

Welchen Beitrag kann Wasserstoff zur Energiewende leisten?

INHALT

- Herausforderungen & Ziele
- Wasserstofftechnologie
- Lösungen und Referenzen



Wir haben nur eine Erde

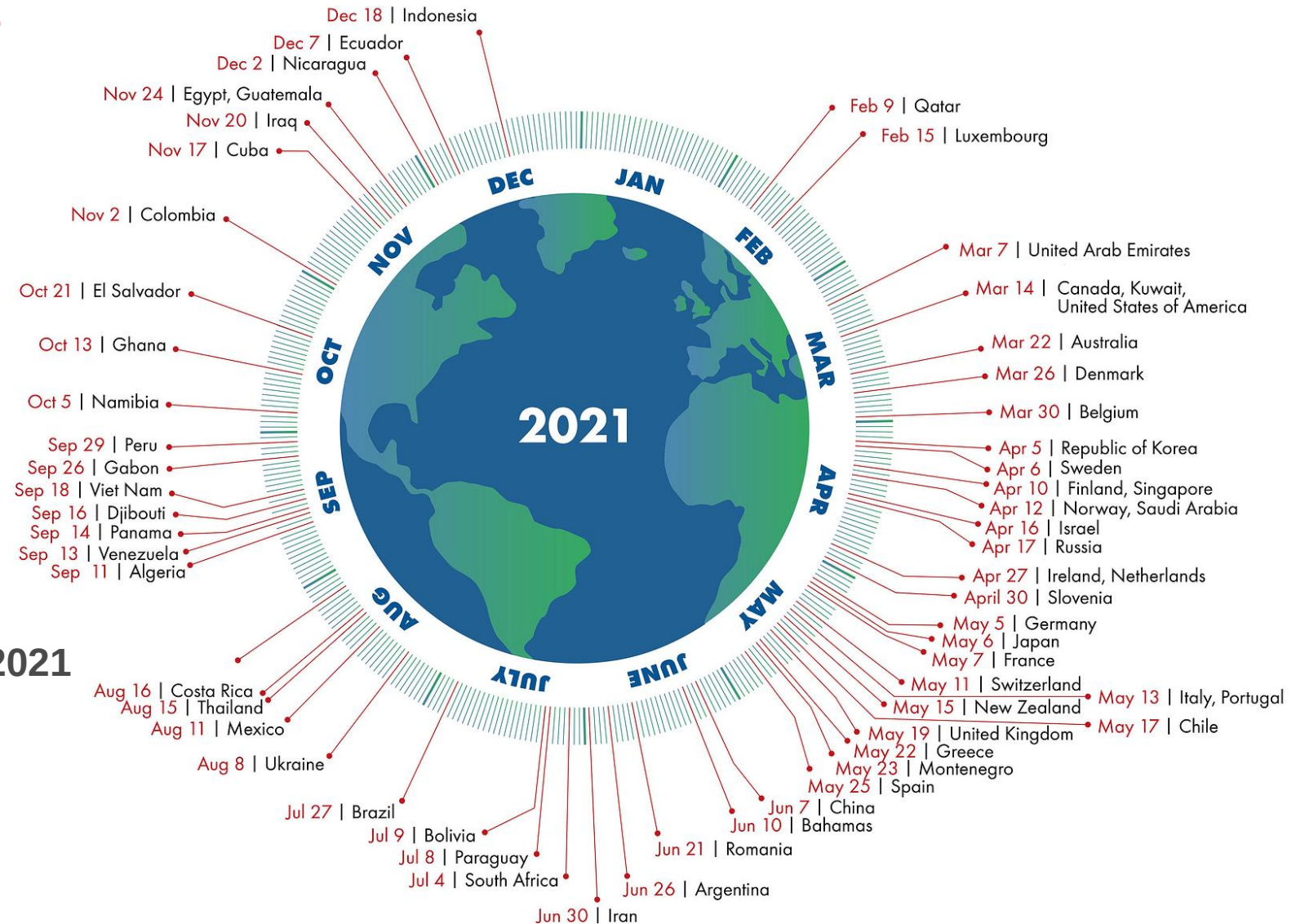
Welterschöpfungstag

= Tag, an dem die Ressourcen der Erde (Energie, Nahrung, Kleidung, Baustoffe,...) für dieses Jahr ausgeschöpft sind.

Für den Rest des Jahres leben wir auf Kredit - also auf Kosten unserer Kinder und Enkelkinder.

Globaler Welterschöpfungstag 29.07.2021

Österreich: 07.04.2021



Herausforderungen

Ressourcenknappheit

Energieimportabhängigkeit

Luftverschmutzung

Bodenversiegelung

Artensterben

Erderwärmung

Klimawandel

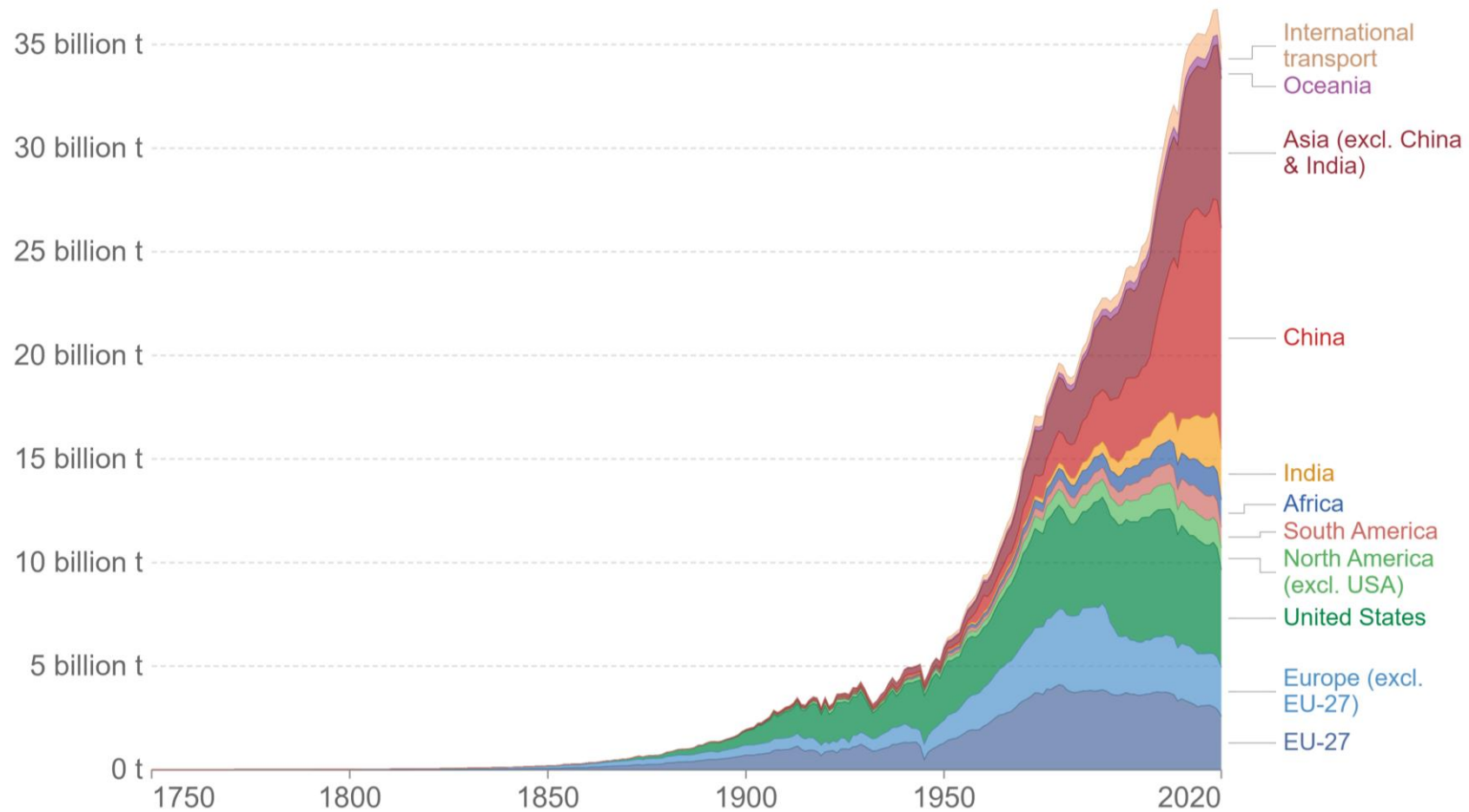
Quelle: VDI, Todesursache Luftverschmutzung, 05.10.2020, <https://blog.vdi.de/todesursache-luftverschmutzung>

Quelle: Kosmo - eine starke Verbindung, <https://www.kosmo.at/das-kocheinde-gold-bosniens-oeffnet-immer-von-14-millionen-euro>

Quelle: Arztblatt.de, Klimawandel: IPCC zeigt drastische Folgen Umweltschadungspleinraum auf, 09.08.2021
<https://www.arztblatt.de/nachrichten/136220/klimawandel-ipcc-zeigt-drastische-folgen-umweltschadungspleinraum-auf>

und vieles mehr...

CO₂ Emissionen



Source: Global Carbon Project

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Note: This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included. 'Statistical differences' (included in the GCP dataset) are not included here.

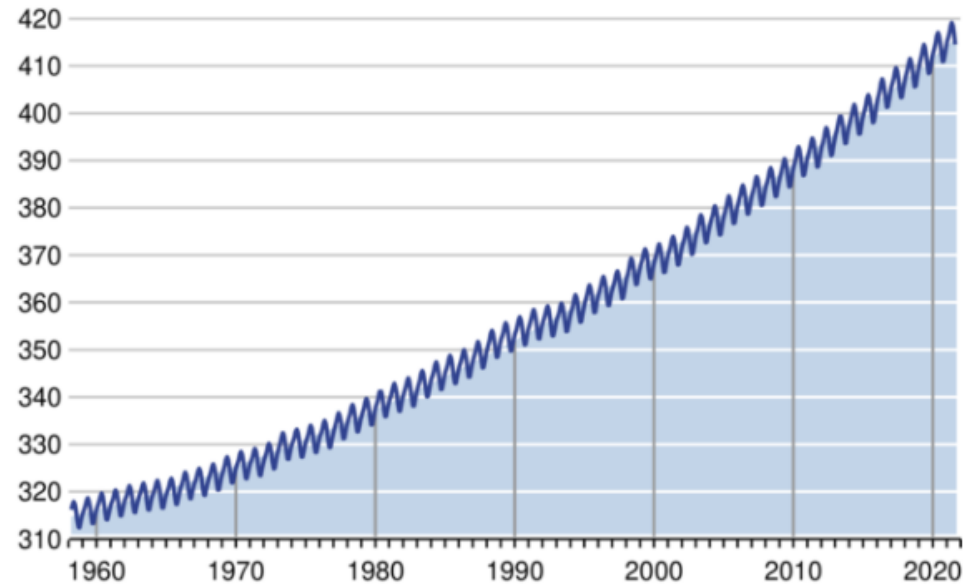
Quelle: <https://ourworldindata.org/co2-emissions>

CO₂ Konzentration

CO₂ Concentration at Mauna Loa Observatory, Hawaii

Monthly Carbon Dioxide Concentration

parts per million

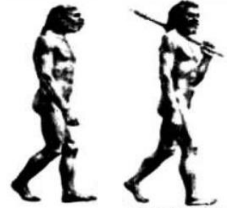
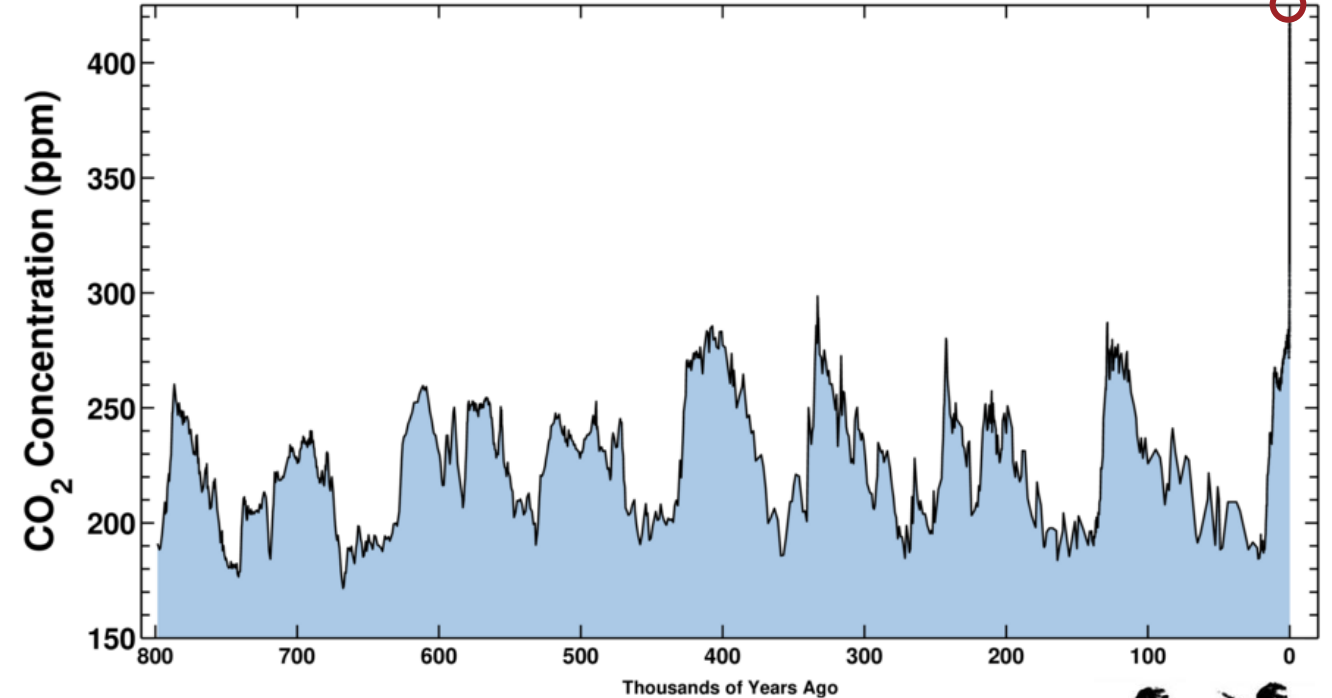


Quelle: The Keeling Curve; <https://keelingcurve.ucsd.edu/>; UC San Diego, Scripps Institution of oceanography

January 10, 2022

Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.

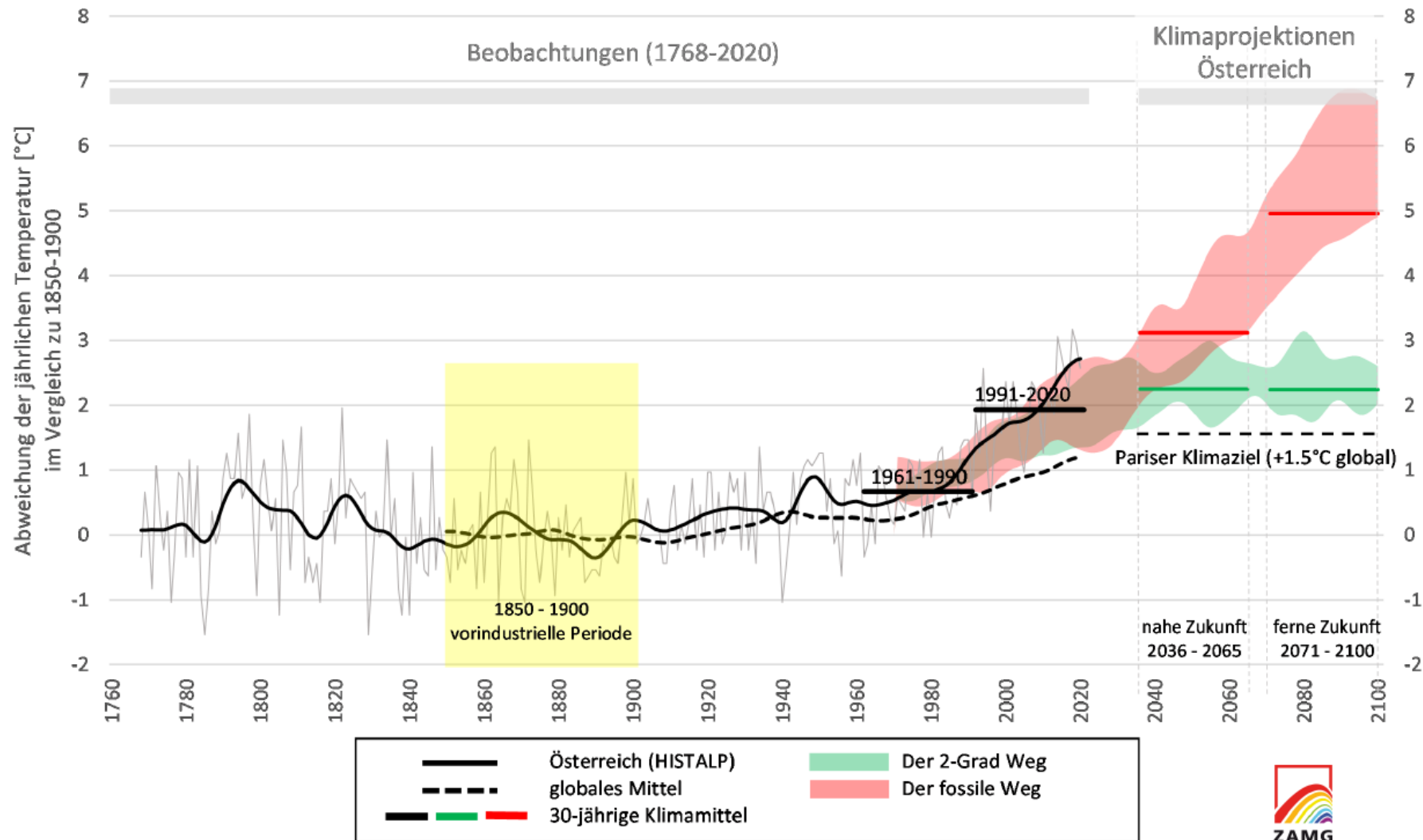
HEUTE!



