigesetzt,
C wird gespeichert

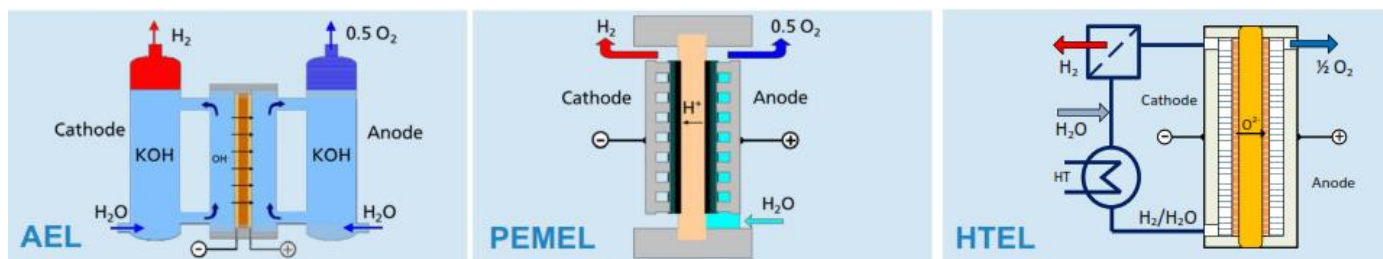
Elektrolyse mit
erneuerbarem Strom

Kein CO₂ ²

1: CO₂-Emissionen bei Elektrolyse mittels
Strom pro produzierter kWh in
Deutschland, 2018: Agora: **382g CO₂/kWh**
[3], **474g CO₂/kWh** laut UBA

2: derzeit nur bei direkter Anbindung an
Stromerzeugung möglich (Inselbetrieb)

Wasserstoff – Erzeugung



[1]

	Alkalische Elektrolyse	PEM-Elektrolyse	Hochtemperatur-Elektrolyse	Dampfreformierung
Elektrolyt	Flüssigelektrolyt	Saure Polymermembran	Feststoffelektrolyt Zirkonkeramik	Nickel als Katalysator
Elektroden	Nickel / Eisen	Edelmetalle (Platin, Iridium)	Zirkonia, Ni-Cermet, Perovskite	
Temperaturbereich	60 – 90°C	50 – 80°C	700 – 900°C	Bis zu 900°C
Technische Reife	Industriell ausgereift	Kommerziell verfügbar	Labor	Industriell ausgereift
Praktische Erfahrungen	●	●	●	●
Kaltstartvermögen	●	●	●	●
Lastfolgevermögen	●	●	●	●
Skalierbarkeit (MW)	●	●	●	●
Reversibel (Brennstoffzelle)	●	●	●	●
Effizienz (heute, 2050)	70%, bis zu 80%	60%, bis zu 74%	80%, bis zu 90%	60-70%, k.A.

nach [2,7] und eigene Darstellung

Wie kommt Wasserstoff zum Verbraucher?

