

Wasserstoff – unde venis, quo vadis?

>> TÜV Nord Bildung

**Völklingen,
24.11.2022**

Dr. Bodo Groß

Wasserstoff, die Nummer 1



Symbol: H

Ordnungszahl: 1

Relative Atommasse: 1,00794

Schmelzpunkt: 14,01 K

Siedepunkt: 20,28 K

Dichte: $0,0899 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$

1 H																	2 He				
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				
55 Cs	56 Ba	57-71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn				
87 Fr	88 Ra	89-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og				
			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu				
			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr				

Alkalimetalle

Übergangsmetalle

Nichtmetalle

Künstliche

Lanthanoide

Erdalkalimetalle

Metalle

Halbmetalle

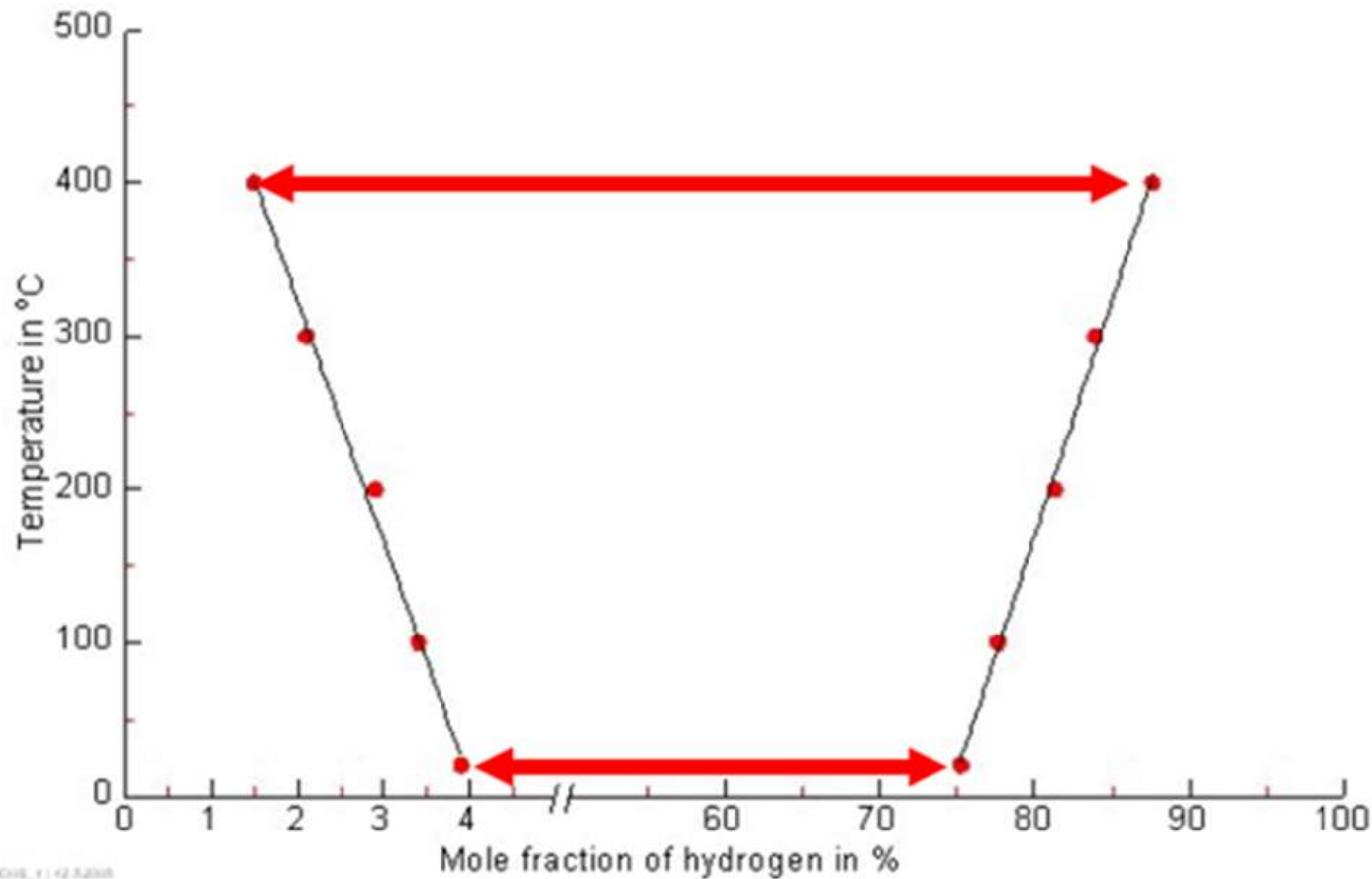
Edelgase

Actinoide

H₂: General Information

- ❖ Colourless, odourless and tasteless
- ❖ Weight: $\sim 2 \text{ g/mol}$ or $\sim 89.3 \text{ g/m}^3$
- ❖ Energy by Weight: 120 MJ/kg or 33 kWh/kg
- ❖ Energy by Volume: 10.8 MJ/m^3 or 3 kWh/m^3
- ❖ Explosion limits (standard conditions): 4 -77% in air
- ❖ Minimum ignition energy: $16 \mu\text{J}$