Neander-
taler
Vor 130.000
– 30.000
Jahren

Cro-Magnon-
Mensch
(Homo
sapiens
sapiens) vor
40.000 Jahren

Temperaturen Österreich



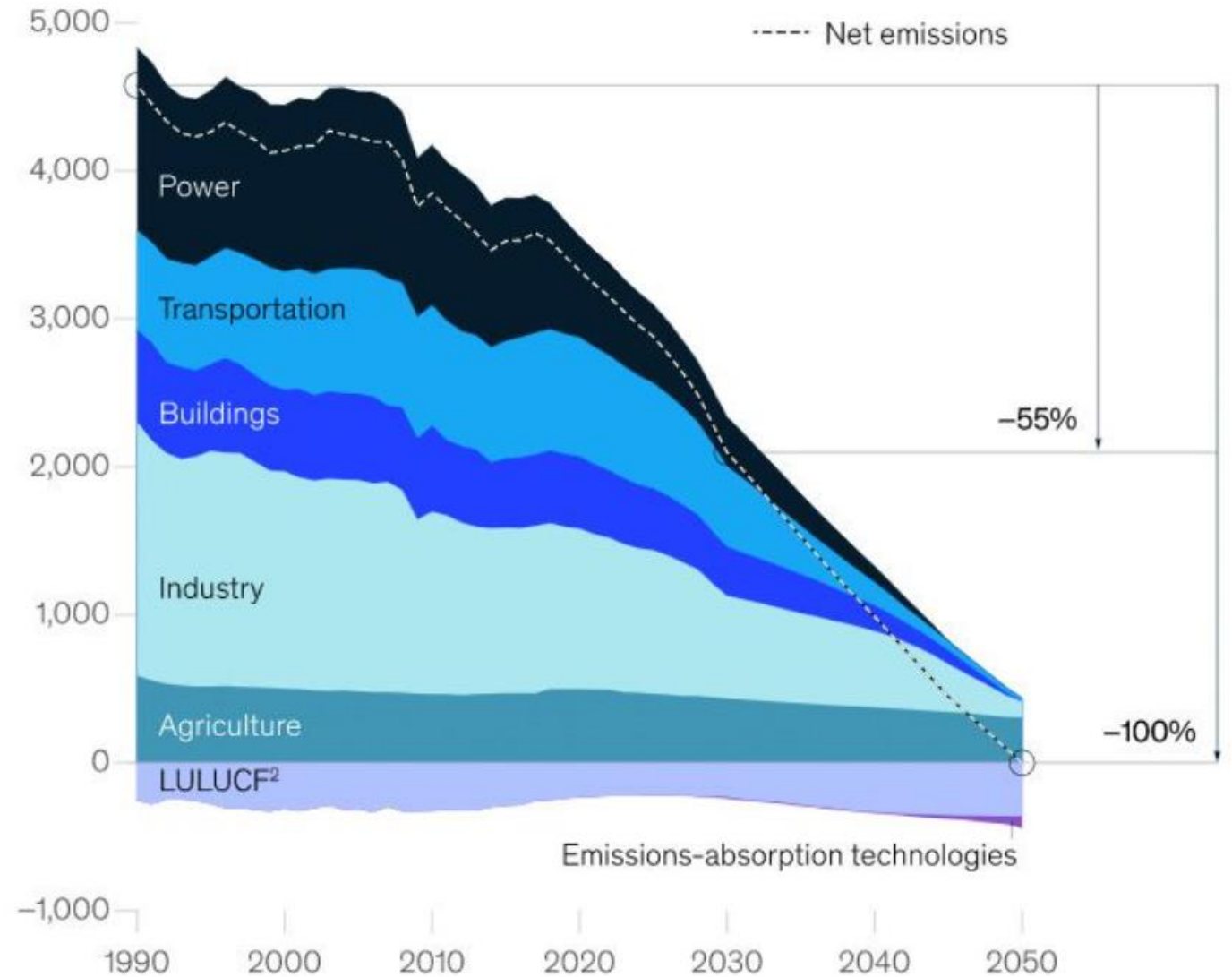
Ziele

- Global (UN-Klimaabkommen, Paris 2015, 197 Staaten):
 - Erderwärmung deutlich $< 2\text{ °C}$
 - Anstrengungen für Beschränkung $< 1,5\text{ °C}$
- Europa („Green Deal“):
 - 2030: -55%*
 - 2050: Klimaneutralität
- Österreich:
 - 2030: - 48 %**
 - 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen***
 - 2040: Klimaneutralität

*... netto Treibhausgas-Emissionen gegenüber 1990

**... aktueller Vorschlag, außerhalb Emissionshandelsbereich, gegenüber 2005; bis jetzt noch - 36 % lt. Effort-Sharing-Verordnung

***... bilanziell



Source: UNFCCC; McKinsey analysis

Quelle: <https://www.consultancy.eu/news/6663/europes-path-to-climate-neutral-by-2050-costs-roughly-28-trillion>

Druck steigt

news  ORF.at

EU-Entwurf: 195 Milliarden für Energieunabhängigkeit

Online seit gestern, 3.48 Uhr

Teilen



Die Europäische Union muss nach Analysen der EU-Kommission in den nächsten fünf Jahren zusätzlich 195 Milliarden Euro investieren, um von russischer Energie loszukommen. Mitte nächster Woche wird die Brüsseler Behörde voraussichtlich ihren Plan vorstellen, um die EU langfristig ohne fossile Brennstoffe aus Russland mit Energie zu versorgen.

Dafür will die Kommission ehrgeizigere Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien und beim Energiesparen setzen, wie aus einem Textentwurf vorgeht, über den die Nachrichtenagentur dpa berichtete. Der Text kann sich noch ändern.

Erneuerbarenanteil von 45 Prozent bis 2030

Ziel der Strategie sei es, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen aus Russland rasch zu verringern, indem die Energiewende vorangetrieben wird. Bis 2030 sollen daher 45 Prozent der Energie in der EU aus erneuerbaren Quellen kommen statt wie bisher geplant 40 Prozent. Das würde die Kapazität für saubere Energie auf 1.236 Gigawatt steigern, im Vergleich zu 511 Gigawatt heute – mehr, als im EU-Klimapaket ursprünglich vorgesehen war.

Die Anzahl der Solarstromanlagen soll sich dem Entwurf zufolge bis 2028 mehr als verdoppeln, auf 300 Gigawatt. Die Kommission setzt auch auf klimafreundlichen Wasserstoff, der etwa aus Ökostrom produziert wird. Bis 2030 sollen zehn Millionen Tonnen davon in der EU produziert und weitere zehn Millionen Tonnen importiert werden.

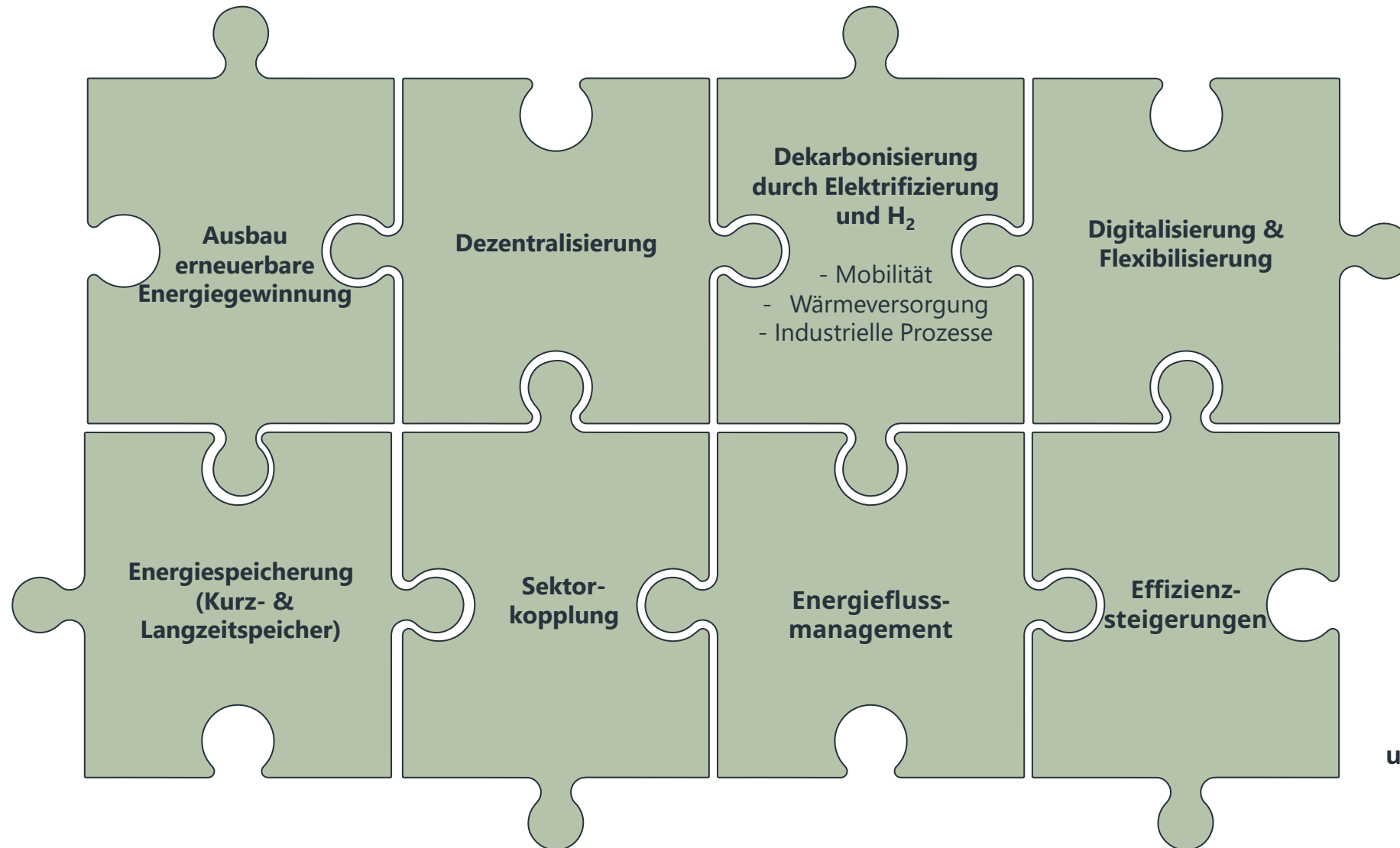
Energieverbrauch soll reduziert werden

Gleichzeitig wird vorgeschlagen, den Energieverbrauch bis Ende des Jahrzehnts um mindestens 13 Prozent zu senken statt wie bisher vorgesehen um neun Prozent. Die Umsetzung der Ziele liege im großen Teil bei den Ländern, die etwa Gelder aus dem CoV-Aufbaufonds für Reformen nutzen könnten.

Insgesamt könnte die EU durch die Strategie pro Jahr etwa 80 Milliarden Euro an russischen Gasimporten sparen, zwölf Milliarden an Ölimporten und 1,7 Milliarden an Kohleimporten, so der Entwurf.

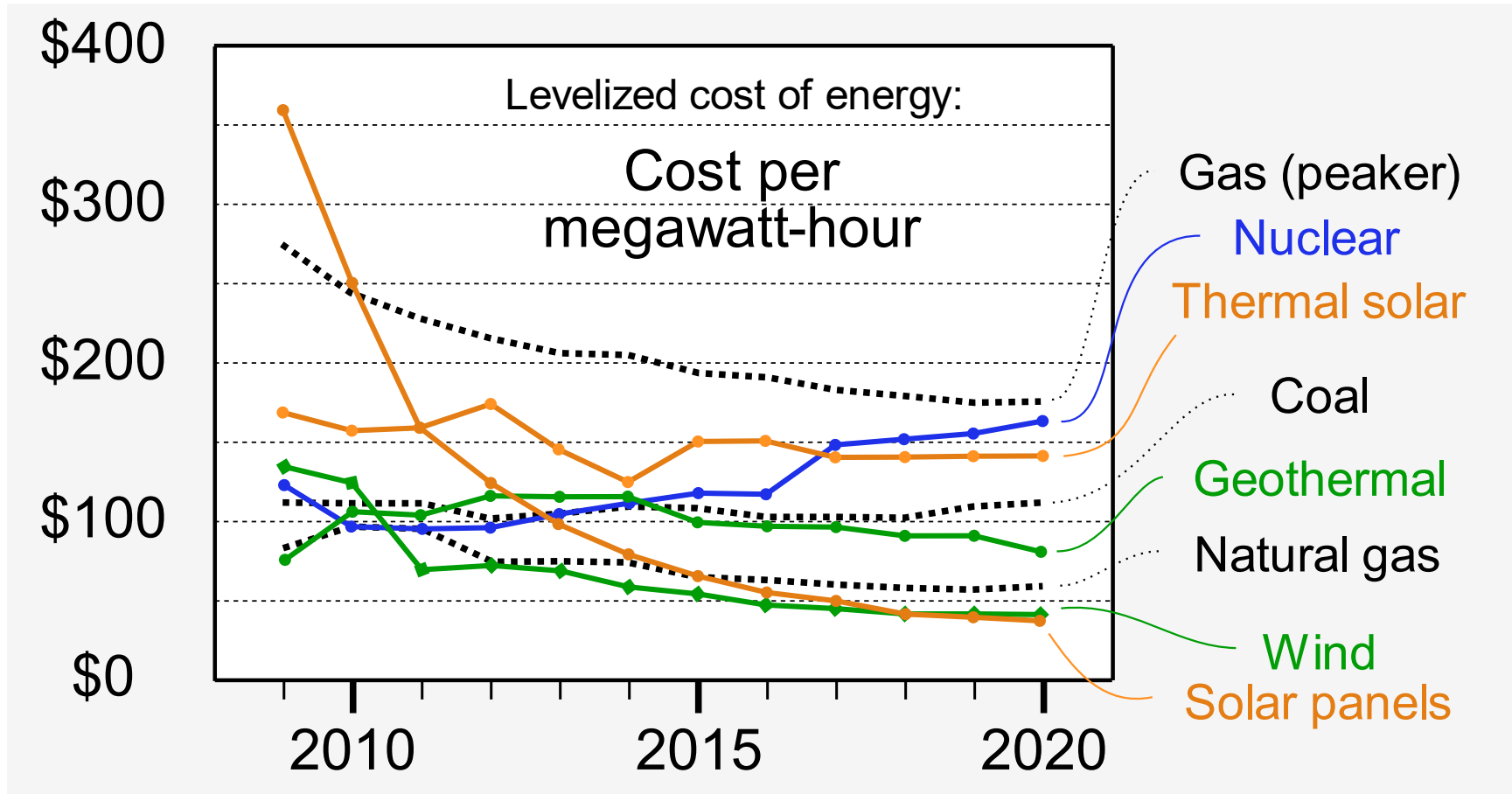
red, ORF.at/Agenturen

Bausteine der Energiewende



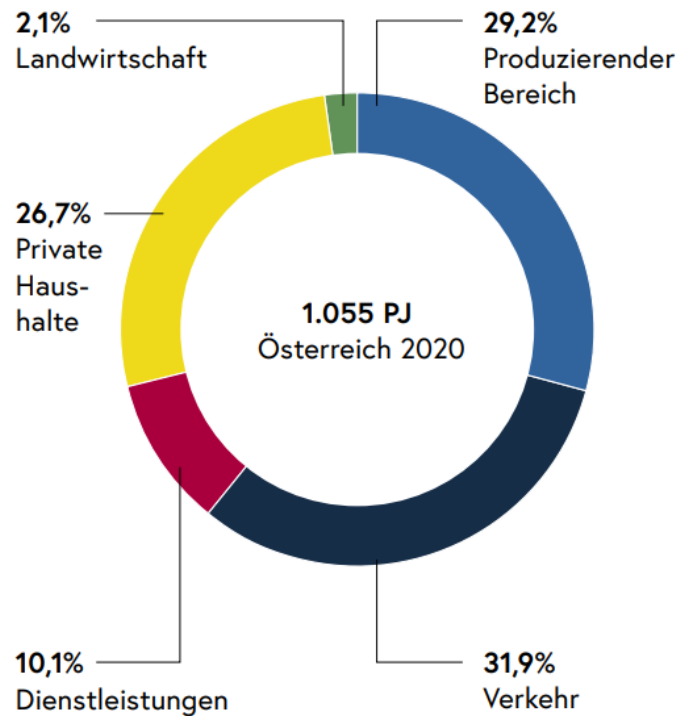
und vieles mehr...

Kosten Energieerzeugung

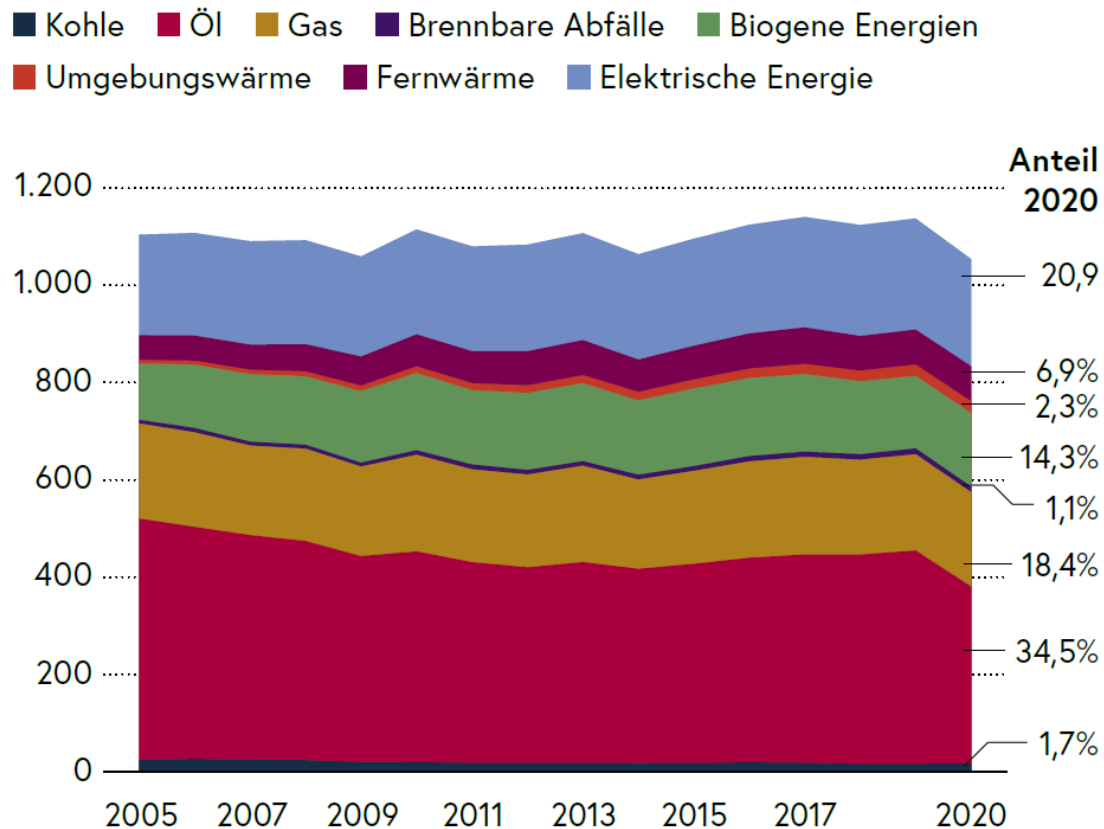


Graph of levelized cost of energy (starting with LCOE 14.0, October 2020) for various energy sources as a function of year, derived from LCOE data from Lazard
Source for graphic: Chrobak, Ula (author); Chodosh, Sara (infographic) (28 January 2021). "[Solar power got cheap. So why aren't we using it more?](#)". *Popular Science*. Archived from [the original](#) on 29 January 2021. • Chodosh's graphic is derived from data in [Lazard's Levelized Cost of Energy Version 14.0](#). *Lazard.com*. Lazard (19 October 2020). Archived from [the original](#) on 28 January 2021. [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:20201019_Levelized_Cost_of_Energy_\(LCOE,_Lazard\)_-_renewable_energy.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:20201019_Levelized_Cost_of_Energy_(LCOE,_Lazard)_-_renewable_energy.svg)
Diese Datei ist lizenziert unter der [Creative-Commons-Lizenz](#) „[Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 international](#)“.

