

WASSERSTOFF

Hype oder technisch-wirtschaftliche Chance?

Prof. (FH) Dr.-Ing. Markus Preißinger

17. November 2021

EINFÜHRENDE HINWEISE

ERWARTUNGSHALTUNG

- Wo kann Wasserstoff technisch und wirtschaftlich als erstes eingesetzt werden?
- Könnte eine Firma bereits jetzt Wasserstoff einsetzen um zur Erreichung der Klimaziele beizutragen?

ZEITPUNKT

- Politische Rahmenbedingungen und Ausrichtungen ändern sich.
- Viele Player „positionieren“ sich durch (stark geförderte) Projekte.
- Studien zu Roadmaps mit klaren Ausbau-/Technologiepfaden kommen auf.

ABER

- Alle Projekte (stark) gefördert und nicht wirtschaftlich darstellbar in 2021.
- Unsicherheiten in den einzelnen Studien/Roadmaps immer noch sehr hoch.

EINFÜHRENDE HINWEISE

ERWARTUNGSHALTUNG

- Wo kann Wasserstoff technisch und wirtschaftlich als erstes eingesetzt werden?
- Könnte eine Firma bereits jetzt Wasserstoff einsetzen um zur Erreichung der Klimaziele beizutragen?

ZEITPUNKT

- Politische Rahmenbedingungen und Ausrichtungen ändern sich.
- Viele Player „positionieren“ sich durch (stark geförderte) Projekte.
- Studien zu Roadmaps mit klaren Ausbau-/Technologiepfaden kommen auf.

ABER

- Alle Projekte (stark) gefördert und nicht wirtschaftlich darstellbar in 2021.
- Unsicherheiten in den einzelnen Studien/Roadmaps immer noch sehr hoch.

Wasserstoff

Potenziale, Chancen und Herausforderungen für den Einsatz in zukünftigen Energiesystemen unter besonderer Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in Vorarlberg

Fachhochschule Vorarlberg
Forschungszentrum Energie
Illwerke vkw Stiftungsprofessur für Energieeffizienz

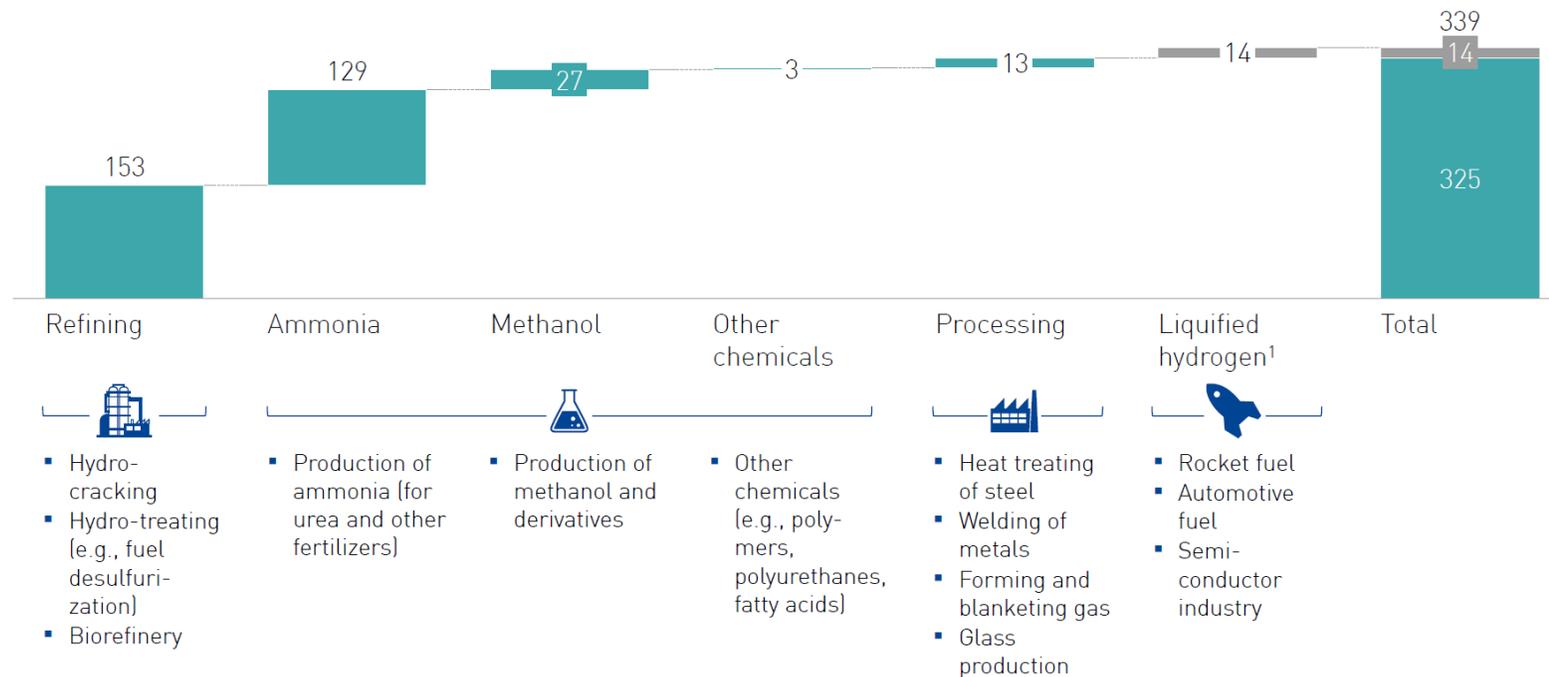
Markus Preißinger

Dornbirn, 6. Oktober 2021

TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

EXHIBIT 17: USE OF HYDROGEN TODAY

Total hydrogen use in the EU, in TWh

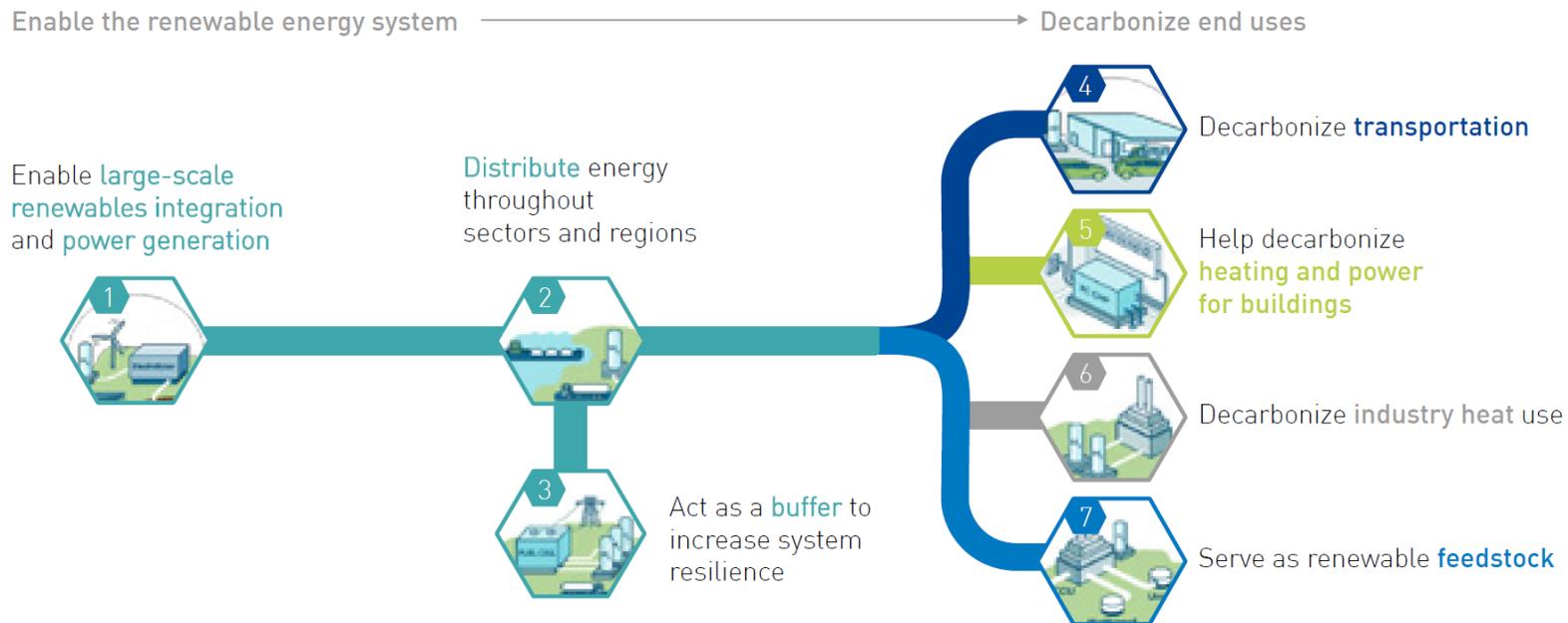


¹ Counted in transportation segment

- Reiner Wasserstoff wird in Branchen benötigt, die wir in Vorarlberg nicht haben.
- Großverbraucher haben bereits jetzt einen enormen Bedarf an Wasserstoff.

TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

EXHIBIT 4: HYDROGEN AS ENABLER OF THE ENERGY TRANSITION IN EUROPE

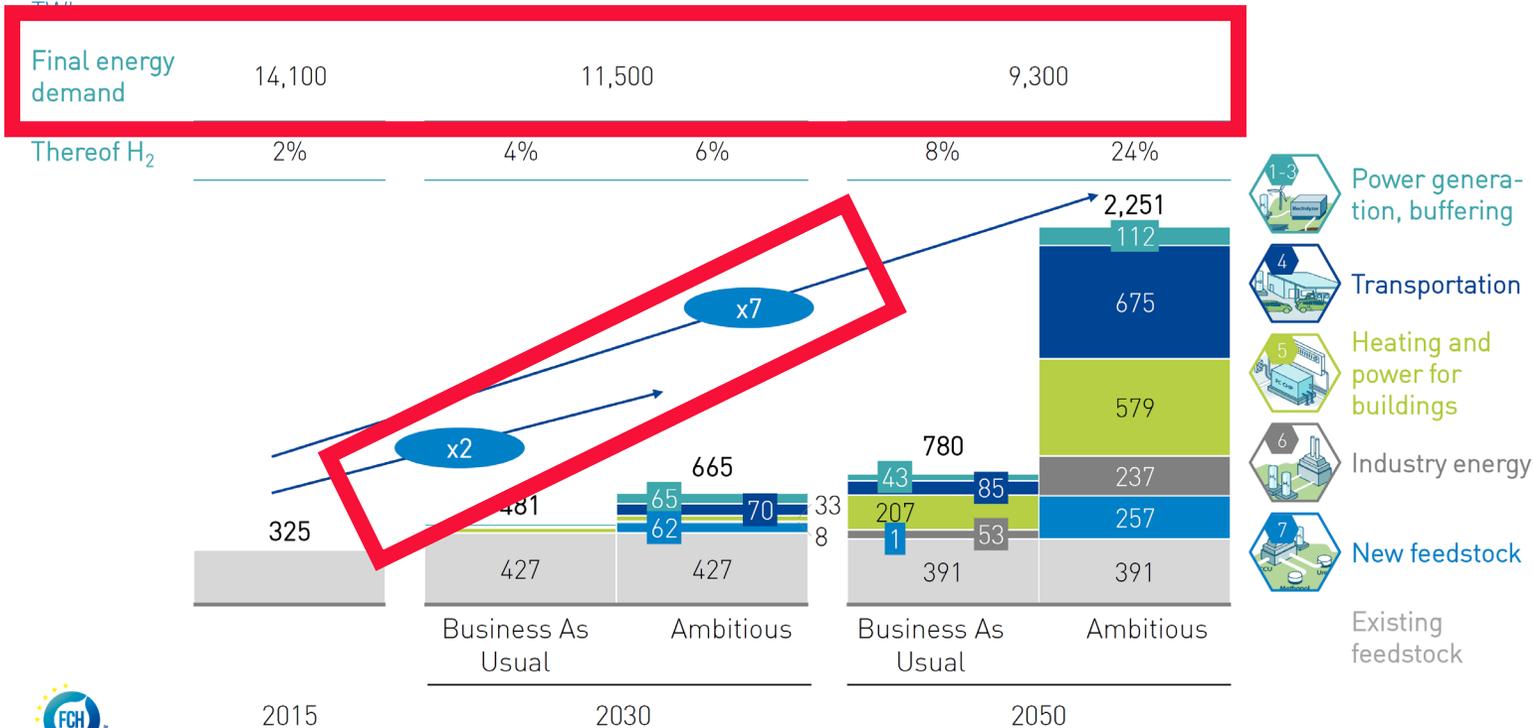


- Wasserstoff wird auch als Importgut gesehen
- Wasserstoff kann als Puffer agieren
- Deep Decarbonization als treibende Kraft
- Gebäude: „Help decarbonize“, sonst „Decarbonize“

TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

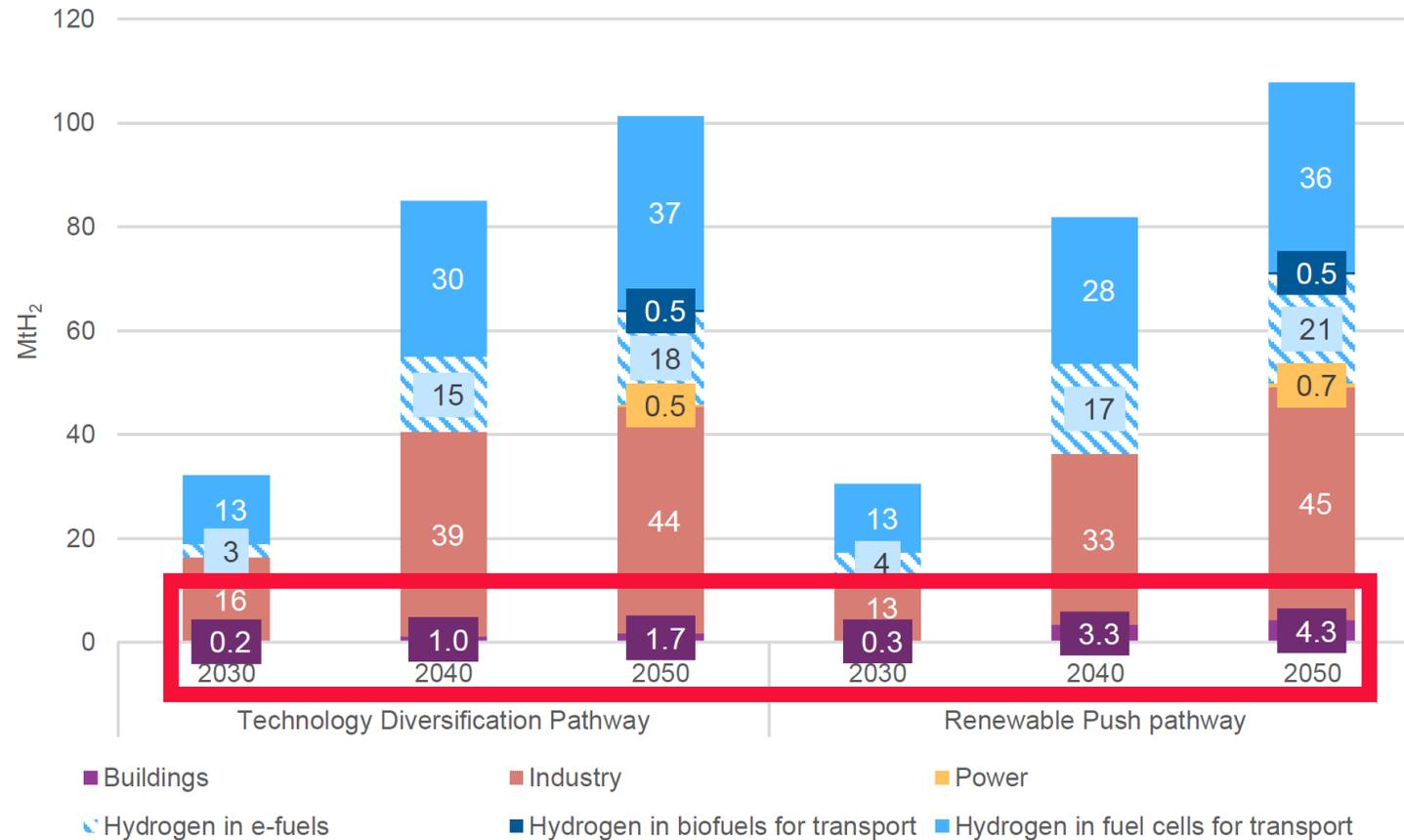
ROADMAP

HYDROGEN COULD PROVIDE UP TO 24% OF TOTAL ENERGY DEMAND, OR UP TO ~2,250 TWH OF ENERGY IN THE EU BY 2050



SOURCE: Hydrogen Roadmap Europe team

HYDROGEN4EU

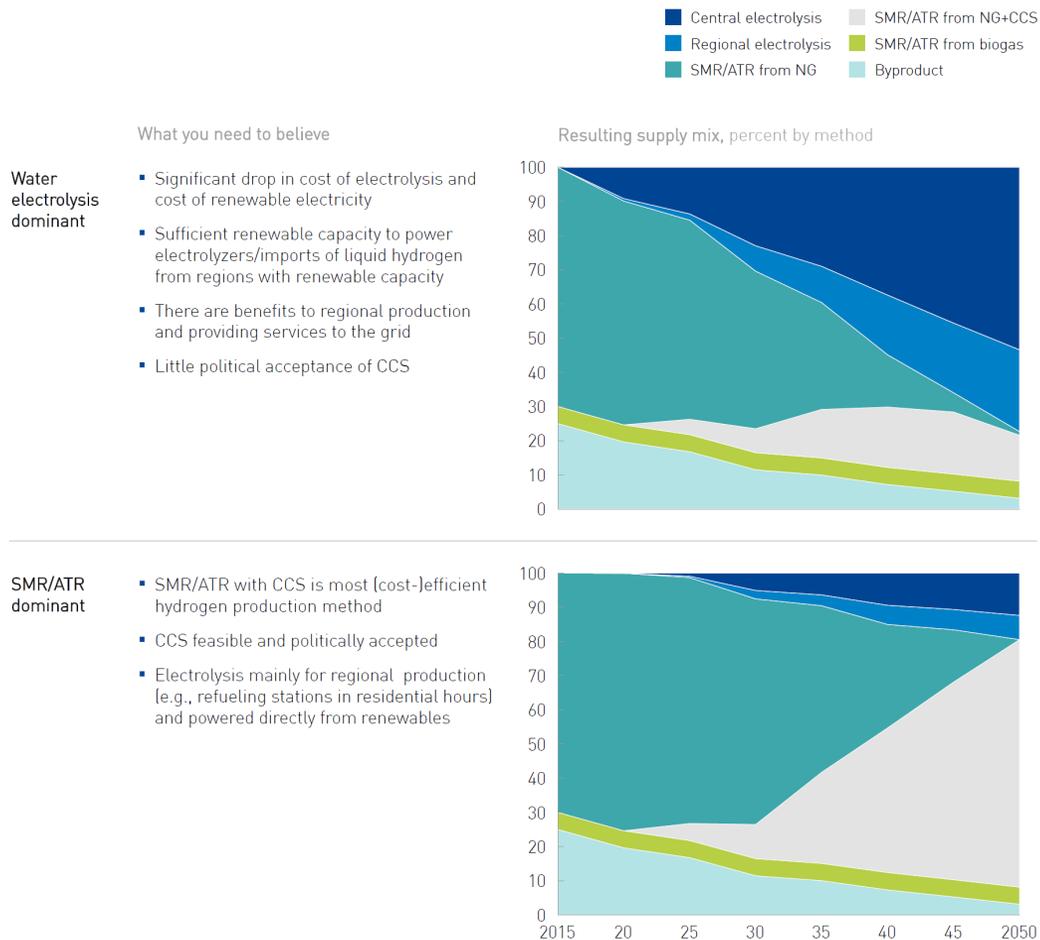


- ca. 3560 TWh
- Industrie, Transport, e-fuels
- Gebäude/Strom vollkommen untergeordnet

WASSERSTOFFERZEUGUNG

HERSTELLUNG VON WASSERSTOFF

EXHIBIT 23: SUPPLY SCENARIOS TO MODEL FUTURE PRODUCTION OF HYDROGEN



- mehr als 60 % werden zentral erzeugt
- der Wunschtraum einer komplett dezentralen Wasserstoffversorgung wird nicht eintreten
- SMR/ATR benötigen Akzeptanz in Bevölkerung und Politik
- Elektrolyse „nur“ geringere Kosten

WASSERSTOFFERZEUGUNG

- Wasserstoffherzeugung macht nur Sinn, wenn es einen Bedarf nach reinem Wasserstoff gibt
- Wasserstoff kann helfen, eine zukünftige Grün-Gas-Quote zu erfüllen (Grenzkosten Herstellung vs. Kosten Zertifikate)
- Wasserstoff könnte ein Standortvorteil für die Industrie werden

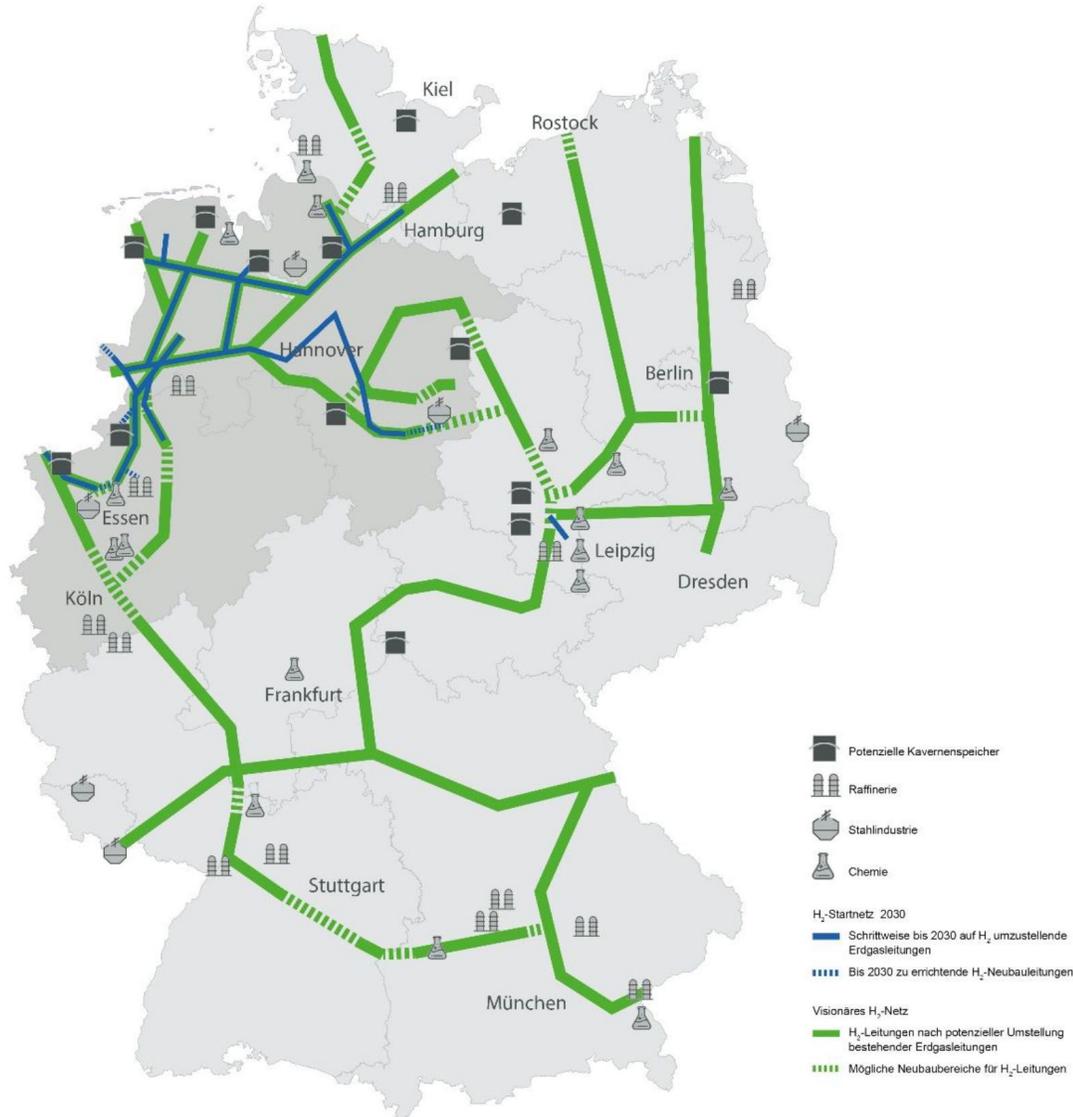
WASSERSTOFFVERTEILUNG

VERTEILUNG WASSERSTOFF

Mögliche Szenarien gemäß Bundesnetzagentur Deutschland:

- Szenario 1: Wasserstoff wird nur in der Industrie verwendet und dort auch nur, wenn große Mengen benötigt werden → lokale Inselnetze kombiniert mit evtl. größerer EE-Erzeugung
- Szenario 2: Wasserstoff wird umfangreich in der Industrie verwendet und der Bedarf kann lokal nicht mehr gedeckt werden. Zudem wird Wasserstoff im Schwerlastverkehr eingesetzt. → lokale Inselnetze mit einzelnen langen Transportleitungen (auch für den Import)
- Szenario 3: Wasserstoff wird flächendeckend in der Industrie, im gesamten Verkehrssektor und für die Raumwärme verwendet → engmaschige Verteilnetze mit einzelnen langen Transportleitungen

