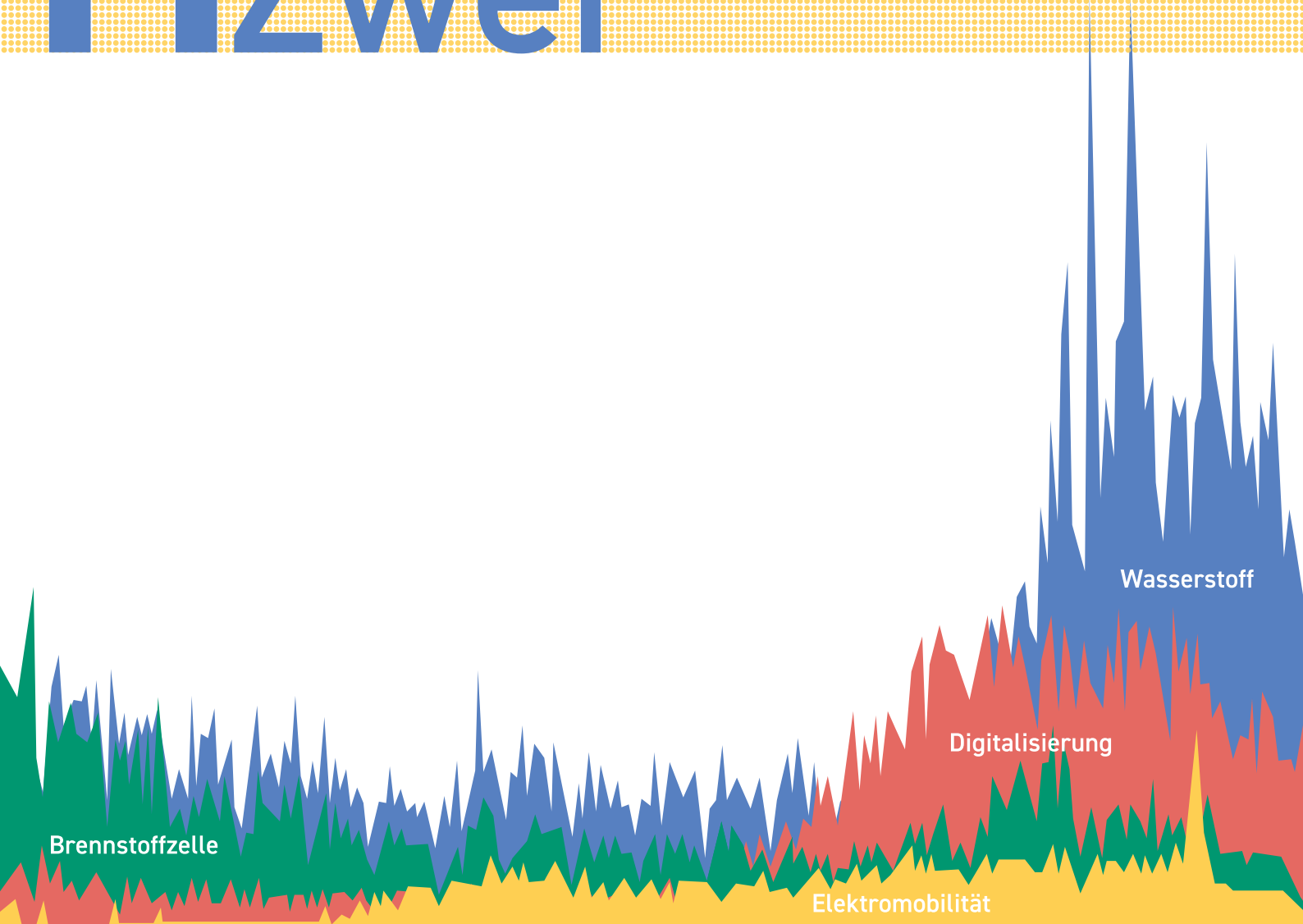


# HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND  
BRENNSTOFFZELLEN



2004

2023

→ WASSERSTOFF IST SCHWER  
IM TREND

→ FACHKRÄFTEMANGEL  
IM H<sub>2</sub>-SEKTOR

14. Teil der Regionen-Serie:  
HyExpert AachenPLUS





Lösungen für Wasserstoff

## Aktivieren Sie mit uns die Power der neuen Energie

- Produkte, Systeme und Lösungen von der elektrischen Verbindungstechnik bis zur Cloud
- Profitieren Sie von unserer langjährigen Erfahrung und Kompetenz in der Industrialisierung von Lösungen für erneuerbare Energien
- Sicherer Anlagenbetrieb durch unsere Zertifizierungskompetenz für internationale Normen, z.B. UL, IECEx, ATEX und weitere



Mehr Informationen:  
[www.weidmueller.de/wasserstoff](http://www.weidmueller.de/wasserstoff)

**Weidmüller** 

# MEGATREND WASSERSTOFF

Liebe Leserinnen und Leser!

Das Thema Wasserstoff hat es in den vergangenen Jahren aus der Nische auf die große politische Bühne geschafft. Nicht nur in Deutschland und Europa, sondern weltweit wappnet sich die Energiebranche für den Wandel vom fossilen ins erneuerbare Zeitalter.

Während sich einige Regionen nur langsam auf die reale Energiewende vorbereiten, sind viele Länder in Mitteleuropa, aber auch Staaten wie die USA und Japan bereits mittendrin. Die Vereinigten Staaten von Amerika haben mit dem Inflation Reduction Act (IRA) bereits ein riesiges Finanzpaket auf den Weg gebracht. Dieser Schritt steht in China noch aus. Beim Thema Elektromobilität ist die Volksrepublik zwar längst ganz vorne, aber der politische Rahmen für den Einstieg in eine H<sub>2</sub>-Wirtschaft ist noch in Arbeit (s. S. 47).

Deutschland hat zwar vor Jahren den Begriff „Energiewende“ geprägt und weltweit zum Inbegriff dieses Transformationsprozesses gemacht. Und mit dem Ausstieg aus Kohle und Kernenergie sowie dem Zurückdrängen von Öl und Gas befindet sich die Bundesrepublik auch auf einem guten Platz, aber führend bei der Bekämpfung der Klimakrise sind wir nicht mehr.

Dabei war Deutschland lange Zeit anderen voraus – sowohl bei der Solar- und bei der Windtechnik als auch bei der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik. Die Hoffnung ist, dass es dieses Mal beim Aufbau einer eigenen H<sub>2</sub>- und BZ-Wirtschaft besser läuft als im Fall der PV-Industrie.

Vor kurzem bekannte sich nun die Bundesregierung mit der Fortschreibung ihrer Nationalen Wasserstoffstrategie zu dem vor drei Jahren eingeschlagenen Kurs (s. S. 14). Ergänzend bekommt Deutschland jetzt einen Steuerkreis für H<sub>2</sub>-Normung, um eine „Normungsroadmap Wasserstofftechnologien“ auf den Weg zu bringen (s. S. 6).

Es überrascht daher nicht, dass insbesondere im deutschsprachigen Raum der Begriff „Wasserstoff“ seit einigen Monaten eine besondere Beliebtheit erfährt. Ende 2018 – weit vor dem eigentlichen Markthochlauf – begann das Interesse an Wasserstoff zu wachsen, was sich gut anhand der Google Trends (s. S. 7) ablesen lässt. Die Zahl der Anfragen in der Suchmaschine Google stieg damals beträchtlich und überschritt Anfang 2019 das Niveau von 2004.

Seitdem verzeichnet der US-Konzern immer mehr Suchanfragen nach diesem Schlagwort. Anfang und Mitte 2020 sowie Anfang 2021 überschritt deren Zahl sogar in erheblichem Maße die der Anfragen nach dem Keyword „Photovoltaik“. Über all die Jahre lag „Wasserstoff“ auch fast immer vor „Brennstoffzelle“, „Elektromobilität“ und „Digitalisierung“ (s. Cover-Grafik).

Weltweit sieht es ein bisschen anders aus: Nach dem englischen Wort „hydrogen“ suchten über die gesamten zwei Jahrzehnte vergleichsweise viele UserInnen – weitaus öfter als nach „fuel cell“, „photovoltaic“ oder „digitization“ (Letzteres in jeglicher Schreibweise). Nur „PV“ kommt auf eine ähnliche Beliebtheit.

Diese Trend-Analyse entspricht sicherlich kaum wissenschaftlichen Standards, ist aber dennoch ein durchaus repräsentativer Indikator dafür, wie groß das Interesse an Wasserstoff war und ist. Unser Analyst Sven Jösting, der



seit Jahren die börsennotierten H<sub>2</sub>- und BZ-Unternehmen beobachtet (s. S. 47), spricht bereits seit langem von einem „Megatrend“.

