

Güner Wasserstoff – ein Baustein der Energiewende

Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch

Talk im Tower, Stuttgart 10.10.2024



„Die Speicherung der volatilen Erneuerbaren Energien ist die Herausforderung zur Umsetzung der Energiewende“

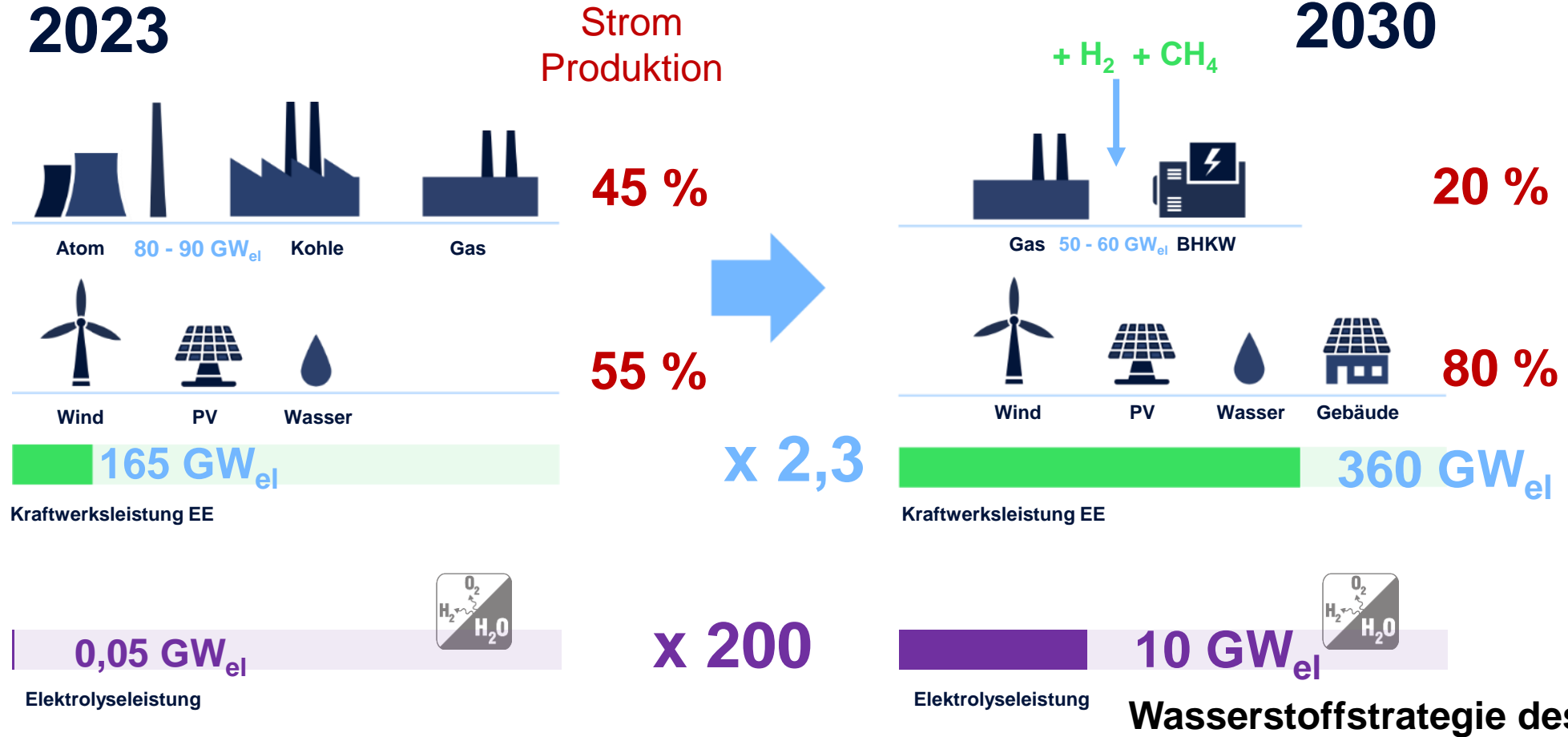
„Grüner Wasserstoff ist erforderlich zur Erreichung der Klimaschutzziele“

„Prioritäre Nutzung zur Dekarbonisierung Industrie (Zement, Stahl, Chemie) Mobilität (Schwer & Weit)“

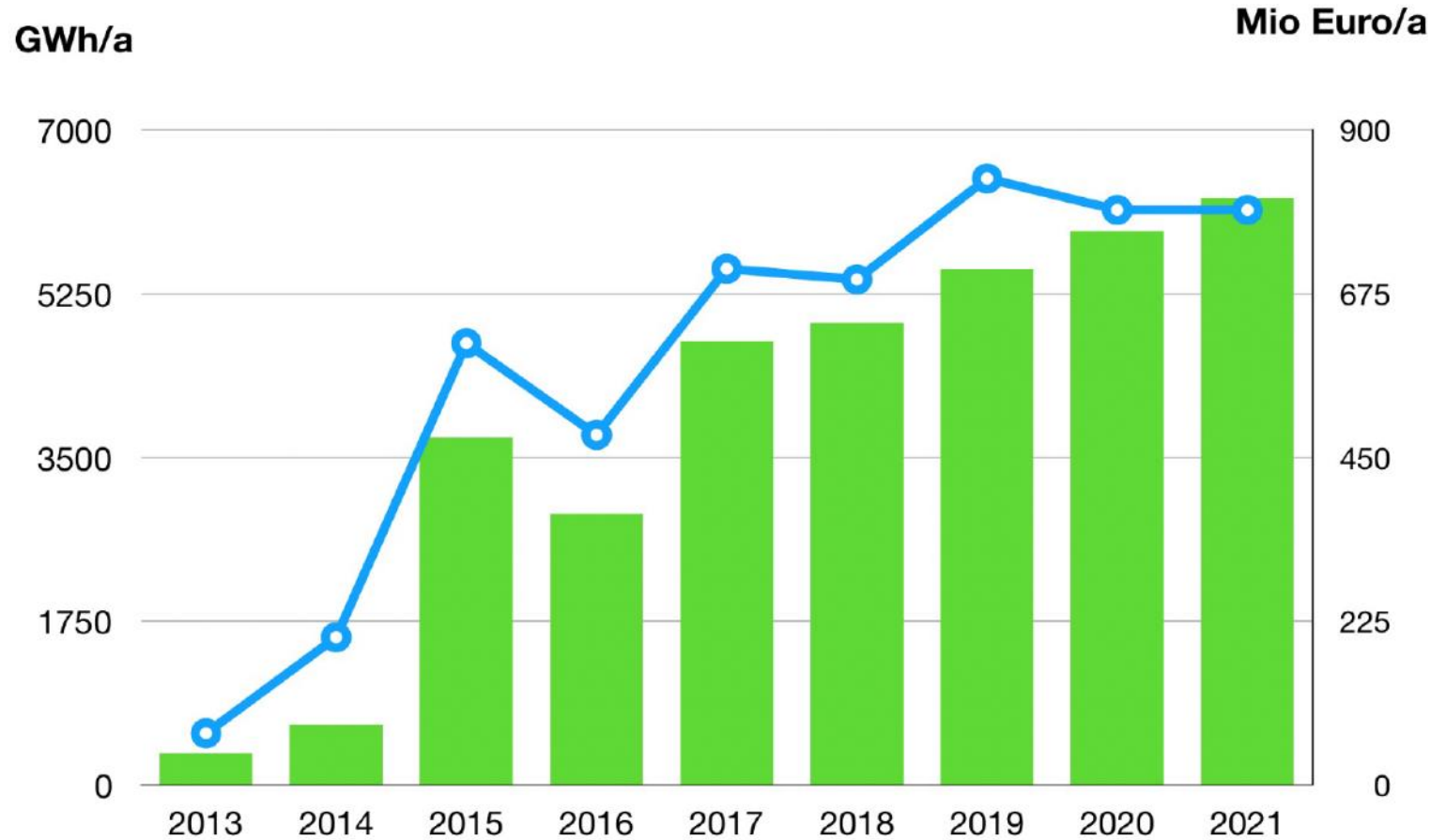
(2018, MNF)