Bereitstellung von Wasserstoff

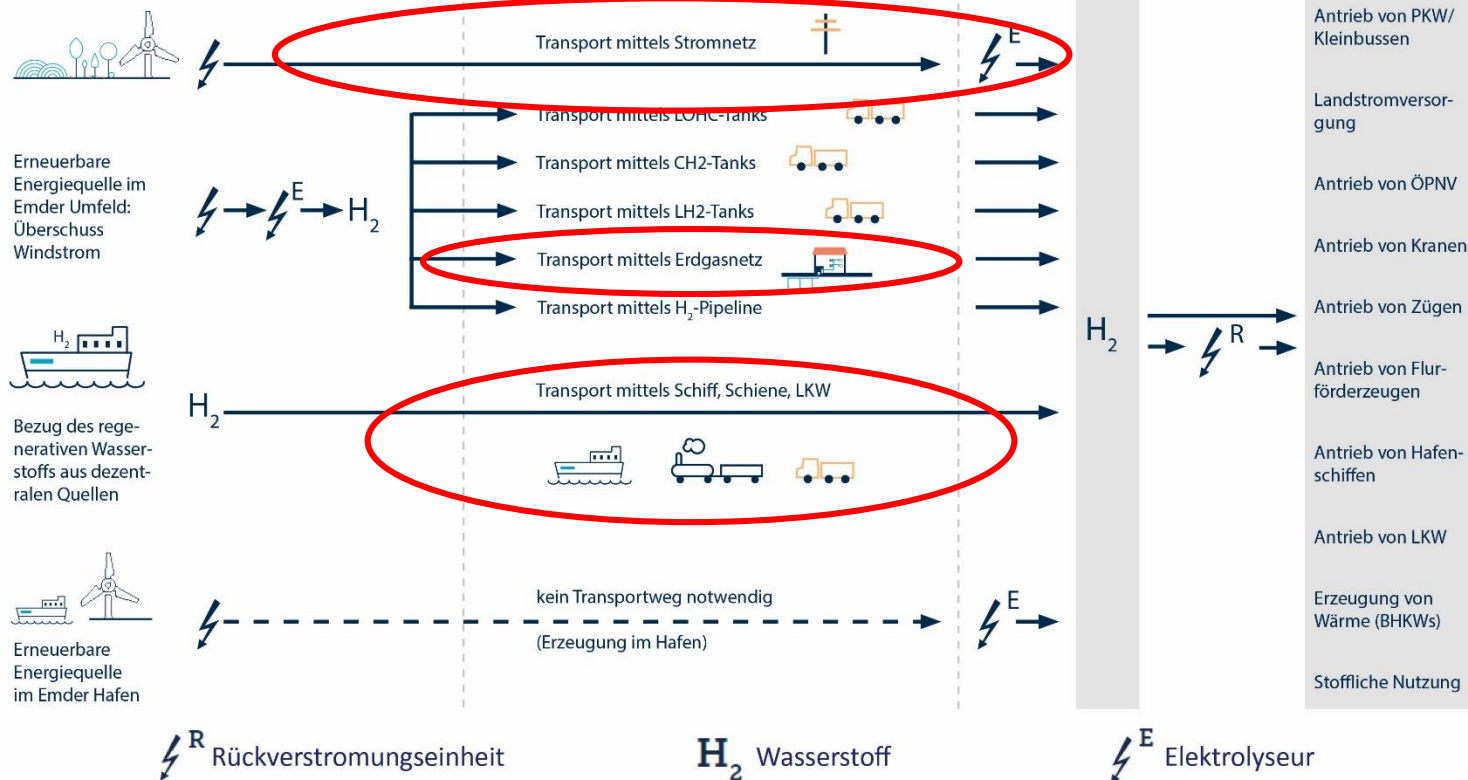
Welche Quellen gibt es, um Wasserstoff im Umfeld von Emden bereitzustellen?

Distribution von Wasserstoff

Welche Transportwege sind technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll, um den Wasserstoff in den Emden Hafen zu transportieren?

Anwendungsfelder im Emden Hafen

Wie hoch ist das Potenzial für die Speicherung und den Einsatz von Wasserstoff im Emden Hafen und dem hafennahen Umfeld?



Wasserstofftransport

Druckspeicher und Flüssigwasserstoff

	Compressed Gas CGH ₂	Cryogenic (Liquid) truck LH ₂	Cryogenic (Liquid) tanker LH ₂
			
Transport Condition	250 – 500 bar	-253°C	
Hydrogen (H ₂) / truck	up to 350kg ¹ / up to 1,100kg ²	up to 3,300kg	max. 600t/Ship
Hazardous Material			
Boil-Off	0%	1 - 3%	
Energy required / kg H ₂ (excl. transport)	2 ¹ – 6 ² kWh (electric)	10 – 12 kWh (electric)	
Transport capex	> USD 0.4m ¹ / > USD 1.0m ²	> USD 1.4m	> USD 900m

Ship transport
not available

Wasserstoff als Konkurrenz zu Diesel und Erdgas?

- In Deutschland derzeit nicht!
- Grund liegt im STAU:
Steuern, Abgaben, Umlagen
- Grüner H₂ aus Windstrom ³: 5-6€/kg ⁴
 - 15-18ct/kWh (Inselbetrieb!)
- Grauer H₂ als Referenz: 9,5€/kg an Tankstelle
 - 28,4ct/kWh
- Referenzpreis Diesel an Tankstelle: 1,25€/l
 - 12,5ct/kWh
- Referenzpreis Erdgas (EWE):
 - 6ct/kWh

