

# Strukturwandel in der Lausitz – Energieregion bleiben



**„Erzeugung von grünem Wasserstoff“  
– Centrum für Energietechnologie Brandenburg e.V.**

**12. April 2021**

**Dr.-Ing. Klaus Freytag, Lausitz-Bbeauftragter des Ministerpräsidenten  
Staatskanzlei des Landes Brandenburg**

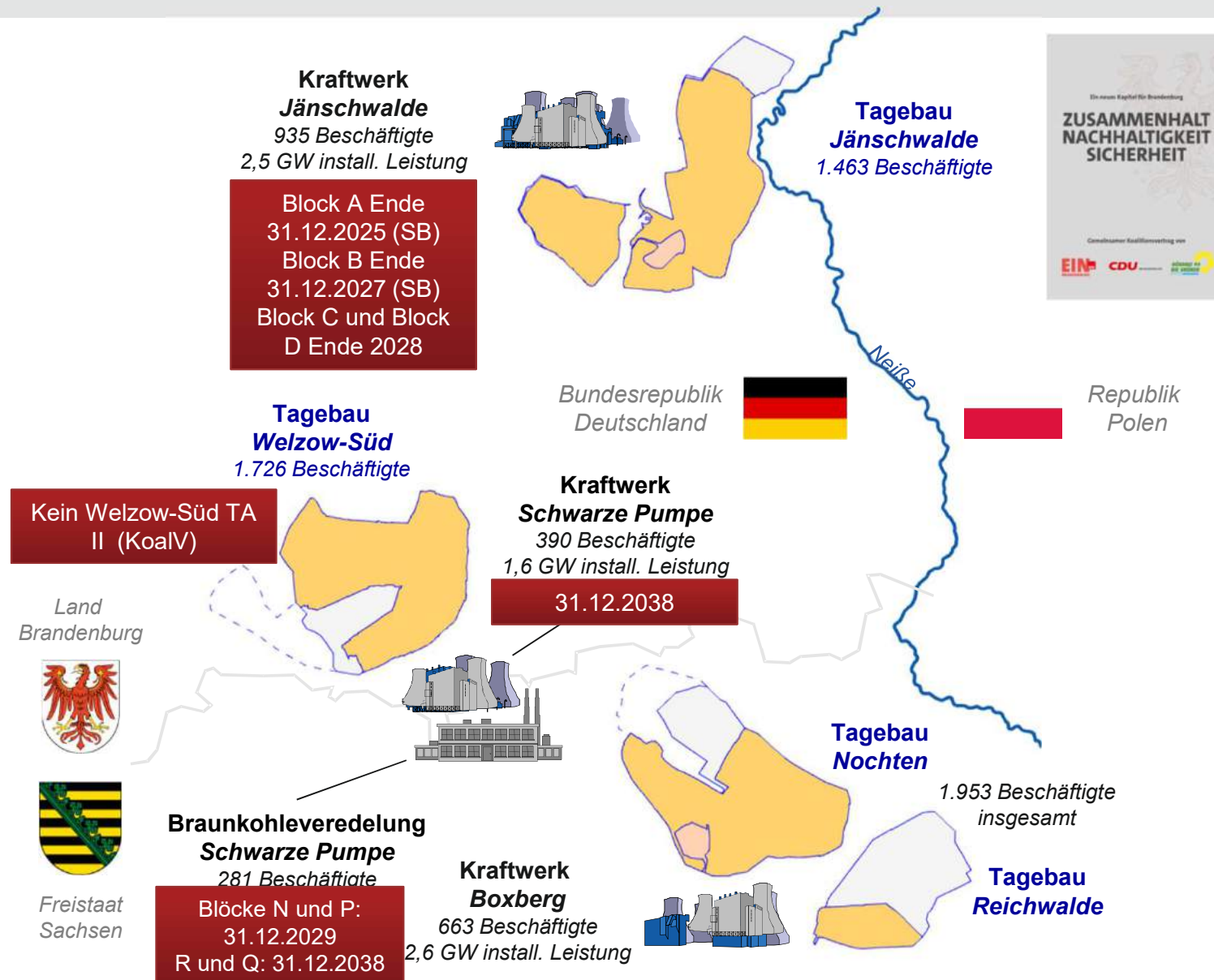
## Meilensteine der Energie- und Klimaschutzpolitik seit 2014

- *EU Klima- und Energierahmen 2030*
- *Pariser Klimaschutzkonferenz (2015)*
- *Klimaschutzplan 2050 (KSP 2050) (2016)*
- *Koalitionsvertrag (2018): Einsetzung der WSB-Kommission*
- *Strukturstärkungsgesetz Kohlregionen (2020)*



# Kohlerevier

## Kohleausstiegsgesetz



Beschäftigte	31.12.2020
<b>Gesamt</b> <sup>1)</sup>	<b>7.051</b>
davon Tagebaue	4.782
davon Kraftwerke	1.988
davon Veredelung	281

1) Angaben in Personen  
(aktive, inaktive Mitarbeiter, Auszubildende)

SB: Sicherheitsbereitschaft

1,75 Mrd. € zweckgebunden  
für LEAG an  
Zweckgesellschaft

**Fläche:** 11.727 km<sup>2</sup>

**Einwohner:** 1,16 Mio. Einwohner

## Wirtschaftsstruktur

- Energie- und Braunkohleindustrie
  - Lausitz Energie Bergbau AG (LEAG) mit ca. 7.051 Beschäftigten
    - Zahlreiche KMUs in Wertschöpfungsketten eingebunden
- Weitere bedeutende Wirtschaftszweige:
  - Stahl- und Metallindustrie (u.a. Kjellberg)
  - Chemische Industrie (u.a. BASF, Trevira)
  - Maschinen- und Anlagenbau (u.a. ABB Cottbus, KSC, uesa)

## Zuständigkeitsbereiche

-  Wirtschaftsregion Lausitz GmbH (WRL)
-  Sächsische Agentur für Strukturentwicklung GmbH (SAS)





teilweise fehlende  
anwendungsorientierte  
Forschung



Defizite in der  
Verkehrsinfrastruktur

Lausitz

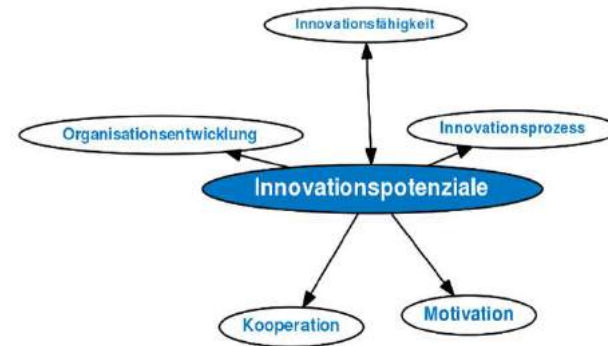
Image der Region



Fachkräftesicherung,  
Fachkräfteanwerbung



Zunehmender nationaler und  
internationaler Wettbewerb  
durch Globalisierung und  
Digitalisierung

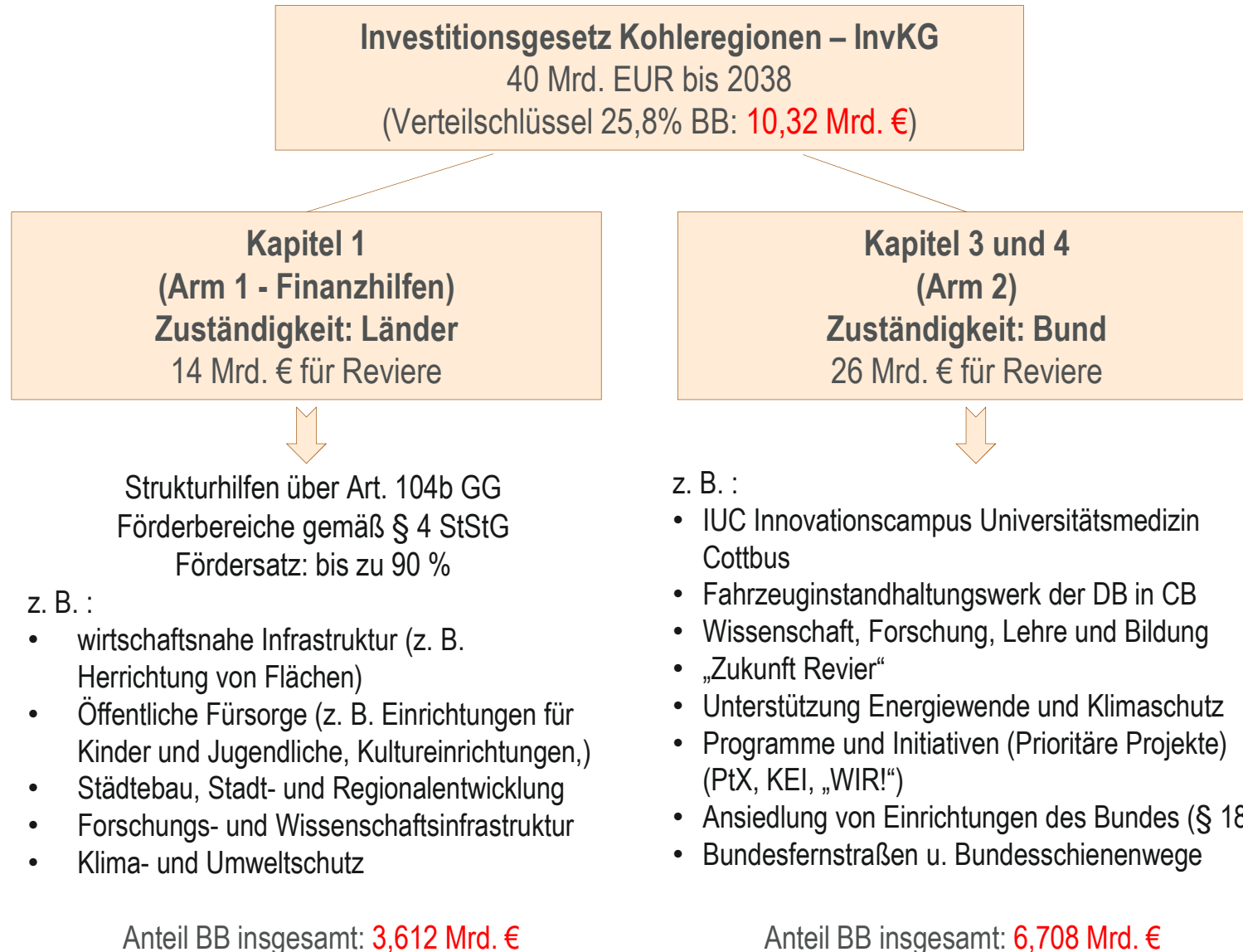


geringes Innovationspotenzial  
als Ansatzpunkte für eine  
wirtschaftliche Eigendynamik



Einflüsse des Klimawandels  
Decarbonisierung der Industrie

- **Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen** vom 14. August 2020
  - Artikel 1 Investitionsgesetz Kohleregionen
  - Artikel 2 Änderung des Bundesfernstraßengesetzes
  - Artikel 3 Änderung des Allgemeinen Eisenbahngesetzes
  - Artikel 4 Änderung Maßnahmengesetzvorbereitungsgesetzes
  
- **Förderrichtlinie zur Stärkung der Transformationsdynamik und Aufbruch in den Revieren und an den Kohlekraftwerkstandorten „STARK“** vom 16. Juli 2020
  
- **Bund-Länder-Vereinbarung** vom 27. August 2020
  - Zur Durchführung des Investitionsgesetzes Kohleregionen
  
- **Das Lausitzprogramm 2038 des Landes Brandenburg** vom 14. September 2020
  
- **Förderrichtlinie des Landes Brandenburg** vom 24. November 2020



## Moderne und nachhaltige Energieregion

- **Energieregion bleiben**
- **wichtiger Beitrag zur Sicherung der Energieversorgung Deutschlands leisten**
- **Sektorkopplung ausbauen und intensivieren**
- **Power-to-X-Anlagen im industriellem Maßstab produzieren**



### § 16 StStG

- zusätzliche Mittel für die Forschungsinitiative „**Reallabore der Energiewende**“ mit dem Fokus auf **Energieinnovationen** „um vorhandene energietechnische Kompetenzen und Infrastrukturen zukunftssicher weiterzuentwickeln, das Innovationspotenzial der Regionen gezielt zu stärken und zukunftsfähige energietechnologische Wertschöpfung zu generieren.“
- Einrichtung eines Instituts „zur Erforschung emissionsärmerer Flugtriebwerke in Cottbus für das Lausitzer Revier“ des **Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt**

### § 17 StStG

Der Bund wird [...] zur Stärkung des wirtschaftlichen Wachstums und zur Schaffung von Arbeitsplätzen [...] insbesondere folgende Programme, Initiativen und Einrichtungen einrichten, ausweiten oder aufstocken:

- weiterer Aufbau des **Kompetenzzentrums Klimaschutz in energieintensiven Industrien** mit Sitz in Cottbus zur Umsetzung des Förderprogramms zur Dekarbonisierung in der Industrie
- Aufbau eines **Fraunhofer-Instituts für Geothermie und Energieinfrastrukturen**
- Einrichtung eines Kompetenzzentrums für die nachhaltige Erzeugung und Nutzung von **Power-to-X** inklusive einer Demonstrationsanlage in der Lausitz



Bundesamt  
für Strahlenschutz



KOMPETENZZENTRUM  
KLIMASCHUTZ IN  
ENERGIEINTENSIVEN  
INDUSTRIEN



ZUKUNFT UMWELT GESELLSCHAFT

Einrichtung (Standort)	Institution (Geschäftsbereich)	Jobs (bis zu)	Gegenstand
<b>Ausgewählte Projekte in Zuständigkeit Bund</b>			
PtX-Zentrum Lausitz (Cottbus)	Z-U-G gGmbH (BMU)	120	Umwandlung Windkraft/ Wasserstoff → CO2-neutrale Brennstoffe
DLR-Institut I – CO2-arme Industrieprozesse (Cottbus/Zittau)	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (Helmholtz)	150	Forschung zur Reduzierung der CO2-Emissionen bei Industrieprozessen
DLR-Institut II – Elektrifizierte Luftfahrtantriebe (Cottbus)	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (Helmholtz-Gemeinschaft)	100	Forschung zu hybrid-elektrischen Antrieben → Reduzierung Treibhausgasausstoß in der Luftfahrt
Fraunhofer Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie (Cottbus/Zittau, NRW)	Fraunhofer-Gesellschaft	15	Am Standort Cottbus: Forschung zu Energieinfrastruktur zu Schwerpunkt: Gas- und Wärmeinfrastrukturen
Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Unternehmen (Cottbus)	Z-U-G gGmbH (BMU)	20	- Betreuung FP zur Dekarbonisierung der Industrie - Think Tank als Unterstützung für Unternehmen
Kompetenzzentrum elektromagnetische Felder (Cottbus)	Bundesamt für Strahlenschutz (BMU)	16	Informationsbündelung, Begleitforschung, Auswirkungen Gesundheit
Außenstelle Bundesnetzagentur (Cottbus)	BMWi	100	- Genehmigungsverfahren Stromleitungen - Aufgaben im Zusammenhang Grundversorgung Internet





Magazinstraße 28

03046 Cottbus

Dr.-Ing. Klaus Freytag

Tel. 0355 494634 10

[lausitz@stk.brandenburg.de](mailto:lausitz@stk.brandenburg.de)

[www.lausitz-brandenburg.de](http://www.lausitz-brandenburg.de)

# Übersicht über Klein-Elektrolysen

Uwe Küter

Im Auftrag der IHK Cottbus und CEBra e.V.

Online-Workshop: Erzeugung von grünem Wasserstoff  
Wasserstofferzeugung mittels Elektrolyse

Wasserstoffnetzwerk Lausitz „DurchH2atmen“, 12. April 2021

# Agenda

---

- 1 Unternehmen
- 2 Definition „Klein-Elektrolysen“
- 3 Unterscheidung in Elektrolyseure und Elektrolyse-Stacks
- 4 Kurze Vorstellung Anbieter von Klein-Elektrolyseuren und Klein-Elektrolyse-Stacks
- 5 Übersichtstabelle Anbieter von Elektrolyse-Technologie (Systeme und Stacks) in Deutschland

# Unternehmen

---

Gründung	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2015, Lübeck</li></ul>
Gesellschafter	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uwe Küter, Matthias Bromeis</li></ul>
Fokus der unternehmerischen Tätigkeit	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wasserstoffherzeugung aus Erneuerbarer Energie</li><li>• Beratung von Unternehmen, Institutionen und Kommunen</li></ul>
Dienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Handelsvertretung in Deutschland<ul style="list-style-type: none"><li>Plug Power, USA - Elektrolysetechnologie</li></ul></li><li>• Kunden- und Projekt-Akquise<ul style="list-style-type: none"><li>Unternehmen im H2-Bereich</li></ul></li><li>• Lastgang-Analyse von PV/Wind-Daten<ul style="list-style-type: none"><li>Optimierte H2-Erzeugung durch Elektrolyse</li></ul></li></ul>

# Definition „Klein-Elektrolysen“

---

**hier:** (Wasser-) Elektrolyseur mit einer Wasserstoff-Produktionsrate von bis zu 10,0 Nm<sup>3</sup>/h (ca. 0,9 kg/h). Dies entspricht einer durchschnittlichen Leistungsaufnahme von bis zu ca. 50 kW, je nach Hersteller-Anlage und Betriebspunkt etwas mehr oder etwas weniger.

## **Zum besseren Verständnis:**

H<sub>2</sub>-Tagesproduktion: 10 Nm<sup>3</sup>/h x 24 h/d = 240 Nm<sup>3</sup>/d oder 21,8 kg Wasserstoff am Tag, denn 11 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub> entsprechen ca. 1 kg H<sub>2</sub>.

Zusatzinformation: Zur Herstellung von 1 kg Wasserstoff werden somit ca. 55 kWh elektrischer Energie benötigt, je nach Hersteller-Anlage und Betriebspunkt etwas mehr oder etwas weniger.

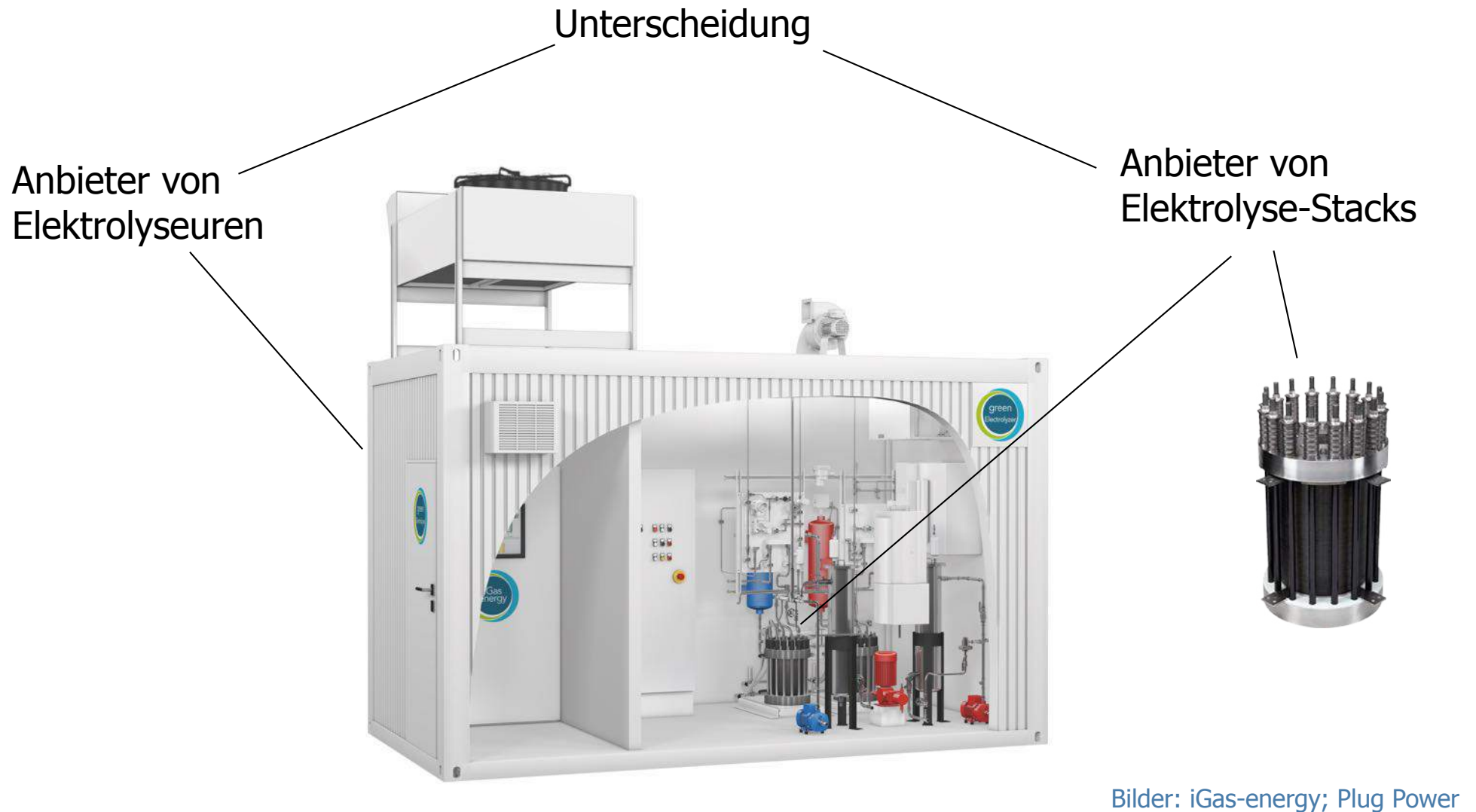
## **Zur Veranschaulichung:**

In der H<sub>2</sub>-Mobilität entspricht diese Tagesproduktion von 21,8 kg H<sub>2</sub> den folgenden exemplarischen Reichweiten:

- Brennstoffzellen-PKW: 2100 km (Verbrauch ca. 1 kg/100 km)
- Brennstoffzellen-Entsorgungsfahrzeug: 370 km (Verbrauch ca. 5,9 kg/100 km)
- Brennstoffzellen-Stadtbus 12 m: 230 km (Verbrauch ca. 9,5 kg/100 km)
- Brennstoffzellen-Zug: 72 km - 125 km (Verbrauch ca. 17,5 - 30 kg/100 km)

Quellen: NOW-GmbH; FAZ v. 22.5.19; Wirtschaftsbetrieb Duisburg

# Anbieter Elektrolyse-Technologie





# Anbieter von Elektrolyseuren und - Stacks in Deutschland

---

Die Recherche und Durchsicht des Produktangebots von 21 uns bekannten Anbietern von Elektrolyseuren und/oder Elektrolyse-Stacks in Deutschland ergab:

8 Anbieter von Klein-Elektrolyseuren im Bereich bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub>

3 Anbieter von Klein-Elektrolyse-Stacks bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub>

plus weitere potentielle Anbieter (siehe Übersicht)

## Anbieter von Klein-Elektrolyseuren

## Elogen

Specification	E10
<b>Hydrogen Production</b>	
H <sub>2</sub> flow rate [Nm <sup>3</sup> /h]	10
<b>Oxygen Production</b>	
O <sub>2</sub> flow rate [Nm <sup>3</sup> /h]	5
<b>Operating Range</b>	
Hydrogen production [%]	10-100
Power input [%]	10-100
<b>Feeding Water</b>	
Consumption [l/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> ]	< 4
<b>Installed Power</b>	
Electrolysis [kW]	50
Power [kVA]	100
<b>Specific Energy consumption</b>	
Stack consumption [kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> ]	4.3
System consumption [kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> ]	5.4

Auszug Produktinformation

Steckbrief	
<b>Anbieter</b>	<b>Elogen</b>
<b>Elektrolyseure bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	10 Nm <sup>3</sup> /h
<b>Technologie</b>	PEM
<b>H<sub>2</sub>-Ausgangsdruck</b>	30 barg
<b>O<sub>2</sub>-Ausgangsdruck</b>	14 barg
<b>Elektrolyseure &gt; 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	ja, siehe Übersicht
<b>Kontakt</b>	<a href="https://www.elogenh2.com">https://www.elogenh2.com</a>



Quelle: elogen

## Enapter

Steckbrief	
Anbieter	Enapter
Elektrolyseure bis 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	standardisiert, skalierbar und modular, je 0,5 Nm <sup>3</sup> /h mit Electrolyser EL 2.1
Technologie	AEM
H <sub>2</sub> -Ausgangsdruck	bis 35 barg
H <sub>2</sub> -Reinheit	99,9 %, mit Trocknungsmodul DRY 2.1 > 99,999 %
Elektrolyseure > 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	ja, siehe Übersicht
Kontakt	<a href="http://www.enapter.com/">http://www.enapter.com/</a>

### Stacking for scale

Racks/cabinets for any production needed



### Elektrolyser EL 2.1

**Hydrogen Production**  
500 NL/hr or 0.5 Nm<sup>3</sup>/hr

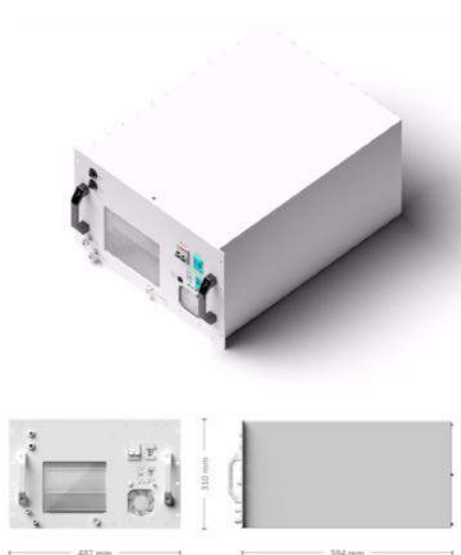
**Efficiency**  
4.8 kWh for 1 Nm<sup>3</sup> of H<sub>2</sub>

**Hydrogen Purity**  
~99.9%

**Power Consumption**  
2.4 kW

**Input Water Purity**  
<20 µS/cm

**Output Pressure**  
35 bar



### EL 500

Available 11/2017



### EL 2.0

Introduced 01/2019



### EL 2.1

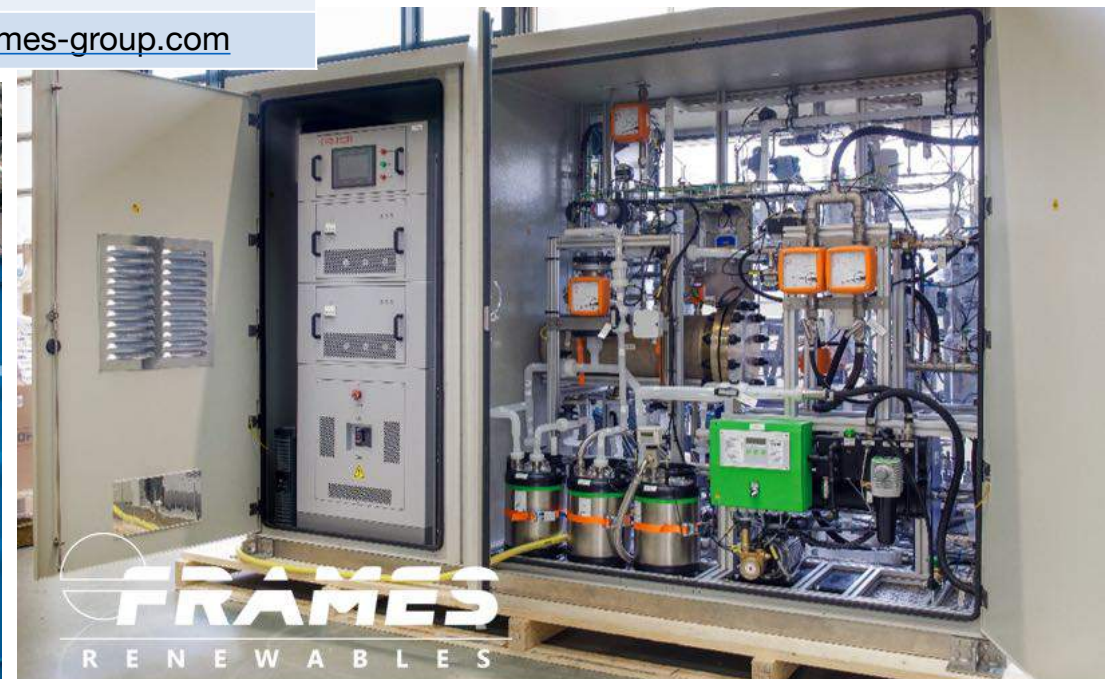
Introduced 02/2020



Quelle: Enapter

## FRAMES

Steckbrief	
Anbieter	FRAMES
Elektrolyseure bis 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	Standard 5 Nm <sup>3</sup> /h und 10 Nm <sup>3</sup> /h
Technologie	PEM
H <sub>2</sub> -Ausgangsdruck	40 barg
Elektrolyseure > 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	ja, siehe Übersicht
Kontakt	<a href="http://www.frames-group.com">http://www.frames-group.com</a>



Quelle: Frames

## H2B2 Electrolysis Technologies

Steckbrief	
<b>Anbieter</b>	<b>H2B2</b>
<b>Elektrolyseure bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	Standards: 0,5 Nm <sup>3</sup> /h; 1,0 Nm <sup>3</sup> /h; 2,0 Nm <sup>3</sup> /h; 3,0 Nm <sup>3</sup> /h; 5,0 Nm <sup>3</sup> /h; 10,0 Nm <sup>3</sup> /h;
<b>Technologie</b>	PEM
<b>H<sub>2</sub>-Ausgangsdruck</b>	0,5 N - 3,0 N: 1 - 20 barg 5,0 N + 10,0 N: 15 - 40 barg
<b>Elektrolyseure &gt; 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	ja, siehe Übersicht
<b>Kontakt</b>	<a href="https://h2b2.es">https://h2b2.es</a>



H2B2	
EL5N	
<b>Main Characteristics</b>	<b>EL5N</b>
<b>Electrolysis Type</b>	PEM (Proton exchange membrane, caustic free)
<b>Number of Cell Stacks</b>	1
<b>Hydrogen Gas Production</b>	
<b>Max. Nominal Hydrogen Flow</b>	5.2 Nm <sup>3</sup> /h (11.22 kg/day)
<b>Hydrogen Flow Range</b>	10 -100%
<b>Operating Pressure</b>	15 - 40 barg (217-580 psig)
<b>Hydrogen Purity (before Gas Purification)</b>	> 99.9% ; < 25 ppm O <sub>2</sub> ; H <sub>2</sub> O saturated
<b>Hydrogen Purity (after Gas Purification)</b>	99.999% ; < 5 ppm O <sub>2</sub> ; < 5 ppm H <sub>2</sub> O
<b>Electrical Requirements</b>	
<b>Voltage</b>	3 x 400 VAC ± 10% (3Ph+N) / 3 x 480 VAC ± 10% (3Ph+N)
<b>Frequency</b>	50 Hz ± 5% / 60 Hz ± 3%
<b>Power (BoP + Stack)</b>	28.6 kW
<b>Stack Consumption (*)</b>	4.7 kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>
<b>AC Power Consumption (BoP + Stack) (*)</b>	5.5 kWh/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>
<b>Feed Water - Tap Water (if Water Treatment Plant is included)</b>	
<b>Consumption</b>	< 10.4 L/h
<b>Conductivity</b>	< 2,000 uS/cm (T 25 °C (77 °F))
<b>Pressure</b>	2-6 barg (29-87 psig)
<b>Temperature</b>	+5 °C to +40 °C (+41 °F to +104 °F)

Auszug Produktinformation



Quelle: H2B2

## Fest



Steckbrief	
<b>Anbieter</b>	<b>Fest / iGas energy</b>
<b>Elektrolyseure bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	10 Nm <sup>3</sup> /h
<b>Technologie</b>	PEM
<b>H<sub>2</sub>-Ausgangsdruck</b>	40 bar
<b>Elektrolyseure &gt; 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	ja, siehe Übersicht
<b>Kontakt</b>	<a href="https://www.fest-group.de/de/">https://www.fest-group.de/de/</a>

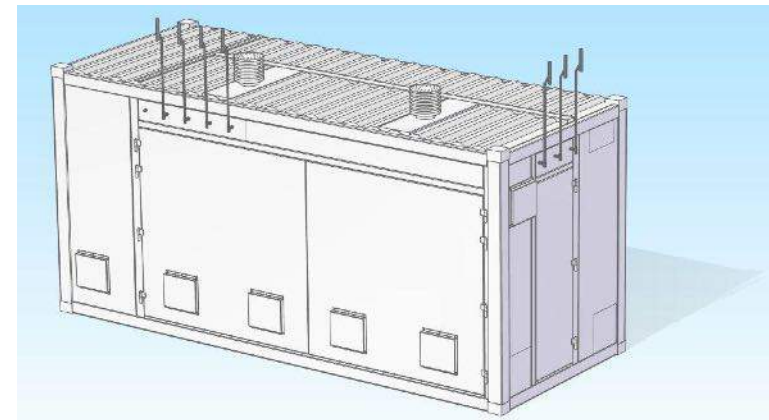
Kooperation „green electrolyzer“  
von Fest-Gruppe und iGas energy



Quelle: Fest/ iGas energy

## KUMATEC / AVX

Steckbrief	
<b>Anbieter</b>	<b>Kumatec</b>
<b>Elektrolyseure bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	je nach Kundenanforderung ca. 0,5 bis 10 Nm <sup>3</sup> /h
<b>Technologie</b>	PEM
<b>H<sub>2</sub>-Ausgangsdruck</b>	40 bar oder 100 bar
<b>Elektrolyseure &gt; 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	ja, siehe Übersicht
<b>Kontakt</b>	<a href="http://www.kumatec.com/">http://www.kumatec.com/</a>



### Produktportfolio

#### PEM - Druckelektrolysesysteme

Druckstufen H <sub>2</sub> :	40 bar oder 100 bar
Anschlussleistung:	25 – 120 kW (100 bar) 25 – 450 kW (40 bar)
H <sub>2</sub> -Ausbringung:	5 – 20 Nm <sup>3</sup> /h (100 bar) 5 – 80 Nm <sup>3</sup> /h (40 bar)
Bauform:	20'-Container
H <sub>2</sub> -Qualität:	5.0 bzw. ISO14687-2
Teillastbereich:	10 – 100%



Konform zu allen relevanten EU-Richtlinien.  
Inkl. Wasseraufbereitung, Gasaufbereitung, SPS-Steuerung für autonomen Betrieb.