Auf etwaige Unkenrufe, es gebe hier lediglich mal wieder einen H<sub>2</sub>-Hype, kann somit getrost geantwortet werden: Die Wahrscheinlichkeit ist extrem hoch, dass wir es dieses Mal mit einem regelrechten H<sub>2</sub>-Boom zu tun haben. Bei dem wir allerdings noch ganz am Anfang stehen.

Denn einen funktionierenden Wasserstoffmarkt haben wir immer noch nicht. Außer wenn wir H<sub>2</sub> als Industriegas für konventionelle Anwendungen (Schweißen, Medizin usw.) betrachten. Die Vorbereitungen laufen aber, mit H2Global eine Handelsplattform zu etablieren, an der – ähnlich wie an der Leipziger Strombörse – Wasserstoff in großen Mengen ge- und verkauft werden kann.

Auch einen Markt für Elektrolyseure oder Brennstoffzellen haben wir noch nicht, es sei denn in bislang noch kleinen Stückzahlen und überschaubarer Leistungsgröße. Angesichts der Mengen und Leistungen, die wir perspektivisch benötigen, ist dieser aber zu vernachlässigen. Über aktuelle Verkaufszahlen und Installationszahlen können wir hoffentlich in der HZwei-Januar-Ausgabe 2024 berichten.

Selbst im Mobilitätssektor sind die Verkaufszahlen noch sehr überschaubar, weshalb von einem ernst zu nehmenden Markthochlauf erst ab 2025 auszugehen ist. Dies betrifft dann allerdings vorerst nur den Nutzfahrzeugsektor, also H<sub>2</sub>-Lkw und -Busse. H<sub>2</sub>-Pkw dürften – wenn überhaupt – erst Ende des Jahrzehnts in markanter Menge produziert und abgesetzt werden. Bei Schienenfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen wird es noch länger dauern.

Die Perspektive ist dennoch klar: Mit der zunehmenden Abkehr von der fossilen Energiewelt werden erneuerbare Energien immer wichtiger. Deswegen benötigen wir sehr viele Solar- und Windkraftanlagen. Um diese großen Mengen an Ökostrom dann in die unterschiedlichen Energiesektoren bringen zu können, ist Wasserstoff unabdingbar.

Das ist sicher eine etwas plakative Beschreibung der Energiewende. Sie zeigt aber, dass Wasserstoff nicht nur ein Megatrend ist, sondern dass es ohne Wasserstoff einfach nicht geht im Energiesektor. ||

Herzlichst

Sven Geitmann  
HZwei Herausgeber

# INHALTSVERZEICHNIS

## 12

FlexEhome – Energieautarkes Einfamilienhaus in Berlin



## 20

H<sub>2</sub>-Produktionsanlage in der Schweiz



# 4

### 3 Editorial

### 6 Meldungen

- Solydera ist insolvent
- DWV wieder eigenständig
- Deutschland bekommt Steuerkreis für H<sub>2</sub>-Normung
- H<sub>2</sub> aus Meerwasser
- Neue Anlagen zur Offshore-Wasseraufbereitung
- decarbXpo abgesagt
- H<sub>2</sub> ist Trend
- Grünes H<sub>2</sub> für Musikfestivals
- Uni Stuttgart ordert BZ-Kraftwerk

### 9 Messen und Kongresse

- Point Twelve gewinnt Start-Up-Pitch
- Hy-fcell bietet erstmalig Technical Tours an

### 12 Hausenergie

- Grüne Vollversorgung übers ganze Jahr

### 14 Politik

- Nationale Wasserstoffstrategie 2.0

### 18 Energiespeicherung

- Wasserstoff in der Metropolregion Nürnberg
- Axpo forciert die H<sub>2</sub>-Produktion in der Schweiz
- Gastbeitrag von PV-Pionier Karl-Heinz Remmers

### 26 Elektromobilität

- Regionen-Serie: HyExpert AachenPLUS
- Landkreis Düren wird zum H<sub>2</sub>-Pionier
- Mit BZ-Range-Extender die Reichweite verdoppeln

## 38 Reinigung und Kühlung von Bipolarplatten



## 43 Weiterbildung im H<sub>2</sub>-Sektor – Aufbau einer H<sub>2</sub>-Trainingstrecke



5

## 34 Entwicklung

- Sauberer Wasserstoff aus Müll und Plastik
- Interview mit Tassilo Gast von Emerson
- Metallische Bipolarplatten effizient reinigen
- Innovatives Kühlkonzept für Brennstoffzellen

## 43 Weiterbildung

- Auch im H<sub>2</sub>-Sektor herrscht Fachkräftemangel

## 49 Markt

- China nimmt Fahrt auf
- Nikola – Die Perspektiven stimmen, trotz Störfeuern
- Ballard – Plattformpartnerschaft mit Ford
- Cummins – Wasserstoff als Wachstumstreiber
- Bloom – Kapitalerhöhung gut abgeschlossen
- Plug – Noch keine Kaufempfehlung
- Siemens Energy – „Wir sind kein Sanierungsfall“
- Hyzon Motors – Unternehmen wird neu positioniert

## 58 International

- Riesenpotential am Bosphorus
- Interview mit Tomoho Umeda, Hynfra
- Polnisches H<sub>2</sub>-System für jedermann
- Norwegen verdoppelt Zahl der H<sub>2</sub>-Projekte

## 69 Firmenverzeichnis

## 79 Terminkalender

## 79 Impressum

## SOLYDERA IST INSOLVENT

Die SolydEra GmbH hat am 18.07.2023 bekanntgegeben, dass der Hersteller von Brennstoffzellenheizgeräten beim Amtsgericht Aachen einen Insolvenzantrag gestellt hat. Wie es seitens des Heinsberger Unternehmens heißt, beschlossen die Aktionäre von SolydEra, die Herstellung und den Verkauf ihres BlueGen-Geräts BG-15 einzustellen.

Als Grund für die Zahlungsunfähigkeit gab die Geschäftsleitung die Entscheidung der Bundesregierung, die Förderung für erdgasbetriebene Mikro-KWK-Systeme kurzfristig einzustellen, an. Laut Pressemeldung gebe es dadurch „keinen tragfähigen Business Case mehr für das BG-15-System“, da es „für die Kunden nicht mehr attraktiv und für SolydEra als Ganzes ein verlustbringendes Geschäft“ sei.



Abb.: Das BG-15 wird nicht weiter gebaut

Wie das Amtsgericht Aachen entschied, kündigt sich jetzt ein vorläufiger Insolvenzverwalter um die Veräußerung der Unternehmenswerte. Von Kunden abgeschlossene Serviceverträge zur Wartung beziehungsweise Reparatur können nicht weiter erfüllt werden, es können aber Ansprüche aus den Serviceverträgen angemeldet werden. Bis zum

31. August 2023

bietet die SolydEra GmbH noch für ihre Bestandskunden zeitlich befristet Wartungs- und Entstörungsleistungen an – allerdings nur mit gesonderter Vergütung.

Das australische Vorgängerunternehmen, die Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL), auf deren Know-how das BlueGen-Gerät basiert, hatte bereits im März 2015 Insolvenz anmelden müssen, konnte dann aber den Betrieb dank der Hilfe des italienischen Unternehmens SOLIDpower, das sich 2022 in SolydEra umbenannte, aufrechterhalten. ||

## DWV WIEDER EIGENSTÄNDIG

Seit August 2023 wird der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) e.V. wieder allein von Werner Diwald vertreten. Thorsten Kasten, der vom Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. entsendete Vertreter, schied Ende Juli aus dem DWV-Vorstand aus und gab somit auch seinen Posten als gleichberechtigter zweiter Vorstandsvorsitzender ab. Gemäß Mitteilung des DWV sind damit die Restrukturierungs- und Professionalisierungsmaßnahmen der vergangenen zwei Jahre nunmehr abgeschlossen.

