



Fraunhofer-Institut für Werkzeug-
maschinen und Umformtechnik IWU

FIT4H2

Produktion von Wasserstoffsystemen – Elektrolyseur und Brennstoffzelle

Chemnitz, 11.09.–12.09.2024



FIT4H2

Agenda

1. TAG

WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

WASSERSTOFFSYSTEME

ÜBERBLICK

AUSLEGUNG

PRODUKTIONSTECHNOLOGIEN

BPP

LIVE

GET TOGETHER



FIT4H2

Agenda

2. TAG	WASSERSTOFFSYSTEME
	PRODUKTIONSTECHNOLOGIEN
	MEA
	LIVE
	QUALITÄTSSICHERUNG
	SYSTEM-KOMPONENTEN
	WERTANALYSE
	MICROGRID



FIT4H2

Dokumente

D O W N L O A D

DE: [HTTPS://REFERENZFABRIK.DE/FIT4H2-DOWNLOADS-DE-8K2Q.HTML](https://referenzfabrik.de/fit4h2-downloads-de-8k2q.html)



FIT4H2

Vorstellung

N A M E

U N T E R N E H M E N

T Ä T I G K E I T

Z I E L E



FIT4H2

Wasserstoffwirtschaft in Zahlen - Markt- und Technologieentwicklungen

Wasserstoff

- Überblick
- Rahmenbedingungen
- Roadmaps
- Nutzung



WASSERSTOFF

Markt- und Technologieentwicklungen

BETRACHTUNGSRAUM

BEDARF

ANGEBOT

RAHMENBEDINGUNGEN

ROADMAPS

RÜCKVERSTROMUNG



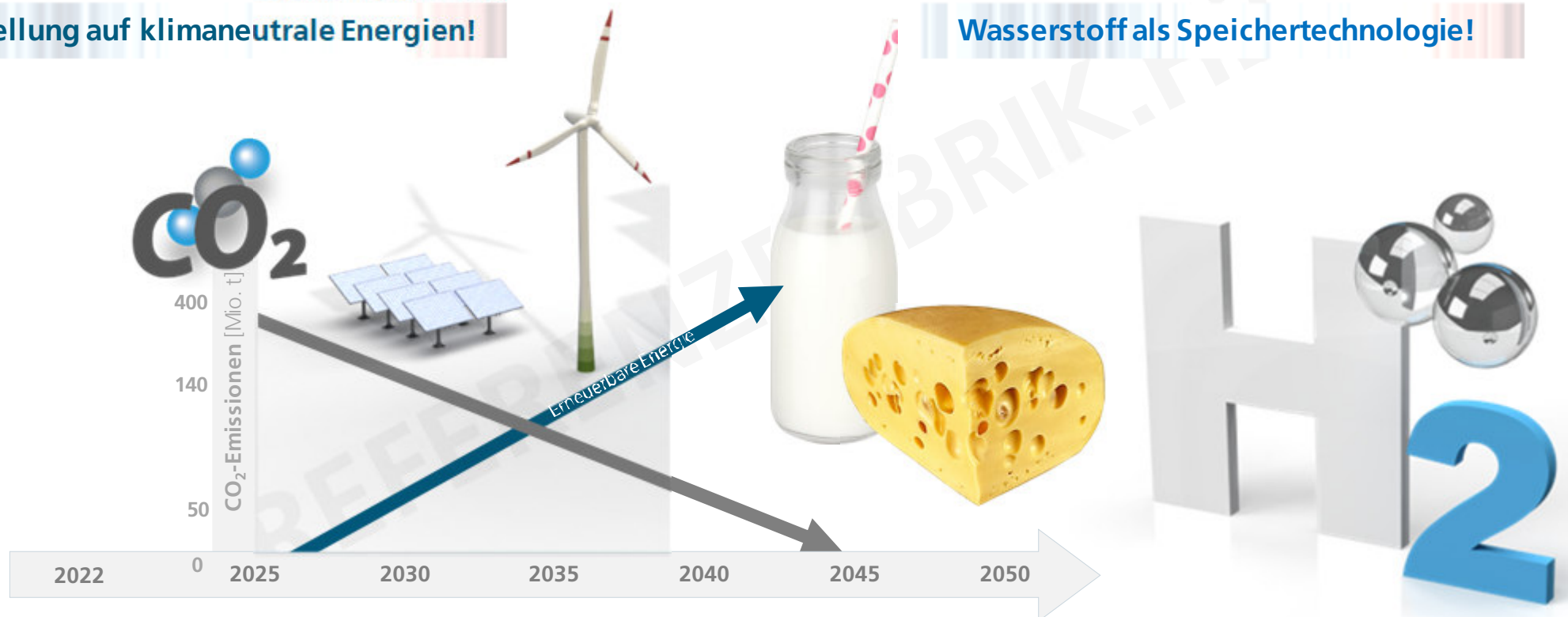
WASSERSTOFF

Warum?

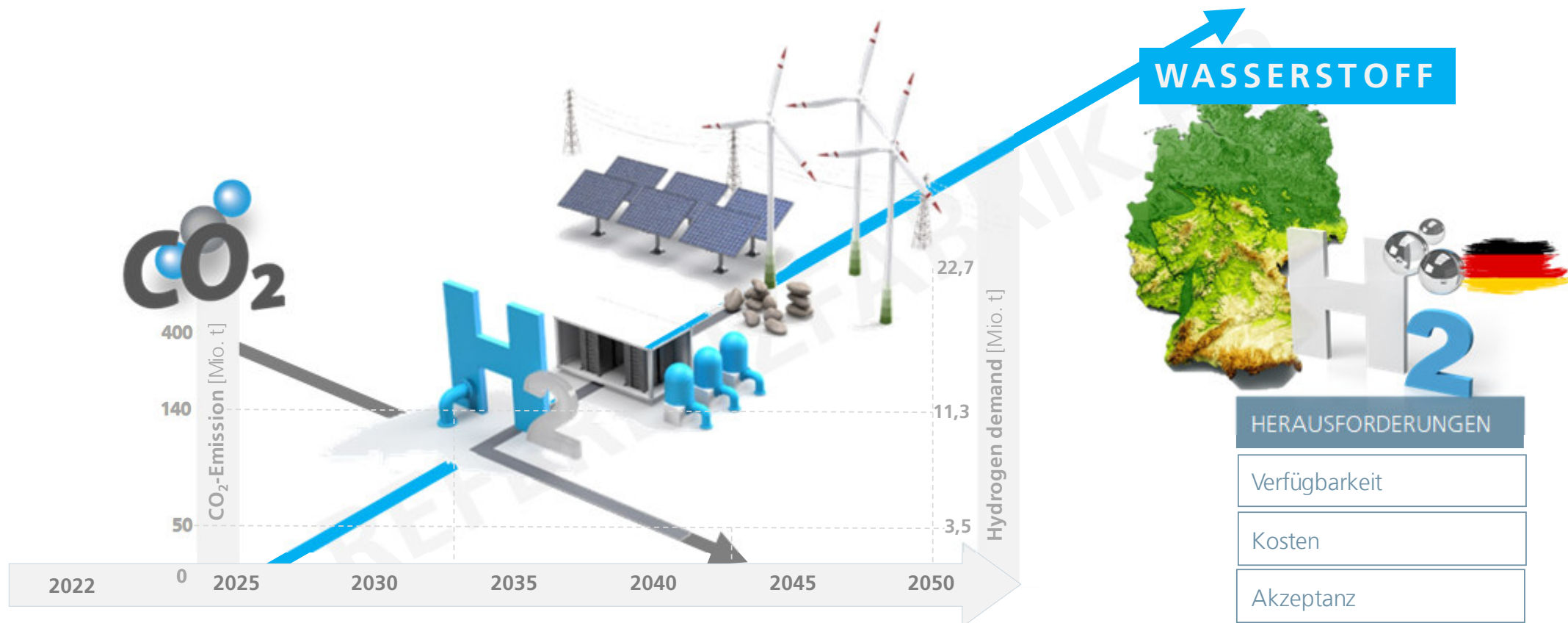
DEKARBONISIERUNG

Umstellung auf klimaneutrale Energien!

Wasserstoff als Speichertechnologie!

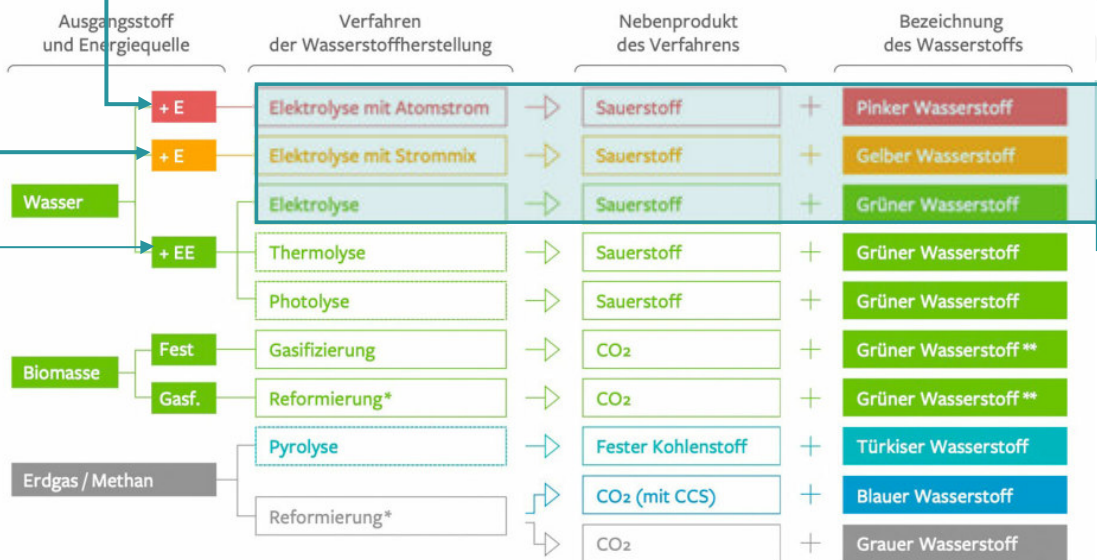
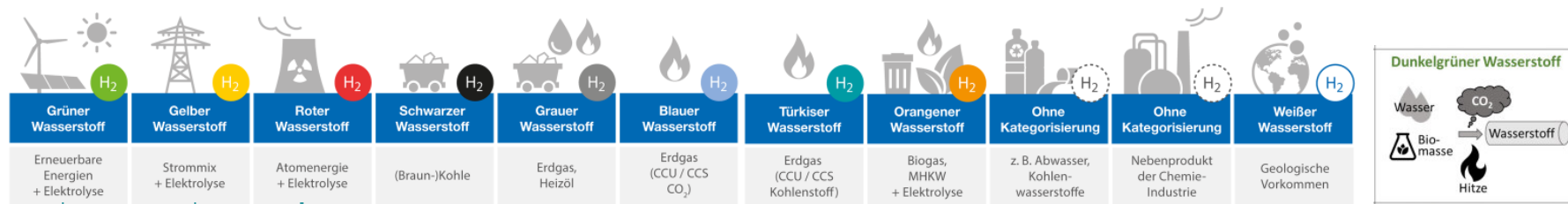


Dekarbonisierung braucht viel Wasserstoff!



Farbenlehre

Das Ziel ist grün! ... Der Weg ist bunt!



SYSTEME

Elektrolyseur

Input:
Strom + Wasser
Output:
Wasserstoff + Sauerstoff

Brennstoffzelle

Input:
Wasserstoff + Luft
Output:
Strom + Wasser



WASSERSTOFF

Markt- und Technologieentwicklungen

BETRACHTUNGSRAUM

BEDARF

ANGEBOT

RAHMENBEDINGUNGEN

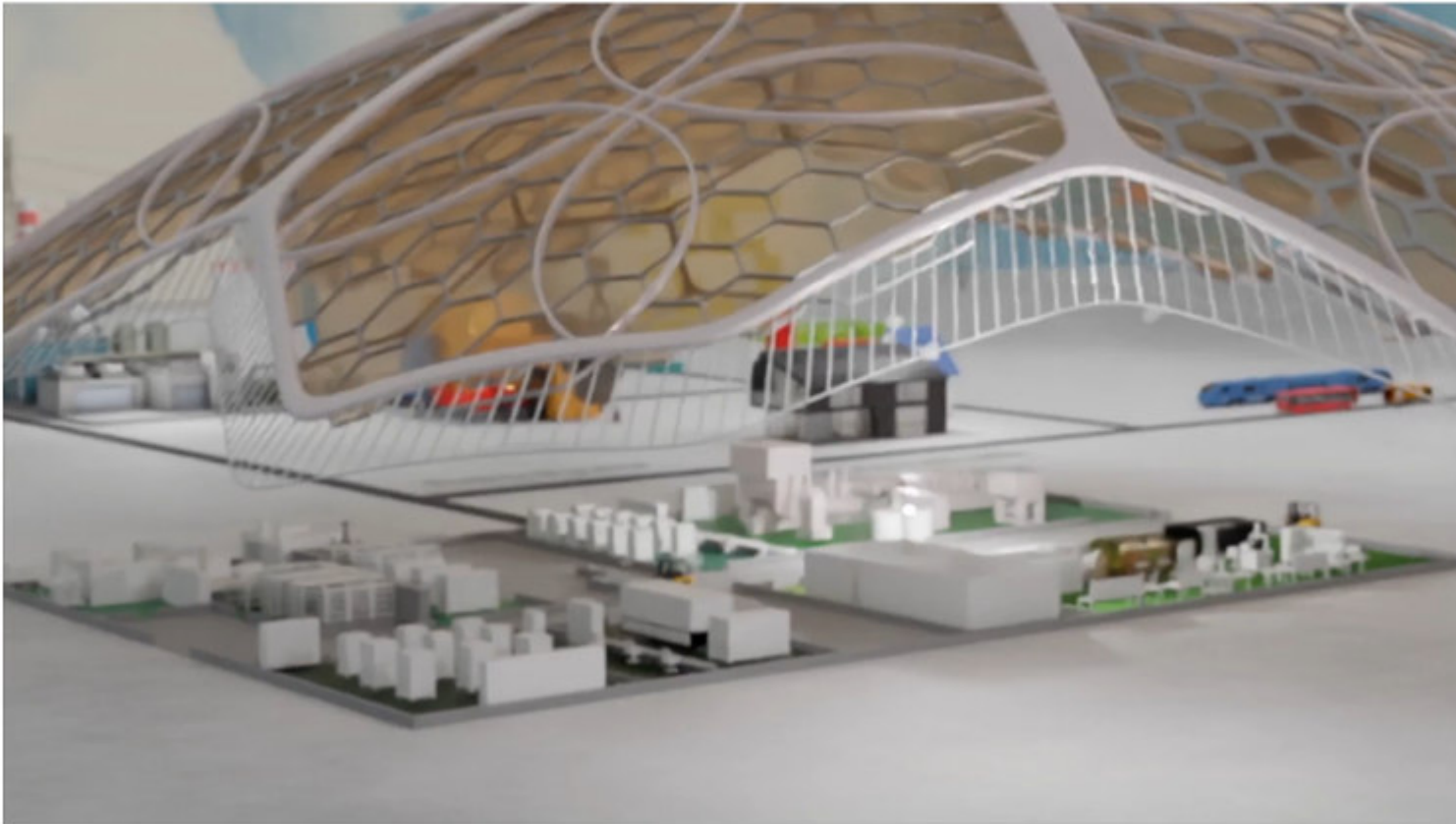
ROADMAPS

INITIATIVEN



Wasserstoff

Einsatzgebiete

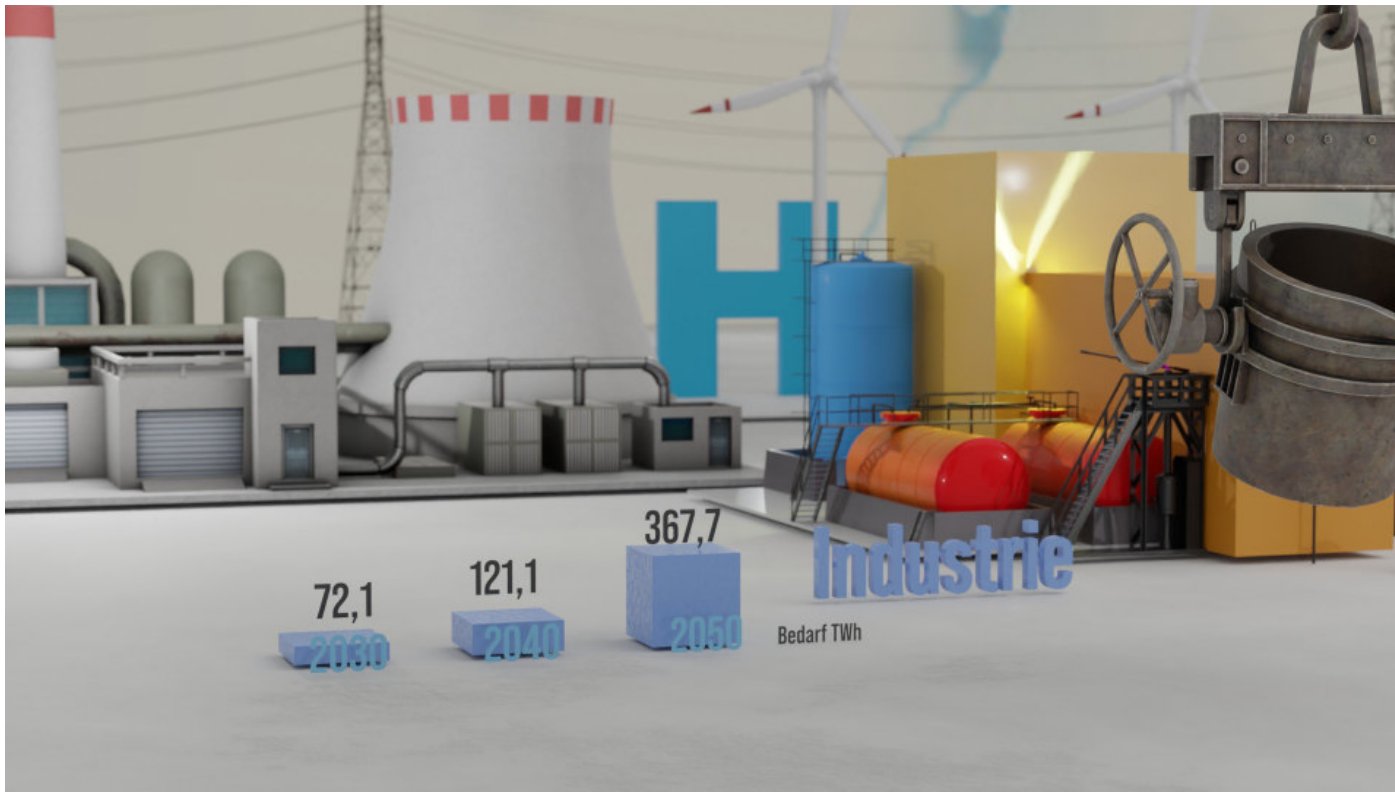


CO₂ - Minderungsquote

Preisverträglichkeit

BEDARF

Industrie



Grundstoff- bzw. Prozessindustrie

In der Prozessindustrie werden künftig erhebliche Mengen an Wasserstoff für die stoffliche Nutzung benötigt. Für die Anlagenplanung bedeutet dies Elektrolyseure im Megawattbereich.