© AVX Corporation

AVX | www.avx.com

<b>Druckstufen H<sub>2</sub>:</b>	40 bar oder 100 bar (O <sub>2</sub> – Seite drucklos)
<b>Anschlussleistungsbereiche (BOL):</b>	25 ... 450 kW (40 bar) 25 ... 120 kW (100 bar)
<b>H<sub>2</sub> – Ausbringung (Volllast):</b>	bis 80 Nm <sup>3</sup> /h (40 bar)      [= 7,19 kg/h] bis 20 Nm <sup>3</sup> /h (100 bar)      [= 1,80 kg/h]
<b>Teillastbereich:</b>	10 ... 100 %
<b>H<sub>2</sub> – Qualität:</b>	99,999 % H <sub>2</sub> (mit integrierter Gastrocknung)
<b>H<sub>2</sub>O-Verbrauch:</b>	72 l/h (40 bar, 500 kW) 18 l/h (100 bar, 125 kW)
<b>benötigte H<sub>2</sub>O – Qualität:</b>	Leitwert < 1 µS (wird mit integrierter H <sub>2</sub> O-Aufbereitung erreicht)
<b>Abmessungen (L x B x H):</b>	6,06 m x 2,44 m x 2,90 m (Containergrundmaße ohne Anbauten)

Quelle: KUMATEC



## McPhy



### ELEKTROLYSEURE | SMALL

Reihen Piel & McLyzer Small Line

0,4 bis 20 Nm<sup>3</sup> / h | 1 bis 30 bar

Schweißen, Löten, elektronische Anwendungen,  
Meteorologie oder Schmuck, „Leichtindustrie“

### Steckbrief

Anbieter	MCPHY
Elektrolyseure bis 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	0,4 - 10 Nm <sup>3</sup> /h, je nach Serie und Produkt
Technologie	AEL
H <sub>2</sub> -Ausgangsdruck	je nach Produkt 1-8 barg oder 30 barg
Elektrolyseure > 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	ja, siehe Übersicht
Kontakt	<a href="https://mcphy.com/de/">https://mcphy.com/de/</a>

- **Piel-Reihe: Wasserstoffgenerator von 0,4 bis 10 Nm<sup>3</sup>/h | 1 bis 8 bar**

Vor Ort, bei Bedarf, entsprechend Ihren Spezifikationen:

Reihe	Druck (barg)	H <sub>2</sub> -Durchfluss (Nm <sup>3</sup> /h)	O <sub>2</sub> -Durchfluss (Nm <sup>3</sup> /h)	Elektrische Leistung bei Nennlast (kW)
Baby	1	0,4	0,2	3
P	1 - 2,5	1 - 1,6	0,5 - 0,8	6 - 9
M	1 - 2,5	2,4 - 4,4	1,2 - 2,2	14 - 26
H	4 - 8	3 - 10	1,5 - 5	18 - 60

[Auszug Produktinformation](#)

<https://mcphy.com/de/>

## Nel



### H Series

Hydrogen Generation Systems

### PROTON<sup>®</sup> PEM



MODEL	H2	H4	H6
Description	On-site hydrogen generator in an integrated, automated, site-ready enclosure Load Following operation automatically adjusts output to match demand Full differential pressure, H <sub>2</sub> over O <sub>2</sub>		
Electrolyte	Proton Exchange Membrane (PEM) - Caustic-Free		
<b>HYDROGEN PRODUCTION</b>			
Nominal Production Rate Nm <sup>3</sup> /h @ 0°C, 1 bar SCF/h @ 70°F, 1 atm SLPM @ 70°F, 1 atm kg/24 h	2 Nm <sup>3</sup> /h 76 SCF/h 35.8 SLPM 4.31 kg/24 h	4 Nm <sup>3</sup> /h 152 SCF/h 71.7 SLPM 8.63 kg/24 h	6 Nm <sup>3</sup> /h 228 SCF/h 107.6 SLPM 12.94 kg/24 h
Delivery Pressure - Nominal	15 barg (218 psig); Optional 30 barg (435 psig)		
Power Consumption by System per Volume of H <sub>2</sub> Gas Produced <sup>2</sup>	7.3 kWh/Nm <sup>3</sup> (19.2 kWh/100 ft <sup>3</sup> )	7.0 kWh/Nm <sup>3</sup> (18.5 kWh/100 ft <sup>3</sup> )	6.8 kWh/Nm <sup>3</sup> (17.8 kWh/100 ft <sup>3</sup> )
Purity (Concentration of Impurities)	99.9995% [H <sub>2</sub> O < 5 ppm, -65°C (-85°F) Dew Point, N <sub>2</sub> < 2 ppm, O <sub>2</sub> < 1 ppm, all others undetectable]		
Turndown Range	0-100% net product delivery (automatic)		
Upgradeability	Field upgradeable to a maximum of 6 Nm <sup>3</sup> /h (228 SCF/hr)	N/A	
<b>DI WATER REQUIREMENT</b>			
Consumption Rate at Maximum Production	1.83 L/h (0.50 gal/h)	3.66 L/h (0.96 gal/h)	5.50 L/h (1.42 gal/h)
Temperature	5-50°C (41-122°F)		
Pressure	1.5-4 barg (21.8 to 58 psig)		
Input Water Quality	Required: ASTM Type II Deionized Water, < 1 µS/cm (> 1 MΩ-cm) Preferred: ASTM Type I Deionized Water, < 0.1 µS/cm (> 10 MΩ-cm)		



C Series

The C Series electrolyzers are ideal for a variety of industrial applications. Producing up to 30 Nm<sup>3</sup>/h of hydrogen gas at 99.9998% purity, these units replace the need for hydrogen tube trailers or liquid hydrogen storage. They can be containerized, offering facilities flexible siting and reduced operational safety risks associated with delivered hydrogen.



H Series

H Series electrolyzers offer turnkey solutions for small-scale applications requiring up to 6 Nm<sup>3</sup>/h of hydrogen gas at 99.9995% purity. These units make a minimal impact to facility floor space, are easy to maintain and can be installed within hours.



S Series

Producing high purity hydrogen of 99.9995% at up to 1.05 Nm<sup>3</sup>/h, S Series electrolyzers replace the need for pressurized hydrogen cylinders in a variety of industrial processes. Each unit is low maintenance, compact, quiet, and can be installed within hours virtually anywhere in a facility.

Auszüge Produktinformation

### Steckbrief

<b>Anbieter</b>	<b>Nel ASA</b>
<b>Elektrolyseure bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H2</b>	0,27 Nm <sup>3</sup> /h; 0,53 Nm <sup>3</sup> /h; 1,05 Nm <sup>3</sup> /h 2,0 Nm <sup>3</sup> /h; 4,0 Nm <sup>3</sup> /h; 6,0 Nm <sup>3</sup> /h; 10 Nm <sup>3</sup> /h
<b>Technologie</b>	PEM
<b>H2-Ausgangsdruck</b>	je nach Produkt-Serie 15 barg oder 30 barg
<b>Elektrolyseure &gt; 10 Nm<sup>3</sup>/h H2</b>	ja, siehe Übersicht
<b>Kontakt</b>	<a href="https://nelhydrogen.com">https://nelhydrogen.com</a>



### C Series

Hydrogen Generation Systems

### PROTON<sup>®</sup> PEM



MODEL	C10	C20	C30
Description	On-site hydrogen generator in two integrated, automated, site-ready enclosures Dual-mode Operation (Selectable): • Load Following mode automatically adjusts output 0-100% to match demand • Tank Filling mode operates with power-conservation mode during standby Full differential pressure, H <sub>2</sub> over O <sub>2</sub>		
Electrolyte	Proton Exchange Membrane (PEM) - Caustic-Free		
<b>HYDROGEN PRODUCTION</b>			
Nominal Production Rate Nm <sup>3</sup> /h @ 0°C, 1 bar SCF/h @ 70°F, 1 atm SLPM @ 70°F, 1 atm kg/24 h	10 Nm <sup>3</sup> /h 380 SCF/h 178 SLPM 21.6 kg/24 h	20 Nm <sup>3</sup> /h 760 SCF/h 359 SLPM 43.3 kg/24 h	30 Nm <sup>3</sup> /h 1,140 SCF/h 538 SLPM 65.0 kg/24 h
Delivery Pressure - Nominal	30 barg (435 psig)		

Quelle: [nelhydrogen.com](https://nelhydrogen.com)

## Anbieter von Klein-Elektrolyse-Stacks

## HIAT

Steckbrief	
<b>Anbieter</b>	<b>HIAT</b>
<b>Elektrolyse-Stacks bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	Standard 0,3 Nm <sup>3</sup> /h; 1,9 Nm <sup>3</sup> /h; 2,4 Nm <sup>3</sup> /h; 5,0 Nm <sup>3</sup> /h; 7,0 Nm <sup>3</sup> /h; 10,0 Nm <sup>3</sup> /h;
<b>Technologie</b>	PEM
<b>H<sub>2</sub>-Ausgangsdruck</b>	je nach Stack-Typ 40 bar (max. 20 N) oder 100 bar (max. 5 N)
<b>Elektrolyse-Stacks &gt; 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	bis 20 Nm <sup>3</sup> /h @ 40 bar
<b>Kontakt</b>	<a href="https://www.hiat.de">https://www.hiat.de</a>



### PEM - Stacks ( 40 bara )

	PURIFIER	CUSTOMIZER	SUPPLIER	STORAGER	STORAGER <sup>plus</sup>
<b>Application</b>	gas generators, providing lab gas	electrolyzer for various applications, custom design	"Smart Solution" energy container	Power-to-Gas, H <sub>2</sub> -Mobility, Power-to-X	Power-to-Gas, H <sub>2</sub> -Mobility, Power-to-X
<b>H<sub>2</sub> Production</b>	max. 0.3 Nm <sup>3</sup> /h	max. 2.5 Nm <sup>3</sup> /h 5.4 kg H <sub>2</sub> /day	max. 7 Nm <sup>3</sup> /h 15 kg H <sub>2</sub> /day	max 17 Nm <sup>3</sup> /h 36 kg H <sub>2</sub> /day	max. 30 Nm <sup>3</sup> /h 65 kg H <sub>2</sub> /day
<b>Active Area</b>	Ø 60 mm	Ø 93 mm	Ø 153 mm	Ø 250 mm	250 x 300 mm
<b>Number of Cells</b>	1 – 10	1 – 45	1 – 45	1 – 45	1 – 45
<b>H<sub>2</sub> Output Pressure</b>	40 bara	40 bara	40 bara	40 bara	40 bara
<b>H<sub>2</sub>O Input Pressure</b>	1,5 bara	2,5 bara	2,5 bara	2,5 bara	2,5 bara
<b>Power Supply</b>	100 – 1500 W	0,3 – 13 kW	1 – 35 kW	2 – 85 kW	4 – 153 kW

© 2018 – HIAT gGmbH – Hagenower Str. 73 – 19061 Schwerin – Web: www.hiat.de – Mail: info@hiat.de – Tel.: 0385 3993 630



### PEM - Stacks ( 100 bara )

	PURIFIER	CUSTOMIZER	SUPPLIER
<b>Application</b>	gas generators, providing lab gas	electrolyzer for various applications, custom design	"Smart Solution" energy container
<b>H<sub>2</sub> Production</b>	max. 0.3 Nm <sup>3</sup> /h 0.65 kg H <sub>2</sub> /day	max. 1.9 Nm <sup>3</sup> /h 4.1 kg H <sub>2</sub> /day	max. 5 Nm <sup>3</sup> /h 10.8 kg H <sub>2</sub> /day
<b>Active Area</b>	Ø 60 mm	Ø 93 mm	Ø 153 mm
<b>Number of Cells</b>	1 – 20	1 – 45	1 – 45
<b>H<sub>2</sub> Output Pressure</b>	100 bara	100 bara	100 bara
<b>H<sub>2</sub>O Input Pressure</b>	1,5 bara	2,5 bara	2,5 bara
<b>Power Supply</b>	100 – 1500 W	0,3 – 13 kW	1 – 35 kW

© 2018 – HIAT gGmbH – Hagenower Str. 73 – 19061 Schwerin – Web: www.hiat.de – Mail: info@hiat.de – Tel.: 0385 3993 630



Quelle: HIAT

## h-tec Systems



Steckbrief	
<b>Anbieter</b>	<b>h-tec Systems</b>
<b>Elektrolyse-Stacks bis 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	Standard 0,22 Nm <sup>3</sup> /h; 0,66 Nm <sup>3</sup> /h; 1,10 Nm <sup>3</sup> /h;
<b>Technologie</b>	PEM
<b>H<sub>2</sub>-Ausgangsdruck</b>	drucklos - 20 bar
<b>Elektrolyse-Stacks &gt; 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	nicht zum Verkauf
<b>Elektrolyseure &gt; 10 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub></b>	ja, siehe Übersicht
<b>Kontakt</b>	<a href="https://www.h-tec.com">https://www.h-tec.com</a>

Parameter	H-TEC Series-S		
	S 30/10	S 30/30	S 30/50
Elektrische Leistung nominal	1,00 kW	3,00 kW	5,00 kW
Lastbereich	0,26-1,88 kW	0,77-5,83 kW	1,28-9,38 kW
Lastwechsel	Teillast - Nominallast = 5 s Nominallast - Spitzenlast = 5 s		
Spannung max.	25 VDC	75 VDC	125 VDC
Strom	15-75 A		
Wirkungsgrad nominal	75 %		
H <sub>2</sub> Produktion nominal	0,22 Nm <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	0,66 Nm <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	1,10 Nm <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
H <sub>2</sub> Produktionsbereich	0,06-0,31 Nm <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	0,19-0,94 Nm <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	0,31-1,57 Nm <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
H <sub>2</sub> Reinheit	Grad 5.0 bzw. 99,999 % mit nachgeschalteter Trocknung		
Betriebsdruck H <sub>2</sub>	drucklos - 20 bar		
Betriebsdruck O <sub>2</sub>	drucklos		
Wasserverbrauch	0,05-0,27 kg h <sup>-1</sup>	0,16-0,80 kg h <sup>-1</sup>	0,27-1,33 kg h <sup>-1</sup>
Kühlwasserdurchsatz	3-66 kg h <sup>-1</sup>	9-199 kg h <sup>-1</sup>	14-330 kg h <sup>-1</sup>
Betriebstemperatur	30-70 °C		
H <sub>2</sub> O Reinheit	DIN ISO 3696 Typ 1		
MTTF	35 000 h		
Anschluss Strom +/-	M8		
H <sub>2</sub> O Anschluss	G 1/4"		
H <sub>2</sub> Anschluss	G 1/4"		
Abmessungen L x B x H	174 x 107 x 110 mm	224 x 107 x 110 mm	279 x 107 x 110 mm
Gewicht	3,8 kg	4,7 kg	5,8 kg
Einbaulage	horizontal		
Umgebungstemperatur	+5 bis +45 °C		
Luftfeuchte im Betrieb rel.	5% bis 90% nicht kondensierend		



Quelle: h-tec

## Plug Power



Steckbrief	
Anbieter	Plug Power
Elektrolyse-Stacks bis 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	ca. 0,5 Nm <sup>3</sup> /h bis 10,0 Nm <sup>3</sup> /h auf Anfrage, je nach Anwendung und Stückzahl, kein Einzelstückverkauf
Technologie	PEM
H <sub>2</sub> -Ausgangsdruck	je nach Typ max. 20 barg oder max. 40 barg
Elektrolyse-Stacks > 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	auf Anfrage, anwendungsabhängig
Elektrolyseure > 10 Nm <sup>3</sup> /h H <sub>2</sub>	ja, siehe Übersicht
Kontakt	<a href="http://www.h2agentur.de">www.h2agentur.de</a> oder <a href="http://www.plugpower.com">www.plugpower.com</a>



Auszug Produktinformation

PRODUCT SPECIFICATIONS (STACK)				
SPECIFICATION	UNITS	ILLUSTRATIVE H <sub>2</sub> FLOW RATES		
HYDROGEN FLOW RATE	NM <sup>3</sup> /H	10	20	30
OXYGEN FLOW RATE	NM <sup>3</sup> /H	5	10	15
OPERATING PRESSURE	BARG	1 to 40		
VOLTAGE*	V	54	109	163
CURRENT	A	90 to 900		
OPERATING TEMPERATURE	°C	5°C to 70°C		
DEIONIZED WATER FLOW	L/M	50	100	150
NUMBER OF CELLS	--	28	56	84
DIMENSIONS (Ø X H)	CM	43.6 X 35.2	43.6 X 50.2	43.6 X 64.6
EFFICIENCY	--	Up to 88.4%		
LIFE EXPECTANCY	--	Stack: 80,000 hours		
CERTIFICATIONS	--	CE / ASME / NFPA (inquire about additional requirements)		

Product specifications are subject to change without notice.

Quelle: Plug Power

# Übersicht

# Übersicht I

## Anbieter von Elektrolyseuren in Deutschland

Anbieter von Elektrolyseuren	bis 10 Nm <sup>3</sup> /h 50 kW 0,9 kg/h	bis 100 Nm <sup>3</sup> /h 500 kW 9,1 kg/h	bis 200 Nm <sup>3</sup> /h 1 MW 18,1 kg/h	bis 1.000 Nm <sup>3</sup> /h 5 MW 91 kg/h	> 1.000 Nm <sup>3</sup> /h Multi-MW- Anlagen	Technologie
Cummins Inc.			x	x	x	AEL, PEM*
Elogen	x	x	x	x	x	PEM
Enapter AG	x	x	x			AEM
Fest GmbH	x	x	x	x	x	PEM
Frames	x	x	x	x	x	PEM, AEL
Green Hydrogen Systems		x	x	x	x	AEL
H2B2 Electrolysis Technologies SL	x	x	x	x		PEM
h-tec Systems GmbH		x	x	x		PEM
ITM Power			x	x	x	PEM
Kumatec GmbH	x	x	x			PEM
McPhy Energy S.A.	x	x	x	x	x	AEL
Nel ASA	x	x	x	x	x	AEL, PEM
Plug Power Inc.		x	x	x	x	PEM
Siemens AG					x	PEM
Sunfire GmbH				x	x	AEL, SOEC
thyssenkrupp AG					x	AEL

\*AEL: Liquid Electrolyte Alkaline Electrolyzer  
 AEM: Anion Exchange Membrane  
 PEM: Proton Exchange Membrane or Polymer Electrolyte Membrane  
 SOEC: Solid Oxide Electrolyzer Cell

Quellen: Firmenwebseiten/ zugesicherte Informationen. Stand März/April 2021



# Übersicht II

## Weitere Anbieter von Elektrolyse-Technologie in Deutschland

Potentielle Anbieter von Elektrolyseuren	bis 10 Nm <sup>3</sup> /h 50 kW 0,9 kg/h	bis 100 Nm <sup>3</sup> /h 500 kW 9,1 kg/h	bis 200 Nm <sup>3</sup> /h 1 MW 18,1 kg/h	bis 1.000 Nm <sup>3</sup> /h 5 MW 91 kg/h	> 1.000 Nm <sup>3</sup> /h Multi-MW- Anlagen	Technologie
<b>ANLEG GmbH</b>	Produktangebot bitte beim Anbieter anfragen					
<b>Aspens GmbH</b>	Produktangebot bitte beim Anbieter anfragen					
<b>Anbieter von Elektrolyse-Stacks</b>						
<b>Hiat gGmbH</b>	x	x				PEM
<b>h-tec Systems GmbH</b>	x					PEM
<b>Plug Power Inc.</b>	auf Anfrage, anwendungsabhängig					PEM
<b>Potentieller neuer Anbieter von Elektrolyse-Stacks</b>						
<b>Hoeller Electrolyzer GmbH</b>	<a href="https://www.hoeller-electrolyzer.com/">https://www.hoeller-electrolyzer.com/</a>					PEM
<b>Online-Handel und Beratung: H2-Technologie, u.a. Stacks und kleine Elektrolyseure</b>						
<b>Quintech</b>	<a href="https://www.quintech.de/">https://www.quintech.de/</a>					

Quellen: Firmenwebseiten/ erhaltene Informationen. Stand März/April 2021

# Aktualisierung der Anbieter-Übersicht

---

Die **Übersicht** erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und kann nur eine Momentaufnahme sein.

**Ergänzungen und Korrekturen** senden Sie uns bitte  
bis zum **15. April 2021** an  
**info@h2agentur.de**

Wir werden diese dann noch in die Übersicht mit einarbeiten und die Präsentation anschliessend dem Veranstalter zum Versand an die Workshop-Teilnehmer zusenden.

Vielen Dank.

[www.h2agentur.de](http://www.h2agentur.de)

[info@h2agentur.de](mailto:info@h2agentur.de)

Tel. 0451 70 72 72 10

# UNLIMITED HYDROGEN

**DESIGNER AND MANUFACTURER**  
**OF EQUIPMENT**  
**FOR THE PRODUCTION**  
**& DISTRIBUTION**  
**OF ZERO-CARBON HYDROGEN**

BY **McPhy**

**Corporate Presentation**

04 March 2021

# McPhy at a Glance

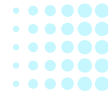
## | Driving clean energy forward



# McPhy's Ambition is to Be a Worldwide Leader in Zero-Carbon Hydrogen



**Accelerate transition & scale-up to increase the competitiveness of zero-carbon hydrogen**



---

*Partner with our customers*

*Strengthen our leadership position*

*Cover the whole value-chain*

---



# A European Company with Global Reach

| Locations

20 to 30  
stations p.a.

< *Production capacity per annum* >

100 to 300  
MW p.a.

## FRANCE

### Engineering & Manufacturing

Refueling stations manufacturing and assembly, unique innovation platform and test bench

## ITALY

### Engineering & Manufacturing

Stack manufacturing, electrolyzers assembly, small electrolyzers engineering

## GERMANY

### Engineering

Engineering development and EPC for multi-MW electrolysis units

## GLOBALLY

### Sales & Services

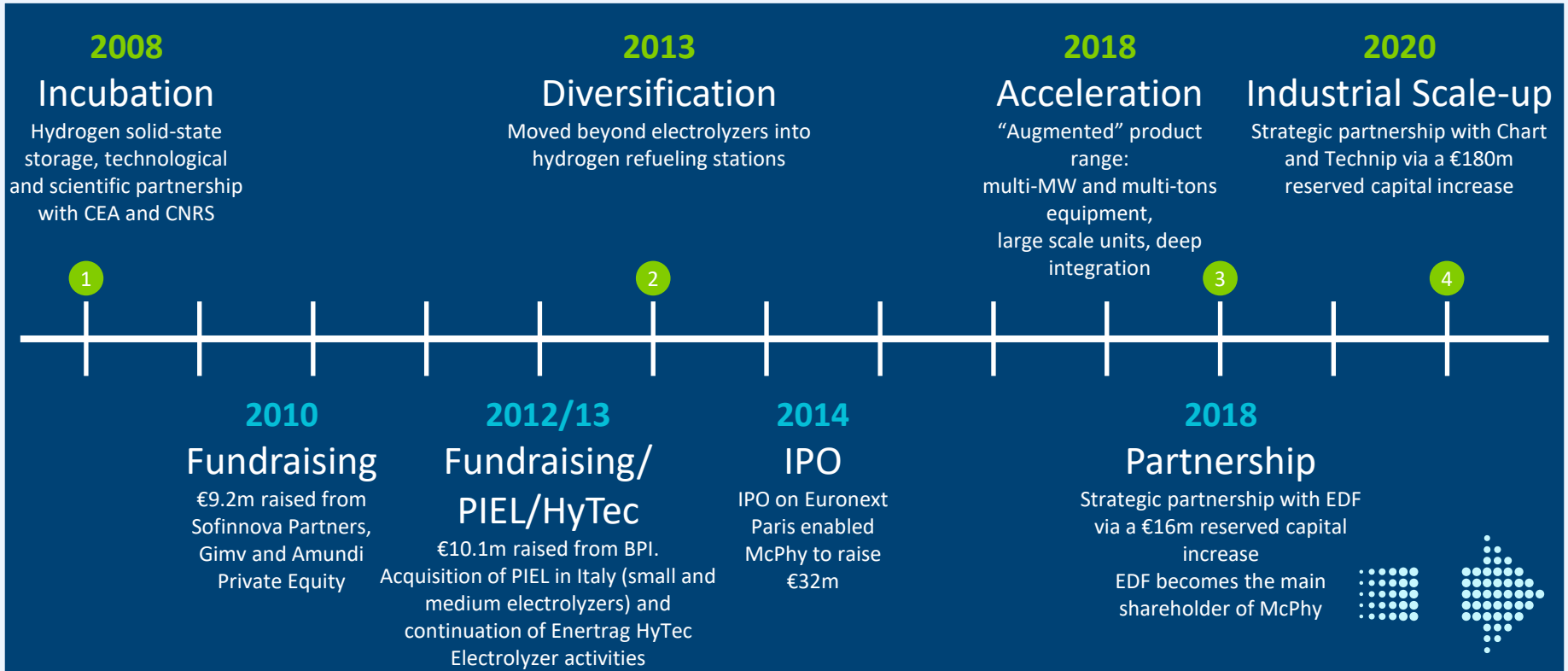
Global reach  
Backed by our technological & industrial partnership: EDF / Hynamics, De Nora, ...



≈ **110** PEOPLE

# Born from Innovation, Driven by Ambition

## | Major Step Changes





# McPhy Covers all H<sub>2</sub> Market Segments

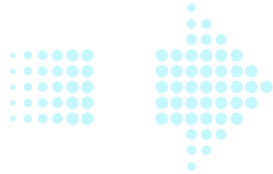
*A fit-for purpose offer, ideally positioned to capture the market opportunities*

## | Technologies & Markets



### Electrolyzers

- Pressurized Alkaline 30 bar
- Capacity to integrate PEM
- 1MW high-density stack
- 44 MW installed base<sup>(1)</sup>
- **Already in multi-MW industrial market**



### Refueling Stations

- Full range covered, from 20 to 800 kg, 350b, 700b & DP
- 35 stations installed base<sup>(1)</sup>
- Patented Augmented McFilling (> 2 tons / day)
- **Ready for very large scale**

*Note: (1) [03 August 2020] References are already operational, being installed or under development | Among them: 4 MW ELY and 2 HRS are conditional part of the ZEV framework contract signed in June 2020*

## INDUSTRY THE “SCALE-UP DRIVER”



- “Grey” H<sub>2</sub> production for industry generates **2% of world emissions**
- Key applications are **Refineries, Ammonia, Methanol and DRI**
- **Large capacity** electrolyzers (> 100MW) are required, allowing cost-out through economies of scale

## MOBILITY THE “MARKET ENABLER”



- H<sub>2</sub> is best solution for **heavy mobility** decarbonization (buses, trucks, trains, boats)
- Large stations (> 200 kg/day) require **ELY/stations integration**
- Mobility is also the way to grow public awareness and acceptance on H<sub>2</sub>

## ENERGY THE “MEDIUM-LONG TERM GROWTH RELAY”

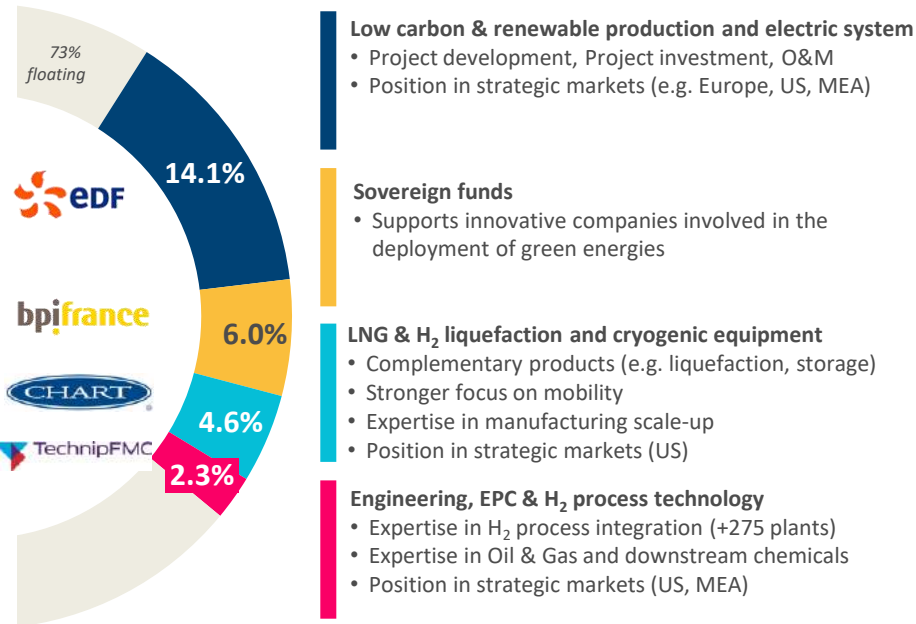


- Growing **intermittent renewables** require energy storage for surpluses
- H<sub>2</sub> produced can be reused to generate electricity or to be injected in gas networks (H<sub>2</sub> or synthetic CH<sub>4</sub>)

# 180m€ fund raising in October 2020

| Full ecosystem ready to go to market and execute

## Capital and industrial partnerships



Capital structure as of 26 Jan. 2021

## Use of proceeds

### € 180m raised in Oct. 2020 to fund global scale-up of zero-carbon hydrogen

Net proceeds from the Offering will be used primarily to finance:



- Acceleration of the change of scale of McPhy manufacturing capacities;



- Research & Innovation expenses, with a focus on the development of large capacity stacks to target large-scale projects (>100MW) and large-capacity hydrogen refueling stations (>2 tons per day);



- Sales and Marketing expenses, to accelerate the international commercial ramp-up;



- Acceleration of the recruitment policy;
- Working capital.

**In position to consolidate McPhy's leadership on zero-carbon hydrogen**



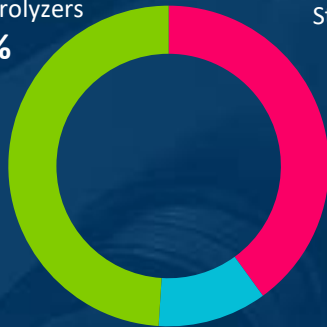
Leading zero-carbon H<sub>2</sub> equipment manufacturer

**13.7 m€**

in revenue  
+20% vs. 2019

Large electrolyzers  
49%

Stations  
40%



Small electrolyzers & Piel  
11%



**23.0 m€**

in order intake,  
+75% vs. 2019

**110**

people  
as of 31.12.2020

**44 MW**

in reference

**198.0 m€**

cash in bank  
as of 31.12.2020

**3**

countries:  
France, Italy, Germany

**35 stations**

in reference





# Scale-Up Strategy



# Industrial scale-up strategy relying on 4 pillars

| Meet customer needs & lower costs

## Invest in TECHNOLOGY



- Ensure state-of-the-art safety of the systems
- Maintain leadership in electrolyzers and hydrogen stations

## Build up strong REFERENCES



- Increase bankability of value proposition through emblematic references

## Improve COMPETITIVENESS



- Grow capacities to achieve economies of scale
- Achieve cost out roadmap

## Invest in PEOPLE



- Professionalize organization structure and processes
- Hire key talents and capitalize on them

# McPhy Offers a Cutting-Edge, Modularized, Scalable Equipment for the Whole Value-Chain

	SMALL	LARGE	AUGMENTED
 <b>ELECTROLYZERS</b> 	<b>PIEL</b> 0.4 to 10 Nm <sup>3</sup> /h (1 to 8 bar) <hr/> <b>McLyzer</b> 10 to 20 Nm <sup>3</sup> /h (30 bar)	<b>McLyzer</b> 100 to 800 Nm <sup>3</sup> /h (30 bar)	<b>Augmented McLyzer</b> Multi MW, GW
 <b>STATIONS</b> 	<b>Starter Kit</b> McFilling 20 kg (350 bar)	<b>McFilling</b> 350 bar: 200 to 1000 + kg per day 700 bar: 200 to 800 kg per day Dual Pressure (350 & 700 bar): 200 to 800 kg per day	<b>Augmented McFilling</b> Multi-ton designs
 <b>SERVICES</b> 	Supervision and remote control, preventive maintenance, training of your teams, etc.		

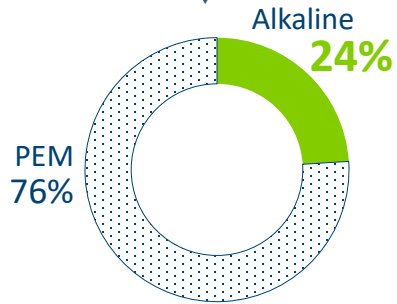
*Leading designer, manufacturer and integrator of zero-carbon hydrogen production (electrolyzers) and distribution (hydrogen stations) equipment*

# Positioned on prime technology: alkaline electrolysis

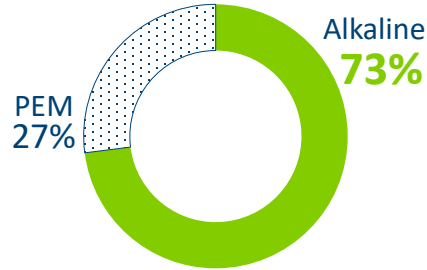
| Proven long-term resilience and stability

## Distribution of hydrogen projects in Europe

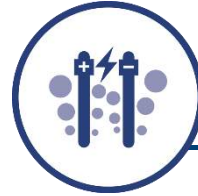
By number of projects



By MW installed



Pressurized alkaline electrolysis is the most selected technology to answer the broad-scale needs of decarbonization.



## Pressurized alkaline technology highlights

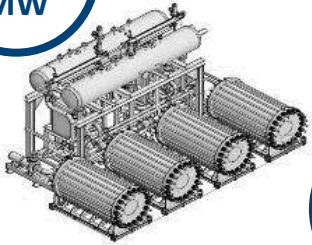
- Proven-technology (200+ yrs)
- Long term resilience and stability
- Lower CAPEX (precious metals avoidance, ..)
- Compacity
- Flexibility suited to integration with renewables
- Better suited to large projects

**Pressurized alkaline: the best way to move towards large-scale green hydrogen**

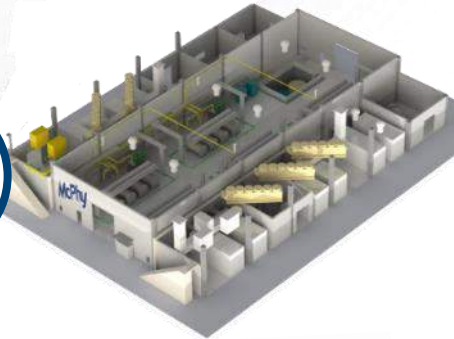
# Electrolyzers Answers to Large-Scale Industrial Needs Through Modular Approach



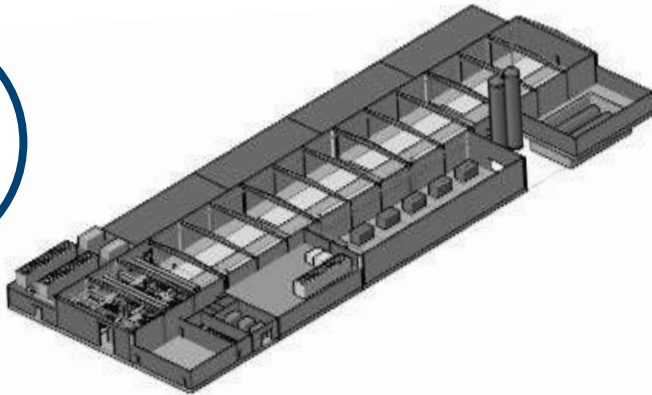
4  
MW



20  
MW



100  
MW+



## | Augmented McLyzer

High current density

Flexibility and fast response time

High efficiency:  $< 4,9 \text{ kWh} / \text{Nm}^3$

High-pressure: 30 bar

Best TCO in its segment

Compact footprint

Highest quality & safety standards

Selected by leading industrial players



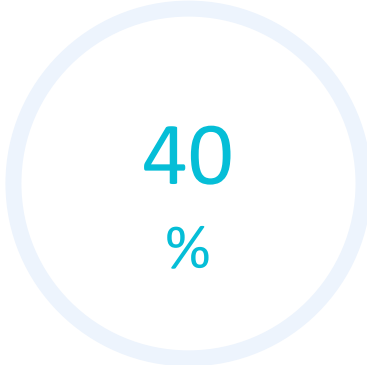
# Technology: challenge to overcome [ 2/2 ]

| McPhy refueling station solution



Part of mobility  
in the total CO<sub>2</sub>  
emissions

This figure will rise  
**by +35%**  
by 2050



CO<sub>2</sub> abatement  
needed

To achieve the  
**“2° scenario”**  
goals



Hydrogen  
refueling stations

**Zero-emission  
mobility**



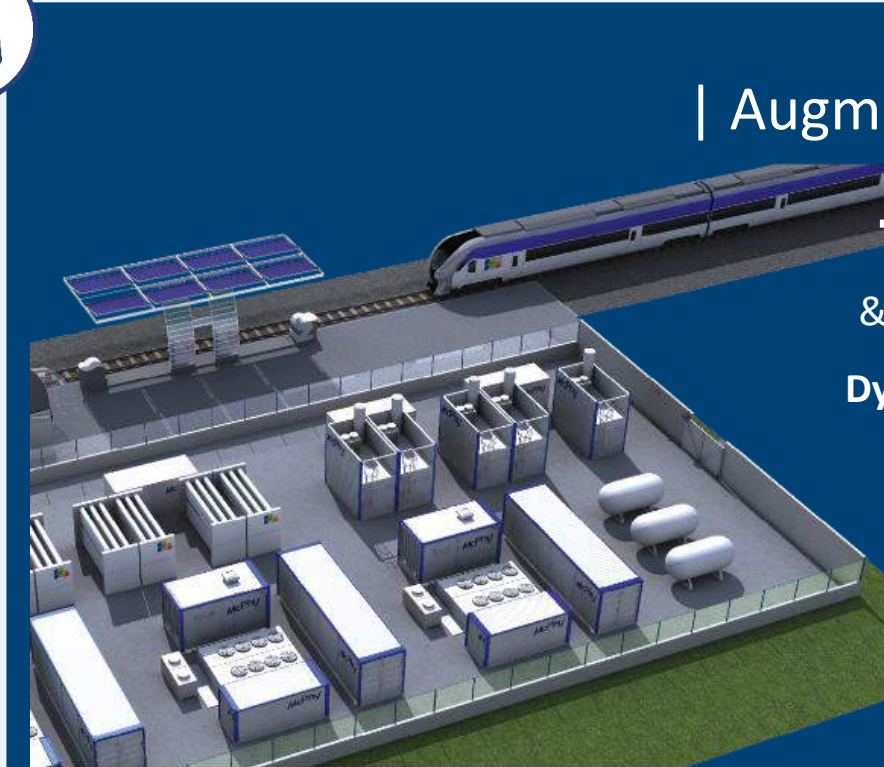
*FCEVs: necessary  
complement to BEVs  
to achieve deep  
decarbonization  
of the mobility sector*