DVGW und DWV waren in den vergangenen Jahren zeitweise aufeinander zugegangen, um enger miteinander zu kooperieren (s. HZwei-Heft Jan. 2019), was unter anderem

in einem „erfolgreichen Aufbau der Geschäftsstelle“ sowie eines „schlagkräftigen Teams“ in Berlin mündete, wie es vom DWV hieß. Es werde auch weiterhin eine Zusammenarbeit zwischen den Verbänden geben, ist zu hören. Aber die ursprünglich anvisierte engere Kooperation ist mit dem Ausscheiden Kastens endgültig vom Tisch. ||

## DEUTSCHLAND BEKOMMT FÜR H<sub>2</sub>-NORMUNG EINEN STEUERKREIS



Abb.: Dr. Kirsten Westphal

[Foto: BDEW, Thomas Imo – Photothek]

Normung ist zwar ein sehr trockenes, aber auch ein sehr wichtiges Thema – insbesondere, wenn ein komplett neuer Wirtschaftszweig etabliert werden soll. Aus diesem Grund haben verschiedene Institutionen aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft Anfang August 2023 einen Steuer-

ungskreis für Wasserstoffnormung ins Leben gerufen.

Wie es in einer Pressemeldung heißt, ist dieses 26-köpfige Gremium für die „strategische Begleitung der Arbeiten an der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien“ gedacht. Ziel ist, durch eine „abgestimmte Vorgehensweise für die technische Regelsetzung den Ausbau von Wasserstofftechnologien in Deutschland zu beschleunigen“ und eine Wasserstoffroadmap auf den Weg zu bringen, durch die der Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft sowie einer entsprechenden Infrastruktur unterstützt werden soll.

Zur Leiterin dieses Steuerkreises wurde Dr. Kirsten Westphal, Mitglied der Hauptgeschäftsführung des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), gewählt. Westphal erklärte: „Die Roadmap wird dabei helfen, Bedarfe zu identifizieren und konkrete Umsetzungsprojekte im Bereich der technischen Regelsetzung von Wasserstofftechnologien direkt zu initiieren.“

Institutionelle Unterstützung erhält das Gremium vom Deutschen Institut für Normung (DIN), Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Verein für die Normung und Weiterentwicklung des Bahnwesens (NWB), Verband der Automobilindustrie (VDA), Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) sowie von der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE). Finanzielle Förderung kommt seit Januar 2023 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

Die offizielle Auftaktveranstaltung zu diesem bis November 2025 laufenden Verbundprojekt fand im März 2023 online mit 1.300 Teilnehmenden statt. Die geplante H<sub>2</sub>-Roadmap soll jetzt in insgesamt 39 Arbeitsgruppen in einem „offenen und transparenten Prozess“, an dem sich „alle Interessierten beteiligen können“, erarbeitet werden. Ein erster Entwurf soll im Sommer 2024 vorliegen. ||

→ [www.normungsroadmap-h2.de](http://www.normungsroadmap-h2.de)

## H<sub>2</sub> AUS MEERWASSER

In Australien ist es Forschern gelungen, Wasserstoff direkt aus Meerwasser herzustellen. Dafür verwendeten sie ein neues Katalysatormaterial, das sehr viel beständiger gegen Salzwasser ist als herkömmlich verwendete Medien. Die WissenschaftlerInnen der Universitäten Adelaide, Tianjin (Nankai) sowie der Kent State University überzogen die aus Kobaltoxid bestehenden Elektroden mit kostengünstiger Lewis-Säure, wodurch diese den Angriffen des aggressiven Salzes über ausreichend lange Zeit standhielten. Statt Eisen(III)-chlorid, Bortrifluorid und CO<sub>2</sub> entschieden sie sich jedoch für Chrom(III)-oxid (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – einem weitverbreiteten Beschichtungsmaterial für Anwendungen insbesondere in der Druck- und Papierindustrie, der Pumpen- und Textilwirtschaft sowie für mechanische Dichtungssysteme.

Shizhang Qiao, Chemieingenieur an der University of Adelaide, erklärte: „Wir haben mithilfe eines solchen Katalysators in einem kommerziellen Elektrolyseur Meerwasser mit einer Effizienz von fast 100 Prozent in Sauerstoff und Wasserstoff aufgespalten.“ Wird im Vergleich dazu in konventionellen Elektrolyseuren mit ihren weitaus teureren Katalysatoren aus Platin und Iridium Süßwasser eingesetzt, werde kaum weniger Wasserstoff erzeugt, erläuterte Yao Zheng, Assistenzprofessor für Materialwissenschaften. ||

## NEUE ANLAGEN ZUR OFFSHORE-WASSERAUFBEREITUNG



Foto: Bosch

Der Technikkonzern Bosch verstärkt sein Engagement bei der Wasseraufbereitung für grünen Wasserstoff. Neben dem Prinzip der Umkehrosmose entwickelt Bosch an den Standorten Renningen, Stuttgart-Feuerbach und Budweis neue Anlagen, die besonders robust und wartungsarm sind und speziell für abgelegene Gebiete und Offshore-Standorte geeignet sind.

Über thermische und elektrochemische Verfahren entziehen diese Anlagen dem Wasser Mineralien. Dank dieses Aufbereitungsprozesses ohne Filtermedien sei es für Betreiber möglich, komplett auf Chemikalien zu verzichten. Erste externe Pilotprojekte sollen im Laufe dieses Jahres aufgenommen werden. Der Marktstart der Anlagen ist für 2024 geplant.

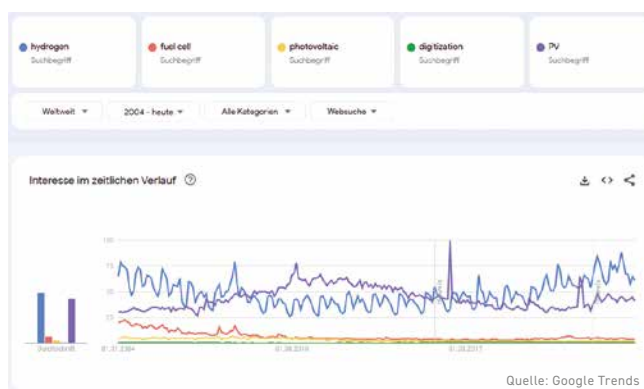
Die Wasseraufbereitung ist in der H<sub>2</sub>-Wertschöpfungskette das erste und grundlegende Bindeglied, denn die Elektrolyseure benötigen in der Regel hochreines Wasser. Mithilfe der neuen Technologie wird die Wasseraufbereitung auch

in entlegenen Gebieten wirtschaftlich und umweltschonend realisiert, erklärte Stefan Hartung, Vorsitzender der Bosch-Geschäftsführung. ||

## DECARBXPO ABGESAGT

Die Messe Düsseldorf hat im August 2023 mitgeteilt, dass die für den 28. bis 30. November avisierte decarbXpo nicht stattfinden wird. Obwohl derzeit weltweit genau die Themen, die auf dieser Veranstaltung angesprochen werden sollten, heiß diskutiert werden, entschieden sich die Organisatoren gegen deren Durchführung. Auf der Homepage heißt es dazu lediglich: „Die im Rahmen der decarbXpo behandelten Themen wie alternative Energieträger, Energie- und Ressourceneffizienz, Dekarbonisierung sowie Wiederverwertung spielen für die Messe Düsseldorf GmbH nach wie vor eine ganz bedeutende Rolle.“ Wo und wann jedoch diese drängenden Themen bespielt werden sollen, war bis Redaktionsschluss nicht bekannt. ||

## H<sub>2</sub> IST TREND



Wasserstoff ist derzeit – zumindest im Energiesektor – in aller Munde. Dies lässt sich auch anhand der Trendforschung nachweisen. So bietet der US-Konzern Google einen Online-Dienst an, der Informationen darüber bereitstellt, welche Begriffe bei der Nutzung der Google-Suchmaschine über die Zeit wie häufig eingegeben werden. Die Ergebnisse werden in Relation zum totalen Suchaufkommen gesetzt und sind in wöchentlicher Auflösung seit 2004 verfügbar.

Sehr plakativ lässt sich mit diesem Tool veranschaulichen, wie groß das Interesse an gewissen Themen war und ist. So ist unter anderem zu erkennen, dass das Keyword „Wasserstoff“ seit Ende 2018 deutlich häufiger gegoogelt wird als in den 15 Jahren zuvor. In den Jahren 2020 und 2021 gab es jeweils Peaks. Insgesamt ist die Popularität dieses Begriffs seitdem auf einem relativ hohen Niveau.