Energie in Österreich



Energetischer Endverbrauch nach wirtschaftlichen Sektoren
Quelle: BMK, Energie in Österreich; Zahlen, Daten, Fakten; 2021, Seite 17

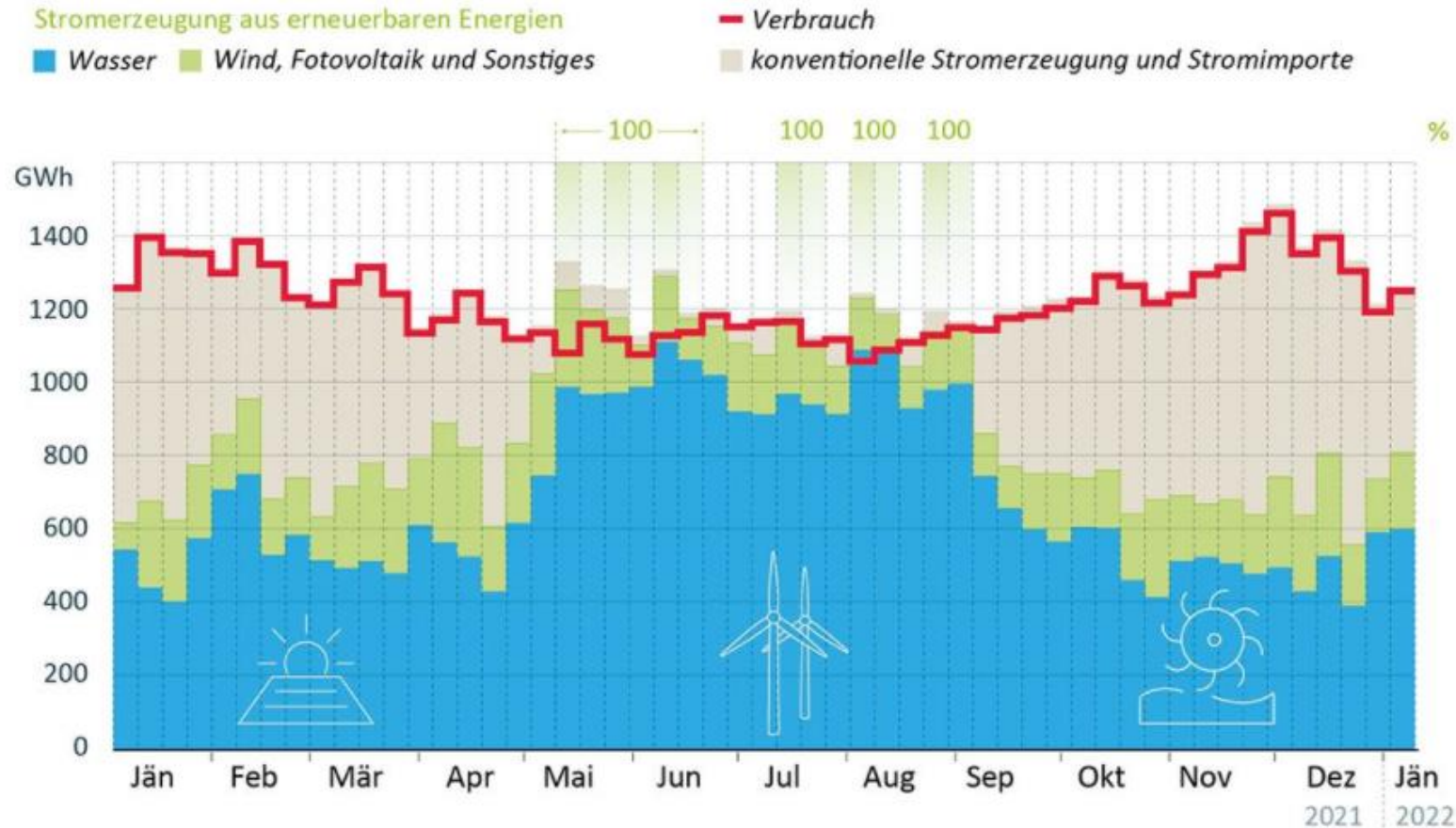


Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern
Quelle: BMK, Energie in Österreich; Zahlen, Daten, Fakten; 2021, Seite 17

Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch: ~34 %

Quelle: BMK, Energie in Österreich; Zahlen, Daten, Fakten; 2021, Seite 20

Strom in Österreich



Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung betrug 2019 rund 77%

Quelle: BMK, Energie in Österreich; Zahlen, Daten, Fakten; 2021, Seite 16

Auftraggeber: APG Austrian Power Grid

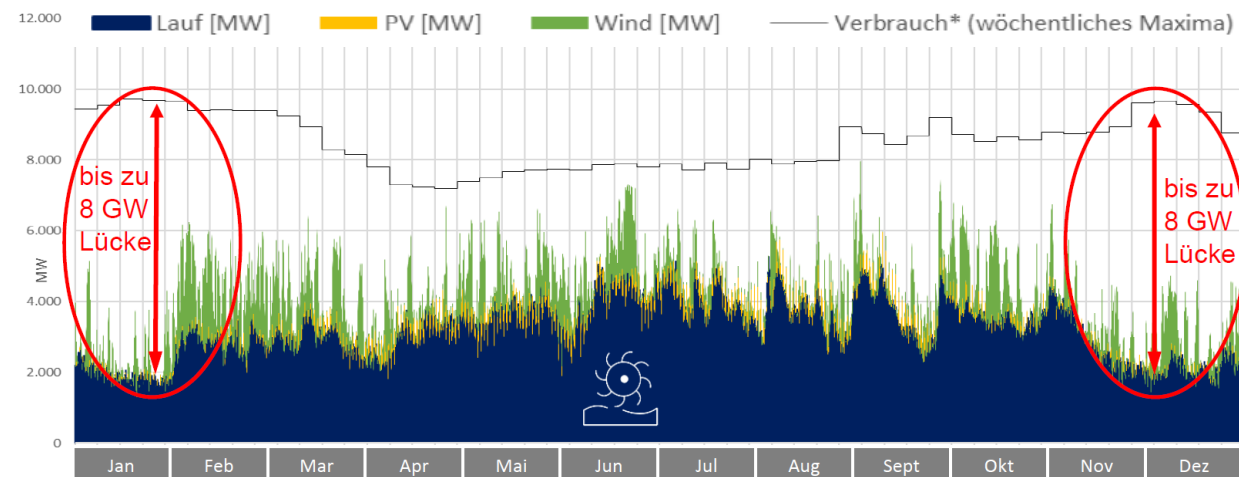
Dieser Grafik liegen der APG kurzfristig zur Verfügung stehende Daten zugrunde.

APA-AUFTRAGSGRAFIK

Wöchentliche Stromverbrauchsdeckung (bilanziell) der letzten 12 Monate

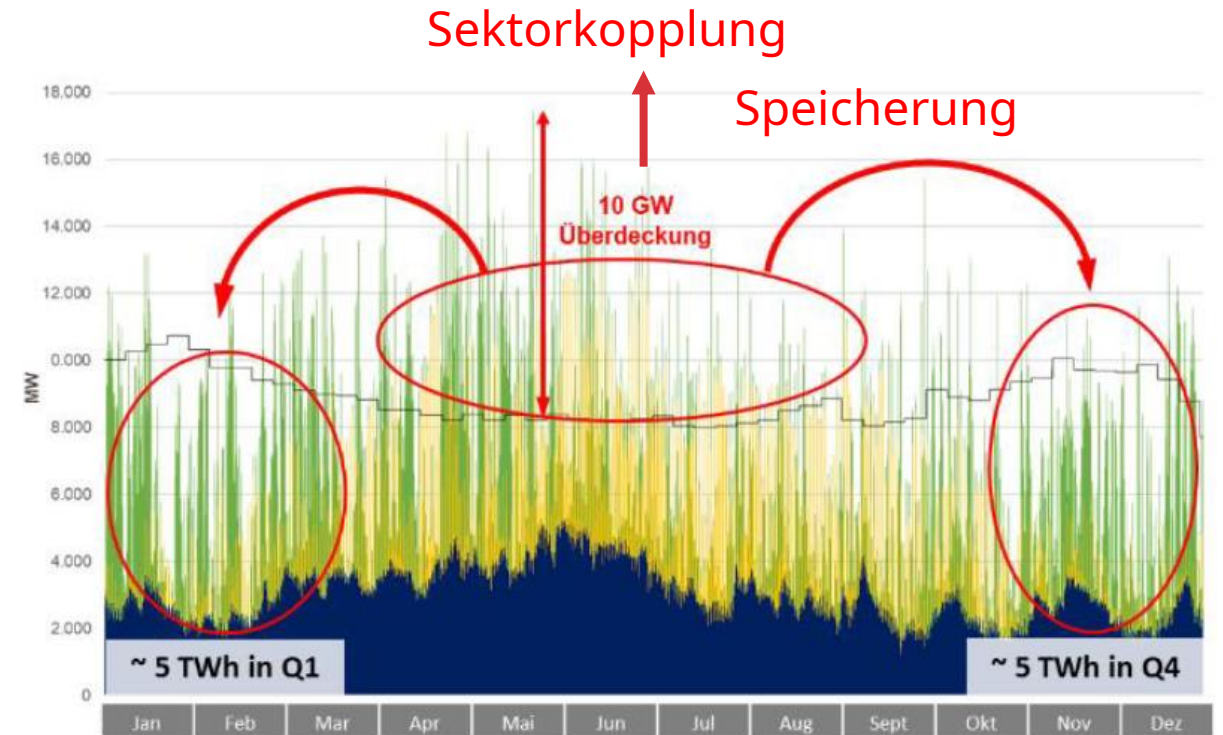
Quelle: APG, Gerhard Christiner, LinkedIn, 01-2022

EE Ausbau Österreich



Lastdeckung AT 2020

Quelle: APG, Florian Pink, IEWT 2021, 10.09.2021, Übertragungsnetze zwischen Blackout und Wunsch nach 100% Erneuerbaren



Lastdeckung AT 2030

Quelle: APG, Kurt Misak, Rückrat der Versorgungssicherheit, 2021, eigenen Ergänzung Bezeichnung Speicherung und Schlussfolgerung der Sektorkopplung

Wind: 3 GW

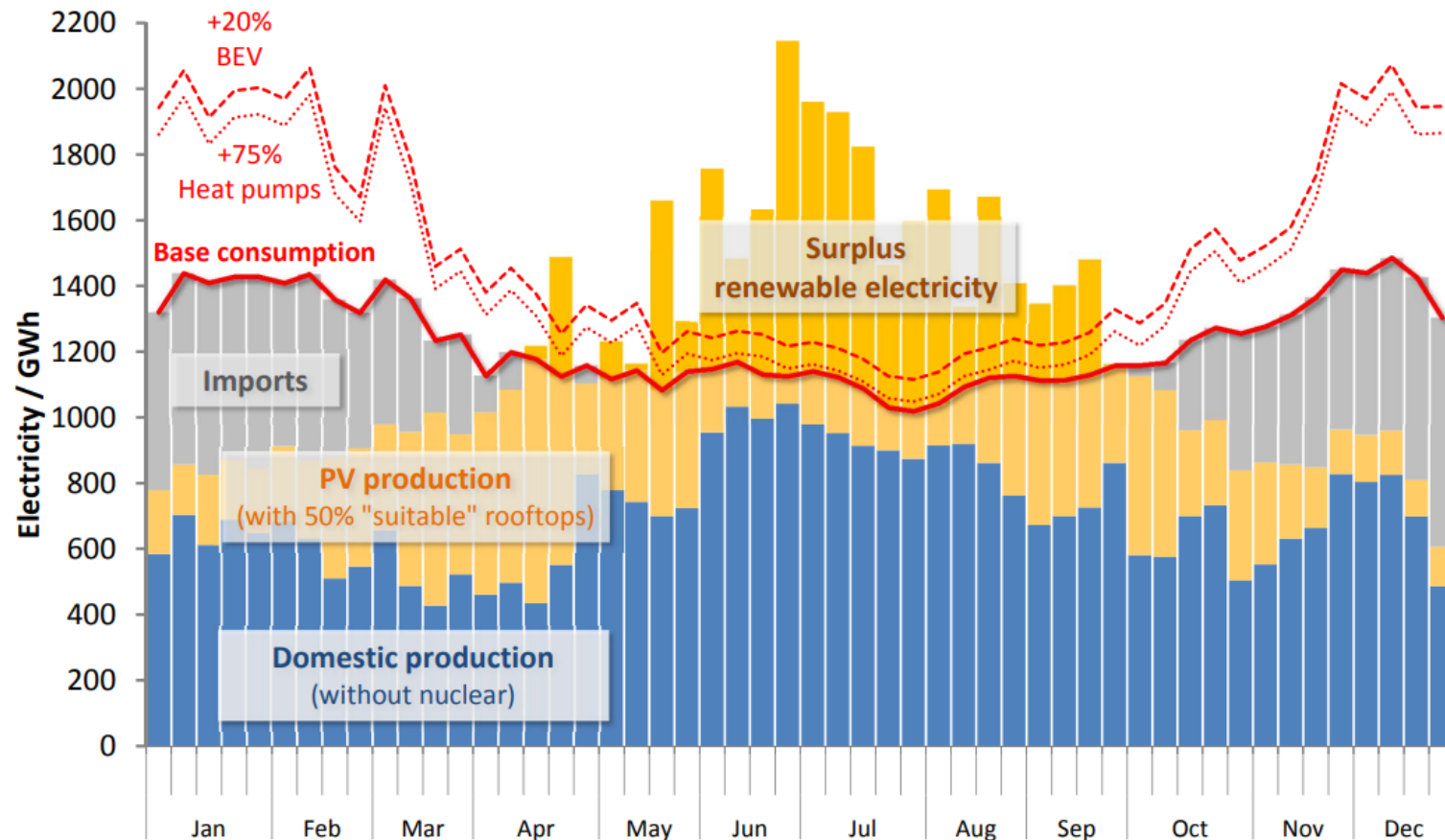
PV: 2 GW



9 GW

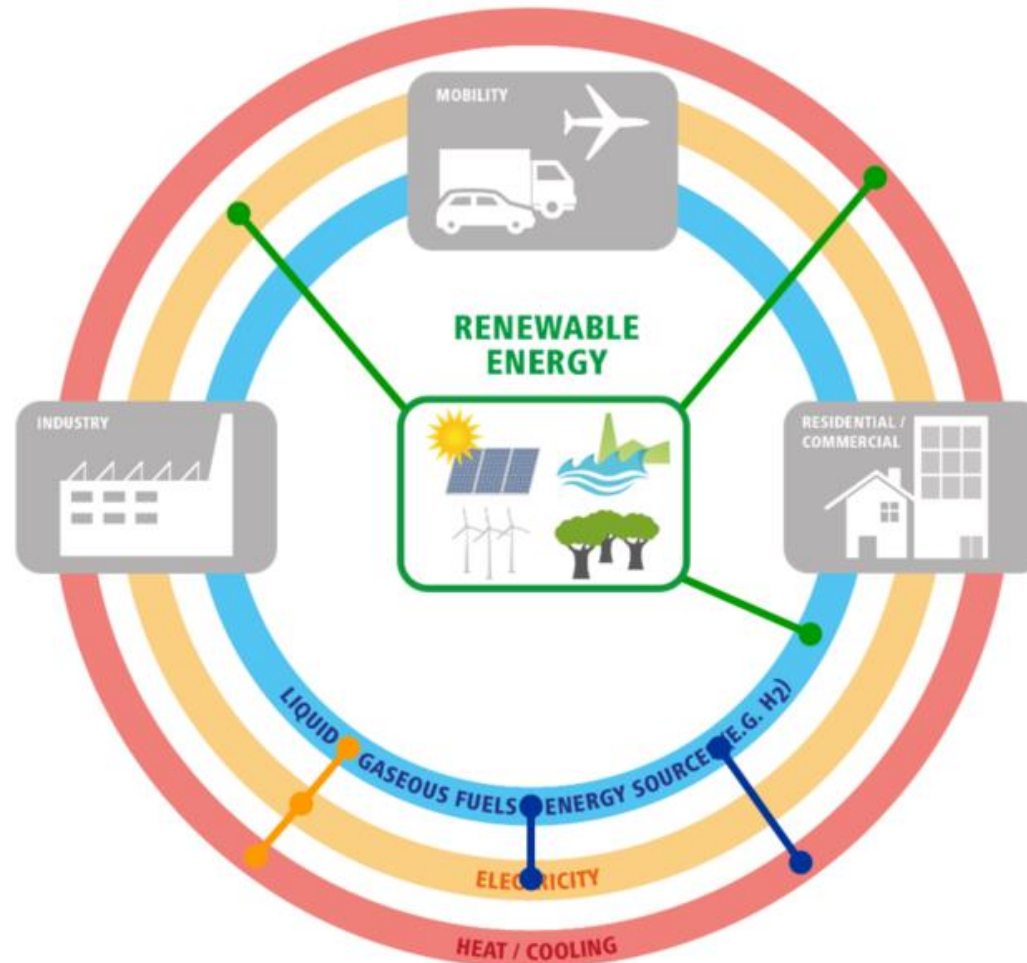
12 GW

Mehr Strombedarf im Winter!