 - ❖ Order of magnitude; $1 \text{ J} \sim 0,000000278 \text{ kWh}$
- ❖ Autoignition temperature: 858 K
- ❖ Toxicity potential: Not toxic
- ❖ Electronegativity: 2.2
- ❖ Joule Thomson Effect: JTE is negative for H₂

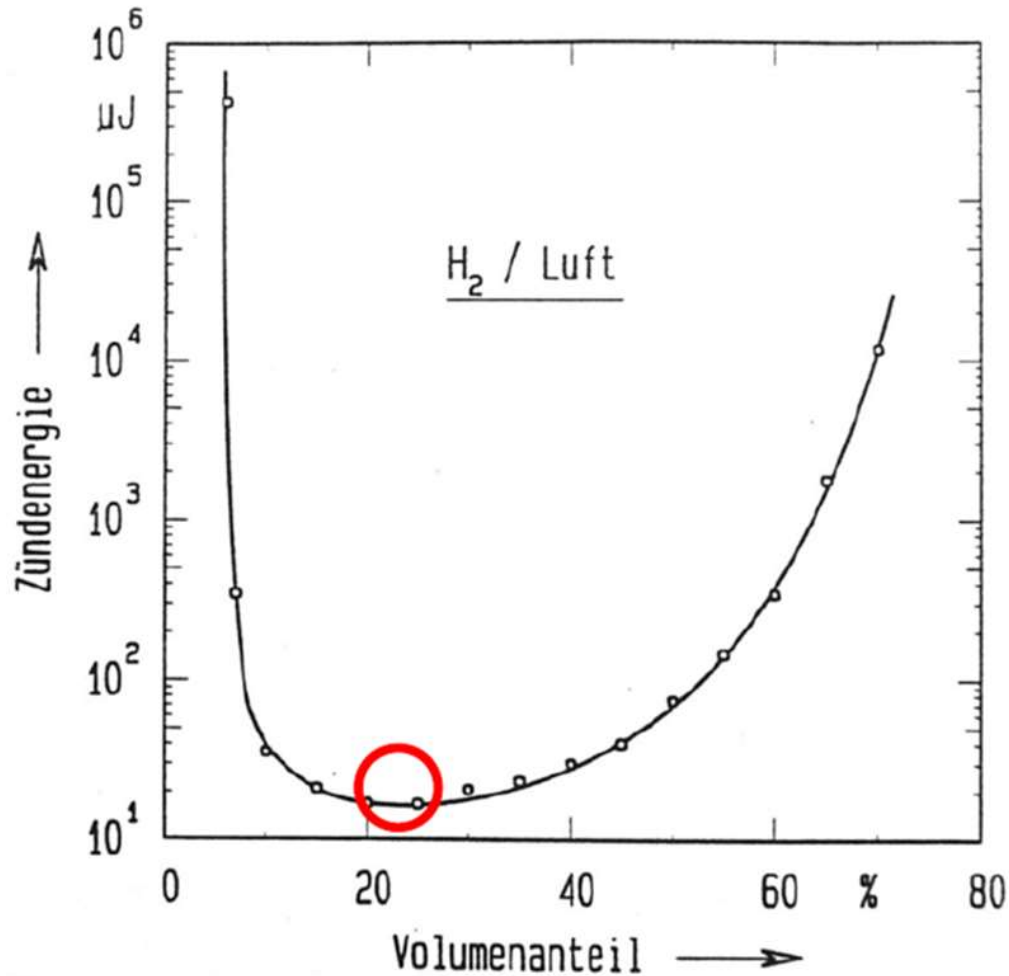
H₂: Lower and Upper Explosions Limits



- Explosion limits of Hydrogen in air under standard conditions: 4 – 77%
- At 400°C: 1.5% – 87%

Source: Ulrich Schmidtchen Wasserstoff sauber und sicher, REGWA Symposium Stralsund 08. November 2018, edited by IZES

H₂: Ignition Energy by Volume



- Minimum ignition energy of Hydrogen in Air under standard conditions: 16 μJ
- Most ignitable mixture: 22 Vol.%

H₂: Euphorie Brennstoffzelle/Wasserstofftechnologien

**Revolution der zukünftigen Energieversorgung
in der Haustechnik und Industrie mit stationärer
Brennstoffzellen**

Marktwachstum in zehn Jahren auf 105 Mrd. €

11/2000

Heinz Ketterer

Strom direkt aus Gas

Brennstoffzellen kommen zur Serienreife

1998

06/2004

Auf die Plätze fertig los

Der Kampf der Hersteller um die beste Startposition ihrer Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerke hat begonnen. Um konkurrenzfähig zu sein, sind noch technologische Sprünge nötig.