*Synchronization  
of vehicles + filling  
stations deployment*

# Refueling Stations are Ready for High Volumes for Heavy Mobility



- “Plug and Play” technology
- Wide range to best suit our customer needs
- **Modularity:** f.e., the “500-350/700” model is modularized  
=> as of 200 and up to 800 kg
- 96% availability
- IR connector: 350 – 700 bar compliance
- On-site electrolysis



## | Augmented McFilling

Proprietary  
& patented architecture

Dynamic reconfiguration

Increased availability  
and flexibility

Optimized  
energy efficiency

Optimized investment  
and operating costs

# McPhy is Building Key Market References in Europe



## | Installed Base

**44 MW**      **35 stations**



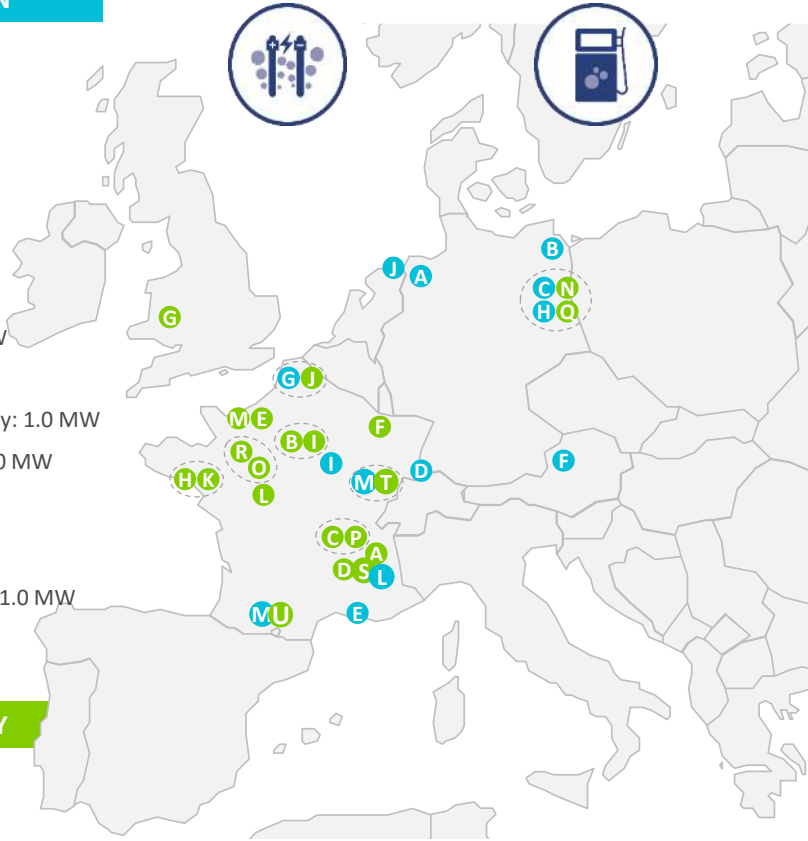
### ZERO-CARBON HYDROGEN

- A** Audit E-GAS | Capacity: 6.0 MW
- B** Prenzlau | Capacity: 0.5 MW
- C** H<sub>2</sub>Ber | Capacity: 0.5 MW  
Sinopec<sup>(1)</sup> | Capacity: 4.0 MW
- D** EnergieDienst | Capacity: 1.0 MW
- E** Jupiter 1000 | Capacity: 1.0 MW
- F** RAG | Capacity: 0.5 MW
- G** Engie & SMT-AG | Capacity: 0.5 MW
- H** Apex | Capacity: 2.0 MW
- I** Hynamics (EDF) AUXR\_H2 | Capacity: 1.0 MW
- J** Nouryon & Gasunie | Capacity: 20.0 MW
- K** ZEV<sup>(3)</sup> | Overall capacity: 4.0 MW
- L** Confidential | 1.0 MW
- M** DMSE Rougeot Energie | Capacity: 1.0 MW
- N** HYPOR | 1.0 MW



### ZERO-EMISSION MOBILITY

- A** Symbio Grenoble | Kg/Day: 5
- B** City of Paris | Kg/Day: 20



### ZERO-EMISSION MOBILITY (cont'd)

- C** Engie GNVert Lyon | Kg/Day: 20
- D** Valence | Kg/Day: 20
- E** City of Rouen | Kg/Day: 20
- F** FaHyence | Kg/Day: 40  
Engie Lab Singapore<sup>(2)</sup> | Kg/Day: 20
- G** RiverSimple UK | Kg/Day: 20
- H** Semitan Nantes | Kg/Day: 10
- I** Rungis | Kg/Day: 20
- J** Engie & SMT AG | Kg/Day: 200
- K** Navibus Nantes | Kg/Day: 5
- L** Sorigny | Kg/Day: 20
- M** EAS-Hymob x 7 | Kg/Day: 20
- N** H<sub>2</sub> Mobility Germany | Kg/Day: 200
- O** Total Le Mans | Kg/Day: 20
- P** GNVert & CNR | Kg/Day: 80
- Q** Confidential DE Customer | Kg/Day: 200
- R** Confidential FR Customer | Kg/Day: 20
- S** ZEV (Hympulsion) x5<sup>(3)</sup> | Kg/Day: 400-800
- T** Hynamics (EDF) AUXR\_H2 | Kg/Day: 200
- U** Rougeot Energie x2 | Kg/Day : 400
- V** HYPOR x2 | 400 Kg/Day DP + Starter Kit 20 kg / day

Notes: (1) Hebei Province, China, (2) Singapore, (3) [03 August 2020] All references are already operational, being installed or under development | Among them: 4 MW ELY and 2 HRS are conditional part of the ZEV framework contract signed in June 2020

# Projects: transition to industrial scale

| 2020 overview

## New projects



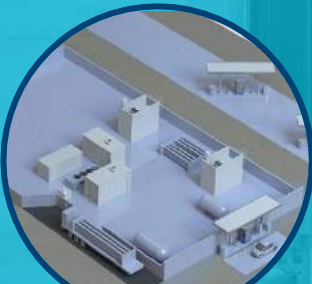
**Djewels**  
20 MW



**Zero Emission Valley**  
5 stations + 4 MW

*But also:*

- *DMSE/Dijon:*  
2 stations x 400 kg each  
+ 1 MW
- *Starter Kit in Centre-Val  
de Loire region (confid.)*
- *HYPOR: 2 stations  
+ 1 MW of electrolysis*



**AUXR\_H2**  
McFilling 200 kg / day  
+ 1 MW

## Project execution



**Le Mans**  
Inauguration of a new  
Starter Kit



**APEX Energy**  
Installation of a 2 MW  
electrolyzer in Germany

*Ongoing:*

- *Quai des Energies,*
- *EasHymob,*
- *Hebei*
- *1MW electrolyzer  
(confid.) ...*



**DiAx**  
100% remote  
installation of a Piel line





# Jupiter 1000

| First Power-to-Gas project at a MW-scale in France

1 MW

Alkaline  
+ PEM

Build up strong  
REFERENCES



Testing the performance  
of two electrolysis technologies (alkaline & PEM)  
under real conditions and on a real scale



Fos sur Mer, France | Commissioning: 2019



# Djewels

| The largest zero-carbon H<sub>2</sub> production unit in Europe

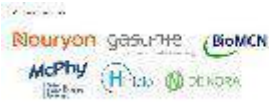
20  
MW HCD



Key project to establish zero-carbon hydrogen competitiveness at large-scale

20 MW: 3,000 tons of zero-carbon H<sub>2</sub> / year and 27,000 tons of Co<sub>2</sub> emissions avoided / year

Delfzijl, The Netherlands | Contract: 2020





# Zero Emission Valley (Hympulsion)

| The largest H<sub>2</sub> mobility deployment project in France

5 stations  
4 MW



One of the most ambitious zero-emission mobility project in Europe

Consortium led by McPhy delivering 14 stations and 4 MW electrolyzer in AURA region

McPhy technologies (framework agreement): 5 stations 200 kg / day + 4 MW electrolysis

*In addition, McPhy has equipped the 1<sup>st</sup> station of the ZEV project (Chambéry) with a 40kg/day electrolyzer.*



Auvergne-Rhône-Alpes Region, France | Contract: June 2020





# SMT AG – Lens Béthune

| First H<sub>2</sub> station + ELY for public transport in France

200 Kg/day  
0.5 MW



Fleet of 6 buses powered by a 200 kg/day station connected to 0.5 MW of electrolysis

Design: Compression redundancy, two distribution units

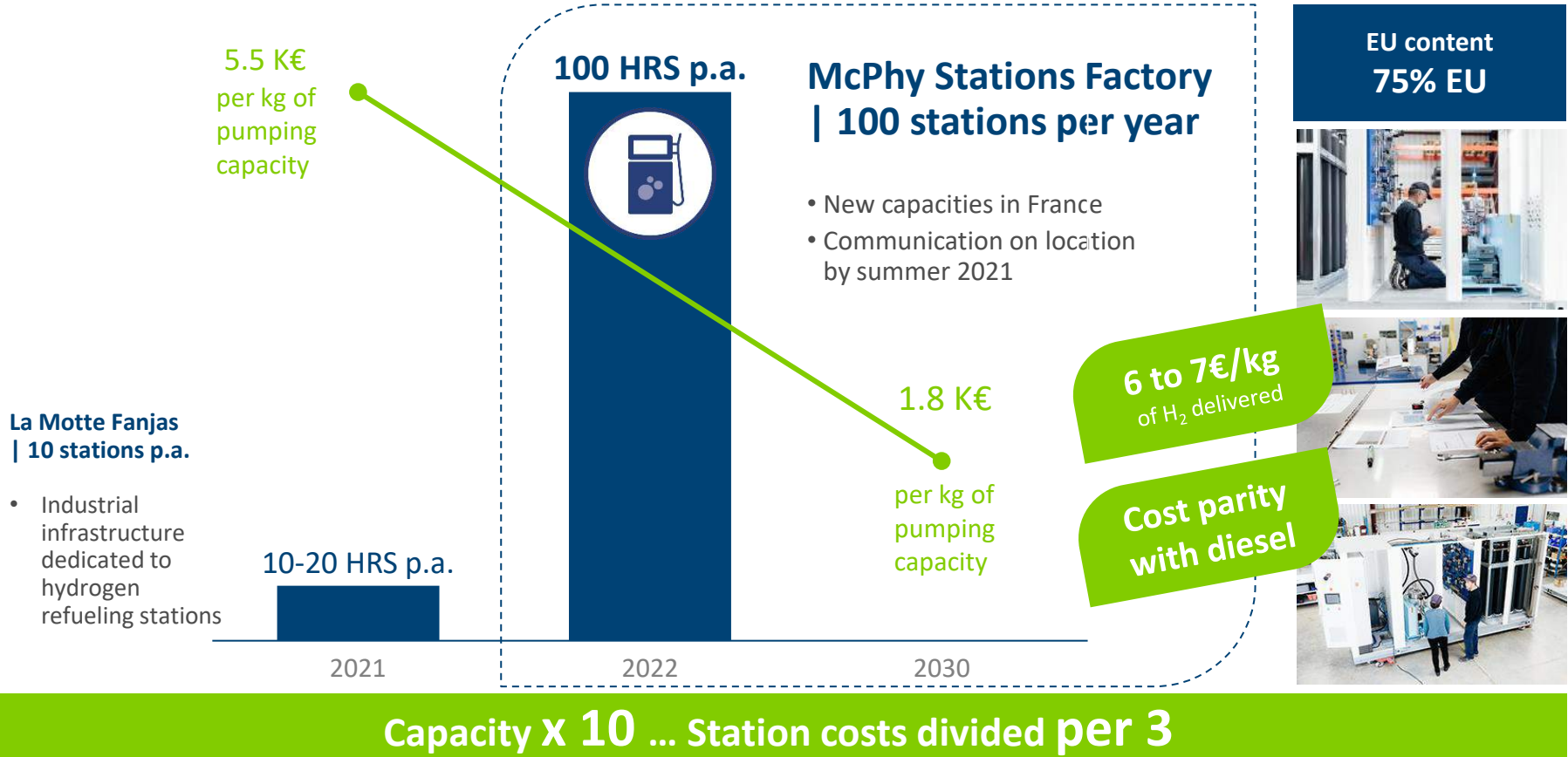
Houdain, France | Commissioning: 2019





# Grow our capacities to achieve economies of scale

| Hydrogen refueling stations manufacturing capacity expansion



● K€ / kg of pumping capacity ■ Annual production capacity

Source: company, average costs

# Grow our capacities to achieve economies of scale

| World-class large-scale electrolyzers factory

## San Miniato | 100 MW p.a.

- A premier industrial infrastructure
- 100 MW p.a.

## San Miniato | 300 MW p.a.

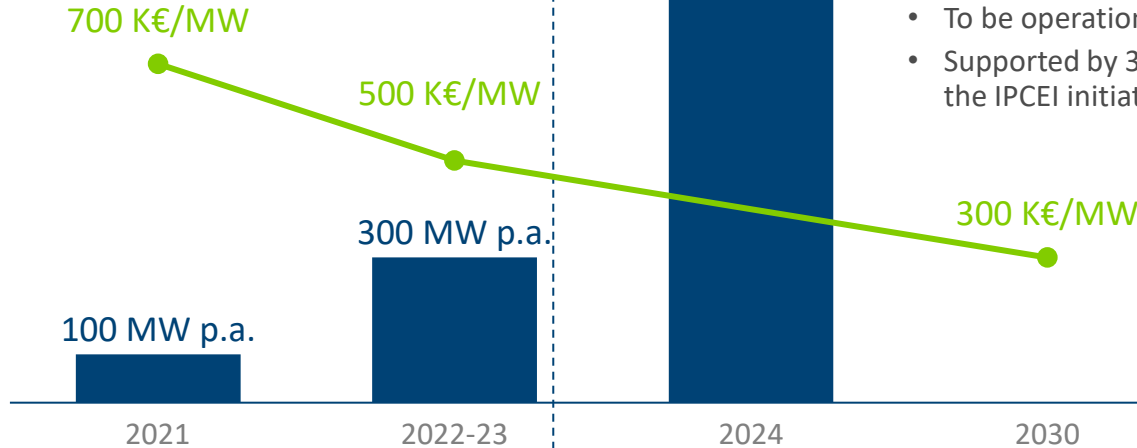
- Increased automation
- Lean manufacturing
- 3 shifts

## 1300 MW p.a.



## McPhy Giga Factory | 1300 MW p.a.

- Go decision: summer 2021
- Additional capacities to McPhy San Miniato
- To be operational in 2024
- Supported by 32 partners within the IPCEI initiative



1.5 to 2.0 €/kg  
of H<sub>2</sub> produced\*

Cost parity  
with SMR

EU content  
>90% EU



Capacity X 10 ... Electrolyzers' costs divided per 2

● K€ / MW    ■ Production capacity (MW)

Source: company, average costs

1.5 to 2€ / kg of hydrogen produced\* => By 2025-2030

Assumptions => Electricity cost: from 20 to 30 €/MWh / Capacity factor: 50% / Capital cost: 8%



# Invest in McPhy people

| “One McPhy” team and strengthened operating model



**110**

employees

**20**

nationalities

**50**

recruitments  
for 2021

**Global**

organization

**Senior-**

**skilled**

people



« Let's work together

Experienced **team**, fully committed

**Strong references**, confidence of key global players in the industry, mobility and energy sectors

Zero-carbon hydrogen production & distribution: proven & best in class **technologies**

Top-tier **industrial infrastructure**

Ready for the “**UNLIMITED HYDROGEN**” era!





Driving  
clean energy  
forward

## Thank you!

Sales Contact:

Florian Bergen

Sales Director Germany and Central Europe

+49 171 68 525 38

[florian.bergen@mcphy.com](mailto:florian.bergen@mcphy.com)

Follow us!



[mcphy.com](http://mcphy.com)



# Hydrogen & Electrolyzer Technologies

**Baudouin DE LANNOY**  
**Business Development Manager**

12 April 2021

---

**2020**

# **ABOUT CUMMINS INC.**

---

**190**  
Countries



**61.6K**  
Global Employees



**1.4M+**  
Engines built in 2019



**8K**  
Distributor & dealer locations



**\$1B**  
Invested in research &  
development in 2019



**100**  
Years of industry leadership



# THREE CORE TECHNOLOGIES



## ELECTRIFIED POWER

Creating technologies and products for commercial battery electric vehicles

- On-highway: transit bus, school bus, medium-duty truck, walk-in van
- Off-highway: construction equipment, terminal tractor, material handling



## FUEL CELLS

Creating and integrating components for hydrogen fuel cell electric vehicles and rail

- Electric vehicles: urban transit bus, commercial fleet, utility vehicle, electric lift truck
- Installation: freestanding electrical power plant



## HYDROGEN GENERATION

Creating solutions for industrial and commercial hydrogen generation and MW-scale energy storage

- Industrial processes and fueling stations: PEM generator, alkaline hydrogen generator
- Critical and uninterruptible power supply, power-to-gas technology





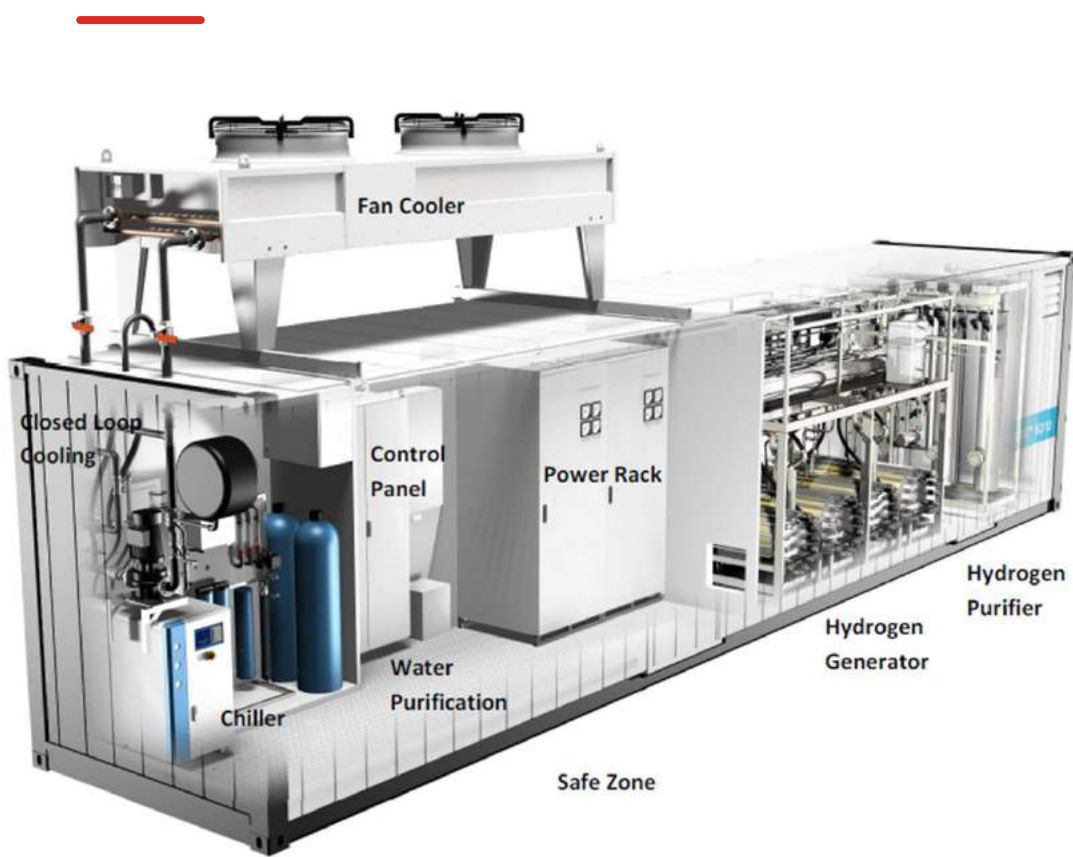
# WATER ELECTROLYZERS : PRODUCT LINE

## Alkaline



	HySTAT®-15-10	HySTAT®-60-10	HySTAT®-100-10	HyLYZER® -500-30	HyLYZER® -1.000-30
Output pressure		10 barg		30 barg	
Design	Indoor/outdoor	Indoor/outdoor	Indoor/outdoor	Indoor/outdoor	Indoor
Number of cell stacks	1	4	6	1 - 2	2
Nominal hydrogen flow	15 Nm³/h	60 Nm³/h	100 Nm³/h	200 - 500 Nm³/h	1.000 Nm³/h
Nominal input power	80 kW	300 kW	500 kW	1 - 2.5 MW	5 MW
AC power consumption (utilities included, at nominal capacity)		5.0 to 5.4 kWh/Nm³		≤ 5.1 kWh/Nm³	4.3 kWh/Nm³ ± 0.1 (DC power consumption, at nameplate hydrogen flow)
Turndown ratio	40-100%	10-100%	5-100%	5-100%	5-125%
Hydrogen purity		99.998% O2 < 2 ppm, N2 < 12 ppm (higher purities optional)		99.998% O2 < 2 ppm, N2 < 12 ppm (higher purities optional)	
Tap water consumption		<1.4 liters / Nm³ H2		<1.4 liters / Nm³ H2	
Footprint (in containers)	1 x 20 ft	1 x 40 ft	1 x 40 ft	2 x 40 ft	(LxWxH) 8.4 x 2.3 x 3.0 m
Utilities (AC-DC rectifiers, reverse osmosis, cooling, instrument air, H2 dryer)	Incl.	Incl.	Incl.	Incl.	Optional

# HYSTAT<sup>®</sup> ALKALINE ELECTROLYSERS



# HUNDRED'S OF INDUSTRIAL REFERENCES WITH HySTAT® ALKALINE ELECTROLYSIS TECHNOLOGY



# HYLYZER®-500 PEM ELECTROLYSERS

- **HyLYZER® 200/300/400/500-30**
  - **Containerized system**
  - **Turnkey product (Plug&Play):** including hydrogen gas generation system, power rectifier AC-DC, water purification (reverse osmosis), cooling (dry cooler)
  - **Dual stack platform:** up to 2 cell stacks of 250 Nm<sup>3</sup>/h (1,25 MW) to reach 500 Nm<sup>3</sup>/h (2,5 MW)
  - **Product versions:**
    - 1,0 MW: 200 Nm<sup>3</sup>/h (1 stack)
    - 1,5 MW: 300 Nm<sup>3</sup>/h (2 stacks)
    - 2,0 MW: 400 Nm<sup>3</sup>/h (2 stacks)
    - 2,5 MW: 500 Nm<sup>3</sup>/h (2 stacks)
  - **Output pressure: 30 barg**



# MAIN HYLYZER®-500 REFERENCES

Power-to-Gas



Power-to-Power



Power-to-Fuels



Power-to-Mobility

Power-to-Industry



Power-to-Gas

Power-to-Mobility



Power-to-Gas



# CURRENT DEVELOPMENT

## 2,5 MW PEM CELL STACK

1

### MW Scale Electrolyzer Stack

3.0 MW industry benchmark

2

### Reduction of Plant Capital Costs

Achieved target system cost

3

### Stack Efficiency Improvements

Leading industry performance



4

### Fast Response and Dynamic Operation

Key requirement established

5

### Very compact

Lowest footprint on the market

6

### Reduced Maintenance

Limited and optimized

	1500E cell stack (high)	1500E cell stack (small)
Nominal input power (Max)	2,5 MW (3 MW)	1,25 MW (1,5 MW)
Nominal H2 flow (Max)	500 Nm <sup>3</sup> /h (620 Nm <sup>3</sup> /h)	250 Nm <sup>3</sup> /h (310 Nm <sup>3</sup> /h)
Operating pressure	30 barg	30 barg

# HYLYZER®-1000 PEM ELECTROLYSER

## ▪ HyLYZER® 1000-30

- **Indoor system**
- **Modular product (to be integrated):** including hydrogen gas generation system, power rectifier AC-DC
- **Dual stack platform:** 2 cell stacks of 500 Nm<sup>3</sup>/h (2,5 MW) to reach 1000 Nm<sup>3</sup>/h (5 MW)
- **Output pressure:** 30 barg



# MODULAR PRODUCT PLATFORM

## 20MW / 4x **HYLYZER®-1000**

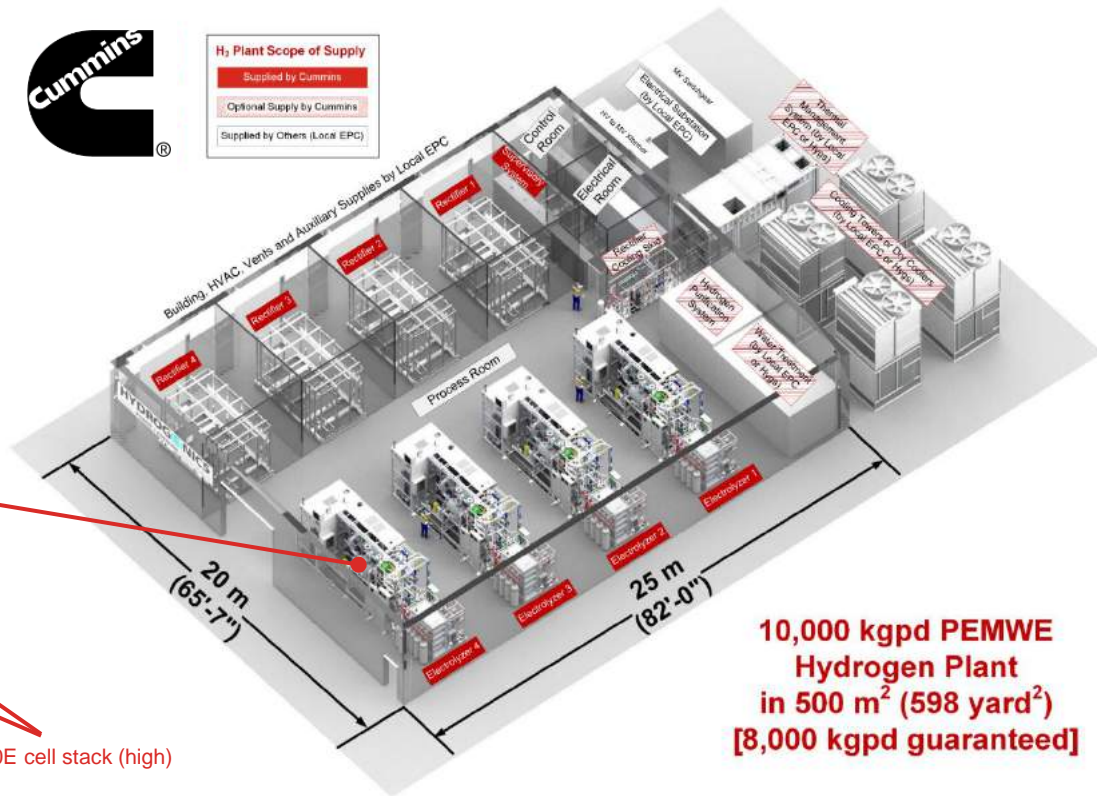


H <sub>2</sub> Plant Scope of Supply	
Supplied by Cummins	[Red box]
Optional Supply by Cummins	[Light red box]
Supplied by Others (Local EPC)	[White box]



HyLYZER®-1000 – Balance-of-Stack  
1000 Nm<sup>3</sup>/h (~5 MW) in total

2x 1500E cell stack (high)



**10,000 kgpd PEMWE  
Hydrogen Plant  
in 500 m<sup>2</sup> (598 yard<sup>2</sup>)  
[8,000 kgpd guaranteed]**



# World's Largest PEM Electrolyzer 20 MW



**Air Liquide Becancour, Canada**

4x HyLYZER® 1000-30 – indoor – 20 MW – 4.000 Nm<sup>3</sup>/h



**Air Liquide Becancour, Canada**  
HyLYZER® 1000-30 - indoor

# TECHNOLOGY DIFFERENTIATION

## Alkaline



1050 kgpd, (atmospheric)

## Our PEM Technology



1330 kgpd, (30 bar)

# OUR VALUE PROPOSITION COVERS CAPEX, SYSTEM PERFORMANCE, TCO AND BANKABILITY

## Our Value Proposition

### Capex

- Smaller **plant footprint**
- **No compressor** required for liquefaction or direct injection
- **Shorter installation time** and lower cost → factory built skids vs. building on-site
- **Non-classified process room**
- **Scalable platform** for future expansion

### Performance

- **System efficiency**
- Annual maintenance cost
- **125% overdrive** for maintenance shutdowns
- Interval period between stack refurbishment
- **Reliability**
- Operating availability
- Dynamic operating range
- **No electrolyte** disposal cost

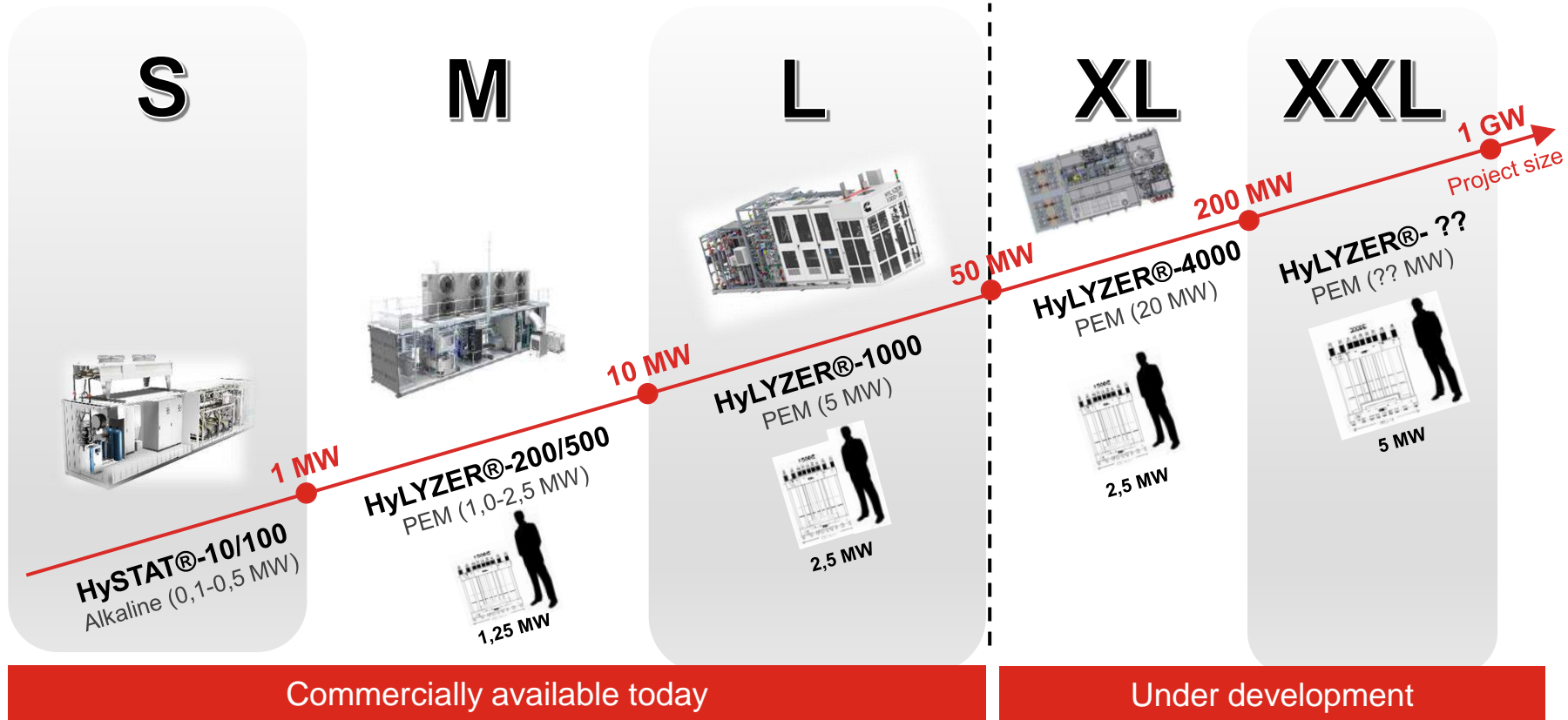
### Bankability

- Manufacturer reputation
- Product warranty
- Performance standards or guarantees
- Product insurance
- Maintenance contract or LTSA
- Customer service network
- Solid balance sheet

### TCO

- Levelized \$/kg production

# PROJECT SIZE: S, M, L, XL, XXL



# KEY MESSAGES

---

**We have deep industrial scale electrolyzer experience**

**We have the correct technology for future GW installations**

**We are actively pursuing large scale opportunities**

**With Cummins we leverage a solid balance sheet and global service organization**



# THANK YOU

Contact: Baudouin DE LANNOY, Business Development Manager - Water Electrolysis

Email: [Baudouin.de.Lannoy@cummins.com](mailto:Baudouin.de.Lannoy@cummins.com)

# PEM Elektrolyse - Technik & Projekte

Erzeugung von grünem Wasserstoff  
12. April 2021, Online Workshop



# Unsere Geschäftsbereiche



## Engines & Marine Systems



## Power Plants



## Turbomachinery

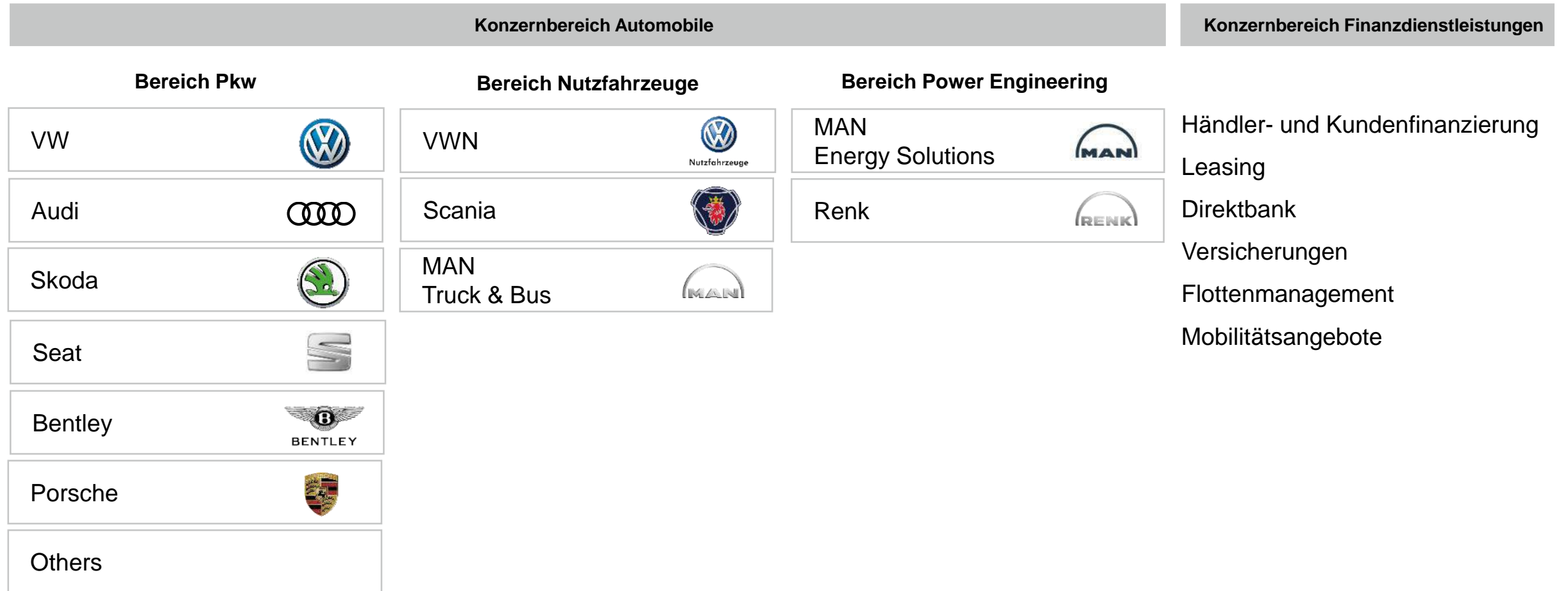


## Aftersales MAN PrimeServ



# Unternehmen in der Volkswagen Gruppe

MAN Energy Solutions ist Teil der Markenfamilie



# Unser Entwicklungs- und Produktionsnetzwerk

Standorte in Europa und Asien

10

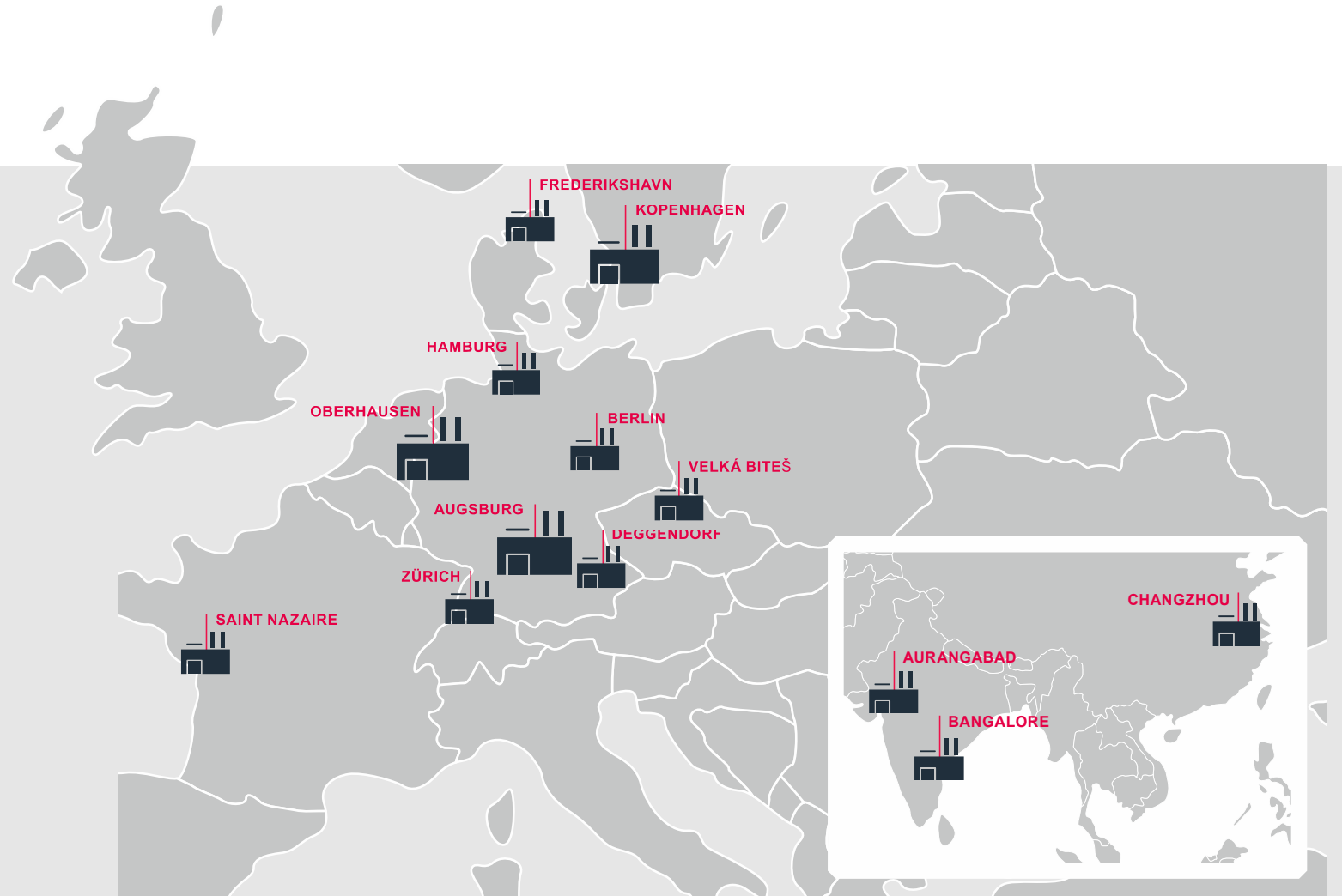
Produktionsstandorte  
in Europa

3

Produktionsstandorte  
in Asien

30

Lizenznehmer in 7 Ländern  
(Zwei- und Viertaktmotoren,  
Turbolader)



# MAN ES: umfassendes H<sub>2</sub> Portfolio

Basierend auf Projekterfahrung & Kundenreferenzen



Turbomaschinen für H<sub>2</sub>, SNG, CO<sub>2</sub>, etc.