Letztverbraucherabgaben Strom 2019 (Stand: 01/2019)		
Zusammensetzung	Kosten (Cent/kWh)	Bezug PtG
Energiebeschaffung, Vertrieb	4-6	fällt an
Netzentgelt (Bezug aus Mittelspannung für Abnahmefall 24 Mio. kWh/a)	2,33 (Ø 2018)	für 20 Jahre ab Inbetriebnahme befreit (EnWG § 118 Abs. 6)
EEG	6,405	befreit bei Rückverstromung (EEG § 61k Abs. 2)
KWKG	0,28	befreit bei Rückverstromung (KWKG § 27b)
§ 19 Strom-NEV	0,305	fällt an, ggf. reduziert auf 0,05 über 1 GW
Offshore Netzumlage (§ 17f EnWG)	0,416	ab 01.01.2019 befreit (§ 175f Abs. 5 EnWG i. V. m. Nemog Art. 1 Abs. 8)
§ 18 AbLaV	0,005	fällt an
Energiesteuer	2,05	Elektrolyse im Produzierenden Gewerbe befreit (§ 9a Abs. 1 StromStG)
Konzessionsabgabe	0,11	fällt an
Umsatzsteuer	≈ 3,3	fällt an

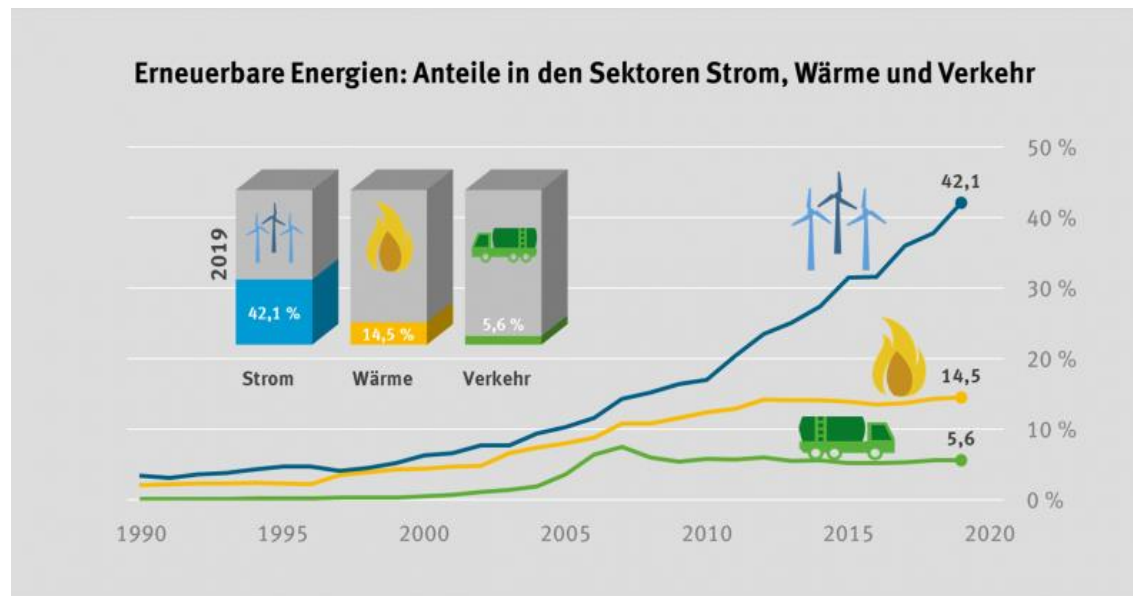
[5]