H₂-Politische Ziele

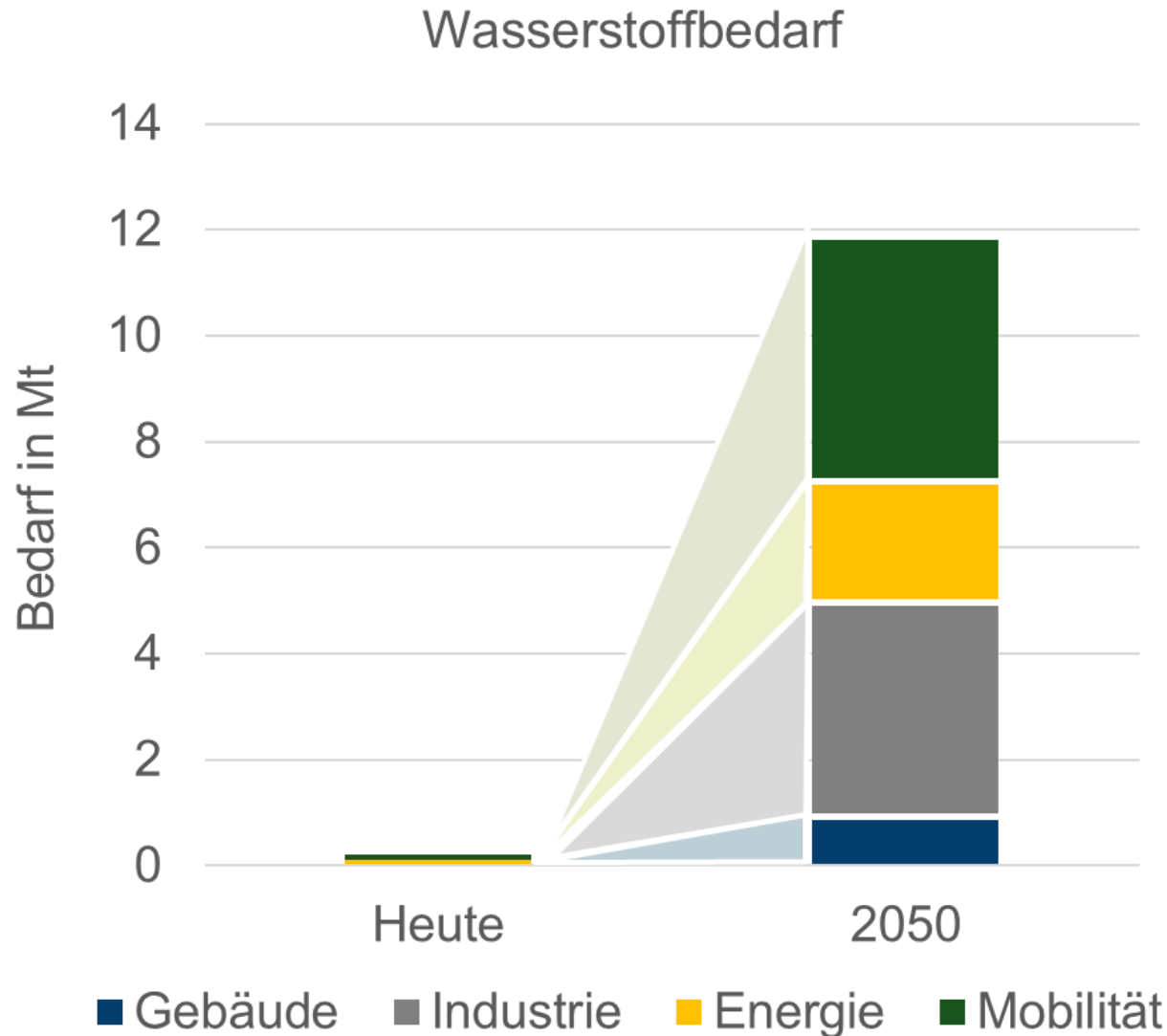
Stromsystem im Wandel



Abgeregelte jährliche Strommengen aus Wind, PV,.. Entschädigungszahlungen an Anlagenbetreiber



2023 nahezu 1 Mrd. €



- H₂- Bedarf in 2050: 12 Mio.t
- **50% lokal in D erzeugen**
- ca. 60 GW_{el} Ely- Kapazität erf.
- Verwertung prioritär in Mobilität und Industrie
- **Empfehlung: 100 % in EU**

Import von Grünem H2 in die EU zur Umsetzung der Energiewende ist nicht notwendig!

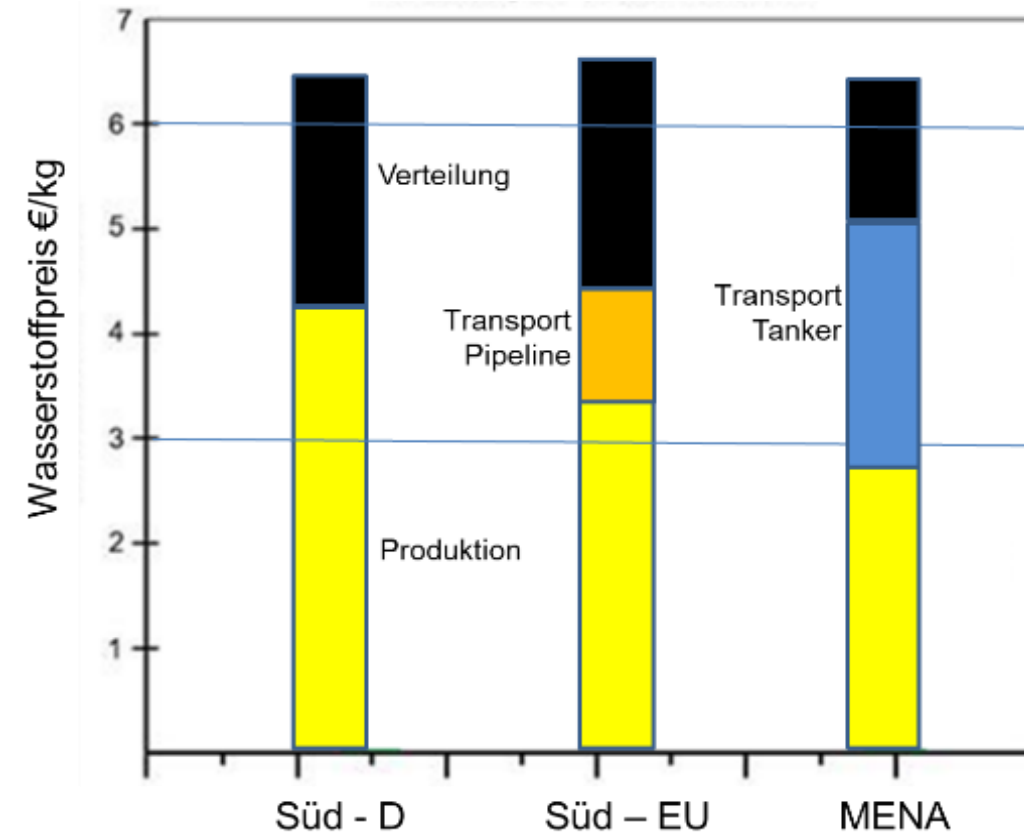
Import von Grünem H2 aus MENA, GCC- Staaten, Australien, etc. hat nahezu keinen Preisvorteil!

Export von EE erst klimadienlich wenn die Export-Staaten klimaneutral sind.

Gestehungspreis - „grüner Wasserstoff“

Standort	Global-Strahlung <i>kWh/(m²a)</i>	Stromertrag Strompreis		H ₂ – Produktionspreise		
		<i>kWh/(kWp a)</i>	<i>ct/kWh</i>	OPEX €/kg	CAPEX €/kg	GESAMT €/kg
Süd-Deutschland	1.100	1.250	5,0	2,8	1,2	4- 4,5
Süd- Europa	1.800	1.700 *)	3,8	2,1	1,2	3,3- 3,5
MENA- Staat	2.300	1.850 *)	3,0	1,9	1,1	2,8 - 3,0

Grüner H₂ in China um 2 € / kg (ca. 6 ct/kWh)
 Ziel bis 2030 unter 1 € / kg



Quelle: SIZ energieplus, 2021

Transportnetze erst im Aufbau

Fragmentierter Herstellermarkt mit (noch) geringen Produktionskapazitäten → hoher CAPEX

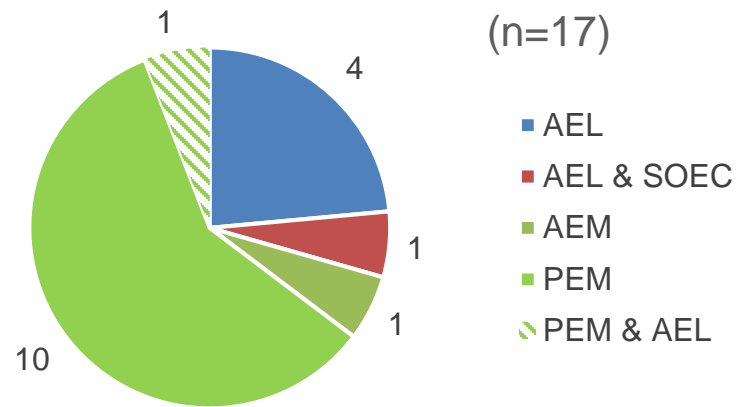
Fehlender Absatzmarkt für grünen Wasserstoff → Kosten grüner H₂ vs. Referenz grauer H₂

Nicht angepasste rechtliche Grundlage → Genehmigungsrechtliche Überregulierung – hoher Aufwand

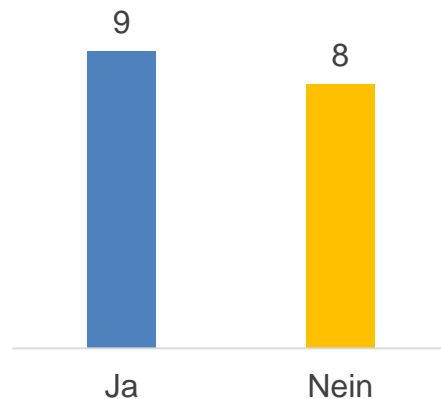
Fehlende planerische Grundlage (DIN Norm) → Planungsunsicherheit