Chemie:

- Referenzpfad → CO₂-ärmeren Strom (- 27%)
- Technologiepfad → neue Prozesstechnologien (- 61%)
- Pfad Treibhausgasneutralität (-100%)
 - Intensivierung Technologiepfad-Bemühungen
 - Frühzeitige Einführung von Verfahren mit CO₂-Ersparnis
 - Anstieg Kosten- und Strombedarf

Stahl- bzw. Nichteisenmetall-Herstellung:

- Umstellung von Hochöfen
- Entwicklung neuer Amaturen
- Sukzessiver Ersatz von Erdgas

BEDARF

Industrie

Verarbeitende Industrie

Energetische Nutzung von Wasserstoff z.B. bei der Logistik und als Speichermedium für die Erneuerbaren Energien zur Dekarbonisierung der Fertigungsverfahren

Beispiel: **BMW** Werk Leipzig

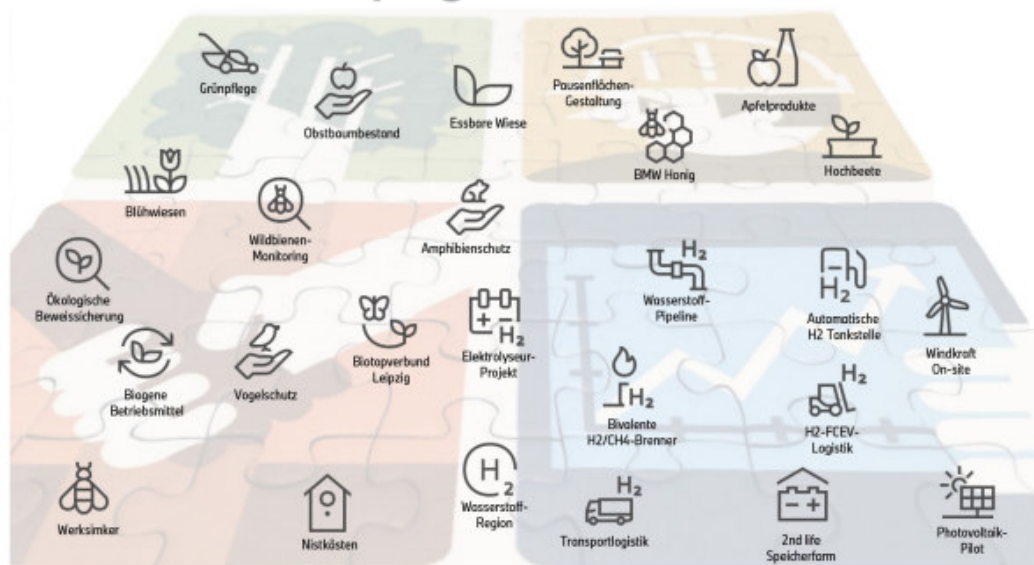


Abb.: Darstellung der Aktivitäten des Befähigerprojektes „Grünes Werk“



Abb.: Wasserstoffbrenner in der Lackiererei



Abb.: Wasserstoffbetankungsanlage in der Montage

BEDARF H_2

Transport



Land-, Luft- und Wasser-Transport

Herausforderung:

162 Mio t/a CO_2 Emission im nationalen Verkehrssektor (2019), weitere 34 Mio t/a CO_2 aus internationalem Luft- & Seeverkehr

Minderungsziele gegenüber 1990:

2030: -55 % → 72 Mio t/a CO_2

2040: -88 % → 19 Mio t/a CO_2

Optionen zur CO_2 -Vermeidung: neben direkte Elektrifizierung durch Batterie- und Plug-in Hybrid- Fahrzeuge insbesondere **H_2 für schwere Fahrzeuge im Güterverkehr und PtL für Luft- und Schifffahrt.**

Weitere Ziele für den Verkehrs-Sektor:

Minderung des Energieverbrauchs um 15 bis 20% bis 2030

RED II: 14% erneuerbare Energie in 2026; 32% in 2030

RED II: 0.5% PtL-Kerosin in 2026; 2% in 2030

Szenarien H_2 -Bedarf:

Ab 2030 massiver Anstieg im Schwerlastverkehr

Ab 2035 stärker zunehmender PtL-Bedarf

Ab 2040 stark ansteigender Bedarf Luft- und Schifffahrt

BEDARF

Transport

Beispiel:



BEDARF H_2

Wärme/ Gebäude



Gebäude

Optionen wie die Elektrifizierung über Wärmepumpen, Fernwärme und dezentrale erneuerbare Energien scheinen den Wasserstofftechnologien weit voraus zu sein.

IEA kommt zu der globalen Einschätzung, dass der Beitrag von Wasserstoff zur Deckung des Energiebedarfs im Gebäudesektor vernachlässigbar bleibt. Die Nutzung von Wasserstoff zur Dekarbonisierung im Gebäudesektor spielt im NZE-Szenario (der Wasserstoffverbrauch erreicht etwas mehr als 1 Mio. t bis 2030, was 0,14 % des gesamten Energiebedarfs in diesem Sektor entspricht) eine untergeordnete Rolle.

Die Wärmestudie des NWR kommt zum Ergebnis, dass der Einsatz von Wasserstoff das Erreichen der langfristigen Klimaziele (nach 2030) absichert ... sofern die Marktentwicklung zu niedrigen Wasserstoffkundenpreisen führt, erweitert sie den Lösungsraum für die Dekarbonisierung der privaten Haushalte. Die Szenarien zeigen, dass für die ökonomische Attraktivität des Einsatzes von Wasserstoff in der dezentralen Raumwärme die Wasserstoffkundenpreise höchstens halb so hoch wie die Stromendkundenpreise sein sollten. Zusätzlich zum Hochlauf des Erzeugungsmarktes ist ein vorausschauender Aus- bzw. Umbau der notwendigen Infrastrukturen zwingend erforderlich.

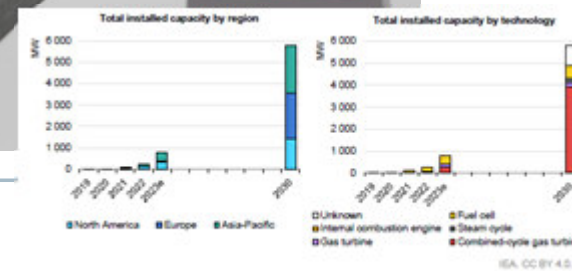


Energiesektor

Wasserstoff als Brennstoff im Energiesektor ist heute praktisch nicht existent, mit einem Anteil von weniger als **0,2 %** am weltweiten Stromerzeugungsmix (und größtenteils nicht aus reinem Wasserstoff, sondern aus wasserstoffhaltigen Mischgasen aus der Stahlproduktion, Raffinerien oder petrochemischen Anlagen).

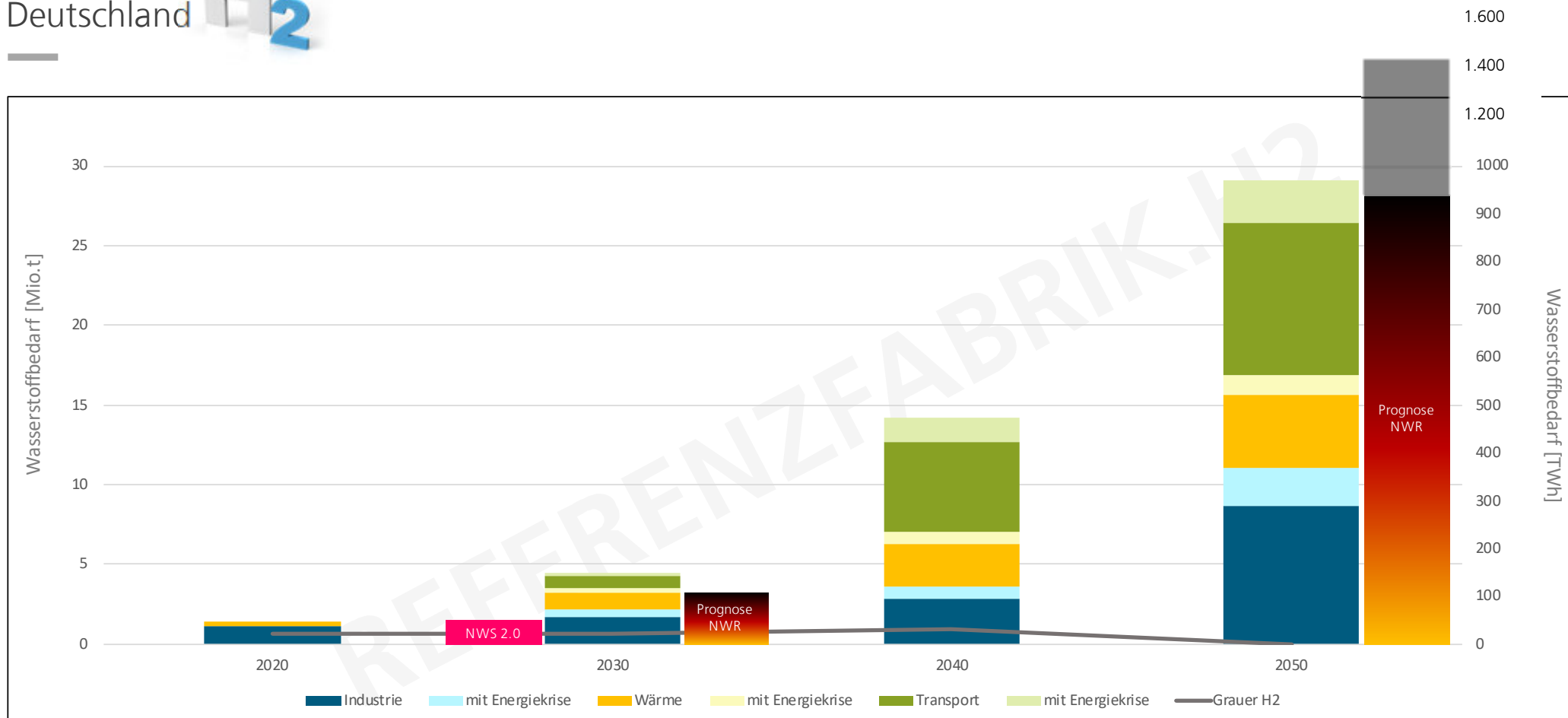
Technologien zur Nutzung von reinem Wasserstoff für die Stromerzeugung sind heute kommerziell verfügbar.

Brennstoffzellen, Verbrennungsmotoren und Gasturbinen, die mit Wasserstoff betrieben und Gasturbinen, die mit wasserstoffreichen Gasen oder sogar mit reinem Wasserstoff betrieben werden können. Die Verwendung von Wasserstoff in Form von Ammoniak könnte eine weitere Option für die Stromerzeugung sein. Die Mitverbrennung von Ammoniak in Kohlekraftwerken wurde bereits in Japan und China erfolgreich demonstriert. Ammoniak könnte auch als Brennstoff für Gasturbinen werden. Die direkte Verwendung von 100 % Ammoniak wurde erfolgreich in einer 2-MW-Gasturbine im Jahr 2022 in Japan demonstriert, und es werden Anstrengungen unternommen, eine 40-MW Turbine für die Verwendung von reinem Ammoniak zu entwickeln.



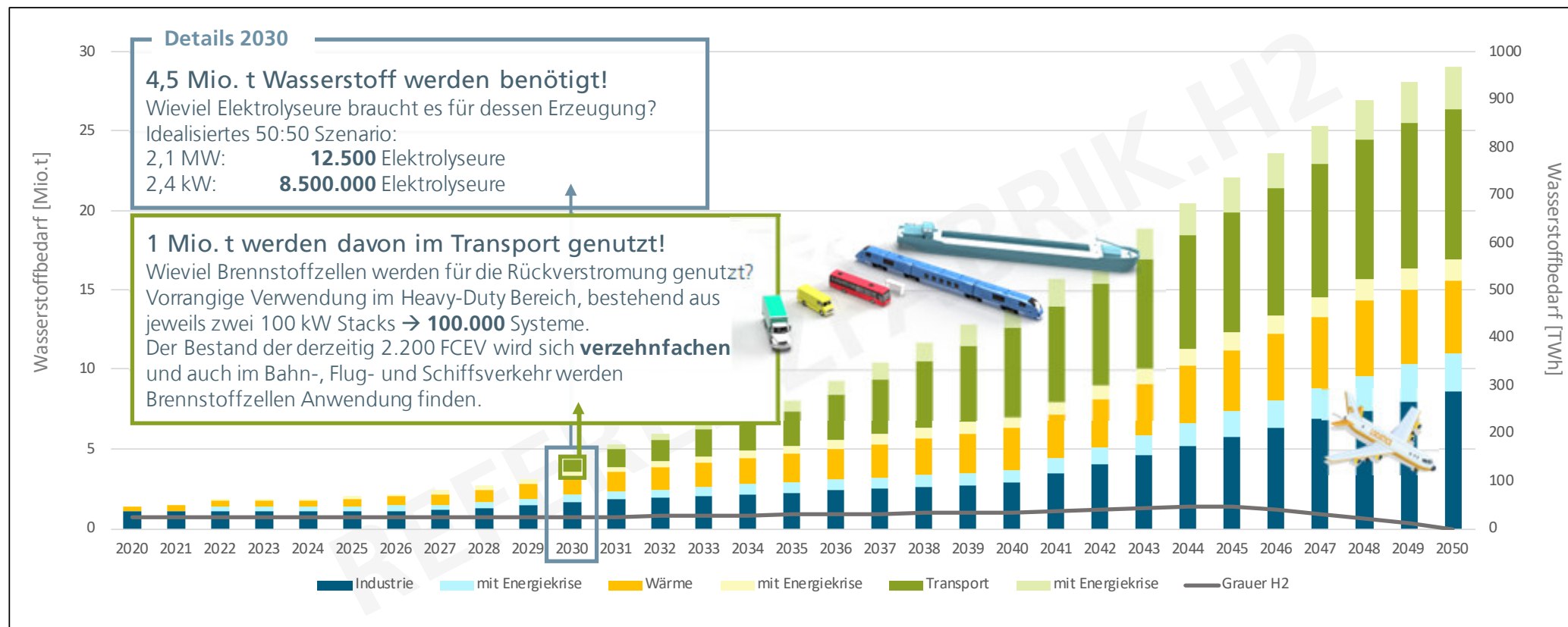
BEDARF

Deutschland

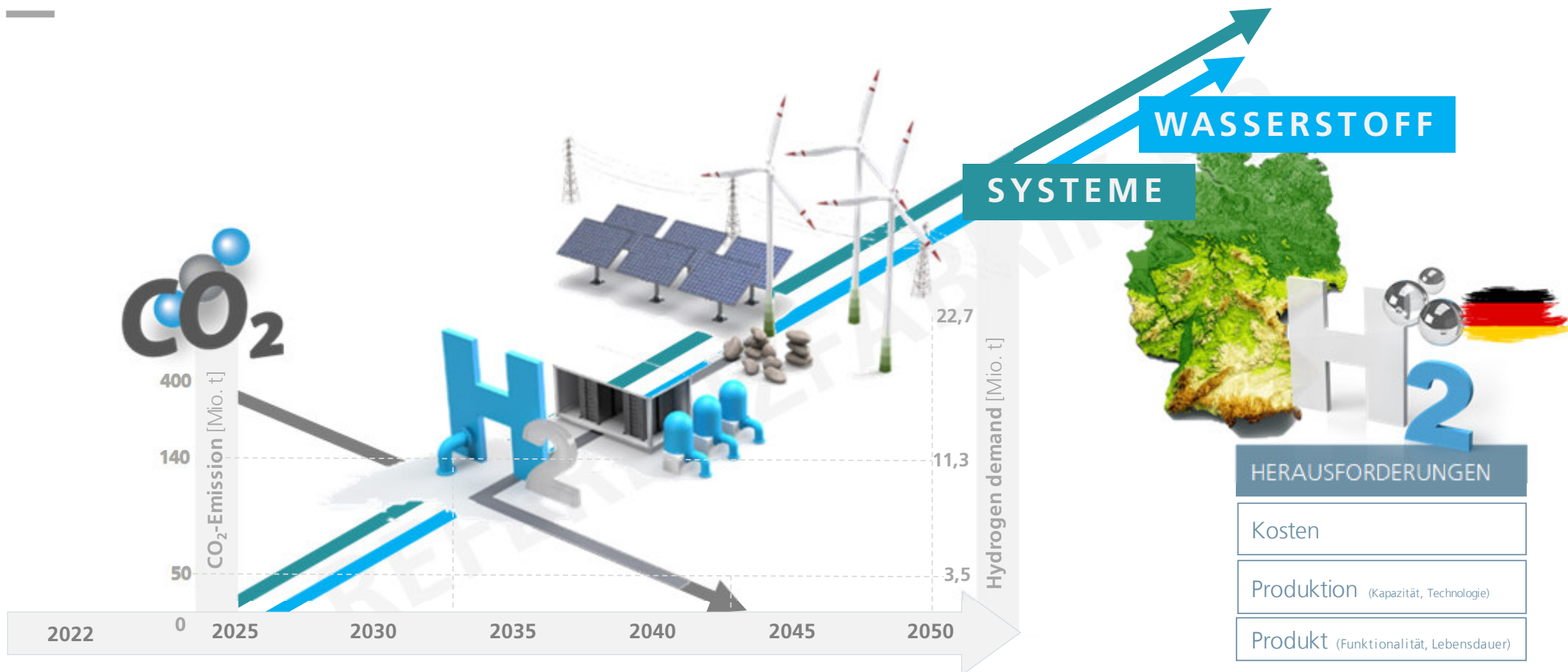
BEDARF

Deutschland



Wasserstoff

braucht viele Wasserstoffsysteme!



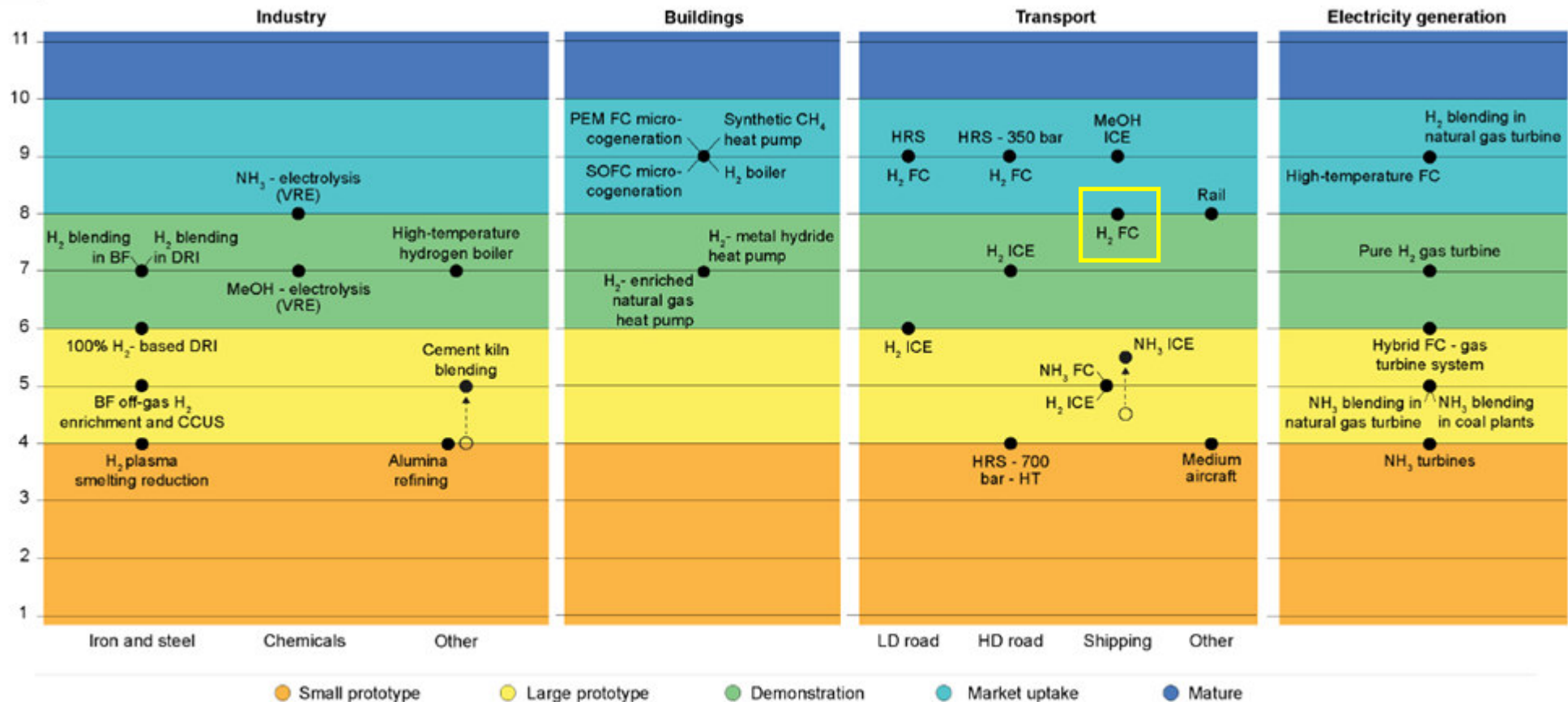
Überblick



BEDARF

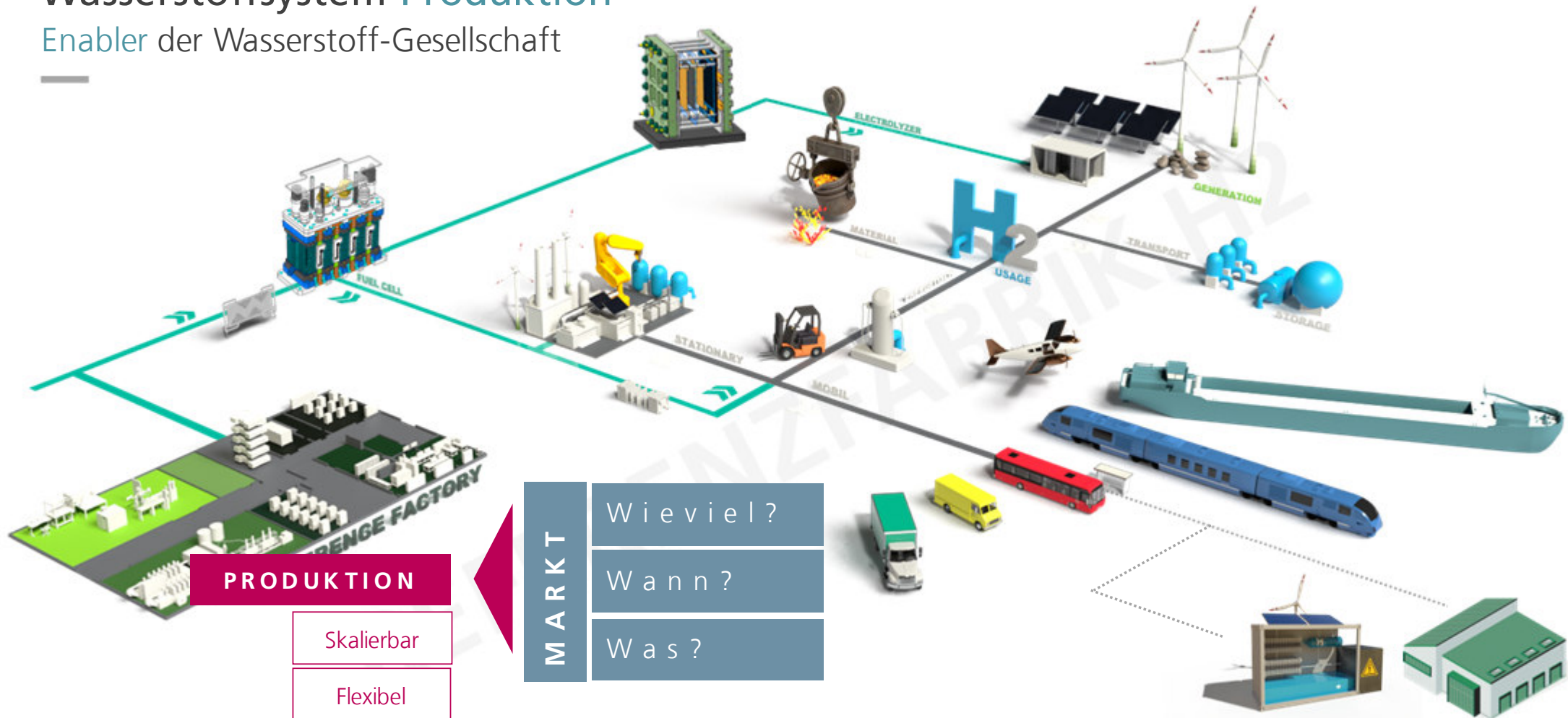
Readiness Level

Nur wenige wichtige Wasserstofftechnologien sind kommerziell für den Endverbrauch verfügbar, zudem schreitet Innovation in den meisten Bereichen nur langsam voran.