3: Erzeugungskosten Windstrom: ca. 3-4ct/kWh

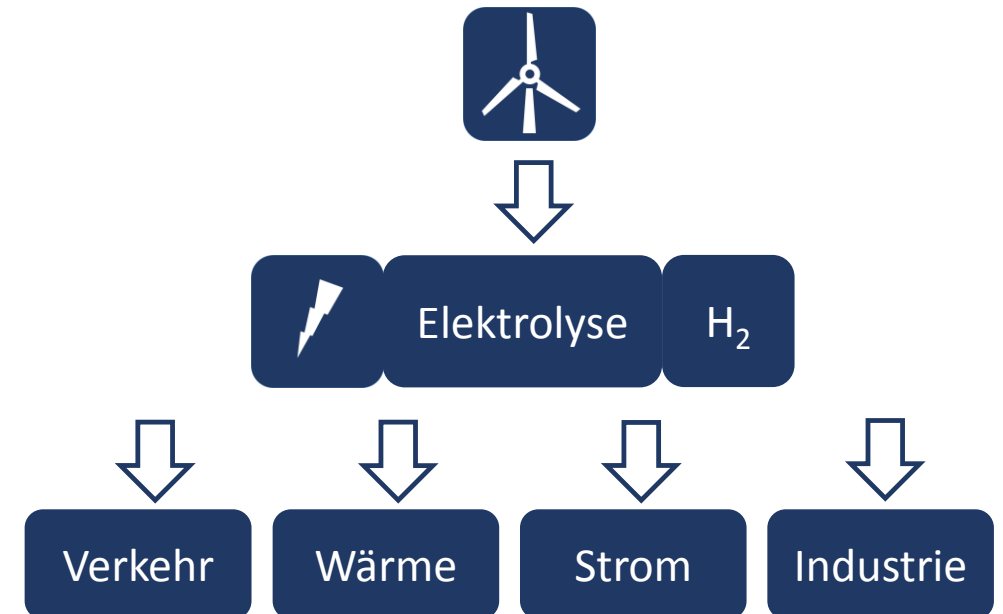
4,5: WASH2Emden, Tyczka

Wasserstoff im Energiesektor

Wasserstoff in der Energiewende → Sektorenkopplung



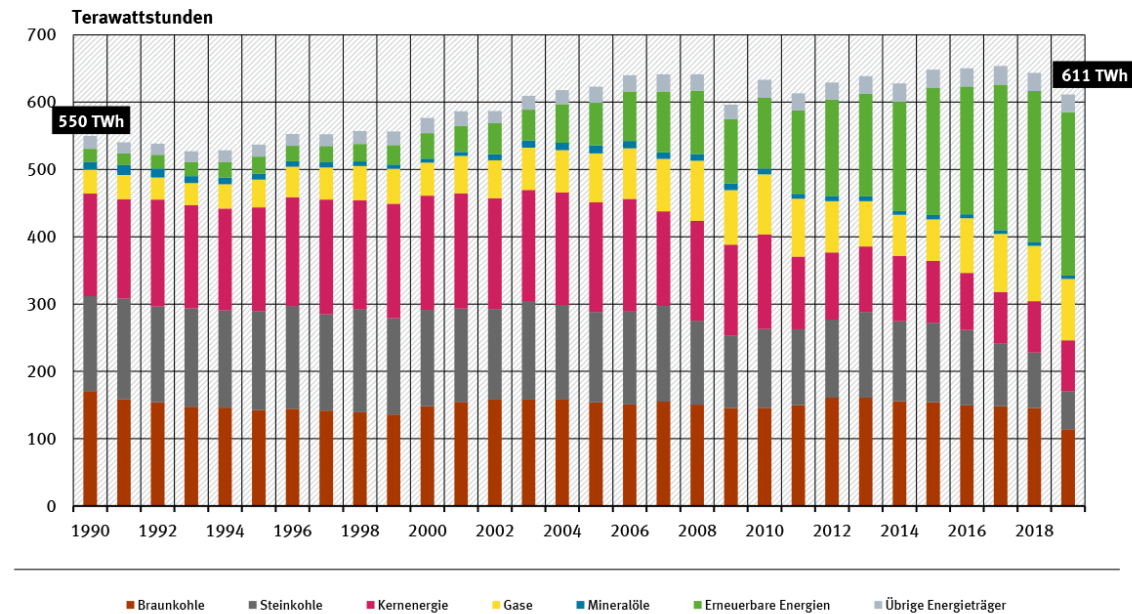
Quelle: AGEE-Stat / Umweltbundesamt



Wasserstoff in der Energiewende

→ Überschussstromnutzung

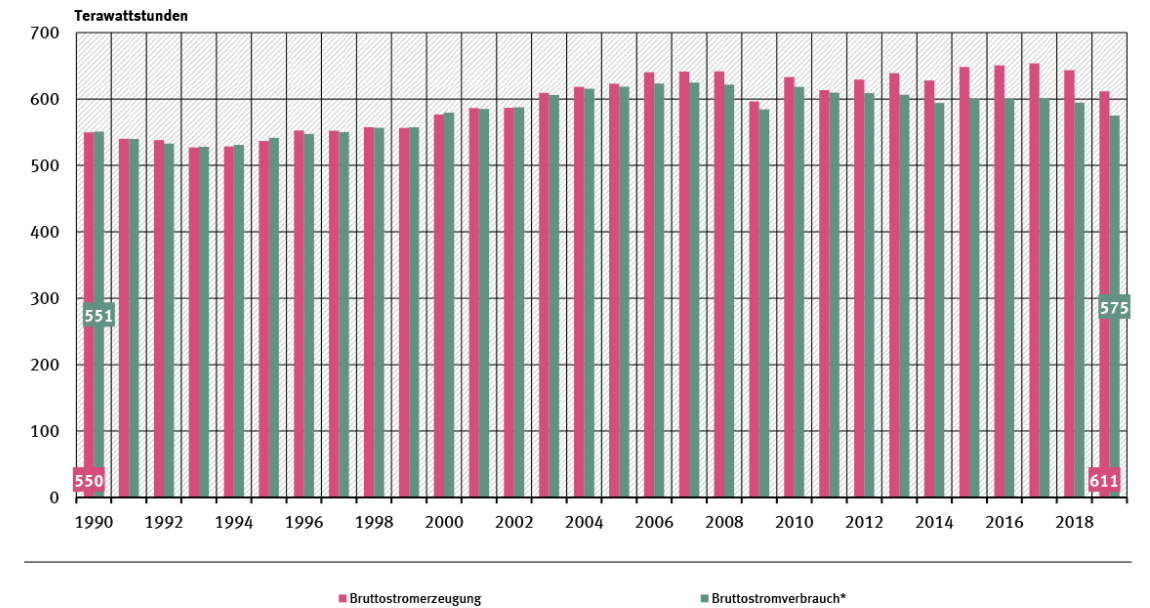
Bruttostromerzeugung in Deutschland nach Energieträgern



2019 vorläufige Angaben, zum Teil geschätzt

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Sondertabelle Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2019 nach Energieträgern, Stand 12/2019