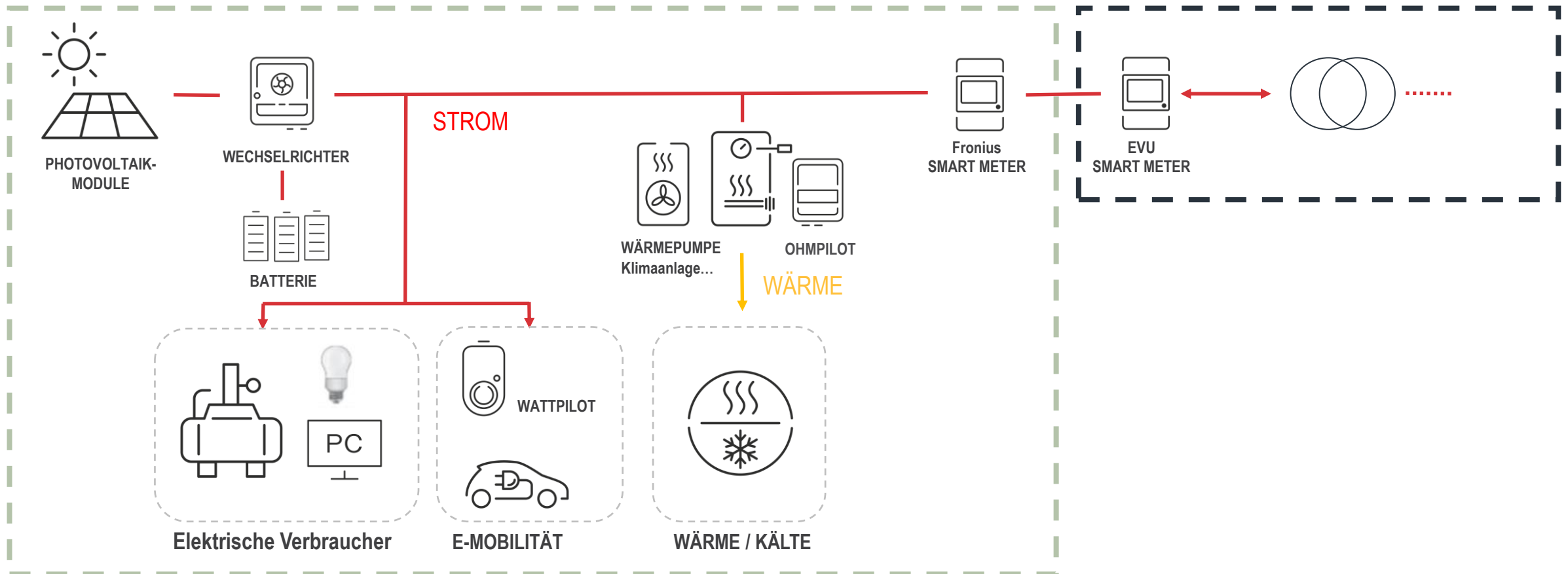
Quelle: Martin Rüdösüli, Sinan L. Teske, Urs Elber; Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa); Article Impacts of an Increased Substitution of Fossil Energy Carriers with Electricity-Based Technologies on the Swiss Electricity System

Sektorkopplung



Lokale Sektorkopplung

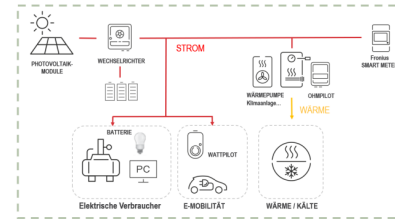
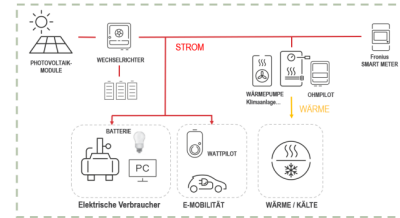
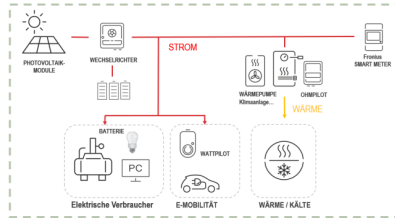
z.B. Einfamilienhaus



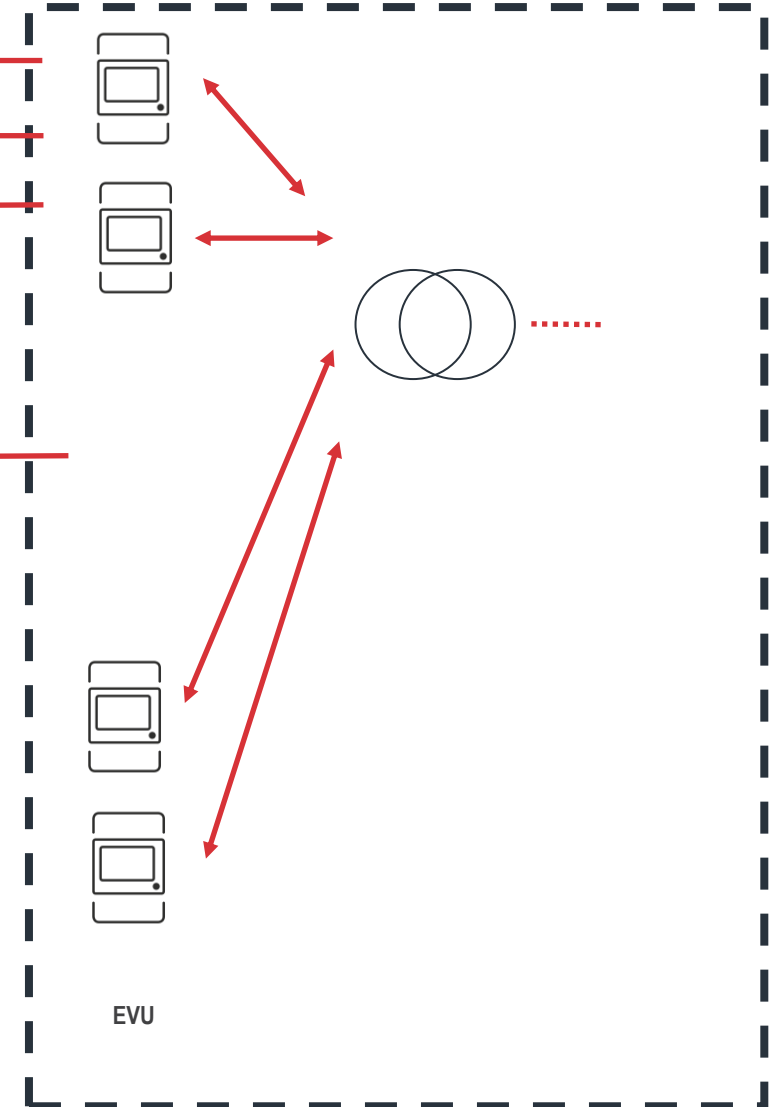
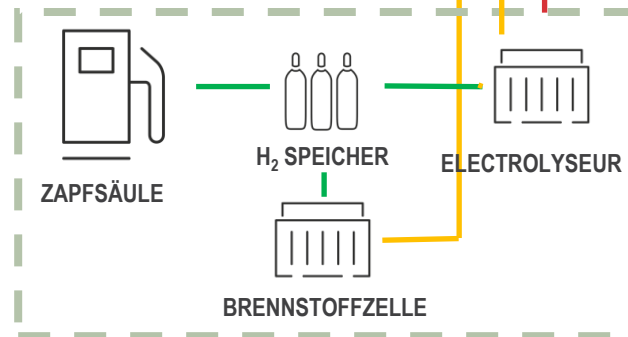
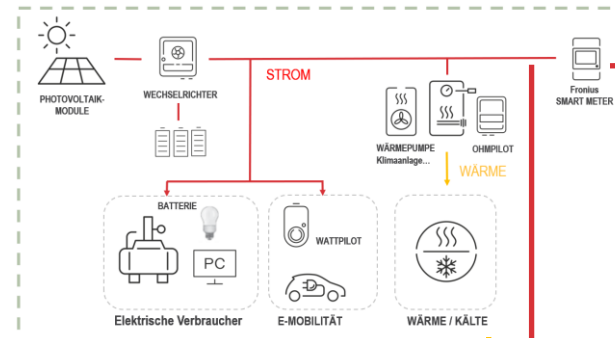
- Primärer Fokus: Maximierung des PV-Eigennutzungsgrades

Regionale Sektorkopplung

Einfamilien-
häuser



Unternehmen
/ Kommunen

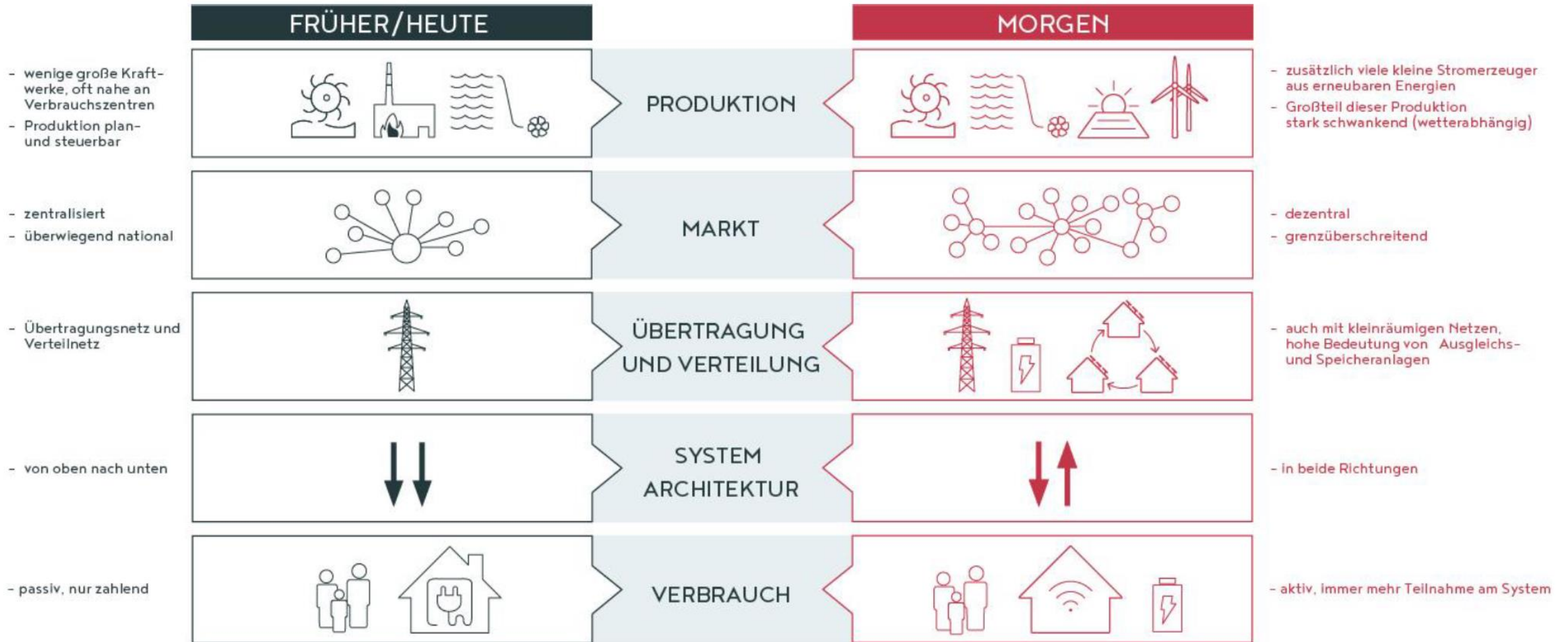


Trends der Energiewende

Dekarbonisierung	Abkehr der Nutzung von Kohle, Öl & Erdgas
Digitalisierung	Starke Vernetzung und smarte Interaktion von Energieerzeugern, Verbrauchern und Speicher
Dezentralisierung	Erneuerbare Stromerzeugung und Speicherung ist kleinteilig und (fast) überall kostengünstig verfügbar.
Demokratisierung	Niederschwellige Teilhabemöglichkeiten von BürgerInnen bei Erzeugung, Speicherung, Lieferung und Nutzung von erneuerbarem Strom.
Kostendegression	Besonders Solar, Wind und Batterien werden immer günstiger
Elektrifizierung	Viele Anwendungen (vor allem im Bereich der Wärmeversorgung und Mobilität) werden elektrifiziert!

→ Immens
steigende
Bedeutung
dezentraler
Energie-
versorgungs-
lösungen

Dezentralisierung

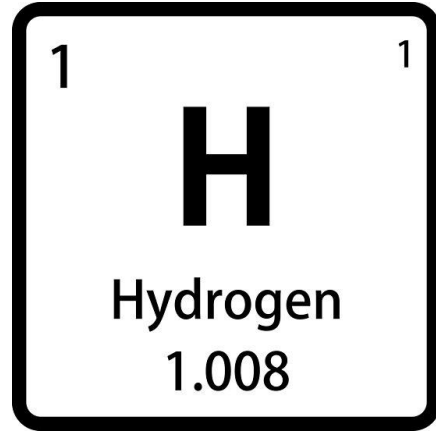


INHALT

- Herausforderungen & Ziele
- Wasserstofftechnologie
- Lösungen und Referenzen



WASSERSTOFF



- Element mit der geringsten Dichte
- Gasförmig (unter Normalbedingungen)
- Farblos, geruchlos & ungiftig
- Brennbar mit weitem zündfähiger Bereich
- Häufigstes Element im Universum, auf der Erde aber fast ausschließlich nur chemisch gebunden
- Potentieller, erneuerbarer Energieträger



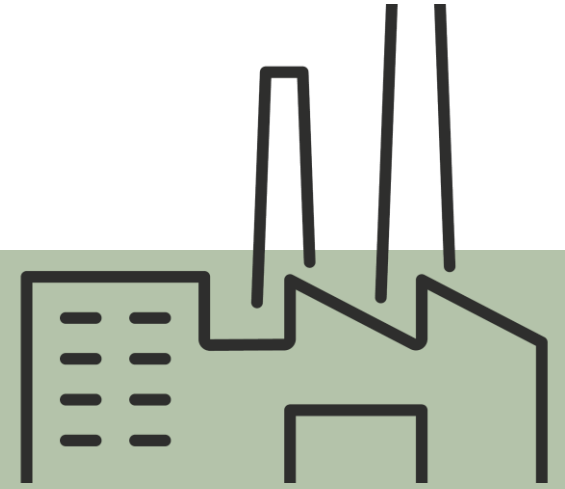
Energieträger H₂



... als Speicher für
erneuerbare Energie

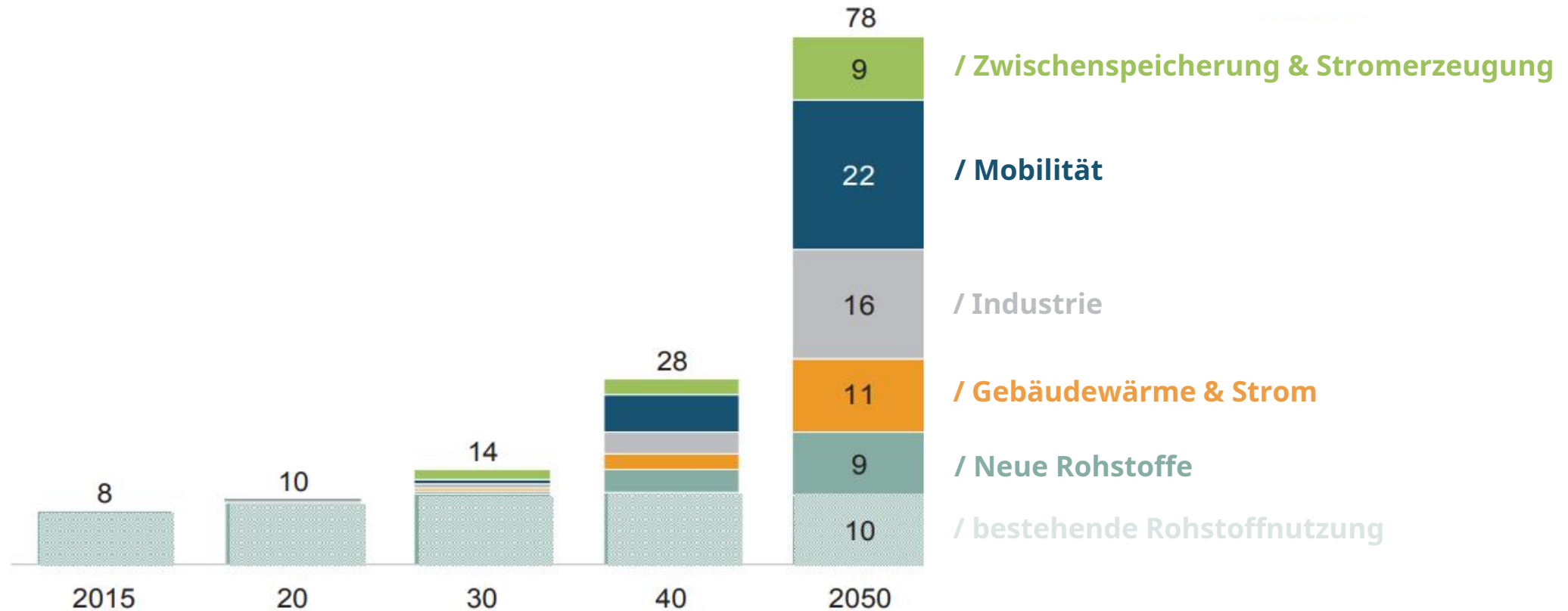


... als Treibstoff für
emissionsfreie Mobilität



... als Roh- und Brennstoff
für (z.B. industrielle)
Prozesse und zur
Wärmeerzeugung