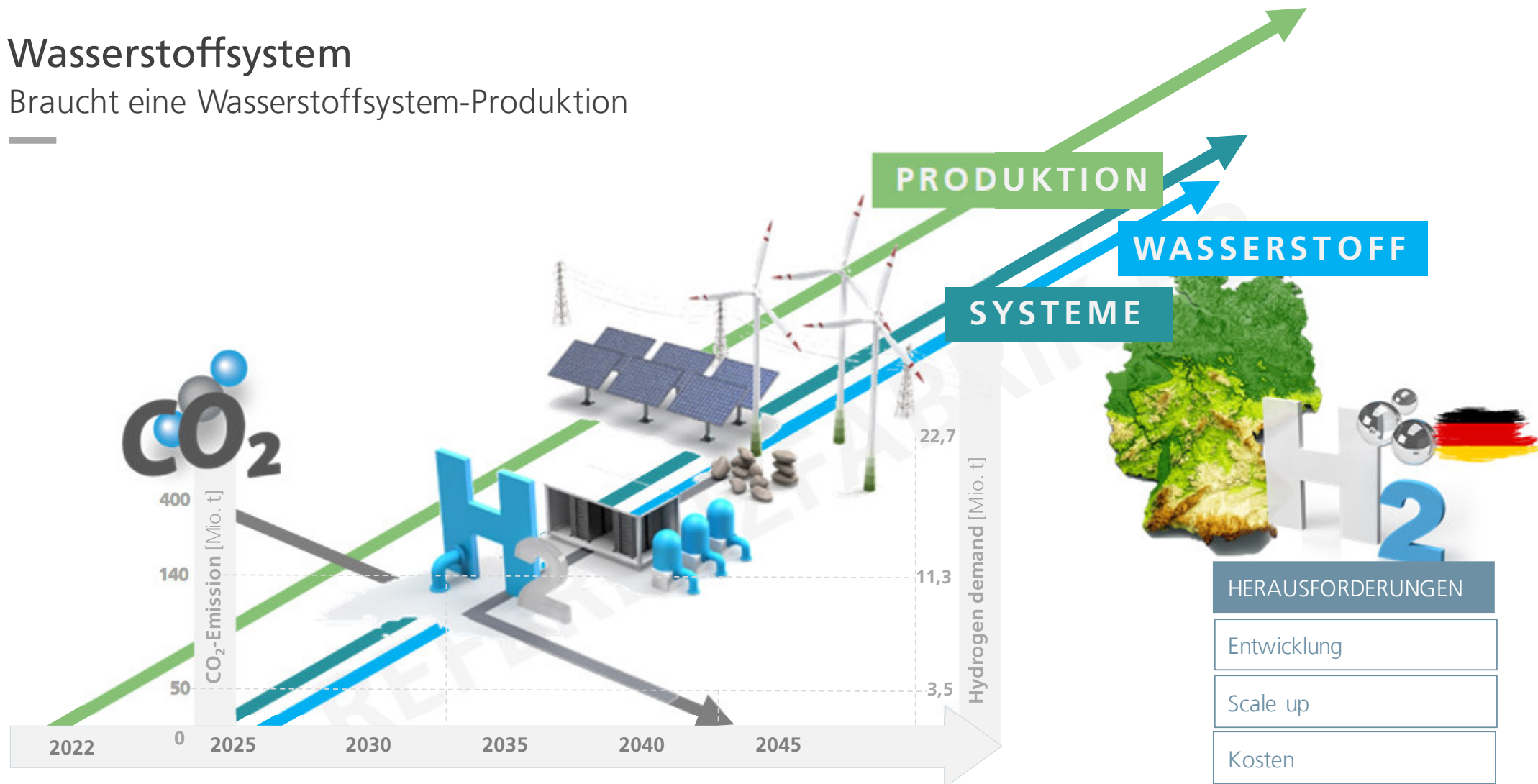
Wasserstoffsystem-Produktion

Enabler der Wasserstoff-Gesellschaft



Wasserstoffsystem

Braucht eine Wasserstoffsystem-Produktion



WASSERSTOFF

Markt- und Technologieentwicklungen

BETRACHTUNGSRAUM

BEDARF

ANGEBOT

RAHMENBEDINGUNGEN

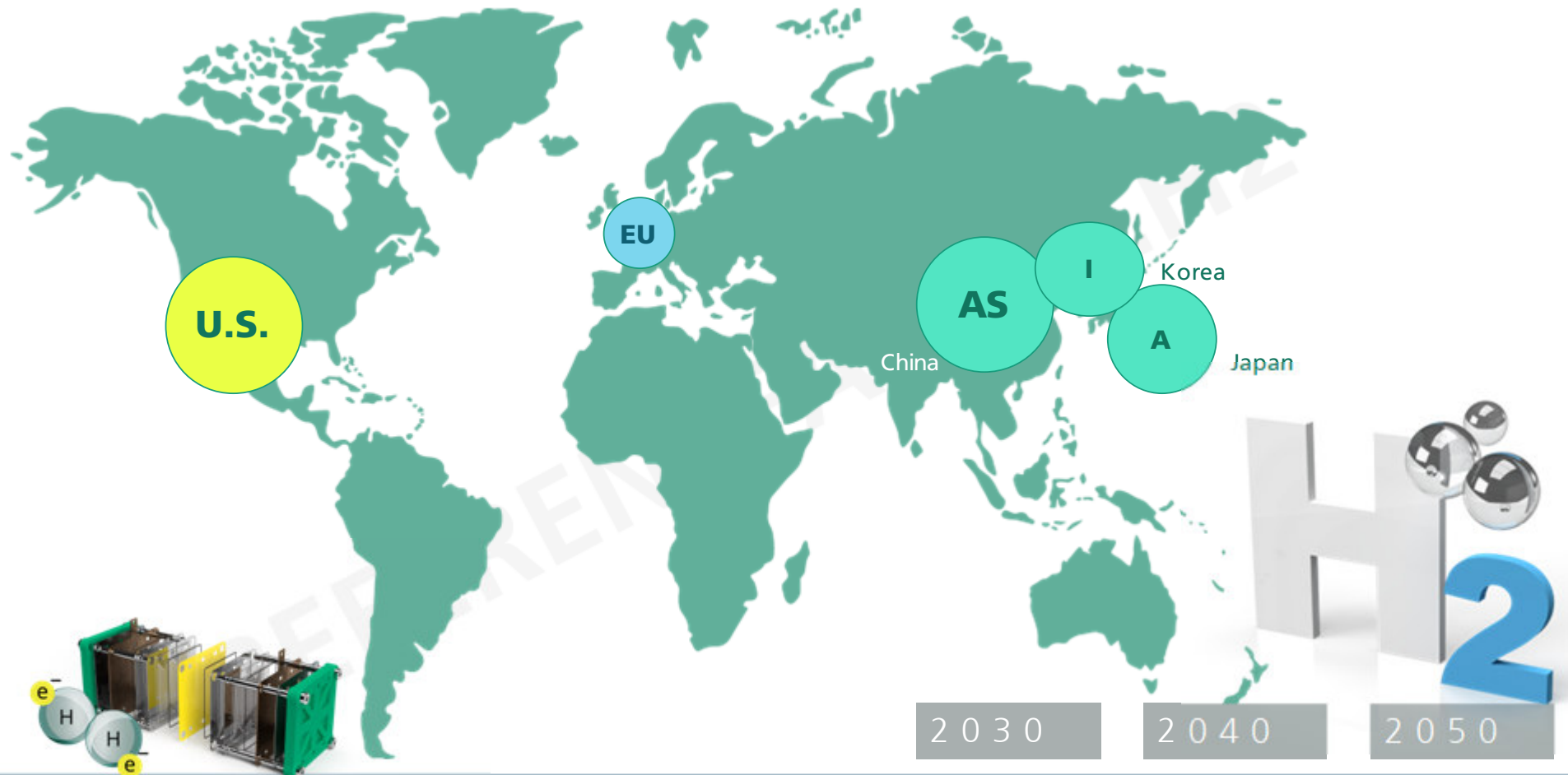
ROADMAPS

INITIATIVEN



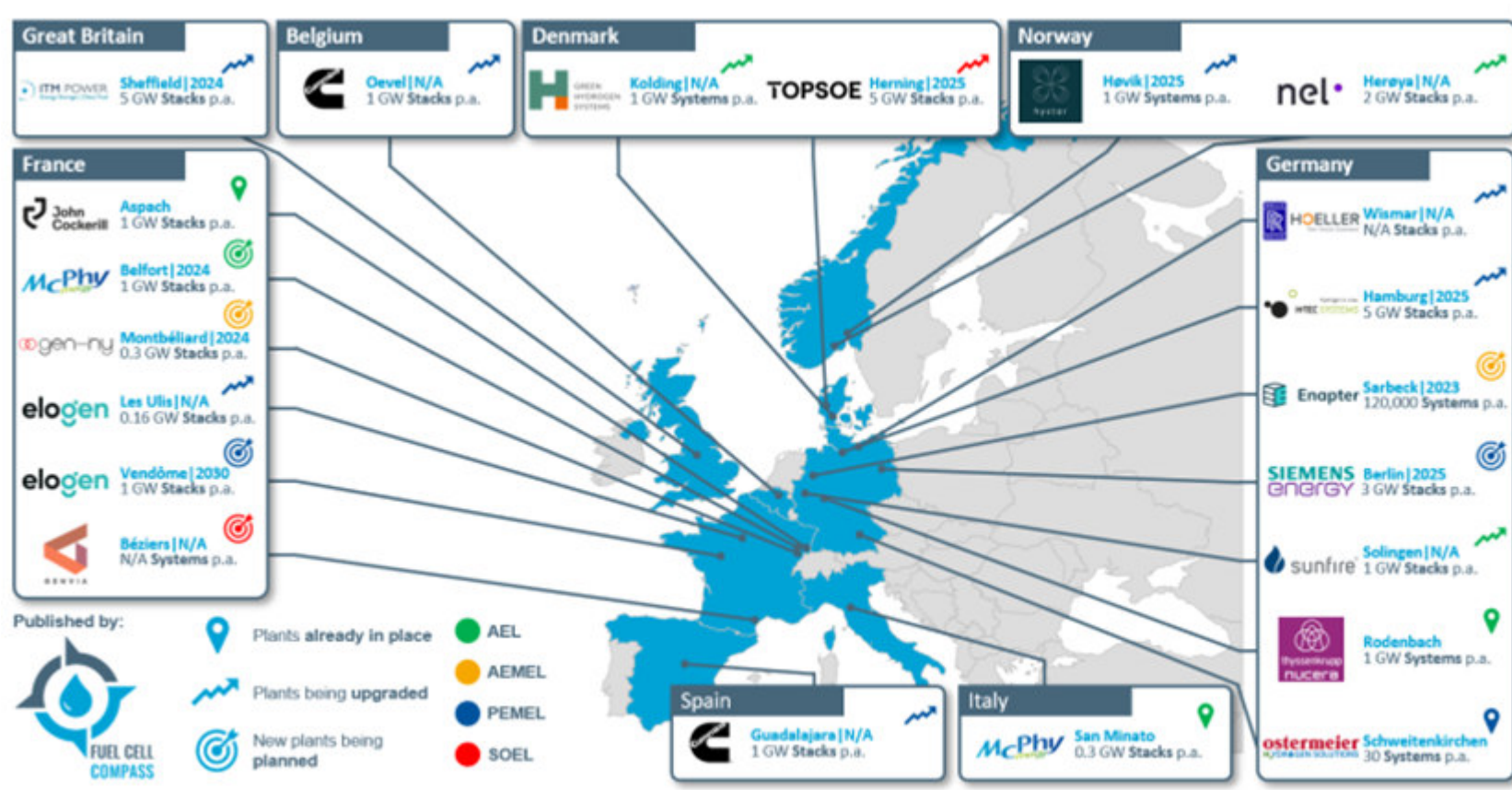
BETRACHTUNGSRAUM

Zeit, Regionen



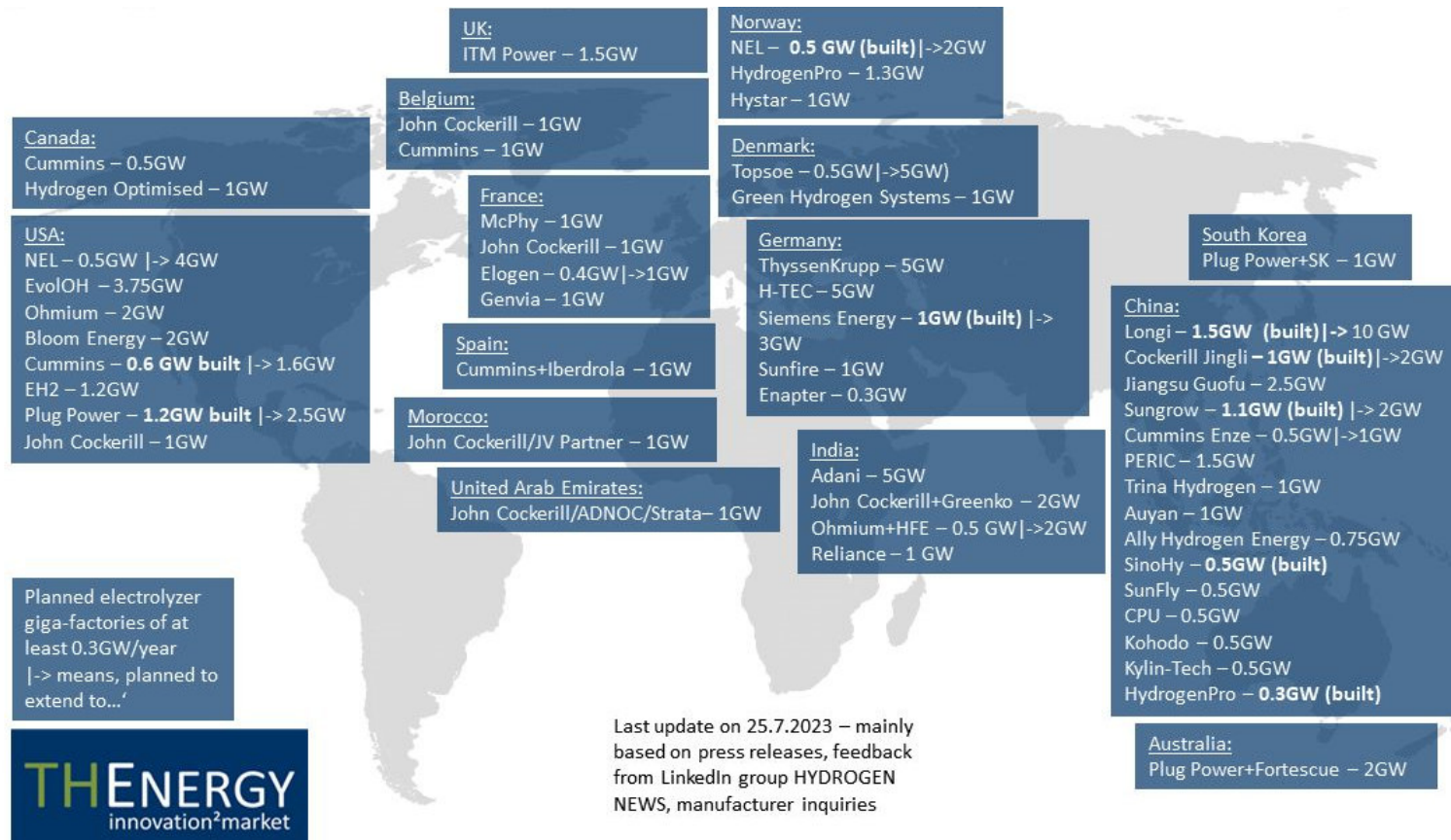
Elektrolyseur-Produktion

Europäische Industrie



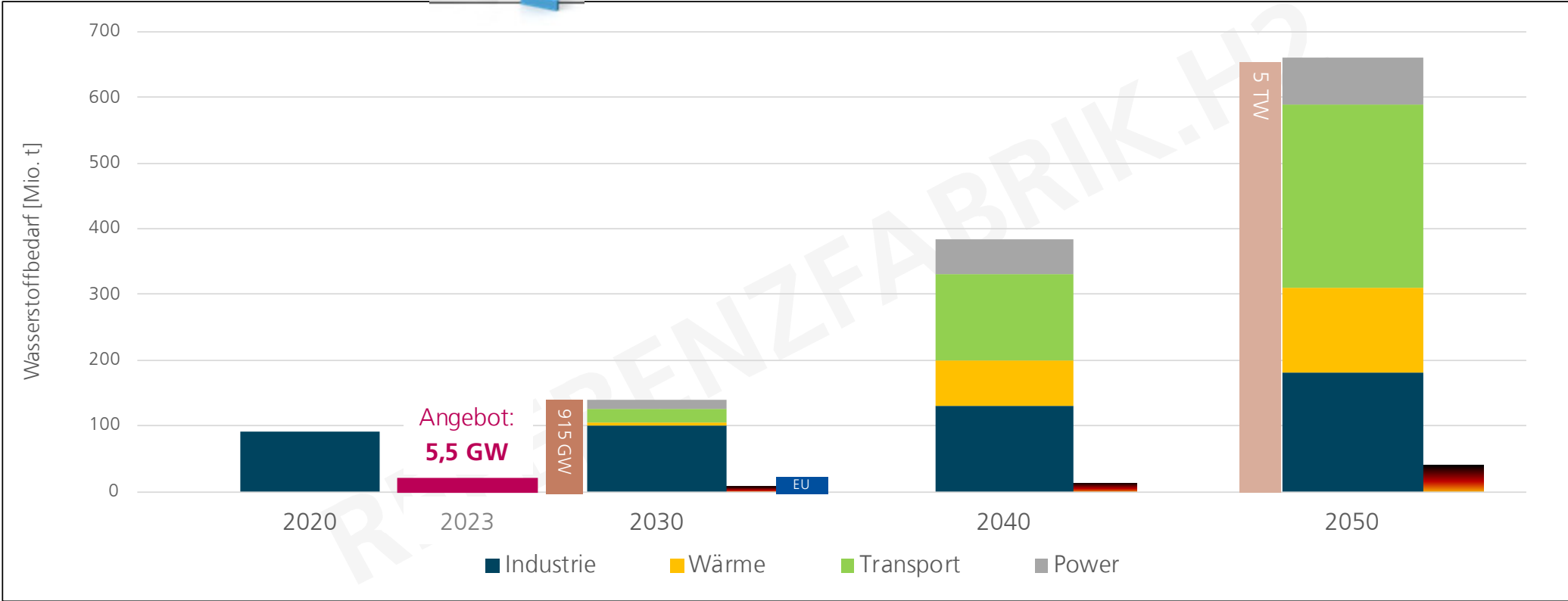
Elektrolyseur-Produktion

Globale Industrie



Elektrolyseur Produktion

Global Wasserstoff Bedarf



Elektrolyseur Produktion

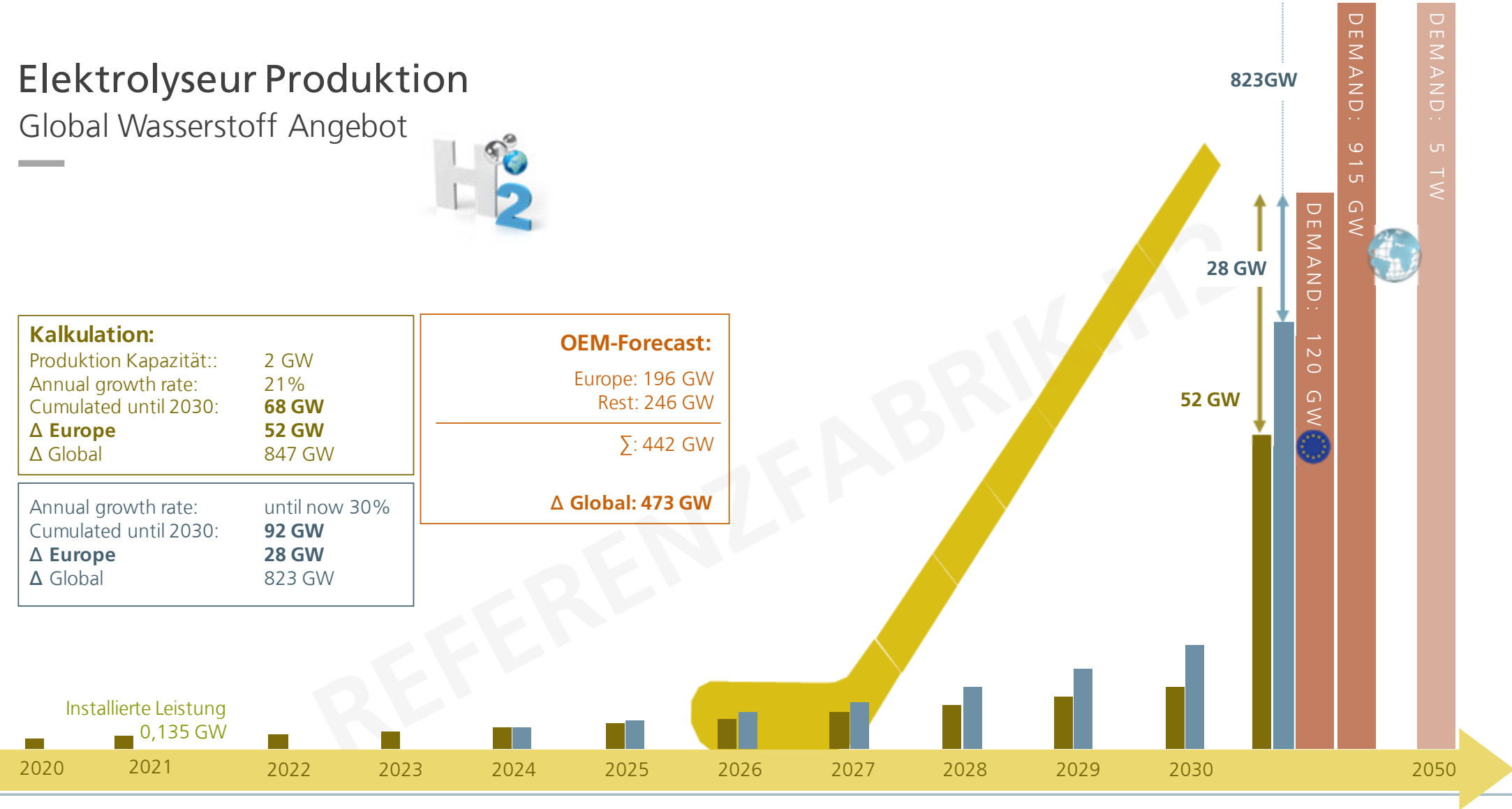
Global Wasserstoff Angebot



Kalkulation:	
Produktion Kapazität::	2 GW
Annual growth rate:	21%
Cumulated until 2030:	68 GW
Δ Europe	52 GW
Δ Global	847 GW