**Brennstoffzelle
für Heizöl**

3/2001

Aral und das Schweizer Unternehmen Sulzer Hexis starteten im Oktober

Kleinkraftwerk erreicht Produktreife

2000

**Wärmekraftkopplung
mit Brennstoffzellen**

Die Forschungsarbeiten im Bereich der Brennstoffzellentechnologie tragen erste Früchte. Die Feldtests von Hochtemperatur-Brennstoffzellen als Blockheizkraftwerk haben bewiesen, dass einer begrenzten Markteinführung im Jahr 2001 nichts mehr im Wege steht.

**Brennstoffzellen
verändern die
Energieversorgung**

3/02

en-Technologie ist eines

Im Unterschied zu anderen liegt die BZ wegen

**Brennstoffzelle steht vor dem
letzten Schritt zum Endkunden**

VDI nachrichten, Düsseldorf, 21. 3. 03 -

Auf dem Prüfstand stehen jetzt

H₂: Euphorie Brennstoffzelle

imagine Strom aus Gas ... Wärme aus Gas ... Heißwasser aus Gas ... Kälte aus Gas ... Licht aus Gas ...

RWE

HEIMKRAFTWERK
produziert Strom, Warmwasser, Wärme

BRENNSTOFFZELLE

RWE
One Group. Multi Utilities.

Strom, Naturgas, Wasser, Entsorgung, Services.

Strom Energieerzeugung und Vertrieb	Wärme Energieerzeugung und Vertrieb	Wasser Energieerzeugung und Vertrieb	Entsorgung Energieerzeugung und Vertrieb	Services Energieerzeugung und Vertrieb
--	--	---	---	---

H₂: Resignation Brennstoffzelle/Wasserstofftechnologien

Endstation Demut

2004

Der Brennstoffzellen-Hype der Jahrtausendwende ist verflogen. Die Branche übt sich in Bescheidenheit. Die Marktreife der Systeme für Ein- und Mehrfamilienhäuser wird – wenn überhaupt – wohl erst im nächsten Jahrzehnt erreicht sein. Vaillant will



Branche al

ZVSHK gründete die
AG Brennstoffzelle

Brennstoffzellen- Märchen ade!

Optimismus im Feldtest groß, aber:

Serienreife der Brennstoffzelle noch nicht in Sicht

03/2002

die Probleme im Hi
die es bei der Einf
Wärmepumpe

In Gelsenkirchen ist der für Nordrhein-Westfalen
Feldtest für den Ei Brennstoffzellen in

Markteinführungsszenarien nähern sich an

REALISMUS STATT EUPHORIE

11/2004

Das Angebot an Kongressen, Ausstellungen, Tagungen und Seminaren zur
Wasserstoff- und Brennstoffzellenthematik ist zeitweise kaum noch über-

Zweifel an der Zelle

2002

Die Brennstoffzellengemeinde traf sich Ende November in
Düsseldorf. Der Optimismus der vergangenen Monate ist verflogen.

H₂: Brennstoffzelle, SW Saarbrücken als PAFC Pioniere



Quelle: Stadtwerke Saarbrücken

- Leistungsdaten der ONSI PC25 C
- IBN: 1997, Betrieb von > 10 Jahren
- Erste in Europa installierte PC25 C
- Elektrische Leistung: 200 kW
- Thermische Leistung: 210 kW
- Betriebsdauer größer 50.000 h