Entwicklung der Bruttostromerzeugung und des Bruttostromverbrauchs



* einschließlich Netzverluste und Eigenverbrauch
2019 vorläufige Angaben, zum Teil geschätzt

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Sondertabelle Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2019 nach Energieträgern, Stand 12/2019

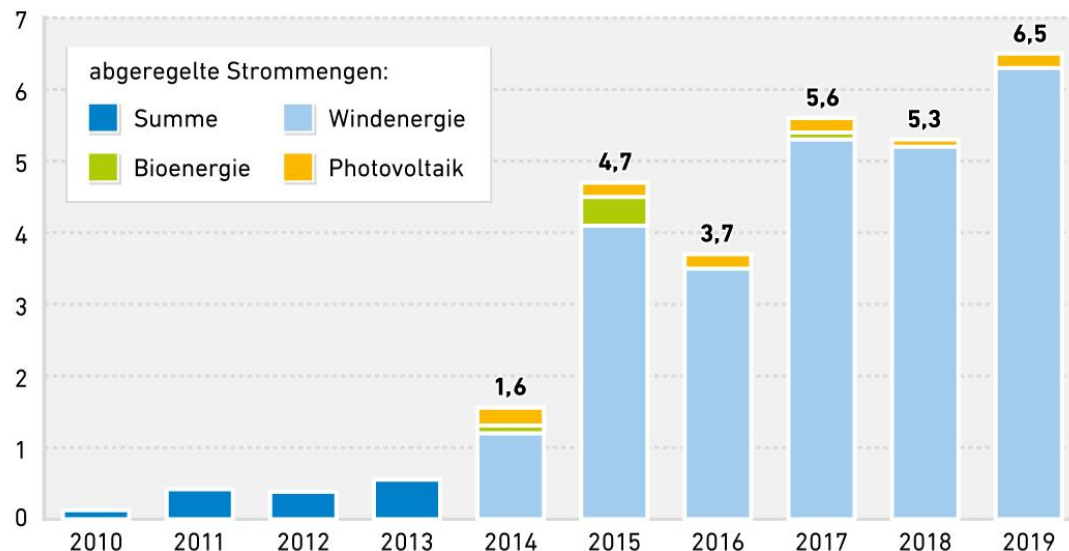
Wasserstoff in der Energiewende

→ Überschussstromnutzung

Durch Einspeisemanagement verlorene Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Statt Anlagen abzuregeln, wäre es sinnvoller, den Strom zu speichern oder in anderen Anwendungen, z.B. zum Heizen einzusetzen („Sektorenkopplung“).