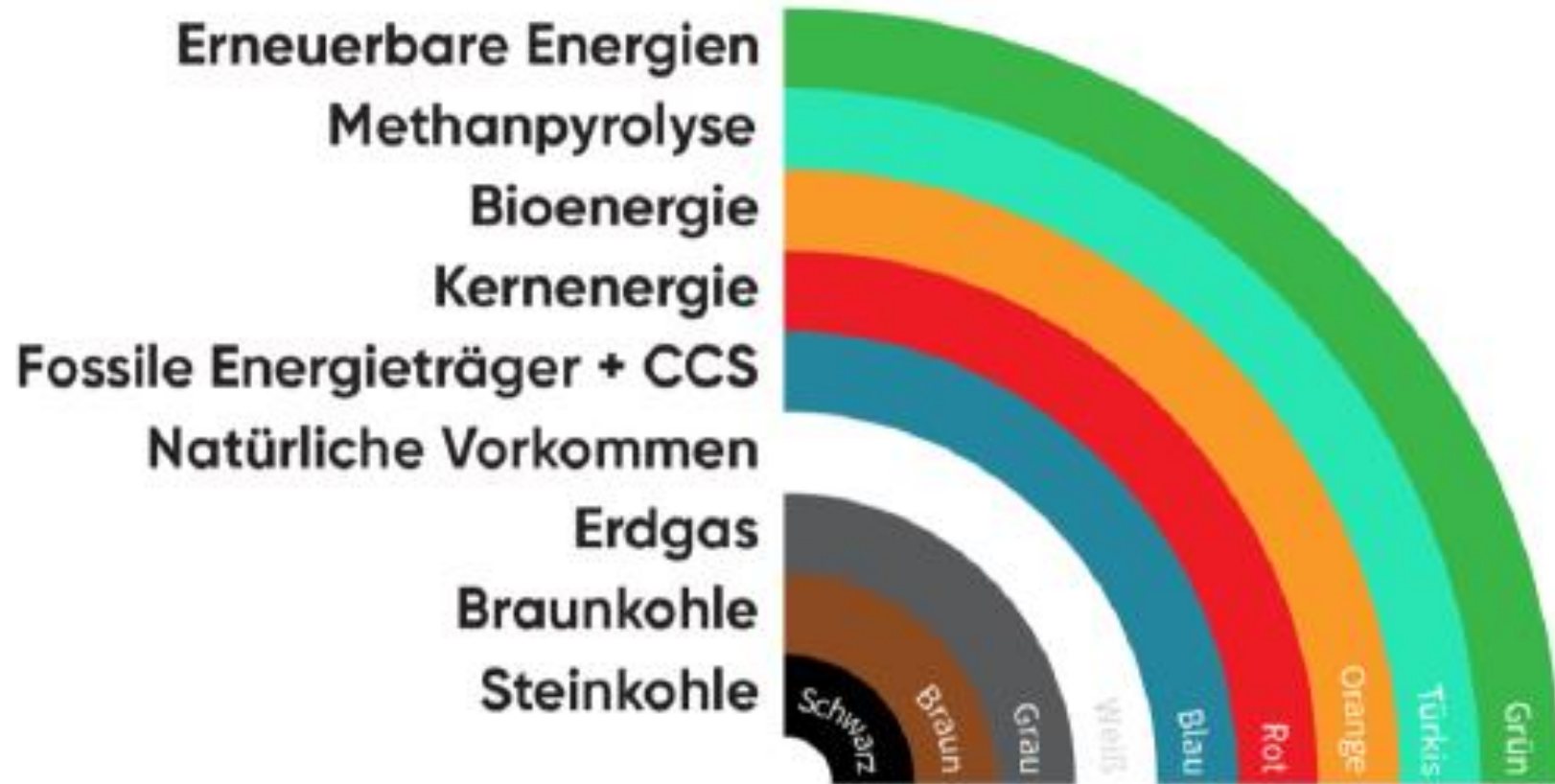
Zukünftige H₂ Anwendungen



Globaler Energiebedarf, versorgt mit Wasserstoff [EJ]

Quelle: Hydrogen Council, Hydrogen scaling up, November 2017, A sustainable pathway for the global energy transition, eigene Übersetzung

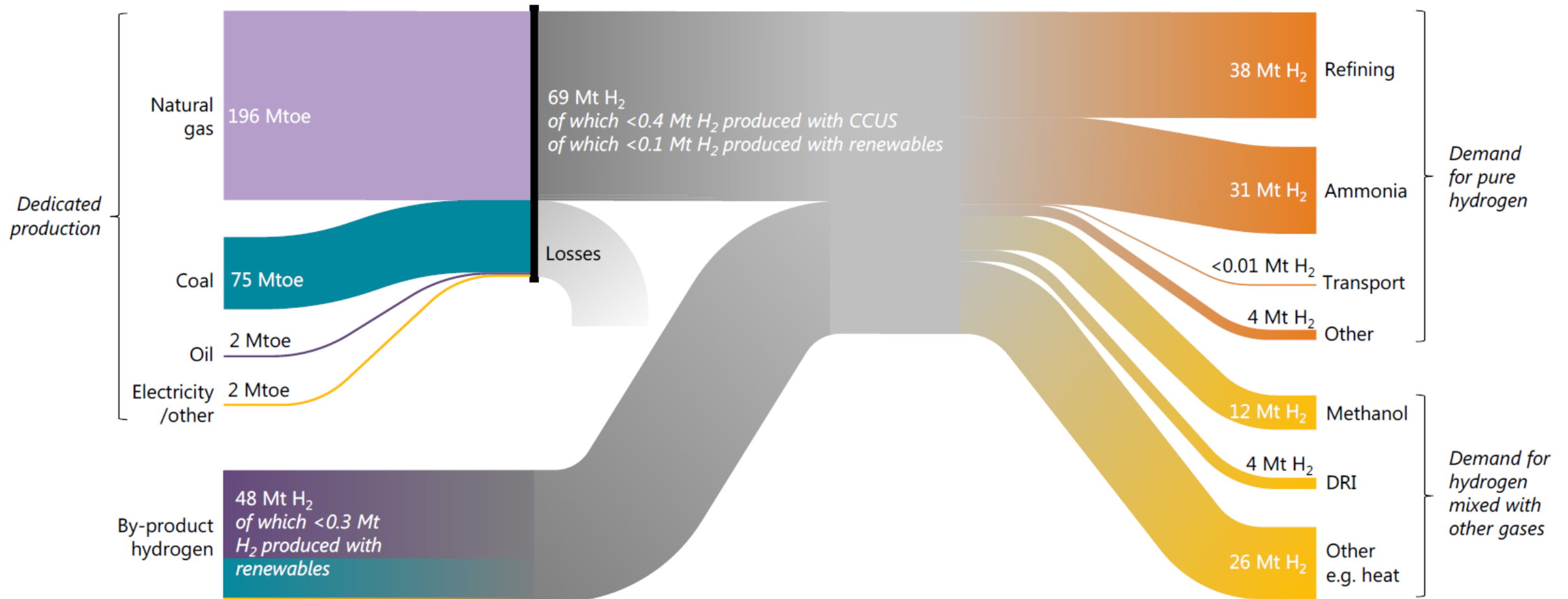
Möglichkeiten H₂ Erzeugung



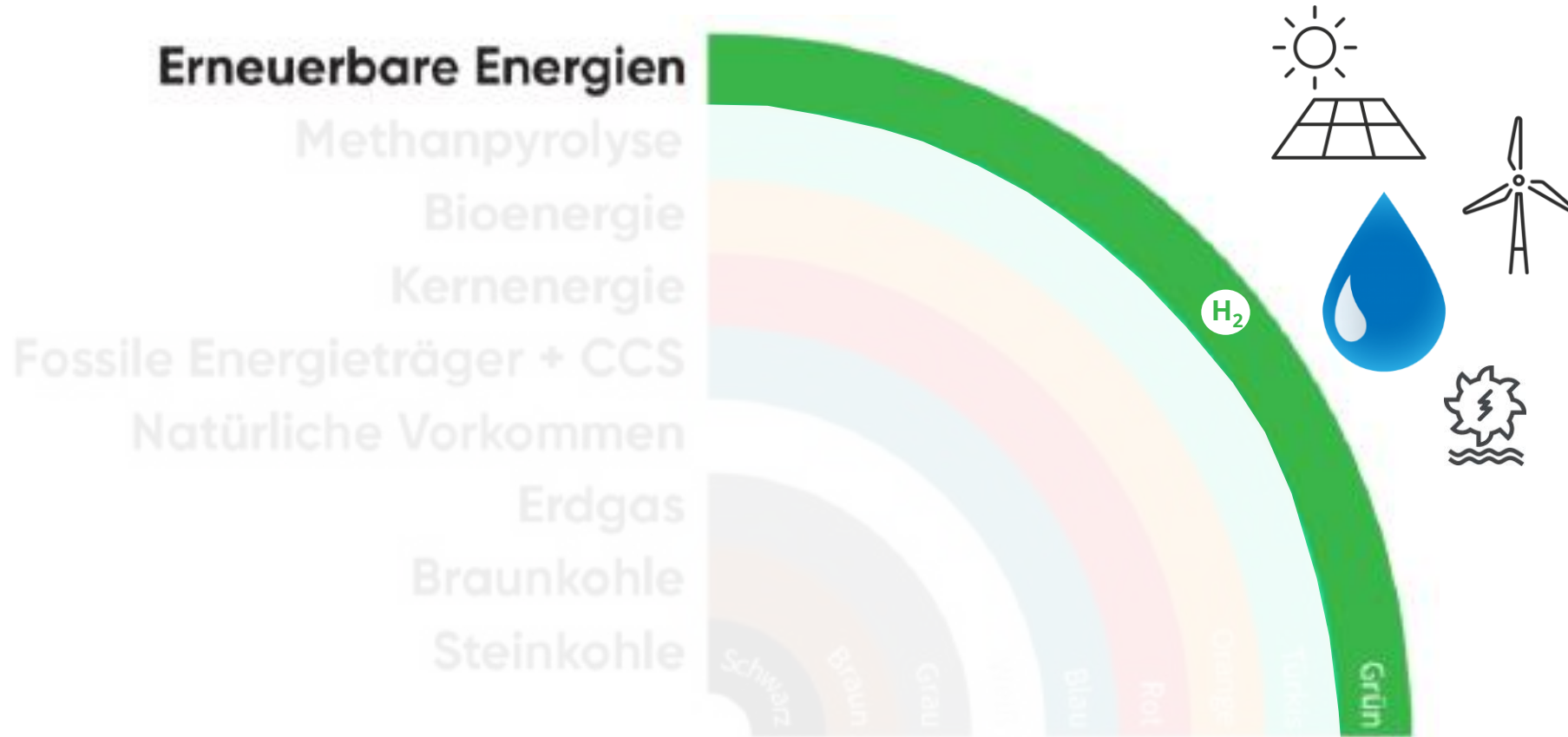
Quelle: https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2021/01/IKEM_Kurzstudie_Wasserstoff_Farbenlehre.pdf

Erzeugung & Nutzung HEUTE

Heute dominiert weltweit die fossile Erzeugung...

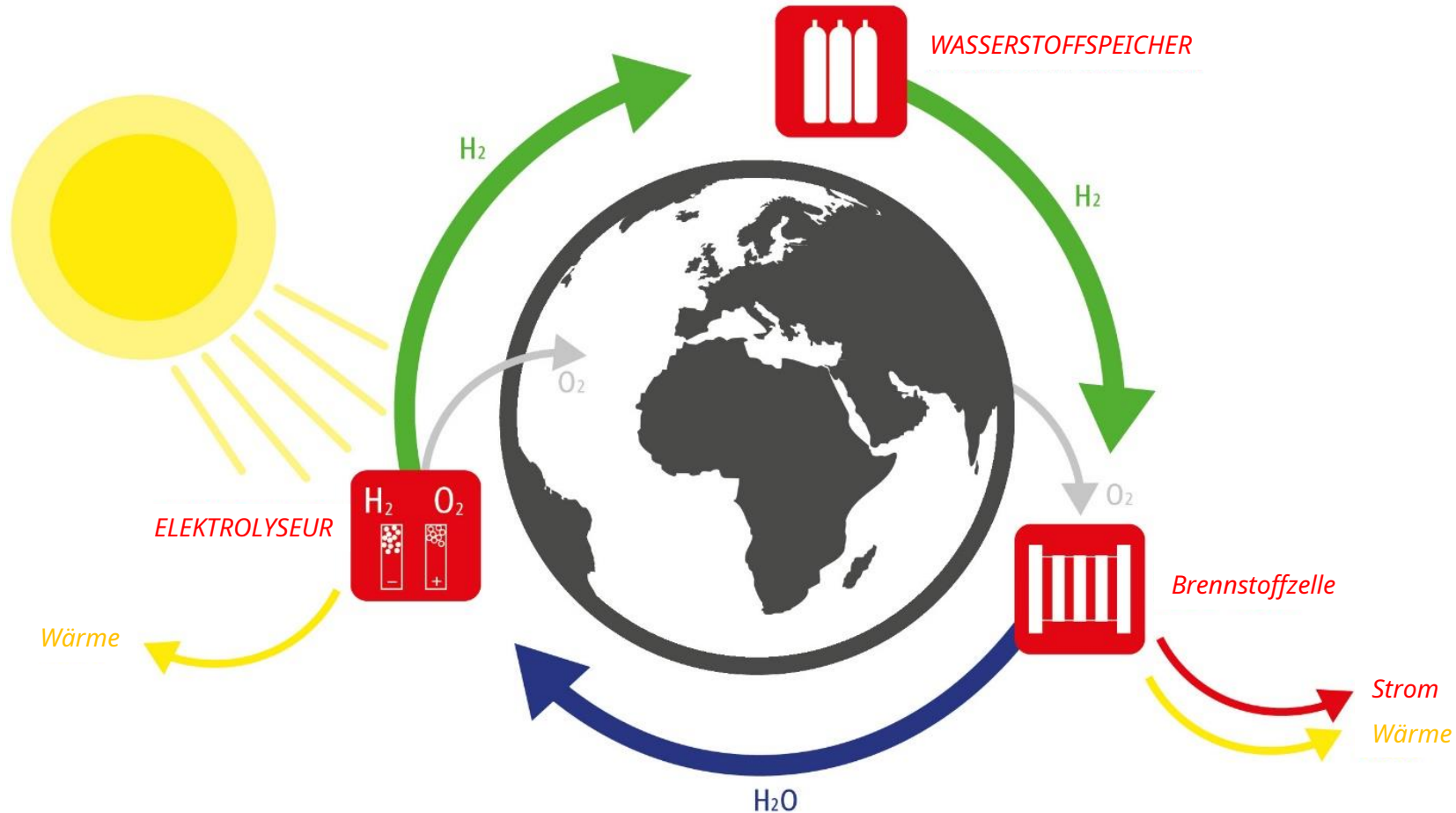


Möglichkeiten H₂ Erzeugung

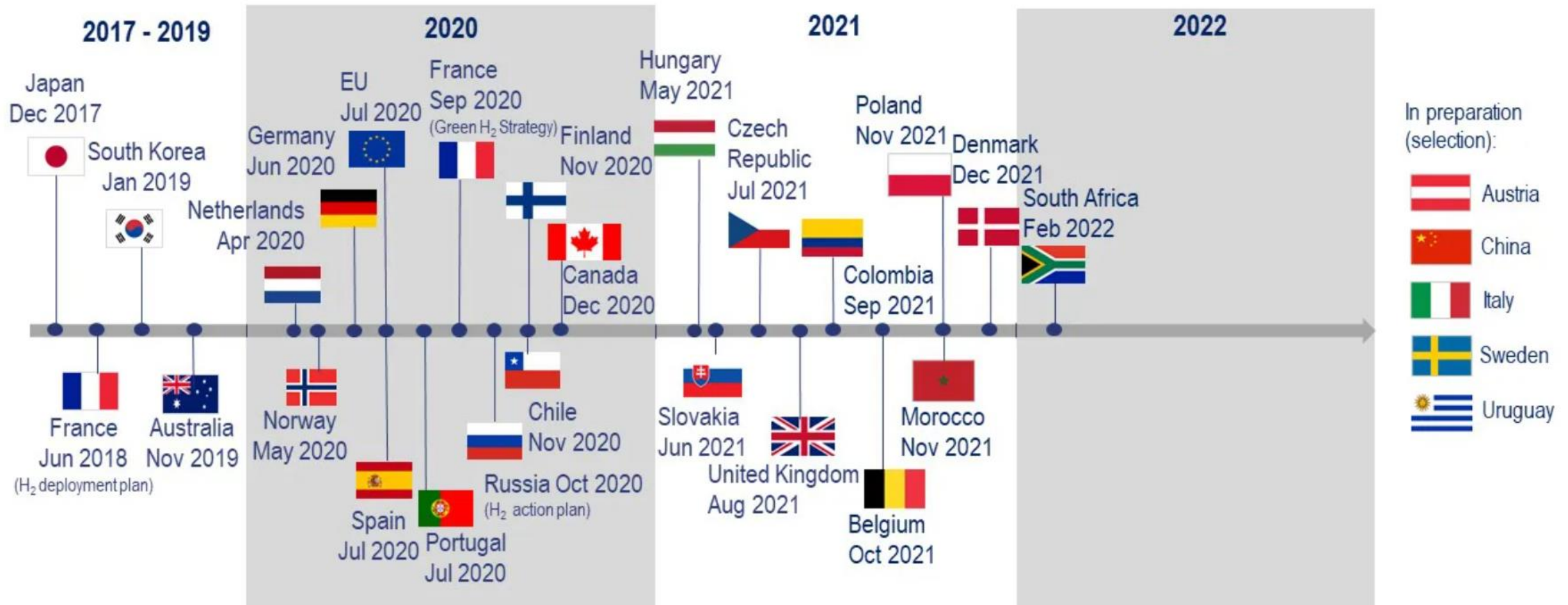


Quelle: https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2021/01/IKEM_Kurzstudie_Wasserstoff_Farbenlehre.pdf