VERBAND FERNNETZBETREIBER

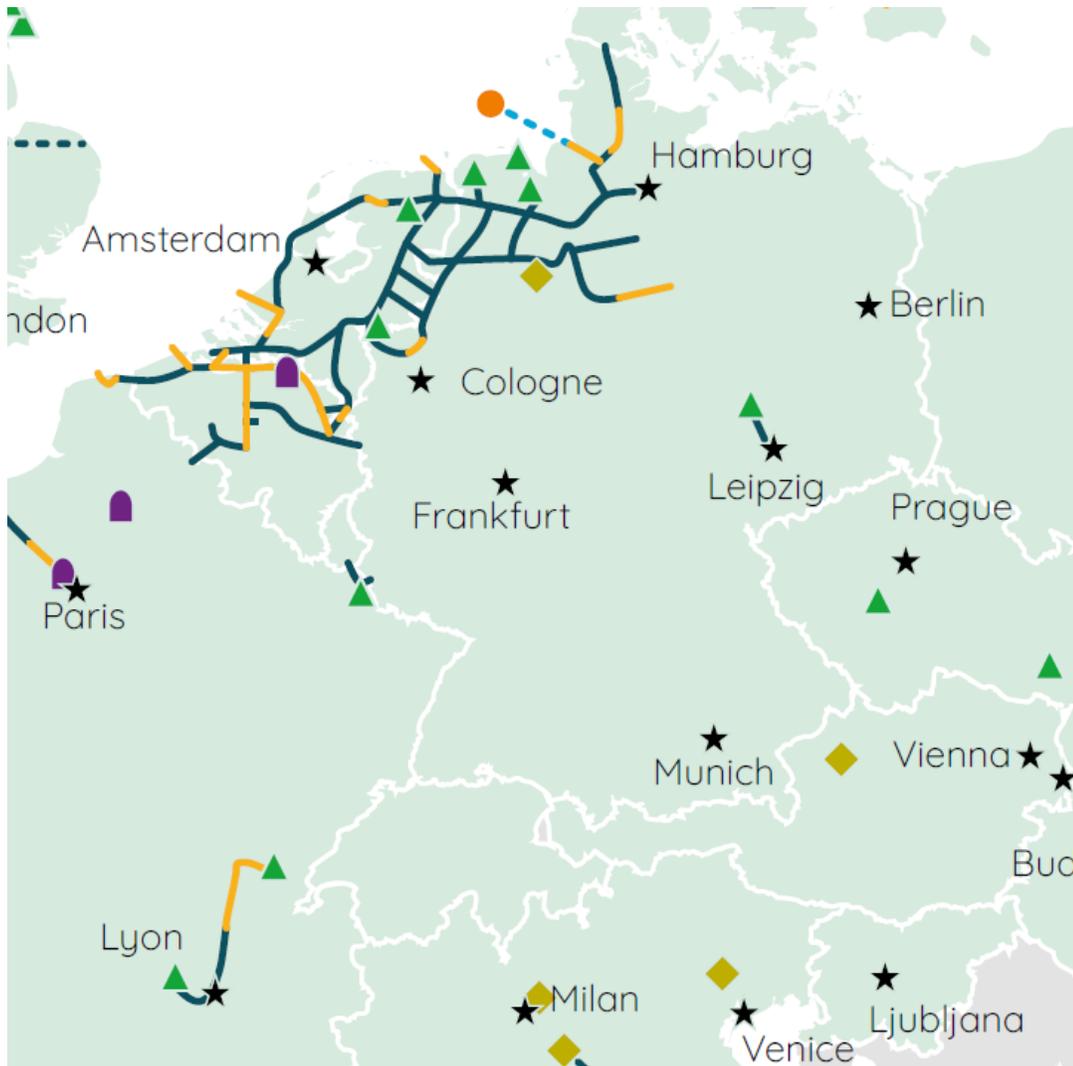


→ es wird vermutlich lange dauern, bis reiner Wasserstoff am Bodensee ankommt

→ Deutschland wird aus Frankreich, Holland, Skandinavien und Osteuropa versorgt

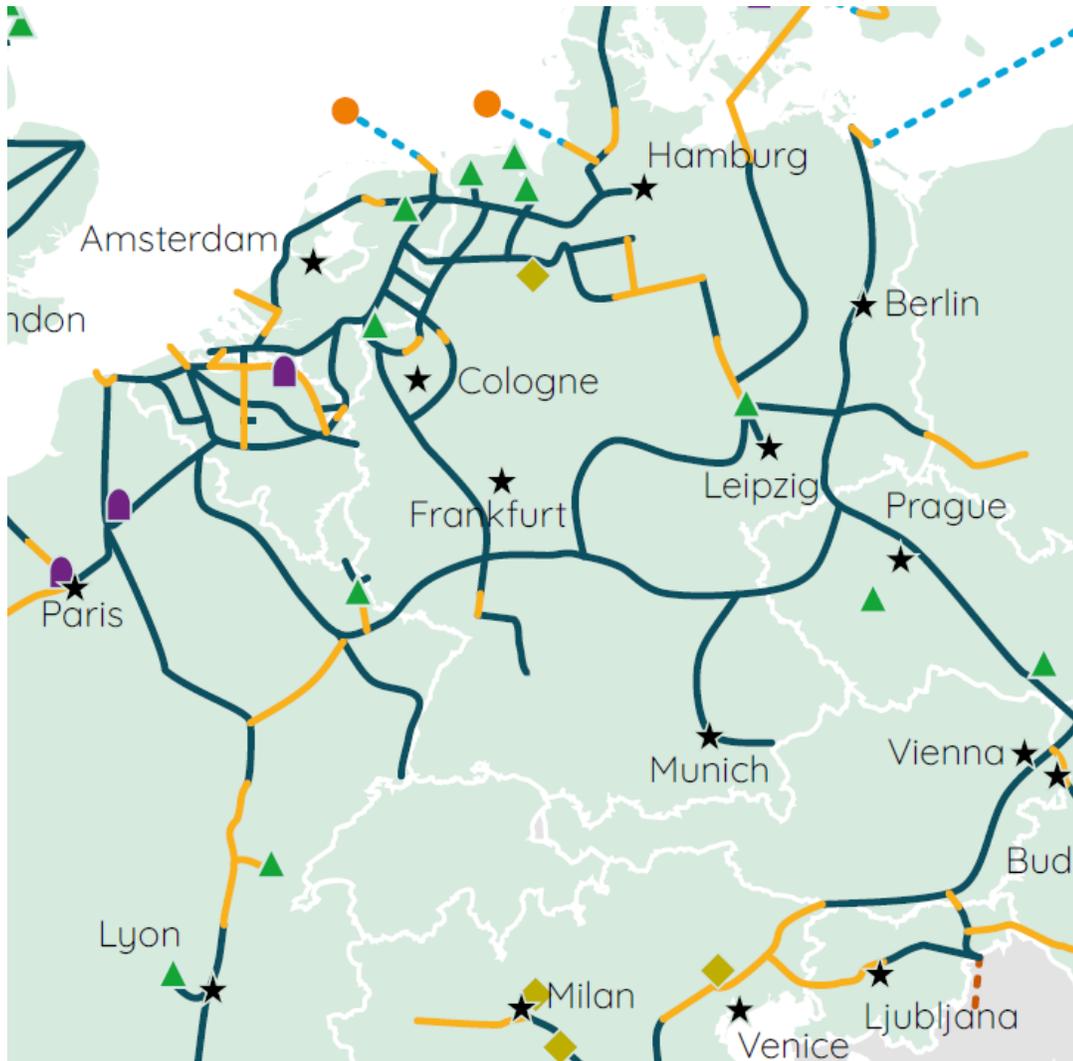
→ Österreich wird vermutlich aus Osteuropa und Italien versorgt

EUROPEAN H2-BACKBONE - 2030



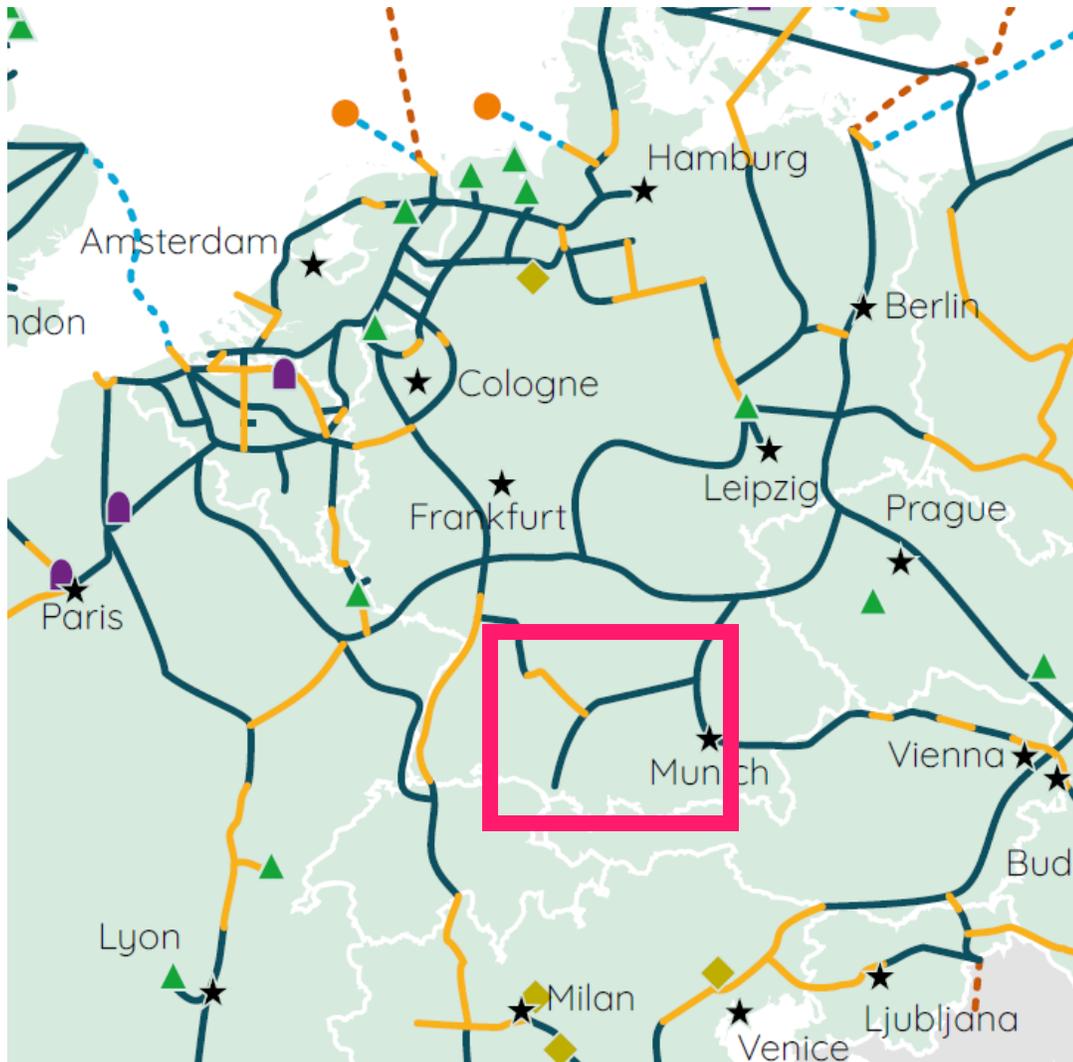
→ erste mitteleuropäische Strukturen
2030 in Belgien/Holland/Nordwest-
Deutschland