H₂: Brennstoffzelle, Festo St. Ingbert als MCFC Pioniere



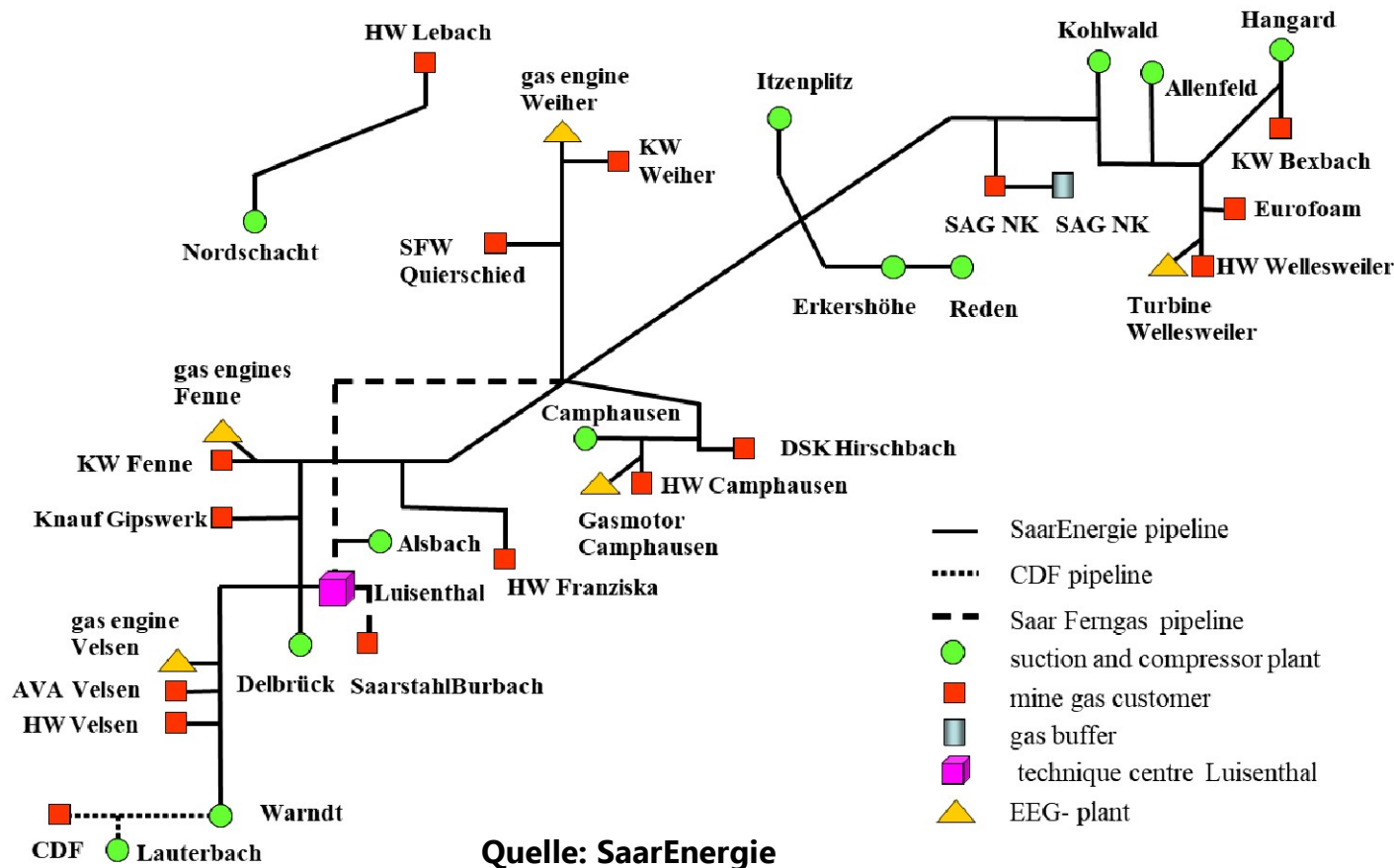
Quelle: Festo

- ❖ Leistungsdaten des MTU "hot module"
- ❖ Elektrische Leistung: 250 kW
- ❖ Thermische Leistung: 180 kW

In 2001 wurde am Kraftwerksstandort in Ens Dorf ebenfalls ein MTU hot module geplant. Fördersumme waren rund 6.5 Mio. DM. Das Vorhaben wurde aber, trotz Förderzusage, nicht umgesetzt.

H₂: Brennstoffzelle, angewandte F&E bei SaarEnergie/IZES/FZ Jülich

Pilotbetrieb einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle (SOFC) mit Grubengas



- Nutzung von Grubengas mittels einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle (SOFC)
- Entwicklung einer 2 kW_{el} SOFC für den Betrieb mit Grubengas
- Technologieentwicklung durch FZ Jülich, Monitoring und wissenschaftliche Begleitung durch IZES, Betrieb und Gesamtleitung durch SaarEnergie (später STEAG SaarEnergie)