Aufwändig im Betrieb → hohe Anforderungen an Betreiberstruktur (Strom- und Gashandel, Umgang mit neuer Technologie, ggf. Wärmeverkauf)

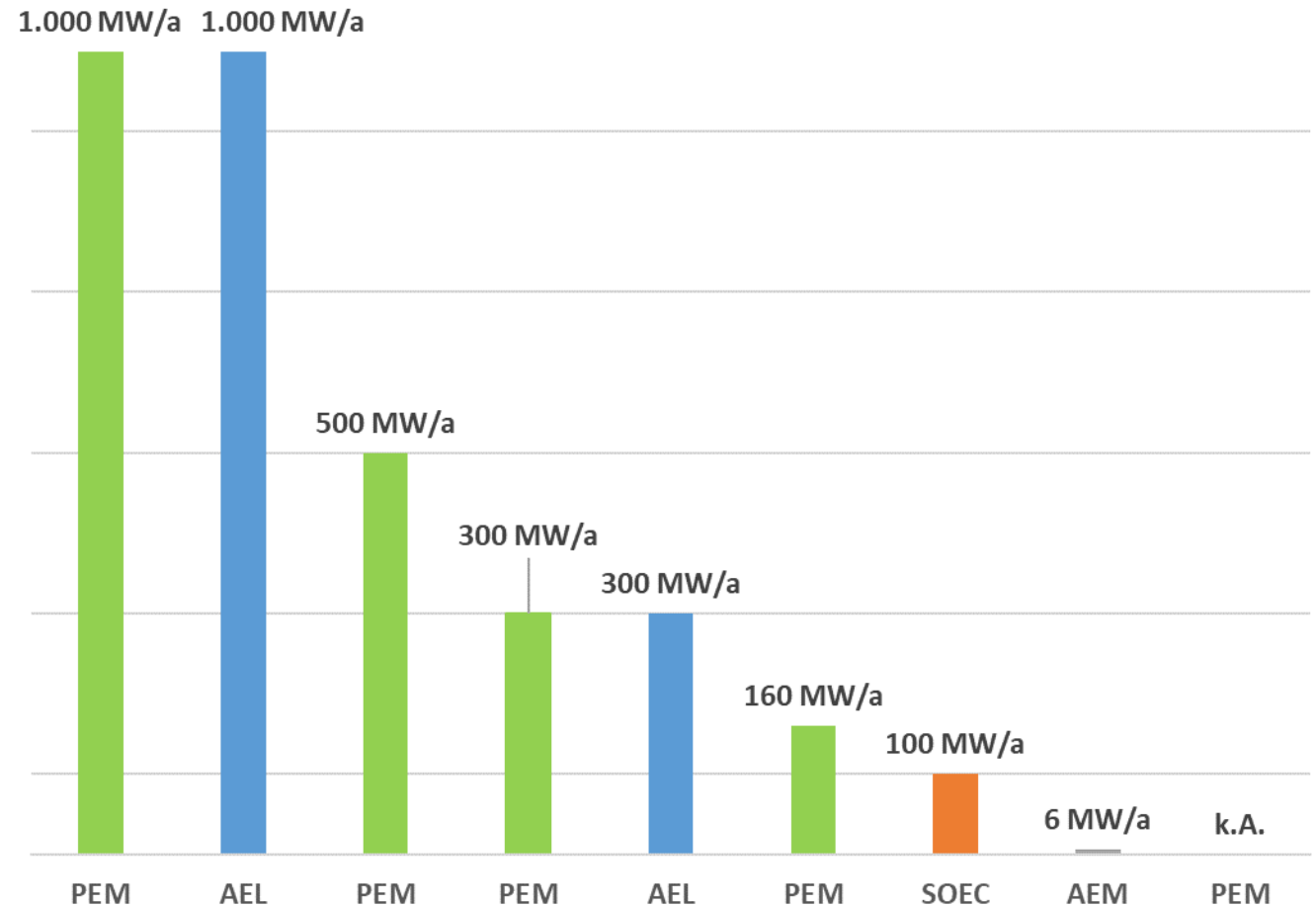
In Deutschland ansässige Elektrolysehersteller



Verfügt der Hersteller über Referenzen?