(L)SNG Infrastruktur



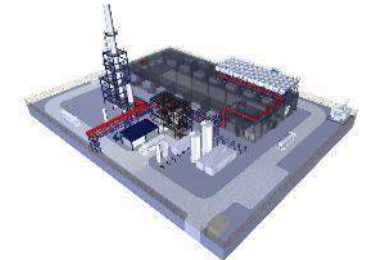
Flüssig- H<sub>2</sub> & LOHC  
Partner von **hydrogenious**  
LOHC TECHNOLOGIES



eFuels für Schiffsantriebe  
(zukunftsichere Produkte: z.B. Umrüstung der Wes Amelie, 2017)



PtX Prozesstechnologie,  
Kompetenz im Reaktorbau



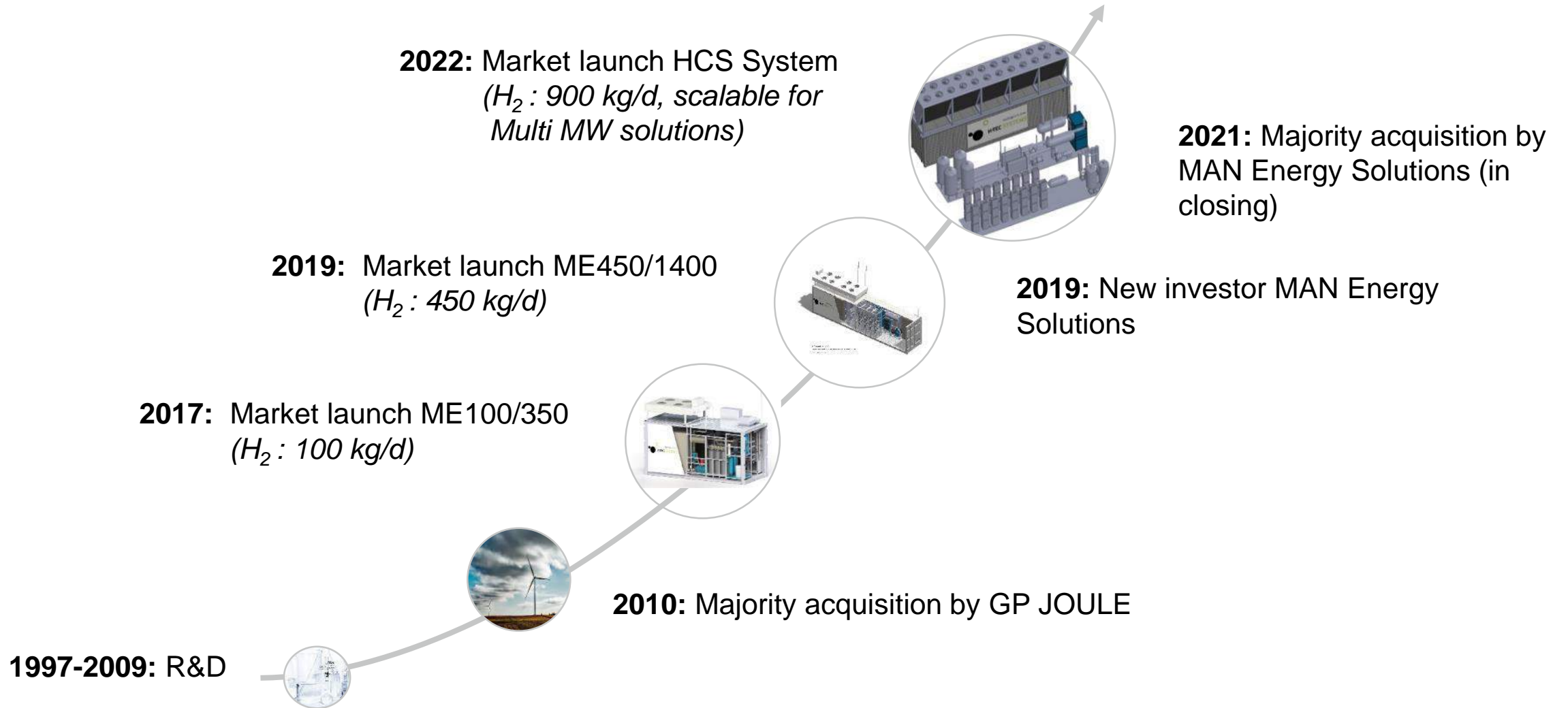
EPC PtG-Anlagen



Hydrogen is now  
**HTEC SYSTEMS**  
PEM Elektrolyseure

Picture Source: Logos © H-TEC SYSTEMS GmbH and Hydrogenics; SNG: Synthetic Natural Gas

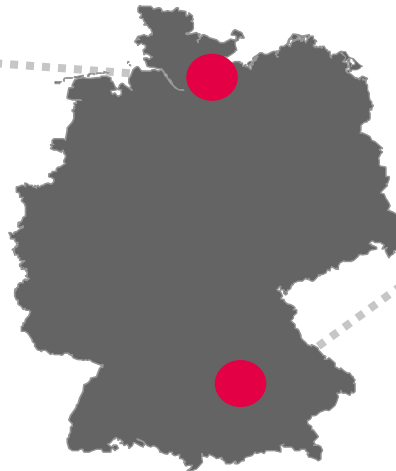
# H-TEC SYSTEMS entwickelt seit 1997 nachhaltige Wasserstofflösungen



# Unsere Produktionsstandorte liegen in wichtigen wirtschaftlichen Zentren

## Braak, DE

*PEM Stack  
Entwicklung &  
Produktion, 1-100 kW*

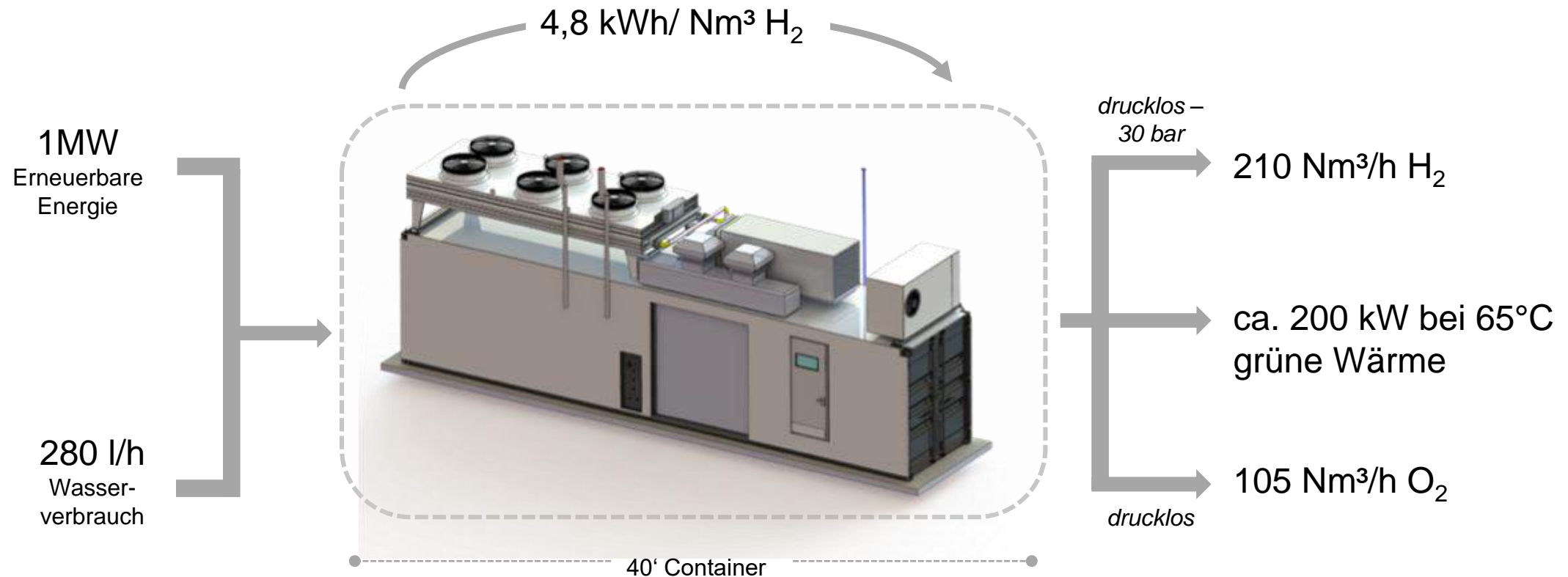


## Augsburg, DE

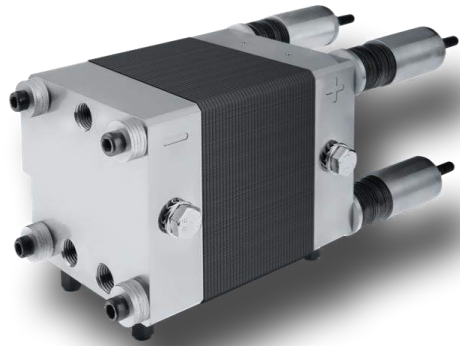
*Hauptsitz, Produktion von PEM-  
Elektrolyseuren: 225 kW, 1 MW  
und aufwärts*



# Effiziente Umwandlung von elektrischer Energie durch PEM Elektrolyse



# H-TEC Systems ist ein führender Hersteller von PEM-Stacks



## Series-S30 Stacks (1 bis 5 kW)

- Hohe Leistungsdichte
- Geringe Umwandlungskosten
- Überdurchschnittliche Effizienz
- Lieferung an Dritt-Anbieter für individuelle Lösungen
- Passend für häusliche Lösungen und kleine Wasserstoffproduktionseinheiten



## Series-S450 Stacks (100 kW)

- Hohe Leistungsdichte
- Geringe Umwandlungskosten
- Überdurchschnittliche Effizienz
- Passend für integrierte Lösungen mit einer Produktionsrate von mehr als 50kg/d
- Verwendung in den Elektrolyseuren der H-TEC Series ME

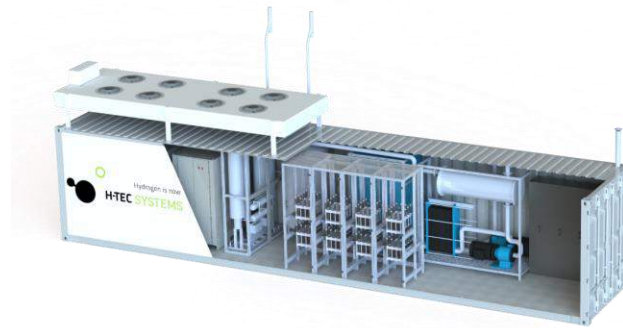


# H-tec SYSTEMS ist ein führender Hersteller von PEM-Elektrolyseuren



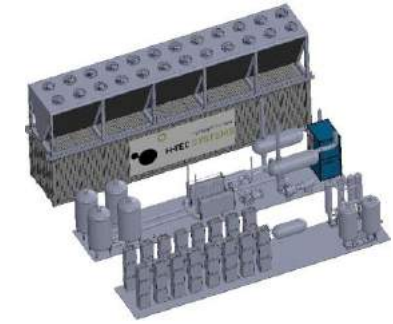
## ME 100/350 Elektrolyseur

- Nominallast: 225 kW
- H<sub>2</sub> Produktion :100 kg/d



## ME 450/1400 Elektrolyseur

- Nominallast: 1 MW
- H<sub>2</sub> Produktion : 450 kg/d



## Multi MW Elektrolysesystem

- Nominallast/ Modul: 2 MW
- H<sub>2</sub> Produktion/ Modul: 900 kg/d

- Exzellentes Preis-Leistungsverhältnis führt zu minimalen H<sub>2</sub> Produktionskosten.
- Multiple-Stack Design zur Risikominimierung sowie Senkung der Gesamtkosten
- Möglichkeit eines dynamischen Teillastbetriebes zum Ausgleich von Netzschwankungen
- Hohe Umwandlungseffizienz (74%) sowie zusätzlich mögliche Wärmeauskopplung
- 5.0 Wasserstoffqualität (ISO14687-2) passend für Tankstellenlösungen

# Hydrogen Mobilitätskonzept

eFarm in Schleswig Holstein

## RENEWABLES

<b>Power Source:</b>	Wind
<b>Power Input:</b>	1,125 MW

## ELECTROLYSER

<b>Model:</b>	ME 100/350
<b>Technology:</b>	PEM
<b>Nominal load:</b>	5 x 225 kW
<b>H<sub>2</sub> production:</b>	5 x 100 kg/d
<b>H<sub>2</sub> outlet pressure:</b>	30 barg
<b>Waste heat utilization:</b>	Yes
<b>Installation:</b>	outdoor



# Windgas Haurup

Erdgasnetzeinspeisung

## RENEWABLES

**Power Source:** Wind

**Power Input:** 1 MW

## ELECTROLYSER

**Model:** ME 450/1400

**Technology:** PEM

**Nominal load:** 1 MW

**H<sub>2</sub> production:** 450 kg/d

**H<sub>2</sub> outlet pressure:** 35 barg

**Waste heat utilization:** No

**Installation:** outdoor



# ZEHTC

Grüner Wasserstoff für ein Microgrid in Schweden

## RENEWABLES

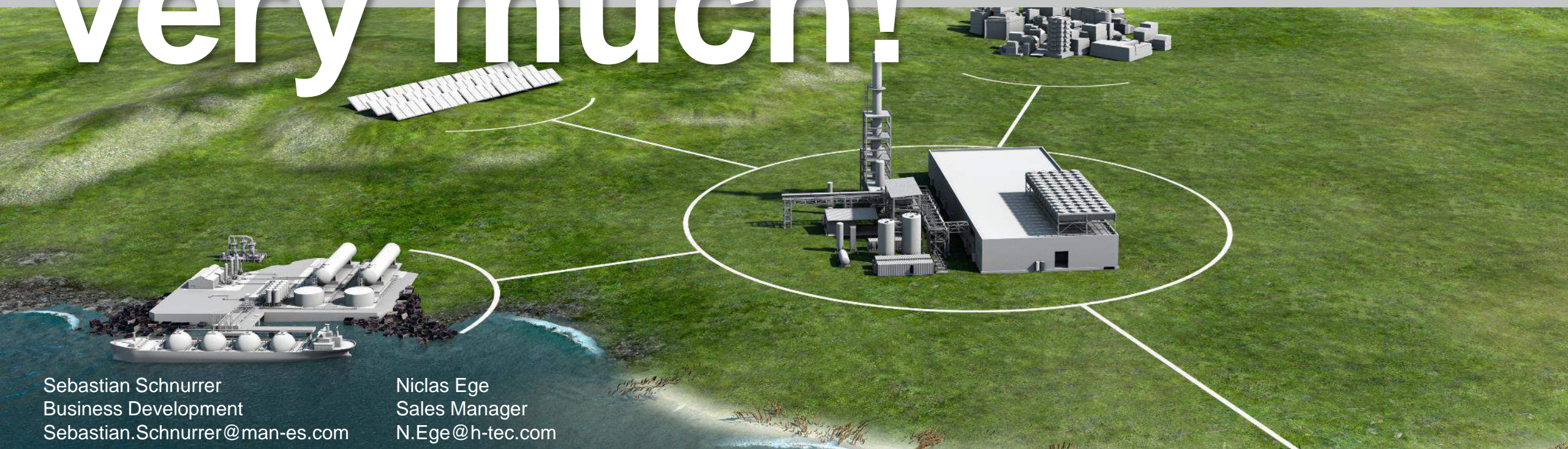
<b>Power Source:</b>	PV
<b>Power Input:</b>	0,225 MW

## ELECTROLYSER

<b>Model:</b>	ME 100/350
<b>Technology:</b>	PEM
<b>Nominal load:</b>	0,225 MW
<b>H<sub>2</sub> production:</b>	100 kg/d
<b>H<sub>2</sub> outlet pressure:</b>	30 barg
<b>Waste heat utilization:</b>	no
<b>Installation:</b>	outdoor



# Thank you very much!



Sebastian Schnurrer  
Business Development  
[Sebastian.Schnurrer@man-es.com](mailto:Sebastian.Schnurrer@man-es.com)

Niclas Ege  
Sales Manager  
[N.Ege@h-tec.com](mailto:N.Ege@h-tec.com)

All data provided in this document is non-binding.

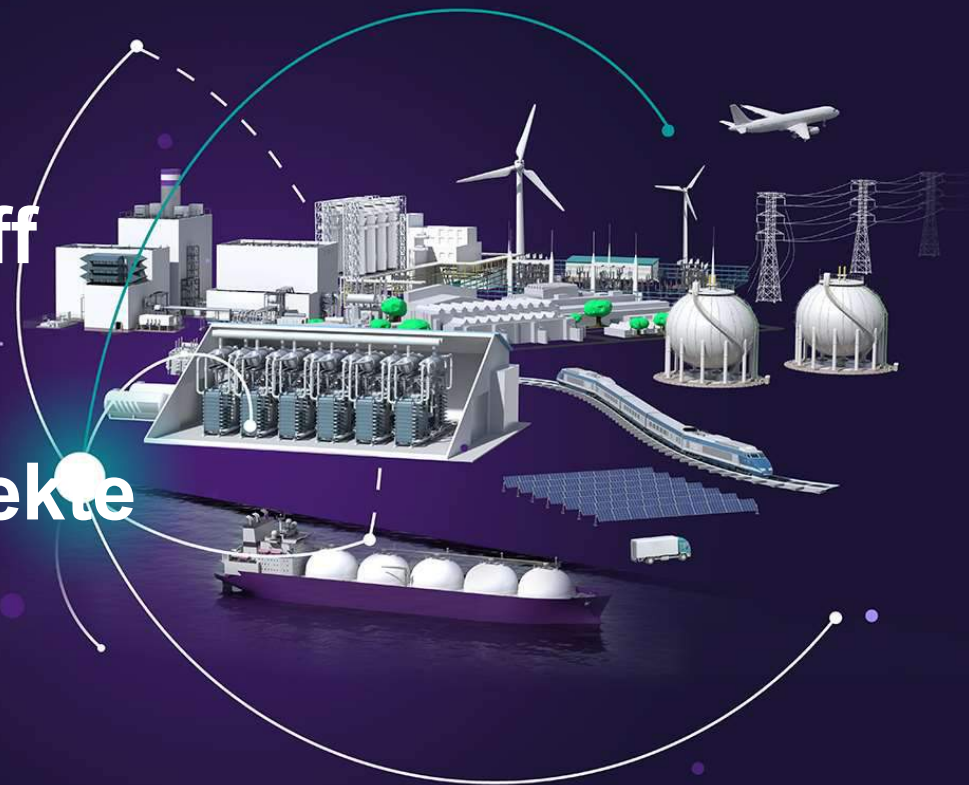
This data serves informational purposes only and is especially not guaranteed in any way.

Depending on the subsequent specific individual projects, the relevant data may be subject to changes and will be assessed and determined individually for each project. This will depend on the particular characteristics of each individual project, especially specific site and operational conditions.

# Workshop: Erzeugung von grünem Wasserstoff

## Silyzer Portfolio – Roadmap und Projekte

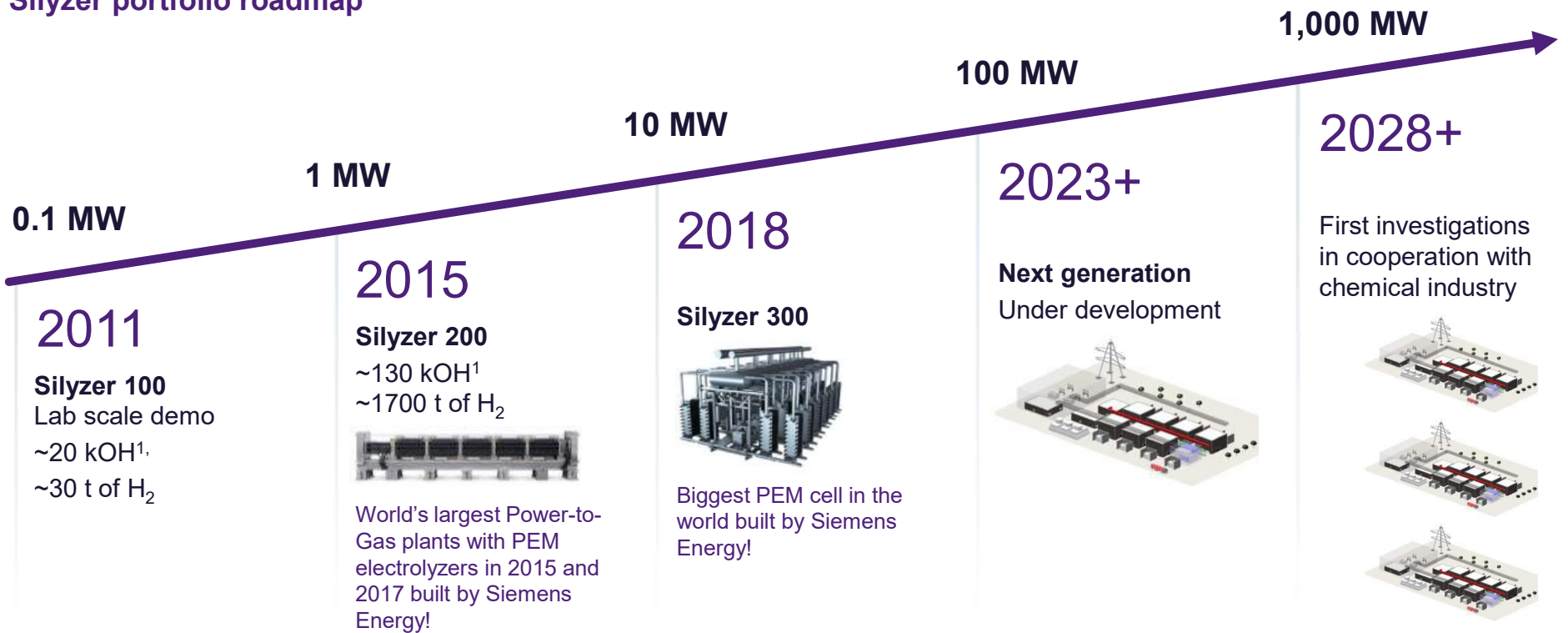
12.04.2021; Ilona Dickschas, SE NEB PR EU



# Silyzer portfolio scales up by factor 10 every 4 – 5 years driven by market demand and co-developed with our customers



## Silyzer portfolio roadmap



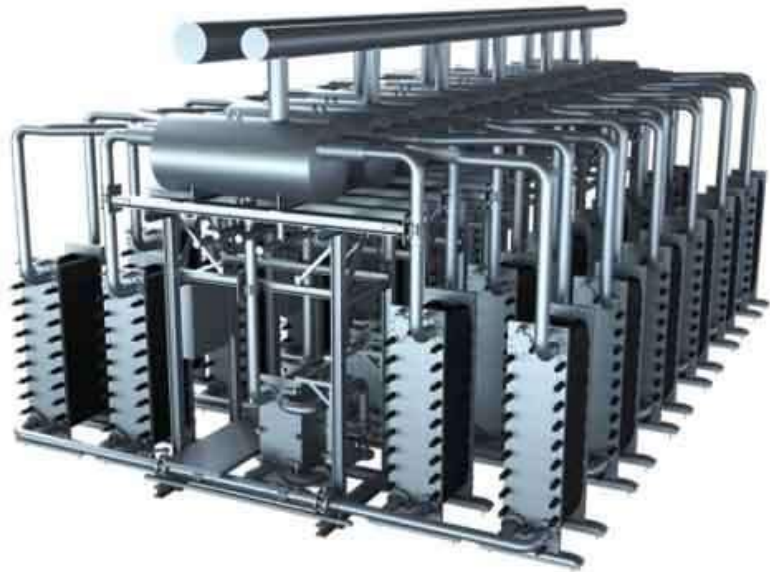
<sup>1</sup> 1000 accumulated Operating Hours; Data OH & tons as of Oct 2020  
April 2021



## Silyzer 300 – Full Module Array

The next paradigm in PEM electrolysis

Silyzer 300 – full module array (24 modules)



**17.5 MW**  
plant power demand

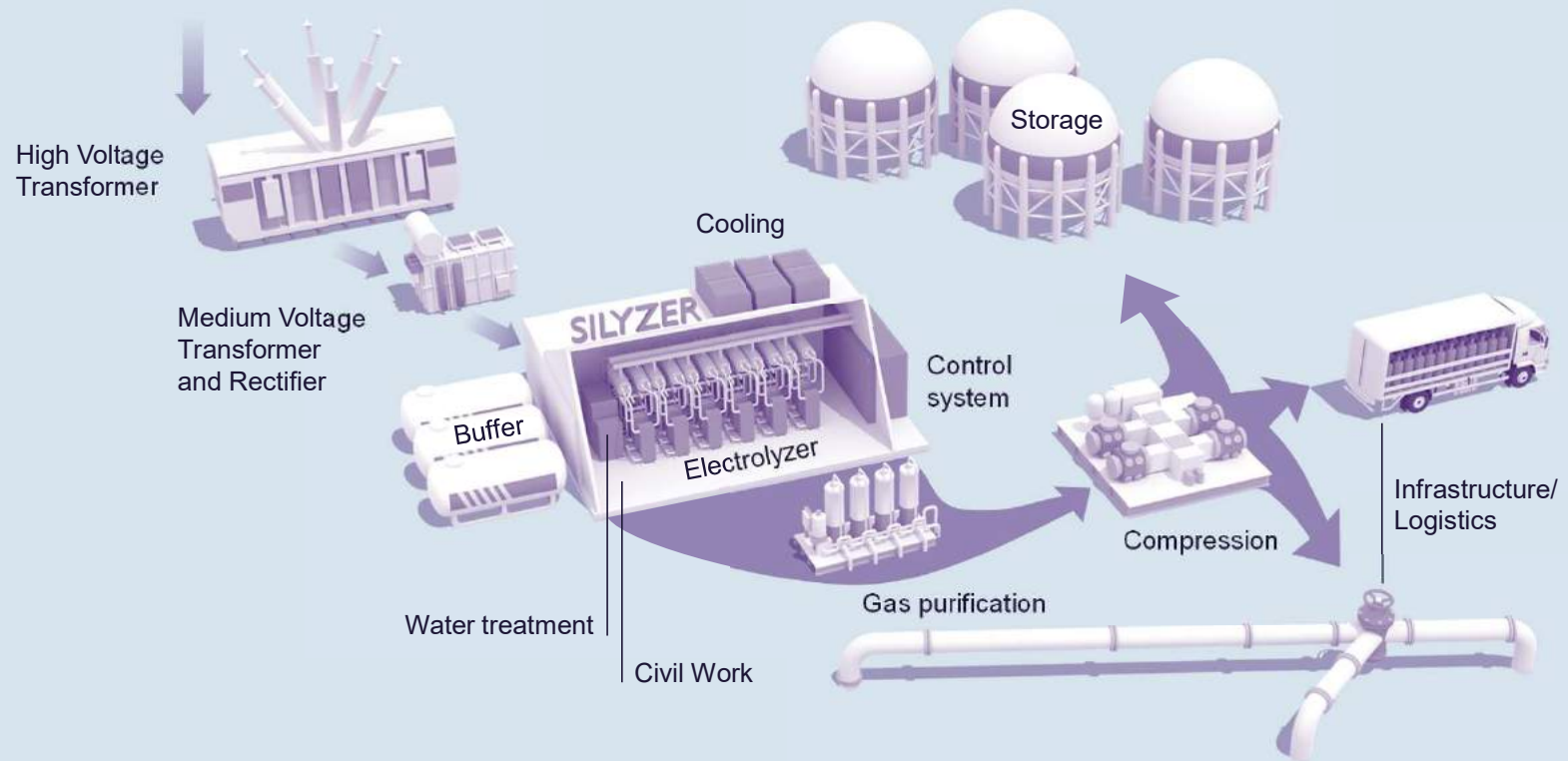
**> 75.5 %**  
plant efficiency

**24 modules**  
to build a full module  
array

**330 kg**  
hydrogen per hour

# Hydrogen generation

More than just an electrolyzer



## Project-specific example



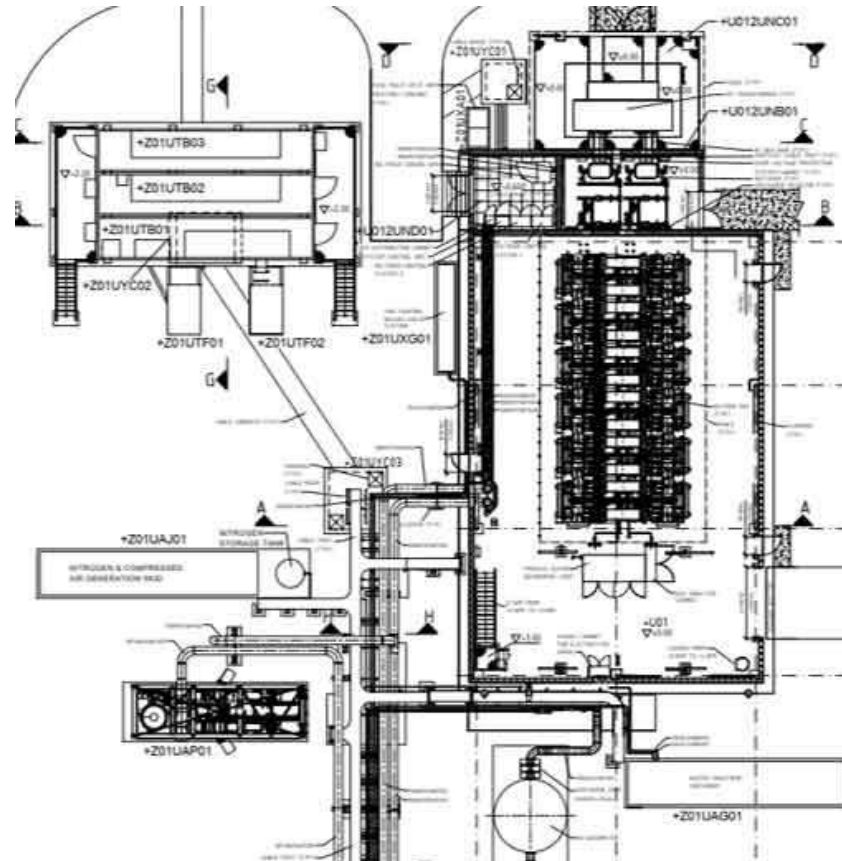
### Hydrogen production 330 kg/h at 20 bar

The plant arrangement is on the project basis, for very small areas












→ 330 kg/h H<sub>2</sub>

Plant dimensions: 40 x 32 m

## Optimized footprint for 20 MW project Silyzer 300 Plant Layout









## Our references for Power-to-Gas as well as Power-to-Liquid plants have different end applications

Year	Country	Project	Customer	Power demand	Product offering			
2015	Germany	Energiepark Mainz	Municipality of Mainz	3.80 MW/6 MW (peak)	Pilot Silyzer 200			
2016	Germany	Wind Gas Haßfurt	Municipality of Haßfurt Greenpeace Energy	1.25 MW	Silyzer 200			
2020	UAE	DEWA Expo 2020	Dubai Electricity and Water Authority (DEWA)	1.25 MW	Silyzer 200			
2020	Australia	Hydrogen Park SA (HyP SA)	Australian Gas Infrastructure Group (AGIG)	1.25 MW	Silyzer 200			
2020	Switzerland	Power-to-Gas (Methane)	Limeco	2.50 MW	Silyzer 200			
2020	Germany	Power-to-Liquid	Renewable Investor	1.25 MW	Silyzer 200			

## Our references in an industrial environment are steel industry, specialty refinery as well as in food and beverage



Year	Country	Project	Customer	Power demand	Product offering
2017	Germany	H&R	H&R Ölwerke Schindler GmbH	5 MW	Silyzer 200 
2019	Austria	H2Future <sup>1</sup>	Voestalpine, Verbund, Austrian Power Grid (APG)	6 MW	Pilot Silyzer 300  
2019	Sweden	Food and Beverage	Food and Beverage Company	2.5 MW	Silyzer 200 
2020	Germany	SALCOS	Salzgitter AG	2.5 MW	Silyzer 200 

 <sup>1</sup> This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking under grant agreement No 735503. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovative programme and Hydrogen Europe and NERGHY



# 6 MW

Power demand based on  
Silyzer 300

# 1,200 Nm<sup>3</sup>

of green hydrogen per hour

January 2021



## H2FUTURE

A European Flagship project for generation and use of green hydrogen

### Project

- Partner: VERBUND (coordination), voestalpine, Austrian Power Grid (APG), TNO, K1-MET
- Country: Austria
- Installed: 2019
- Product: Silyzer 300

### Challenge

- Potential for “breakthrough” steelmaking technologies which replace carbon by green hydrogen as basis for further upscaling to industrial dimensions
- Installation and integration into an existing coke oven gas pipeline at the steel plant
- High electrolysis system efficiency of 80%

### Use cases



Hydrogen for the steel making process



Supply grid services

### Solutions

- Operation of a 12-module array Silyzer 300
- Highly dynamic power consumption – enabling grid services
- State-of-the-art process control technology based on SIMATIC PCS 7



This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking under grant agreement No 735503. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovative programme and Hydrogen Europe and NERGHY

New Energy Business 8

Unrestricted use © Siemens Energy, 2020

# Disclaimer



Subject to changes and errors. The information given in this document only contains general descriptions and/or performance features which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract.