SOFC Teststand in Luisenthal



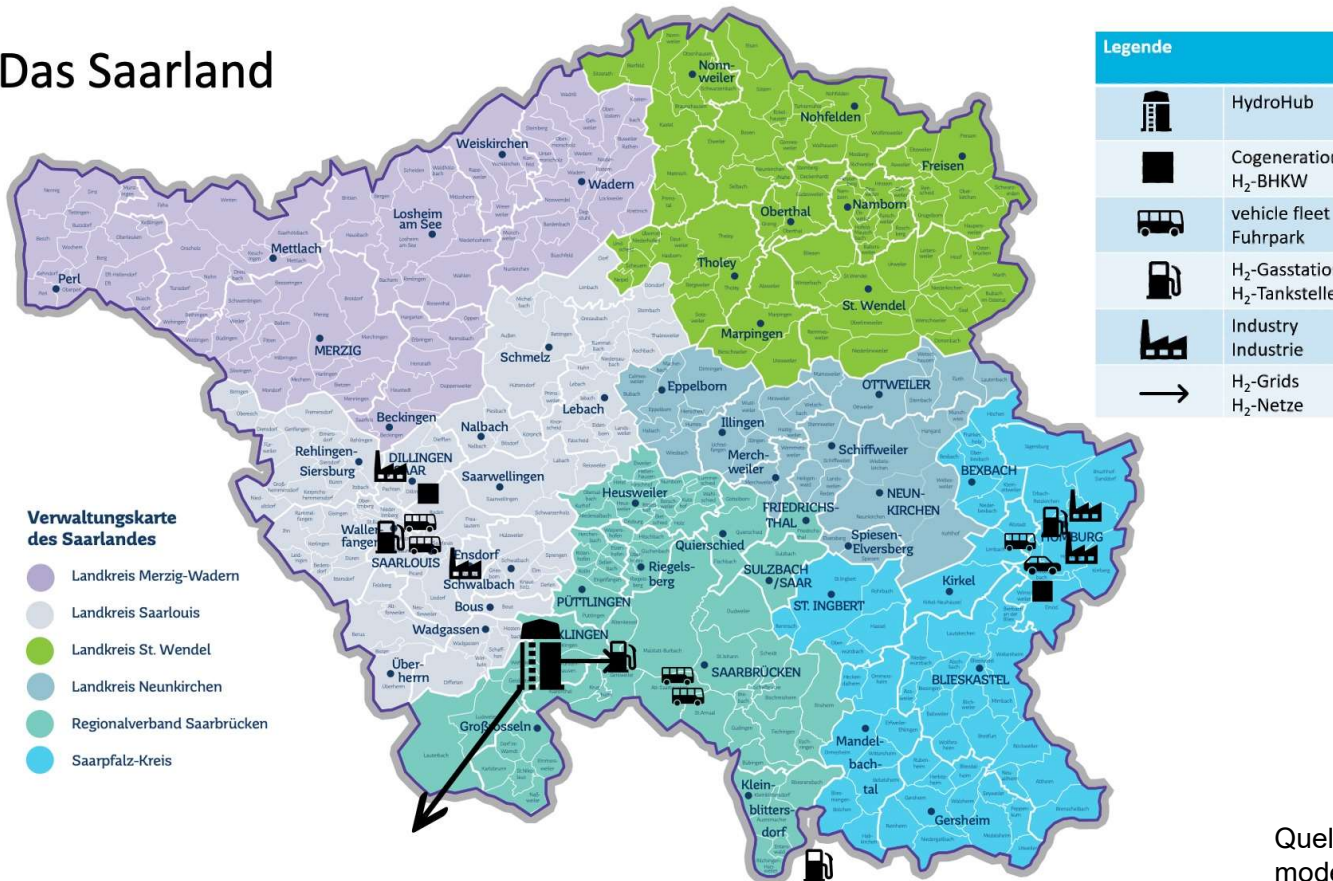
SOFC im Aufbau, inklusive Sensorik



Quellen: IZES gGmbH

Beispielhafte Implementierung einer Modellregion für H₂- Anwendungen im Bereich Mobilität, Industrie und effizienter Wärmenutzung mit BHKW

Das Saarland



Seit 2020 ist das Saarland HyExpert-Modellregion. Das Vorhaben hatte eine Laufzeit von 02/20 bis einschließlich 06/21. Thematisch wurde der intersektionale Einsatz von Wasserstoff in den Bereichen Mobilität, Industrie und Wärme untersucht. Die Projektleitung hatte das Wirtschaftsministerium. In 10 Arbeitsgruppen wurden von insgesamt 23 Konsortialpartnern themenspezifische Ideen auf Machbarkeit untersucht.

Quelle: https://www.saarland.de/mwide/DE/portale/wasserstoff/h2-modellregion/h2-modellregion_node.html

H₂: laufende F&E Vorhaben im Saarland – GenComm

GENCOMM – GENerating energy secure COMMunities by means of “Smart Hydrogen”
Integrated renewable energy, generation & storage To develop a new model for exploiting remotely generated electricity from renewable sources to provide energy security for remote communities.