Annual growth rate:	until now 30%
Cumulated until 2030:	92 GW
Δ Europe	28 GW
Δ Global	823 GW

OEM-Forecast:	
Europe:	196 GW
Rest:	246 GW
<hr/>	
Σ : 442 GW	
Δ Global: 473 GW	



ANGEBOT

Rahmenbedingungen

Kosten

Kooperationen

Footprint

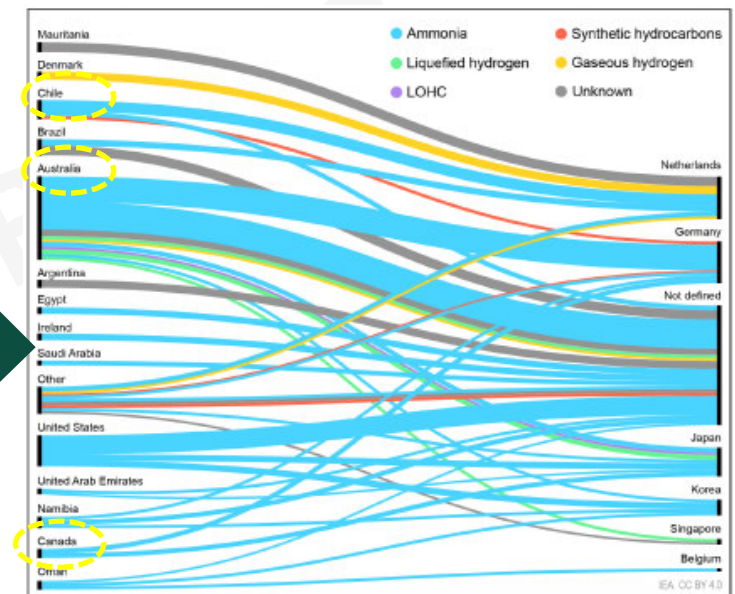
Lieferform

Infrastruktur

Kooperationen



Internationale Lieferketten!



ANGEBOT NACHFRAGE

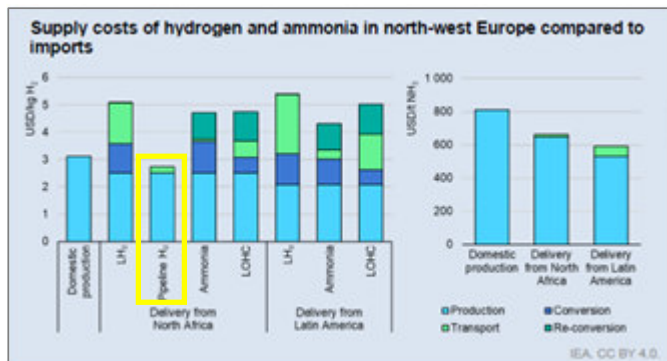
Rahmenbedingungen

Kosten

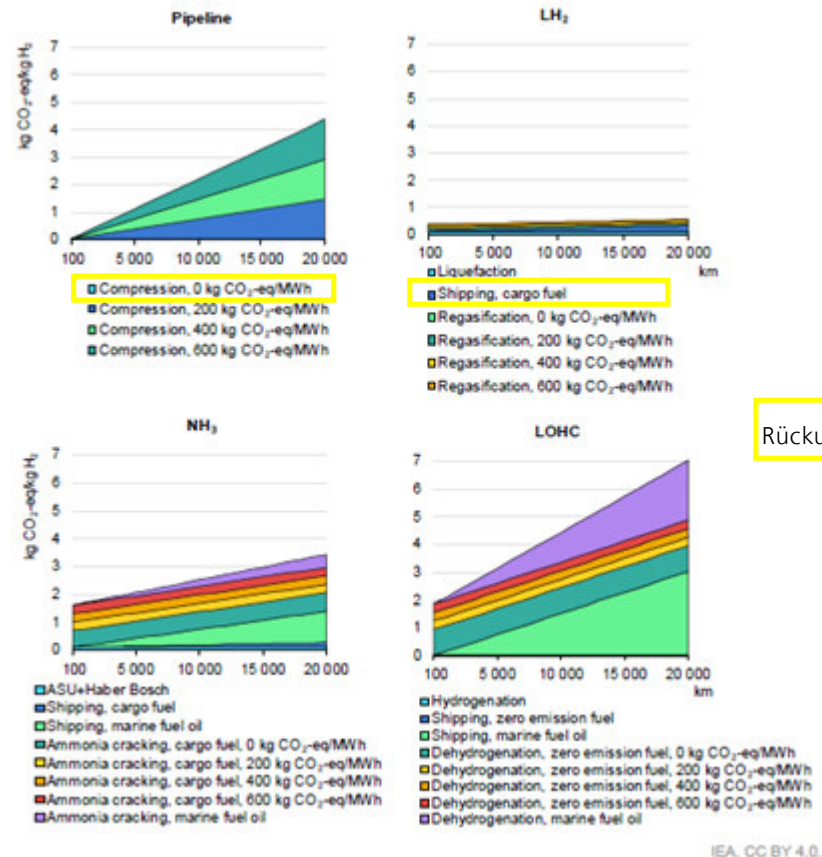
Bewertung der Gesamtkosten der Versorgung - für Produktion und Transport - von entscheidender Bedeutung.

Für Nordeuropa Breakeven-Point etwa zwischen 2,1 USD/kg H₂ (Import) und 2,5 USD/kg H₂ (einheimisch).

Der Transport von komprimiertem Wasserstoff über **Pipelines** kann die **wettbewerbsfähigste Option** sein, da sie nur etwa 0,4-0,5 USD/kg H₂ für eine Strecke von 3 000 km kostet. Durchmesser der Leitung und Auslegungsqualität beeinflussen ebenfalls die Kosten.



Footprint



Rückumwandlung in H₂

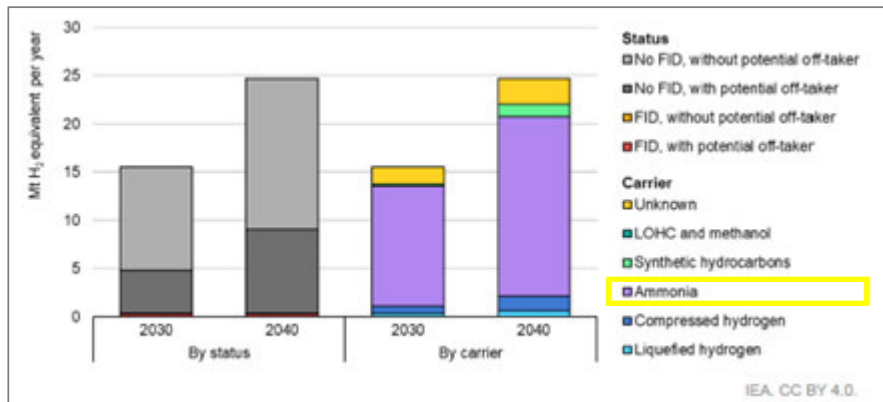
ANGEBOT NACHFRAGE

Rahmenbedingungen

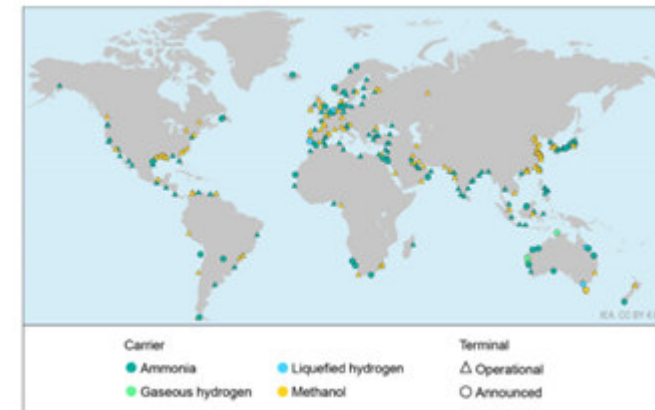
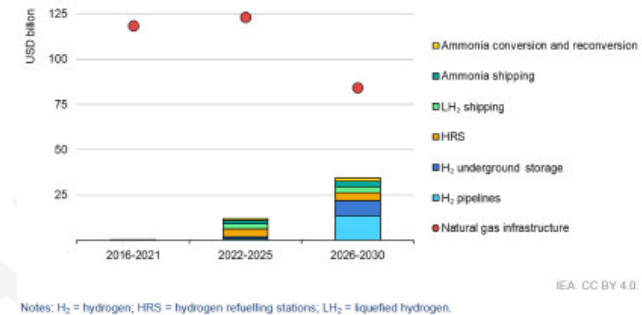
Lieferform

Die Mehrheit der angekündigten Projekte – sie machen 80 % der potenziellen Produktion aus – Priorisieren Ammoniak für den Transport von Wasserstoff und streben in vielen keine Rückumwandlung in Wasserstoff an (Verwendung als Rohstoff in der Düngemittelindustrie oder als Brennstoff).

Viele Projekte befinden sich im frühen Entwicklungsstadium, und bei einigen ist der Träger noch nicht ausgewählt. Bis 2040 sollen die Anteile von synthetischen Flüssigkeiten, Kohlenwasserstoffe, komprimierter gasförmiger Wasserstoff verflüssigtem Wasserstoff steigen.

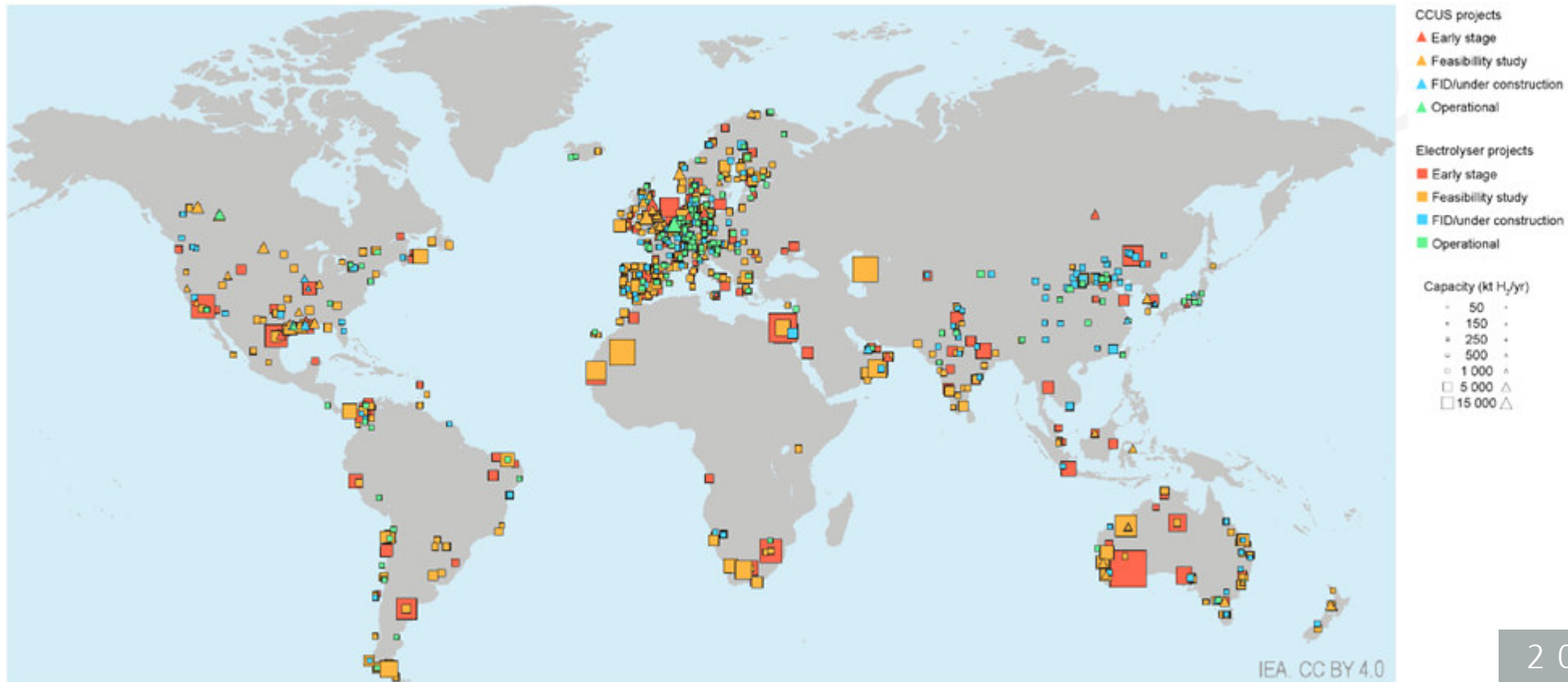


Infrastruktur



ANGEBOT

Projektankündigungen

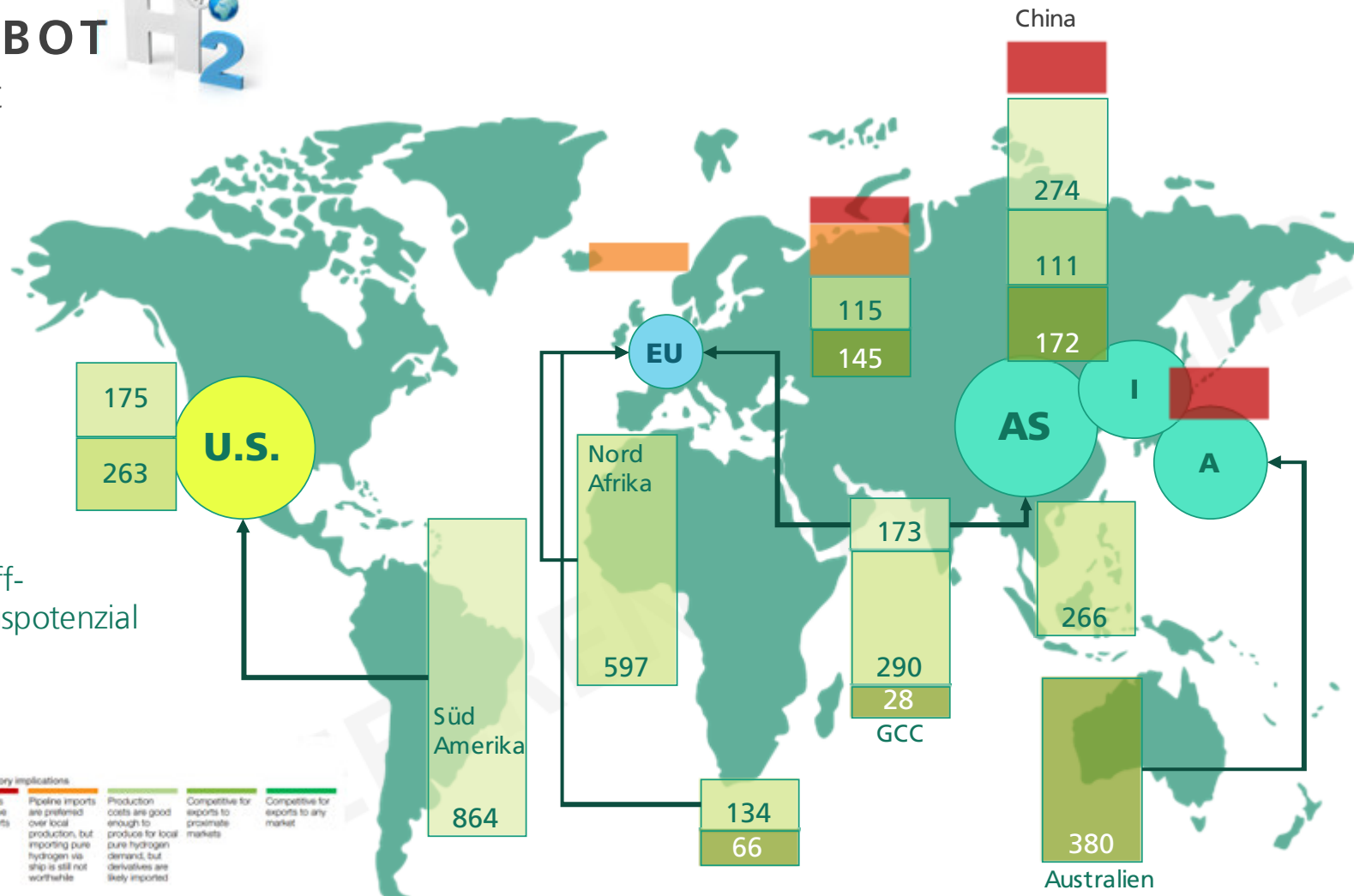


2030

ANGEBOT

Transport

Wasserstoff-
Erzeugungspotenzial
[Mio. t / a]



2050

WASSERSTOFF

Markt- und Technologieentwicklungen

BETRACHTUNGSRAUM

BEDARF

ANGEBOT

RAHMENBEDINGUNGEN

ROADMAPS

INITIATIVEN



RAHMENBEDINGUNGEN

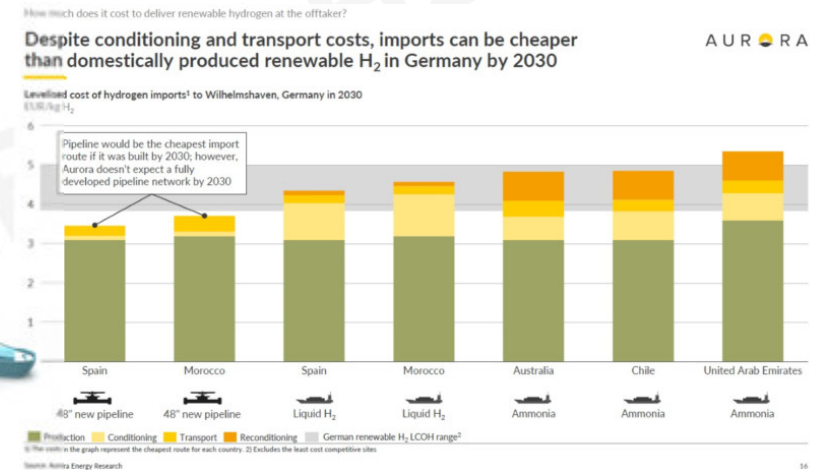
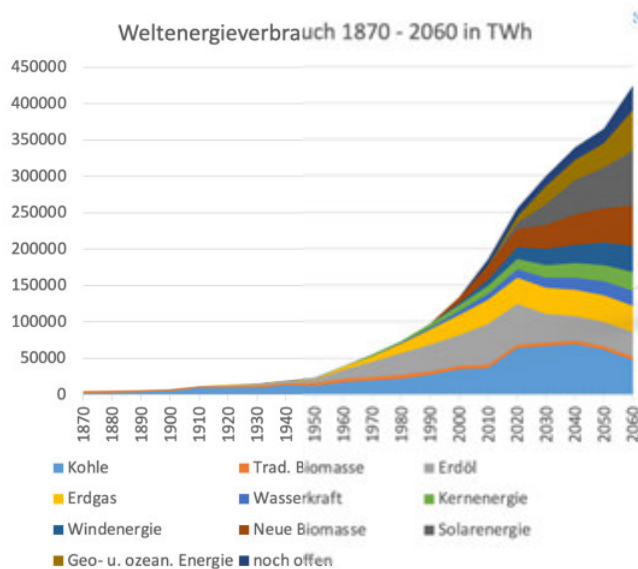


Key-Treiber 2022 - 2030

Hohe Nachfrage nach Energie

Vielseitige Anwendung

Chance für globale Partnerschaften



Jahr 2030 in Australien, Chile und Spanien bei 3,10 Euro, in Marokko bei 3,20 Euro und in den Vereinigten Arabischen Emiraten (VAE) bei 3,60 Euro. Für in Deutschland hergestellten grünen Wasserstoff haben die Energiemarktanalysten in einer früheren Studie dagegen Produktionskosten zwischen 3,90 und 5,00 Euro pro Kilogramm ermittelt.