All product designations may be trademarks or product names of Siemens Energy Global GmbH & Co. KG or other companies whose use by third parties for their own purposes could violate the rights of the owners

## Contact page



Published by Siemens Energy

**Ilona Dickschas**

Sales Manager  
SE NEB PR EU

Freyeslebenstraße 1  
91058 Erlangen  
Deutschland

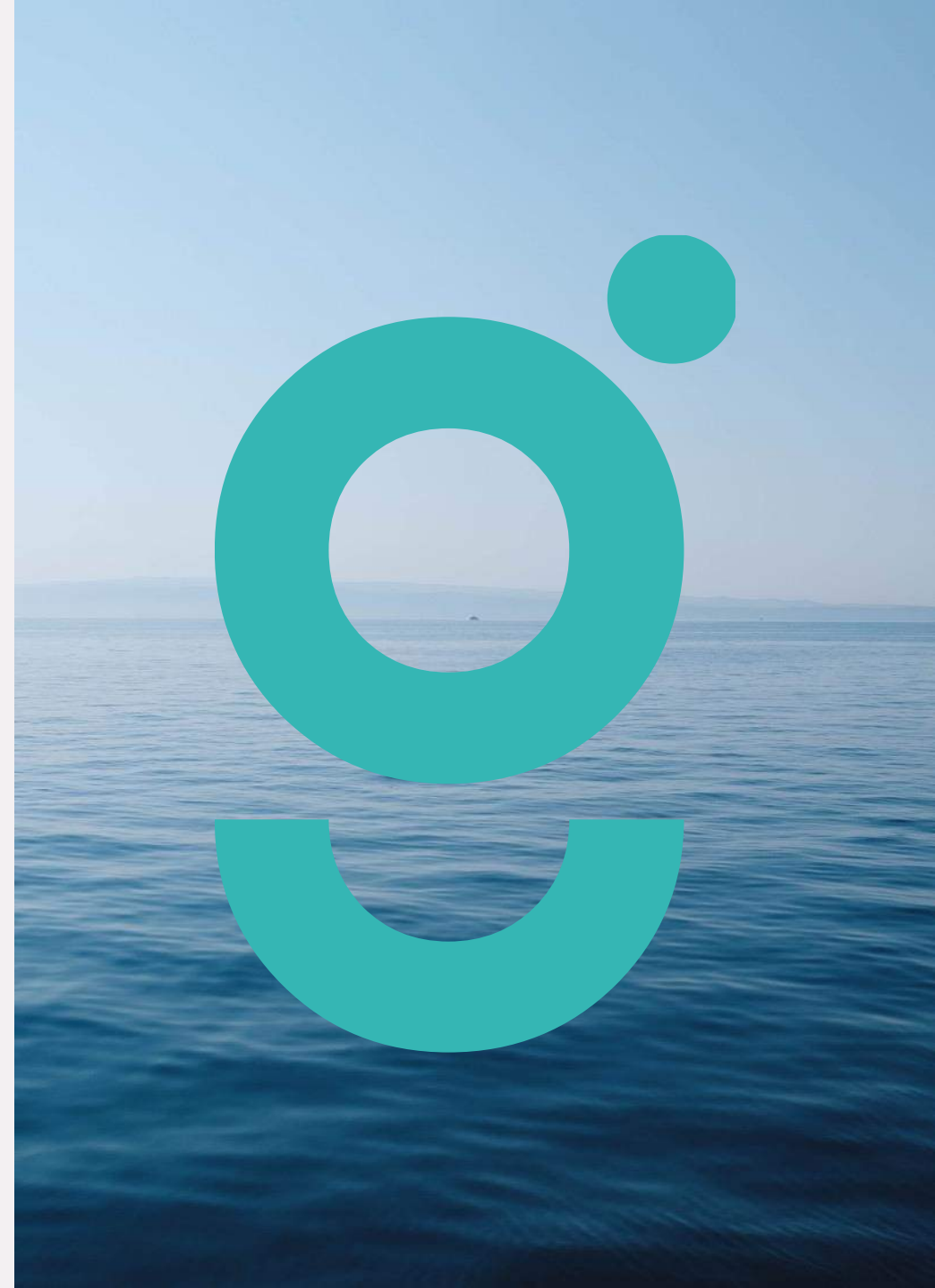


**elogen**

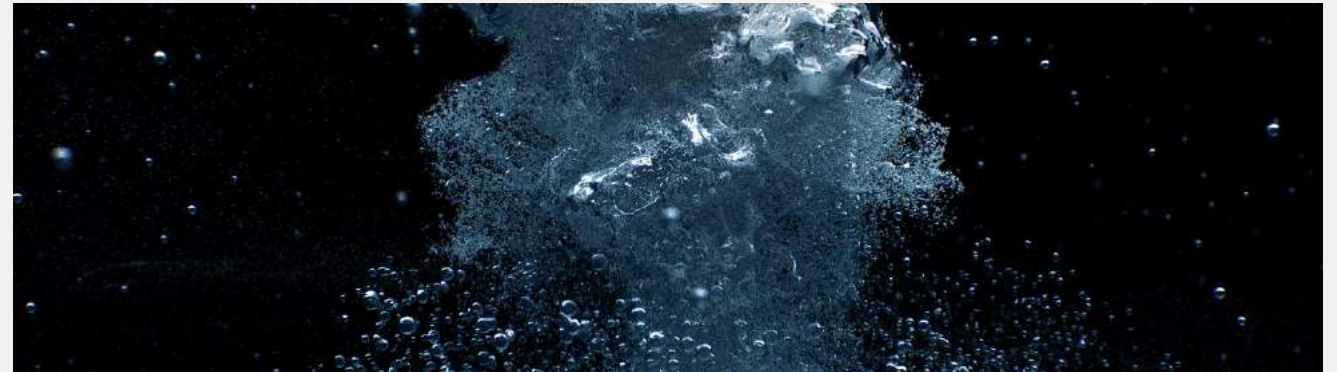
# Technologie und Projekte

Carsten Krause, Elogen

April 12, 2021



# Elogen, für eine nachhaltige Welt – unsere DNA



## Elogen, Technologie und Expertise für grünen Wasserstoff

**Elogen entwickelt zukunftsweisende Technologien. Wir entwickeln, entwerfen und fertigen PEM-Elektrolyseure (Proton Exchange Membrane) für Mobilität, Industrie und Energiespeicherung.**

Elogen bietet seinen Kunden die beste technische Lösung zur Herstellung von grünem Wasserstoff.

Gestützt auf seine robuste F&E und seine Leidenschaft für Innovationen bietet Elogen, ein Tochterunternehmen des Technologiekonzerns GTT, seinen Kunden wettbewerbsfähige, zuverlässige und maßgeschneiderte Lösungen.

# Elogen Information

## Elogen auf einen Blick

Der Hauptsitz von Elogen in Les Ulis (Großraum Paris) zentralisiert alle notwendigen Einrichtungen zur Entwicklung und Herstellung seiner PEM-Elektrolyseure.

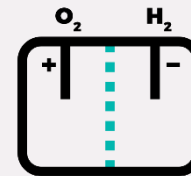
- Innovation, Vertrieb, Betrieb, Kundendienst
- Montage von Elektrolyseuren und Stacks, F&E-Prüfstände, Engineering

**Elogen hat eine Niederlassung in Köln, mit Teams für Geschäftsentwicklung, Vertrieb, Projektmanagement und F&E.**

**In Großbritannien hat Elogen eine langjährige Vertriebs- und Projektmanagement-Präsenz im Großraum London.**



**über 15 Jahre  
Erfahrung**  
in der  
PEM Elektrolyse



**3 Kontinente,**  
Elektrolyseure im  
Betrieb in Europa,  
Asien und den USA



**>40 hoch-  
qualifizierte  
Mitarbeiter,** die  
alle Fachbereiche  
abdecken



**400 MW**  
Mindestziel für den  
jährlichen Absatz  
von  
Elektrolysekapazität  
bis 2030

# Elogen, Teil von GTT



Oktober 2020

GTT übernimmt

**AREVA H<sub>2</sub>Gen**

15 Jahre Erfahrung in der  
PEM Elektrolyse

Februar 2021

**AREVA H<sub>2</sub>Gen**

wird

**elogen**



**GTT und Elogen verbindet die  
gemeinsame DNA:**

**F&E und Innovation -**  
Technologie hilft, eine  
nachhaltigere Welt zu schaffen

# GTT Gruppe

## Zahlen



Technologieexperte für Containment-  
Lösungen für verflüssigte Gase

Stand 31 Dezember 2020

<b>Umsatz</b>	<b>€396 M</b>
<b>Nettoergebnis</b>	<b>€200 M</b>
<b>Mitarbeiter</b>	<b>553</b> 80% Ingenieure und Techniker, und davon 20% in F&E
<b>Marktkapitalisierung<sup>(1)</sup></b>	<b>€2.5 Mrd.</b>

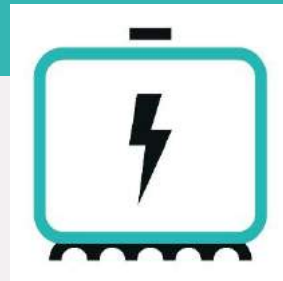
(1) Ab 31.03.2021 - Die GTT-Gruppe ist im SBF120-Index gelistet..

# Vorteile der PEM Technologie

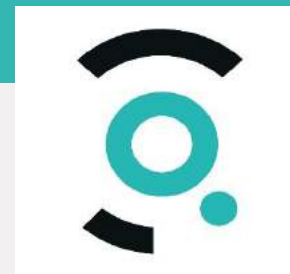
Die beste Technologie zur Herstellung von  
Wasserstoff aus erneuerbaren Energien



- ✓ Passt sich an die Schwankungen der erneuerbaren Energien an



- ✓ In der Lage, Netzschwankungen zu managen und Dienstleistungen anzubieten



- ✓ Einfach zu warten, kein Umgang mit Gefahrstoffen



- ✓ Platzersparnis durch geringen Flächenbedarf

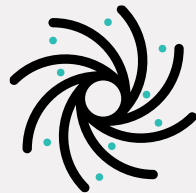
# PEM Technologie

## **Prinzip:**

*In der PEM-Elektrolysezelle werden mit Gleichstrom Wassermoleküle in Wasserstoff- und Sauerstoffgas gespalten.*

*Die Reaktion "Elektrolyse" findet annähernd bei Raumtemperatur statt.*

*Der Elektrolyt ist eine sehr dünne, protonendurchlässige Membran (< 1 mm).*



## Elogen, ein führender Entwickler und Hersteller von PEM-Elektrolyseuren in Europa

- ✓ **Sehr kompakt, geringer Platzbedarf:** ~ 30 m<sup>2</sup>/MW<sub>el</sub>
- ✓ **Geeignet für den Betrieb bei hohen Stromdichten**
- ✓ **Betrieb bis 45 bar H<sub>2</sub>** und bei hoher Druckdifferenz zwischen O<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>-Kreislauf
- ✓ **Flexible Regelung:** von 0 bis 100 % des Nennbetriebspunktes in wenigen Sekunden
- ✓ **Geringer Energiebedarf:**  
1 MW System: 4,9 kWh/Nm<sup>3</sup>  
Stack: 4,3 kWh/Nm<sup>3</sup>
- ✓ **Hohe Stacklebensdauer :** > 60 000 Std.

# Elogen's Märkte



## Mobility

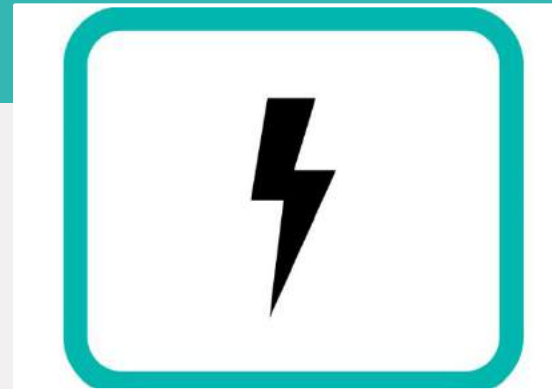
Elogen liefert Elektrolyseure für die Mobilität in Frankreich, Großbritannien und Deutschland, bei Bedarf zusammen mit Wasserstoff-Tankstellen.

**elogen** | Empowering a sustainable world



## Power-To-Gas

Der von den Elektrolyseuren von Elogen erzeugte Wasserstoff kann in das bestehende Erdgasnetz eingespeißt werden oder ermöglicht die Produktion von synthetischem Methan.



## Power-To-Power

Die Systeme von Elogen eignen sich perfekt für die Energiespeicherung, insbesondere in abgelegenen Gebieten, die von intermittierenden erneuerbaren Energiequellen versorgt werden.



## Heavy industry

Unter Verwendung von Hochleistungs-Stacks und unter Nutzung unserer robusten technischen Fähigkeiten und Partnerschaften strebt Elogen an, ab 2023 Elektrolyseanlagen im großen Maßstab zu liefern.



# Elogen's Angebote



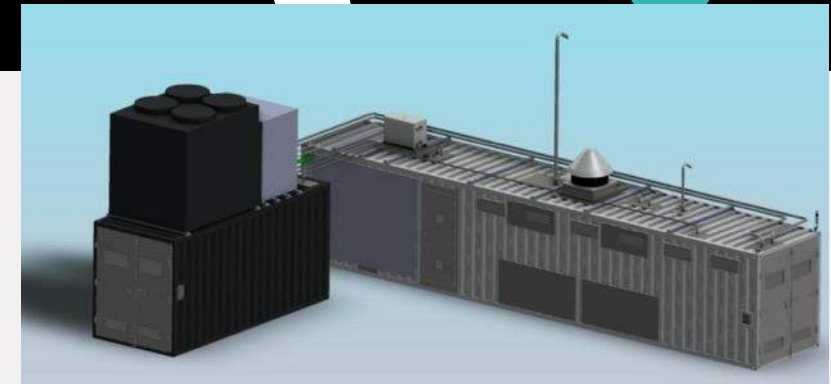
## Schlüsselfertige Elektrolyseure

- Ab 50 kW bis zu mehreren MW
- Optionale Wasserstoff-Reinigungseinheit
- Indoor/Outdoor Container



## Großskalige Elektrolyseanlagen

- Mehrere dutzend MW pro Anlage
- Von Elogen designed
- Gemeinsam mit EPC Partnern

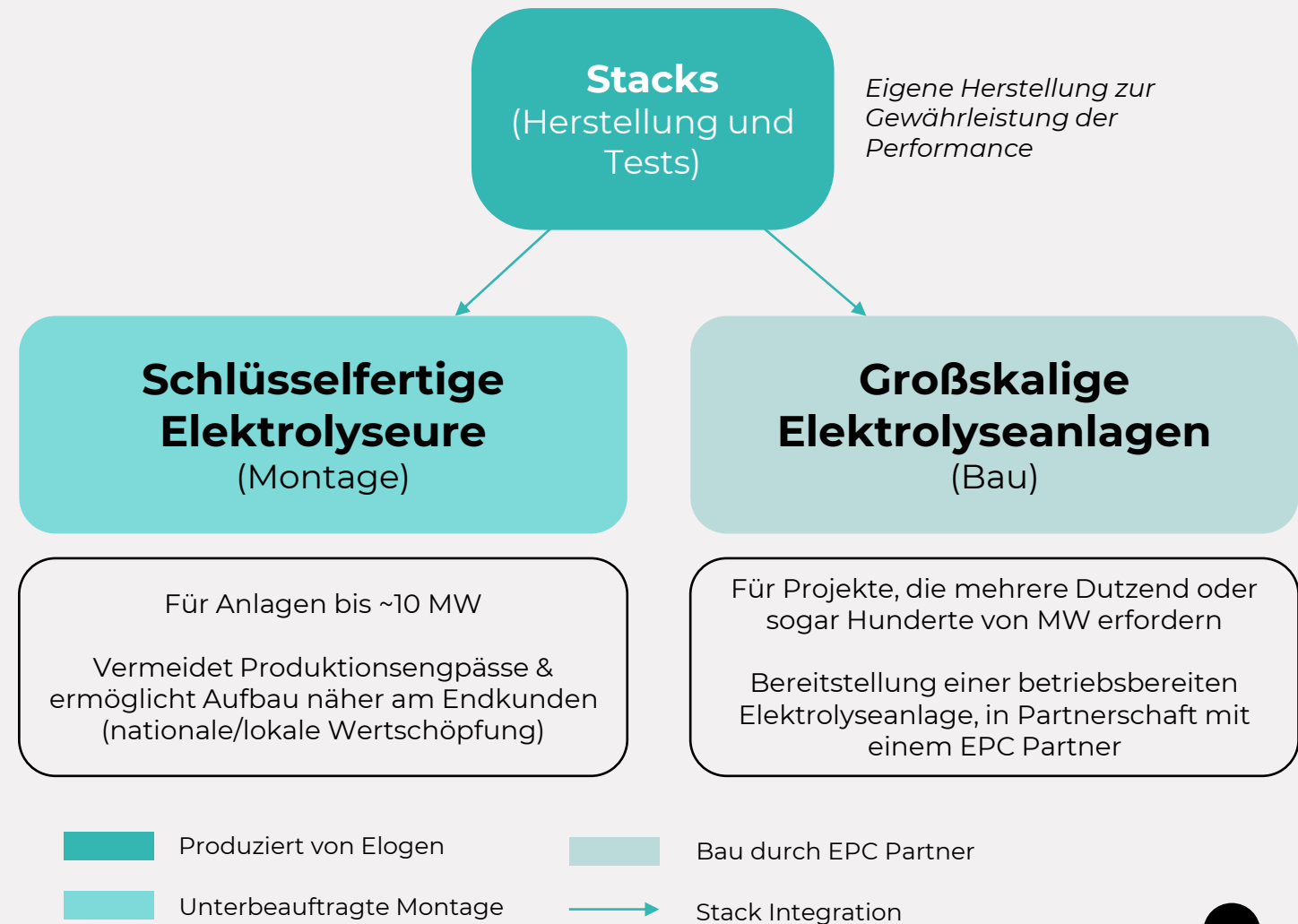


## Services

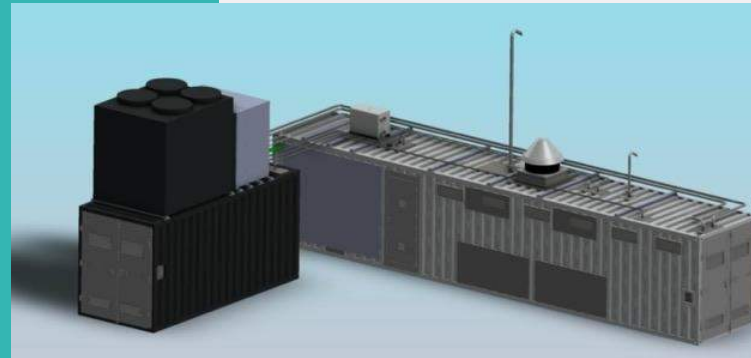
- Wartung und Instandhaltung
- Echtzeit-Überwachung von Elektrolyseuren im Betrieb
- Vorausschauende Wartung mit neuesten Technologien

# Das Geschäfts- modell

## Stacks: das Herzstück der Elogen-Technologie



# Projekte



## MethQuest - Frankfurt (D)

### Überlastfähige 1 MW PEM Elektrolyse im Infraserp Industriepark Höchst

- Primärregelleistung (H<sub>2</sub>-Produktion plus Netzdienstleistung)
- Hohe Flexibilität und ein Lastbereich mit 100% Überlast auf 2 MW

## P2G Anlage (D)

### 1 MW Elektrolyseur inkl. Transformator und Kompressor (Bekanntgabe 12.04.21)

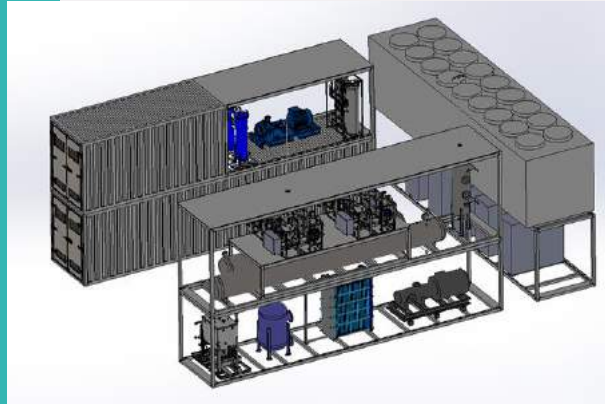
- Innovatives Systemdesign
- F&E Entwicklung einer innovativen H<sub>2</sub>-Reinigung
- H<sub>2</sub>@70 bar

## MultHy HRS - Nantes (F)

### Wasserstofftankstelle mit Elektrolyseur

- Elogen Elektrolyseur 100kg/day
- Abgabedruck H<sub>2</sub> bei 350bar

# Projekte



## Open Power System

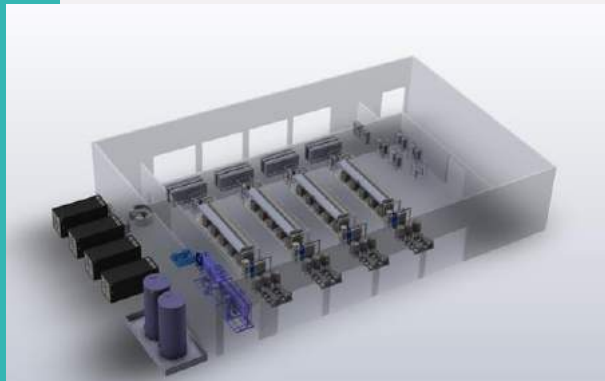
### Optimales Design für einen 5 MW-Elektrolyseblock

- Optimale Balance CAPEX und OPEX
- Minimierung der Containergröße zur Kostensenkung und Erhöhung der Sicherheit
- Verfügbar in 2021



## Stack

### Entwicklung von Stacks mit hoher (1 - 2 MW) und sehr hoher (5 - 10 MW) Leistung



## Großelektrolyse

### Design einschließlich großer PEM Stacks

- Pooling von Prozesseinheiten
- Minimierung von Innenrauminstallationen
- Modularer Aufbau möglich

**Merci**



# Interesse an mehr Infos?

**Besuchen Sie uns auf der  
virtuellen Hannover Messe  
12. – 16. April.**

**Gerne laden wir Sie ein:**

**[info@elogenh2.com](mailto:info@elogenh2.com)**

Carsten Krause

[Carsten.krause@elogenh2.com](mailto:Carsten.krause@elogenh2.com)

T: +49 (0) 221 291 907 30

**elogen**



# ITM Power - Heute schon bereit für morgen!

CEBRA-Workshop: Erzeugung von grünem Wasserstoff-Elektrolyse

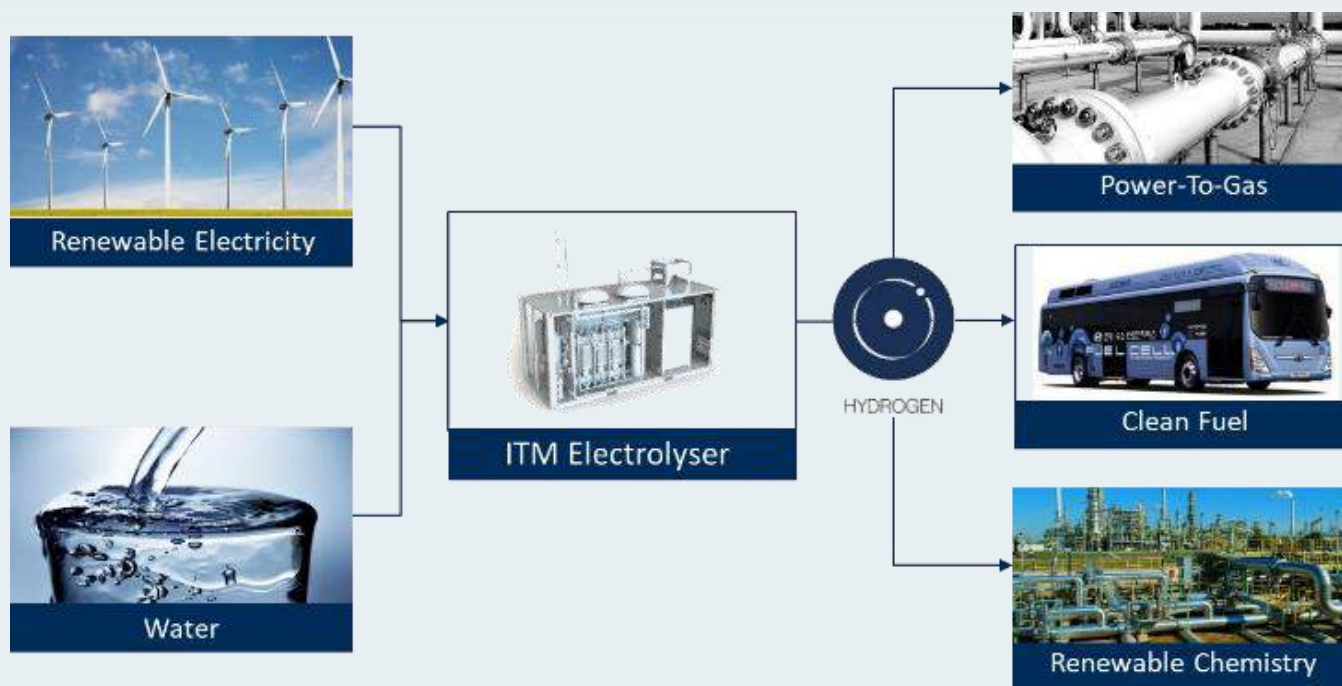
Calum McConnell | Geschäftsführer, ITM Power GmbH



- ITM Power - Einführung
- Neue 1GW Fabrik
- Technologie
  - PEM Stacks
  - Produkte
  - Produkt Ausrichtung
- ITM / Linde Scope
- Projekt Beispiele







### ITM Power

- International agierend – UK Hauptquartier
- OEM - Elektrolyse Systeme
- Gegründet 2001; seit 2004 im AIM (London)
- >215 Mitarbeiter, 20 offene Positionen heute
- **Proton Exchange Membrane (PEM)**
- **Praxis Erfahrung** in vielen Anwendungen
- Starke + Strategische Partner und Investoren



ITM Power ist Hersteller von integrierten Wasserstoffsysteme

## Standortentwicklung



## Bessemer Park:

- Niedrige Kosten, hohes Volumen UK Fertigung
- 12.500 m<sup>2</sup> in Sheffield, Großbritannien
- Produkt-Montageanlage | Stack-Fertigungsanlage
- Beseitigung des Engpasses beim Testen mit 5MW Stromversorgung
- Erhöhung des Mindestbestands | Reduzierung der Durchlaufzeiten | Projekt gewinnt
- Erhöhung der Produktionskapazität um das Zehnfache
- Standort in vollem Betrieb



<https://www.youtube.com/watch?v=zWiFJ5NKz0c&t=10s>

**Verdopplung der Kapazität (1 bis 2GW/Jahr) | Halbierung der Vorlaufzeit (14 bis <8 Monate)**

### Bessemer Park:

Merkmal	Vorh. Standort	Bessemer	Änderung
Produktionskapazität	100MW	1GW+	10x
Effektive Leistung	<30MW	1GW+	30x
Testzone	0,5MW (außen)	5MW ATEX (innen)	10x
Automatisierung	Keine	Halbautomatik	Vertraulich
Leitwarte	24hr UK	24hr Weltweit	Systeme
IT   Konnektivität	100Mbps	1Gbps	10x
Büro + Laborfläche	80 Mitarbeiter	320 Mitarbeiter	4x
Marketing-Suite	Keine	Weltklasse	Konferenzen



**vorheriger Standort – Atlas Way -> neuer Standort Bessemer Park**

### Neue Prozesse und Systeme:

- Automotiv Fertigungstechniken implementiert
- Linienseitige Datenerfassung und Informationsverfügbarkeit
  - Kanban-Systeme + Andon-Systeme
- Zugeordnete Produktionszellen für Unterbaugruppen
- Sauberer und klarer Prozessablauf - Wareneingang bis zum Test
- Inline-Prüfung und Prozesskontrolle
- Investitionen in neue Maschinen



**Größte Elektrolyseur-Fabrik der Welt**

## In-Haus Kompetenzen

- Eigenes Know-how bei Katalysatortinten und Beschichtungen
- Zusammenarbeit mit Membranherstellern
- Elektrodenbeschichtungsprozess im eigenen Haus
- Schneller Durchsatz-Stresstest für jede Neuentwicklung
- Planung von Experimenten über 100 autonome Teststationen
- Entwicklung einer optimierten Leistungsanwendung
- Design bis zur Massenproduktion:
- Siebdruck
- Spritzgießen
- Teilereduzierungen



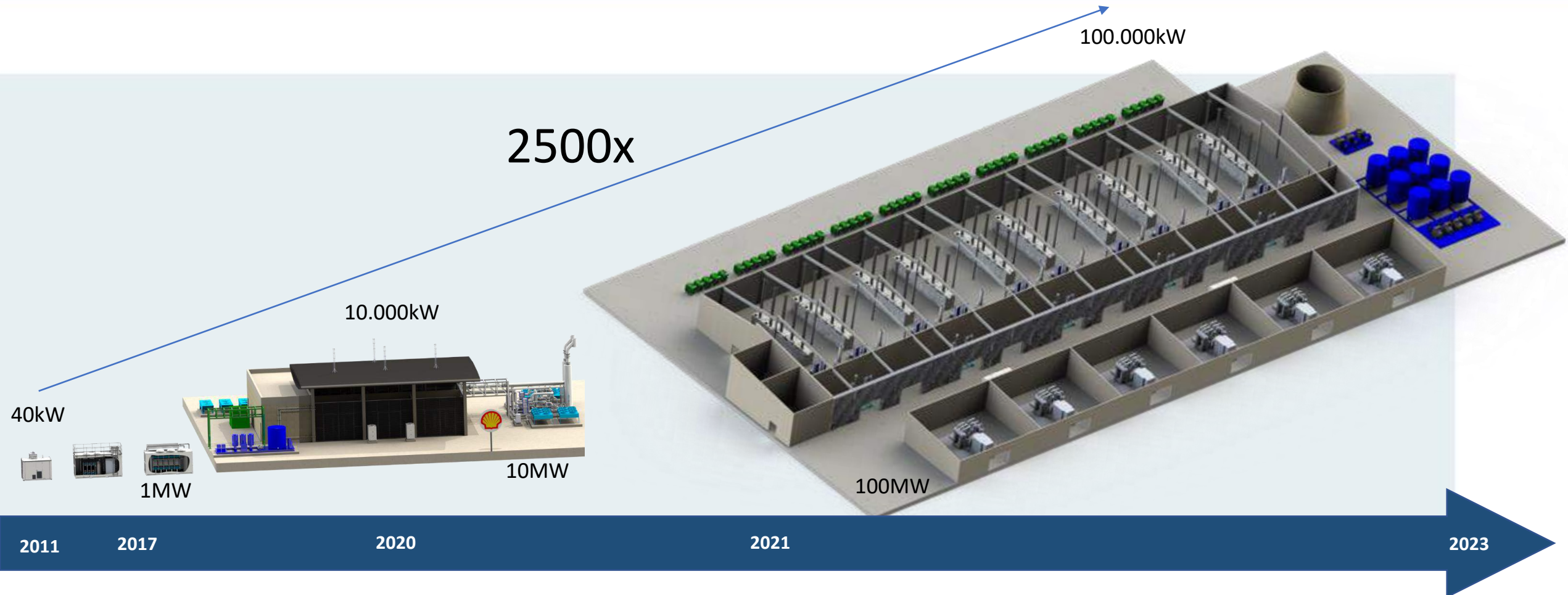
**Konstruktion für die Fertigung | Vertikale Integration**

# ITM POWER TECHNOLOGIE



# RASANTE TECHNOLOGIE ENTWICKLUNG!

H2 ERZEUGEN : 5KG/TAG -> 40 TONNEN/TAG

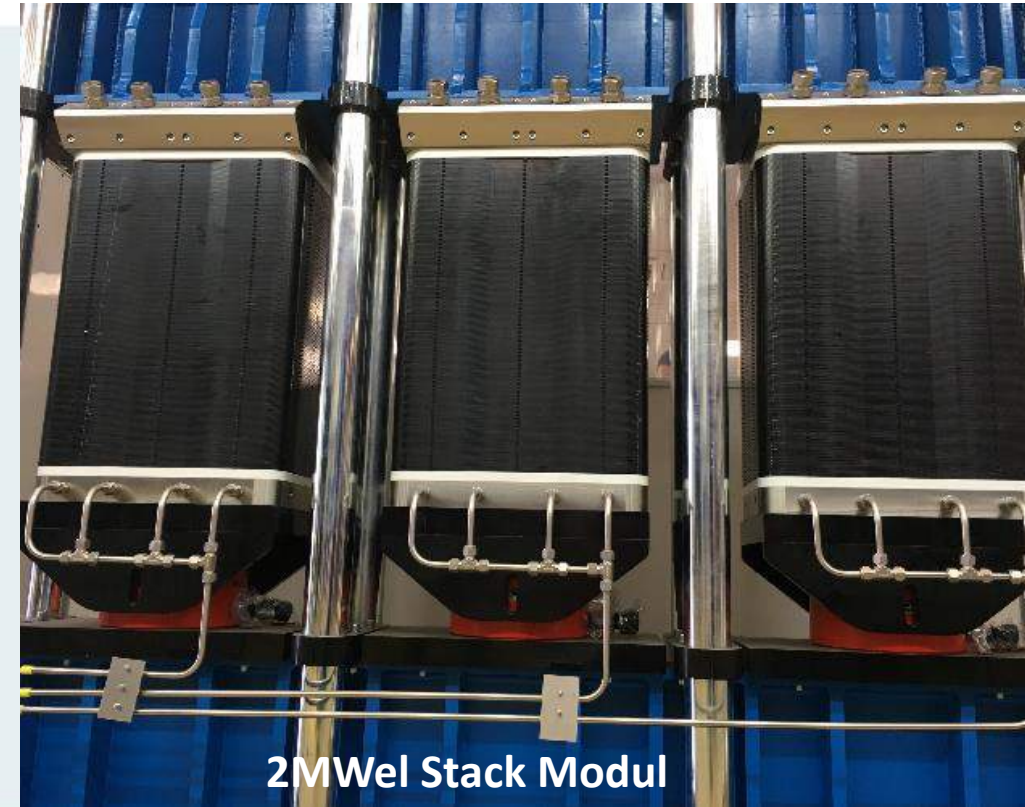


**12 Jahre ..... 10kW auf 100MW!**



## Produkt Haupt-Merkmale

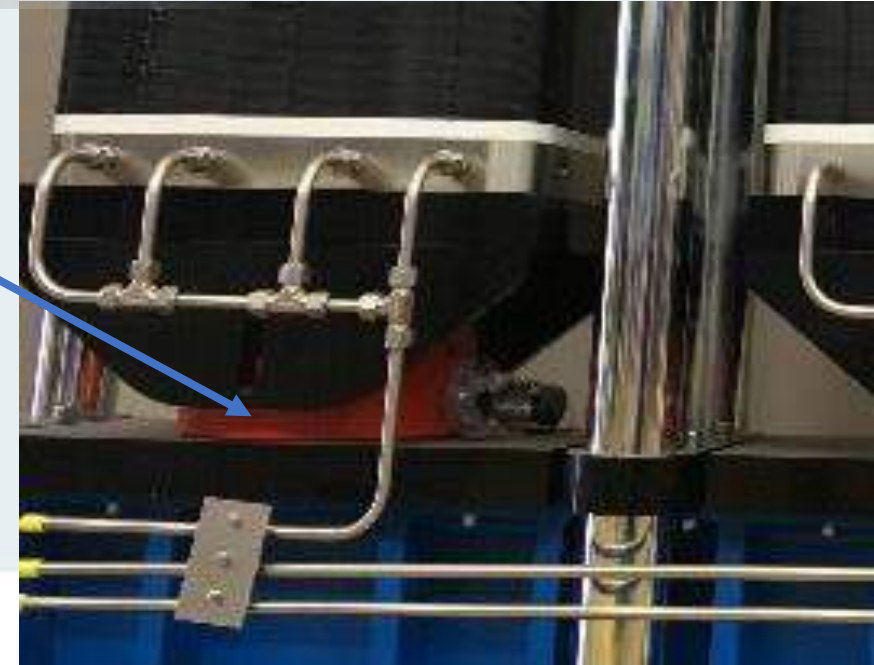
- Proton Exchange Membrane Technologie
- Kompakte Bauweise
- Membrane mit hohe Stromdichte per  $m^2$  - ca.  $3Acm^2$
- Ausgangsdruck  $H_2$  : 20-30 bar
- Stackkörper(Platten) aus Kunststoff – Spritzguss Verfahren
- Träger Rahmen – Doppel T Träger
- Stack- u. Komponentengröße und Gewicht erlauben kleinere Herstellungsflächen und günstige Fabrikkonstruktionen