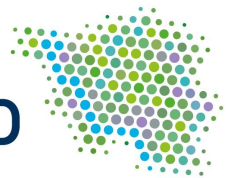


Quelle: IZES gGmbH



- Ministerium für
Wirtschaft, Innovation,
Digitales und Energie

SAARLAND



**GenComm is a 6 year-
project with a total
investment of approx.
12 Mio. € and 11
partners involved, led by
Belfast Metropolitan
College**

H₂: laufende F&E Vorhaben im Saarland – GenComm

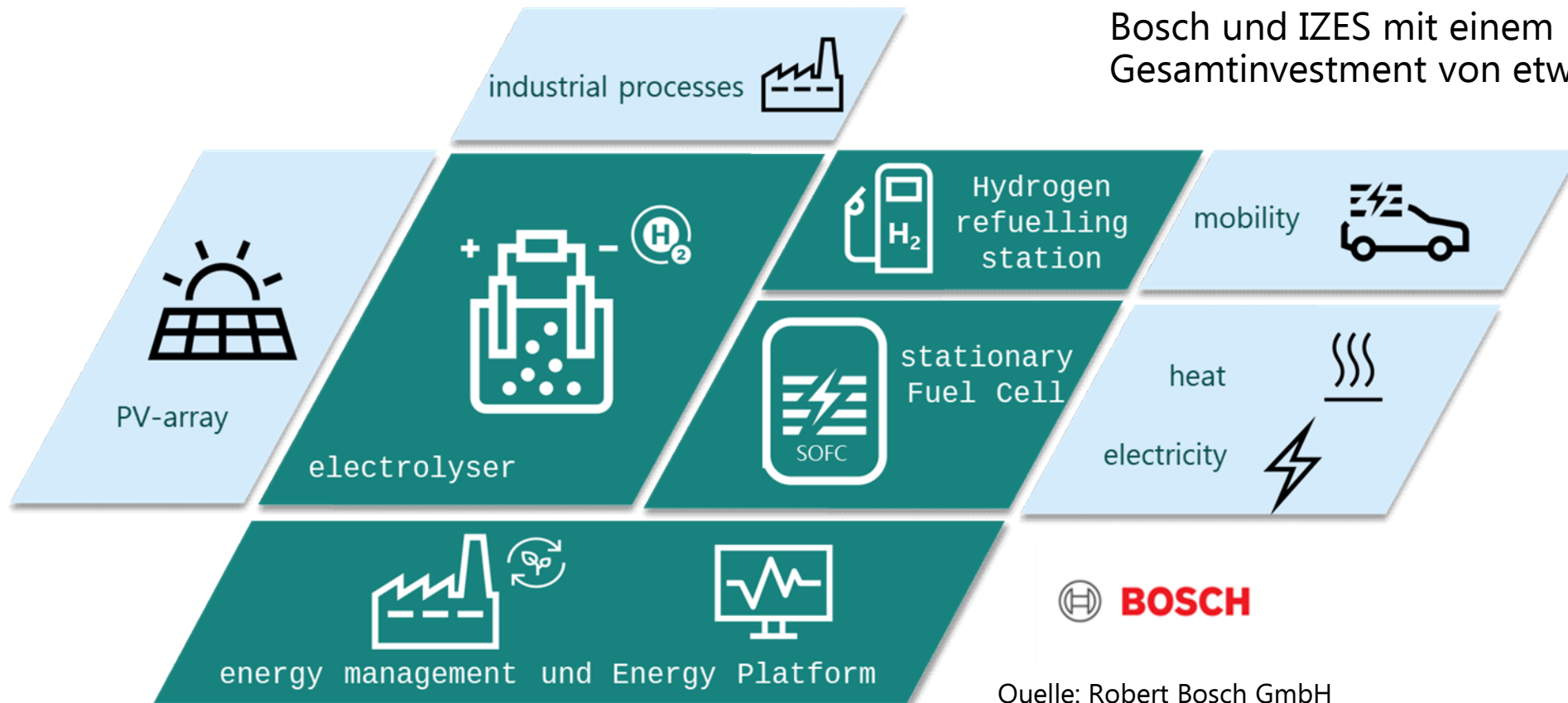
Quelle: Mats Karlsson



H₂: laufende F&E Vorhaben im Saarland – KoNSTanZE

Wasserstoffbasierte Sektorenkopplung im industriellen Umfeld

KoNSTanZE ist ein 3 Jahre andauerndes Verbundvorhaben von Bosch und IZES mit einem Gesamtinvestment von etwa 3,5 Mio €.