DEKARBONISIERUNG

RAHMENBEDINGUNGEN



Technologie-Treiber



Sauber:
Grüne Technologie ohne
schädliche Emissionen

Senkung des Ölverbrauchs

Reduzierung der
Luftverschmutzung



Hohe Zuverlässigkeit und
Netzunterstützungsfähigkeiten

Einfachere Wartungsarbeiten

Fernüberwachungsmöglichkeit.

Hoher Wirkungsgrad

Höhere Leistungsdichte und
längere Dauerlaufzeiten.



Erneuerbare Energien mit
Wasserstoff für
Energiespeicherung und -
übertragung vorantreiben

Eignung für vielfältige
Anwendungen

Chancen für Wirtschaftswachstum
und Führung in einem
aufstrebenden High-Tech-Sektor

Niedrigere Preise für Elektrolyseure:
Kostenrückgang um 80 % seit 2002 und eine weitere Senkung um 35 % seit 2008.

Potenzial für weitere Kostensenkung durch Technologieentwicklung und Skaleneffekte!

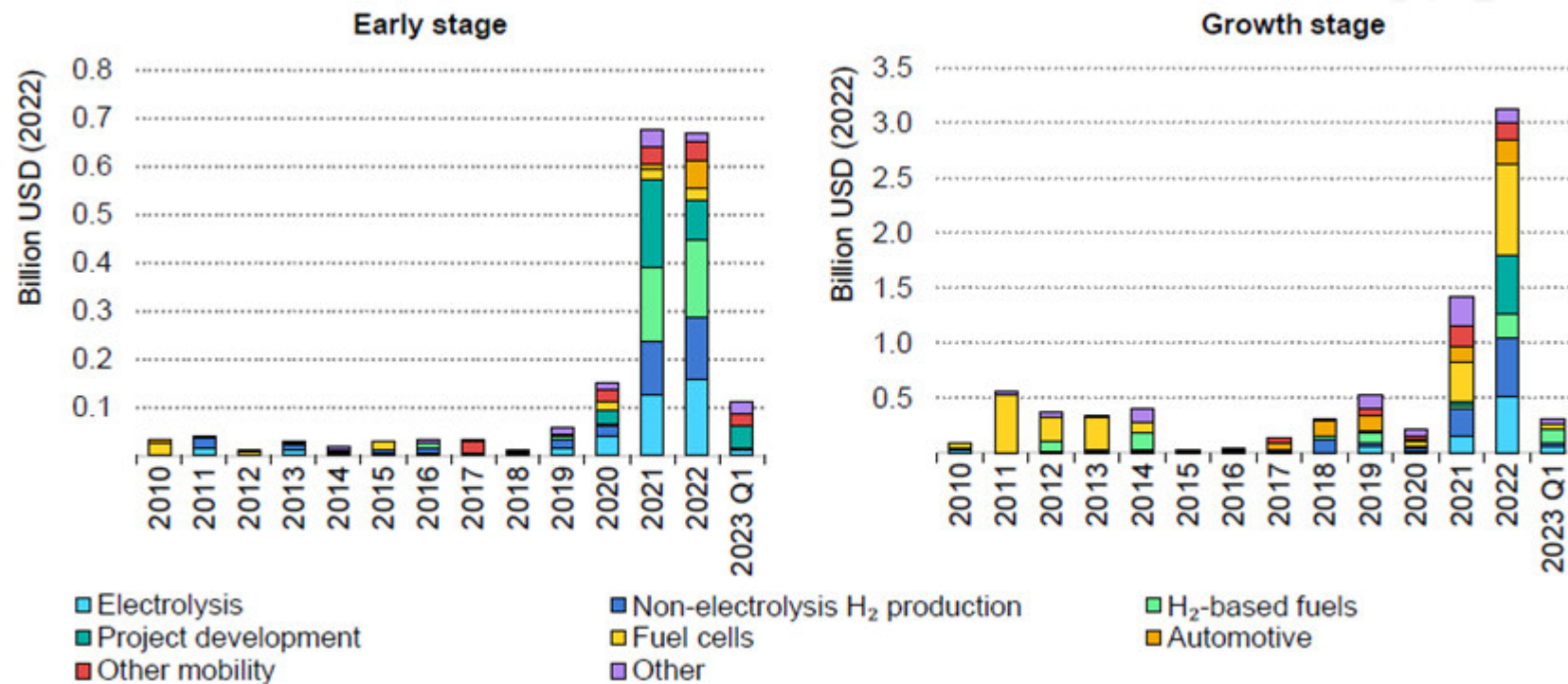


RAHMENBEDINGUNGEN

Ökonomie-Treiber



Risikokapitalinvestitionen in neu gegründete Energieunternehmen in wasserstoffbezogenen Bereichen, für Early-Stage- und Growth-Stage-Deals, 2010-2023



RAHMENBEDINGUNGEN

Barrieren



Anwendung

Umweltverträglichkeit

Emissionsminderungsanreiz

Fossile Alternativen

Stromerzeugungskapazität

Entschädigung

Infrastruktur

Opex



Technologie

Rohstoffe

Produktionsskalierung

Capex

Normung

Investitionsrisiko

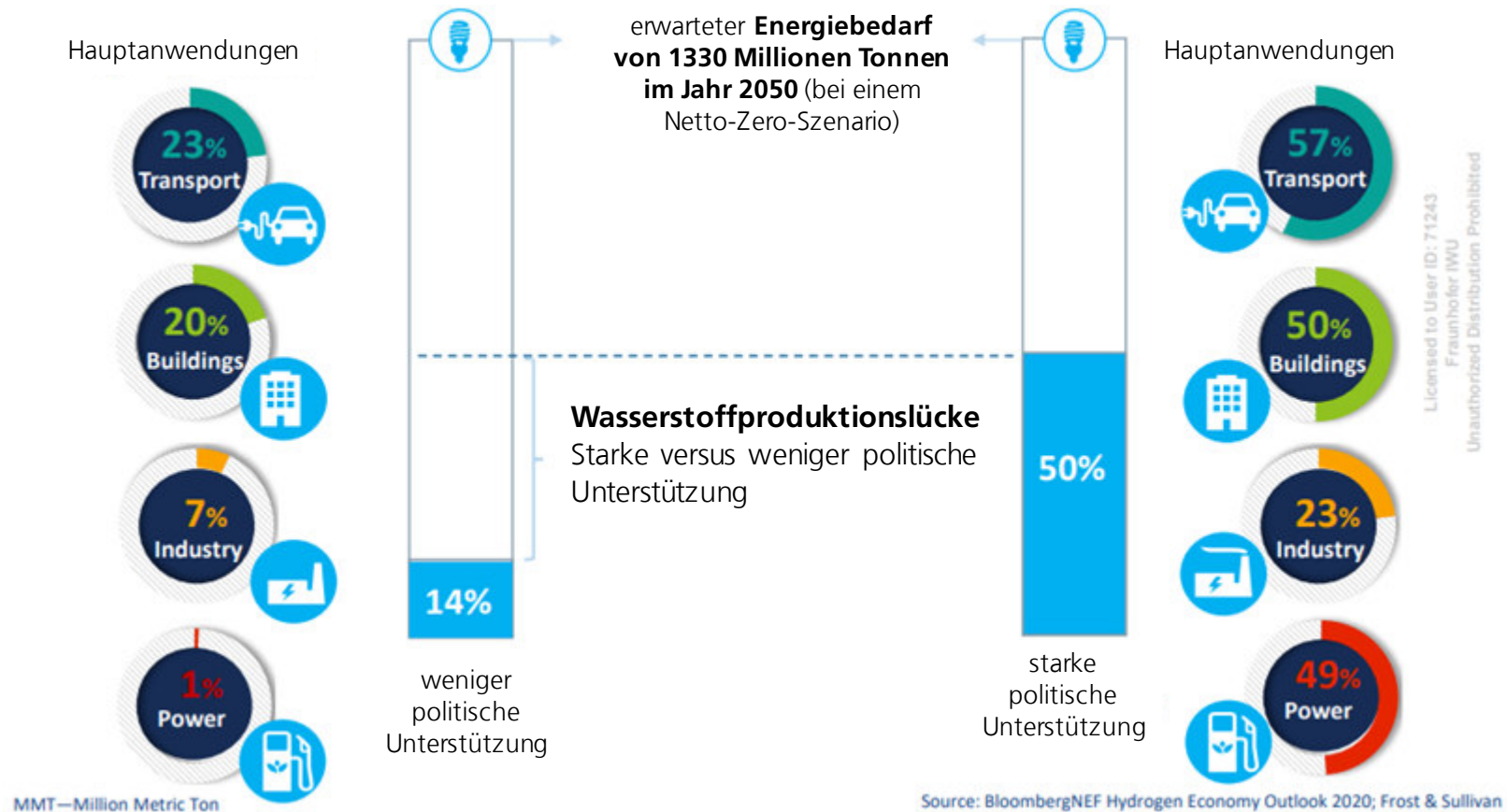
Lagerung und Transport

Arbeitskräfte



RAHMENBEDINGUNGEN

Politische Unterstützung → Szenarien



WASSERSTOFF

Markt- und Technologieentwicklungen

BETRACHTUNGSRAUM

BEDARF

ANGEBOT

RAHMENBEDINGUNGEN

ROADMAPS

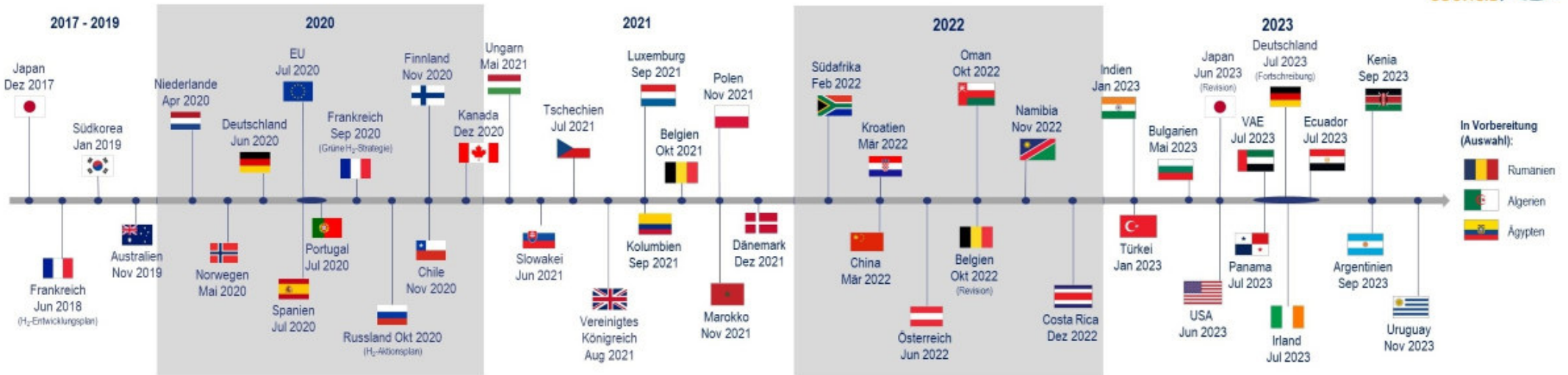
INITIATIVEN



ROADMAPS

Overview

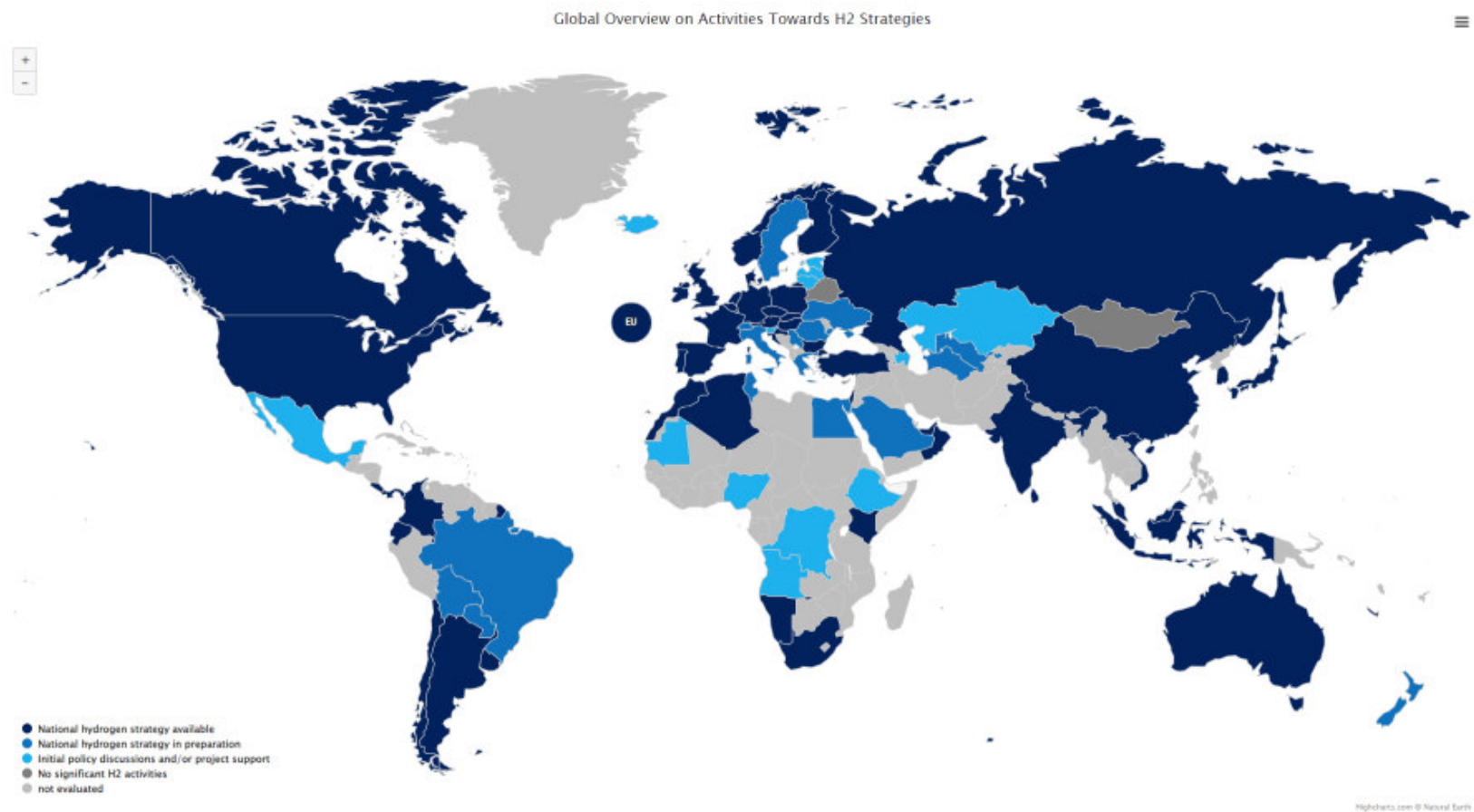
Internationale Wasserstoffstrategien, Januar 2024



© World Energy Council – Germany | www.weltenergies.de | 26. Januar 2024

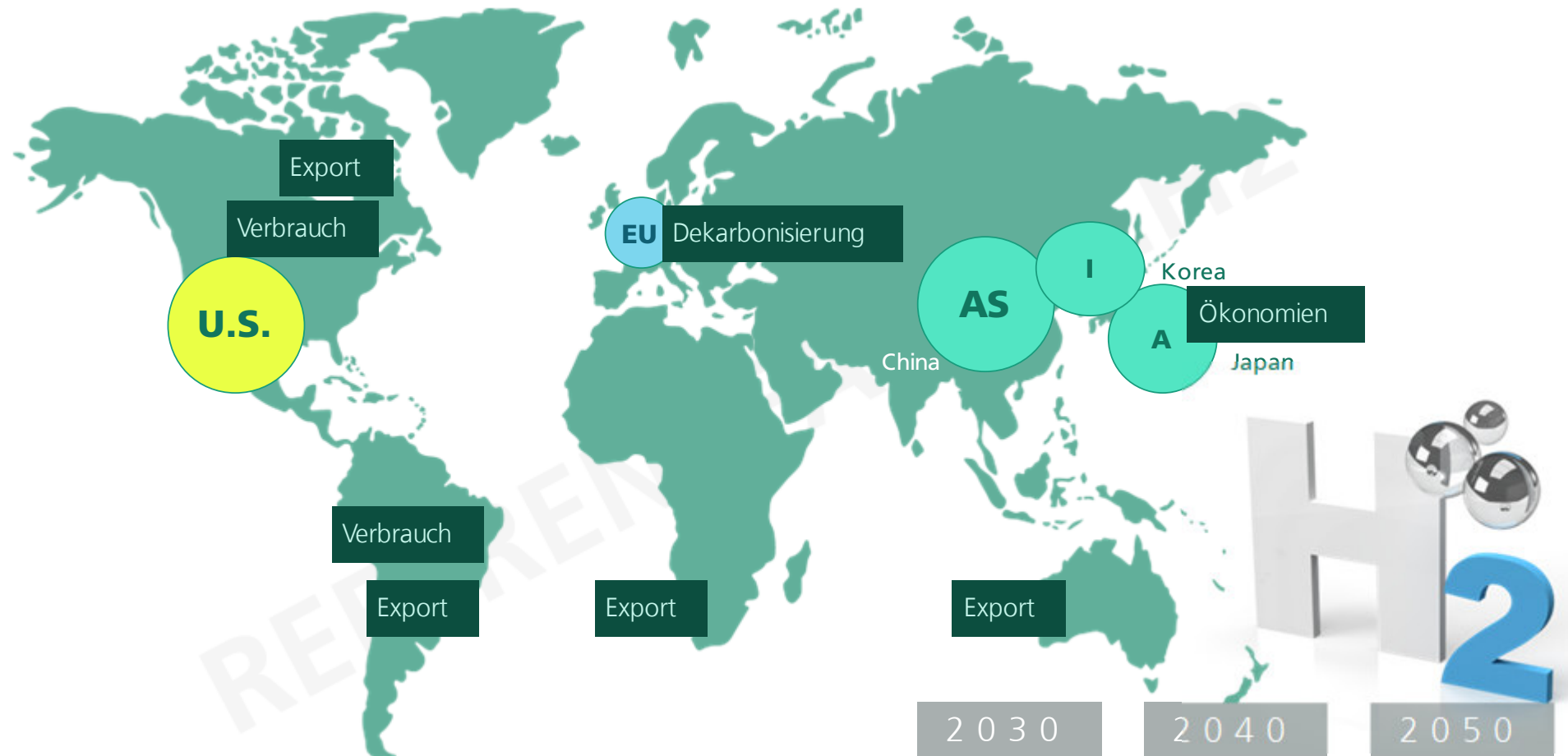
ROADMAPS

Overview



ROADMAPS

Priority Sectors



ROADMAPS

Strategy of the United States



1 Dollar



1 Kilogram



1 Decade

Um das Marktpotenzial für sauberen Wasserstoff zu erschließen, hat das U.S. Department of Energy (DOE) im Juni 2021 den Hydrogen Energy Earthshot (Hydrogen Shot) gestartet, um die Kosten für sauberen Wasserstoff innerhalb eines Jahrzehnts um 80 Prozent auf 1 \$ pro Kilogramm zu senken ("1 1 1").