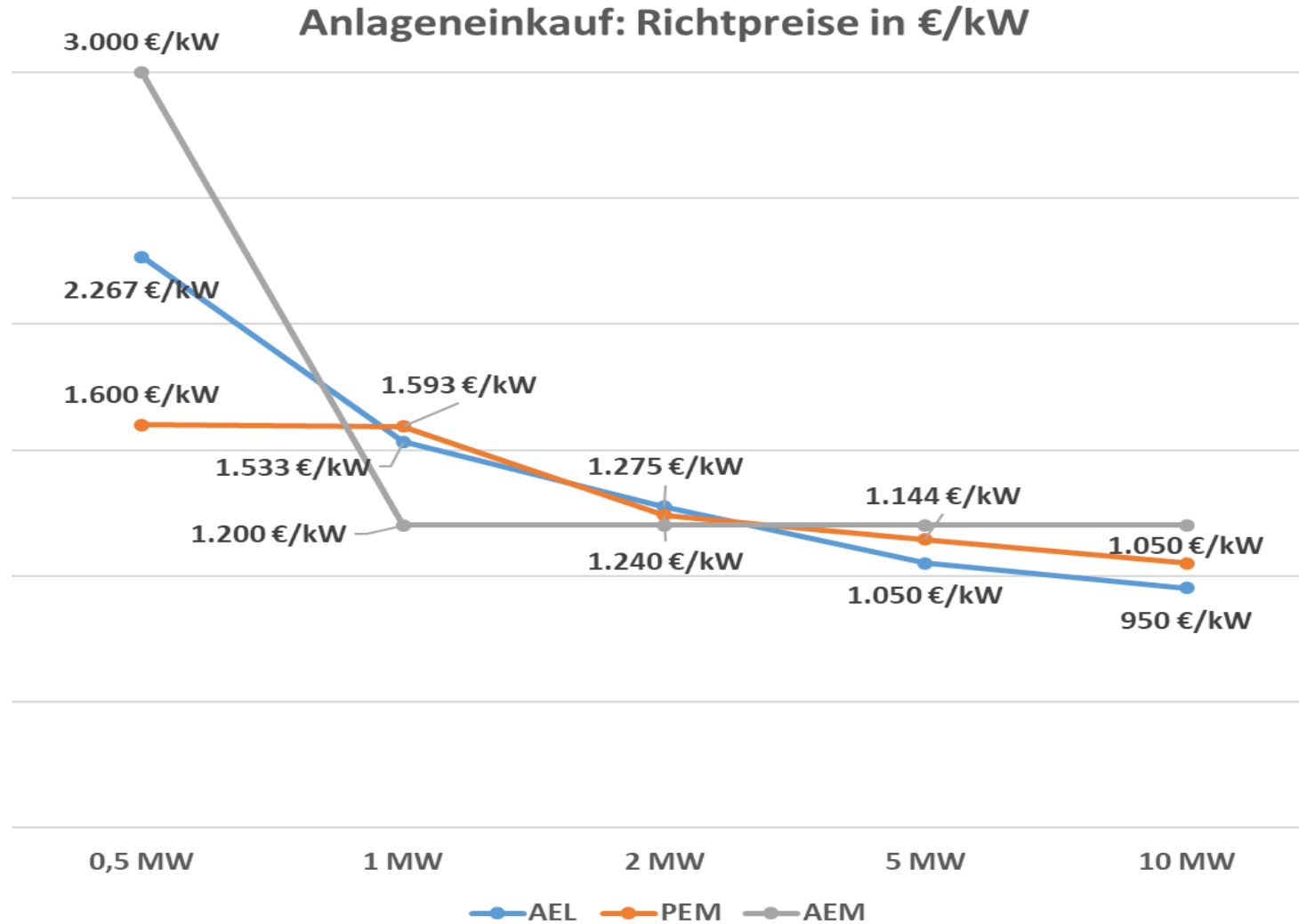


Produktionskapazität marktetaiblierter Hersteller, Deutschland 2022



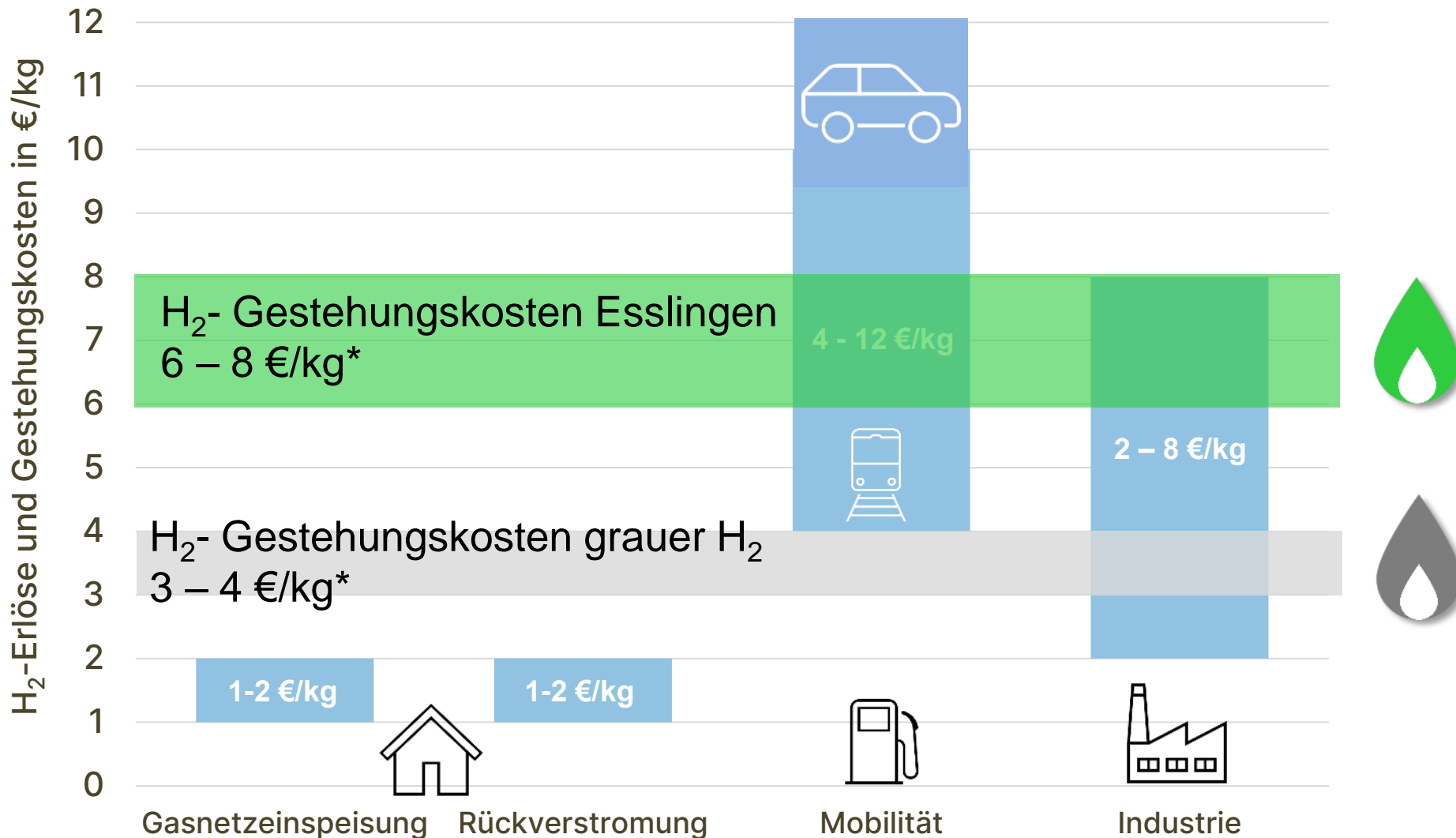
Quelle: Befragung Elektrolysehersteller im Rahmen von H2Q, SIZ, 2022

Capex Elektrolyseure in Europa



China unter 500 €/kW

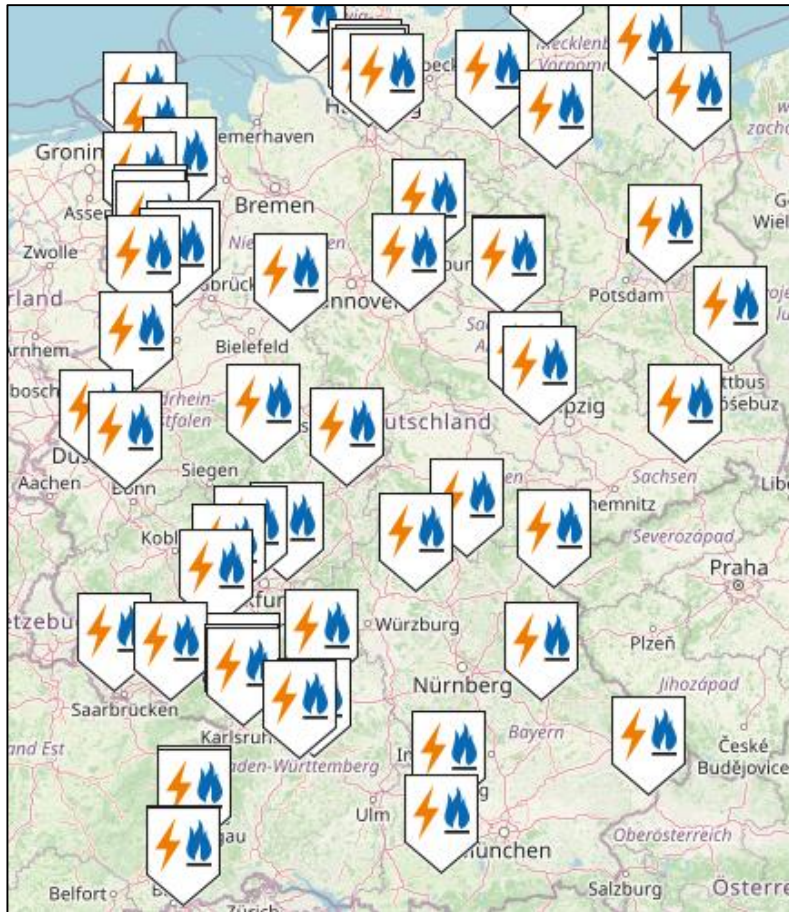
Gestehungskosten



*Kosten vor der Krise- Stand 2019

H₂- Hochlauf

Alle gelisteten Elektrolyseanlagen*



*In Betrieb, in Planung und ruhend;
jede Anlagengröße

2022 ca. 12 Anlagen
≥ 1 MW in Betrieb

In Betrieb (Stand Ende 2022)





Ministerium für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Förderaufruf Regionale Wasserstoffkonzepte (RWK)

Machbarkeitsstudien für die Umsetzung von Wasserstoffinfrastrukturprojekten an ausgewählten Standorten
in Baden-Württemberg



06|24
-
11|24



Gefördert durch...



Ministerium für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg



Max. 100.000 €/Projekt
Förderung 90 %
- Kommunale
Liegenschaften -



Auftraggeber:
Landkreis-Rems-Murr
Zweckverband Steinhäule
(Ulm /Neu-Ulm)
Stadt Freiburg
Stadt Singen



Christian Kley

Florian Weiß

Hannah Liebel

Vincent Chaillié

Tim Sorg

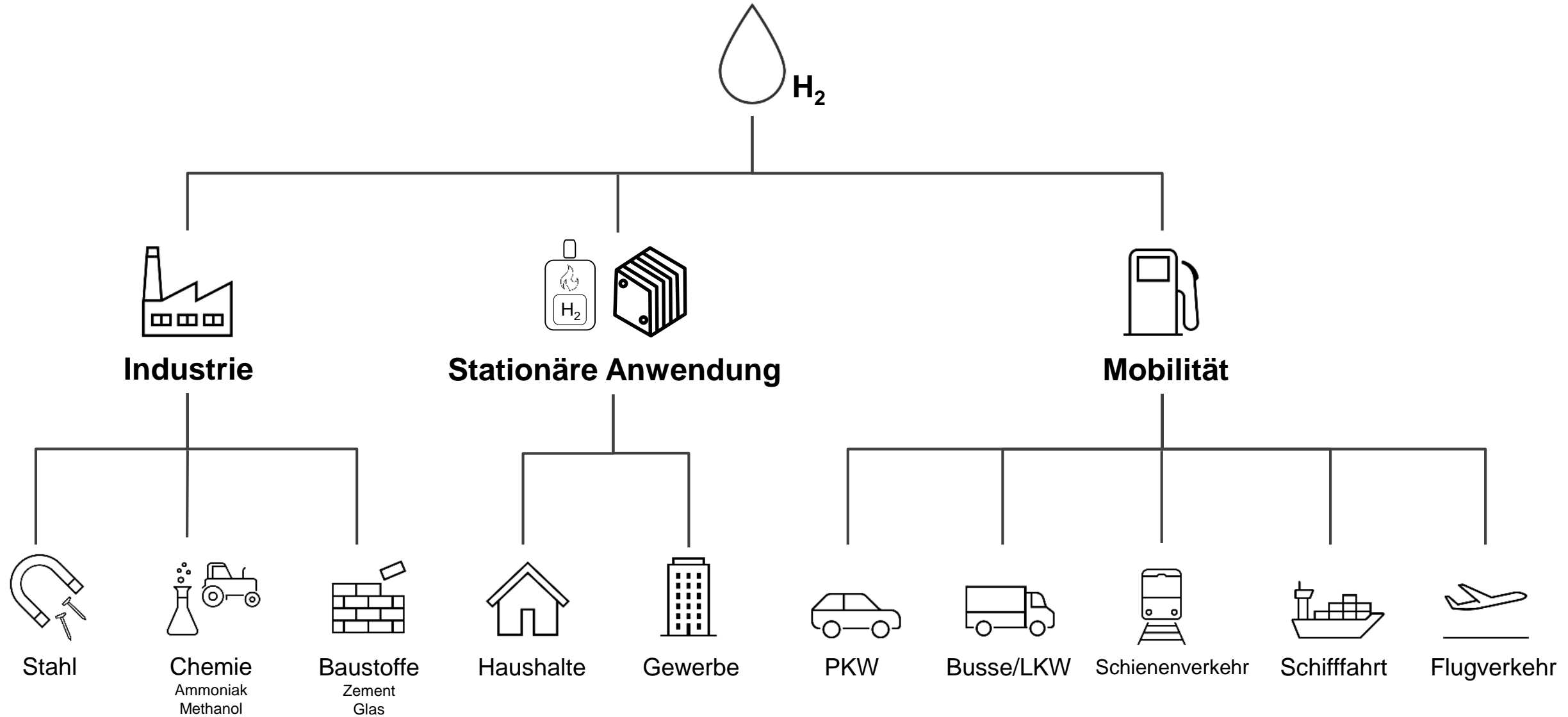
Tobias Nusser

Volatilität der Erneuerbaren (Stromnetz ist kein Speicher, Stromspeicher zu teuer)