Nach „Wasserstoff“ wird deutlich häufiger gesucht als beispielsweise nach „Elektromobilität“, „Brennstoffzelle“, „Windkraft“ oder auch nach „Digitalisierung“. Noch beliebter ist hingegen – abgesehen von den Peak-Phasen 2020 und 2021 – „Photovoltaik“. Auch das englische Wort „hydrogen“ wird für sehr viel mehr Suchanfragen verwendet (s. Abb.) als beispielsweise „fuel cell“, „digitizing“ und „photovoltaic“ oder selbst „PV“, wobei „hydrogen“ über die fast 20 Jahre fast immer gleich beliebt war, während nach „fuel cell“ Anfang des Jahrhunderts sehr viel mehr geforscht wurde. ||

→ <https://trends.google.com>

## GRÜNES H<sub>2</sub> FÜR MUSIK-FESTIVALS



Abb. 1: Vor der zweiten Brennstoffzelle (v. l.): Erik Mersmann – Abifestival seit 1981, Dieter Krone – Oberbürgermeister der Stadt Lingen, Ines Fischer – Vorsitzende des Vereins Abifestival seit 1981, Marc-André Burgdorf, Landrat des Landkreises Emsland [Foto: H<sub>2</sub>-Region Emsland]

8

Immer mehr Festivals setzen auf Nachhaltigkeit. Nicht nur in Wacken, das in diesem Jahr – mal wieder – durch die dortige Schlamm Schlacht Schlagzeilen machte, wird nicht nur Ökostrom, sondern auch Wasserstoff eingesetzt. Auch in Lingen wurden beim diesjährigen Lautfeuer-Festival am 7. und 8. Juli die Bühne, die Beleuchtung sowie weitere Technik nahezu komplett mit grünem Strom aus Wasserstoffgeneratoren versorgt.

Seit 1981 findet in Lingen ein Abifestival statt, das alljährlich bis zu 20.000 Gäste anzieht unter dem Motto „Umsonst & Draußen“. In Zusammenarbeit mit der H<sub>2</sub>-Region Emsland und mit Unterstützung seitens der Stadt Lingen sowie des Landkreises wurde bereits im vergangenen Jahr ein Energiekonzept entwickelt, bei dem statt der konventionellen Dieselgeneratoren eine Brennstoffzelle eingesetzt wird. „Für diesen neuartigen Ansatz erhielt das Lautfeuer den Innovationspreis der deutschen Veranstaltungsbranche“, teilte Ines Fischer, Vorsitzende des Vereins Abifestival seit 1981 e.V., mit. In diesem Jahr kam noch eine zweite Brennstoffzelle dazu, so dass fast eine Komplettversorgung möglich war.



Abb. 2: Grüne Energie rockt Wacken [Foto: GP Joule]

GP Joule unterstützt bereits seit 2018 das Wacken Open Air und versorgt das norddeutsche Metal-Festival mit Strom aus grünem Wasserstoff. Das selbst produzierte H<sub>2</sub>-Gas wird in zwei H<sub>2</sub>Genset-Modulen von SFC Energy in Strom umgewandelt. Der gewonnene Strom aus erneuerbarer Energie wird dann von der Eröffnung am Montag, 31. Juli bis zum Ende des Festivals eingesetzt. Zusätzlich setzte GP Joule einen seiner eFarm-Wasserstoffbusse als Shuttle für die Gäste ein.

CEO Ove Petersen erklärte: „Grün und schwarz, das passt im Norden zusammen – das beweisen das Wacken Open Air und GP Joule.“ Peter Podesser, CEO von SFC Energy, ergänzte: „Brennstoffzellen auf Basis von grünem Wasserstoff sind eine perfekte Lösung für die sichere, mobile Energieversorgung von Open-Air-Veranstaltungen.“ ||

## UNI STUTTGART ORDERT BZ-KRAFTWERK

Die Universität Stuttgart hat ein Brennstoffzellenkraftwerk beim bayerischen Hersteller Proton Motor Fuel Cell bestellt. Die sogenannte HyShelter-Anlage verfügt über eine Leistung von bis zu 240 kW. Die stationäre und netzautarke H<sub>2</sub>-Brennstoffzelle soll in ein industrielles Forschungsgelände integriert werden und dort ab dem zweiten Quartal 2024 Strom erzeugen und ins Netz einspeisen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hatte die Universität Stuttgart beauftragt, eine H<sub>2</sub>-basierte Industrieforschungsplattform aufzubauen. Insgesamt 36 Mio. Euro fließen über drei Jahre in diese Plattform. Ziel des sogenannten WAVE-H<sub>2</sub>-Projektes ist es, die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Industriesektor zu forcieren. Zur Universität gehört der Bereich „Energietechnik der Zukunft“, bei dem das Potenzial von Wasserstoff zur durchgängigen Dekarbonisierung einen Schwerpunkt bildet.



Abb.: Kernkomponenten des HyShelter®-Aggregats [Quelle: Proton Motor]

Das Container-Kraftwerk kann mobile Betankungseinheiten für Lastwagen mit Strom versorgen. Typische Einsatzbereiche für die HyShelter-Anlage sind netzunabhängige oder auch netzgebundene Installationen, um eine sichere Energieversorgung zu gewährleisten, bei denen keine oder nur eine unzureichende elektrische Infrastruktur vorhanden ist oder Leistungsentnahme aus dem Netz reduziert werden soll. ||



# POINT TWELVE GEWINNT START-UP-PITCH

## H2UP bringt Jungunternehmen und Investoren zusammen



Abb.: Siegerehrung für Flore de Durfort von Point Twelve

Start-ups stehen für Innovation – für JungunternehmerInnen, die mit disruptiven Ideen neue Produkte oder Dienstleistungen in die Welt bringen. Ihnen gemein ist, dass sie Geld für die Gründungs- und Markthochlaufphase benötigen. Aber woher nehmen, wenn nicht stehen? Investoren sind da nicht nur hilfreich, sondern geradezu notwendig, um Ideen realisieren zu können. Damit Start-ups und Investoren zueinander finden, gibt es verschiedene Akteure und unterschiedliche Veranstaltungsformate, so wie H2UP, die am 20. Juni 2023 in Essen die Hydroverse Convention veranstaltet haben.

Die Location war kolossal: das Colosseum Theater im Essener Westviertel – eine ehemalige Industriehalle der Friedrich Krupp AG. Abgesehen von der angekündigten nordrhein-westfälischen Wirtschaftsministerin Mona Neubaur waren über 350 InvestorInnen, EntwicklerInnen und EntscheiderInnen aus der europäischen Wasserstoffwirtschaft erschienen.

Im Mittelpunkt standen die insgesamt 20 anwesenden Start-ups, von denen sich zwölf an einem Wettbewerb beteiligten, bei dem sie ihre Ideen in kurzen Pitches präsentierten und Fragen einer Jury beantworteten. Vom Ein-Mann-Unternehmen bis zum europäischen Bushersteller waren unterschiedlichste Akteure vertreten.

Als Sieger aus diesem männerdominierten Pitch ging die einzige Frau hervor: Flore de Durfort (s. Foto). Als CEO und Mitgründerin von Point Twelve präsentierte sie souverän und charmant, wie sie mit ihren PartnerInnen dazu beitragen kann, möglichst zügig und einfach Wasserstoffprodukte weitestgehend automatisch zertifizieren zu lassen. De Durfort erläuterte gegenüber HZwei: „Die IoT- und SaaS-Plattform von Point Twelve ermöglicht es Herstellern energieintensiver Güter, ihre Produktion einfach und kontinuierlich

als grün zu zertifizieren und zu monetarisieren. Durch die Automatisierung alter, manueller, intransparenter und nicht skalierbarer Zertifizierungs- und Verifizierungsprozesse sparen wir bis zu 90 Prozent Zeit im Prozess und schaffen Vertrauen in grüne Produkte.“

Weiter erklärte sie: „Der anfängliche Schwerpunkt liegt auf der Zertifizierung von nachhaltigen Gasen und Kraftstoffen, insbesondere aus grünem, erneuerbarem Strom und Wasserstoff. Wir haben uns bewusst dafür entschieden, mit der Wasserstoffzertifizierung zu beginnen – einem Kernstück der industriellen Dekarbonisierung, bei dem die Probleme rund um die Zertifizierung und die Bereitschaft zum Outsourcing am größten sind.“

Organisiert wurde die Hydroverse Convention von der H2UP GmbH, einem Essener Acht-Personen-Unternehmen, das sich insbesondere der Verknüpfung von Firmen, Hochschulen, Forschungsinstituten und Investoren verschrieben hat. Unterstützt wird es vom Wirtschaftsministerium Nordrhein-Westfalen sowie den inzwischen vier Anteilseignern OGE, RAG Stiftung, TÜV Süd und DLR. ||



## ANWENDERZENTRUM H2HERTEN

- Erstes Technologiezentrum für Firmen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik
- Büroräume und Technika
- Integrierte Wasserstoffversorgung
- H<sub>2</sub>-basiertes Energiekomplementärsystem
- Meetingräume inkl. Präsentationstechnik



**Kontakt:**  
info@h2herten.de  
www.h2herten.de

# NEUE EINBLICKE IN REGIONALE AKTIVITÄTEN

## hy-fcell bietet erstmalig Technical Tours an



Abb. 1: Verleihung des fcell Awards 2022

Die Landesmesse Stuttgart will das inzwischen in hy-fcell umbenannte Branchenevent auf Wachstumskurs bringen. Angesichts zunehmender weltweiter Konkurrenz im Veranstaltungsegment bemüht sich die Messegesellschaft, den Standort Stuttgart zum internationalen Dreh- und Angelpunkt insbesondere für den Brennstoffzellenfahrzeugsektor zu etablieren. Am 13. und 14. September werden voraussichtlich über 150 Aussteller ihre Produkte und Dienstleistungen auf dem Messegelände am Flughafen präsentierten – in diesem Jahr erstmalig in Halle 4 direkt hinterm International Congresscenter Stuttgart (ICS).