Dies beinhaltet Investitionen und Initiativen:

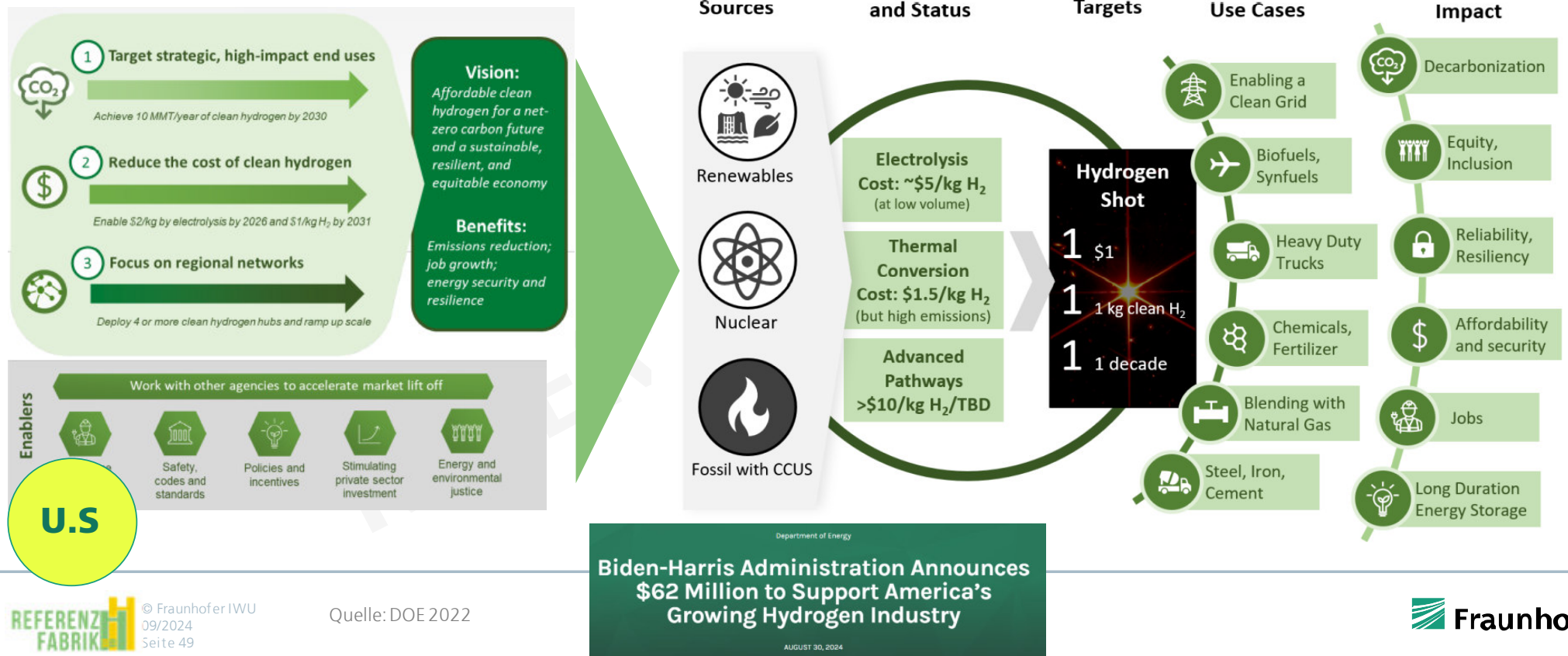
- **1 Milliarde Dollar für ein Programm für saubere Wasserstoff-Elektrolyse:** Effizienz von Elektrolyse-Technologien verbessern durch Unterstützung der gesamten Innovationskette - von Forschung, Entwicklung und Demonstration bis hin zur Kommerzialisierung und Einführung, um bis 2026 \$2/kg sauberen Wasserstoff aus Elektrolyse zu ermöglichen.
- **500 Millionen Dollar für die Herstellung und das Recycling von sauberem Wasserstoff - FDD&D Aktivitäten:** amerikanische Herstellung von sauberen Wasserstoffausrüstungen, einschließlich Projekten zur Verbesserung der Effizienz und zur Unterstützung der heimischen Lieferketten für Schlüsselkomponenten.
- **8 Milliarden Dollar für regionale saubere Wasserstoff-Hubs:** Diese Bestimmung ermöglicht die Demonstration und Entwicklung von Netzwerken sauberer Wasserstoffproduzenten, potenziellen Verbrauchern und der verbindenden Infrastruktur. Diese Knotenpunkte werden die Produktion, Verarbeitung, Lieferung, Speicherung und Endnutzung von sauberem Wasserstoff, Sie ermöglichen einen nachhaltigen und gerechten regionalen Nutzen sowie eine Marktakzeptanz.
- **Norm für die Produktion von sauberem Wasserstoff**
- **Nationale Strategie und Fahrplan für sauberen Wasserstoff**

U.S

ROADMAPS

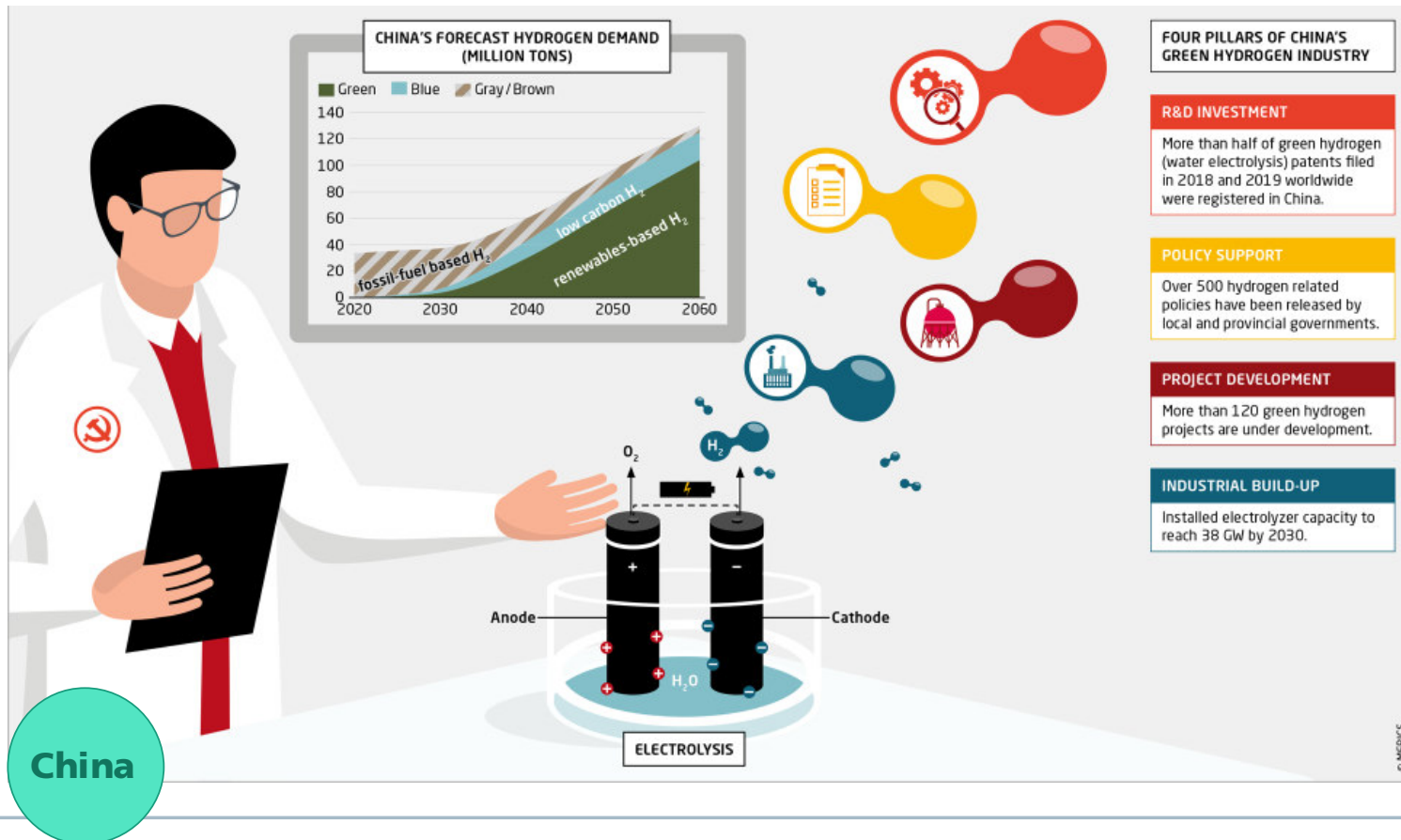
Strategy of the United Staates

B: Strategien zur Erschließung der Vorteile sauberen Wasserstoffs



ROADMAPS

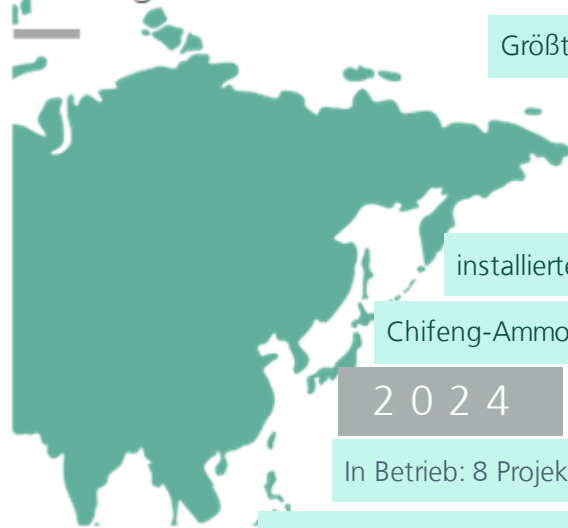
Strategie von China



- **Anstreben weltweite Führungsposition**
- Kurzfristig Fokus auf die allgemeine Entwicklung der Industrie und erst danach auf die Ökologisierung
- Starke staatliche Unterstützung Schaffung von Märkten und Technologien auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette
- Technologischen Fähigkeiten noch hinter Europa, den Vereinigten Staaten und Japan zurück
- Führungsrolle Europas bei der grünen Wasserstofftechnologie schrumpft
- bereits ein Drittel der weltweiten Produktionskapazitäten für Elektrolyseure
- Branchenexperten in China schätzen, dass es mindestens fünf Jahre dauern wird, bis die einheimische Technologie zu den weltweiten Branchenführern aufschließt

ROADMAPS

Strategie von China



Größter Produzent von grauem Wasserstoff

2022: 30 % der weltweiten Elektrolyseur-Kapazität in China installiert

2023

installierte Elektrolyseur-Kapazität voraussichtlich 1,1 GW, 50 % des weltweiten Anteils

Chifeng-Ammoniak-Demonstrationsprojekt 24 200 t H₂/Jahr (rund 140 MW Elektrolyseurleistung)

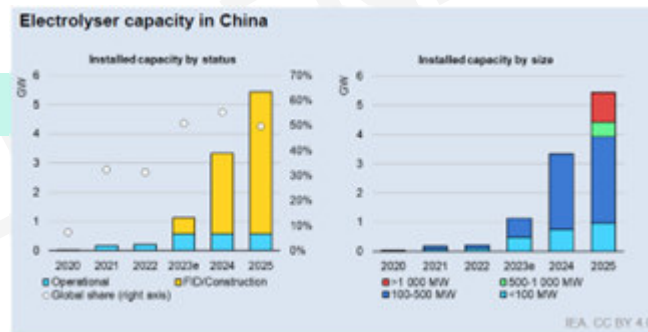
2024

In Betrieb: 8 Projekte, mit Elektrolyseurleistung von 125 MW

Größte Anwendungen der Welt, z.B. Chemiefabrik 350 MW

2025

installierte Elektrolyseurkapazität 5,4 GW



Entwicklung von Elektrolyseuren

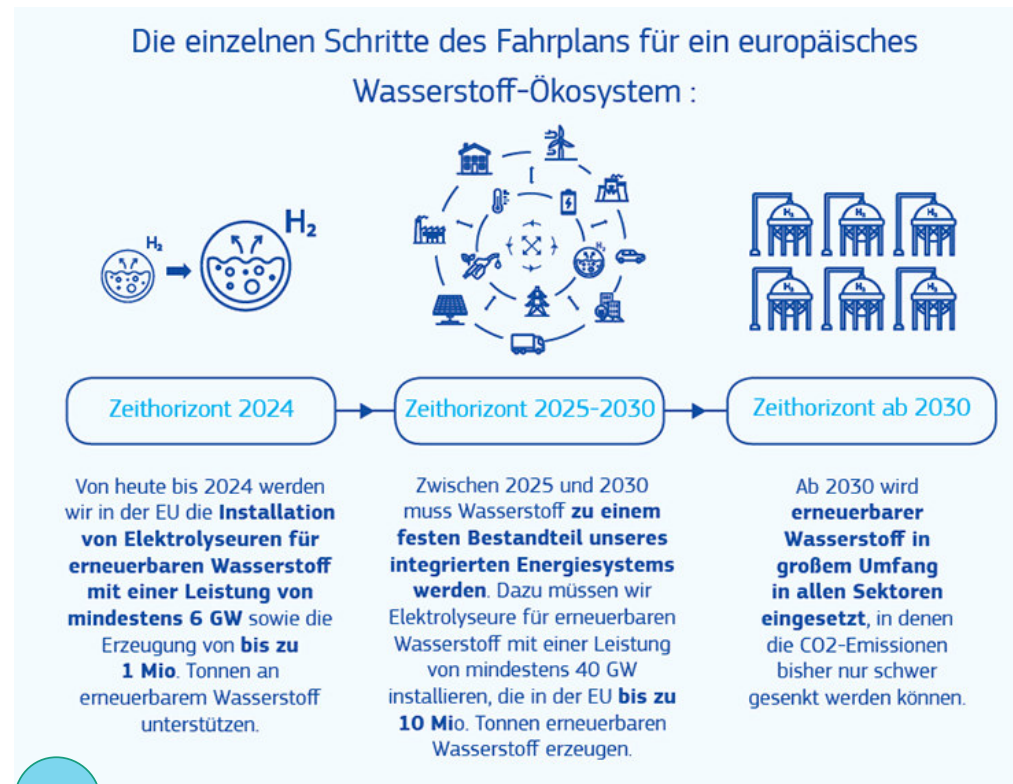
Peric Hydrogen Energy Technologies präsentiert in 12/22 größten alkalischen Wasserstoff-Elektrolyseur mit einer Wasserstoffkapazität von 2 000 Nm³/h oder etwa 9 MW

Longi Hydrogen präsentierte im Februar 2023 ein neues alkalisches Modell, das bei einem Gleichstromverbrauch von 4 kWh/Nm³ (entsprechend 44,5 kWh/kg H₂) - effizienter ist, als die meisten Elektrolyseure auf dem Markt.

China

ROADMAPS

Strategie von Europa



Deutschland



- Ziele: **Koalitionsvertrag**: Aufbau 10 GW Erzeugungskapazität bis 2030
- Aufbau EE-Strommenge 20 TWh/a --> für Elektrolyse
- Bei Wirkungsgrad 70% --> Eigenerzeugung 14 TWh/a
- Überarbeitete Wasserstoffstrategie offiziell im Juli 2023 verabschiedet.
- Benötigte Importe: 76 bis 96 TWh/a
- Favorisierte Importregionen: Anrainerstaaten Nord- & Ostsee, Südeuropa
- Partnerländer --> Rahmen Entwicklungszusammenarbeit
- Aufbau Verteil- und Transportinfrastruktur
- Anpassung Gasinfrastruktur
- Umstellung freierwerdender Pipelines auf H₂
- Aus- und Zubau von H₂-Netzen

EU

WASSERSTOFF

Markt- und Technologieentwicklungen

BETRACHTUNGSRAUM

BEDARF

ANGEBOT

RAHMENBEDINGUNGEN

ROADMAPS

INITIATIVEN



Elektrolyseur Produktion

Global Wasserstoff Angebot



Kalkulation:

Produktionskapazität: 2 GW
Annual growth rate: 21%
Cumulated until 2030: **68 GW**
Δ Europe **52 GW**
Δ Global 847 GW

Annual growth rate: until now 30%
Cumulated until 2030: **92 GW**
Δ Europe **28 GW**
Δ Global 823 GW

OEM-Forecast:

Europe: 196 GW
Rest: 246 GW

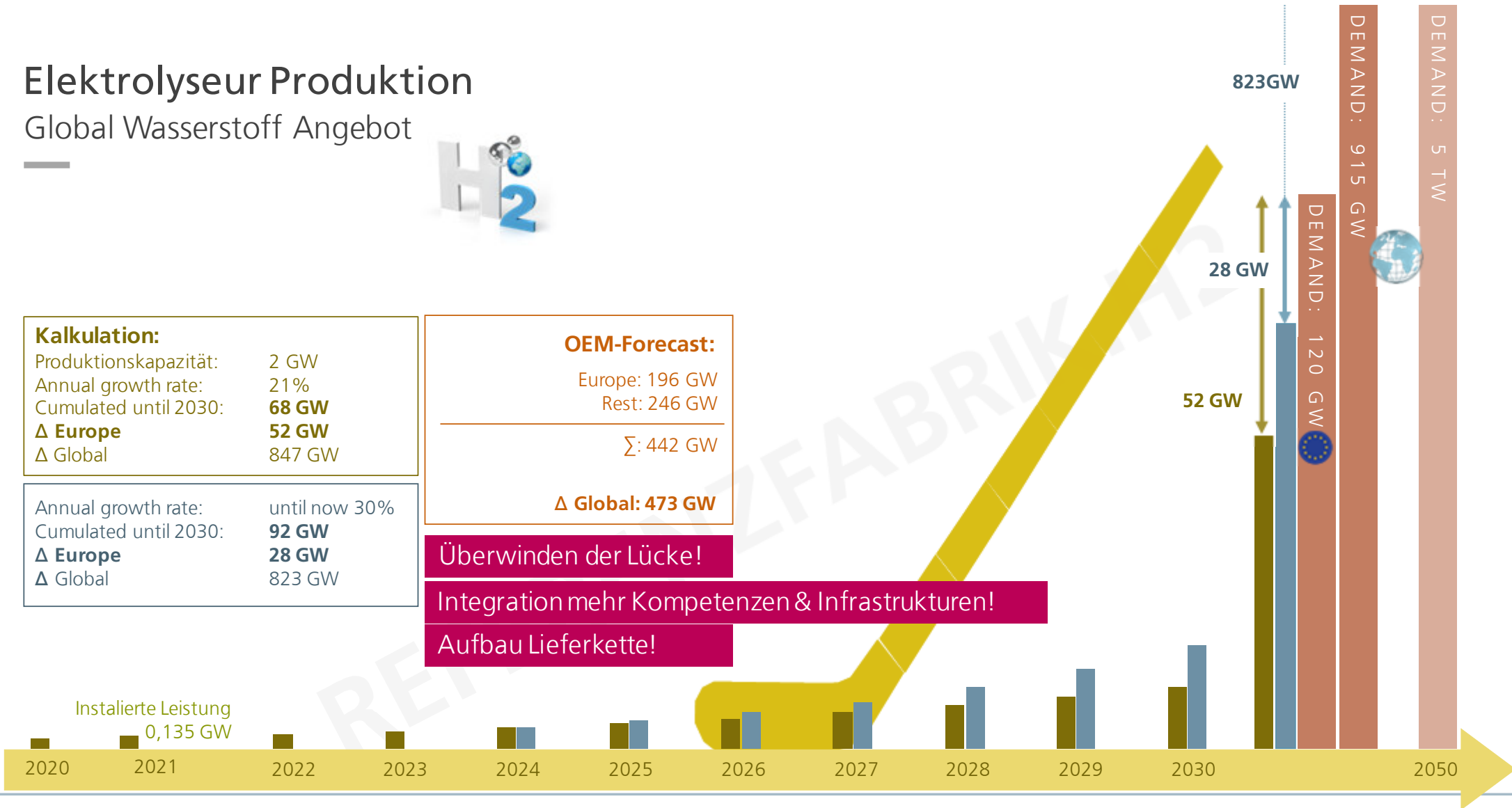
Σ : 442 GW

Δ Global: 473 GW

Überwinden der Lücke!

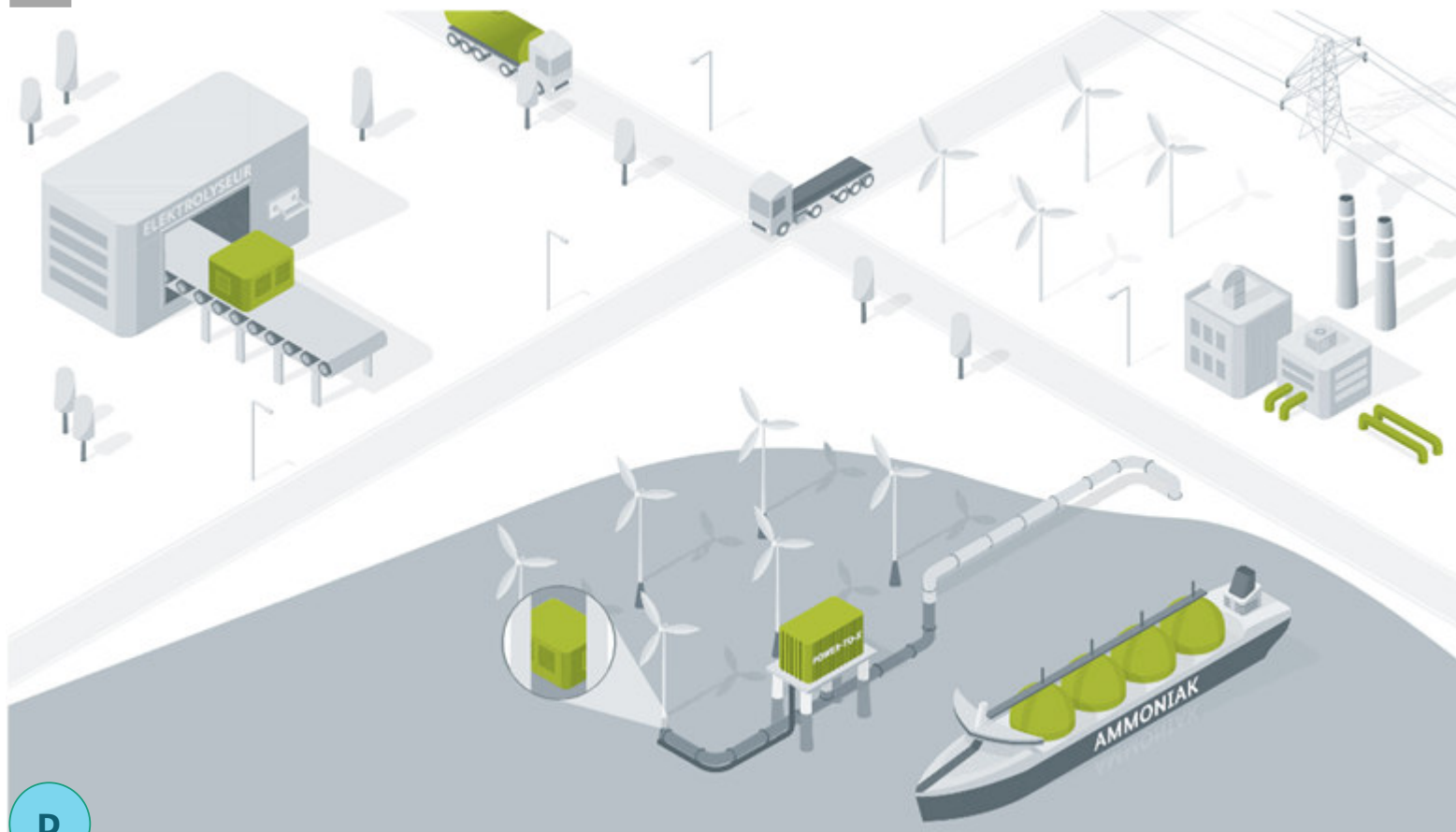
Integration mehr Kompetenzen & Infrastrukturen!