→ flexible Lasten

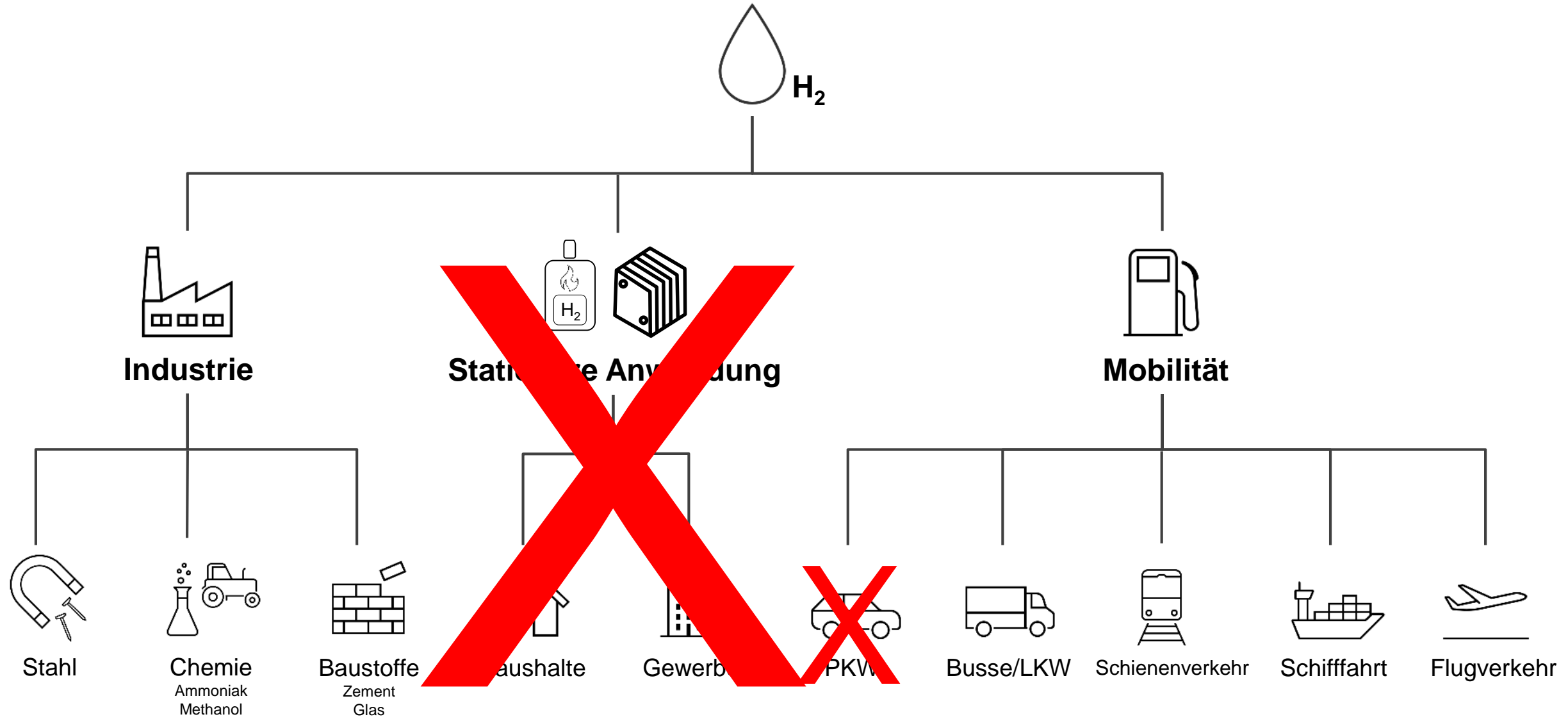
Dekarbonisierung Industrie und Mobilität z.T. alternativlos!