Den Auftakt macht in diesem Jahr Daria Nochevnik, die Direktorin des Hydrogen Councils. Als Chefin des „Welt-Wasserstoff-Verbands“ wird sie in ihrer Keynote die H<sub>2</sub>-Wirtschaft auf globaler Ebene betrachten. Vorab sagte sie: „Deutschland hat schon immer eine wichtige Rolle bei der Einführung der Wasserstoffwirtschaft in Europa und auf globaler Ebene gespielt. Ich freue mich darauf, mit den Teilnehmern aus Regierung und Industrie die besten Praktiken und Lösungen zu diskutieren, um die Einführung globaler, grenzüberschreitender Wasserstoffversorgungsketten voranzutreiben.“

Eingeladen sind zudem politische Vertreterinnen wie Thekla Walker, die baden-württembergische Ministerin für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, sowie Dr. Franziska Brantner, die Parlamentarische Staatssekretärin im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Auf dem Kongress wird in den über 60 Fachbeiträgen ein Schwerpunkt auf der Brennstoffzellenproduktion liegen, wozu die Forschungsplattform H2GO @ Fraunhofer allein acht Sessions abhalten wird. Weitere Sessions werden – neben dem hy-fcell-Team – von der NOW, von e-mobil BW, vom VDMA, DVGW oder ZSW angeboten.

Nach langer Zeit sollen auch wieder Fahrzeuge mit alternativen Antrieben vorgeführt und für Testfahrten angeboten werden. Neu sind auch die hy-fcell Technical Tours, die einen exklusiven Blick hinter die Kulissen lokaler Branchenakteure ermöglichen werden. In geführten Touren starten am 15. September verschiedene Busse vom Messegelände aus zu Cellcentric und zum Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg bei der Tour Ulm. Die Tour Heilbronn führt zum DLR Lampoldshausen sowie zu Audi. Und bei der Tour Stuttgart besichtigt man die SSB sowie Hydrogen Green.

Katharina Jathe, die Leiterin der hy-fcell bei der Messe Stuttgart, erklärte: „Die Technical Tours versprechen nicht nur spannende Innenansichten in die Arbeit der Pioniere auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, sondern gewähren auch einen besonderen Blick auf die Region Stuttgart.“

**UMFANGREICHES ANGEBOT** Ein besonderes Augenmerk liegt dieses Mal auf den Start-ups. In einem zentralen Bereich können sich internationale Jungunternehmen präsentieren, mit potenziellen Interessenten in Kontakt treten und vielleicht auch neue Geschäftsbeziehungen knüpfen. Stefan Lohnert, Geschäftsführer der Messe Stuttgart, sagte dazu: „Die Branche lebt von mutigen und visionären Menschen. Deswegen wollen wir jungen Unternehmerinnen und Unternehmern eine eigene Bühne geben und ihnen die Chance bieten, ihre Ideen in gewinnbringende Anwendungen zu verwandeln.“

Wie bereits im Vorjahr gibt es zum Auftakt am 12. September die Gelegenheit zum Warmlaufen. Beim hy-fcell Kickoff im Wirtshaus Garbe in Stuttgart-Plieningen treffen sich ab 19 Uhr Branchen-Insider in entspannter Atmosphäre zum Fachsimpeln und Kontakteknüpfen. Zudem werden auf dem Messegelände im International Congresscenter Stuttgart auch wieder ein Speakers Corner eingerichtet sowie ein B2B-Matchmaking sowie eine Networking Night angeboten.

Auch für den Nachwuchs beziehungsweise für Fachkräfte ist etwas mit dabei: Beim hy-fcell Career Compass stellen sich am 13. September Unternehmen in 3-Minuten-Pitches vor. In einem anschließenden Speed-Dating können dann potenzielle Interessenten direkt zueinander finden. ||

### FREIKARTEN FÜR DIE HY-FCCELL EXPO

Der Hydrogeit Verlag bietet als Mediapartner kostenlose Eintrittskarten für den Zugang zur hy-fcell Expo an. Nutzen Sie bei der Buchung einfach den Rabatt-Code: HYFCELL23ISE

# how

Wie können mehr  
Frauen unserer Branche  
neuen Auftrieb geben?

Selbst heute sind Frauen in Bereichen wie Wissenschaft, Technologie, Maschinenbau, IT und Mathematik immer noch deutlich unterrepräsentiert.

Diese Tatsache hat uns dazu inspiriert, verschiedene Initiativen ins Leben zu rufen, die bessere Karrierechancen für Frauen in unserem Unternehmen schaffen. Dieser Ansatz hat zu einem Ergebnis geführt, das eine vielversprechende Zukunft signalisiert. Die stetig wachsende weibliche Forscherriege bei Aramco zeichnet sich durch 352 erteilte US-Patente aus – Tendenz steigend.

Entdecken Sie, wie kompetente Frauen der Energiebranche neuen Auftrieb geben:  
[aramco.com/poweredbbyhow](http://aramco.com/poweredbbyhow)



Foto: Niels Hendrik Petersen

# GRÜNE VOLLVERSORGUNG ÜBERS GANZE JAHR

## HPS weiht Eigenheim mit solarem Wasserstoffspeicher ein

In Schöneiche, einem Vorort östlich von Berlin, startet das erste autarke Wasserstoffhaus in den Praxistest. Ein solarer Ganzjahresspeicher soll den Bedarf für das moderne Holzhaus decken. Mit dem Forschungsprojekt FlexEhome soll gezeigt werden, wie ein Eigenheim bei entsprechend guter Dämmung selbst mit Strom und Wärme versorgt werden kann. Im Rahmen dieses Projekts testen die Beteiligten zudem netzdienliche Leistungen.

Die Photovoltaikanlage des brandneuen Einfamilienhauses in der Schillerstraße wurde mit insgesamt knapp 30 Kilowatt Leistung bewusst sehr groß ausgelegt – so kann sie einen solaren Energieüberschuss für die Produktion von sauberem Wasserstoff erzeugen. Denn derzeit produzieren die meisten Gebäude mit Photovoltaikanlage und Batterie zwar zu viel Strom im Sommer, jedoch zu wenig Strom in den Wintermonaten. Es fehlt bislang ein Saisonspeicher.

In dem Forschungsprojekt FlexEhome soll nun in einem Praxistest gezeigt werden, dass es anders geht: Es soll nur Strom ins Netz abgegeben oder entnommen werden, wenn es auch für das Stromnetz dienlich ist. Dies ist aufgrund einer im Vergleich zu Batterien deutlich größeren Speicherkapazität und der Herstellung von Wasserstoff, der über längere Zeiträume bevorratet werden kann, möglich. Dank dieser Flexibilität wird die Netzstabilität verbessert und der Ausbaubedarf der dezentralen Verteilnetze minimiert. Die Bewohner eines solchen Gebäudes leisten auf diese Weise einen Beitrag zur Stromnetzstabilität und Versorgungssicherheit.

„In Zukunft sind solche dezentralen Flexibilitäten für den Erfolg der Energiewende unverzichtbar“, betont Zeyad

Abul-Ella, Chef und Gründer von Home Power Solutions (HPS), bei der feierlichen Vorstellung dieses solaren Wasserstoffhauses. Ein wesentlicher Baustein des Projekts ist der Langzeitspeicher picea von HPS, der den überschüssigen Strom der Solaranlage im Sommer in Form von Wasserstoff mittels Elektrolyse speichert. Im Winter wird das grüne Gas über die Brennstoffzelle wieder zu Strom und Wärme umgewandelt.