EUROPEAN H2-BACKBONE - 2035



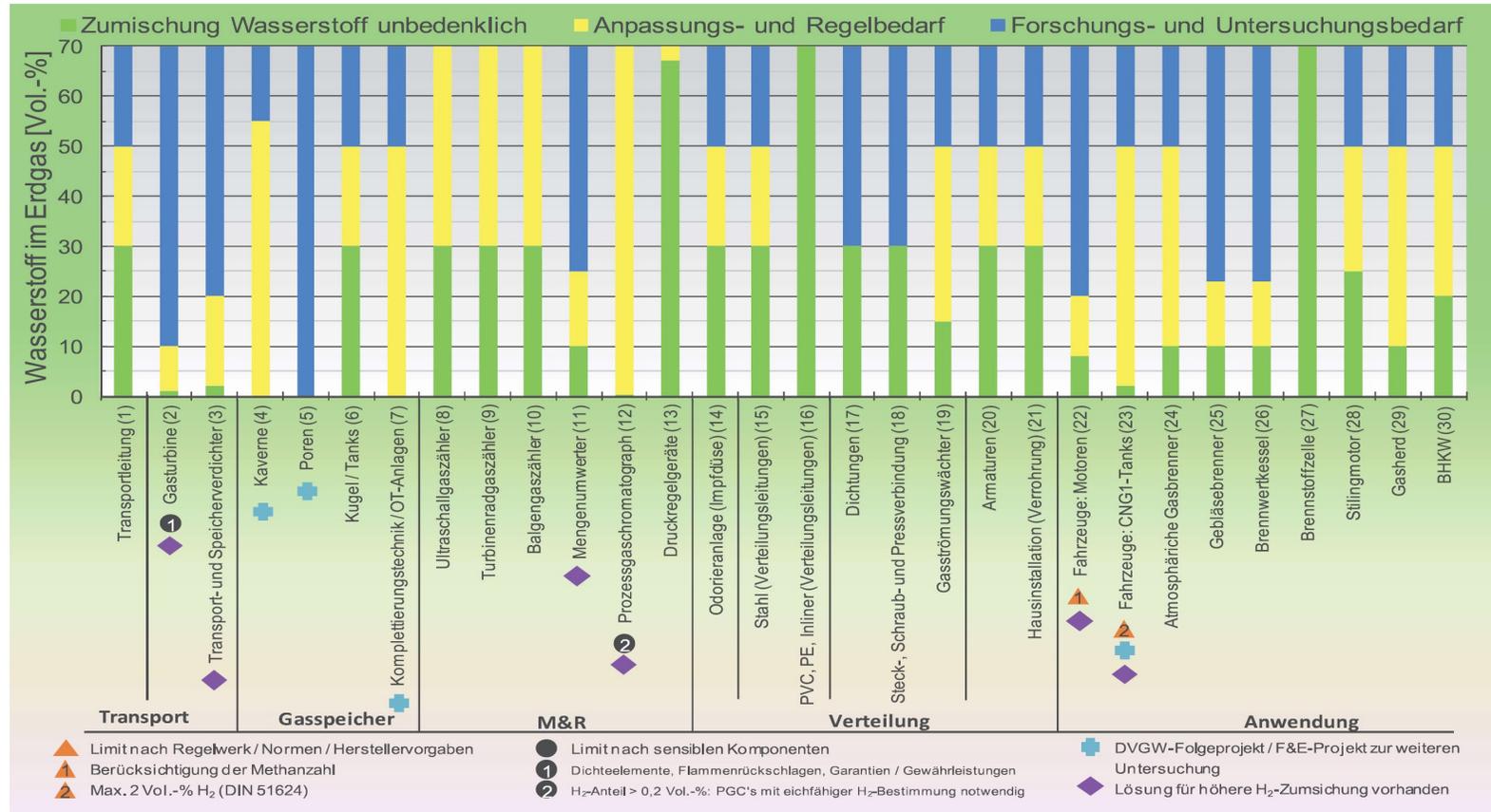
- erste mitteleuropäische Strukturen 2030 in Belgien/Holland/Nordwest-Deutschland
- erste Schließung Nord/Süd sowie West/Ost erst 2035

EUROPEAN H2-BACKBONE - 2040



- erste mitteleuropäische Strukturen 2030 in Belgien/Holland/Nordwest-Deutschland
- erste Schließung Nord/Süd sowie West/Ost erst 2035
- Anschluss Allgäu, südliches BW und Vorarlberg erst 2040
- Netz muss erst bis 2040 auf reinen Wasserstoff ertüchtigt werden

BEIMISCHUNG H2 - DGVW 2013



WASSERSTOFFVERTEILUNG

- Wasserstoffbeimischung bis 10 % derzeit schon erlaubt
- Transportleitungen tolerieren technisch bis zu 30 % Wasserstoff
- Kompressoren sind das Hauptproblem, Mengenzähler ebenso
- europäisches Wasserstoffnetz wird erst 2040 Richtung Vorarlberg ausgebaut

WASSERSTOFFSPEICHERUNG

SAISONALE SPEICHERUNG

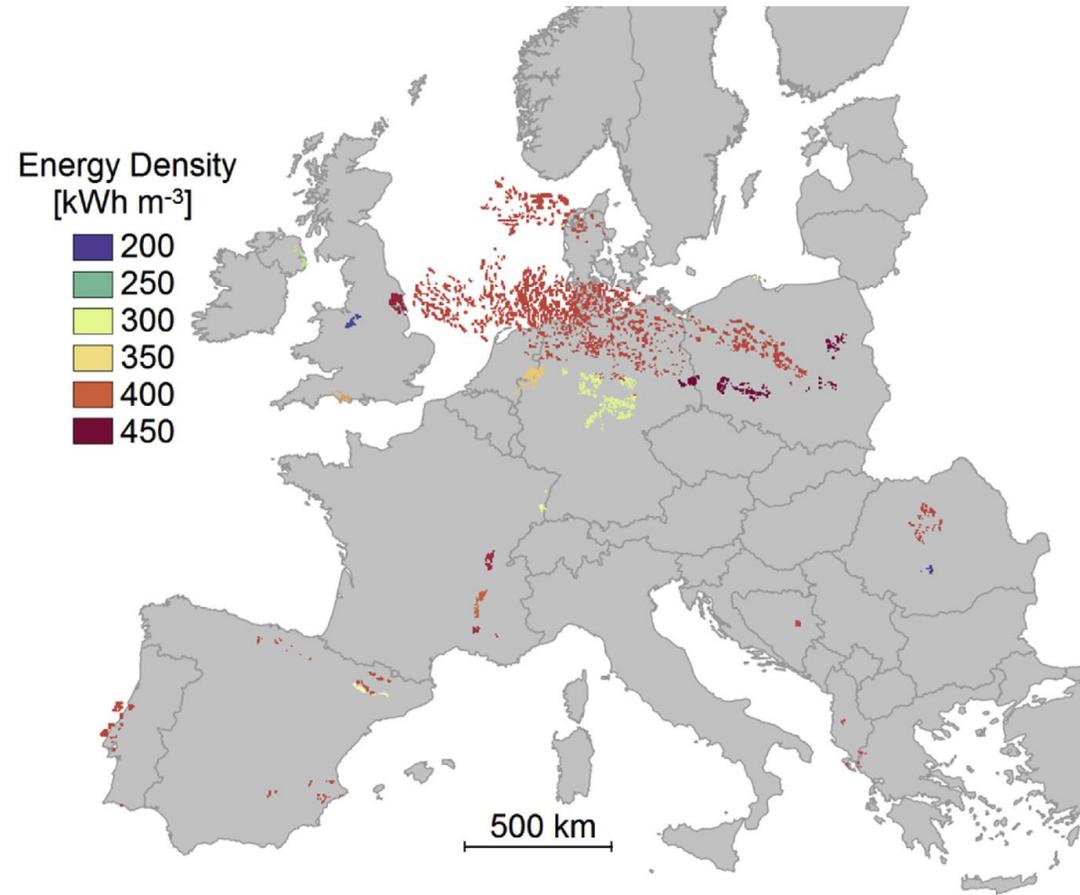


Fig. 7 – Distribution of potential salt cavern sites across Europe with their corresponding energy densities (cavern storage potential divided by the volume).

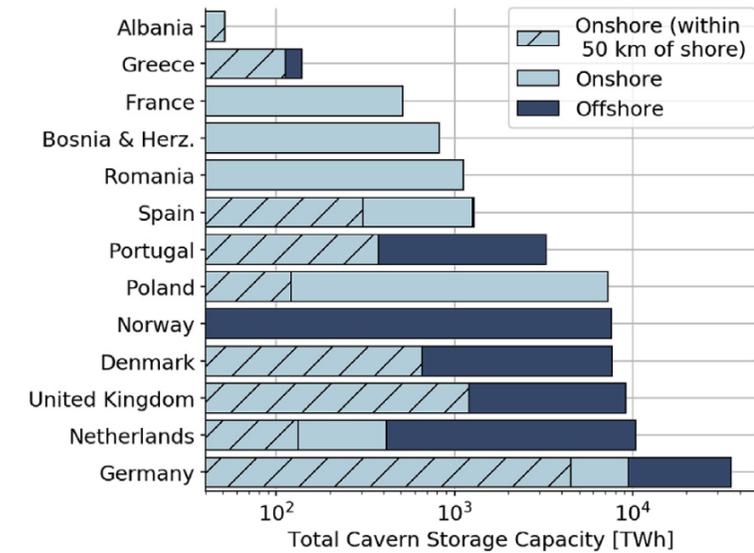


Fig. 8 – Total cavern storage potential in European countries classified as onshore, offshore and within 50 km of shore.

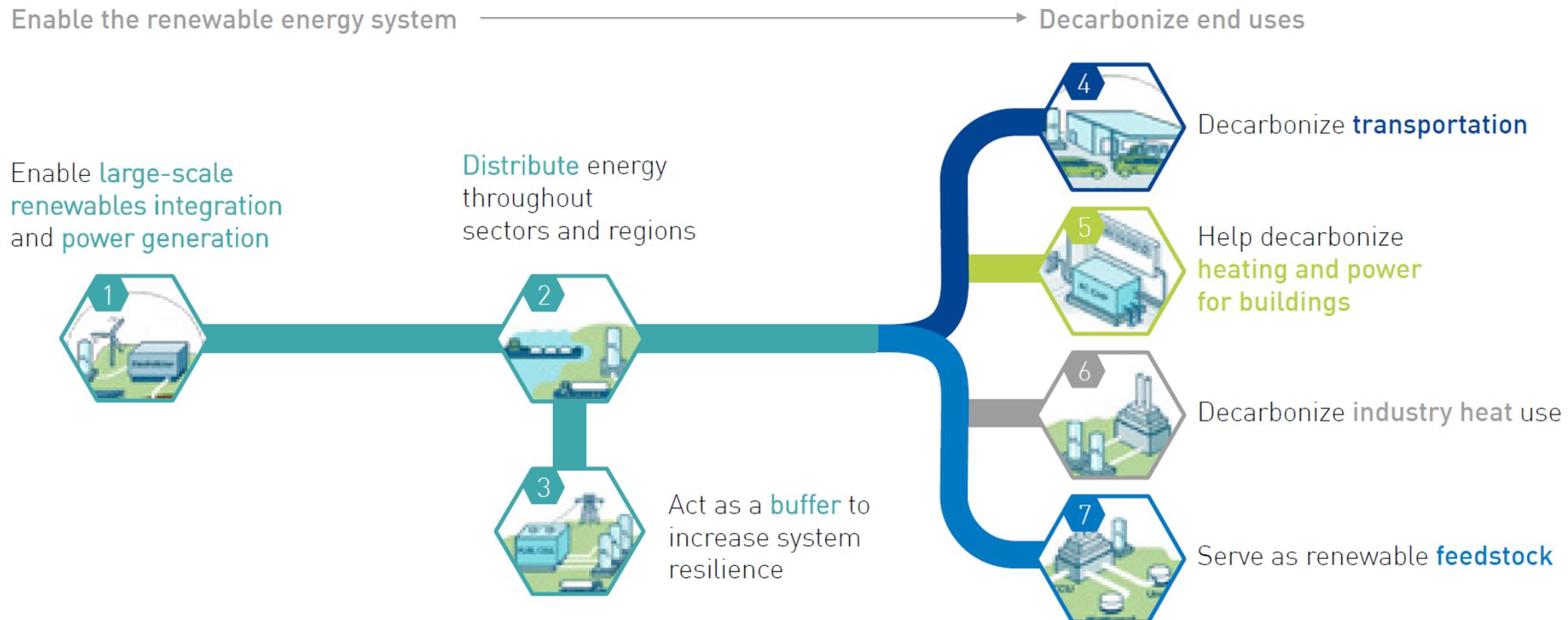
WASSERSTOFFSPEICHERUNG

- Wasserstoffspeicherung in Salzkavernen deutlich günstiger als in Drucktanks
- saisonale Wasserstoffspeicherung in Vorarlberg wirtschaftlich nicht darstellbar
- Ausbau Stromnetz ermöglicht Wasserstoffspeicherung in Regionen mit Salzkavernen; auch diese Länder haben Problem mit Stromlücke im Winter