Quelle: Robert Bosch GmbH

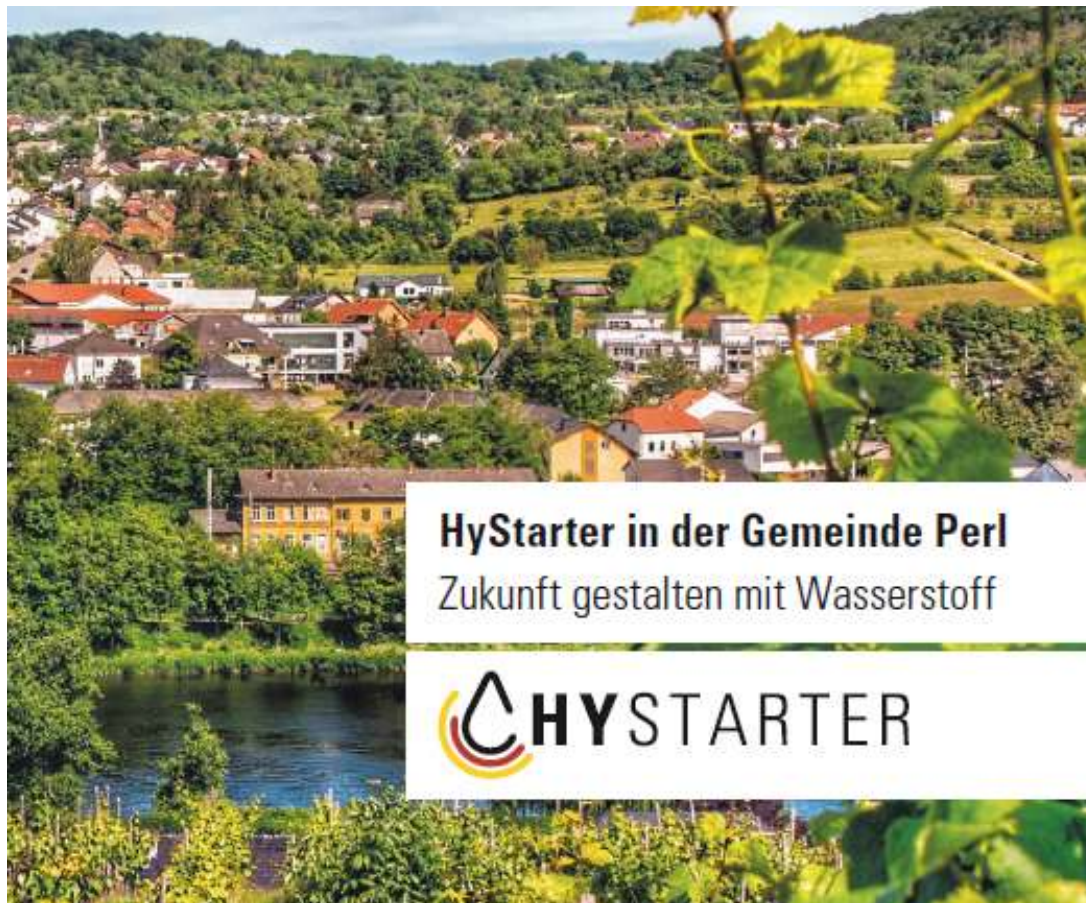
H₂: laufende F&E Vorhaben im Saarland – KoNSTanZE

Wasserstoffbasierte Sektorenkopplung im industriellen Umfeld



Quelle: Robert Bosch GmbH

H₂: laufende Vorhaben im Saarland – HyStarter in Perl



Quelle: <https://www.hy.land/hystarter-ii-gemeinde-perl/>

Die HyStarter Akteure:

- Gemeinde Perl • IZES gGmbH • GRTgaz
- Creos Deutschland GmbH • die Saarländischen Ministerien für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar- und Verbraucherschutz sowie für Wirtschaft, Innovation, Digitales und Energie sowie zahlreiche weitere Partner...!

Die Wasserstoff-Mission der Region:

- Erzeugung von grünem H₂ • Nutzung bereits bestehender Leitungssysteme zum Transport von grünem H₂ • Etablierung einer H₂-Tankstelle • Abwärmenutzung der Wasserelektrolyse • Versorgung von ÖPNV- und Logistikunternehmen mit H₂ • Umwandlung und Nutzung einer ehemaligen Bahnverladestelle als Umschlagsplatz für grünen H₂ mit Anschluss an das Schienennetz sowie an die Schifffahrtsstraße Mosel

weitere aktuelle & geplante H₂-Vorhaben im Saarland und in Europa



SH2AMROCK – Sourcing Hydrogen for Alternative Mobility, Realising Opportunities and Creating KnowHow in Ireland