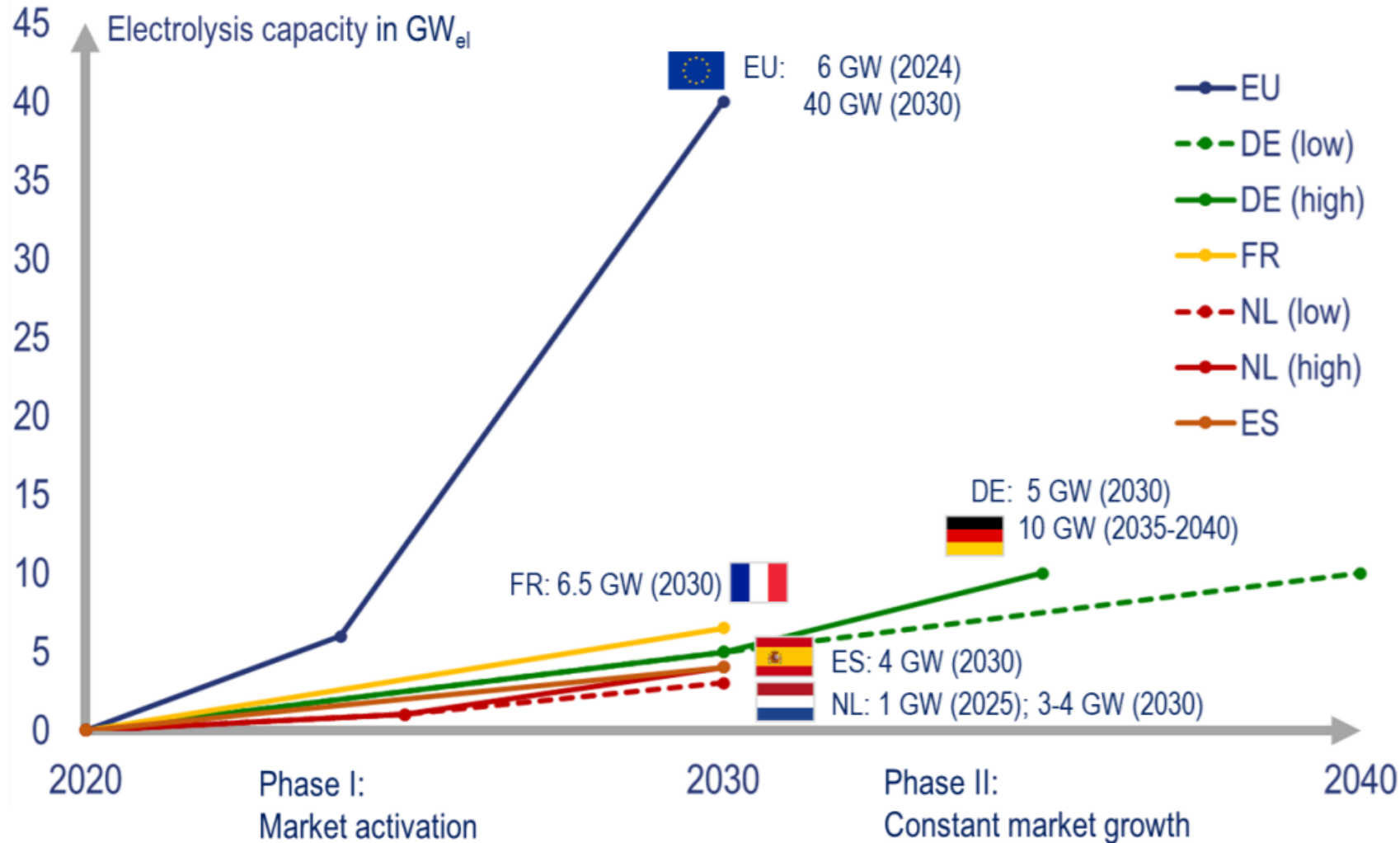
Nachhaltiger Kreislauf



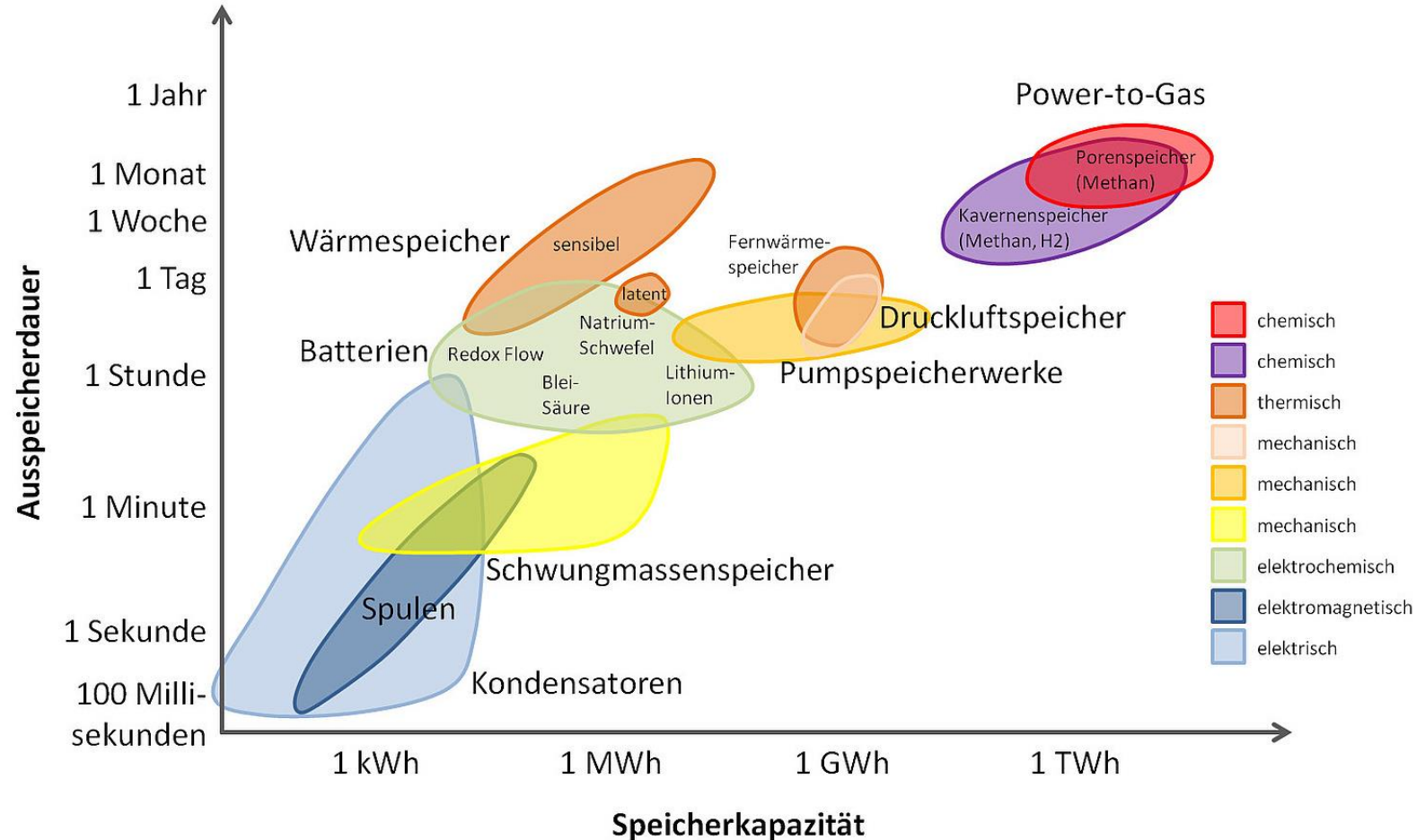
Wasserstoffstrategien



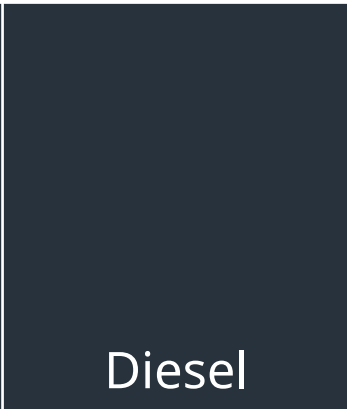
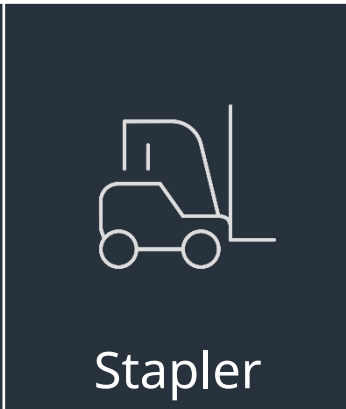
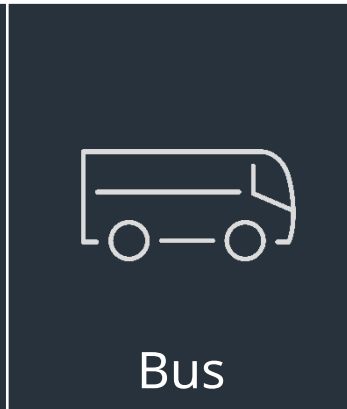
Ausblick Elektrolyseure



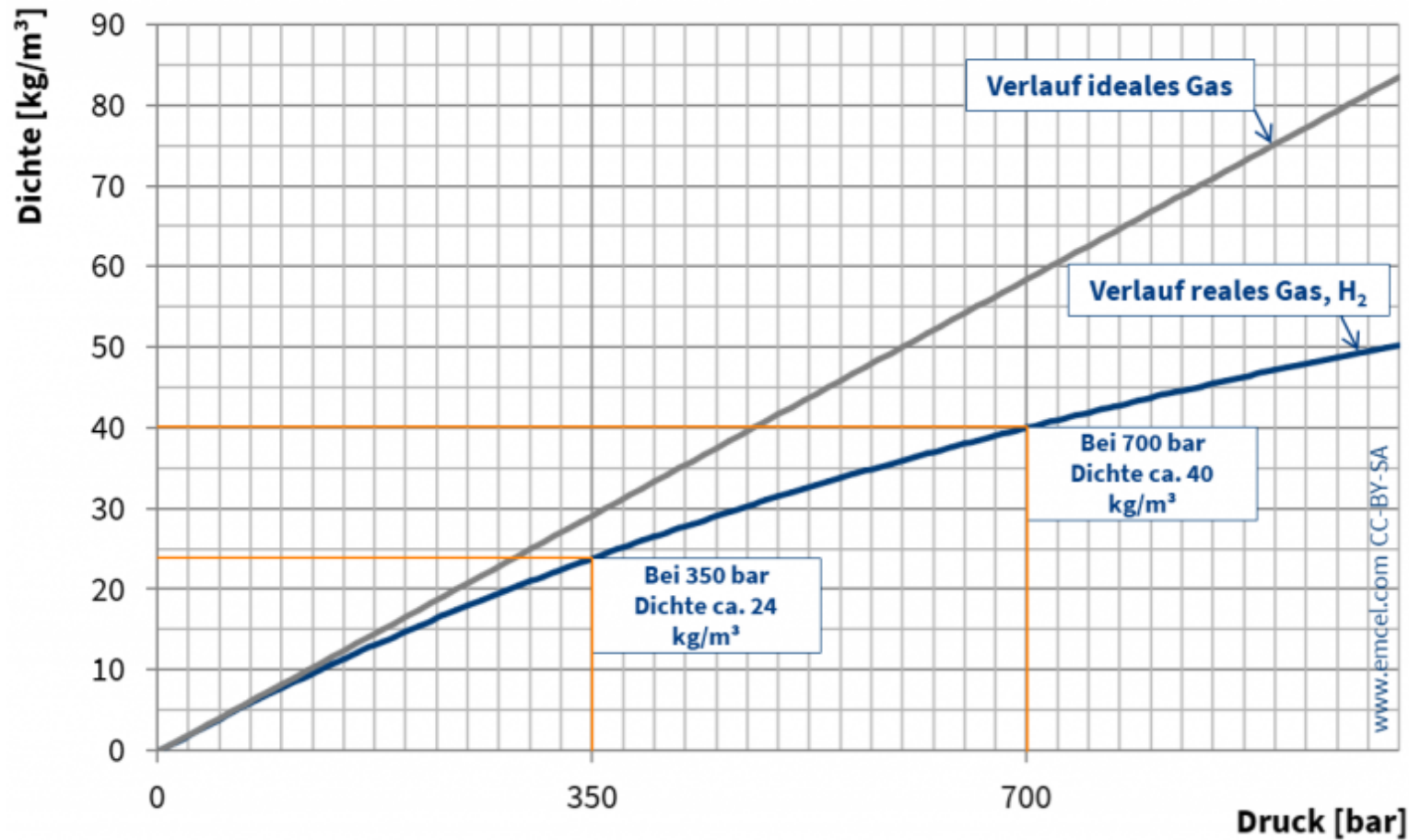
H₂ als Energiespeicher



H₂ in der Mobilität

						
	Wasserstoff	Diesel	Stapler	PKW	Bus	LKW
Energie	33.33 kWh	11.9 kWh	60 kWh	210 kWh	1220 kWh	1100 kWh
Masse	1.0 kg	1.0 kg	1.8 kg	6.0 kg	36.8 kg	33.0 kg
Reichweite				600 km	350 km	350-500 km

H₂ als Energiespeicher



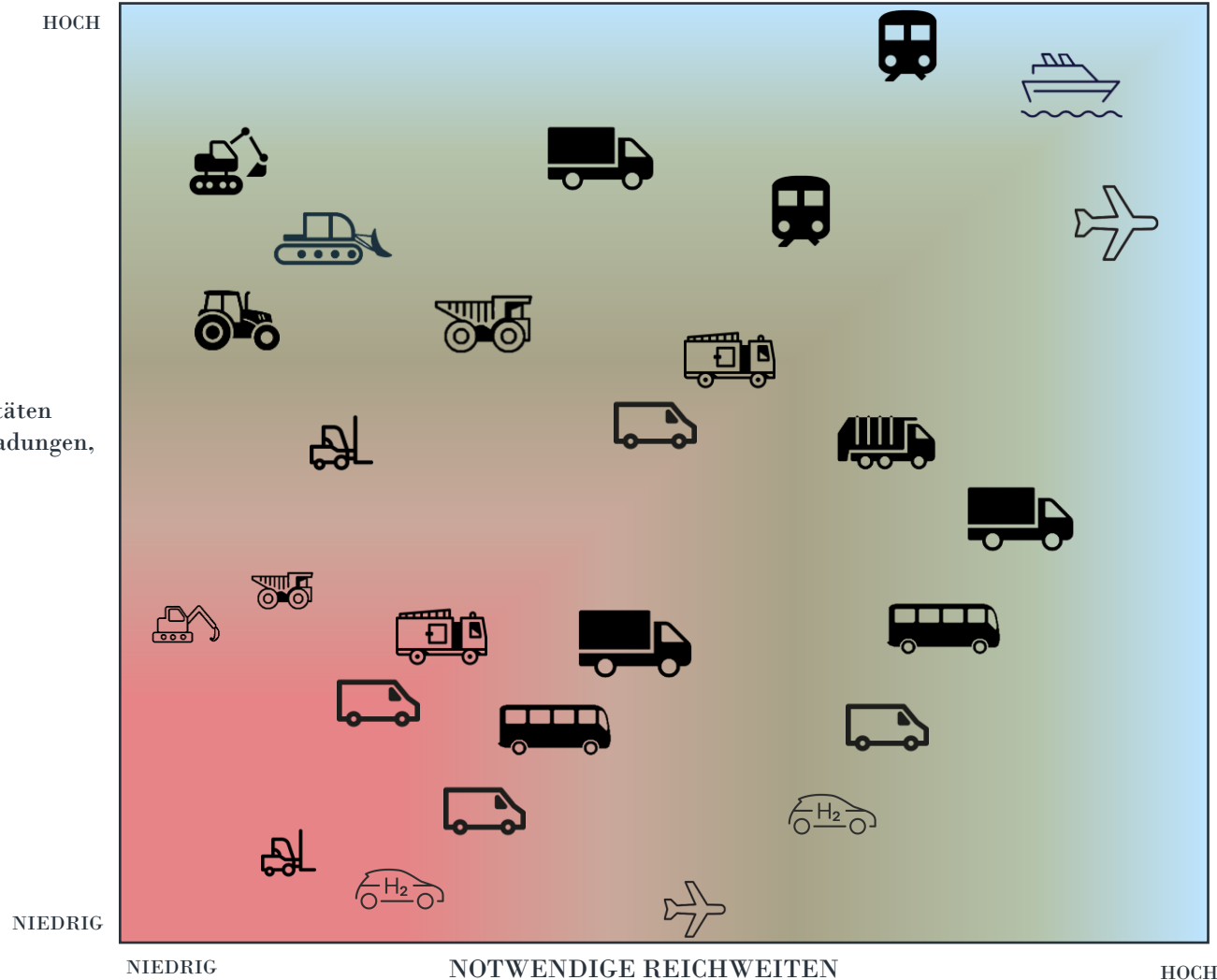
<https://emcel.com/de/warum-fasst-ein-wasserstofftank-bei-700-bar-nicht-doppelt-so-viel-wie-bei-350-bar/>

H₂ in der Mobilität

Skizze zur Darstellung der Haupteinsatzbereiche verschiedener Technologien in der Mobilität

ANFORDERUNGEN

- Energiespeicherkapazitäten (Fahrzeuggewicht, Zuladungen, zusätzliche Aufbauten, Streckentopologien,...)
- Betankungszeiten
- Flottengrößen
- Usw.



Farben / Legende:

- Batterieelektrische Fahrzeuge (BEVs)
- Elektrofahrzeuge mit H₂-Brennstoffzellen-Range-Extender (FCEVs)
- H₂ & H₂-Derivate, alternative Kraftstoffe,...

Lösungen für FCEVs



VOR ORT UND/ODER VOM ÖFFENTLICHEN STROMNETZ



GEMEINDEN

UNTERNEHMEN

NOTFALLDIENSTE

GRÜNER H2 FÜR **ENERGIESPEICHERUNG & NETZDIENSTLEISTUNGEN**



GRÜNER H2 FÜR „HARD-TO-ABATE“ **MOBILITÄTSANWENDUNGEN**



GEMEINDEFahrzeuge (Müllabfuhr,...)



WARENTRANSPORT (LKWs, Kleintransporter,...)



PERSONENTRANSPORT (Busse,...)



SPEZIALFAHRZEUGE (Pistenraupen,...)



BAUMASCHINEN (Muldenkipper,...)

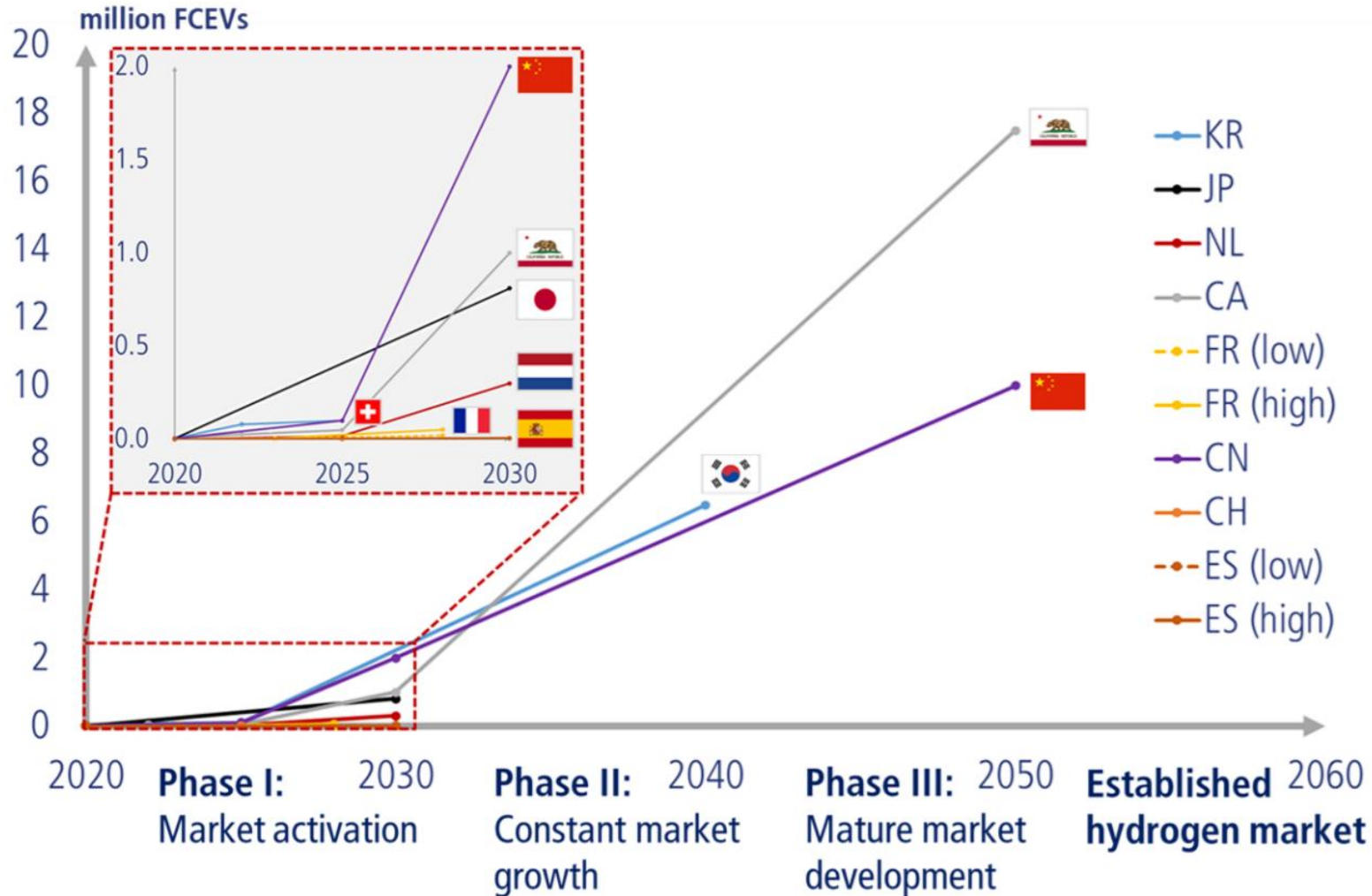


NOTFALLFAHRZEUGE (Feuerwehr,...)