**ITM Stack Design und Technologie - Konstruiert für Massenfertigung**

## Produkt Haupt-Merkmale

- Keine Zugstäbe:
  - Kompression des Stacks gewährleistet durch Hydraulikzylinder
  - Keine mechanische Beanspruchung durch Wärmeausdehnung - Einzigartige Konstruktion mit Hydraulikzylindern zur Bewältigung der Wärmeausdehnung
  - Kein teures Nachziehen der Zugstangenbolzen im Feld
  - Schnell austauschbar – nur 4 Haltebolzen (bei Lebensdauer Ende)

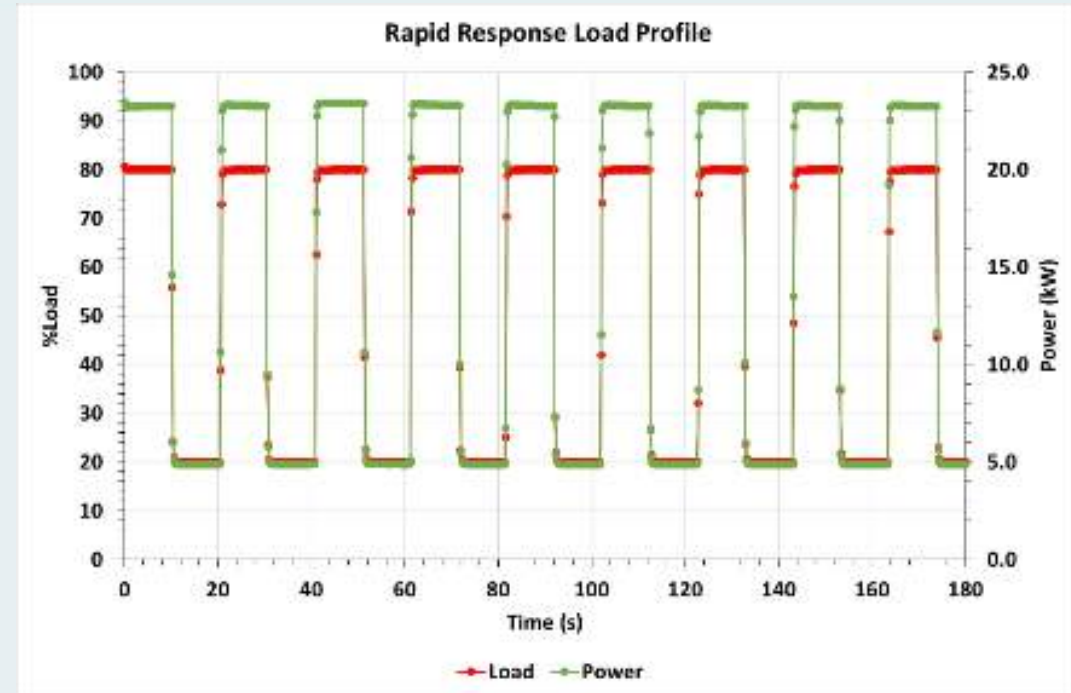


## ITM Stack Design und Technologie

## Schnelle Reaktion auf variierende Eingangssignale

⇒ Eine Lastmanagement-Anlage

- Lastregelung (%) 20 - 100
- Kaltstart (sec) 300
- Warmstart (sec) 30
- Modulation (sec) 2



**BALANCING SUPPLY AND DEMAND**

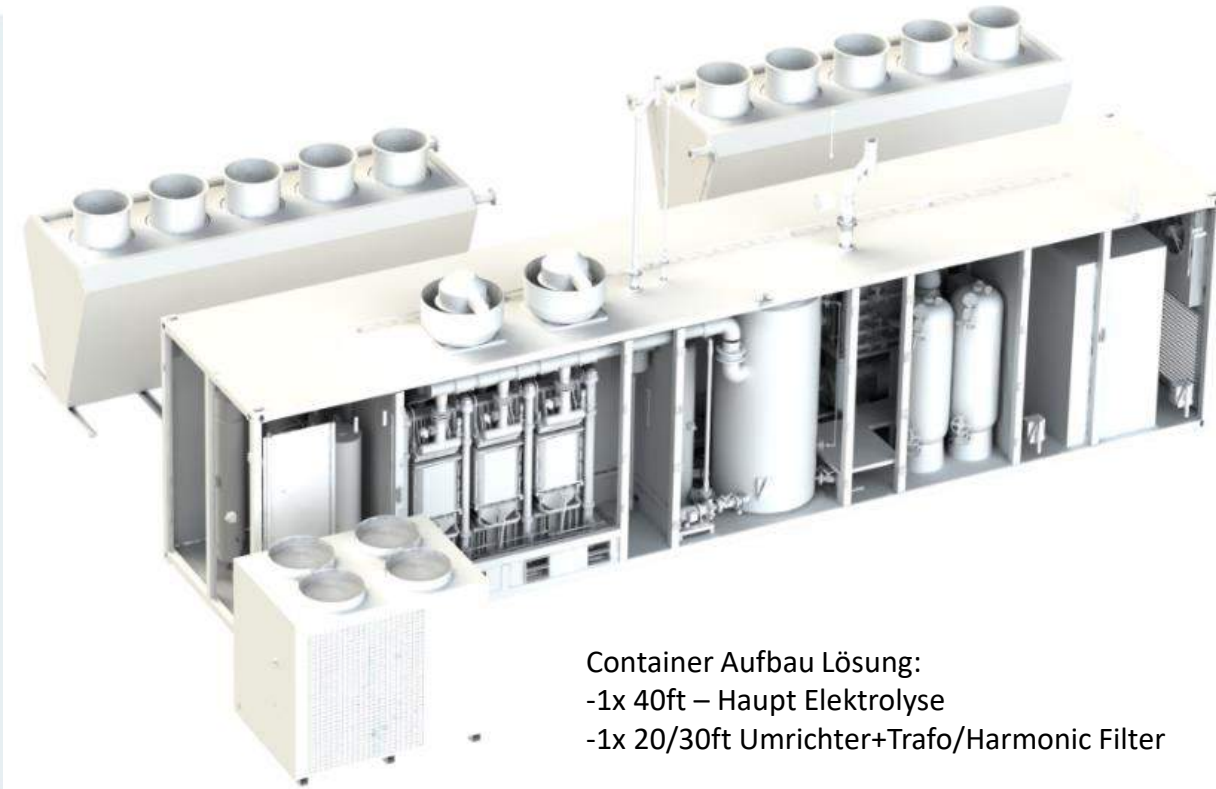
## ITM POWER TECHNOLOGIE

- DE-ZENTRALE ERZEUGUNG



### PEM Elektrolyseur-System

- Anzahl der Elektrolyse Stacks : 3
- Maximale Wasserstoffproduktion: 36/hr => 864kg/24h
- Wasserstoff-Ausgangsdruck: 20-30bar
- Lastregelung (%): 20 - 100
- Kalt-/Warmstart/Modulation (sec): 300 /30 / 2
- Wasserstoff-Reinheit: <5ppm H<sub>2</sub>O, <5ppm O<sub>2</sub>



Container Aufbau Lösung:  
-1x 40ft – Haupt Elektrolyse  
-1x 20/30ft Umrichter+Trafo/Harmonic Filter

**Standard Lösungen - 864Kg/Tag (400Nm<sup>3</sup>/hr)**

### HGAS1SP 265kg/Tag



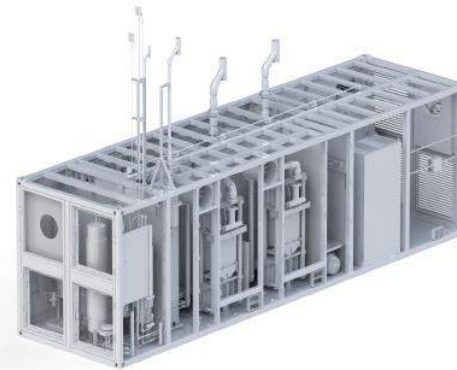
**Demonstrated benefits include:**

- ITM Power's PEM technology provides leading performance, longevity and self-pressurisation
- Rapid response enables participation in primary and secondary grid balancing markets
- Modular structure allows flexibility of sizing using well proven technology and design
- Hydrogen purity suitable for use in fuel cell vehicles

HGas1SP is fully integrated, autonomous and carries a CE mark.

HGas1SP	Specs
Electrolyser technology	PEM
Number of stacks	1
System packaging and size	20ft & 30ft ISO container and external cooling equipment
Power supply	400V AC, 3 Phase, 50Hz
Control	PLC
Hydrogen generation pressure (bar)	20
Hydrogen purity	Up to 99.999% (ISO standard)
Maximum hydrogen production apprx (kg/24h)	270
Input power at maximum apprx (kW)	670

### HGAS2SP 540kg/Tag



**Demonstrated benefits include:**

- ITM Power's PEM technology provides leading performance, longevity and self-pressurisation
- Rapid response enables participation in primary and secondary grid balancing markets
- Modular structure allows flexibility of sizing using well proven technology and design
- Hydrogen purity suitable for use in fuel cell vehicles

HGas2SP is fully integrated, autonomous and carries a CE mark.

HGas2SP	Specs
Electrolyser technology	PEM
Number of stacks	2
System packaging and size	2 x 30ft ISO containers and external cooling equipment
Power supply	11kV AC, 3 Phase, 50Hz
Control	PLC
Hydrogen generation pressure (bar)	20
Hydrogen purity	Up to 99.999% (ISO standard)
Maximum hydrogen production apprx (kg/24h)	540
Input power at maximum apprx (kW)	1,340

### HGAS3SP 864kg/Tag



**Demonstrated benefits include:**

- ITM Power's PEM technology provides leading performance, longevity and self-pressurisation
- Rapid response enables participation in primary and secondary grid balancing markets
- Modular structure allows flexibility of sizing using well proven technology and design
- Hydrogen purity suitable for use in fuel cell vehicles

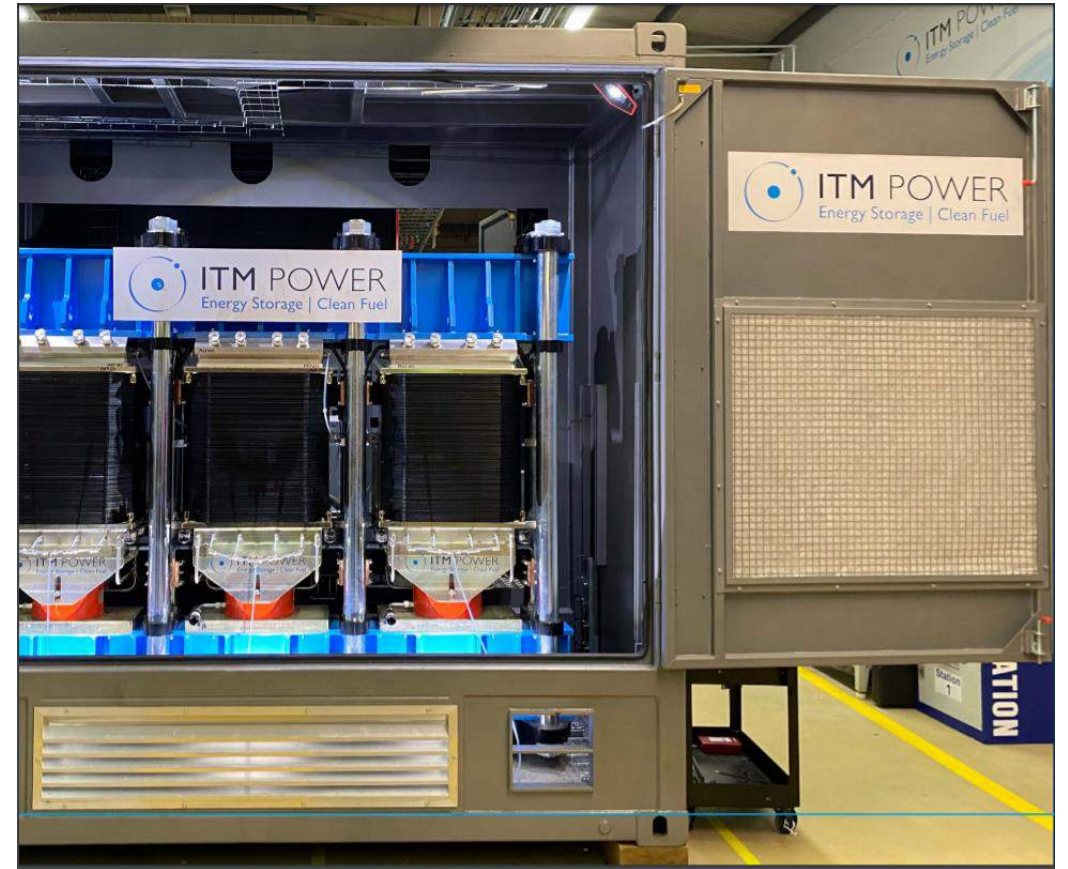
HGas3SP is fully integrated, autonomous and carries a CE mark.

HGas3SP	Specs
Electrolyser technology	PEM
Number of stacks	3
System packaging and size	2 x 40ft ISO containers and external cooling equipment
Power supply	11kV AC, 3 Phase, 50Hz
Control	PLC
Hydrogen generation pressure (bar)	20
Hydrogen purity	Up to 99.999% (ISO standard)
Maximum hydrogen production apprx (kg/24h)	810
Input power at maximum apprx (kW)	2,015

**ITM Standard Container Lösungen: Tankstellen, De-Zentrale Erzeugung, Energiespeicherung**

## ITM POWER TECHNOLOGIE

- ZENTRALE ERZEUGUNG



### Standardisierung | Produktion | Markt Angebot

- Modular Bauweise
- 2MW Modul im 10 Fuß Container
- Ermöglicht Effizienzsteigerungen bei Herstellung und Prüfung
  - Serienfertigung !
- Das modulare System ermöglicht eine flexible Angebotsgestaltung
- Minimiert die Entwicklungszeit und die Kosten für jedes Projekt
- Skalierbar auf >20MW+

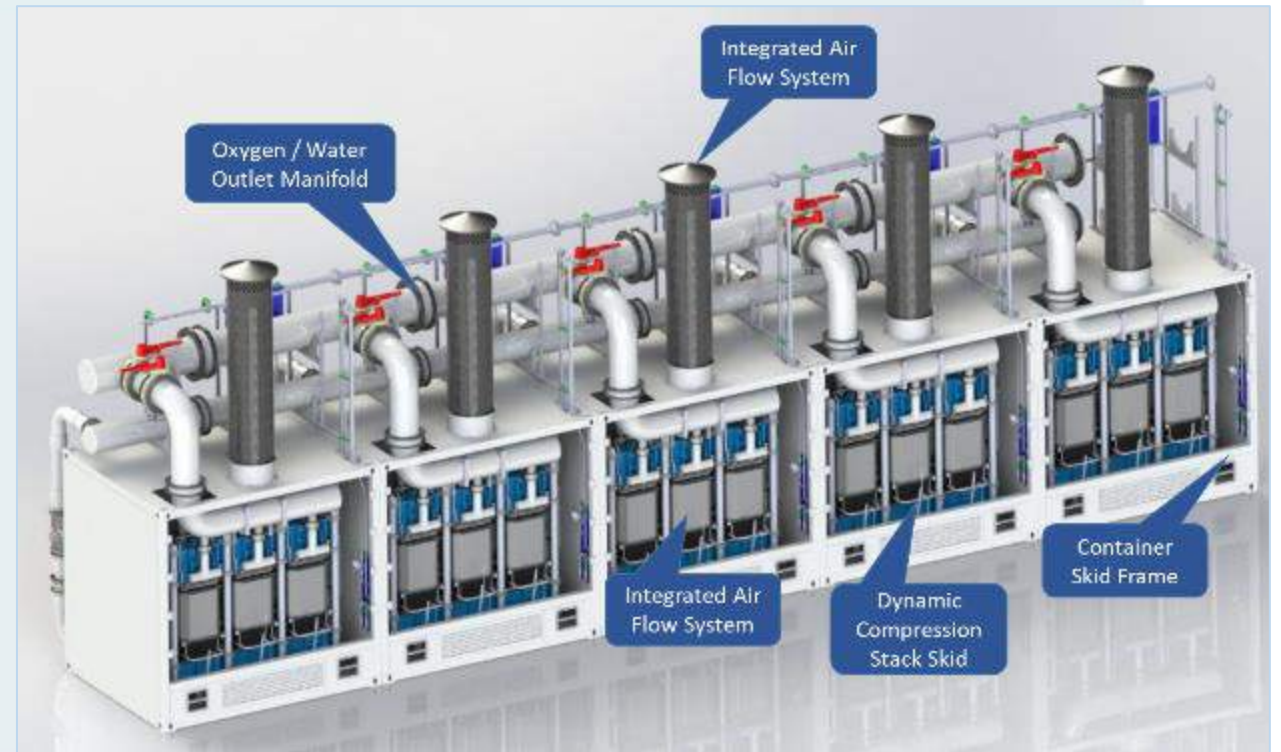


**2MW Standard Modul- Standardisierung für Industrielle Elektrolysesysteme**



### Standardisierung | Produktion | Markt Angebot

- 10MW System durch die modulare Bauweise
- Skalierbar auf 20MW+ mit Anlagenbilanz



### Standard 10MW Stack Skid – 5x 2MW Standard Module

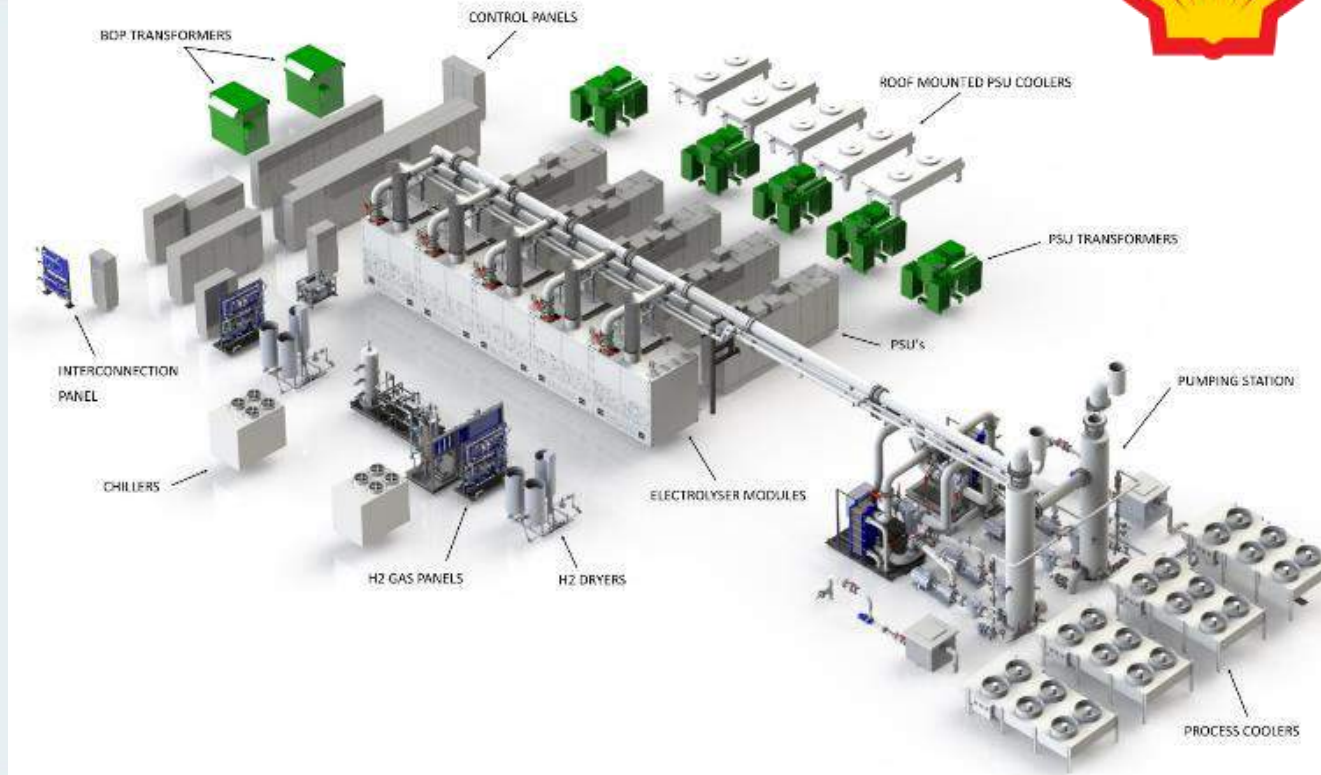
# REFHYNE 10MW PROJEKT

## 10MW PEM-ELEKTROLYSEUR-SYSTEM FÜR RAFFINERIEANWENDUNGEN



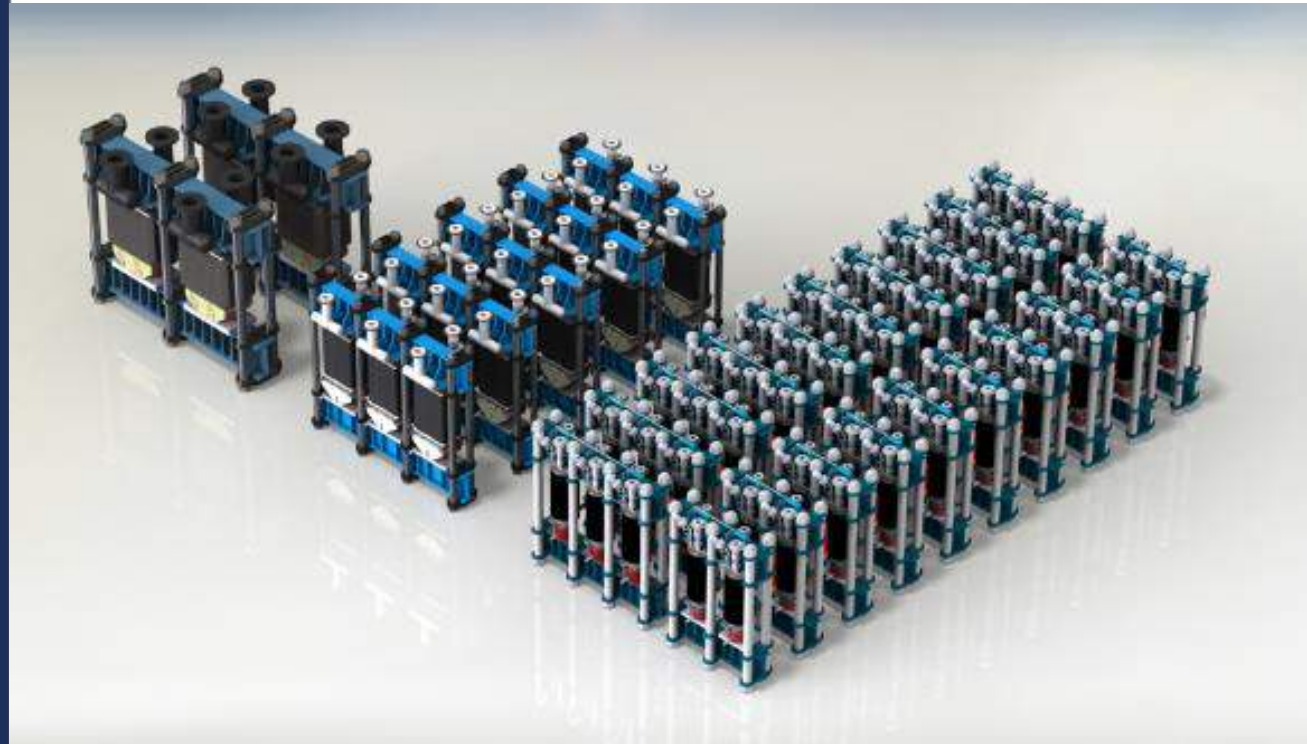
### Projekt Merkmale

- Flaggschiff 10MW Projekt mit Shell
- Größter PEM-Elektrolyseur der Welt
- Größte Raffinerie in Deutschland
- Engineering Know-How Aufbau
  - Shell-Engineering & ITM
- Referenzanlage innerhalb Shell
- Ergänzung des Engagements im Wasserstoffsektor von Shell Deutschland



**Weltgrößten PEM-Elektrolyseanlage: Rheinischen Raffinerie Wesseling**

## TECHNOLOGIE ENTWICKLUNGEN



## Kerntechnologie | Produktausrichtung | Wiederholmodulfertigung

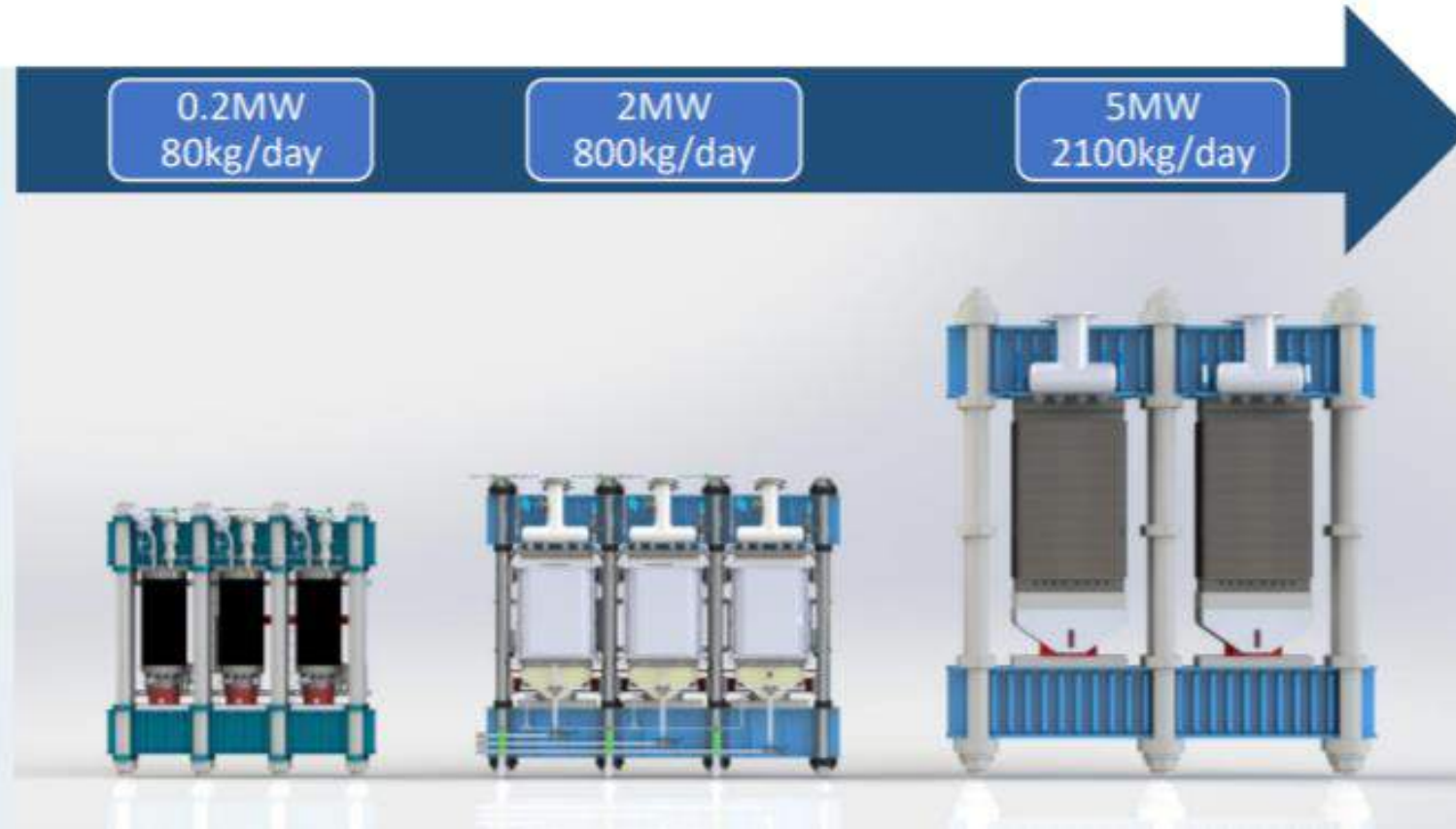
- Erhöhung der Stack-Effizienz
- Verringerung der Degradationsrate  $<1\%/Jr$  -
- Erhöhung des Wasserstofferzeugungsdrucks
- Fähigkeit, Sauerstoff bei erhöhtem Druck zu erzeugen 3-10 bar
- Größeres Stack-Modul
- Erhöhung der Stack-Produktionskapazität 1GW/yr



**Reduzierung der Gesamtsystem- und Projektkosten**

## Überlegenes Angebot für den XL-Markt

- 5MW-Stack-Moduls in Vorbereitung
- Marktführende Elektrolyseur-Leistung
- Marktnachfrage nach Großanlagen
- Standardisierung und Modularität im Maßstab
- Pre-engineer in 20MW-Pakete für schnellen Einsatz
- Schnellere Einbindung in größere Projekte | Minimierung der Arbeiten vor Ort



Skalierungsschritte mit bewährter Technologie

10MW



# ITM Linde Electrolysis GmbH - Global Green Gas Solutions

## Company Presentation

Andreas Rupieper / MD of ILE  
Calum McConnell / MD ITM Power Germany

GLOBAL  
GREEN GAS  
SOLUTIONS

ITM LINDE ELECTROLYSIS

# ITM Power und Linde Engineering bündeln ihre Kräfte für überlegene Elektrolyse-basierte Wasserstoff-Produktionsanlage EPC-Dienstleistungen

GLOBAL  
GREEN GAS  
SOLUTIONS

ITM LINDE ELECTROLYSIS



50 : 50  
JV



Der führende OEM für PEM-  
Elektrolyse-Technologie



Das führende Wasserstoff- und  
Syngas-EPC-Unternehmen

## Unsere Wertvorstellungen

### - Starke proprietäre Technologien

- ITMs Protonenaustauschmembran (PEM)-Elektrolyse
- Wasserstoff- und Gaskonditionierungs-  
/Verwertungstechnologien von Linde Engineering, z.B. Reinigung, Druckaufbereitung, Verflüssigung, NH<sub>3</sub>- und MeOH-Synthese und Anwendungstechnologien inkl. HRS

**EPC-Dienstleistungen über alle Projektphasen**, von der Konzeption über die Machbarkeit / FEED bis zur Anlagenrealisierung

**CapEx- und OpEx Optimierung** → entlang der gesamten Wertschöpfungskette

**Linde Gas BOO-Biz-Modell** → verbesserte Projektentwicklung und damit verbundene Finanzierungskraft

**Servicefähigkeit ROC-Setup** plus bestehendes After-Sales-Service-Netzwerk

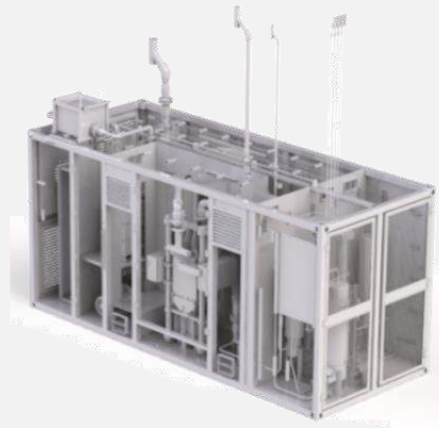
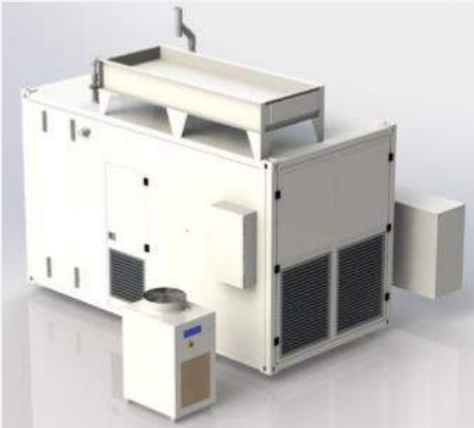
**"Smarter" Projektentwicklung** - erweiterte Angebote durch z.B. Strombeschaffung, Kostensynergien, O<sub>2</sub>-Abnahme

## ITM Power vs. JV ITM Linde Electrolysis.

Zwei Geschäftsbereiche, die sich durch Größe und Komplexität unterscheiden

GLOBAL  
GREEN GAS  
SOLUTIONS

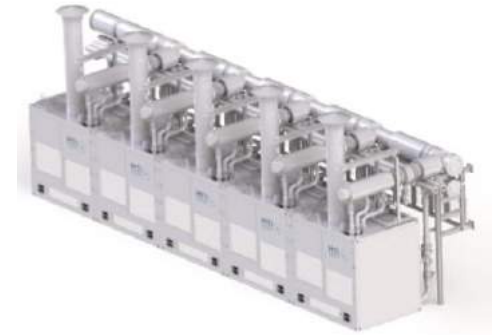
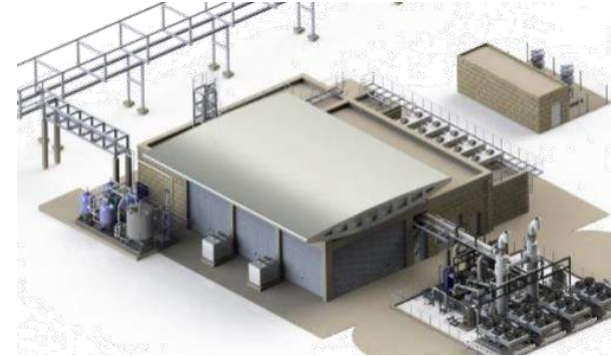
ITM LINDE ELECTROLYSIS



- "Plug & Play"
- Standardisierte & Containerisierte Systeme
- Containerisierte Größen in Schritten von 0,7 / 1,35 / 2,1 MW pro Anlage

GLOBAL  
GREEN GAS  
SOLUTIONS

ITM LINDE ELECTROLYSIS



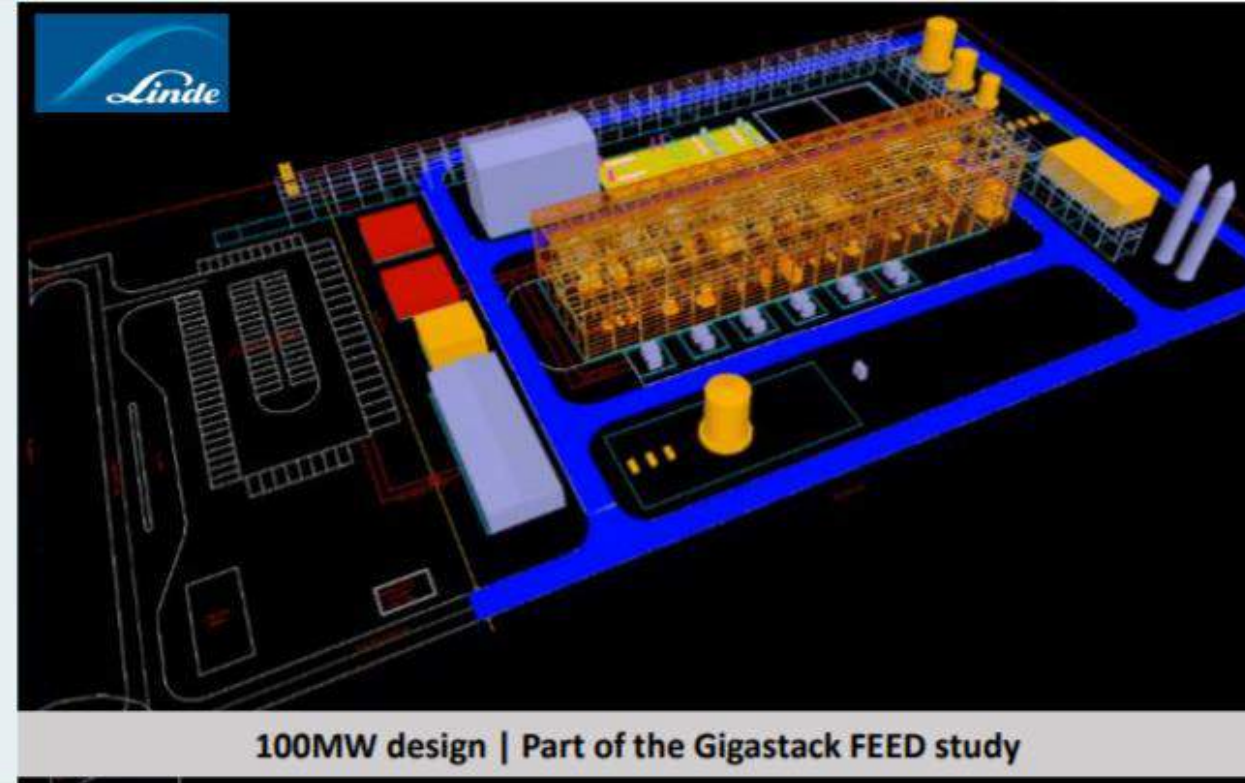
- "Komplexe" - EPC-Projekte, mit installierten Größen > 4 MW
- Anlagen mit Integration von Linde-Anlagentechnologien: z.B.
- Konditionierung: Druckbeaufschlagung, Verflüssigung,
- Pufferung/Lagerung, Abfüllstationen
- Synthese - NH<sub>3</sub> und MeOH
- H<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> Anwendungstechnologien