→ Sinnvoller Einsatzbereich für H₂

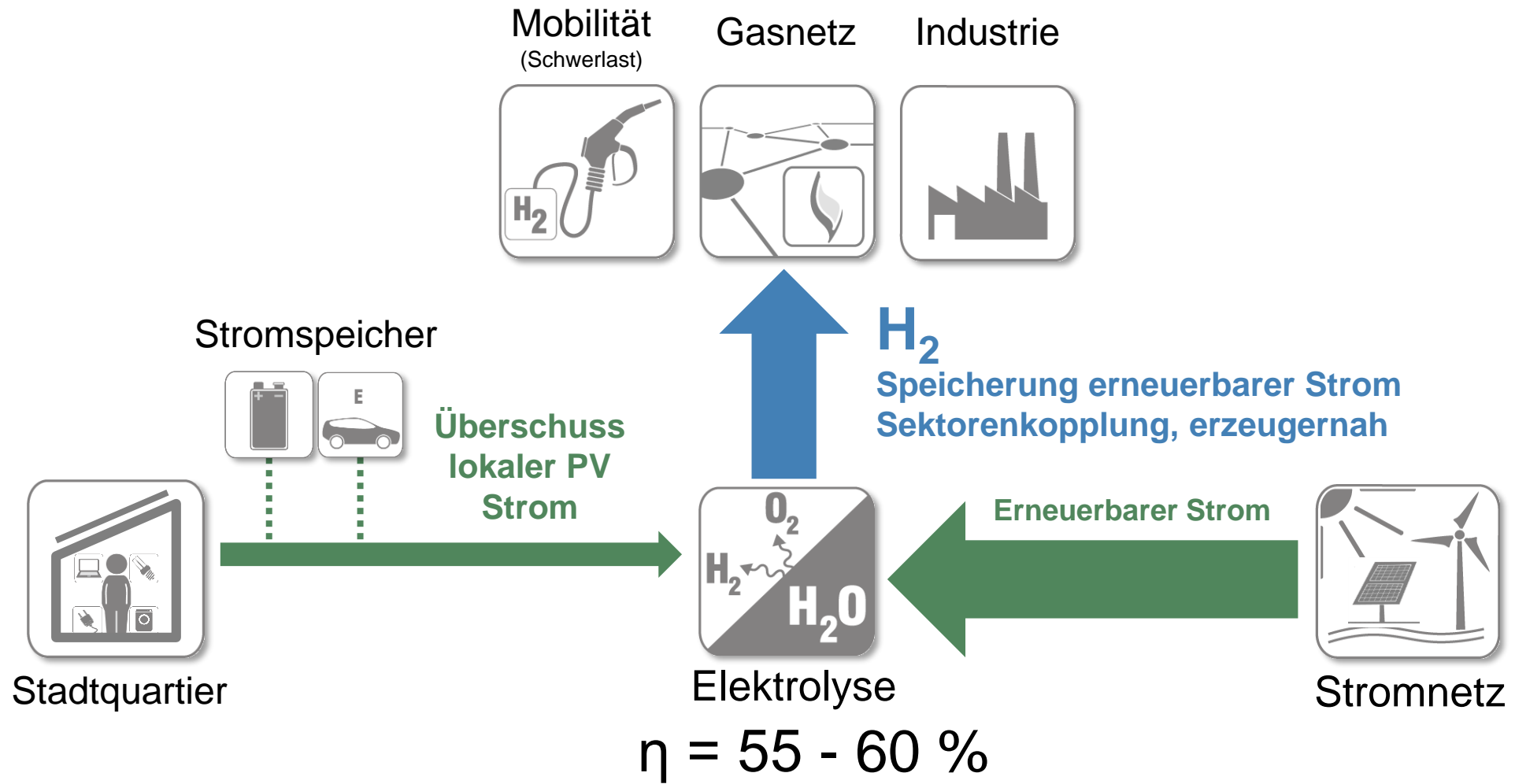


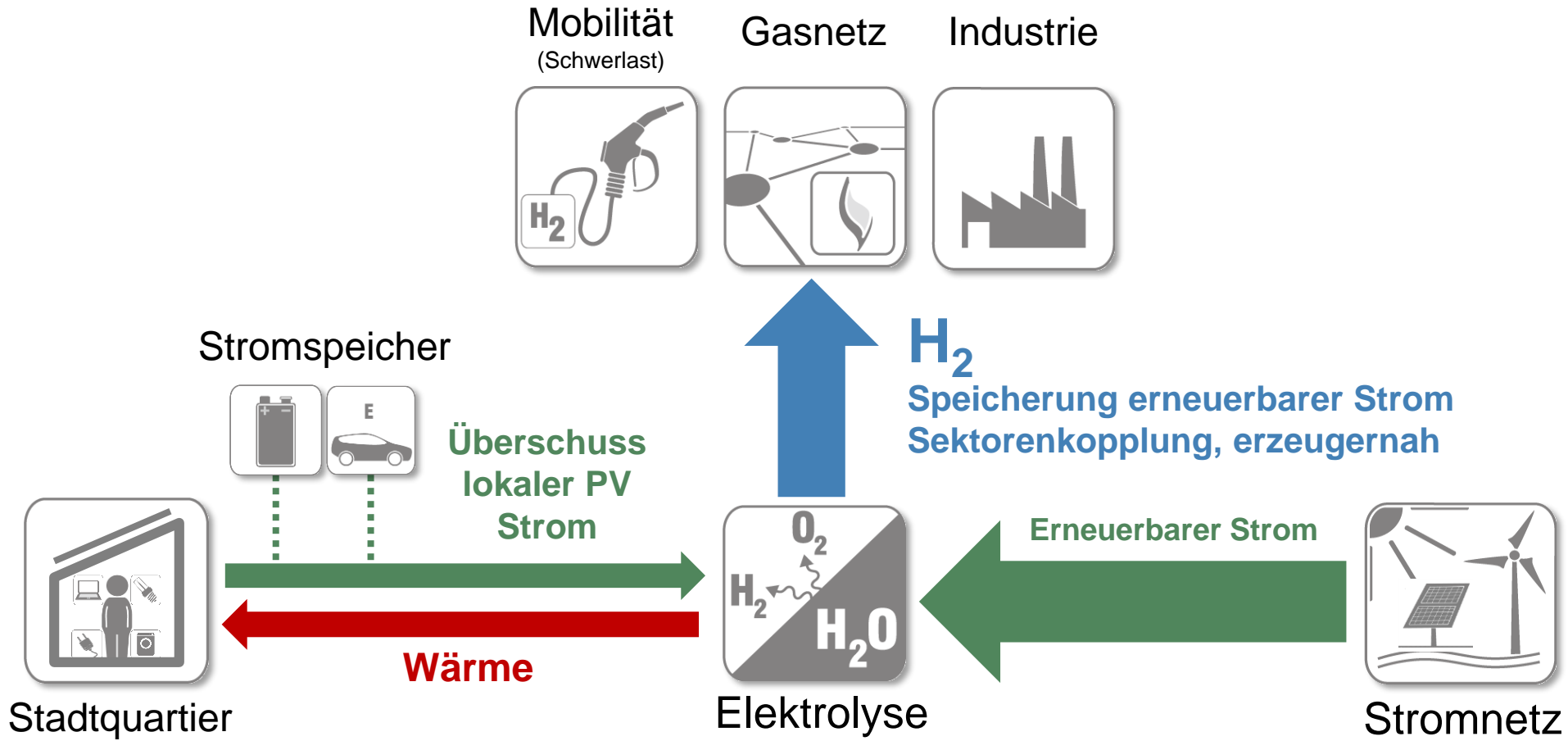
H₂-Anwendung

Übersicht



Pilotanlagen zur Sektorenkopplung PTG&H





$\eta = 80 - 85 \%$

Abwärmepotenzial im Jahr 2030 (10 GW_{el}): ca. 14 TWh/a*

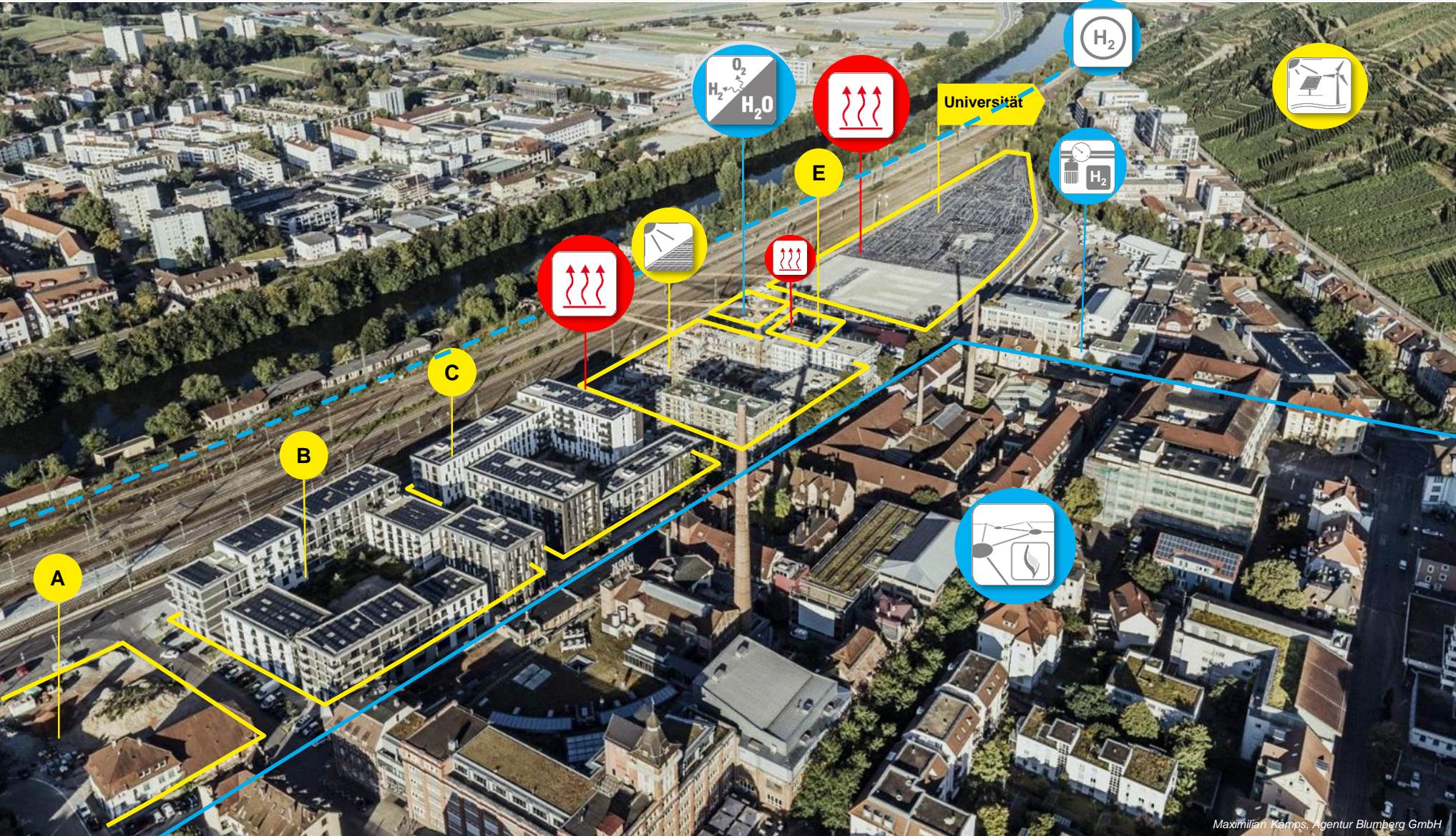
(entspricht 2% des aktuellen Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser in Deutschland)

* 4.700 h/a; $\eta_{th} = 30\%$

Klimaquartier – Neue Weststadt Esslingen energiewest energieplus



steinbeis innovations zentrum



- Innerstädtische Produktion grüner H₂ (1 MW_{el} Elektrolyseur)
- Nutzung Elektrolyse-Abwärme zur Dekarbonisierung Wärmeversorgung
- H₂ Nutzung
 - Gasnetzeinspeisung
 - Perspektivisch: Industrie & Mobilität

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Gefördert durch:



Bundesministerium für Bildung und Forschung

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Maximilian Kämpf, Agentur Blumberg GmbH