Nutzung Wasserstoff

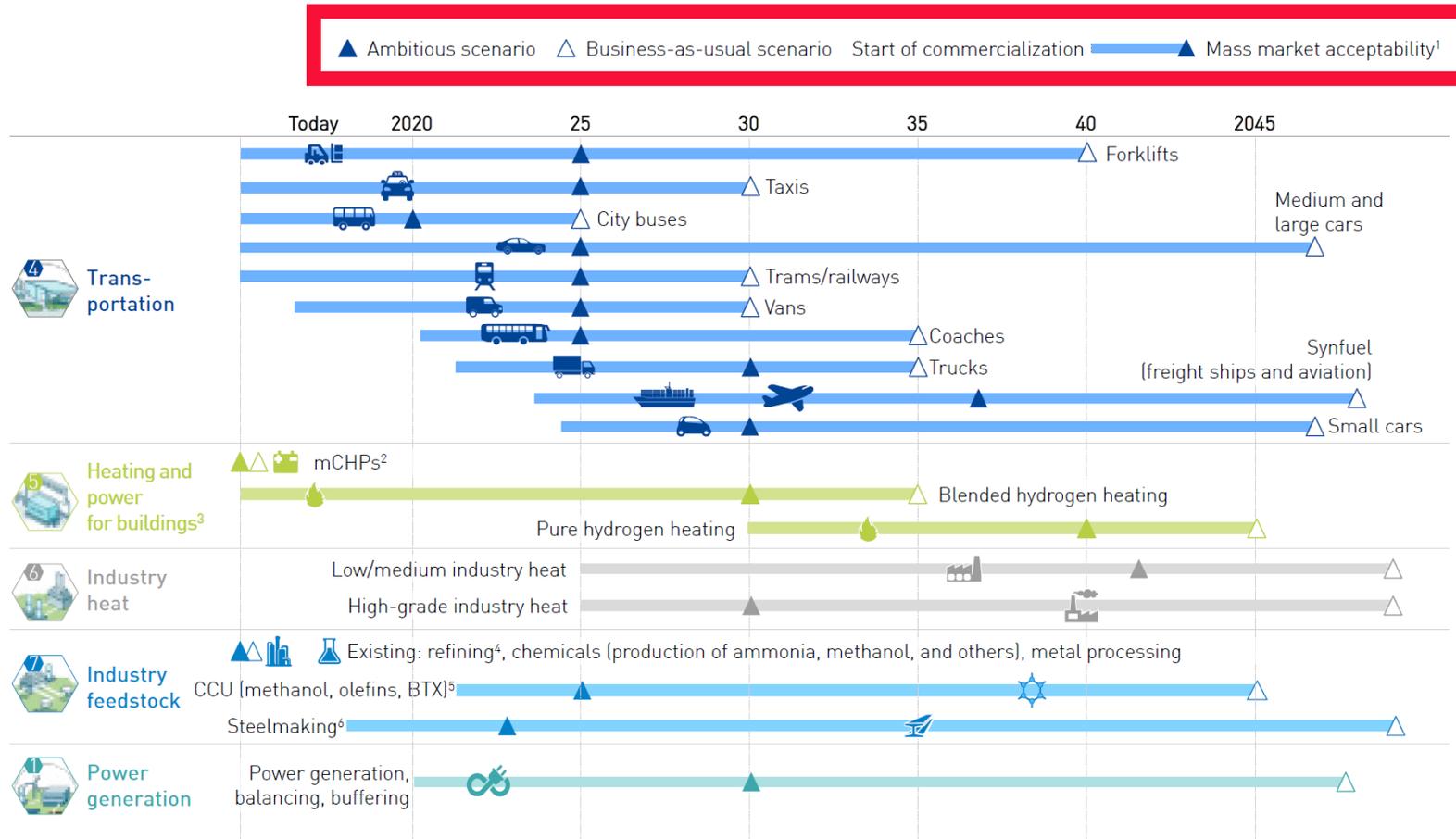
TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

EXHIBIT 4: HYDROGEN AS ENABLER OF THE ENERGY TRANSITION IN EUROPE



TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

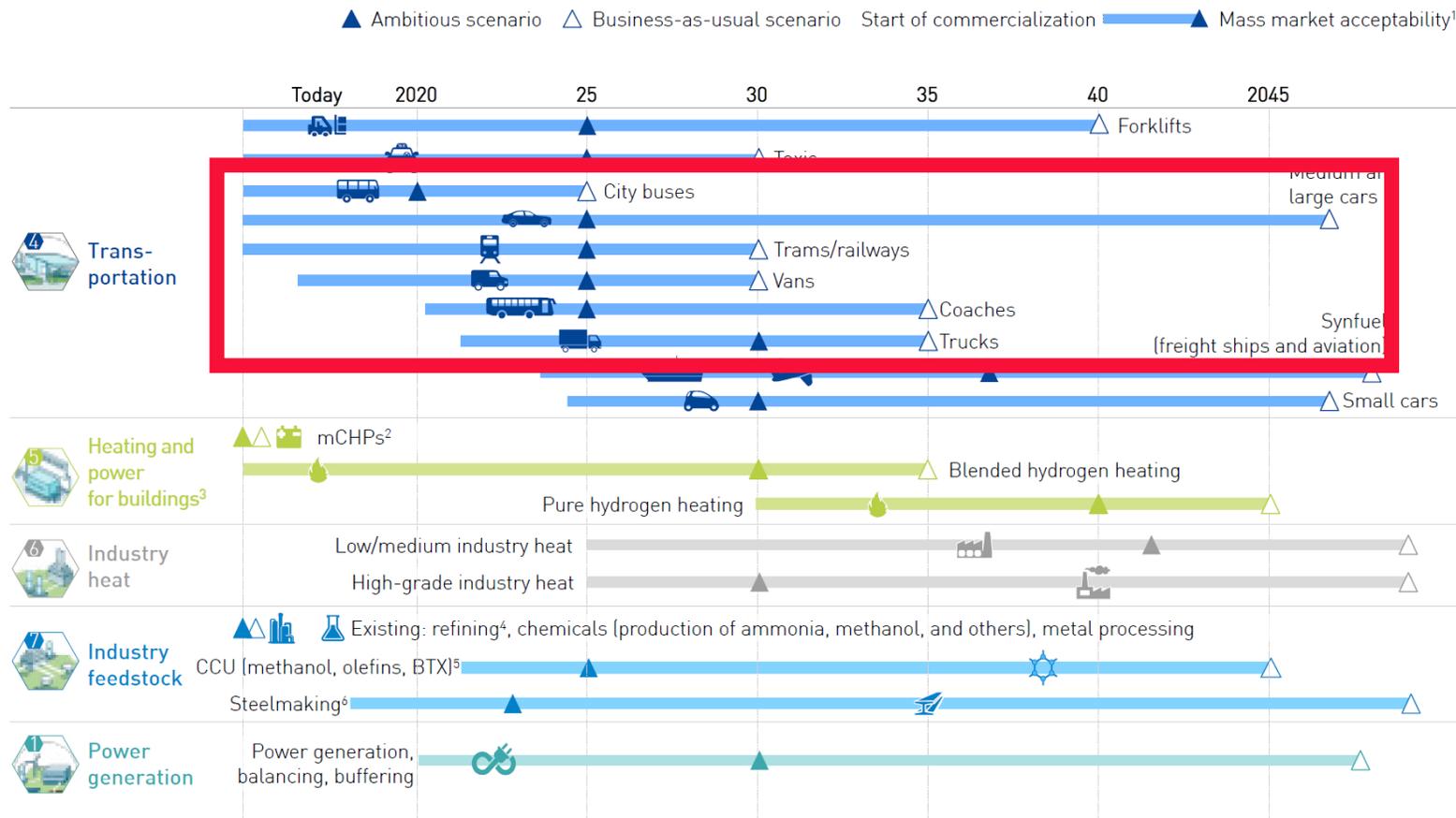
EXHIBIT 20: HYDROGEN TECHNOLOGY EXISTS AND IS READY FOR DEPLOYMENT



1 Defined as sales >1% within segment 2 mCHPs sales in EU independent of fuel type (NG or H₂) 3 Pure and blended H₂ refer to shares in total heating demand
 4 Refining includes hydrocracking, hydrotreating, biorefinery 5 Market share refers to the amount of production that uses hydrogen and captured carbon to replace feedstock 6 CDA process and DRI with green H₂, iron reduction in blast furnaces, and other low-carbon steelmaking processes using H₂

TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

EXHIBIT 20: HYDROGEN TECHNOLOGY EXISTS AND IS READY FOR DEPLOYMENT

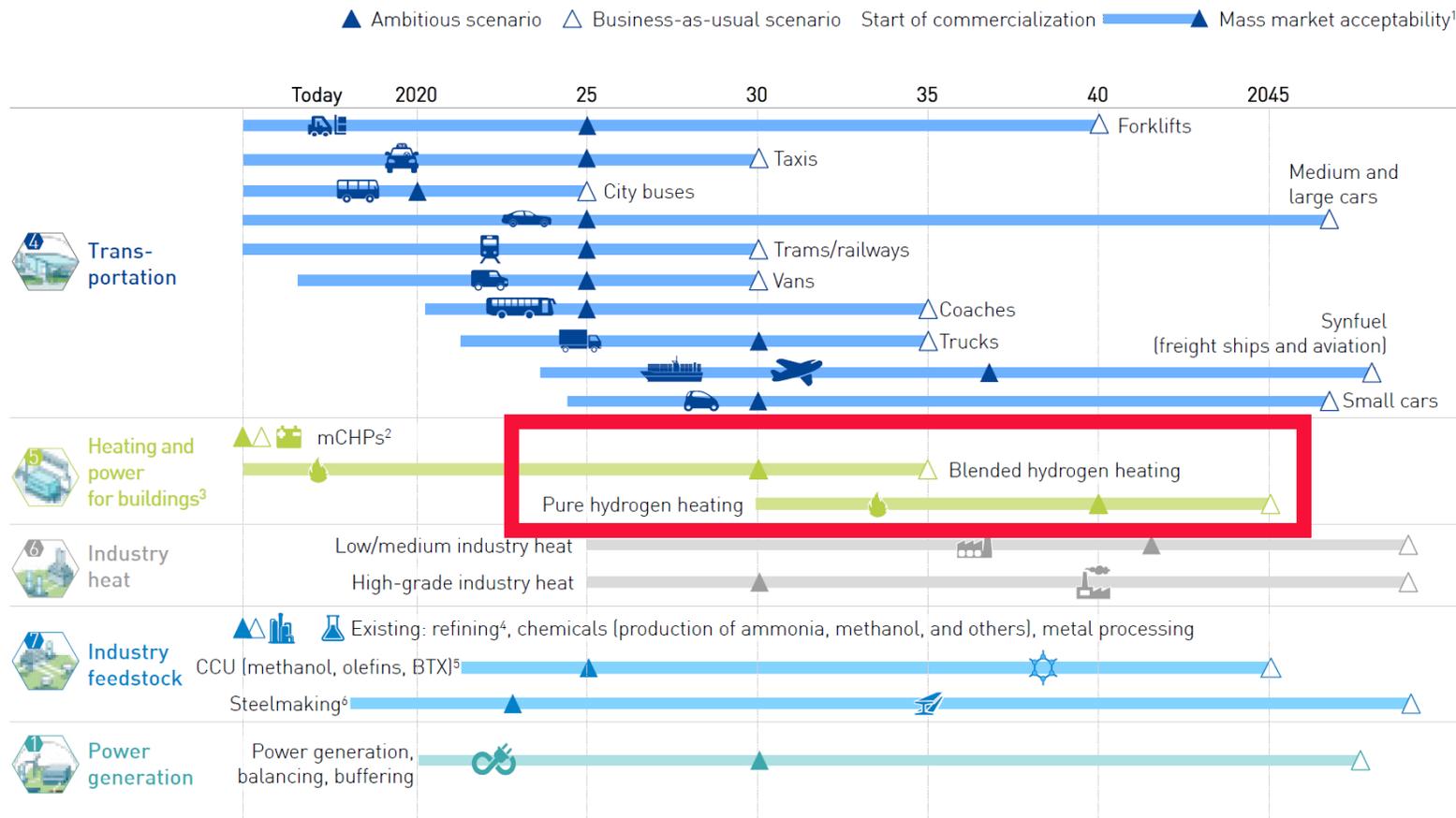


→ die Umstellung auf Wasserstoff für Busse und LKWs kann schon sehr bald erfolgen

1 Defined as sales >1% within segment 2 mCHPs sales in EU independent of fuel type (NG or H₂) 3 Pure and blended H₂ refer to shares in total heating demand
4 Refining includes hydrocracking, hydrotreating, biorefinery 5 Market share refers to the amount of production that uses hydrogen and captured carbon to replace feedstock 6 CDA process and DRI with green H₂, iron reduction in blast furnaces, and other low-carbon steelmaking processes using H₂

TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

EXHIBIT 20: HYDROGEN TECHNOLOGY EXISTS AND IS READY FOR DEPLOYMENT

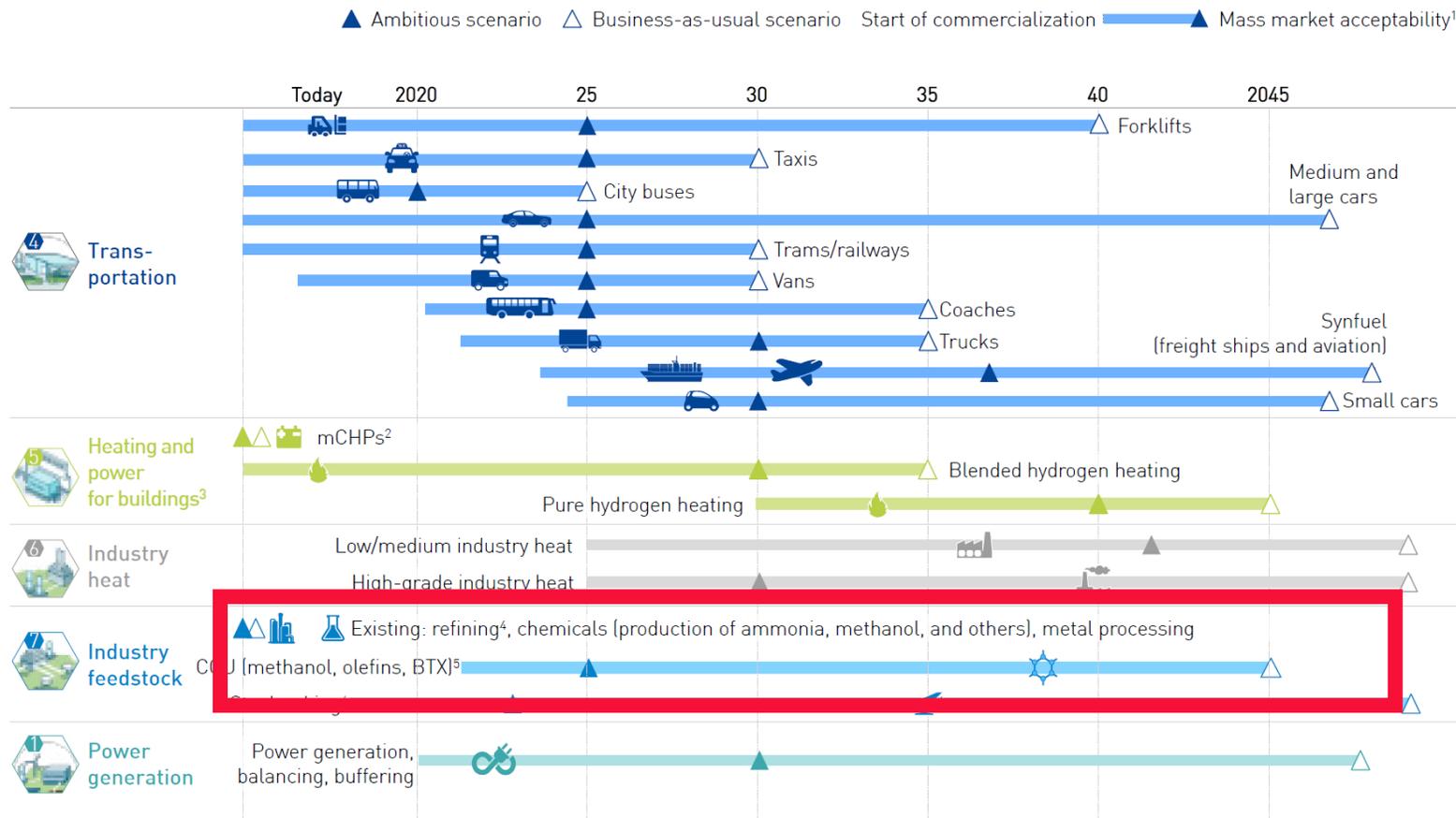


→ wir werden noch bis mindestens 2040 Gasnetze mit Mischgasen betreiben

1 Defined as sales >1% within segment 2 mCHPs sales in EU independent of fuel type (NG or H₂) 3 Pure and blended H₂ refer to shares in total heating demand
4 Refining includes hydrocracking, hydrotreating, biorefinery 5 Market share refers to the amount of production that uses hydrogen and captured carbon to replace feedstock 6 CDA process and DRI with green H₂, iron reduction in blast furnaces, and other low-carbon steelmaking processes using H₂

TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

EXHIBIT 20: HYDROGEN TECHNOLOGY EXISTS AND IS READY FOR DEPLOYMENT

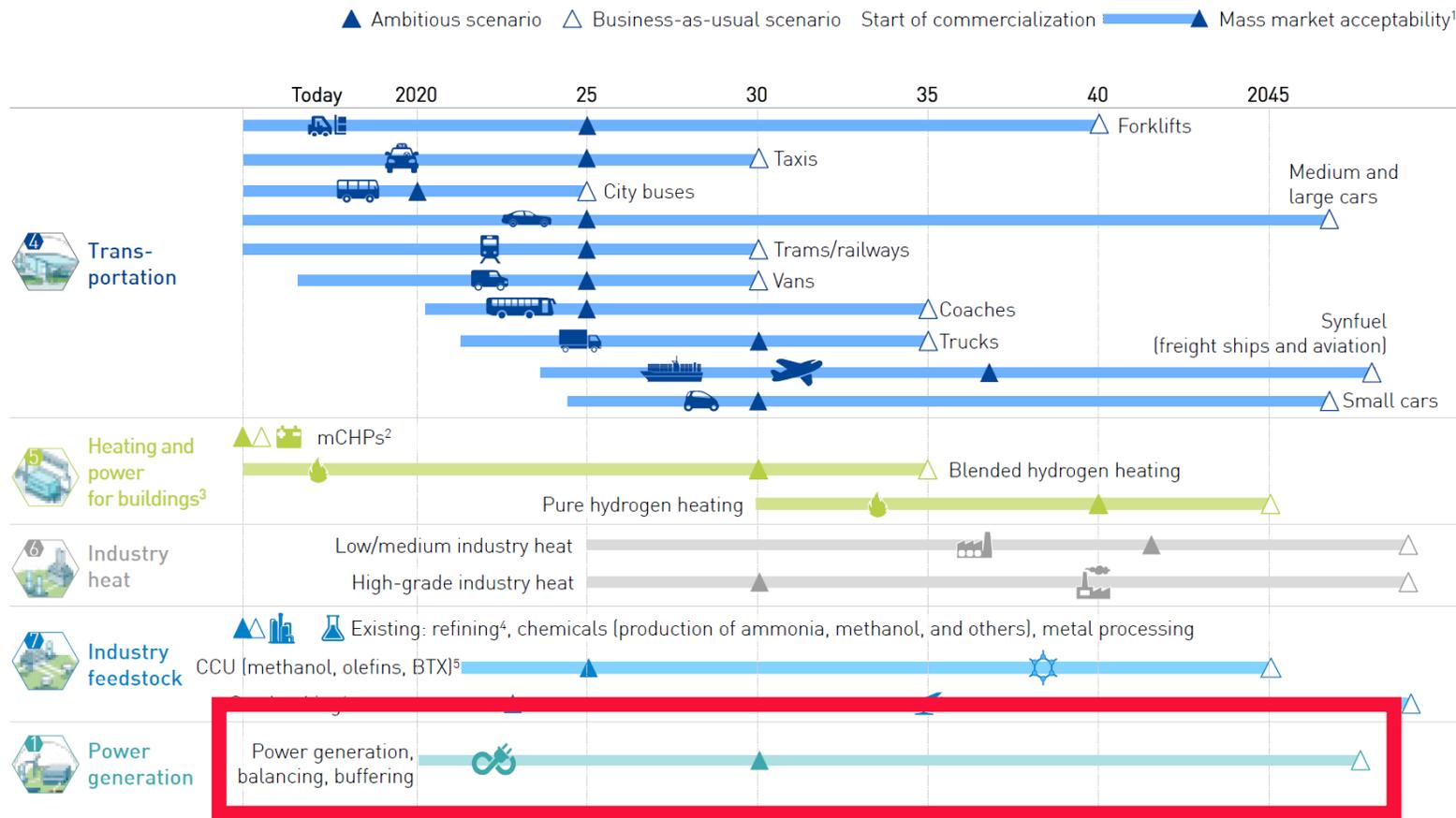


→ der große Treiber wird die Industrie sein, da hier die Alternativen fehlen

¹ Defined as sales >1% within segment ² mCHPs sales in EU independent of fuel type (NG or H₂) ³ Pure and blended H₂ refer to shares in total heating demand
⁴ Refining includes hydrocracking, hydrotreating, biorefinery ⁵ Market share refers to the amount of production that uses hydrogen and captured carbon to replace feedstock
⁶ CDA process and DRI with green H₂, iron reduction in blast furnaces, and other low-carbon steelmaking processes using H₂

TECHNOLOGIE-ROADMAP (EU)

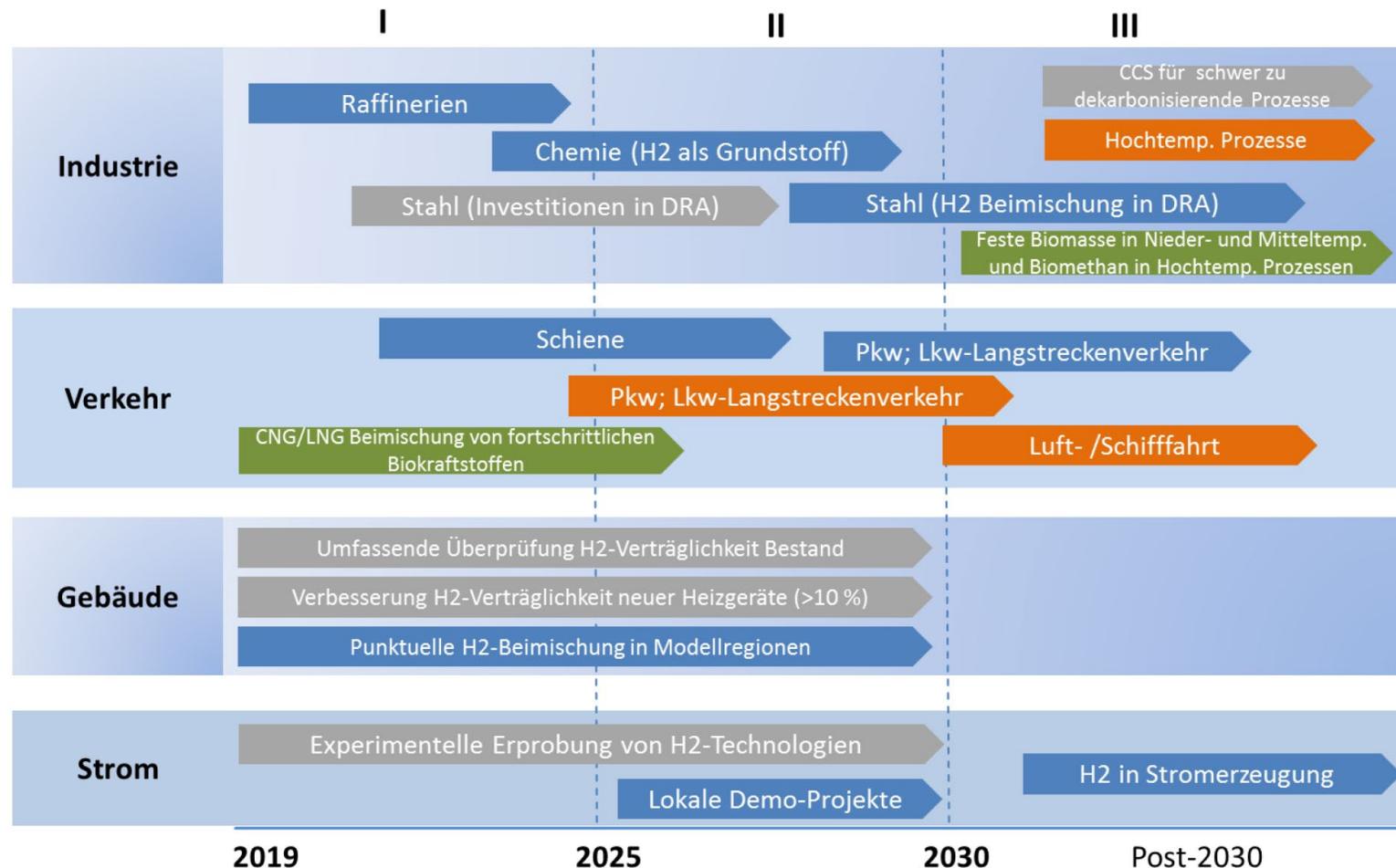
EXHIBIT 20: HYDROGEN TECHNOLOGY EXISTS AND IS READY FOR DEPLOYMENT



→ nur im ambitionierten Szenario werden wir bereits 2030 Wasserstoff für das Lastmanagement einsetzen

¹ Defined as sales >1% within segment ² mCHPs sales in EU independent of fuel type (NG or H₂) ³ Pure and blended H₂ refer to shares in total heating demand
⁴ Refining includes hydrocracking, hydrotreating, biorefinery ⁵ Market share refers to the amount of production that uses hydrogen and captured carbon to replace feedstock
⁶ CDA process and DRI with green H₂, iron reduction in blast furnaces, and other low-carbon steelmaking processes using H₂

INDUSTRIE-ROADMAP (D)



- ähnliche Ergebnisse auch vom Bundesverband der Industrie in Deutschland
- der erste „Einschlag“ werden vermutlich die LKWs sein
- Gebäude nur als Beimischung
- Stromerzeugung genannt, dann aber in Gaskraftwerken (reines H₂ oder synth. CH₄)