**AEM-ELEKTROLYSEUR VON ENAPTER** Den Wasserstoff erzeugt ein AEM-Elektrolyseur 2.0 des deutsch-italienischen Herstellers Enapter. Das Modul kann relativ schnell starten und hochfahren. Der Batteriespeicher ist ein Blei-Gel-Akku-

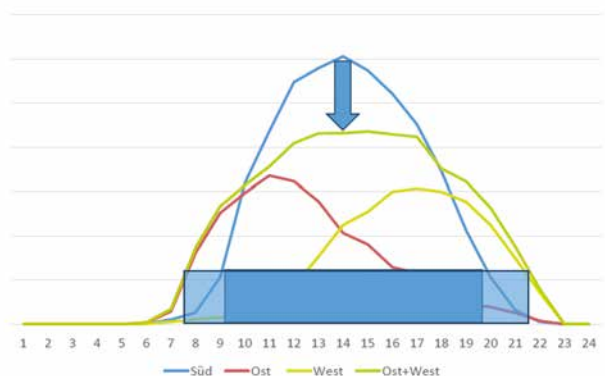


Abb. 2: Reduzierung der Mittagsspitze bei der Solarstromproduktion durch Ost-West-Ausrichtung [Quelle: HPS]

mulator aus deutscher Produktion und verfügt über 20 kWh Kapazität (netto). Blei hat – obwohl es ein giftiges Schwermetall ist – den Vorteil, dass es bereits ein eingespieltes Recycling-System gibt – insbesondere bei Starterbatterien aus Kraftfahrzeugen.

Bauingenieur Abul-Ella hat das Komplettsystem aus Elektrolyseur, Brennstoffzelle, Wasserstofftank sowie Bleispeicher und Lüftungsgerät vor fast zehn Jahren selbst entwickelt. Billig ist das picea-System mit 120.000 Euro im Vollausbau allerdings nicht. Dennoch hat der Absatz der sogenannten Ganzjahresstromspeicher in den letzten Monaten stark zugelegt. Mehr als hundert Geräte sind schon in Betrieb, mehr als 500 Exemplare bestellt.

Das Berliner Unternehmen kommt bei den Bestellungen kaum hinterher. Die Wartezeit beträgt derzeit etwa zwölf Monate. Die Produktion von HPS soll deshalb weiter ausgebaut werden. Auch wegen Projekten wie FlexEhome: Beteiligte Partner sind beispielsweise der Wärmepumpenhersteller Vaillant, der Holzhausbauer Albert Haus sowie die Technische Universität Berlin.

**SOLAR IN OST-WEST- UND SÜDAUSRICHTUNG** Um die solare Ernte vom Dach schon in der Produktion zu glätten, wurde das Gros der Photovoltaikmodule mit 27,4 Kilowatt als dachintegrierte Lösung in Ost-West-Ausrichtung installiert. Zusätzlich befinden sich sieben Module mit insgesamt 2,4 Kilowatt an der Balkonbrüstung in Südausrichtung. Beides zusammen reduziert die PV-Mittagsspitze um 30 Prozent (s. Abb. 2) – und verlängert so die Laufzeit des Elektrolyseurs im Sommer um vier Stunden pro Tag. „Dadurch erhöht sich der Wasserstofftrag um satte 40 Prozent“, sagt Daniel Wolf von HPS. Der Ingenieur ist der Verbundkoordinator dieses innovativen Projekts.

In einem Holzhäuschen an der Nordseite des Einfamilienhauses steht der Elektrolyseur mit insgesamt vier Bündeln an Druckgasflaschen mit je 300 kWh elektrischer Leistung (s. Abb. 3), um das H<sub>2</sub>-Gas aus den Sommermonaten für die Wintermonate zu speichern. Schon im Juli sei der Wasserstoffspeicher laut Berechnungen wieder komplett gefüllt, prognostiziert Wolf. Der Raumwärmebedarf des knapp 150 Quadratmeter großen Eigenheims liegt rund 40 Prozent unter dem eines KfW55-Hauses. Dieser hohe Dämmstandard ist auch nötig, damit sich das Haus selbst rund ums ganze Jahr mit Strom und Wärme versorgen kann. Das ist der Schlüssel und die Basis zur grünen Vollversorgung.

Aber auch ökonomisch soll sich die langfristige Speicherung von Strom künftig rechnen – und zwar über den Handel am Strommarkt. Denn immer wieder gibt es sehr hohe Börsenstrompreise, wie an einigen Tagen im Dezember 2022, als er bei umgerechnet 60 ct/kWh lag. Auf der anderen Seite gibt es das Extrem von negativen Strompreisen, wie Anfang Juni 2021, als minus 5 ct/kWh aufgerufen wurden. Hier könnte sich der H<sub>2</sub>-Speicher von HPS auszahlen, der jederzeit über Reserven verfügt, sagt Wolf.

**TU BERLIN ÜBERWACHT ALLE ENERGIEFLÜSSE** Der Wasserstoff wird in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage wieder zu Strom und Wärme, wobei auch die Abwärme genutzt wird. In Verbindung mit einer Wärmepumpe wird so eine ganzjährige Versorgung des Hauses mit selbst erzeugtem Solarstrom gesichert. Gerade auch das Zusammenspiel mit der Wärmepumpe soll durch dieses Projekt in den nächsten Monaten näher untersucht werden.

Schon bald soll eine vierköpfige Familie zur Miete im Projekt haus wohnen. Sie zahlt im Ortsvergleich eine günstigere



Abb. 3: H<sub>2</sub>-Druckgasbehälter als saisonaler Speicher  
[Foto: Niels Hendrik Petersen]

Miete, muss allerdings von Zeit zu Zeit Fachbesuchern und Technikern nach Anmeldung Zugang zum Technikraum gewähren. Um die Vollversorgung und eine netzdienliche Einspeisung zu dokumentieren, wird die TU Berlin zudem sämtliche Energieflüsse im Haus in den nächsten Monaten genau monitoren.

Die Forscher begleiten das Projekt noch mindestens bis Ende 2024. Sie gucken sich neben den Energiebilanzen auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen an. „Am Ende wollen wir bewerten, ob sich so ein Gebäude für den Klimaschutz lohnt“, sagt Alexander Studniz von der TU Berlin. Dafür machen die Wissenschaftler eine Lebenszyklusanalyse. Die Annahme des Wissenschaftlers ist, dass sich gerade die zeitliche Verschiebung des Stromverbrauchs positiv auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz auswirken wird. Denn anders als in Eigenheimen mit PV-Anlage und einem Batteriespeicher muss in einer kalten Winternacht kein zusätzlicher Graustrom aus dem Netz gezogen werden, wenn viele fossile Kraftwerke im Einsatz sind. „Gerade der saisonale Puffer garantiert im Zusammenspiel mit der Wärmepumpe somit ganzjährig niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionen“, prophzeit der TU-Forscher. ||

# NATIONALE WASSERSTOFFSTRATEGIE 2.0

## Bundesregierung verschärft das Tempo



Abb. 1: Die Politik beschäftigt sich derzeit viel mit Wasserstoff, so wie hier beim Sommerfest der NRW-Landesregierung in Berlin bei der Besichtigung eines H<sub>2</sub>-Legomodells des Forschungszentrums Jülich: Prof. Peter Wasserscheid, Landeswissenschaftsministerin Ina Brandes, Ministerpräsident Hendrik Wüst, Prof. Wolfgang Marquardt, der FZJ-Vorstandsvorsitzende (v. l.) [Foto: Forschungszentrum Jülich/Jansen]

Als sich „nur“ vier Bundesministerien um Wasserstoff gekümmert haben, war die Koordinierung schon schwer genug – inzwischen sind es sechs Ministerien, die sich auf Bundesebene mit der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie beschäftigt haben – plus Bundeskanzleramt. Diese breitflächige Beteiligung so vieler verschiedener Ressorts beweist endgültig, dass Wasserstoff zum Kernelement der Energiewende geworden ist.

Wasserstoff wird als vielfältig einsetzbarer Energieträger beim Erreichen unserer ambitionierten Energie- und Klimaziele eine Schlüsselrolle einnehmen.“ Mit diesem Statement bekennt sich die Bundesregierung zu der herausragenden Bedeutung von Wasserstoff bei der zukünftigen Energieversorgung sowie beim Kampf gegen die Klimakrise. Nicht ohne Grund wurde jetzt bereits drei Jahre nach der Verabschiedung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) im Juni 2020 eine Neuauflage dieses Papiers verabschiedet, um die Inhalte und Ziele an die geänderten Rahmenbedingungen anzupassen.