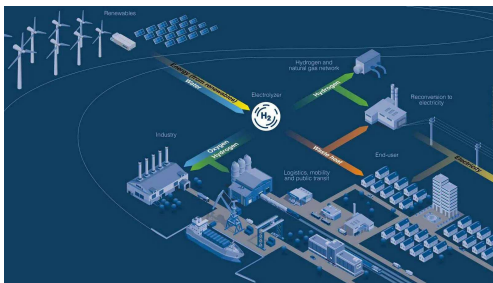
SH2AMROCK is a 5 year-project with a total investment of approx. 80 Mio. € and 16 partners involved



Quelle: <https://grande-region-hydrogen.eu/de/projekte-2/mosahyc-deutsch/>

mosaHYc – moselle-saar-hydrogen-conversion

Die Verteilernetzbetreiber Creos (DE), GRTgaz (FR) wollen in Kooperation mit dem Energiekonzern Encevo (LU) eine rund 100 km lange H₂-Pipeline in der Grande Région etablieren. Diese soll die Region an das europäische Wasserstoffverbundnetz „European Hydrogen Backbone“ anbinden.



Quelle: <https://grande-region-hydrogen.eu/de/projekte-2/hydrohub-fenne-deutsch/>

HydroHub Fenne

Das 110 Mio. € Projekt hat eine Elektrolysekapazität von rund 53 MW oder rund 8.200 Tonnen pro Jahr Wasserstoffproduktionskapazität. Die Inbetriebnahme ist für 2026 geplant.

IZES: geplante H₂-(Bildungs-)Vorhaben im Saarland – HALLIE

“HALLIE” – Hydrogen applications on a scientific/industrial level as a leading instrument for decarbonisation of the future energy system in Europe

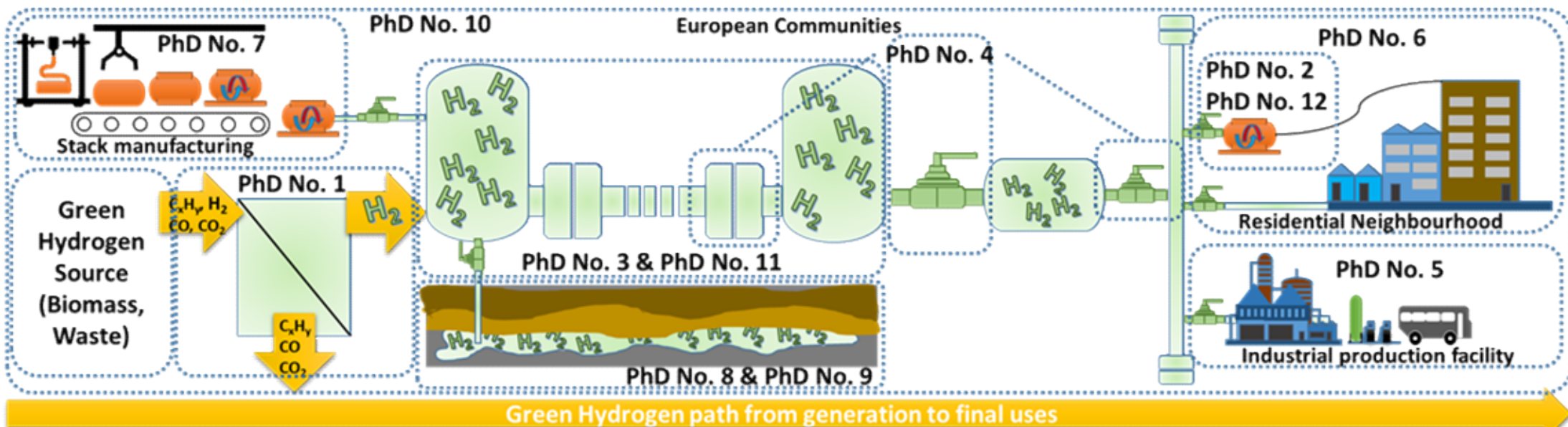
akademische Ausbildung im Bereich Wasserstofftechnologie im MSCA Netzwerk “HALLIE”

Quelle: IZES gGmbH

WP2
Green Hydrogen
Generation & Safety

WP3
Green Hydrogen Storage,
Transportation &
Distribution

WP4
Green Hydrogen End-Use
Applications



Kick-off Veranstaltung "Von der Kohle zum Wasserstoff"



XXX

YYY

ZZZ

Quelle: TÜV Nord Bildung

Conclusion

Hydrogen has the power to chance the world – stay curious!



Quelle: Clean Energy Partnership, CEP; Jörg Starr; NOW Beiratstreffen June 13th, 2019

Danke fürs Zuhören!
Haben Sie Fragen?

Dr. Bodo Groß

IZES gGmbH
Altenkessler Str. 17, Geb. A1
D-66115 Saarbrücken

gross@izes.de; +49 681 844972 51