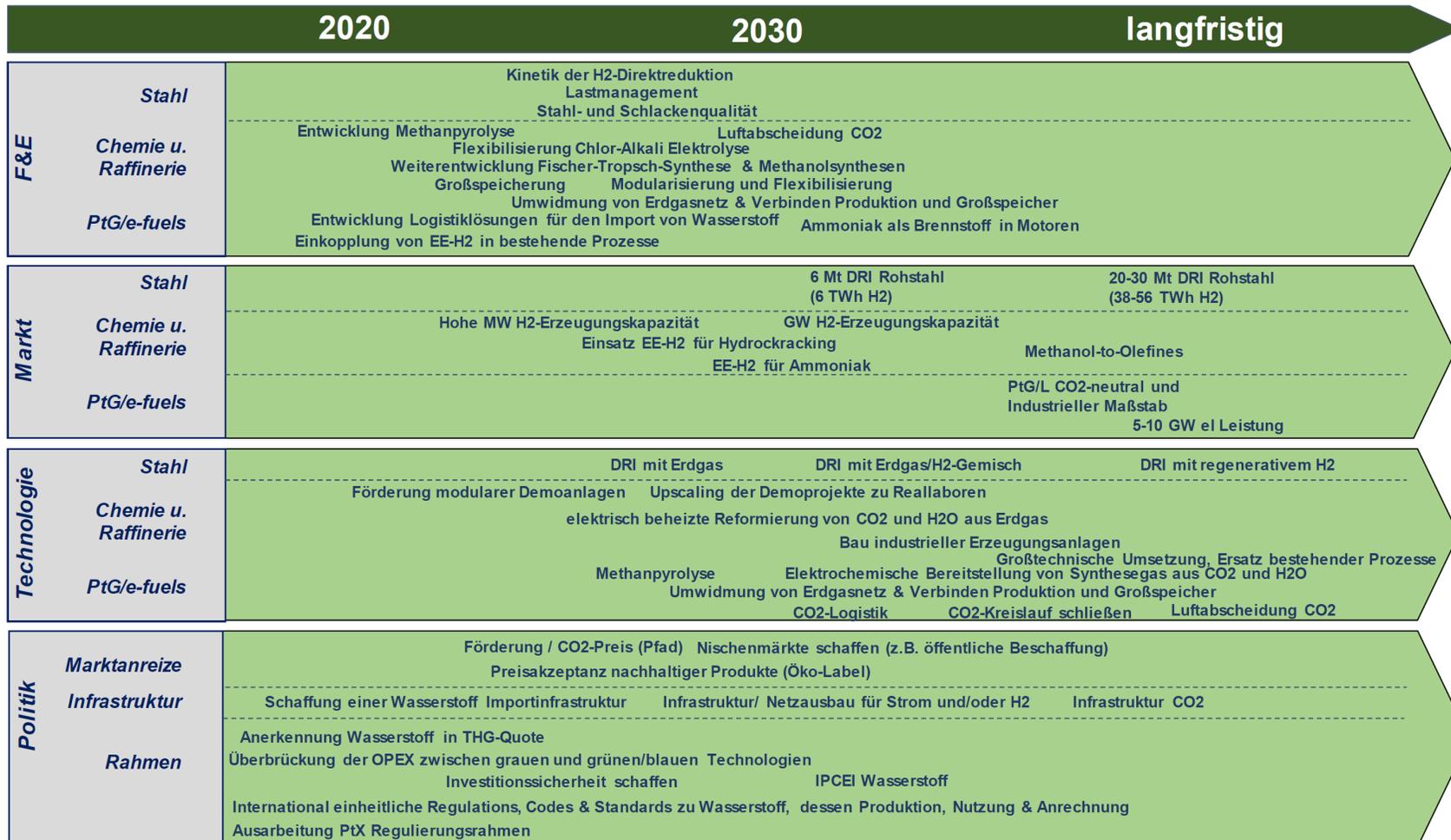
WASSERSTOFFNUTZUNG: GEBÄUDE

GEBÄUDE

- der Sektor Gebäude kommt lediglich in der europäischen Wasserstoffstrategie vor
- alle anderen Strategien gehen bis 2040 nicht von einem Einsatz im Gebäude aus
- es sind keine Heizungen vorhanden, die Methan und reinen Wasserstoff nutzen können; Hauselektrolyseure dauerhaft teurer als Wärmepumpen
- Vorarlberg hat weiteres Potenzial für Biomassekraftwerke

WASSERSTOFFNUTZUNG: INDUSTRIE

MARKTVORBEREITUNG INDUSTRIE



INDUSTRIE

- Industrie in Vorarlberg benötigt derzeit ca. 1000 GWh Gas
- Vorarlberger Industrie ist (fast) nicht vom EU-Emissionshandelssystem (EU-EHS) betroffen
- die Nachfrage nach emissionsarmem Gas muss daher intrinsisch motiviert sein und wird (vorerst) nicht von außen kommen

KOSTEN WASSERSTOFF

		Electrolyzer investment costs [EUR/kW(el)]																													
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700																
<table border="1"> <tr><td>#1</td><td>10</td><td>EUR/MWh (NCV)</td></tr> <tr><td>#2</td><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>#3</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>#4</td><td>40</td><td>= 100 EUR/t CO₂</td></tr> <tr><td>#5</td><td>50</td><td></td></tr> </table>	#1	10	EUR/MWh (NCV)	#2	20		#3	30		#4	40	= 100 EUR/t CO ₂	#5	50		0	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22	23	25	0
	#1	10	EUR/MWh (NCV)																												
	#2	20																													
	#3	30																													
	#4	40	= 100 EUR/t CO ₂																												
	#5	50																													
		5	9	11	13	14	16	18	20	22	23	25	27	29	31	32	5														
		10	16	18	20	21	23	25	27	29	31	32	34	36	38	40	10														
		15	23	25	27	29	30	32	34	36	38	39	41	43	45	47	15														
		20	30	32	34	36	38	39	41	43	45	47	48	50	52	54	20														
		25	38	39	41	43	45	47	48	50	52	54	56	57	59	61	25														
	30	45	46	48	50	52	54	55	57	59	61	63	64	66	68	30															
	35	52	54	55	57	59	61	63	64	66	68	70	72	73	75	35															
	40	59	61	63	64	66	68	70	72	73	75	77	79	81	82	40															
	45	66	68	70	71	73	75	77	79	81	82	84	86	88	90	45															
	50	73	75	77	79	80	82	84	86	88	89	91	93	95	97	50															
	55	80	82	84	86	88	89	91	93	95	97	98	100	102	104	55															
	60	88	89	91	93	95	97	98	100	102	104	106	107	109	111	60															
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700																
		Electrolyzer investment costs [EUR/kW(el)]																													

#6	60	= 200 EUR/t CO ₂
#7	70	
#8	80	= 300 EUR/t CO ₂
#9	90	
#10	> 90	> 350 EUR/t CO ₂

HY ALLGÄU

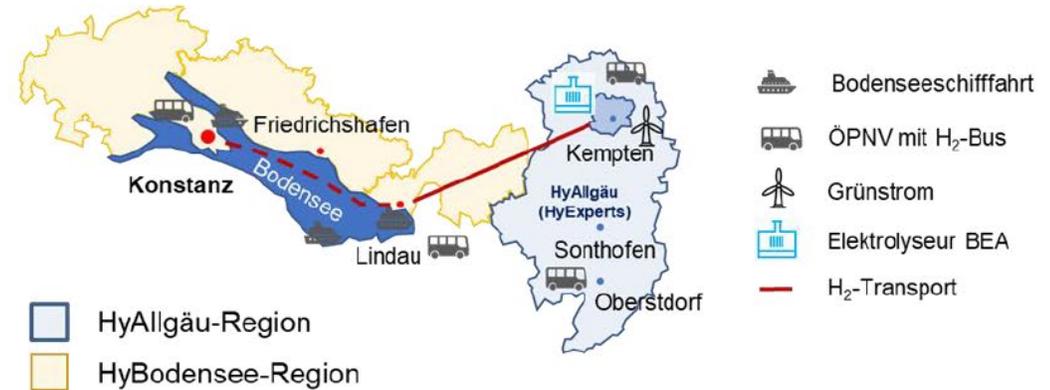


Kempten Allgäu



Oberallgäu
Landkreis

HyBodensee (HyExperts II)



GRÜNES GAS

GRÜNES GAS - POTENZIALE/BEDARF VLBG.

- Bedarf Wohngebäude: ca. 450-600 GWh/a
- Bedarf Nicht-Wohngebäude: ca. 500-600 GWh/a
- Bedarf Industrie: ca. 1 100 GWh/a

- Potenzial Biomethan: ca. 140 GWh/a
- Potenzial Biogasanlagen/ARAs: ca. 84 GWh/a

- Potenzial Holz: ca. 168 GWh

- Potenzial JKU: ca. 500-650 GWh

GRÜNES GAS - POTENZIALE/BEDARF AUT

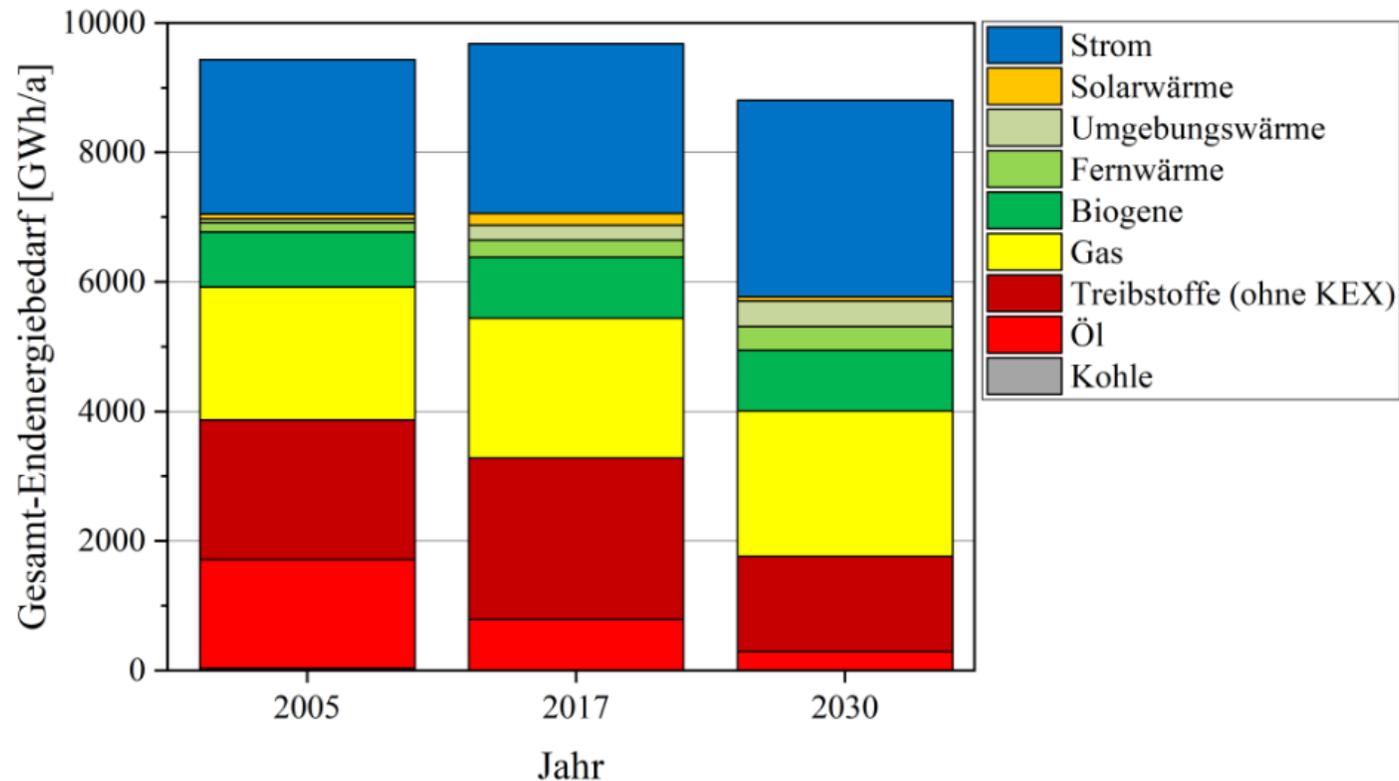
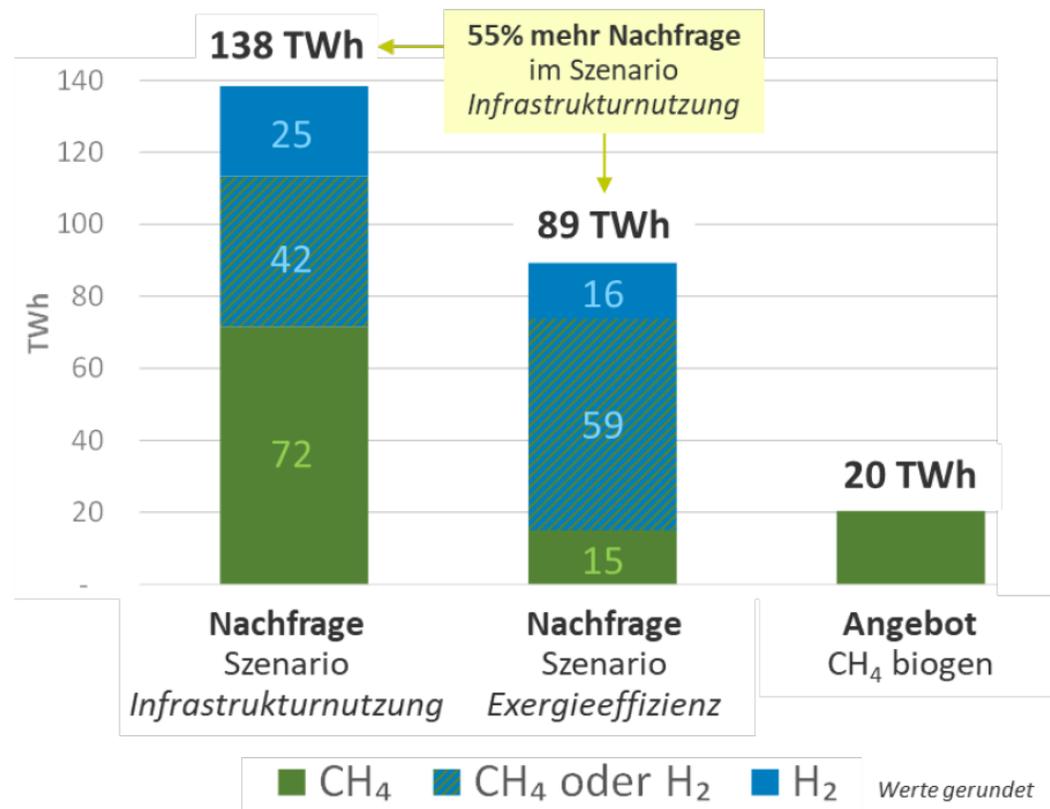