Aufbau Lieferkette!



INITIATIVEN

Deutschland



Leitprojekte:

- H2Giga
- H2Wind
- Transhyde

D

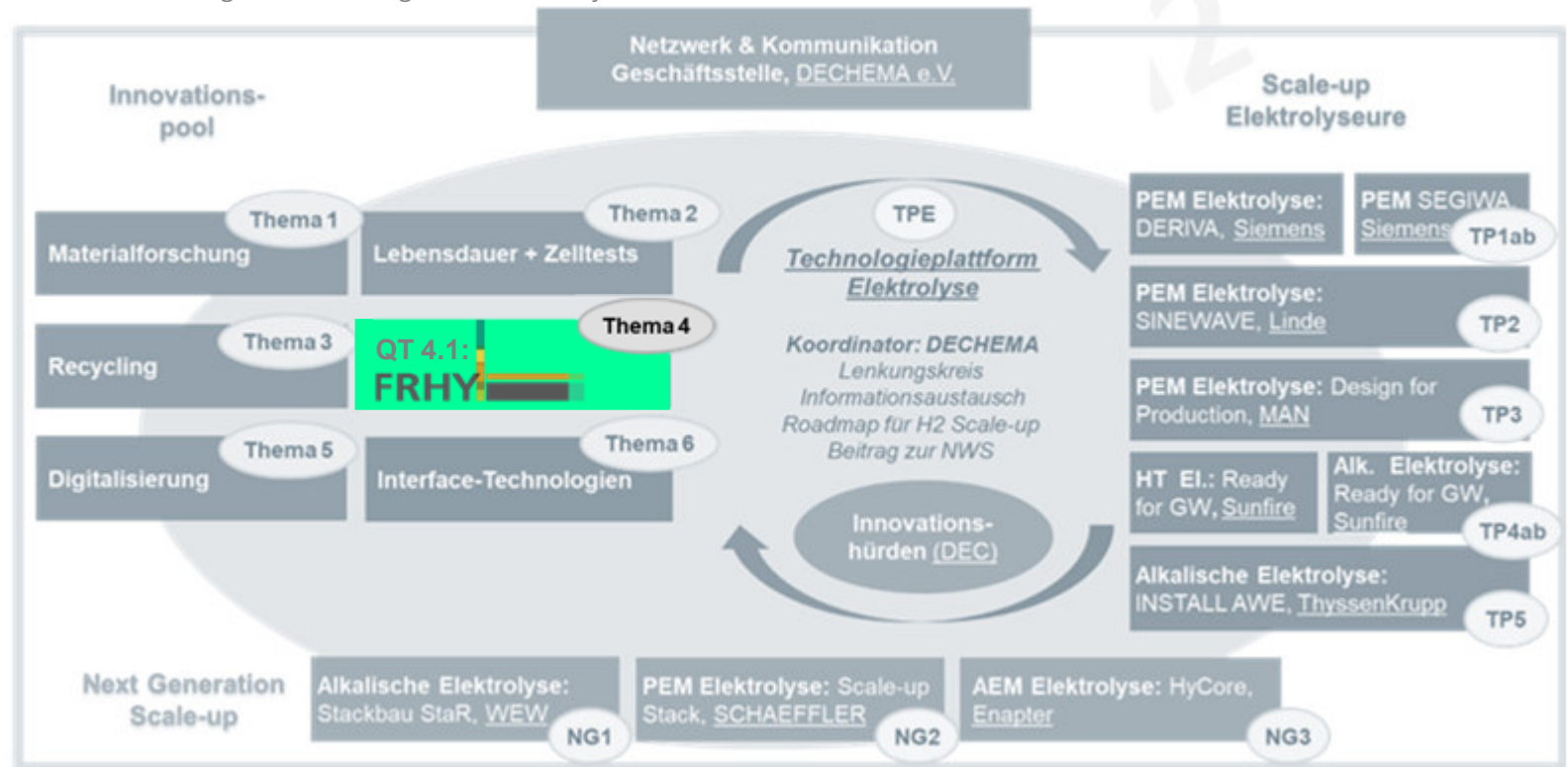
INITIATIVEN

Deutschland



H2Giga

Ziel: Serienmäßige Herstellung von Elektrolyseuren



D

INITIATIVEN

Deutschland

Use Cases Schaffen!

z.B. Rückverstromung

- Transport
- Stationär
- Mobil



D

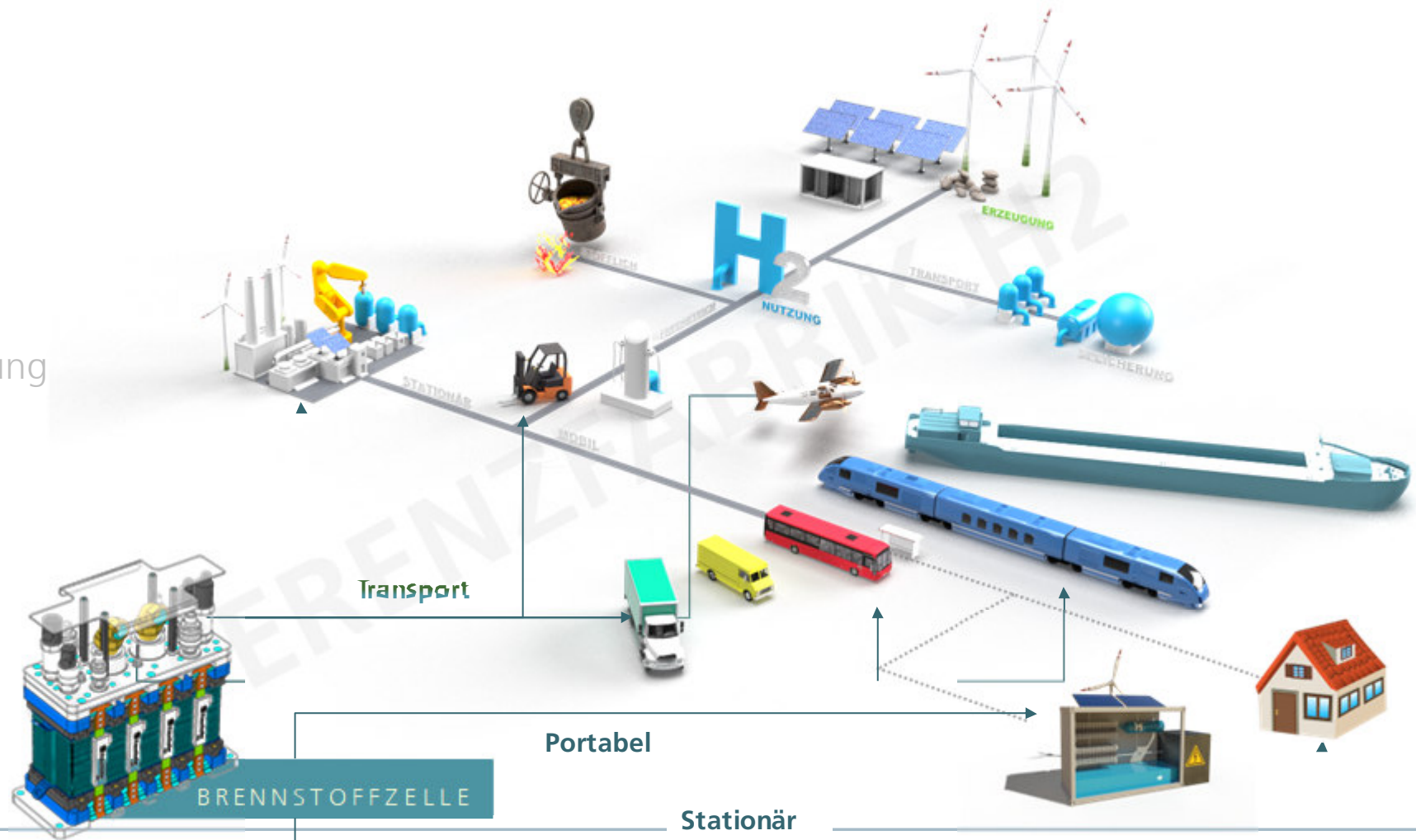
INITIATIVEN

Deutschland

Use Cases Schaffen!

z.B. Rückverstromung

- Transport
- Stationär
- Portable





H2GO

NATIONALER AKTIONSPLAN BRENNSTOFFZELLEN-PRODUKTION



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr



Fraunhofer

9 BUNDESLÄNDER

19 FRAUNHOFER-INSTITUTE



ZIEL

Entwicklung von
hochratenfähigen Technologien
für die Produktion von Brennstoffzellen
zur Anwendung in der Lastenmobilität



22

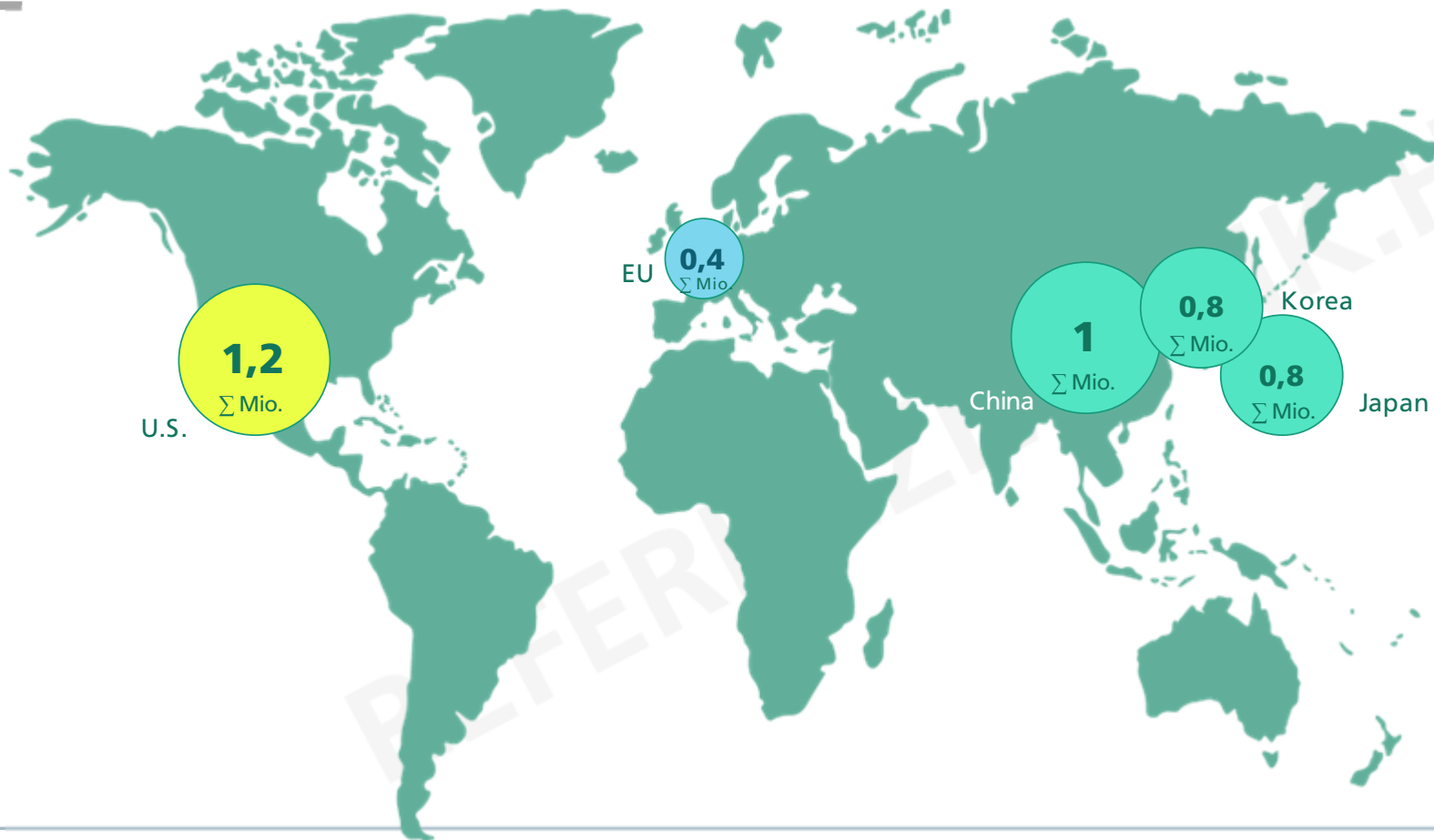
23

24

25

USE CASES

Transport → FCEV-Applikation 2030

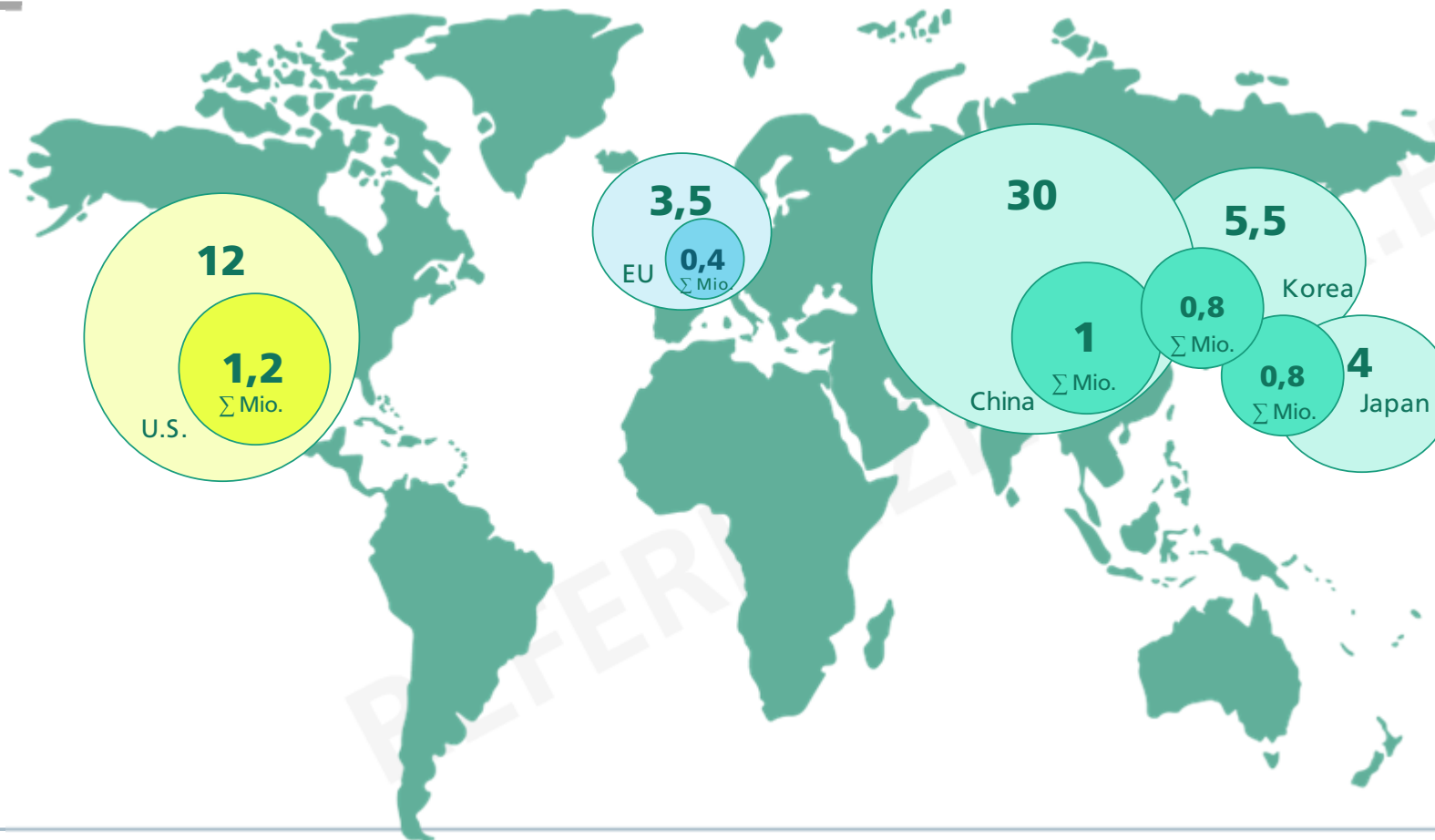


2030

Region	Units [Σ Mio.]
Korea	0,8
China	1,0
Japan	0,8
America	1,2
EU	0,4
<hr/>	
Σ	4,2