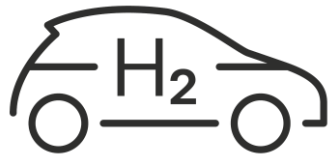


LANDWIRTSCHAFTLICHE FAHRZEUGE (Traktoren,...)

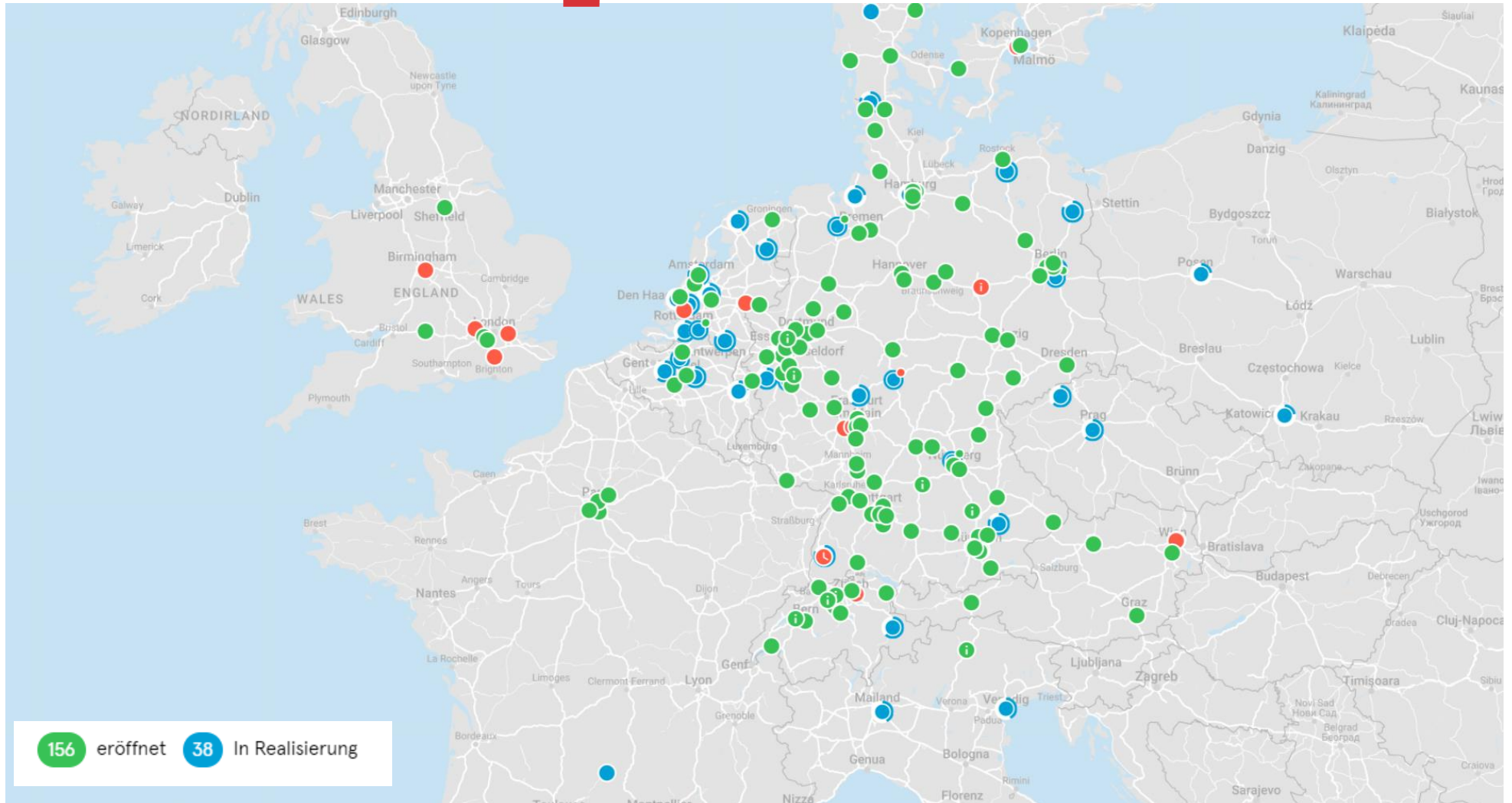
Erwartete Anzahl FCEVs



Öffentliche H₂-Tankstellen



700 bar



Quelle: <https://h2.live/>, Status: 02.02.2022

Markt Potential Busse 2030

- Clean Vehicle Directive
 - Quote für emissionsfreie Fahrzeuge für öffentl. Aufträge
 - Grundsätzlich für Pkw, leichte Nfz, Lkw und Busse

Marktpotential Busse Europa	EU 	DE 	AT 
Anzahl Busunternehmen ^{1,2}	61 000	4 182	1 260
Busbestand (Reise- und Linienbusse) ^{1,2}	831 200	75 144	9 200
CVD Quote 2030 an emissionsfreien Fahrzeugen ³ Annahme: CVD Quote wird auch von privaten Busbetreibern umgesetzt da her niedrigere Quote als Durchschnitt --> 35%	57% 35%	65% 35%	65% 35%
Emissionsfreie Busse 2030	290 920	26 300	3 220
FCEV Anteil (geschätzt)	30%	30%	30%
FCEV 2030	87 276	7 890	966
Mittlere Umlauflänge in km ⁴	300		
Verbrauch pro 100 km in kg ⁴	10		
Betriebstage pro Jahr ⁴	300		
Wasserstoffbedarf pro Jahr in Tonnen	785 484	71 011	8 694
Anzahl HRS tägl. Produktionskap. 500 kg (Bussflotte 16)	4 531	473	58
Anzahl HRS tägl. Produktionskap. 1.000 kg (Bussflotte 32)	2 265	237	29

¹ Busverband Deutscher Busunternehmer (2018): Wirtschaftsfaktor Bus - Deutschland und Europa, <https://bdo.org/zahlen-fakten-positionen>

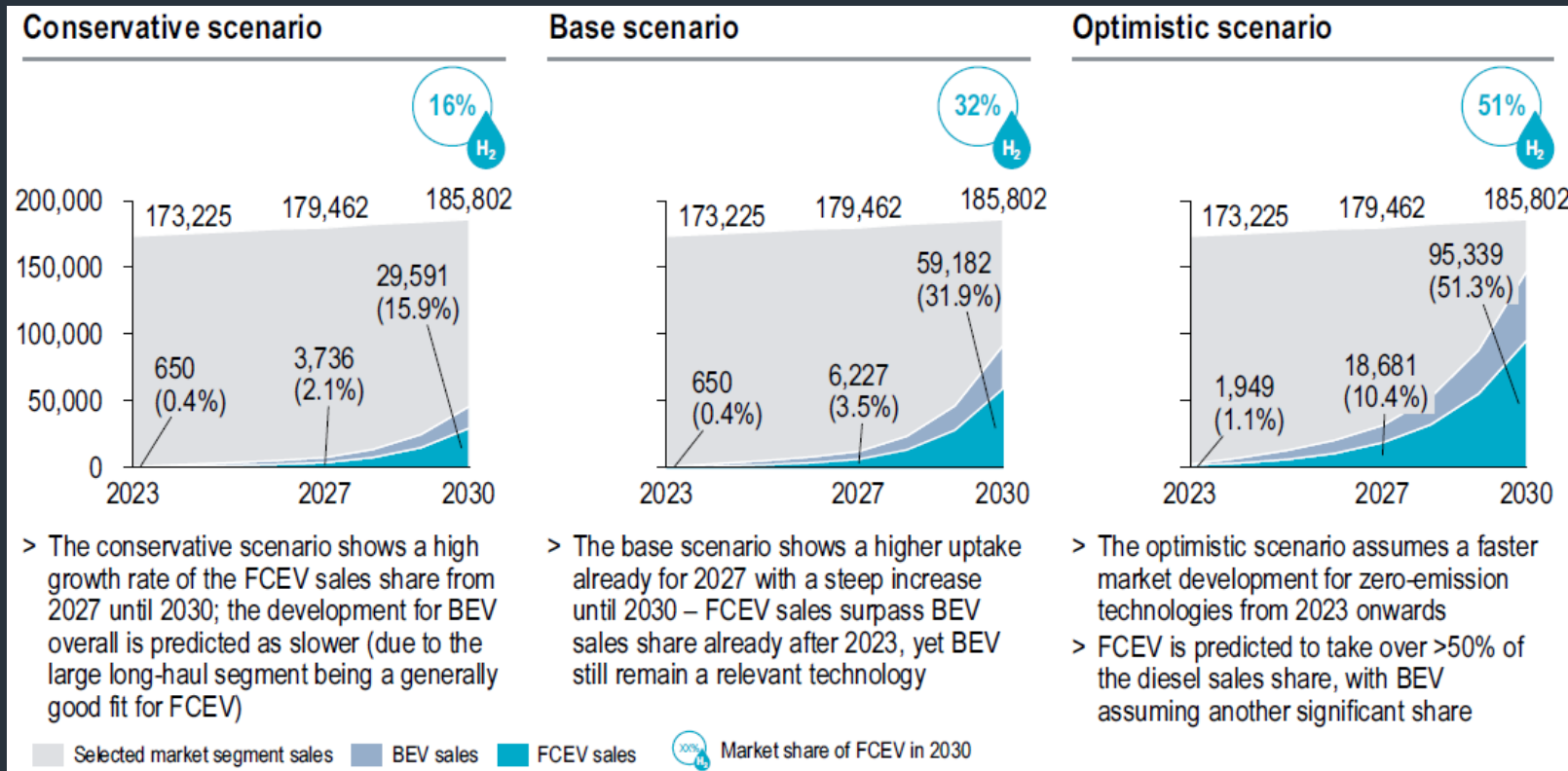
² WKO (2018): Infos über die Autobus-Branche, <https://www.wko.at/branchen/transport-verkehr/autobus/brancheninfos.html>

³ Europäisches Parlament (2019): Richtlinie EU 2019/1161 zur Änderung der Richtlinie 2009/33/EG über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1161&from=DE>

⁴ FCH JU (2017): New Bus ReFuelling for European Hydrogen Bus Depots

Markt Potential Lkw 2030

– Gesamtmarktvolumen Lkw bei 353.217 Stk. in 2030



INHALT

- Herausforderungen & Ziele
- Wasserstofftechnologie
- Lösungen und Referenzen



Unternehmen Fronius

1.321

Patente

5.660

Mitarbeiter

856 Millionen

Umsatz

92%

Export Rate

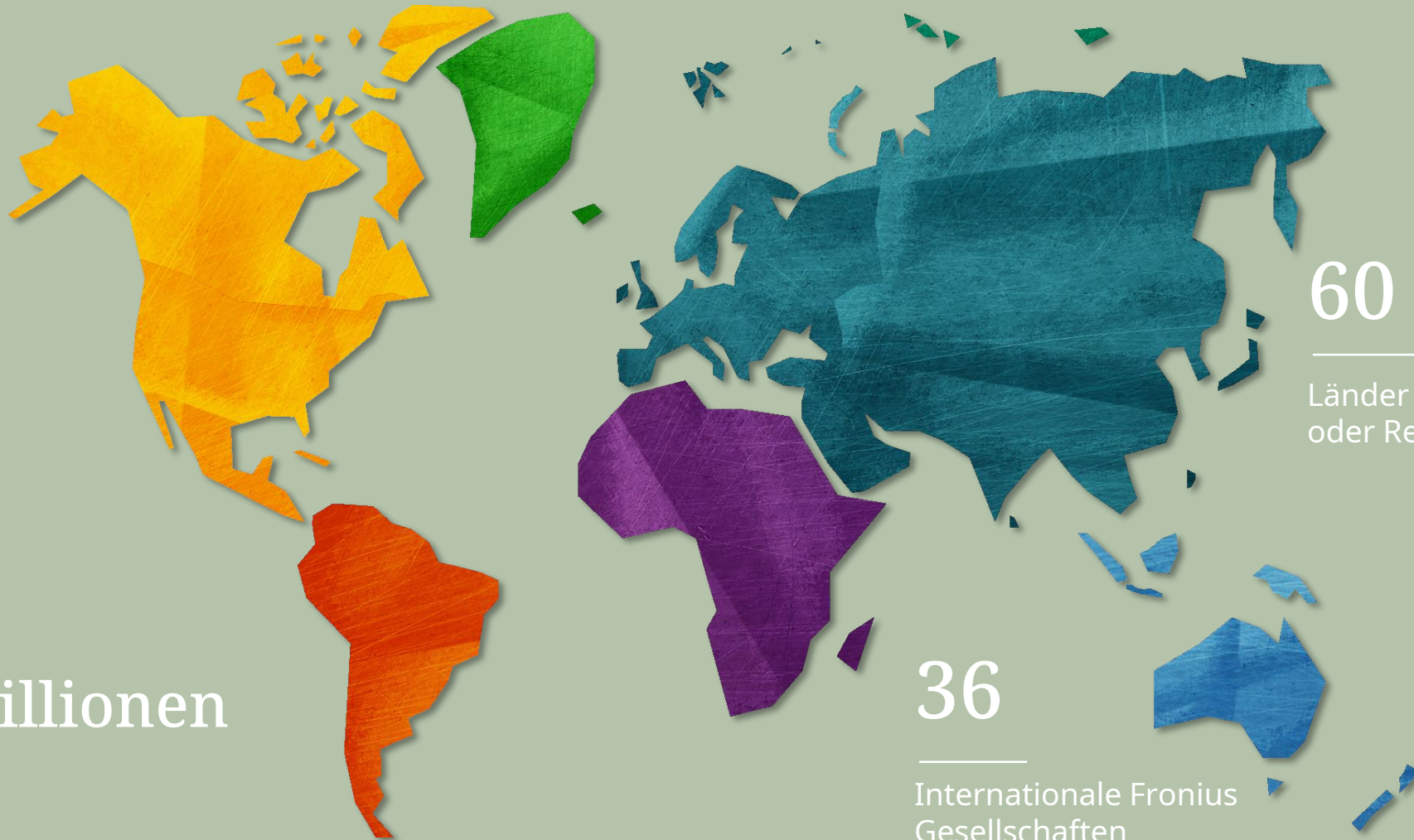
60

Länder mit Vertriebspartnern
oder Repräsentanten

36

Internationale Fronius
Gesellschaften

2020

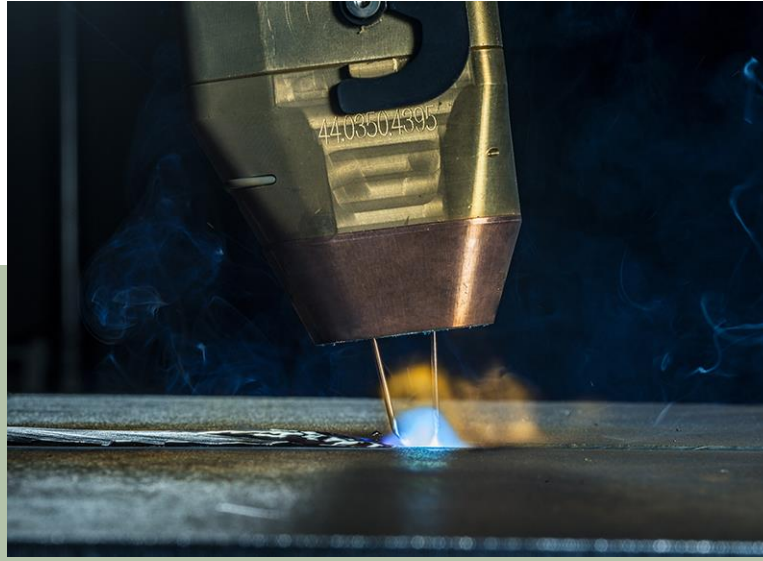


Business Units



Perfect Charging

Maßgeschneiderte, nachhaltige
Lösungen



Perfect Welding

Pionier in der
Schweißtechnik



Solar Energy

Produkte und Lösungen für
eine nachhaltige Zukunft

Business Unit Solar Energy

> 1.500

PV-Installationen mit Fronius-
Wechselrichtern täglich

> 2,6 Mio.

installierte
Wechselrichter

> 30,1 TWh

jährlich erzeugte
Energienmenge

> 22 GW

installierte
Leistung

95 %

Exportquote

60

Exportländer

Herausforderungen in der Lieferkette



Source: [Logistik - Seefracht hängt auf den Weltmeeren fest - Wiener Zeitung Online](#) (downloaded: 29.04.2022)
Source: [Welthandel: Schiffsstau in Shanghai treibt Preise auch in Deutschland \(rnd.de\)](#) (downloaded: 29.04.2022)



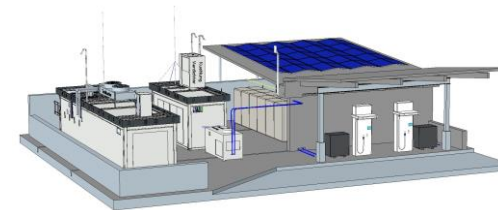
Sattledt – Ausbau Nord



FÜR DIE ENERGIEWENDE



H₂ Langzeiterfahrung



2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

Technologieforschung

Produktentwicklung & Vertrieb

Solhub



Schlüsselfertige Gesamtlösungen für die lokale & regionale Herstellung von grünem H₂