Mit der Fortschreibung der NWS, die im Juli 2023 vom Bundeskabinett beschlossen wurde, hat die Bundesregierung nach eigenen Worten „einen kohärenten Handlungsrahmen für die gesamte H<sub>2</sub>-Wertschöpfungskette – von der Erzeugung über den Transport bis zur Nutzung sowie Weiterverwendung – geschaffen“. Sie will damit wirtschaftliche Planungssicherheit schaffen, die Grund-

„Wasserstofftechnologien sind nicht nur ein wichtiges Werkzeug für den Klimaschutz. Sie können neue Industriezweige mit vielen zukunftsfähigen Arbeitsplätzen und großen Exportchancen entstehen lassen. [...] Die NWS soll somit auch dazu beitragen, dass der Industriestandort Deutschland seine starke Position bei Wasserstofftechnologien behält und weiter ausbaut.“

Bundesregierung

lage für zukünftige Investitionen ist, damit der angestrebte Markthochlauf von grünen Wasserstofftechnologien gelingen kann.

Gleichzeitig erinnert sie daran, dass der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft „eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe“ ist, zu deren Erfolg „alle Stakeholder ihren Beitrag leisten müssen“.

**KONKRETE ZIEL DEFINIERT** Die erklärten Ziele bis 2030 sind insbesondere ein beschleunigter Markthochlauf von Wasserstoff sowie die Sicherstellung einer ausreichenden Verfügbarkeit von Wasserstoff und seiner Derivate. Dementsprechend wurde die bislang angepeilte Elektrolysekapazität von 5 GW auf mindestens 10 GW erhöht. Der restliche Bedarf wird durch Importe gedeckt, wofür noch eine gesonderte Importstrategie entwickelt werden soll.

Zudem soll eine leistungsfähige Wasserstoffinfrastruktur aufgebaut werden. Bis 2027/2028 soll mit Hilfe von Fördergeldern aus Brüssel ein H<sub>2</sub>-Startnetz mit mehr als 1.800 km auf den Weg gebracht werden. Dieses wird teils umgewidmete Erdgasleitungen sowie neu gebaute Wasserstoffleitungen beinhalten. Es wird Bestandteil des europaweit geplanten European Hydrogen Backbone sein, der H<sub>2</sub>-Pipelines mit einer Gesamtlänge von ca. 4.500 km umfasst.

Darüber hinaus sollen verschiedene Wasserstoffanwendungen in unterschiedlichen Sektoren etabliert werden – im Stromsektor, in der Industrie, bei schweren Nutzfahrzeugen sowie im Luft- und Schiffsverkehr. Dafür sollen geeignete Rahmenbedingungen (Planungs- und Genehmigungsverfahren, einheitliche Standards und Zertifizierungssysteme) geschaffen werden. Erklärtermaßen will Deutschland bis 2030 zum Leitanbieter für Wasserstofftechnologien werden.

Von der ursprünglichen Herangehensweise, ausschließlich grünen Wasserstoff finanziell mit Steuermitteln zu fördern, hat sich die Bundesregierung jetzt verabschiedet, was erwartungsgemäß insbesondere von der Gaslobby begrüßt wurde. Auch andersfarbiger Wasserstoff soll jetzt Fördergelder bekommen können, allerdings nur in be-

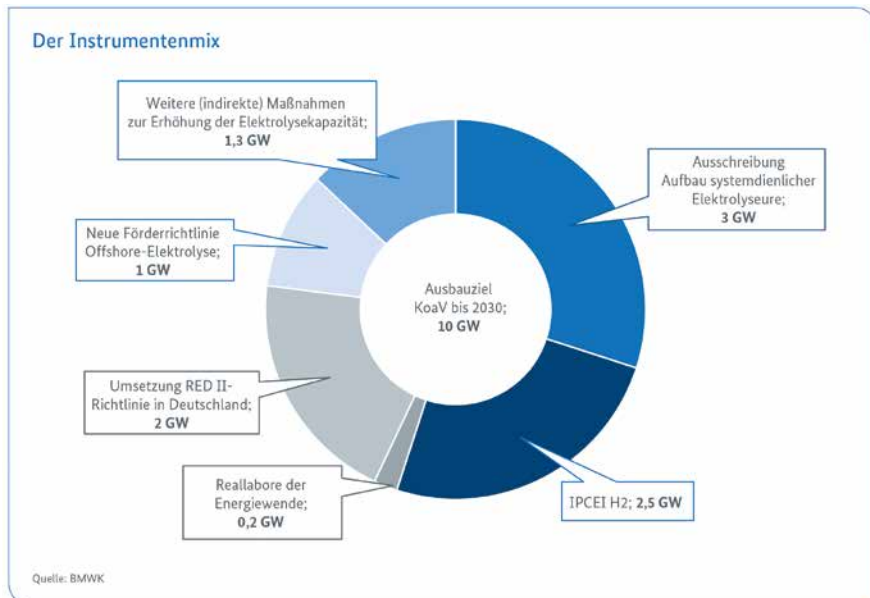


Abb. 2: Die anvisierten 10 GW sollen mithilfe verschiedener Förderinstrumente erreicht werden

grenztem Maße und unter bestimmten Voraussetzungen, die im Kleingedruckten spezifiziert wurden.

So heißt es in der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie: „Die Nutzung von grünem und, soweit in der Markthochlaufphase notwendig, kohlenstoffarmem blauem, türkischem und orangem Wasserstoff wollen wir auf der Anwendungsseite in begrenztem Umfang unter Berücksichtigung von ambitionierten THG-Grenzwerten, einschließlich der Emissionen der Vorkette sowie der Erhaltung des gesetzlichen Ziels der Klimaneutralität, auch fördern.“

Bettina Stark-Watzinger, die Bundesministerin für Bildung und Forschung, nannte dies eine „pragmatische und technologieoffene“ Entscheidung, dass zunächst „alle klimafreundlichen Wasserstoffsorten“ eingesetzt werden sollen. So werde Deutschland auf dem Weg zur Wasserstoffrepublik vorangebracht.

Ihre Kollegin, Bundesentwicklungsministerin Svenja Schulze, ging noch einen Schritt weiter, indem sie sagte: „Wo Wind- und Sonnenstrom für Wasserstoff produziert wird, wird gleichzeitig die Energiewende vor Ort vorangetrieben und die lokale Bevölkerung mit Strom versorgt. Und wo Meerwasser für Wasserstoff entsalzt wird, wird auch die nächste Stadt mit Trinkwasser versorgt. Aus Entwicklungsperspektive ist dabei klar: Wasserstoff aus erneuerbaren Energien ist nicht nur die beste Wahl für die Umwelt, er führt als günstige heimische Energiequelle auch zu besserer Entwicklung im Globalen Süden. Wir werden daher unsere Partnerländer dabei unterstützen, mit ihrem fairen Anteil am neuen Weltmarkt für Wasserstoff zu partizipieren.“

**BESTEHENDE STRUKTUREN BLEIBEN** Damit dies alles gelingen kann, wird auf die bestehenden Institutionen zurückgegriffen. So wurde bereits eine „Lotsenstelle Wasserstoff“ eingerichtet, die die Möglichkeit bietet, sich telefonisch oder per Mail bei Förderfragen beraten zu lassen. Der Ausschuss der Staatssekretärinnen und Staatssekretäre für Wasserstoff fungiert als Entscheidungsgremium der NWS und ergreift falls erforderlich korrigierende Maßnahmen. Er trifft sich anlassbezogen nach Bedarf, was in der Vergangenheit nur selten der Fall war. Zentrales Organ ist der Nationale Wasserstoffrat (NWR), ein unabhängiges, überparteiliches Beratungsgremium mit 26 hochrangigen Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft. Unterstützt wird dieser von der Leitstelle Wasserstoff.

Die NWR-Vorsitzende Katherina Reiche erklärte: „Es ist ein wichtiger Meilenstein, dass die Bundesregierung die Nationale Wasserstoffstrategie ambitioniert fortsetzt. [...] Nur mit Wasserstoff können wir Wertschöpfungsketten erhalten und dafür sorgen, dass Schlüsselindustrien in Deutschland bleiben. [...] Unternehmen investieren nur dann, wenn sie langfristige Planungssicherheit haben. Wir müssen daher bereits jetzt über das Jahr 2030 hinausblicken. Nach Prognosen des NWR steigt der Bedarf an Wasserstoff und Wasserstoffderivaten bis zum Jahr 2045 auf 964 bis 1.364 Terawattstunden. Der Inflation Reduction Act der USA >>

Temperaturprofile

ultra-  
hochaufgelöst  
messen?