## Überlegenes Angebot für den XL-Markt

- 5MW-Stack-Modul in Vorbereitung
- Marktführende Elektrolyseur-Leistung
- Marktnachfrage nach Großanlagen
- Standardisierung und Modularität im Maßstab
- Pre-engineer in 20MW-Pakete für schnellen Einsatz
- Schnellere Einbindung in größere Projekte | Minimierung der Arbeiten vor Ort



Skalierungsschritte mit bewährter Technologie

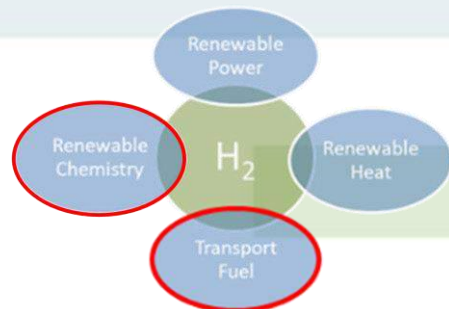
10MW

# ANWENDUNG



## Verkauf des weltgrößten PEM-Elektrolyseurs an Linde:

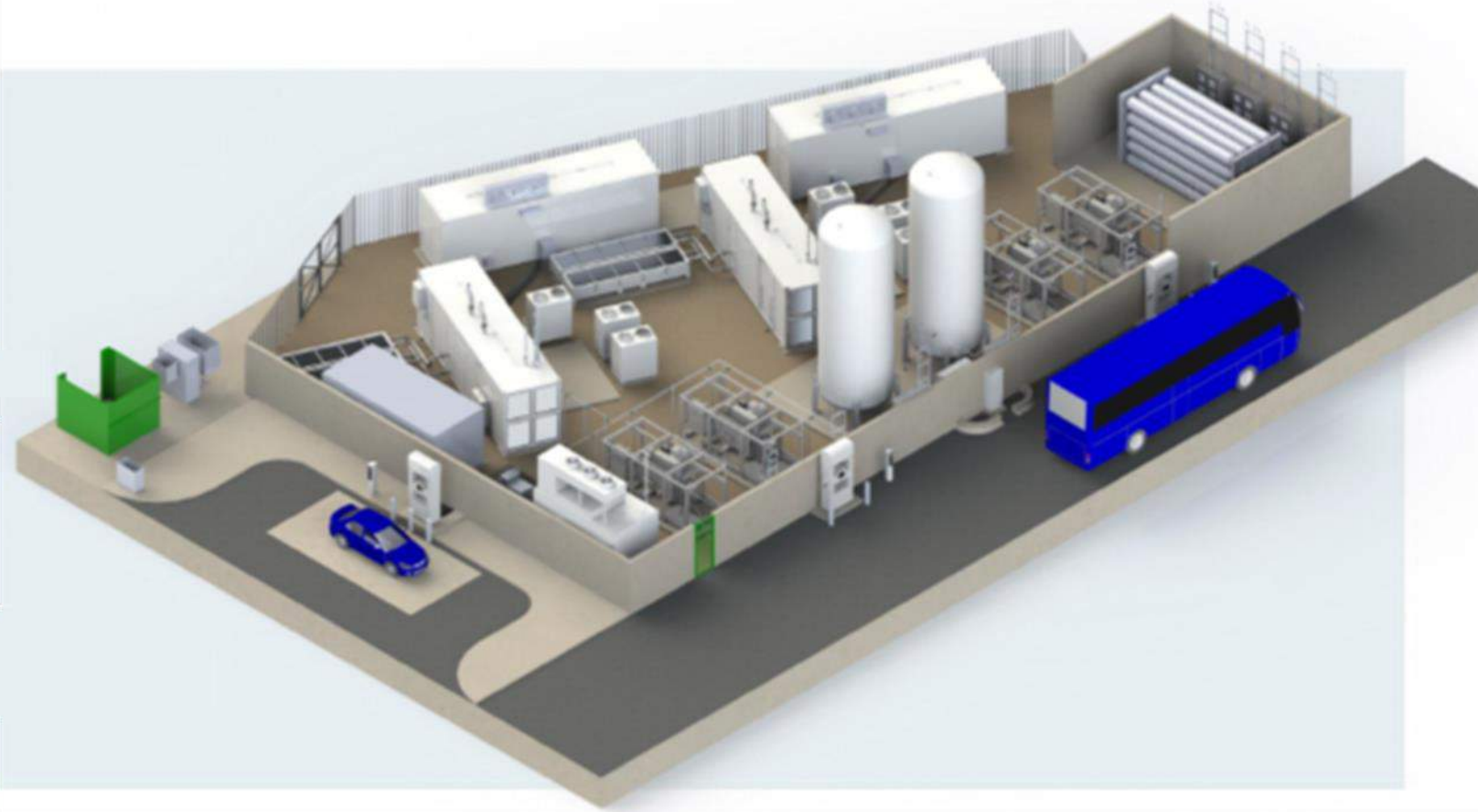
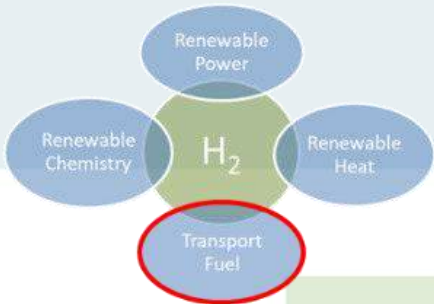
- Eine schlüsselfertige 24-MW-Industrieanlage
- Linde Engineering konstruierte die BoP
- Erstes ILE-Projekt im industriellen Maßstab
- Demonstriert das Engagement von Linde für diese Technologie
- Wichtige neue deutsche Referenzanlage
- Weltweit führender Einsatz



**Klassenprimus | neues Linde Engineered BoP | Erstes großes EPC-Projekt**

## Das Projekt

- 20 Busse
- 3MW Rapid-Response Elektrolyse
- Bilanz zwischen
  - Netzdienlichkeit u. Kraftstoff Lieferung
- 350 bar Bus Dispenser
- 350 und 700 offener Dispenser



### 3 MW Bus Tankstelle – Birmingham Projekt

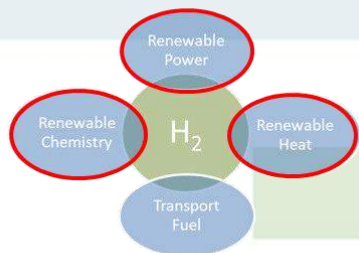
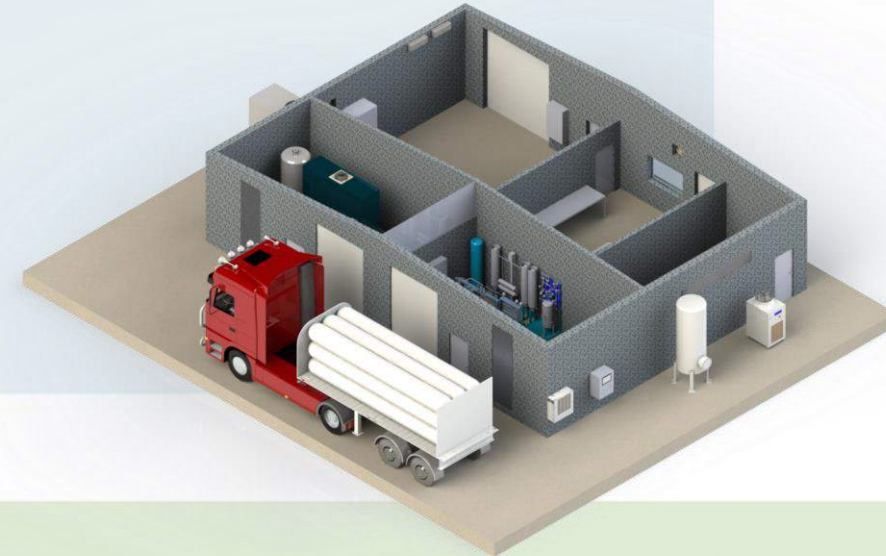


Innovate UK



## Das Projekt

- 880KW PEM Elektrolyse – im Gebäude
- Ca. 350kg Wasserstoff pro Tag
- folgt Windprofil – 54MW Windpark
- Reaktionszeit <2 Sekunden bei jeder Sollwertänderung
- 350 bar Tube-Trailer Befüllung
- gasförmiger Wasserstoff für DLR- und ABS-Raketentestanwendungen – de-fossilisierung (De-Carbonisierung) der Versorgung
- Power to Heat - BHKW für Gebäudewärme

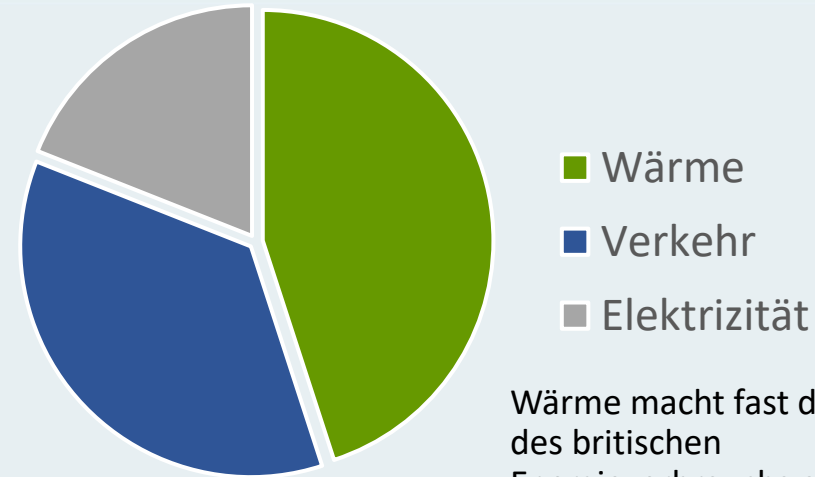


## Wind zu Gas Projekt – Direkt Stromeinspeisung



## Umfang

- Zum ersten Mal wird demonstriert, dass ein Gemisch aus Wasserstoff und Erdgas sicher und effizient im britischen Verteilungsnetz verteilt und genutzt werden kann, ohne störende Veränderungen für die Verbraucher
- Legen Sie praktische Betriebsgrenzen fest
- Verwenden Sie den Campus der Universität Keele - geschlossenes privates Netzwerk
- 0,5-MW-Elektrolyseur, der bis zu **20 % Wasserstoff in das Gasnetz** liefert und eine Bevölkerung von 9000 Menschen versorgt



Wärme macht fast die Hälfte des britischen Energieverbrauchs aus

### Potential zur Lieferung

29TWh kohlenstoffarmer Wärme pro Jahr, was einer Einsparung entspricht: CO<sub>2</sub>e von 120 Millionen Tonnen & £8 Milliarden kumulativ bis 2050

## Einspeisung von Wasserstoff in ein repräsentatives britisches Gasverteilungsnetz

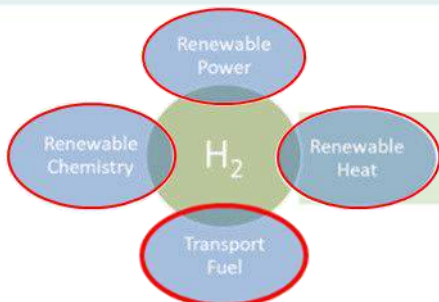
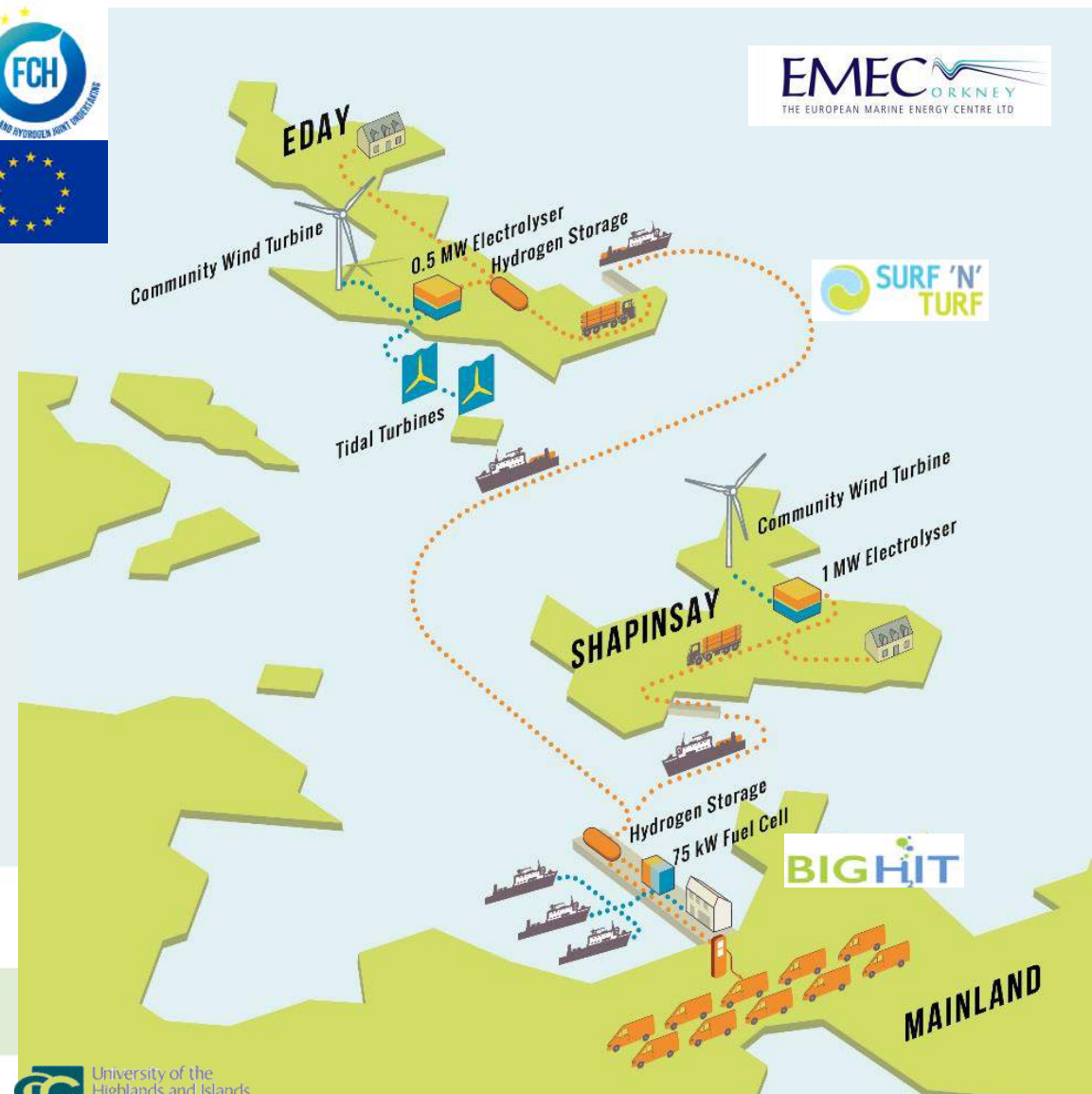


### Das Projekt / Orkney's Herausforderungen

- hohe Abschaltungsquote
- leistungsschwaches Netz
- hohe Kraftstoffpreise

### System

- 2 x Elektrolyse 0,5MW + 1MW
- 3+2x Tube Trailer + >2000kg Lagerung
- 75kW Brennstoffzelle für den Hafen Kirkwall
- H2-Heizung für Gemeindegebäude + Schule
- H2-Tankstelle + 10 BZ-Fahrzeuge in Kirkwall

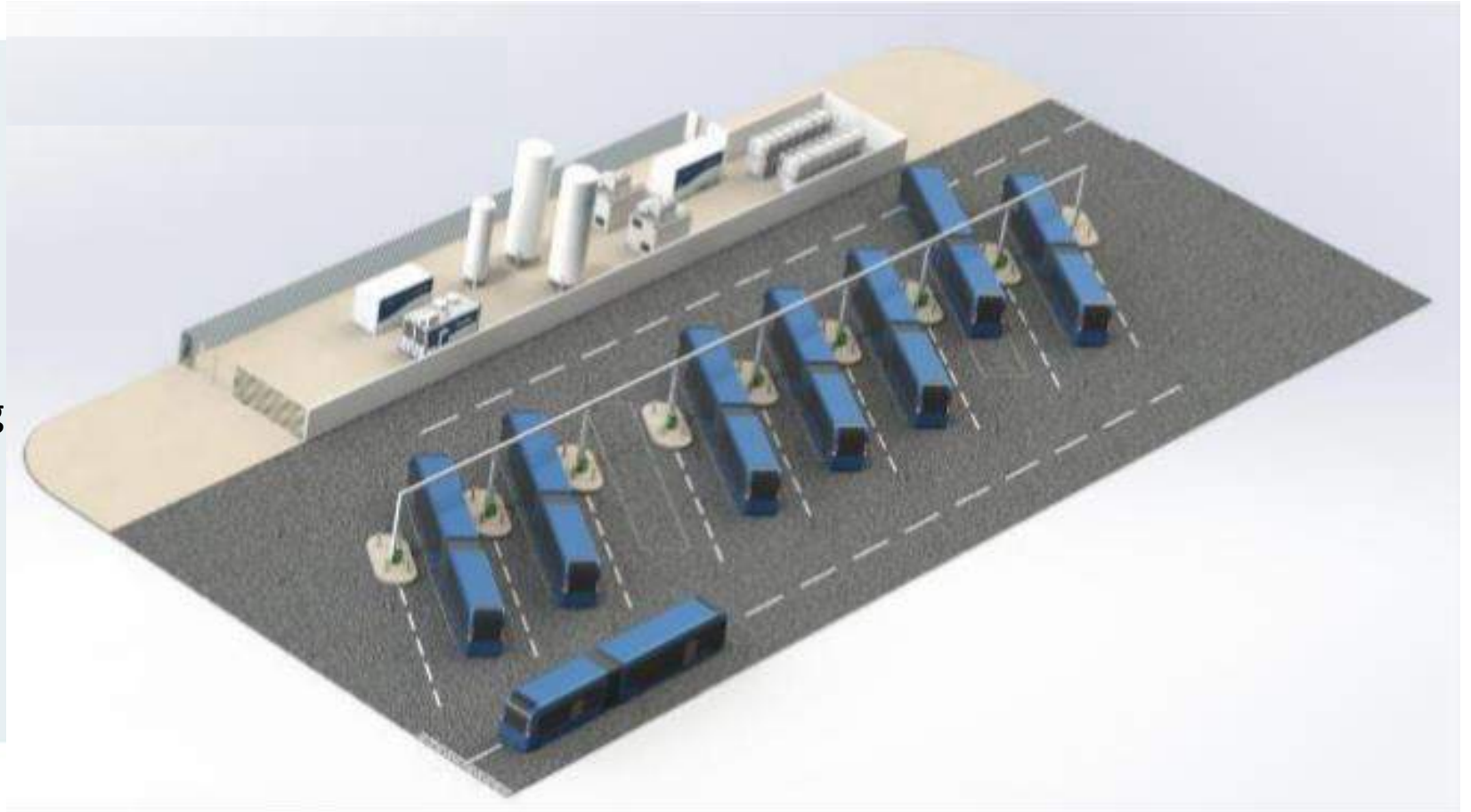


### Sektoren - Kopplung



## ITM Power Pau Projekt FR

- 1MW / 450kg /Tag
- 20 Bus @24kg Bus
- Engie / GNVert Projekt Führung
- STMU ÖPNV Betreiber



## Bus Projekt in Pau in Frankreich



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit




## ITM Power GmbH

Calum McConnell | Geschäftsführer

### Location:

ITM Power GmbH  
Am Mühlgraben 6  
35410 Hungen  
Germany

**Tel:** +49 (0) 6402 519 7325  
 [cmccconnell@itm-power.com](mailto:cmccconnell@itm-power.com)





# RENEWABLES EVERYWHERE

SOEC & AEL technology

12.04.2021

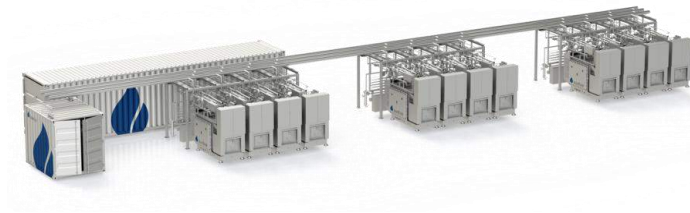
## EXECUTIVE SUMMARY

# Sunfire is a leading industrial electrolysis company

### Solutions & Markets



Alkaline Electrolyzer



Solid Oxide (SOEC) Electrolyzers



Steel



Refineries



Utilities

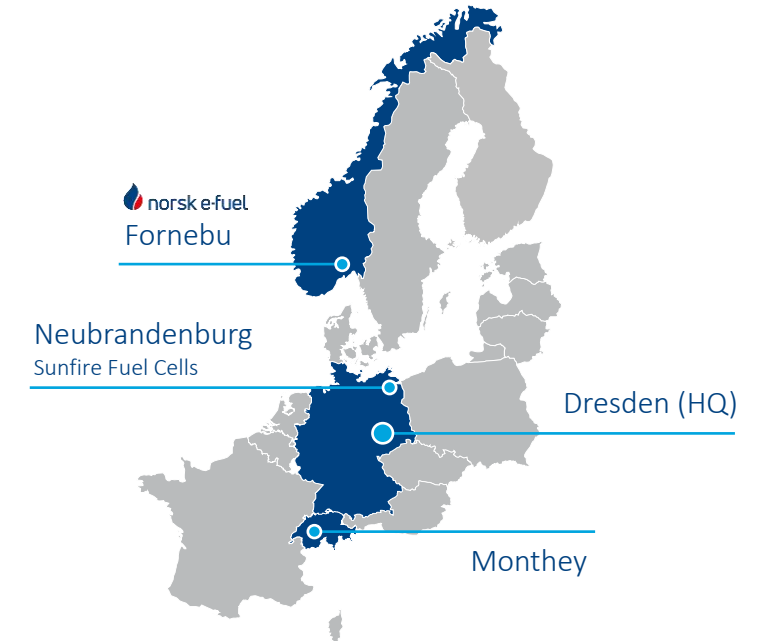


Chemicals



Mobility

### Company Sites



> 70  
Electrolysis  
projects<sup>1)</sup>

> 250 MW  
Installed  
capacity<sup>1)</sup>

100 MW  
Largest electrolyzer  
installation

47 MW/year  
Production  
capacity

> 250  
Talented  
employees

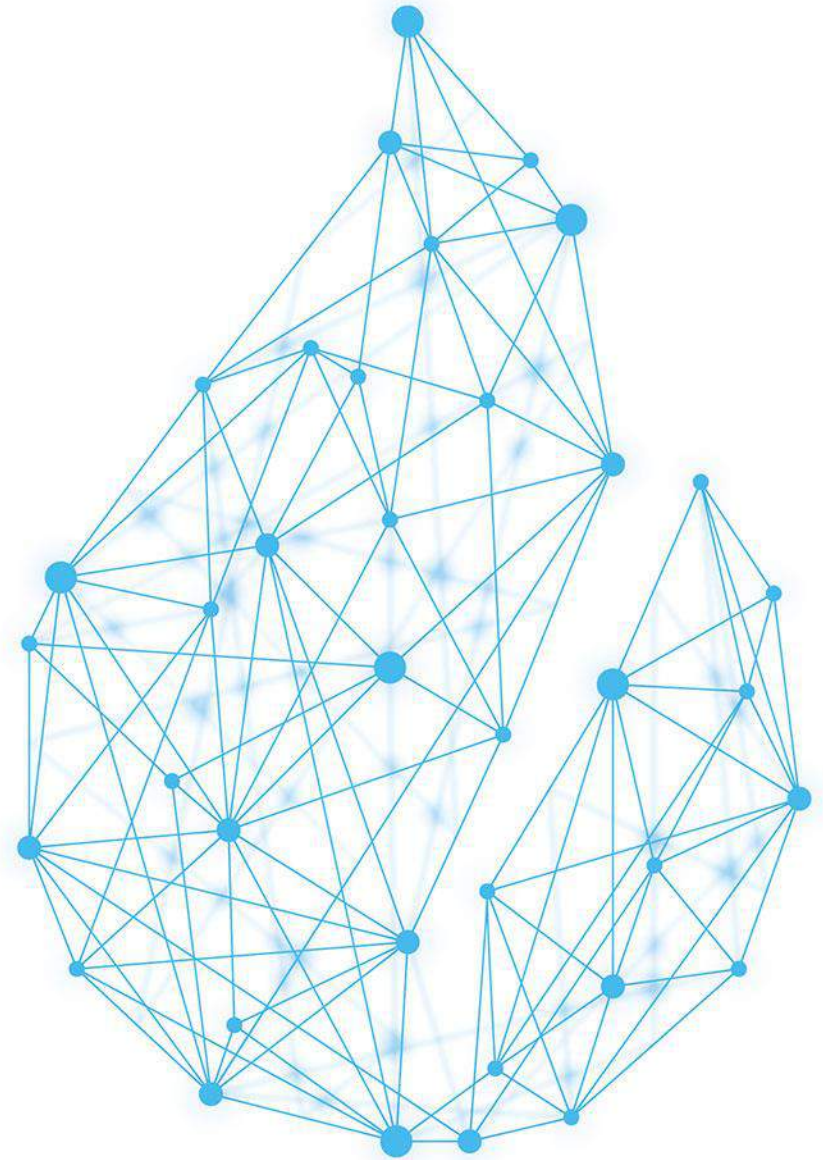
> EUR 100 m  
Private and public  
funding

1) Including projects from predecessor alkaline company "IHT SA" prior to the acquisition by Sunfire



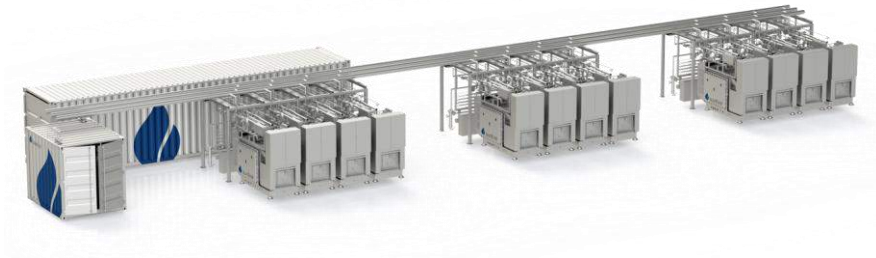
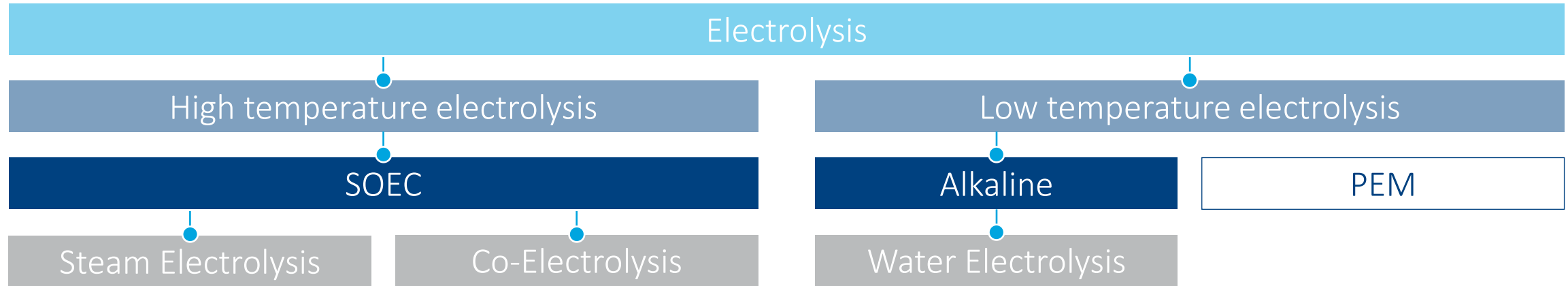
# OVERVIEW

Electrolysis



## PRODUCTS

# Sunfire's electrolyzer portfolio covers SOEC and Alkaline technology



**Sunfire-HyLink** SOEC

The Breakthrough



**Sunfire-SynLink** SOEC

The Game-Changer

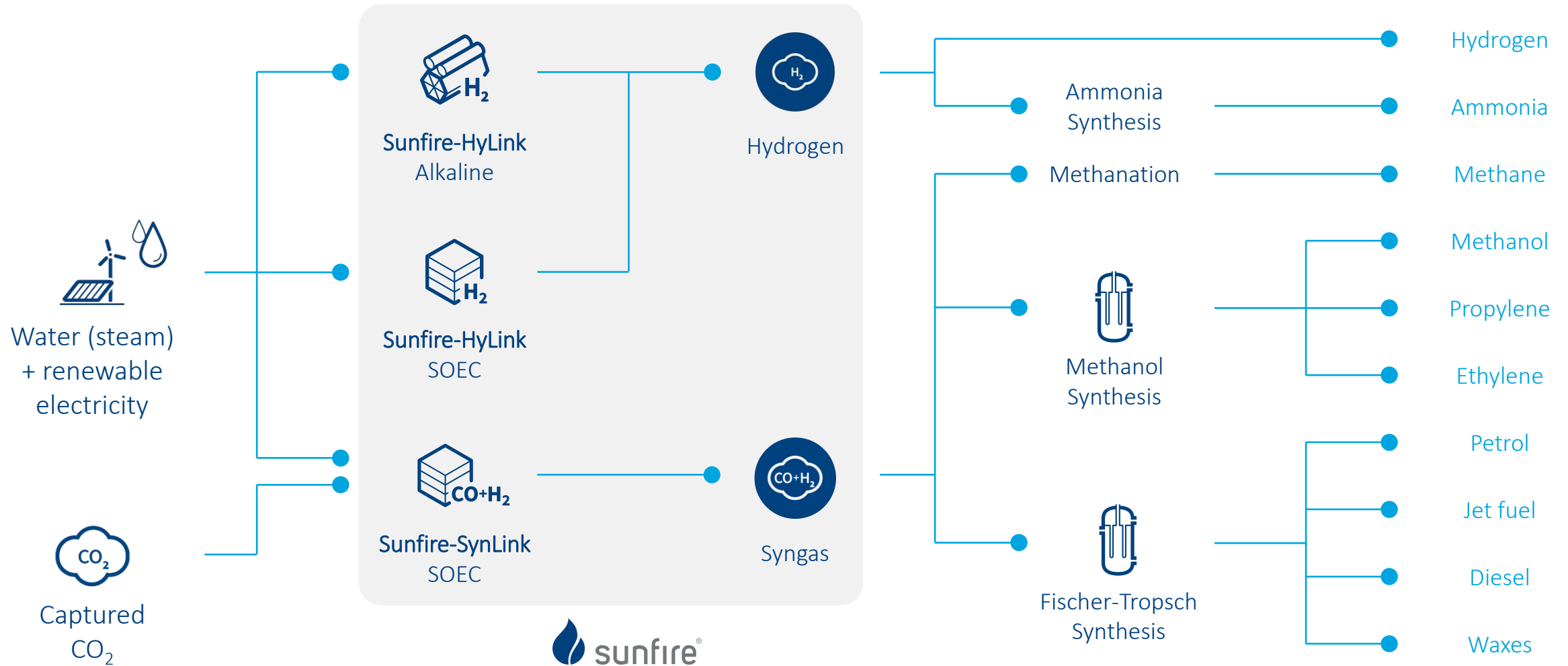


**Sunfire-HyLink** Alkaline

The Established

## PRODUCTION PATHWAYS

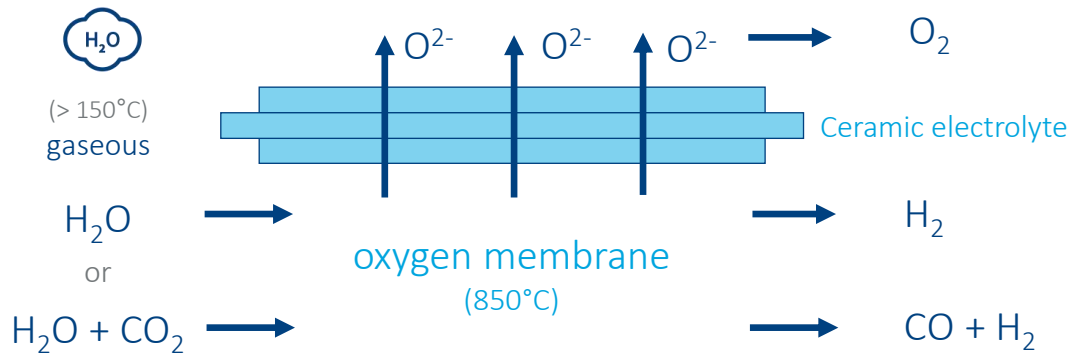
Sunfire's electrolyzers produce renewable hydrogen or syngas



## TECHNOLOGIES

# SOEC and Alkaline combine individual strengths

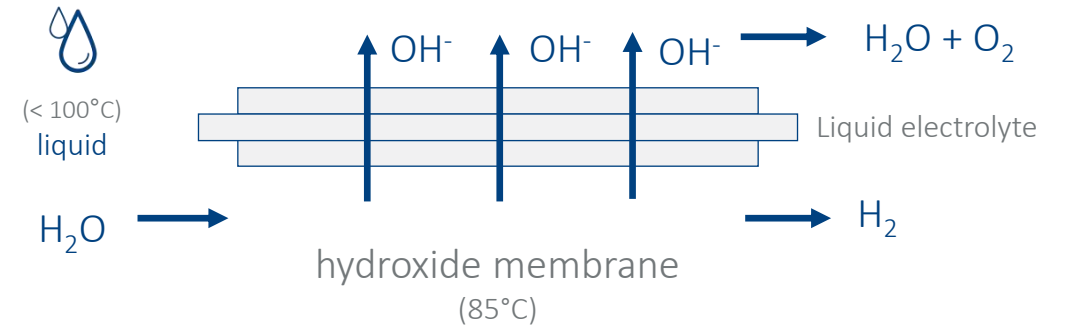
### SOEC



### Key characteristics

- Use of industrial waste heat for steam provision
- Highest electrical conversion efficiency ( $3.6 \text{ kWh/Nm}^3$ )
- $\text{CO}_2$  reduction capability

### Alkaline

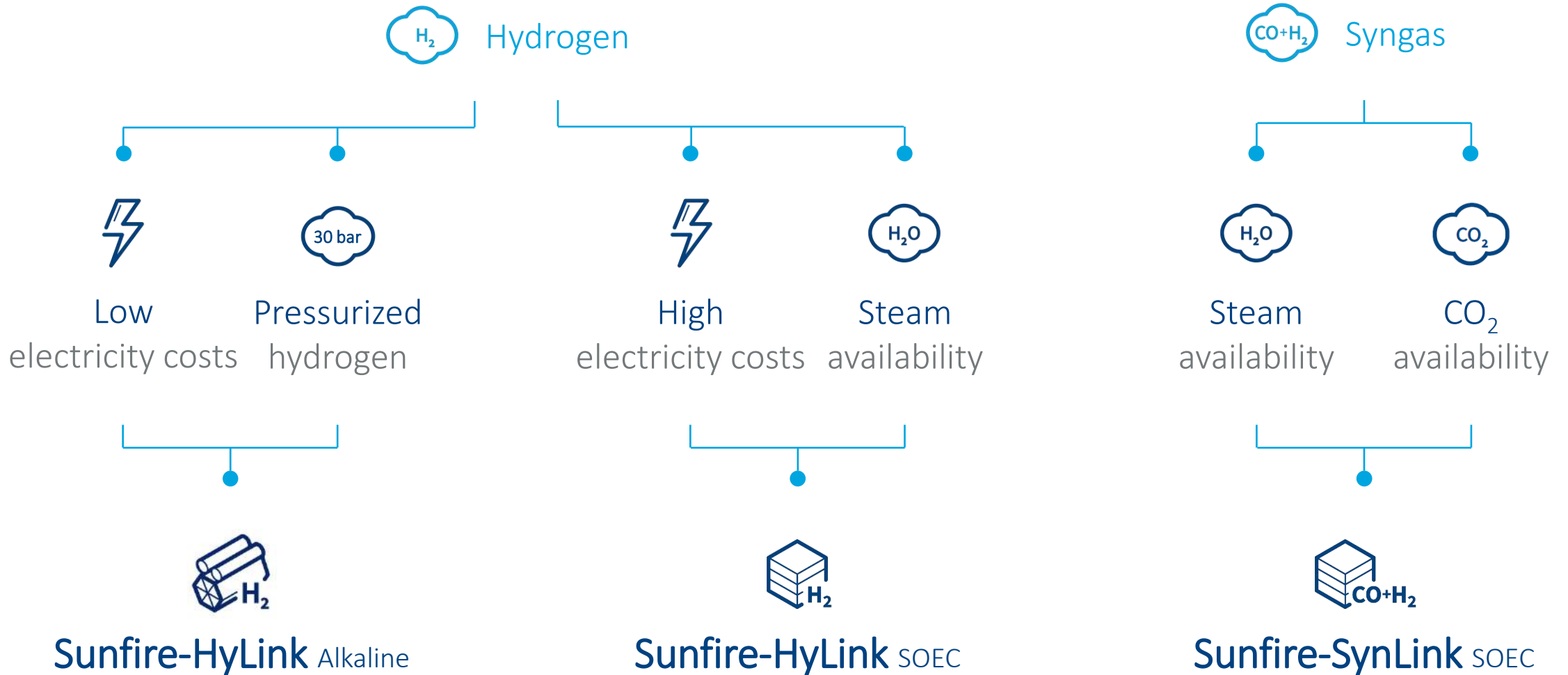


### Key characteristics

- Highest maturity level (lowest CAPEX)
- Most durable technology (proven runtime  $> 30$  years)
- Pressurized hydrogen production (up to  $30 \text{ bar(g)}$ )