Abbildung 4: Gesamt-Endenergiebedarf nach Energieträgern

- wir müssen irgendwann > 2000 GWh/a Gas ersetzen
- selbst beim Ausstieg von Gas im Gebäude benötigt die Industrie > 1000 GWh/a

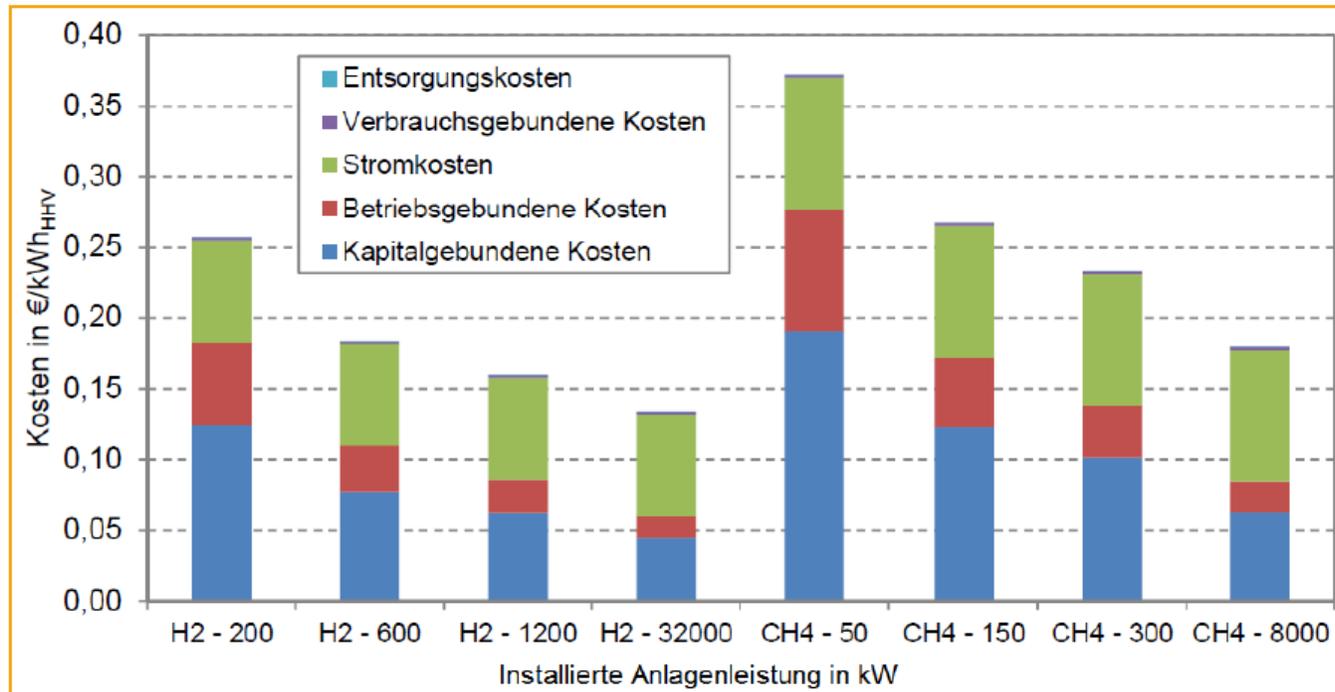
GRÜNES GAS - POTENZIALE/BEDARF AUT



- im Szenario Exergieeffizienz kann der benötigte Anteil an synthetischem Methan österreichweit bereitgestellt werden
- insgesamt spielt synthetisches Methan eine untergeordnete Rolle

Abbildung 1: Vergleich der Nachfrage der betrachteten Bereiche Industrie, Verkehr, KWK/Heizwerke der Szenarien „Infrastrukturnutzung“ und „Exergieeffizienz“ und Angebot an Methan aus biogenen Reststoffen

GRÜNES GAS vs. WASSERSTOFF



→ Methanisierung statt Wasserstoff um Infrastruktur nutzen zu können wird zu teuer werden

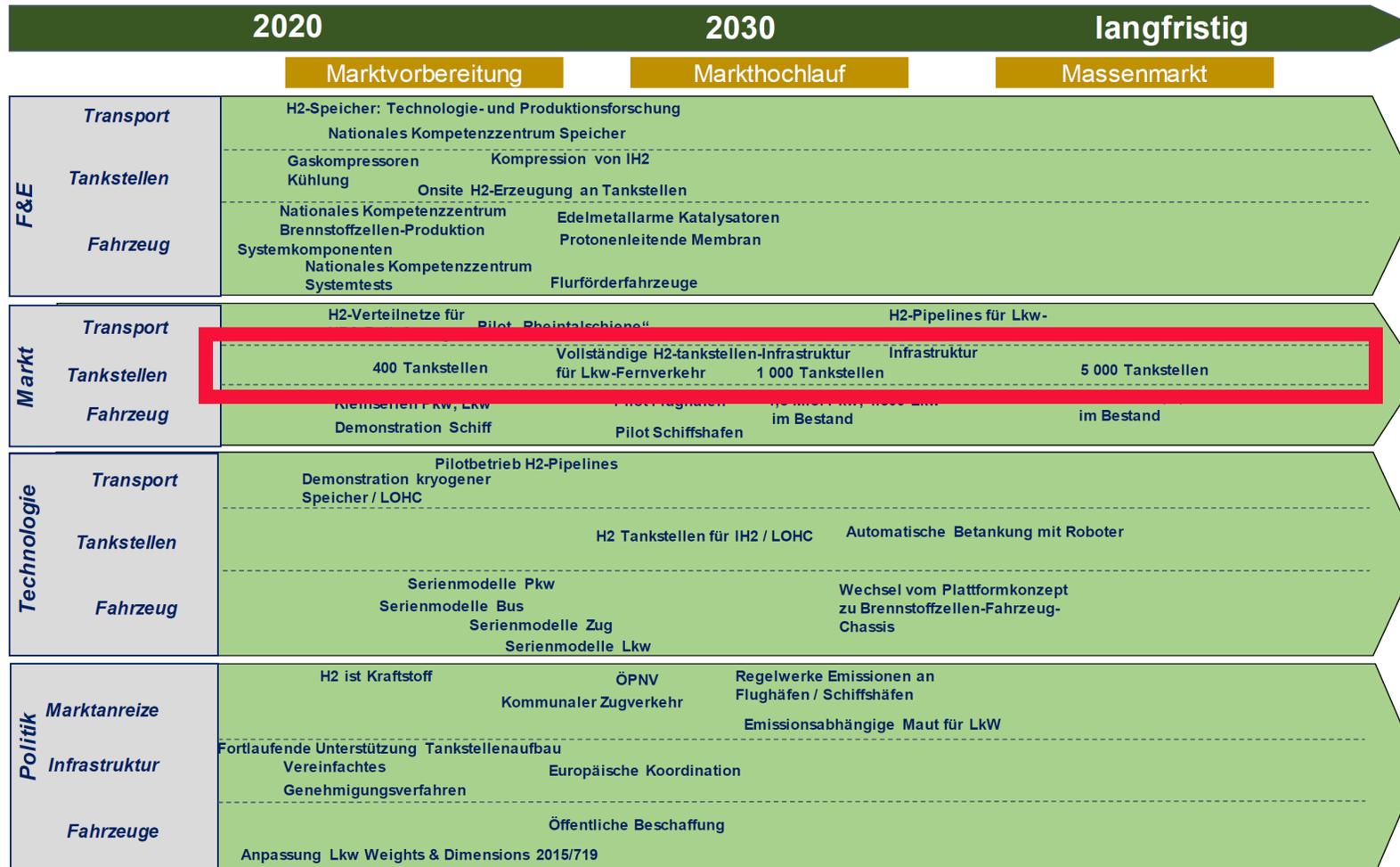
Abbildung 11: Typische Zusammensetzung der Gesteungskosten von Wasserstoff (H₂) und Methan (CH₄) aus Power to Gas-Anlagen mit alkalischen Elektrolyseuren⁵⁹

ALTERNATIVE GRÜNES GAS

- Keine Wasserstoffleitung bis 2040
- Bedarf an emissionsarmem Gas kann nur lokal gedeckt werden
- Alternative: Zukauf von grünem Gas
- Wasserstoff kann bis zu 10 % zugemischt werden
- Grün-Gas-Quote wird vermutlich kommen (obwohl im EAG nicht enthalten)

WASSERSTOFFNUTZUNG: MOBILITÄT

MARKTVORBEREITUNG VERKEHR



CLEAN VEHICLE DIRECTIVE

- von 2021 bis 2025 müssen 38,5 % der Autos, 10 % der LKWs und 45 % der Busse auf emissionsarme Antriebe umgestellt sein
- von 2026 bis 2030 müssen 38,5 % der Autos, 15 % der LKWs und 65 % der Busse auf emissionsarme Antrieb umgestellt sein

MOBILITÄT

- Sektor Mobilität wird als erster einen klar definierten Bedarf an Wasserstoff haben
 - Trend geht zum Wasserstoff und weg vom grünen Gas, da grünes Gas ein knappes Gut sein wird (Methanisierung aus Wasserstoff nicht wirtschaftlich)
 - die Clean Vehicle Directive trifft Österreich und Vorarlberg gleichermaßen und verlangt nach Lösungen bis 2025
- Gespräche zwischen Land Vorarlberg/vvv/illwerke vkw laufen im Hinblick auf Umstellung der Busflotte

Fazit

A dark background with a central spotlight effect. The spotlight is a white rectangle at the top, which tapers into a white triangle pointing downwards. The text is centered within this triangle.

**WELCHER WEG
WIRD DER
RICHTIGE SEIN?**

MAUTGEBÜHREN - H2 vs. LNG

<https://www.wko.at/service/verkehr-betriebsstandort/LKW-Maut-Oesterreich-GO-Box.html>

Tarifgruppe	Euro-Emissionsklassen								
E	Kfz mit reinem Elektroantrieb oder mit reinem Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb								
A	Euro 6								
B	Euro 5 und EEV *	Tarifgruppe	Zwei Achsen		Drei Achsen		Ab vier Achsen		
C	Euro 4		Tag	Nacht**	Tag	Nacht**	Tag	Nacht**	
D	Euro 0 bis 3	E (Elektro / Wasserstoff)	9,81	9,85	13,80	13,89	20,66	20,77	
		A (Euro 6)	20,01	20,05	28,08	28,17	41,70	41,82	
		B (Euro 5 und EEV)	20,98	21,02	29,44	29,53	43,40	43,52	
		C (Euro 4)	21,67	21,71	30,40	30,49	44,50	44,62	
		D (Euro 0 bis 3)	23,73	23,77	33,29	33,38	47,80	47,92	

→ Änderung möglich, um Einnahmeausfälle zu verhindern.

MAUTGEBÜHREN - H2 vs. LNG

Berlin, 01.09.2020

Ursprünglich sollten mit Erdgas betriebene Fahrzeuge nur bis Ende 2020 von der Lkw-Maut befreit werden. Diese Befreiung wurde jetzt bis zum 31.12.2023 verlängert.

Von der Lkw-Maut befreit sind Fahrzeuge, die komplett oder überwiegend mit Erdgas betrieben werden. Dazu gehören Lkw, die mit CNG (Compressed Natural Gas), NG (Natural Gas) oder LNG (Liquefied Natural Gas) angetrieben werden. Nicht befreit ist der Antrieb mit LPG (Liquefied Petroleum Gas).

Die Erdgastanks müssen folgendes Mindest Fassungsvermögen haben:

- CNG: mindestens 300 Liter oder 50 kg;
- LNG: mindestens 300 Liter oder 115 kg;
- NG: mindestens 300 Liter.

Die Registrierung als mautbefreites Fahrzeug bei Toll Collect gilt für maximal zwei Jahre und kann im Anschluss verlängert werden. Die Mautbefreiung für Erdgasfahrzeuge endet am 31.12.2023.

- EU Kommission hat Deutschland aufgefordert, es früher zu ändern.
- derzeit keine Mautbefreiung für Wasserstoff