Milliarden Kilowattstunden



Quelle: Bundesnetzagentur
Stand: 5/2020

© 2020 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.



AGENTUR FÜR
ERNEUERBARE
ENERGIEN
unendlich-viel-energie.de

- Überschussstrom macht ca. 1% des genutzten Stroms in Deutschland in 2019 aus!
- Energieverbrauch Verkehrssektor ca. 750TWh
- Überschussstrom ließe sich in Form von Wasserstoff in Salzkavernen speichern, um über Rückverstromung Netzschwankungen auszugleichen.

Wasserstoff in der Energiewende

→ energieautarkes Deutschland?

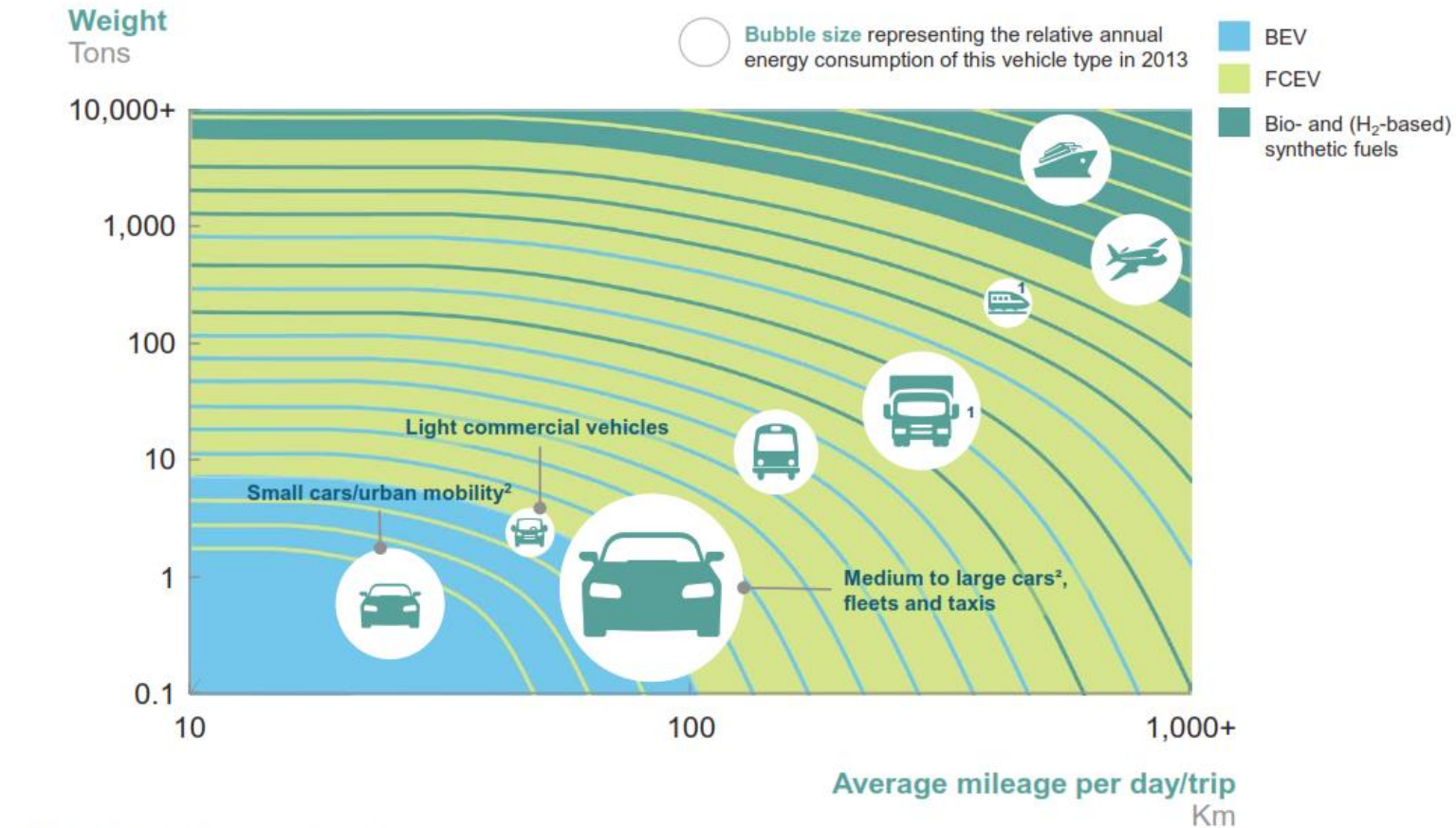
- Laut Studien keine Utopie

- Jedoch:

- große Investitionen nötig in Ausbau von erneuerbaren Energien, Speicherkapazitäten und Netzen
 - schon jetzt gilt:
 - BANANA: Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything
 - NIMBY: Not In My BackYard
 - nötige Flächen müssten bereitgestellt werden
 - Energieversorgung wäre stark vom Stromnetz abhängig, da hierüber auch synthetische Kraftstoffe erzeugt werden
 - Deutschland auch heute großer Energieimporteur

Wasserstoff in der Mobilität

Wasserstoff in der Mobilität



Source: Toyota, Hyundai, Daimler

[6]

Wasserstoff im Straßenverkehr

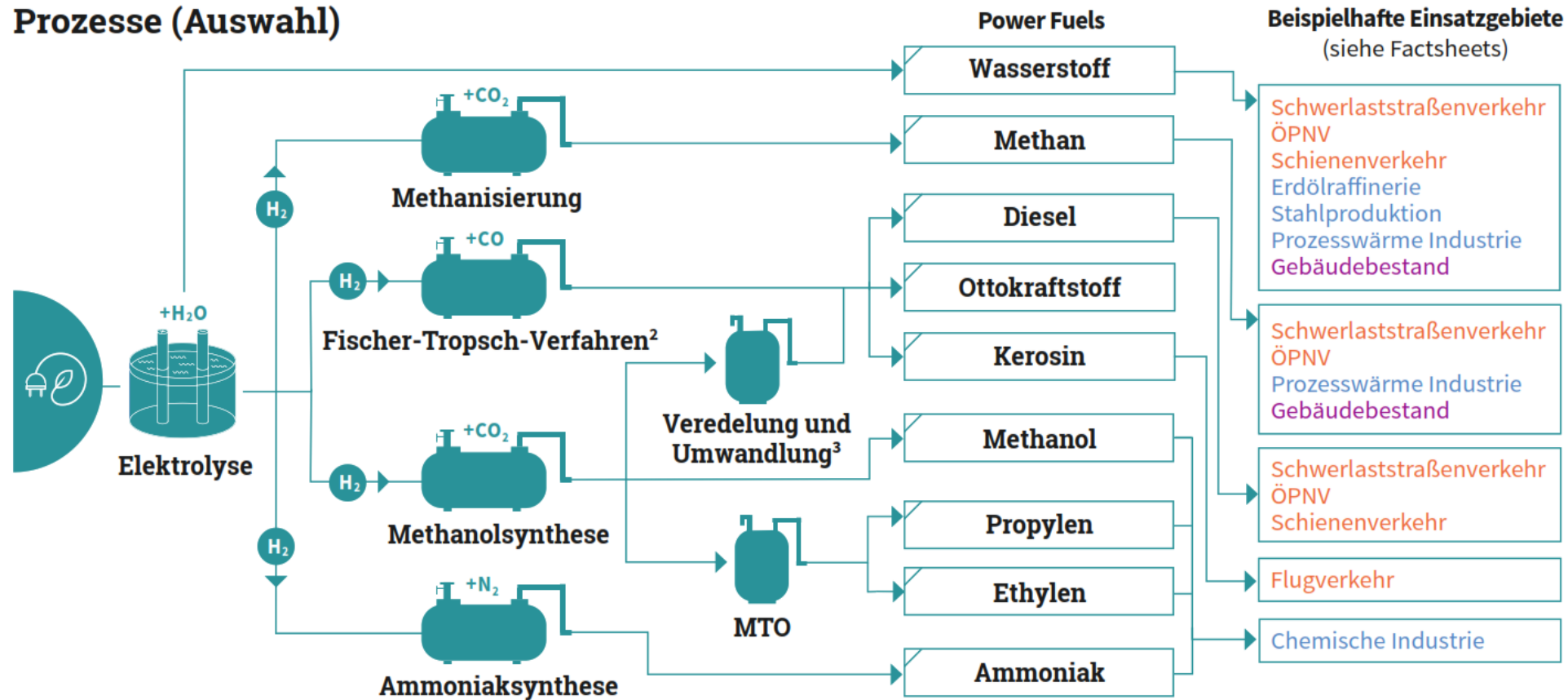
- Wasserstoff ist genauso sicher handhabbar wie Diesel und Benzin
- H₂-Tankstellennetz ist im Aufbau, jedoch bisher vor allem auf Metropolregionen konzentriert
- Hersteller von PKW, LKW und Bussen setzen derzeit auf unterschiedliche Konzepte
- Derzeit verfügbar:
 - PKW (Toyota (JP), Hyundai (KR))
 - Müllfahrzeuge (FAUN (D))
 - Busse (Van Hool (BE), Solaris (PL), Caetano (PT))
 - Züge (Alstom (FR))