## SOLUTIONS

Based on your individual needs, we offer the optimal electrolysis solution

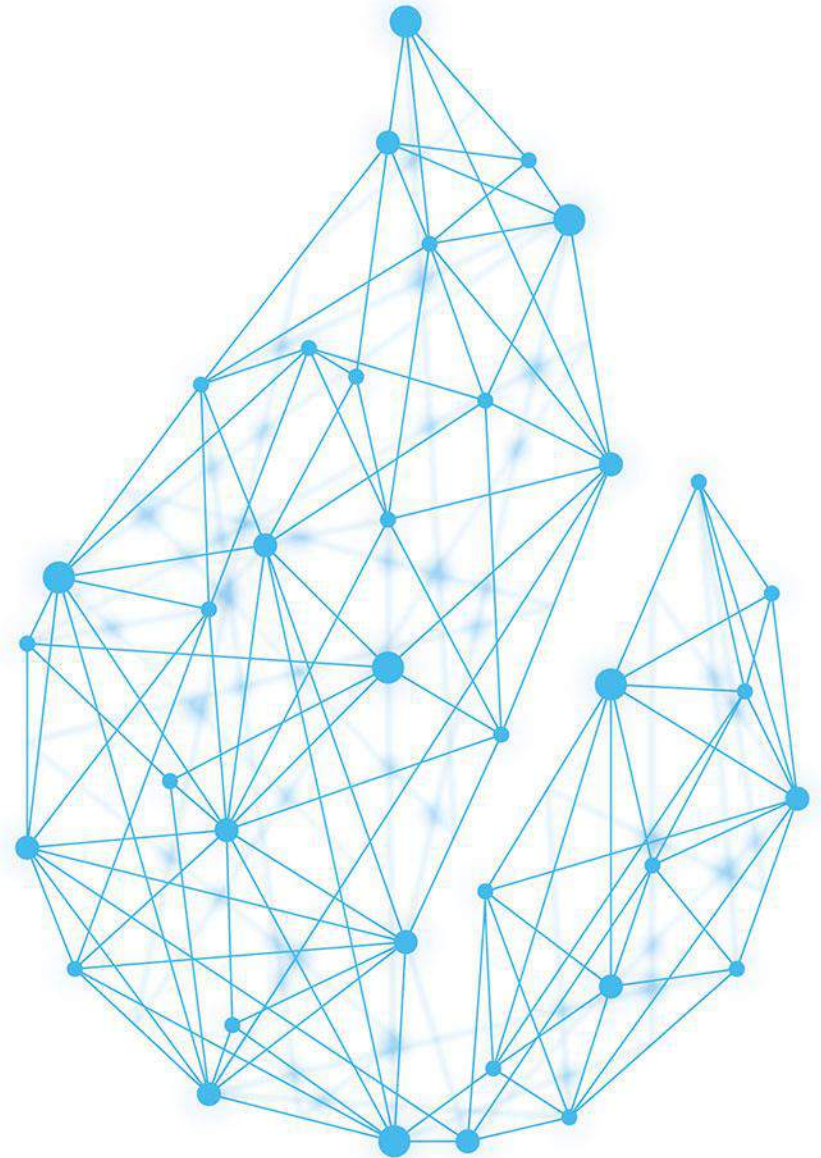






# ALKALINE ELECTROLYSIS

Sunfire-HyLink Alkaline






## CORE ADVANTAGES

# Sunfire-HyLink Alkaline is our ultra-reliable, pressurized electrolysis solution

### Reliability

> 30 years proven system runtime

#### Example reference projects

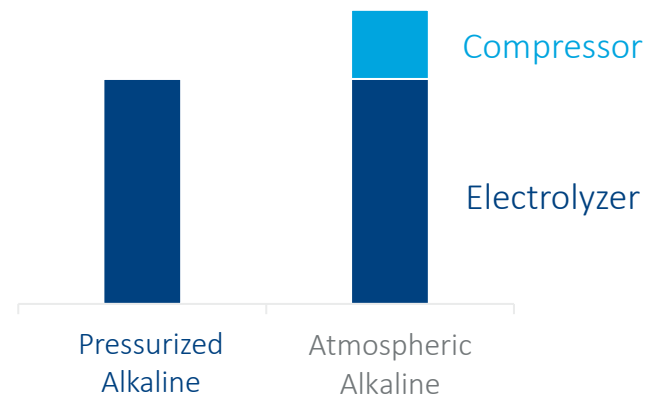
ZW		100 MW	42 years
PE		25 MW	55 years
CH		8 MW	38 years
$\Sigma$		> 245 MW	

- Demonstrated system lifetime of > 30 years in the scope of several projects
- Demonstrated stack lifetime of more than 90,000 hours and very low degradation rates

### Pressurized Hydrogen

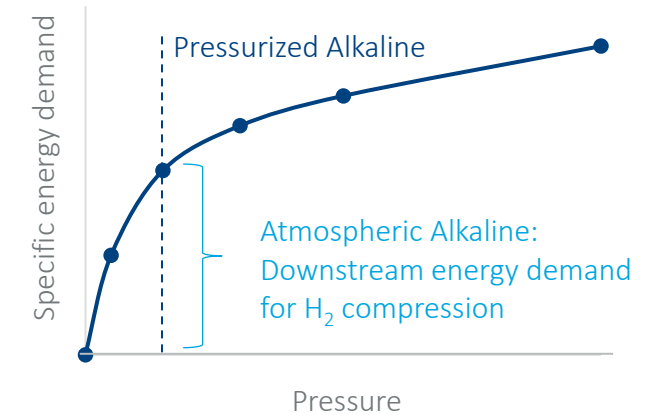
30 bar(g)

#### CAPEX perspective



- Hydrogen is usually used at high pressure
- Pressurized Alkaline electrolysis avoids additional investments into compressors which would be required with atmospheric electrolyzers

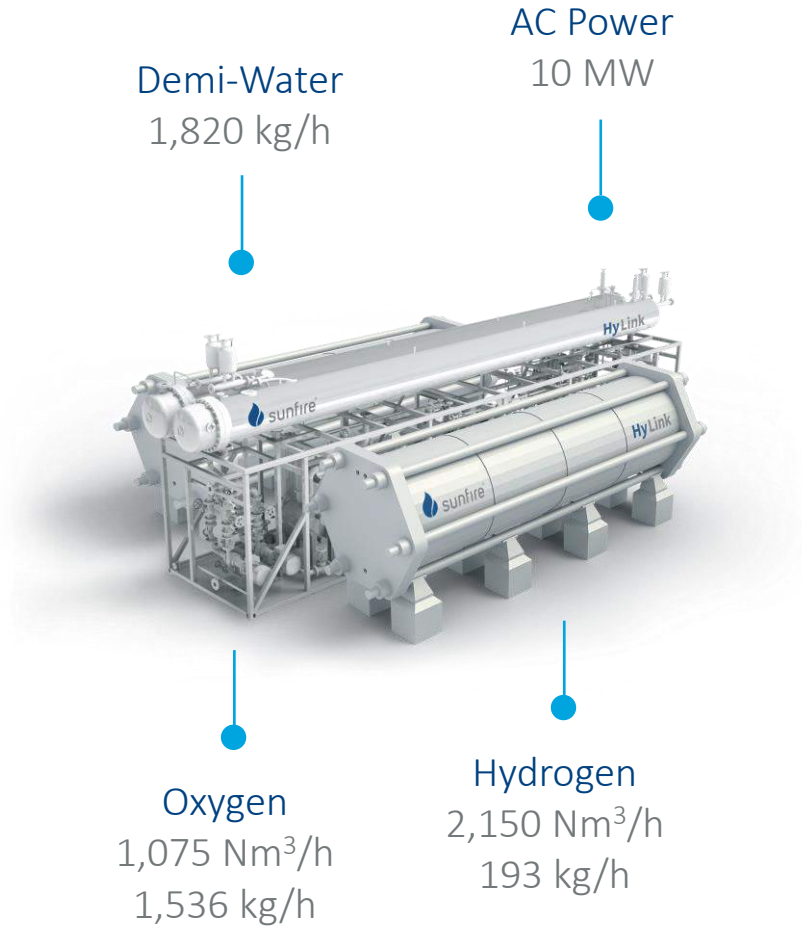
#### OPEX perspective



- Compressors consume significant energy for compression – especially at lower hydrogen pressure
- Pressurized electrolysis reduces OPEX requiring less energy-intensive compression

## TECHNICAL SPECS

### Performance under pressure



#### Hydrogen production

Production capacity dynamic range	15 ... 100 %
Delivery pressure	5 ... 30 bar(g) without additional compression
Hydrogen purity	> 99.6 % before gas cleaning <sup>1)</sup>
Operation temperature	up to 85 °C

#### Power input and electrical efficiency

Specific power consumption at system level (AC)	4.7 kWh/Nm <sup>3</sup>
System electrical efficiency <sup>2)</sup>	64 %

#### Feedstock

Electrolyte	30 % KOH aqueous solution
-------------	---------------------------

#### Other specs

Proven system runtime	> 30 years
Stack lifetime	> 90,000 h
Footprint <sup>3)</sup>	~ 600 m <sup>2</sup>
Ambient temperature	5 ... 40 °C

1) Up to 99.999% after gas cleaning 2) Lower heating value of hydrogen referred to AC power input

3) Average space requirement for a 10 MW system comprising all auxiliary systems

## REFERENCES

Since 1957: A decade-long, proven track record of commercial projects



> 245 MW

Installed Alkaline electrolysis capacity



> 60 projects

with industrial companies



> 30 years

proven system runtime

AT



Demo4Grid

4 MW

Mobility & Grid Services

Project start in 2017



CH



Hrand Djevahirdjian

7 MW

Chemicals

since 1982



ZW



Sable Chemicals

100 MW

Chemicals

1971 - 2016



PE



Industrias Cachimayo

25 MW

Chemicals

since 1965



Announcements

Orange.BAT

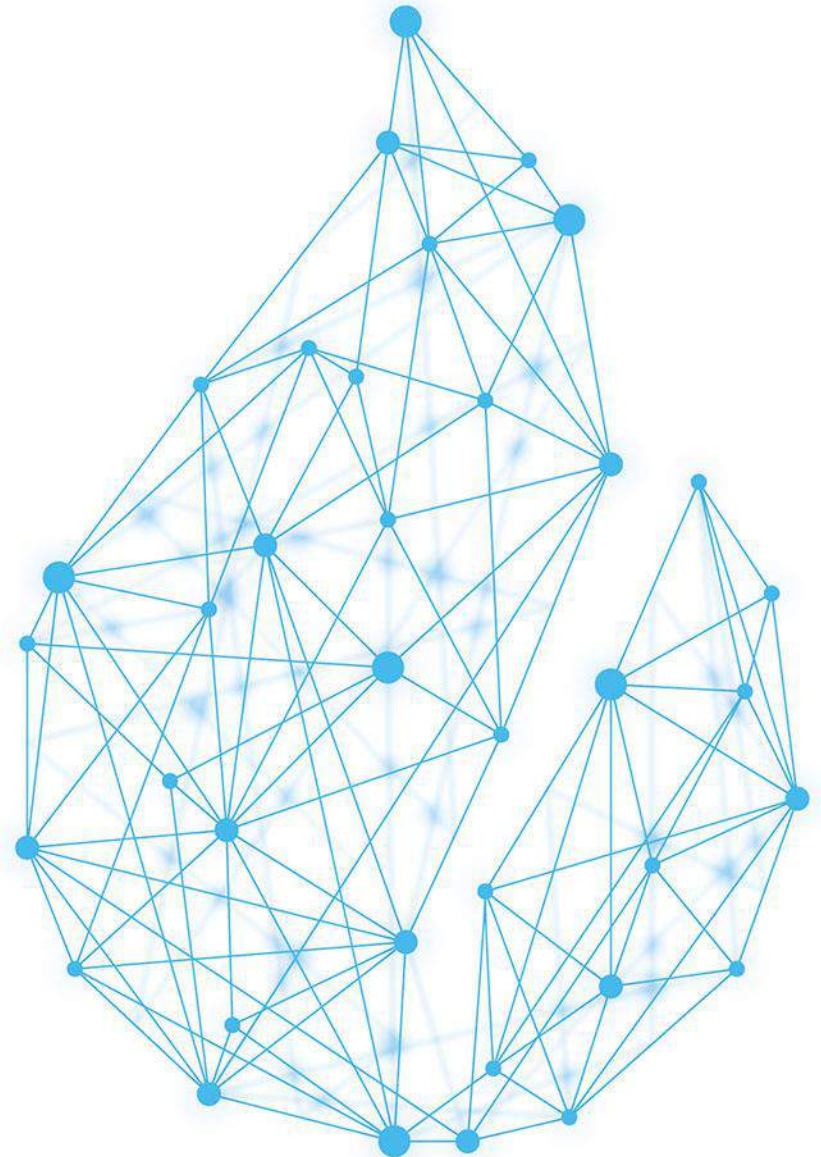


Note: Projects shown were realized by predecessor alkaline company "IHT SA" prior to the acquisition by Sunfire



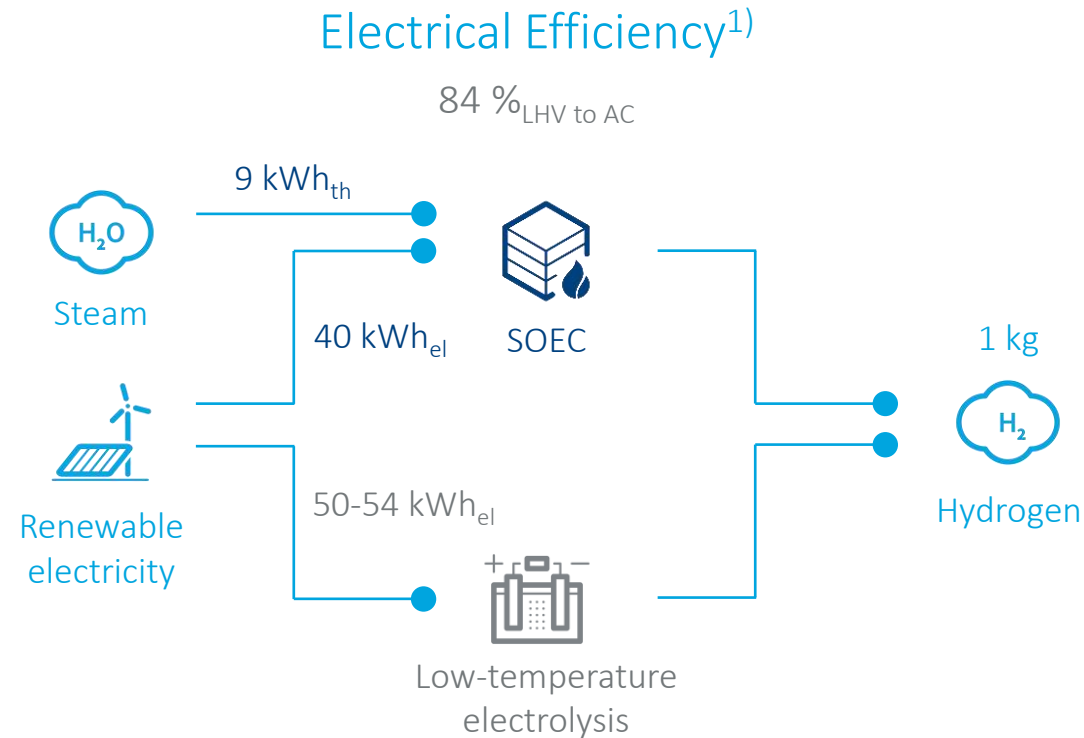
# SOEC ELECTROLYSIS

Sunfire-HyLink SOEC  
Sunfire-SynLink SOEC

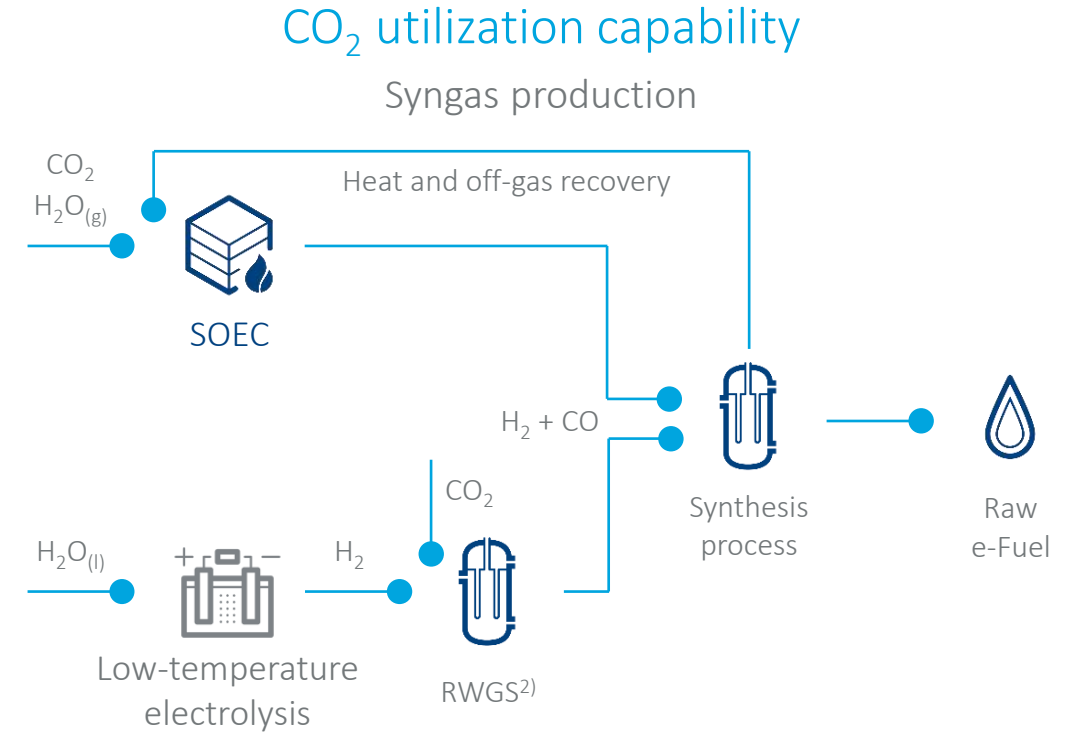


## CORE ADVANTAGES

# SOEC achieves superior electrical efficiency and is capable to reduce CO<sub>2</sub>



- SOEC uses heat (provided as steam) as additional energy feed to electricity, thus lowering electricity demand
- The efficiency advantage translates into electricity savings of up to 25 %

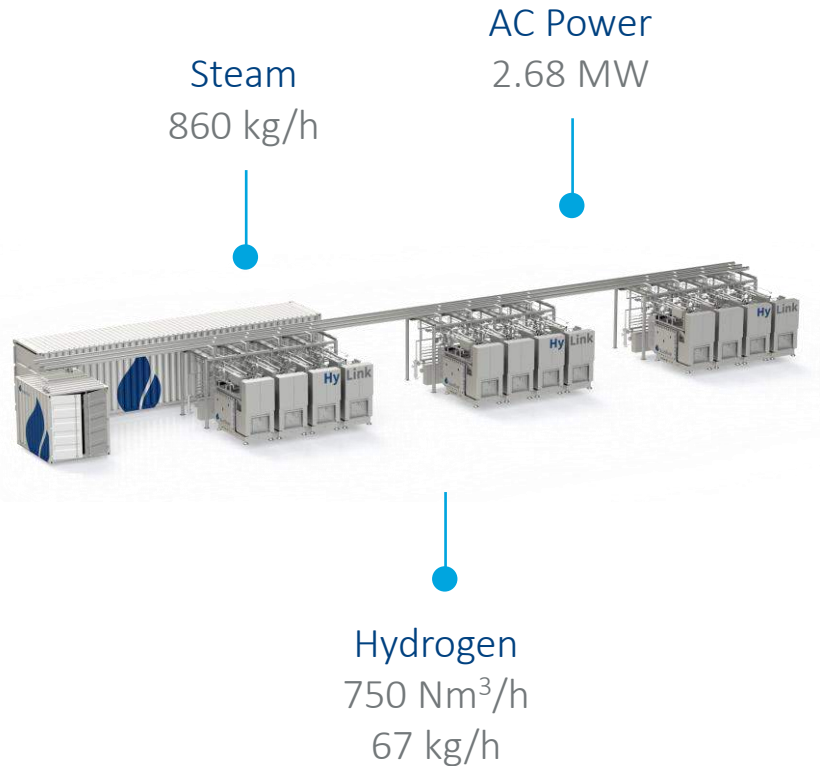


- To produce e-Fuels<sup>3)</sup>, a more CAPEX and energy intensive 3-step process is required when using low-temperature electrolysis
- With SOEC co-electrolysis, significant CAPEX and OPEX savings can be realized

1) Lower heating value of hydrogen referred to AC power input

2) Reverse-Water-Gas-Shift reaction is required in order to generate Carbon monoxide (CO) 3) Example

# Highest electrical efficiency



## Hydrogen production

Production capacity dynamic range	5 ... 100 %
Delivery pressure	1 ... 40 bar(g) after compression
Hydrogen purity	up to 99.999 % after gas cleaning
Hot idle ramp time	< 10 min

## Power input and electrical efficiency

Specific power consumption at system level (AC) <sup>1)</sup>	3.6 kWh/Nm <sup>3</sup>
System electrical efficiency <sup>2)</sup>	84 %

## Steam input

Temperature	150 ... 200 °C
Pressure	3.5 ... 5.5 bar(g)

## Other specs

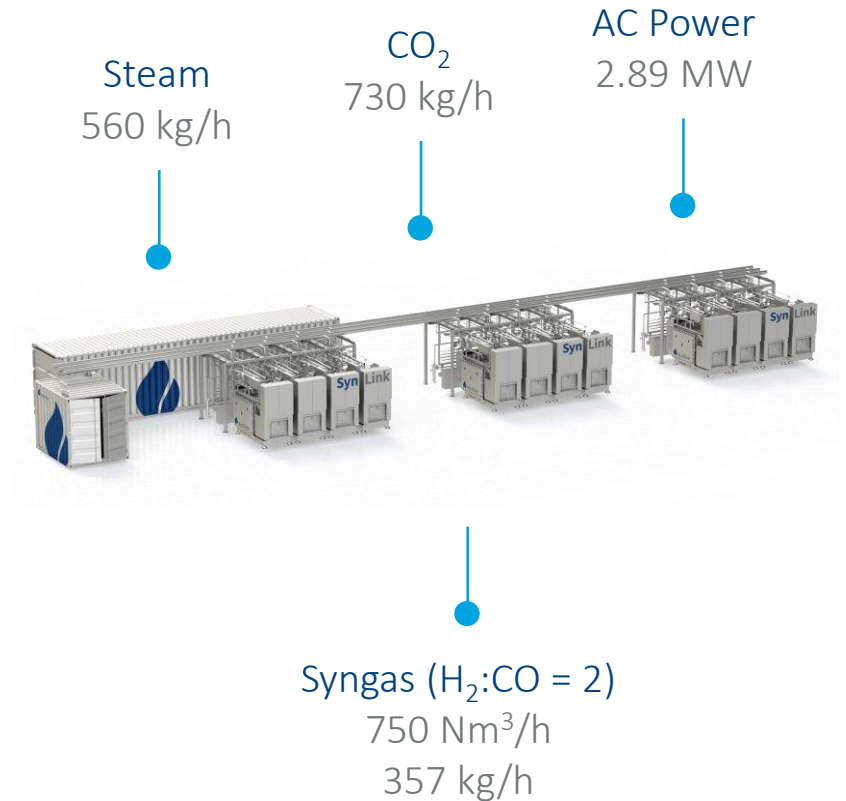
Footprint <sup>3)</sup>	~ 300 m <sup>2</sup>
Ambient temperature	- 20 ... 40 °C

1) Power consumption at ambient pressure 2) Lower heating value of hydrogen referred to AC power input

3) Average space requirement for a 2.68 MW system comprising all auxiliary systems

# Direct conversion of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O into syngas

Syngas production	
Production capacity dynamic range	5 ... 100 %
Delivery pressure	1 ... 40 bar(g) after compression
Hot idle ramp time	< 10 min
Available H <sub>2</sub> :CO ratios	1.5 ... 3.5
Power input and electrical efficiency	
Specific power consumption at system level (AC) <sup>1)</sup>	3.85 kWh/Nm <sup>3</sup>
System electrical efficiency <sup>2)</sup>	82 %
Steam input	
Temperature	150 ... 200 °C
Pressure	3.5 ... 5.5 bar(g)
CO <sub>2</sub> input	
Temperature	0 ... 40 °C
Pressure	6 ... 8 bar(g)
Other specs	
Footprint <sup>3)</sup>	~ 300 m <sup>2</sup>
Ambient temperature	- 20 ... 40 °C



1) Power consumption at ambient pressure 2) Lower heating value of syngas (H<sub>2</sub>:CO = 2) referred to AC power input  
 3) Average space requirement for a 2.89 MW system comprising all auxiliary systems



## REFERENCES

# SOEC has reached multi-megawatt scale



> 5 MW

Installed SOEC electrolysis capacity



> 10 industrial projects

with global companies



World's longest

SOEC operating experience



AT



MegaSyn

1 MW

Refineries/e-Fuel

Project start in 2021



SynLink SOEC



NL



MultiPLHY

3 MW

Refineries

Project start in 2020



HyLink SOEC



DE



e-CO<sub>2</sub>Met

1 MW

Chemicals

Project start in 2019



HyLink SOEC



DE



GrInHy2.0

1 MW

Steel industry

since 2019



HyLink SOEC



Announcements

Norsk e-Fuel



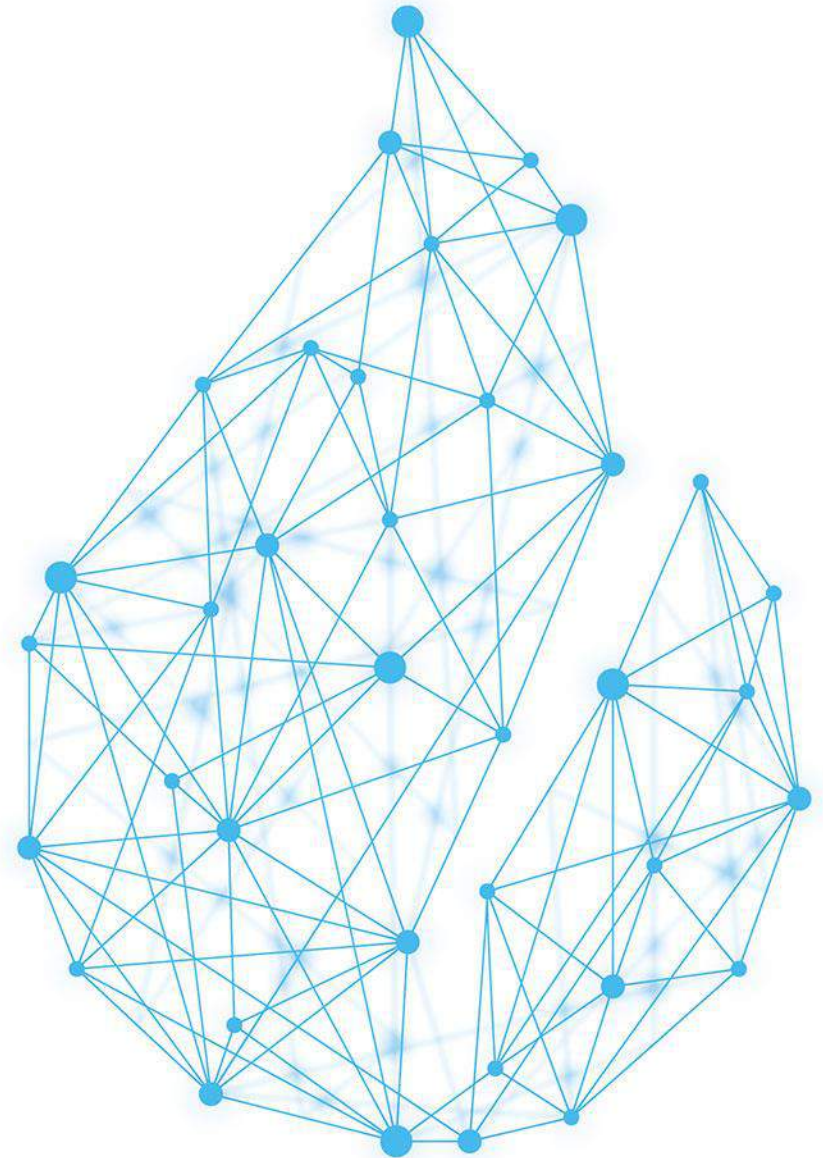
France KerEAUzen





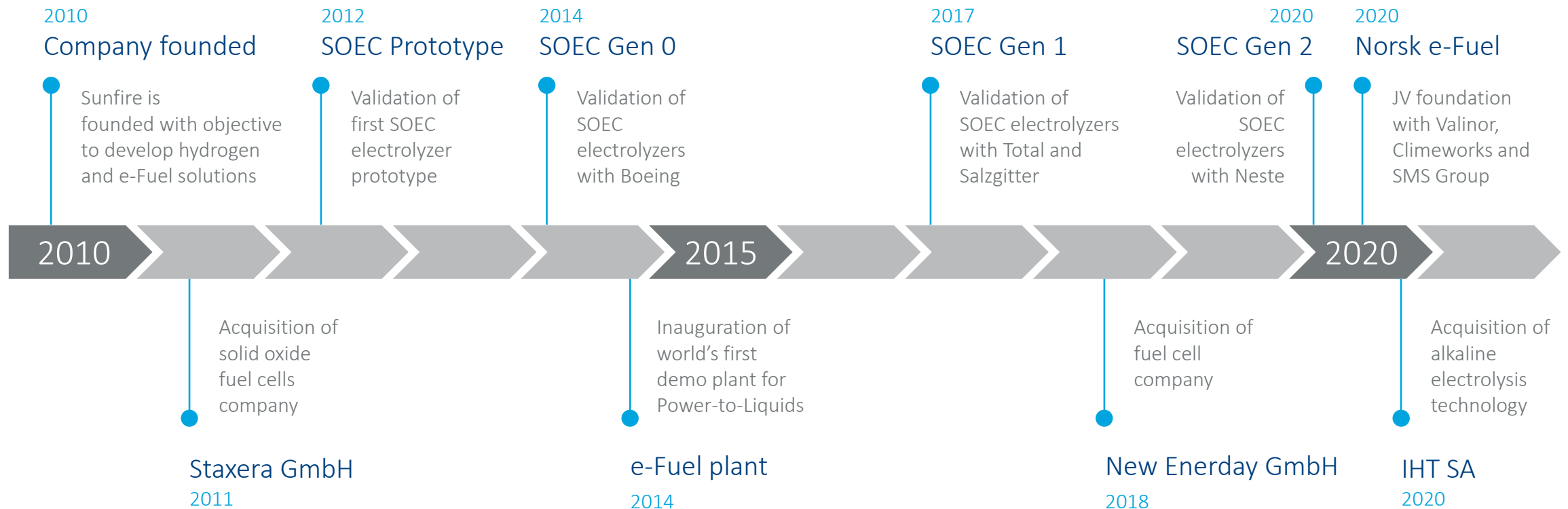
# COMPANY

Dedicated to Excellence



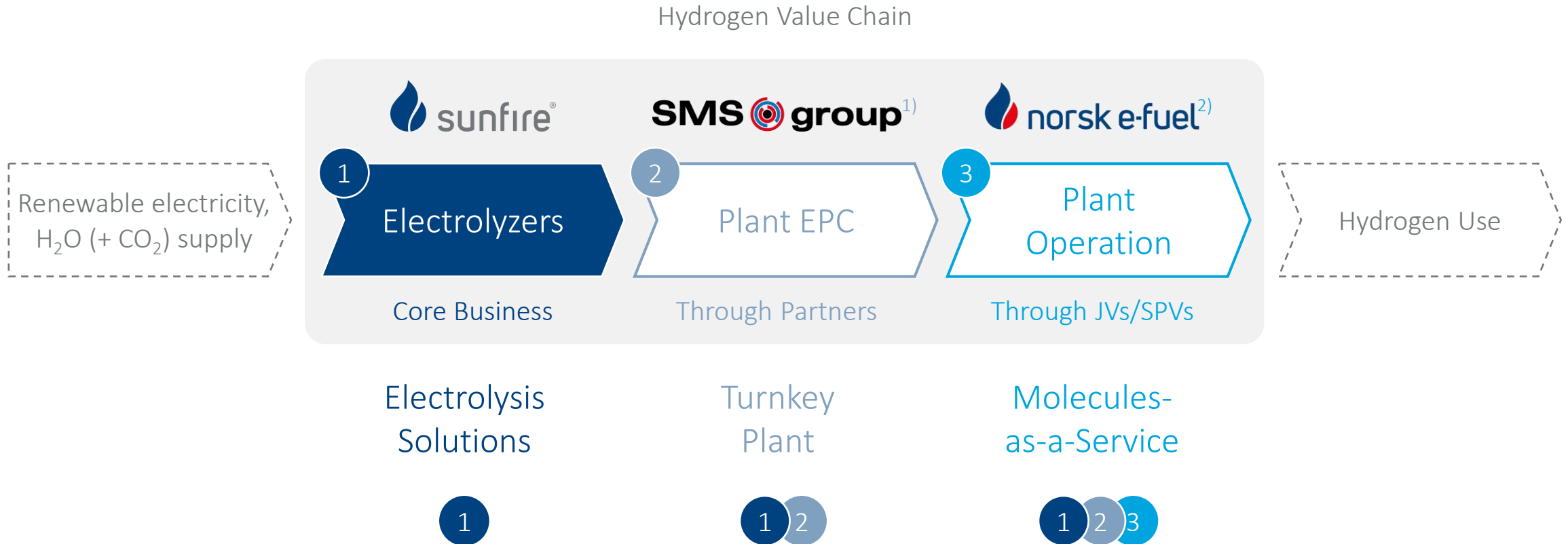
## HISTORY

# From a start-up to a leading industrial electrolysis company in ten years



## BUSINESS MODEL

We offer three solutions: From electrolysis equipment to renewable molecules



1) Non-exclusive partnership with a focus on the steel industry; Other partnerships possible 2) An example of a joint venture; Other partnerships possible

## SITES

We manufacture electrolyzers and fuel cells in Dresden, Monthey and Neubrandenburg



### SOEC Electrolyzers

Dresden, Germany (HQ)

7 MW/year

- Cell, stack and system manufacturing
- R&D center



### Alkaline Electrolyzers

Monthey, Switzerland

40 MW/year

- Stack manufacturing
- R&D center



### SOFC Fuel Cells

Neubrandenburg, Germany

1,200 systems/year

- System manufacturing
- R&D center

---

Production upscaling in preparation

## PEOPLE

We are dedicated to deliver on our promise



Bernhard  
Zwinz  
COO



Christian  
von Olshausen  
CTO & Founder



Nils  
Aldag  
CEO & Founder



Stephan  
Garabet  
CFO



Carl  
Berninghausen  
Exec. Chairman & Founder

> 250

Employees

50 %

Graduated engineers

> 25 %

Women

Excellence

Best talents in their field

# 1

Electrolysis team

# RENEWABLES EVERYWHERE

Sunfire GmbH · Gasanstaltstrasse 2  
01237 Dresden · Germany  
[www.sunfire.de](http://www.sunfire.de)