Vor Ort Nutzung für die Betankung von Brennstoffzellenfahrzeugen

Optional: Speicherung erneuerbarer Energie mit stationärer Rückverstromung

Service- & Wartungs- und Finanzierungsmodelle



Solhub Komponenten

(1) Wasserstofferzeugung

- PEM-Elektrolyse, H₂ Qualität 5.0
- Elektrolyseleistung 0,15 – 0,6 MW / 1 MW / 2 MW
- Tagesproduktion 48 – 192 kg / 450 kg / 900 kg
- Abwärmenutzungsmöglichkeit

(2) Elektro- & Steuerungstechnik

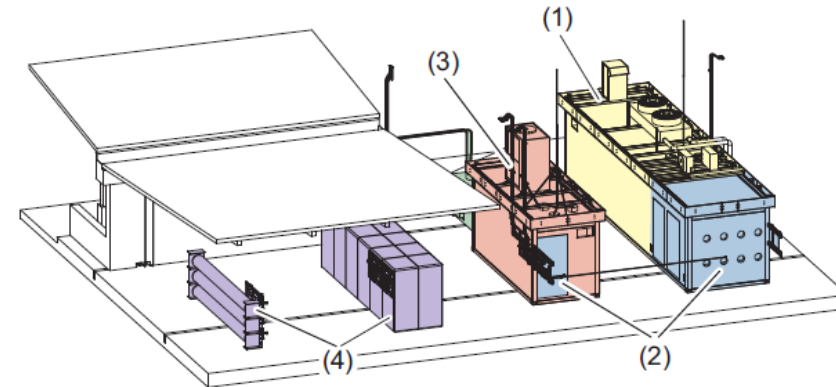
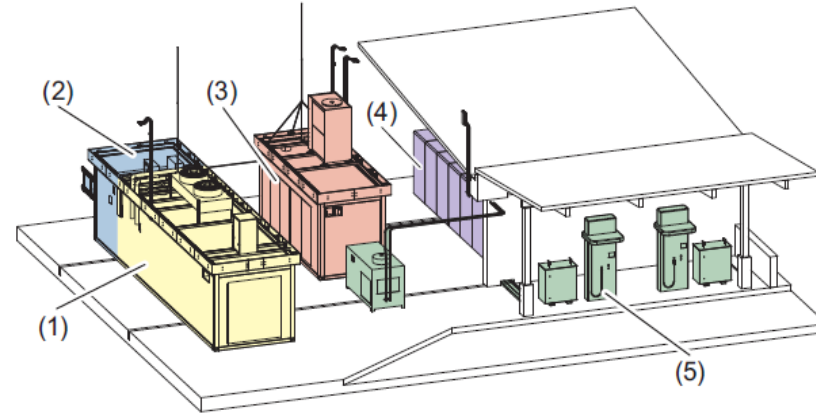
(3) Wasserstoffverdichtung

(4) Wasserstoffspeicherung

- Bedarfsorientierte Modularität und Druckniveaus (Niederdruck-, Mitteldruck- und/oder Hochdruckspeicher)

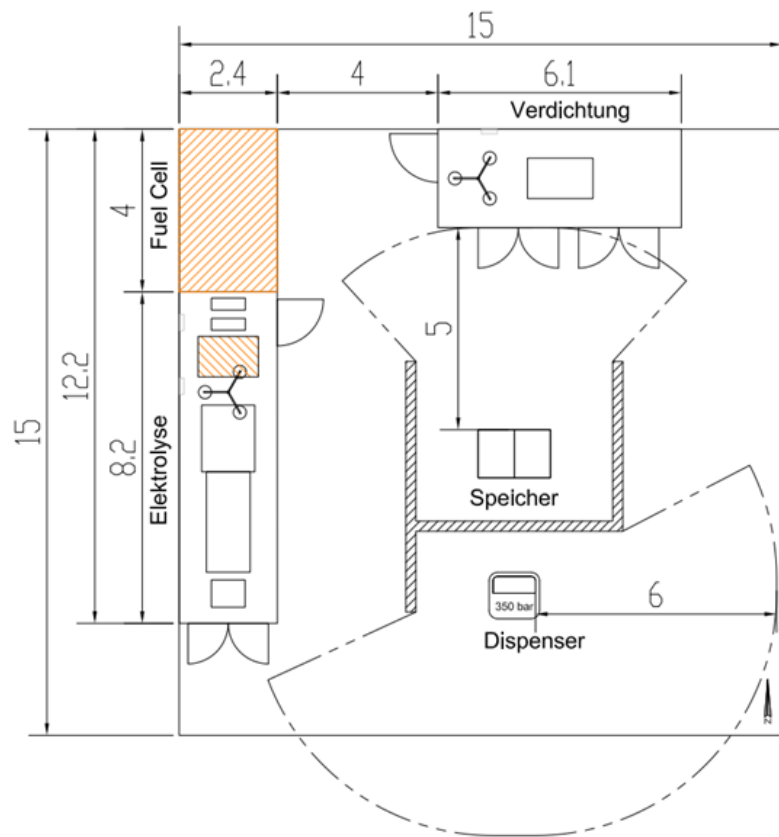
(5) Dispenser

- 350bar und/oder 700bar
- Optional: Wasserstoffvorkühlung

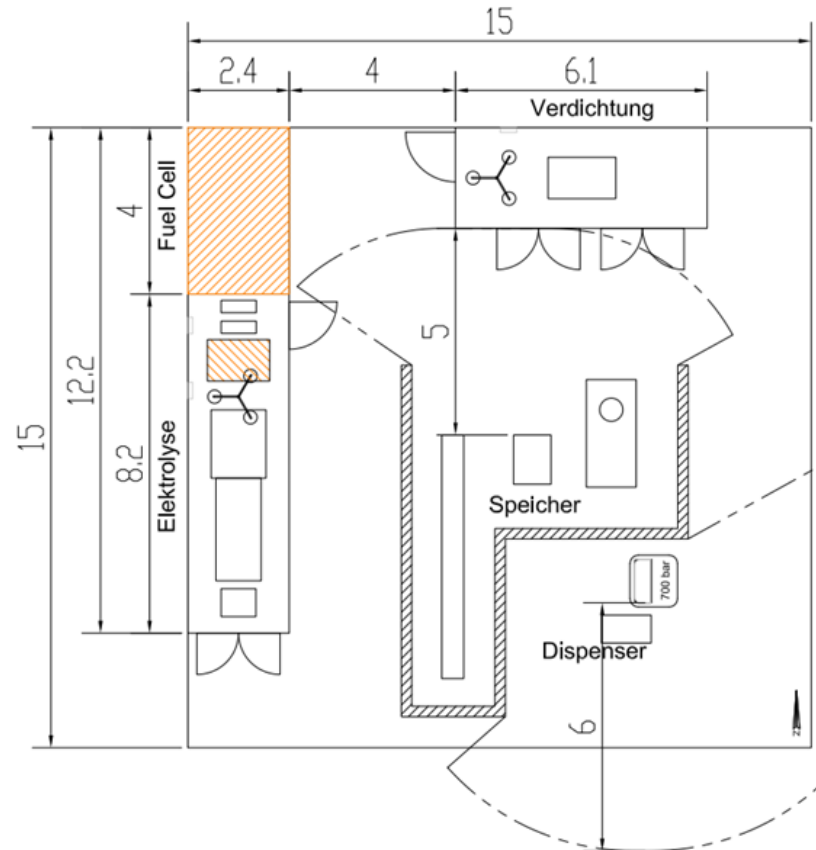


Exemplarische Anlagenkonfiguration

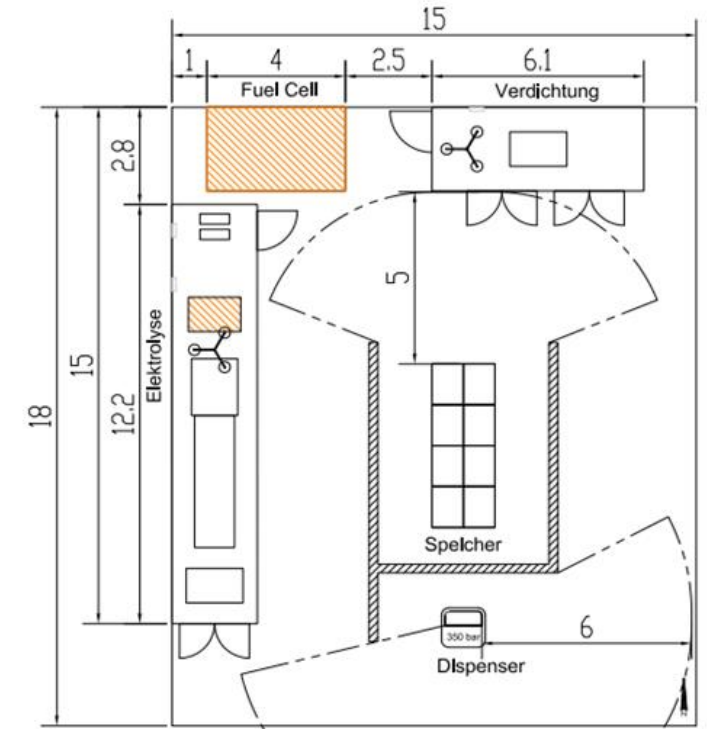
Platzbedarf



Platzbedarf Stapler Betankung
48 kg Tagesproduktion (350 bar)



Platzbedarf PKW Betankung
48 kg Tagesproduktion (700 bar)



Platzbedarf LKW/Bus Betankung
192 kg Tagesproduktion (350bar)

Deckungsgrad mit PV

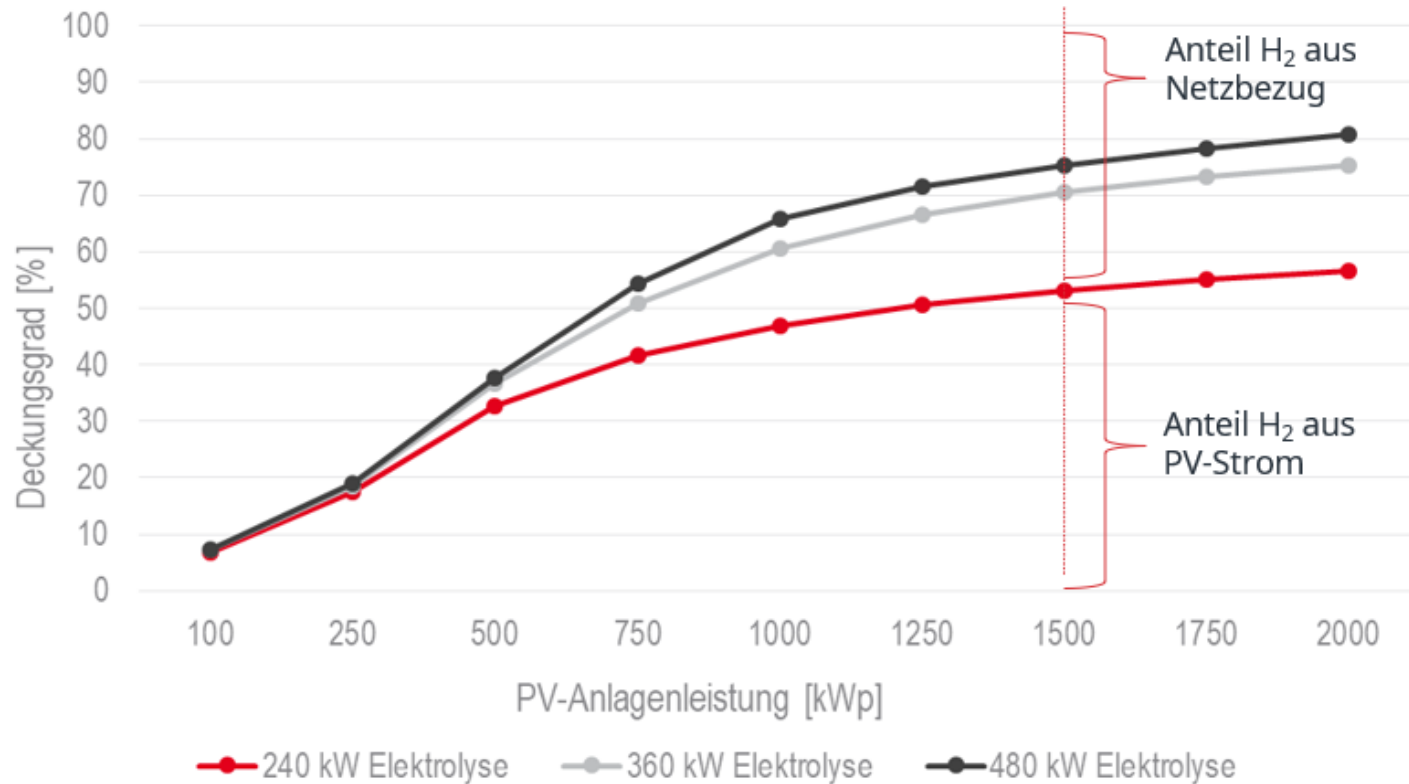
Anwendung: Busflotte von 5 Fahrzeugen (225 km/Tag) mit Gesamtbedarf 90 H₂ kg/Tag



+



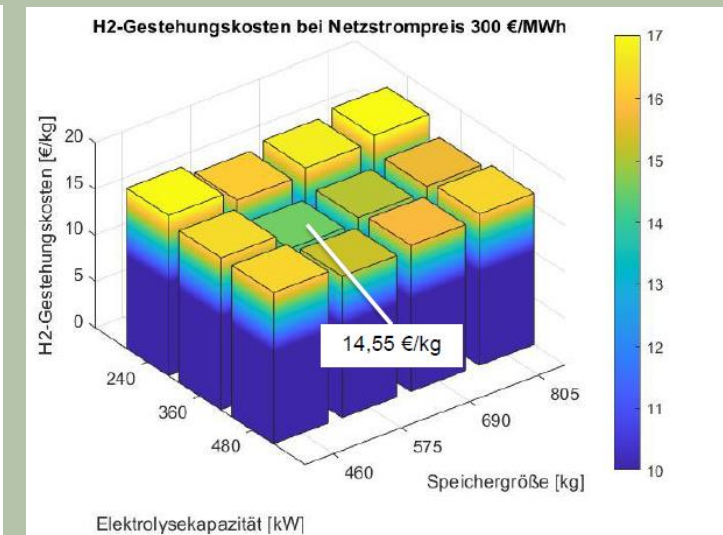
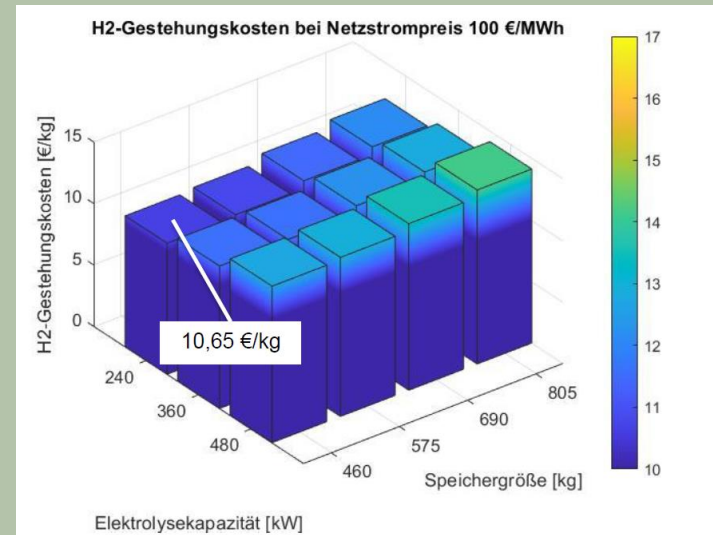
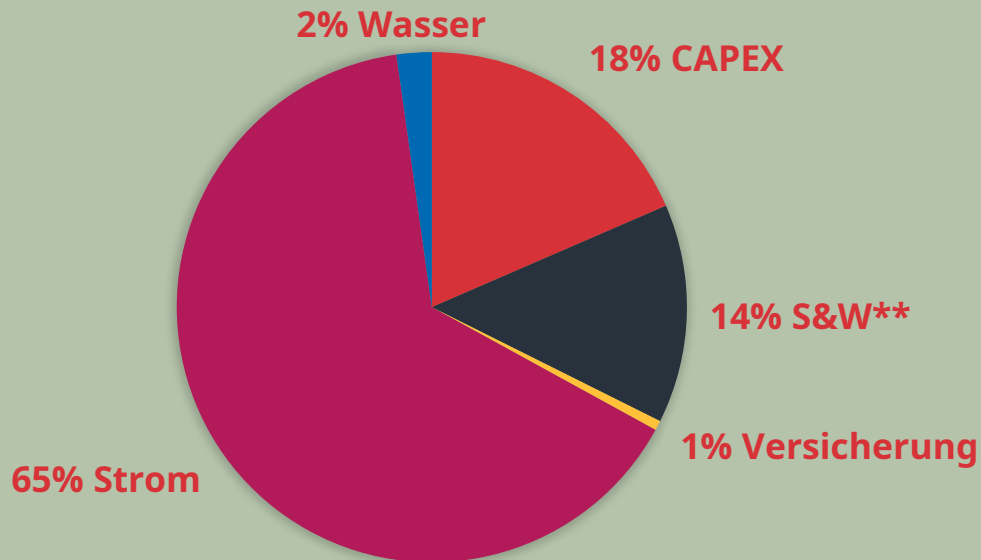
Deckungsgrad der H₂-Erzeugung durch PV-Strom



Quelle: Simulationstool zur gemeinsamen Dimensionierung von Photovoltaikanlagen und Wasserstoffherzeugung, W. Maurer, P. Rechberger, K1-Met, Fronius International GmbH

Preise und LCOH

Typ	Produktion in kg/d	Leistung in MW	Bis zu	Preis in Mio. €	Preis in €/kg***
HRS 350 bar	48	0,15	2 Busse/LKW	1,8	18,9
HRS 350 bar	192	0,6	7 Busse/LKW	3,5	12,2
HRS 350 bar	450	1	16 Busse/LKW	3,9	9,0
HRS 350 bar	900	2	32 Busse/LKW	6,8	8,6



**4% der CAPEX, 15 Jahre

***80€/MWh, 95% Auslastung, keine Förderung eingerechnet, 15 Jahre

H₂ für den ÖPNV



Solhub, Herzogenburg

- Erste grüne Wasserstoffproduktionsanlage mit Betankung in NÖ
- Ab 2022 produziert die SAN Group am Standort Herzogenburg täglich bis zu 100kg grünen Wasserstoff
- 1,5 MW Photovoltaik am Dach des Gewerbeparks
- 700 bar gekühlte Fahrzeugbetankung
- Füllstelle für Transportcontainer
- Inbetriebnahme Herbst 2022





Solhub, Steinhaus