Elektrolyse AEL Skid – 6 Cell Stack 500 kW

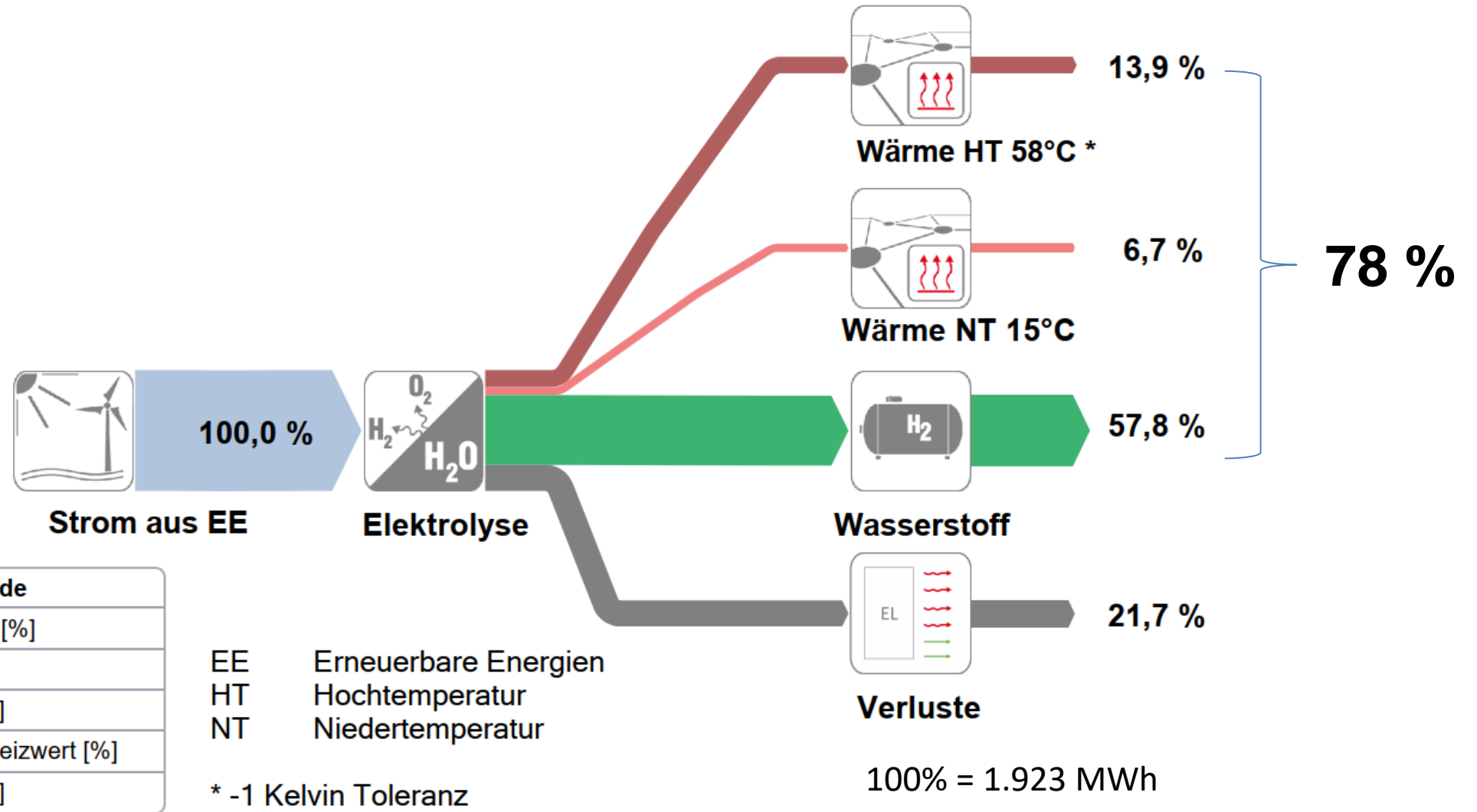


MaximilianKamps, Agentur Blumberg GmbH

- ✦ Leistung: $2 \times 500 \text{ kW}_{\text{el}}$
(Skid mit 6 IMET Cell Stacks)
- ✦ Nominal: $100 \text{ m}^3 \text{ H}_2/\text{h}$
- ✦ Betriebsdruck: 11,5 bar
- ✦ Elektrolyt: 30% Kalilauge, 500 l
- ✦ Wasserbedarf: $1,5 \text{ l} / \text{m}^3 \text{ H}_2$
($18 \text{ l} / \text{kg H}_2$)
- ✦ Nutzungsgrad: $5,2 \text{ kWh}_{\text{el}} / \text{m}^3 \text{ H}_2$
(ca. 60%)
- ✦ Abwärme: ca. 60 - 65 °C

Elektrolyse: Energieflussbild

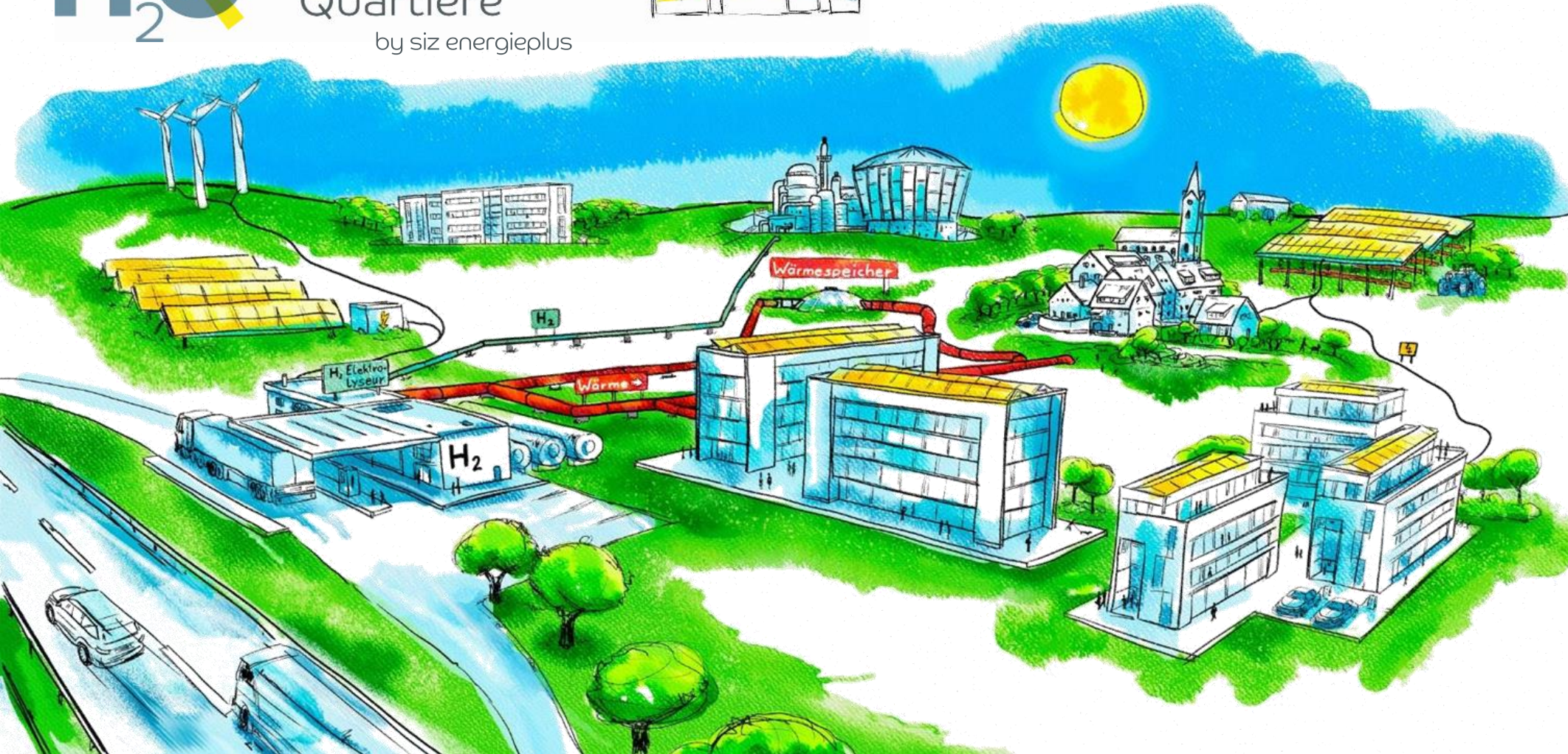
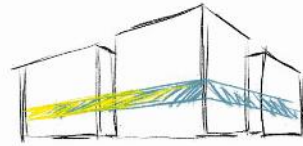
2023 Jan – Dez



Wasserstoffquartiere H₂Q

H₂Q

Wasserstoff
Quartiere
by siz energieplus



Gefördert durch:

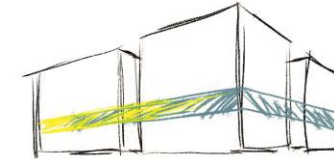


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Wasserstoff Quartiere



Verbundvorhaben: EnEff:Wärme:H2-Quartier – Dezentrale H2-Produktion im Kontext der Wärmewende im Quartier

Teilvorhaben: SIZ – Clusterung von 6 konkreten urbanen und suburbanen Quartiere für die Umsetzung einer klimaneutralen Energieversorgung mittels Abwärmenutzung bei der Produktion von „Grünem Wasserstoff“



10|21
-
09|25
(verlängert)



Gefördert durch:




Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



3.854.120 €
Förderung 80 %
SIZ 2.268.925 €



Stadtwerke Esslingen
LBBW GmbH
Stadtwerke Wertheim GmbH
Stadtwerke Tauberfranken GmbH
Stadt Freiburg
Stadtwerke Winnenden
Oest Holding GmbH



Prof. Fisch
Christian Kley
Sarah Hausser
Florian Weiß Tim Sorg
Matthias Stickel Tobias Nusser
Helmut Seiwald

 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Projekträger Jülich (PTJ)

WISSENSCHAFTL. GESAMTKOORDINATOR

siz energieplus 
steinbeis innovations zentrum
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Dr.-Ing. Christian Kley