USE CASES

Transport → FCEV-Applikation 2050



2050	
Region	Units [Σ Mio.]
Korea	05,5
China	30,0
Japan	04,0
America	12,0
EU	03,5
<hr/>	
Σ	55,0



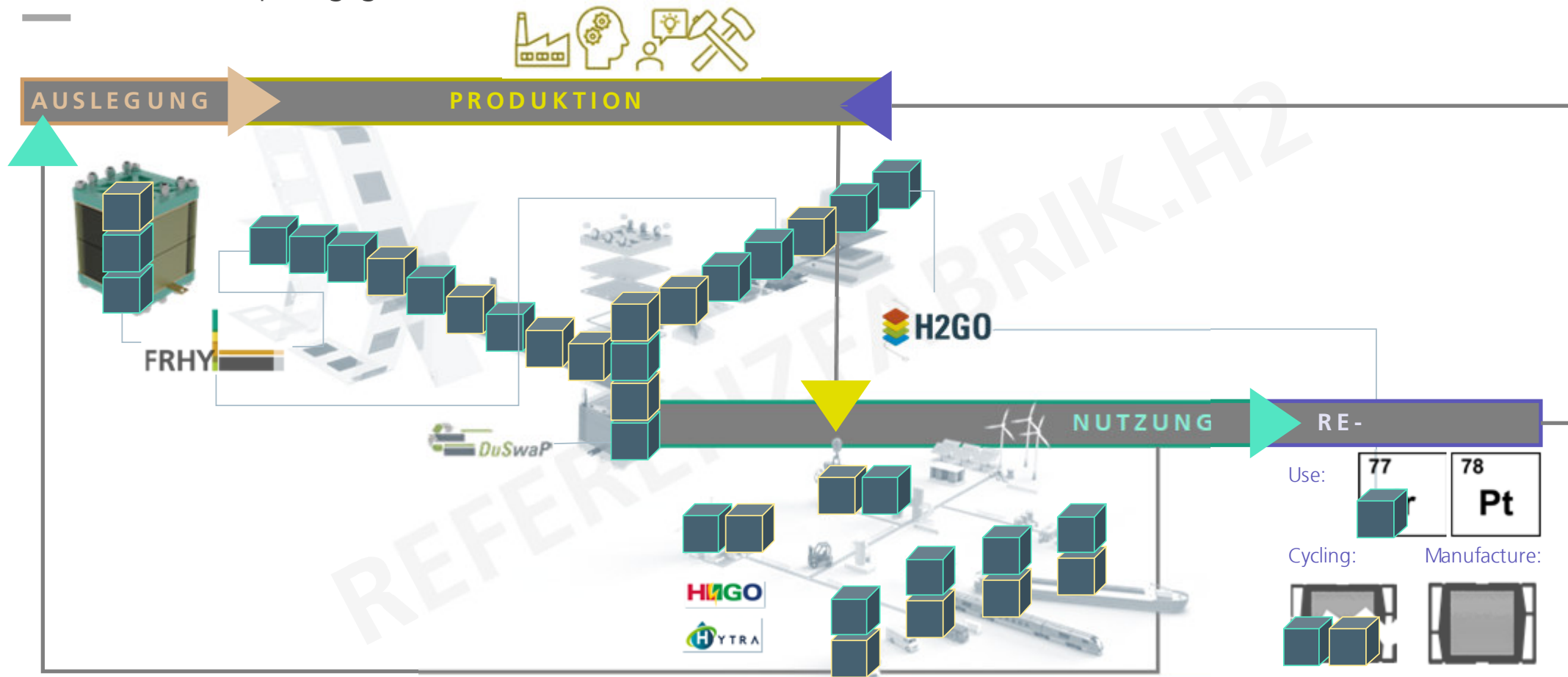
REFERENZ
FABRIK

WERTSCHÖPFUNGSGEMEINSCHAFT

WASSERSTOFF-SYSTEM – PRODUKTION

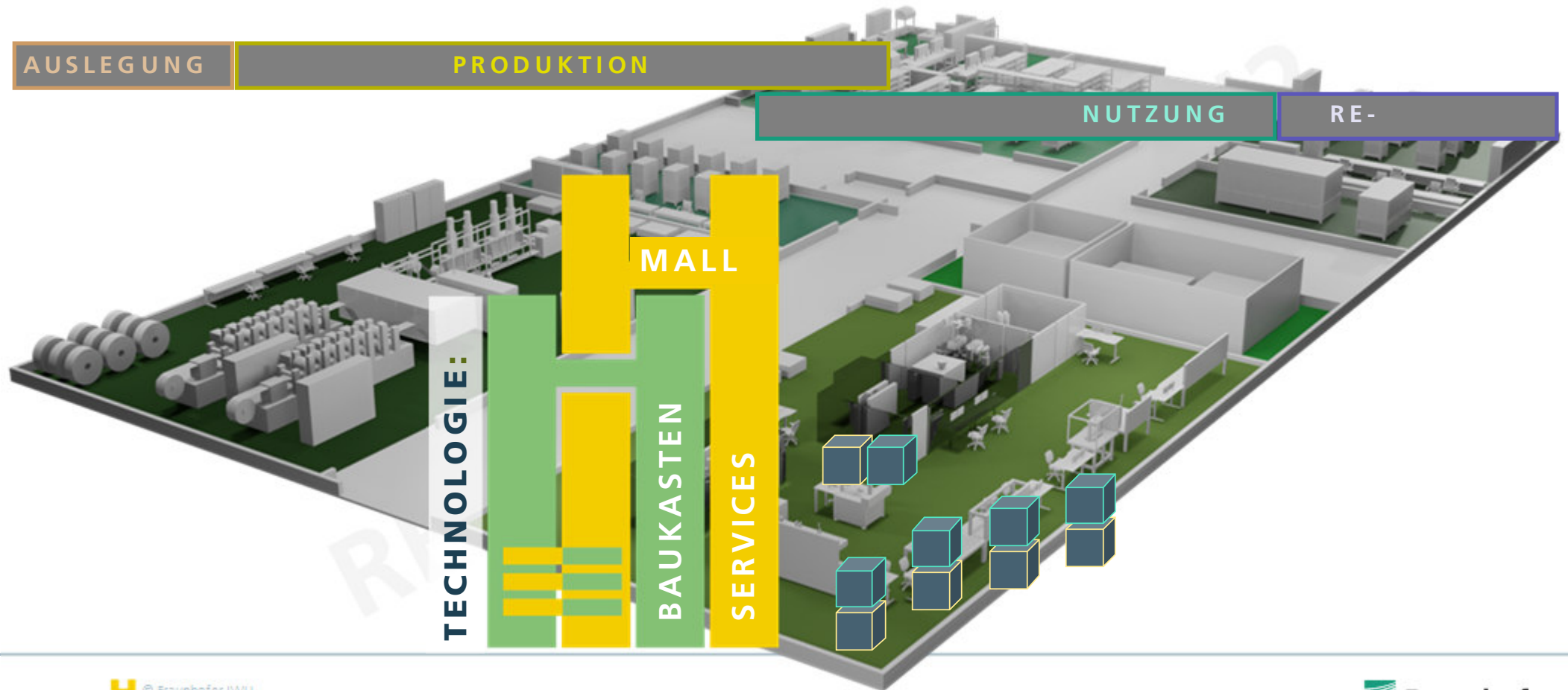
Referenzfabrik.H2

DNA: Wertschöpfungsgemeinschaft **Industrie** & **Fraunhofer**



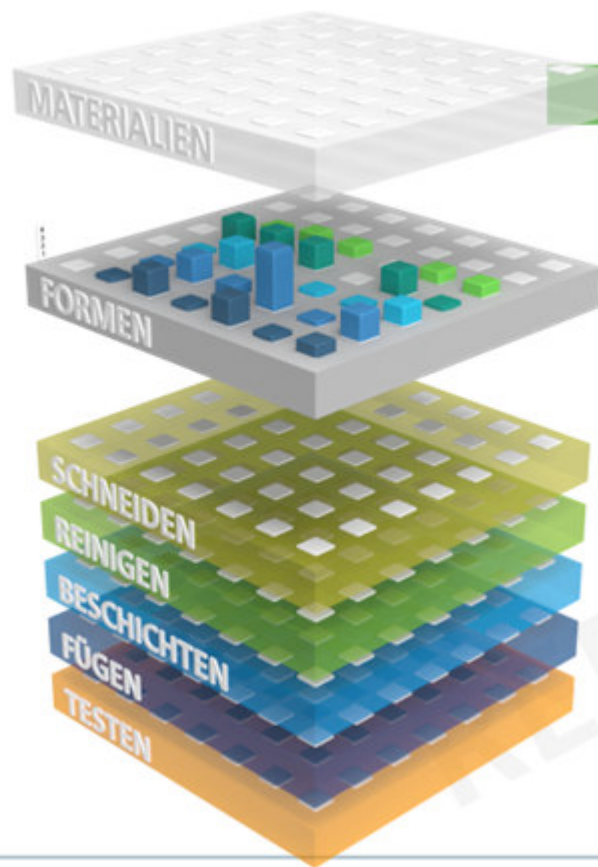
Referenzfabrik.H2

Umsetzung



Referenzfabrik.H2

Technologie-Baukasten



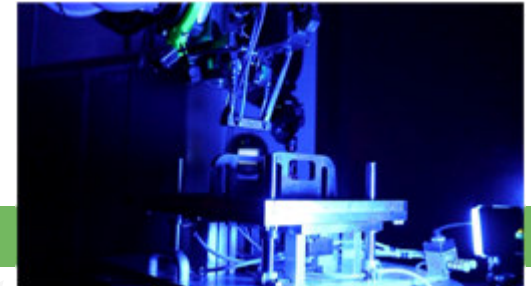
BAUKASTEN

BIPOLAR-PLATTE

Walzprägen



Laserschweißen



COATED CATALYST MEMBRANE

DICHTUNG



STACK



SYSTEM



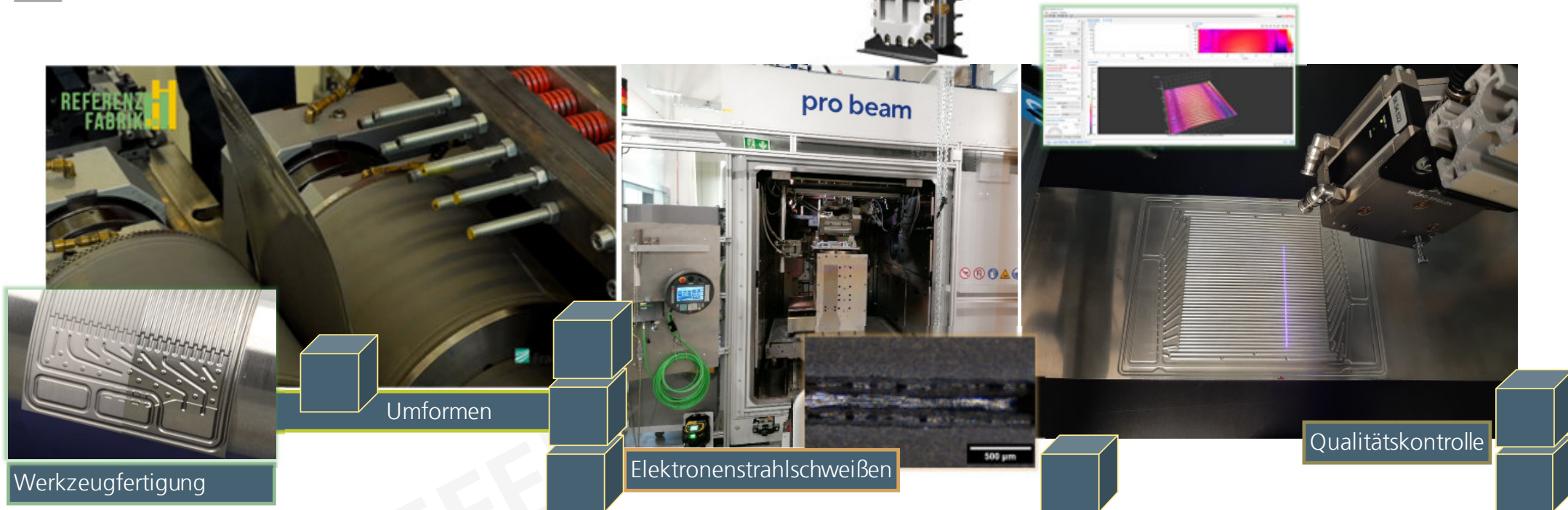
Brennstoffzelle für
mobile und stationäre Nutzung



Microgrid
mit Elektrolyseur & Brennstoffzelle

Technologie-Baukasten

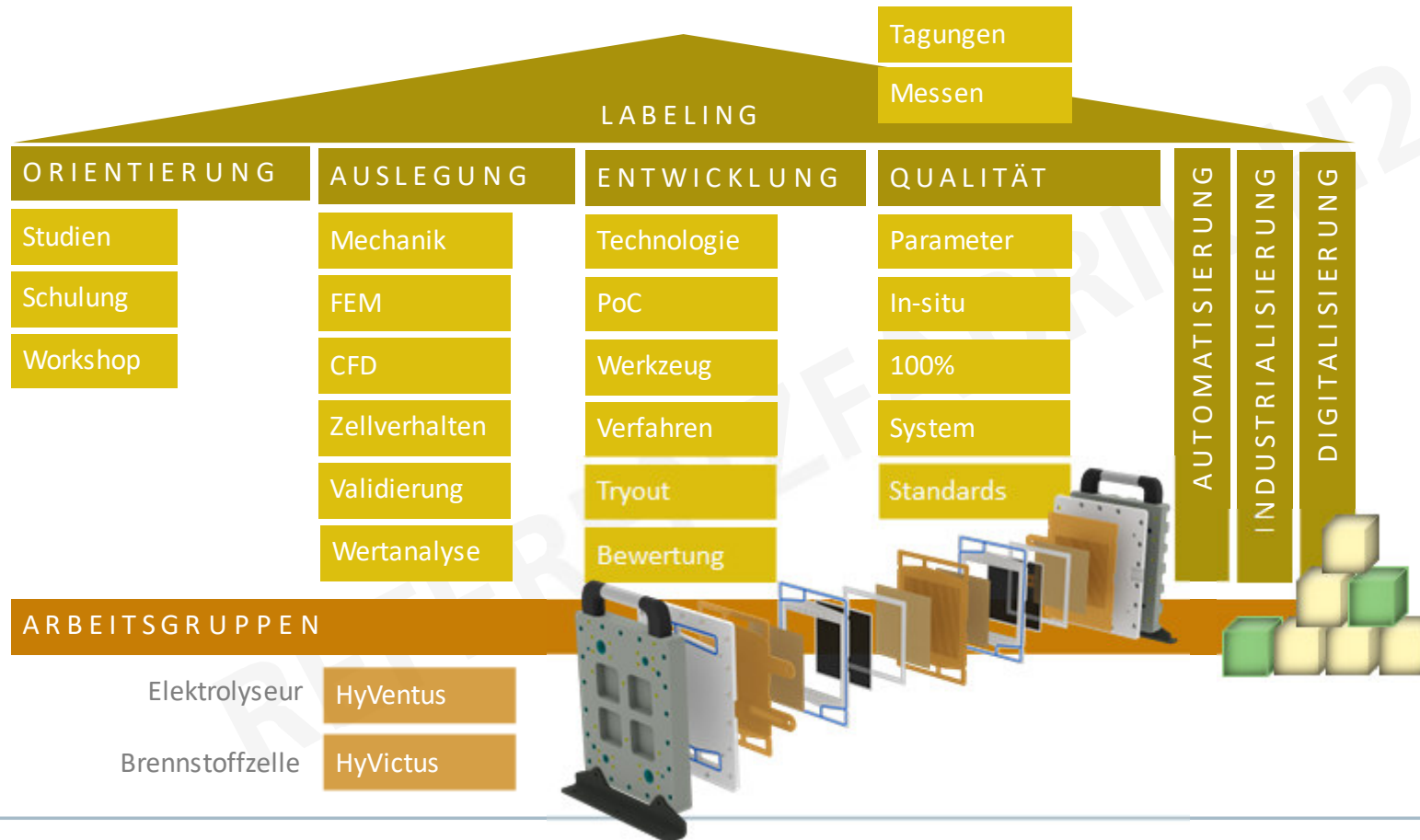
BPP-Produktion für Referenz-Elektrolyseur HyVentus v04



- Entwicklung des Elektrolyseur **Referenzstacks** als Basis
- Ableitung Produktionsmodule und Industriepartnergewinnung
- Prototypenherstellung
- Next: Zusammenführen der Produktionsmodule zum kontinuierlichen Produktionssystem

Referenzfabrik.H2

Technologie-Services



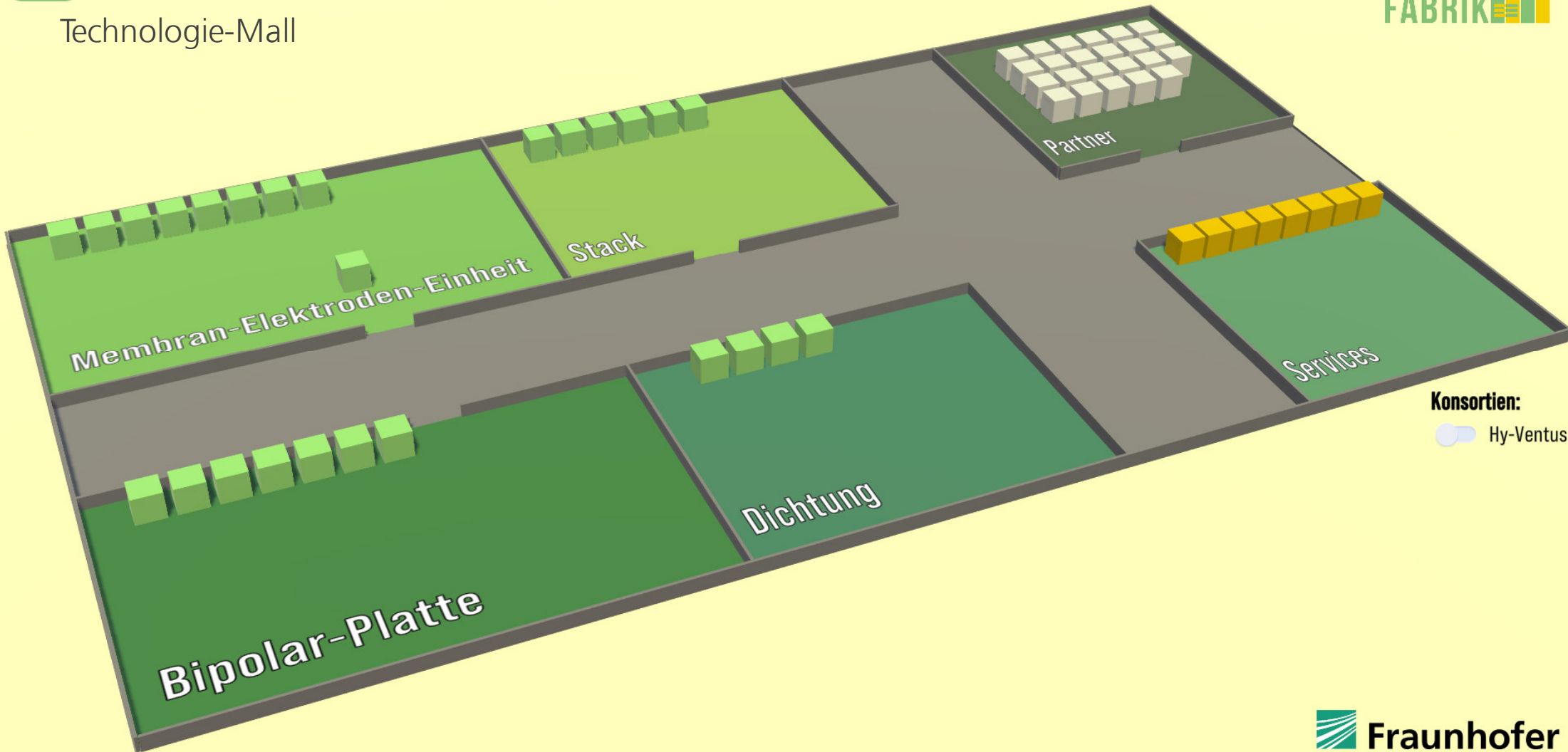


Referenzfabrik


Referenzfabrik.H2

Technologie-Mall

REFERENZ
FABRIK



Konsortien:

 Hy-Ventus

Technologie-Mall

Versuchsfelder

Elektronenstrahlschweißen

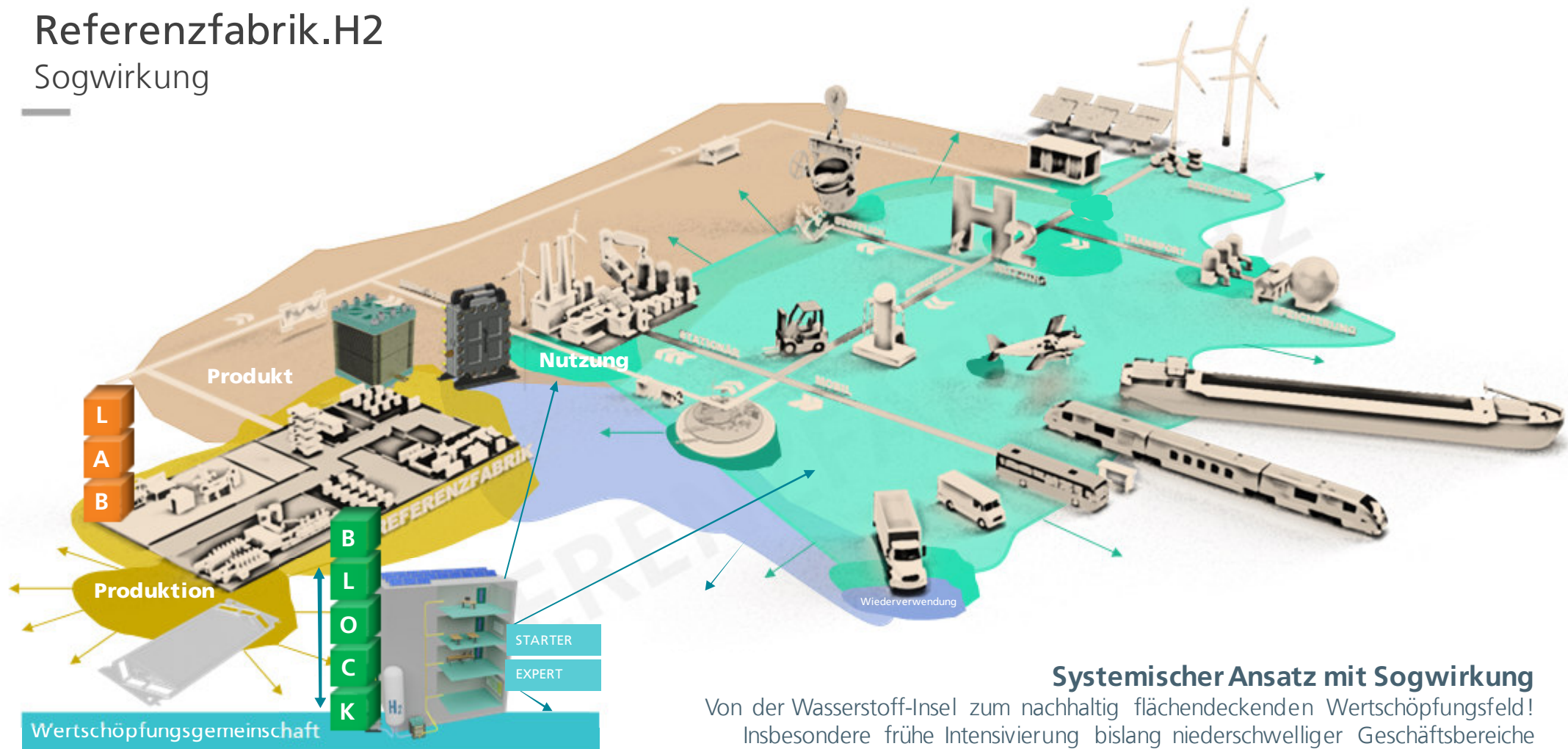
Stacking

Walzprägen



Referenzfabrik.H2

Sogwirkung



Systemischer Ansatz mit Sogwirkung

Von der Wasserstoff-Insel zum nachhaltig flächendeckenden Wertschöpfungsfeld!
Insbesondere frühe Intensivierung bislang niederschwelliger Geschäftsbereiche



Kontakt

Dr.-Ing. Ulrike Beyer,
Leiterin Referenzfabrik.H2
Tel. +49 371 5397-1066
ulrike.beyer@iwu.fraunhofer.de
www.referenzfabrik.de



Kontakt

Dr.-Ing. Ulrike Beyer
Leiterin Referenzfabrik.H2
Tel. +49 371 5397-1066
ulrike.beyer@iwu.fraunhofer.de

info@referenzfabrik.de
www.referenzfabrik.de

Fraunhofer IWU
Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz
www.iwu.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Werkzeug-
maschinen und Umformtechnik IWU