Wasserstoff in der Schifffahrt

- Nutzung von reinem Wasserstoff in Seeschifffahrt eher unwahrscheinlich
 - zu geringe Speicherdichte
 - Flüssigwasserstoff (-256°C) hat noch höhere Anforderungen als LNG (-163°C)
- Nutzung in Hafenbetrieb oder Binnenschifffahrt eher denkbar
 - tägliches Bunkern möglich (per Lkw oder Gasflaschenbündeltausch)
 - im Hafenbetrieb nur geringe Reichweiten nötig
- Wasserstoff dient als Basis für synthetische Kraftstoffe

Synthetische Kraftstoffe

Prozesse (Auswahl)



¹ Power to X beinhaltet: Power to Gas (Wasserstoff und synth. Methan), Power to Liquid (synth. Diesel, Ottokraftstoff, Kerosin) und Power to Chemicals (Chemikalien). Power to Heat und Power to Mobility sind hier nicht inkludiert.

² Beinhaltet: Fischer-Tropsch-Synthese, Hydrocracken, Isomerisierung und Destillation. ³ Beinhaltet: DME/OME-Synthese, Olefin-Synthese, Oligomerisierung und Hydrotrating.

Zusammenfassung

- Wasserstoff ist die energetische Zukunft der Welt
- Erneuerbare Energien sind die Basis der Wasserstoffwirtschaft
 - Synthetische Kraftstoffe bedeuten Verluste in der Herstellung
 - Energie sparen hilft, die Ziele zu erreichen
- Deutschland wird weiterhin auf Energieimporte (auch Wasserstoff) angewiesen sein
- Wasserstoff wird in der Mobilität seinen Platz im Schwerlast- und Langstreckenverkehr finden

Projekte in der Region

- [WASh2Emden](#) – Innovative und umweltfreundliche Wasserstoffanwendungen im Seehafen Emden
- [H2Watt](#) – Einführung von Verfahren und Systemen zur effizienten Produktion, Speicherung, den Transport und die Nutzung von Wasserstoff auf Ameland und Borkum
- [H2Region Emsland](#) – HyExperts Wasserstoffregion
- [Hyways for future](#) – Wasserstoff für die Metropolregion Nordwest (EWE)
- [ELEMENT EINS](#) – Power-to-Gas mit bis zu 100MW
- [H2BrakeCO2](#) – HyLand Wasserstoffregion

Quellenangaben

- [1]: Smolinka, Tom: Wasserstoffbereitstellung mittels Wasserelektrolyse: Stand der Technik und Perspektiven, 12. Niedersächsische Energietage, 05.11.2019, Hannover; Fraunhofer ISE
- [2]: Schmiedel, Gabriele: Key technologies for a hydrogen-based energy system, 12. Niedersächsische Energietage, 04.11.2019, Hannover; Siemens AG
- [3]: Agora Energiewende: The European Power Sector in 2018, S. 27, Januar 2019
- [4]: bdew: Positionspapier: Power-to-Gas – Eine Schlüsseltechnologie der Sektorkopplung, Berlin, 28.05.2019
- [5]: Hydrogenious: Examples from large scale projects, Berlin, 21.10.2019
- [6]: Hydrogen Council: How hydrogen empowers the energy transition, Januar 2017
- [7]: DLR: Wasserstoff als ein Fundament der Energiewende, September 2020
- [8]: Deutsche Energie Agentur: Factsheet: Power to X: Technologien, 2019