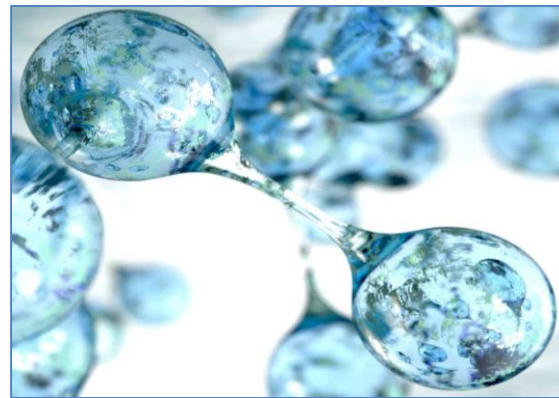
KONSORTIUM (VERBUNDPARTNER ZUR UMSETZUNG)



ASSOZIIERTE PARTNER

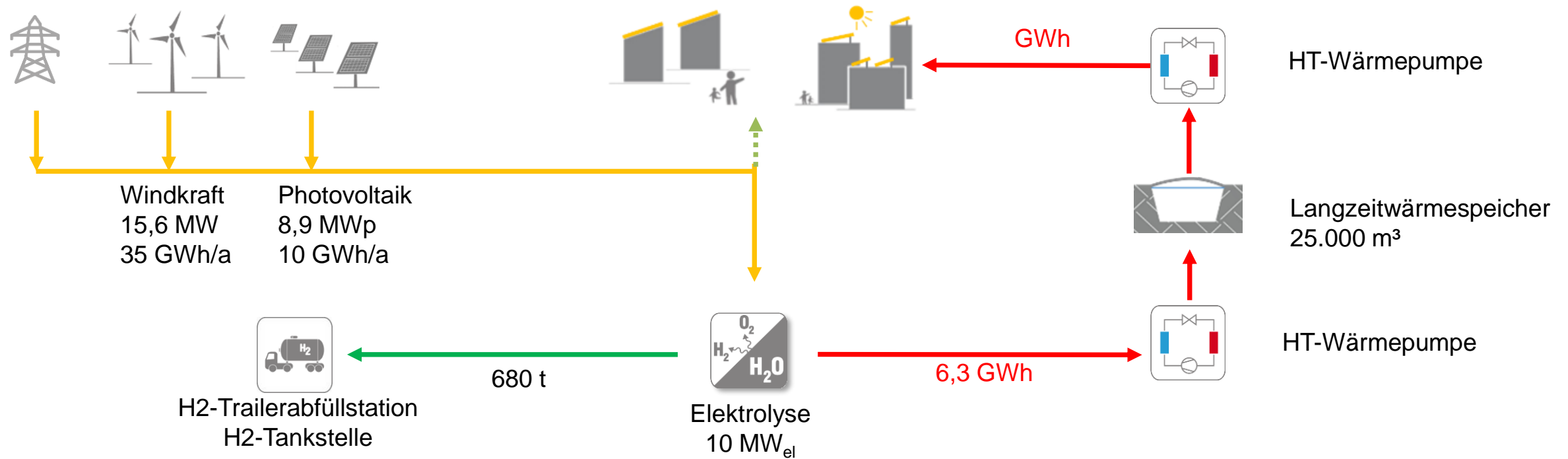






Warum H2 im Main-Tauber-Kreis?

- Spitzenreiter **Windkraft** in Baden-Württemberg
- Hohes Potenzial an **Photovoltaik**
- Hoher industrieller **Erdgasverbrauch**
- Viele Bedarfsanmeldungen für **Wasserstoff**
- Kommunale Wärmeplanung: bis 2040 allein für Wertheim Grüner Gasbedarf **130 GWh**





Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



Förderprogramm zum Aufbau einer Wasserstofftankstelleninfrastruktur in Bayern
Bayerischen Förderprogramm zum Aufbau einer Elektrolyseurinfrastruktur
Antragssteller: Guttroff GmbH (Dettelbach)



05|24
-
12|26



Gefördert durch



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



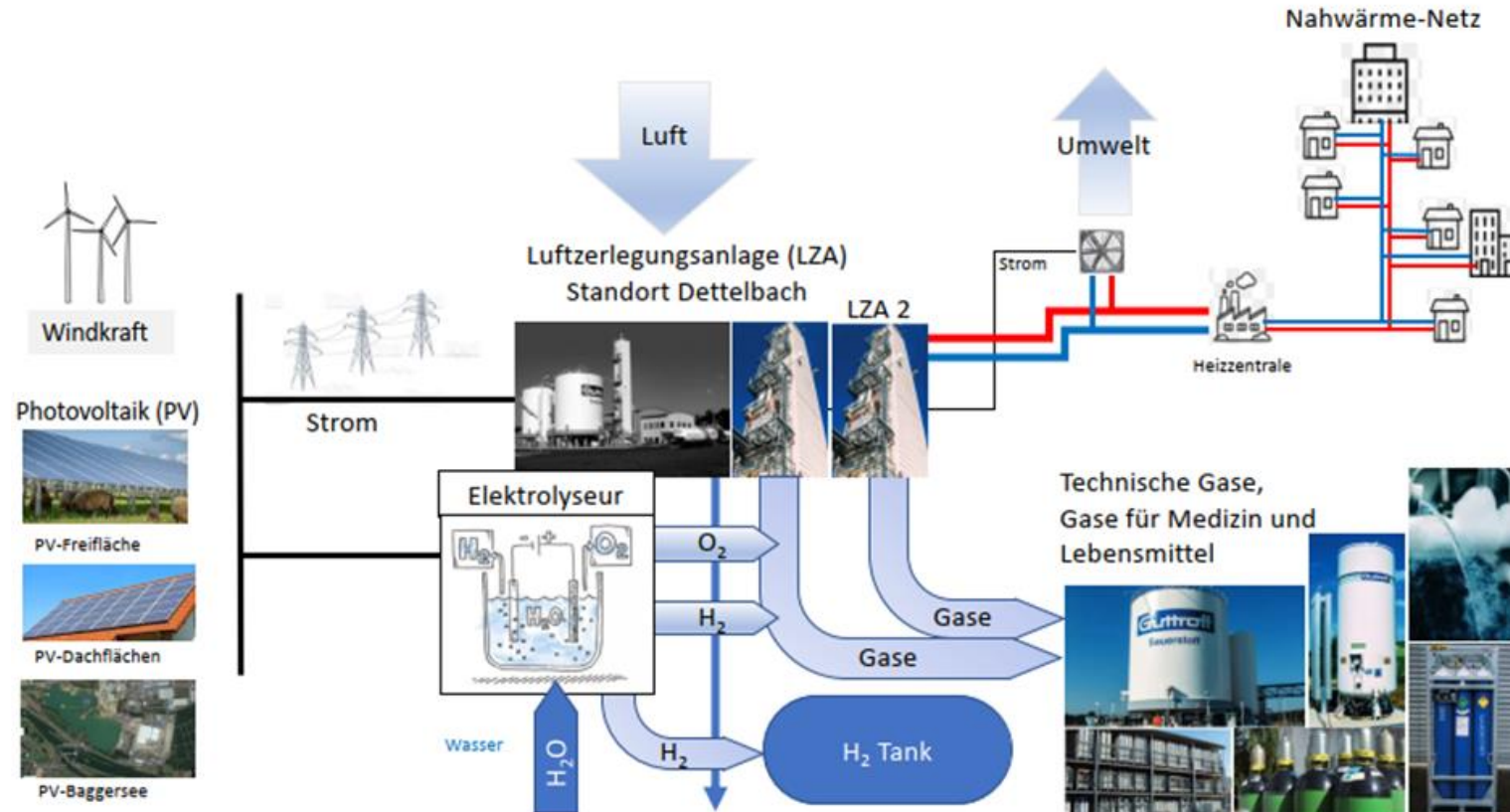
Investitionsförderung
ELY: Max. 5 Mio. €
H2T: Max. 2 Mio. €



Sauerstoffwerk Friedrich
Guttroff GmbH
&
Guttroff GmbH



Christian Kley
Tim Sorg
Florian Weiß
Hannah Liebel
(Bachelorarbeit?)



5 MW_e PEM-Elektrolyseur mit H₂-Wasserstofftankstelle (350 + 700 bar)

- Investor: Sauerstoffwerk Guttroff bzw. Guttroff GmbH (Gasehändler)



<https://news.manley.eu/cmbtech-eroffnet-die-weltweit-erste-multimodale-wasserstofftankstelle-und-praesentiert-lenoir-den-wasserstoff-lkw>

Grüner Wasserstoff ist **Schlüsselement der Energiewende** und essenziell für die **Dekarbonisierung der Sektoren Industrie und Mobilität.**

Mit dem dezentralen **P2G&H Konzept** wird grüner Wasserstoff verbrauchernah im urbanen Kontext produziert. Durch die **Abwärmenutzung** (begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Wärmequellen im städtischen Umfeld) und die **kurzen Transportwege** zu den Endabnehmern ist dieser Systemansatz höchst **effizient.**

„Machen statt Reden! - Doing instead of Talking!“

Wir haben kein
Erkenntnis-Defizit

sondern

ein Umsetzungs-Defizit
& Informationsmangel!

Es geht alles viel zu langsam!

**Technologien
sind verfügbar!**

**Machen! - Statt noch mehr
Strategiepapiere
Studien
Road-Maps**

...