Kein Problem mit Polytec.



Besuchen Sie uns:  
hy-fcell Stuttgart,  
13. – 14.09.2023,  
Halle 4, Stand A23

## Faseroptische Temperaturmessung

Sie kommen mit konventioneller Messtechnik nicht weiter? Dann nutzen Sie das Know-how von Polytec. Die speziellen Messsysteme bieten tausende Messpunkte, eine räumliche Auflösung im mm-Bereich, Sensorlängen bis zu mehreren Kilometern und ermöglichen mehrdimensionale Messungen. Darüber hinaus lassen sie sich einfach integrieren und benötigen wenig Platz. Was wollen Sie mehr?

Mehr unter:

[polytec.com/temperatur](https://polytec.com/temperatur)



„Wir haben das Ambitionsniveau nochmals deutlich gesteigert.“

*Bundeswirtschaftsminister  
Robert Habeck*

„Wasserstoff ist das noch fehlende Puzzleteil der Energiewende. Er ist die große Chance, Energiesicherheit, Klimaneutralität und Wettbewerbsfähigkeit zu verbinden.“

*Bundesministerin für Bildung und Forschung,  
Bettina Stark-Watzinger*

„Der Weltmarkt für Wasserstoff muss fair sein und damit anders, als es die fossile Weltwirtschaft je war.“

*Bundesentwicklungsministerin  
Svenja Schulze*

und ähnliche Regelungen weltweit werden den Aufbau von umfassenden Wertschöpfungsketten in industriellem Maßstab beschleunigen. Angesichts der rasanten Fortschritte anderer Staaten sollte sich die Bundesregierung davon verabschieden, ausschließlich auf Leuchtturmprojekte zu setzen. Wichtiger ist es, effektive Anreize für die schnelle Skalierung der Wasserstoffwirtschaft und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle zu schaffen.“

Zum teilweise heftig geführten Diskurs über den Einsatz von Wasserstoff im Wärmesektor teilte der NWR mit, er befürworte die kommunale Wärmeplanung als entscheidendes Planungsinstrument der Wärmewende. Für eine erfolgreiche Wärmewende würden aus seiner Sicht alle Technologieoptionen, Wärmepumpe, Wärmenetze, erneuerbare Wärme und Wasserstoff benötigt. Somit sollten alle Technologien als gleichberechtigte Erfüllungsoption im Gebäudeenergiegesetz verankert werden und beim Ausbau der Infrastruktur Berücksichtigung finden.

Weiter erklärte der NWR, es bedürfe einer stringenten Ausbildung der notwendigen Fachkräfte, sowohl auf Hochschulebene als auch im Bereich der beruflichen Bildung und Weiterbildung.

**KRITIK UND VERBESSERUNGSVORSCHLÄGE** Während die Bundesregierung die NWS-Fortschreibung durchaus stolz präsentiert, hält die Opposition das 34-seitige Papier erwartungsgemäß für wenig gelungen. CDU-Vize Andreas Jung erklärte gegenüber dem Tagesspiegel: „Wasserstoff ist so entscheidend für Wirtschaft und Klimaneutralität, da bräuchte es jetzt einen Doppel-Wumms.“ Seine Kritik, die Regierung agiere „halbherzig“ und würde eine „dirigistische Zuteilung“ betreiben, verläuft allerdings im Sande, weil durchaus ambitionierte Ziele angepeilt werden und mit der NWS letztlich nur ein Rahmen gesetzt wird – ohne technologische Vorgaben.

So soll beispielsweise auch noch in diesem Jahr ein „Wasserstoffbeschleunigungsgesetz“ auf den Weg gebracht werden, um analog zu den bisherigen LNG-Terminals „weitere Terminals nur für Wasserstoff oder dessen Derivate“ installieren zu können. Eine „nationale Hafenstrategie“ soll dafür die entsprechenden Knotenpunkte der künftigen Wasserstoffwirtschaft definieren.

Jorgo Chatzimarkakis, CEO von Hydrogen Europe, sieht Deutschland damit auf einem guten Weg, in „neun Jahren die breite Nutzung von grünem Wasserstoff in der Industrie und im Wärmesektor“ realisieren zu können. Dennoch hält er konkrete Verbesserungsmaßnahmen für erforderlich, so

wie beispielsweise eine bessere Integration von H2 Global in die EU-Wasserstoffbank, um so von den Hebeleffekten der EU-Ausschreibungsverfahren profitieren zu können sowie Abnahmeverträge für übergangsweise verstaatlichte Unternehmen, wie Uniper, die zur Versorgungssicherheit beitragen können.

Weiter hält der deutsch-griechische Verbands-Chef beispielsweise eine Verkürzung der IPCEI-Genehmigungszeiten auf EU-Ebene und auch auf Bundesebene für erforderlich. Und er schlägt die Initiierung eines „EU Tax Credit Clubs“ für Wasserstoff-Besteuerung für notwendig – quasi als Antwort auf den Inflation Reduction Act der USA, der in vergleichbarer Form in der EU aufgrund der Steuergesetzgebung nicht eingeführt werden kann. ||



Abb. 3: Fortschreibung Nationale Wasserstoffstrategie

An der NWS 2.0 haben mitgewirkt: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung sowie das Auswärtige Amt und das Bundeskanzleramt.





# Your partner for hydrogen and battery storage solutions

- Hydrogen refueling stations
- Hydrogen generation plants
- 2<sup>nd</sup>-Life battery storage systems
- Engineering, EPC & System integration

Advanced Engineering and project expertise supporting H2 and battery storage projects.

**covalion**  
A Framatome Brand

 [www.covalion.net](http://www.covalion.net)

 [info@covalion.net](mailto:info@covalion.net)



**EISENHUTH**

**Wasserstoff -  
der Harz  
wird grün!**

Wir l(i)eben Wasserstoff,  
.... auch wenn wir ein Stück  
länger bis zur Tankstelle  
fahren müssen.

Hersteller von Komponenten  
für Elektrolyseure und Brennstoffzellen





**18** Abb. 1: Der LOHC-One-Reaktor auf dem Energie Campus Nürnberg, der für eine effiziente Wasserstoffspeicherung konzipiert wurde, befindet sich noch im Aufbau

Thema: Energiespeicherung | Autorin: Anette Weingärtner |

## WASSERSTOFF IN DER METROPOLREGION NÜRNBERG

### *Region kann Innovationszentrum für H<sub>2</sub>-Technologien werden*

Die Stadt Nürnberg verfolgt das Ziel, sich als Standort für grüne Wasserstofftechnologie aufzustellen. Mit der Studie „Wasserstoff in der Metropolregion Nürnberg – Analyse der Kompetenzen, Chancen und Herausforderungen“, welche vom Referat für Wirtschaft und Wissenschaft der Stadt beauftragt wurde, sollten Handlungsempfehlungen für regionale Akteure gegeben werden, die dann als Leitfaden dienen sollen.

Wasserstoff in verschiedenen Formen wird bei der zukünftigen Energieversorgung eine wesentliche Rolle spielen. Grüner, aus erneuerbarer elektrischer Energie erzeugter, Wasserstoff bietet in zahlreichen Anwendungsfällen Vorteile gegenüber einer direkten Nutzung von elektrischer Energie. Hinzu kommt, dass Wasserstoff in vielen verfahrenstechnischen Prozessen entweder direkt oder in weiterverarbeiteter Form fossile Stoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas ersetzen wird. Wasserstoff stellt daher eine wichtige komplementäre Technologiekomponente dar, die zur Realisierung einer nachhaltigen Energiewende erforderlich ist.

Da auch die Europäische Metropolregion Nürnberg (EMN) von diesem grundlegenden Wandel betroffen sein wird, geht es den Franken darum, für die aufstrebende Wasserstoffwirtschaft möglichst gut vorbereitet zu sein, um sowohl nachhaltige als auch wirtschaftliche Ziele zu erreichen.

**WASSERSTOFF-POTENZIAL DER EMN** Die beauftragte Studie wurde vom Energie Campus Nürnberg in Zusammenarbeit mit weiteren Projektpartnern, wie zum Beispiel der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und der Technischen Hochschule Nürnberg, durchgeführt. Es geht darin ausschließlich um grünen Wasserstoff. Die Autoren verfolgten dabei drei wesentliche Ziele: Es sollte ermittelt werden, welche Potenziale und welche Wertschöpfungsketten in der Region vorhanden sind. Eine weitere Frage war, welche Geschäftsmodelle geschaffen werden können. Auch ein Vergleich mit anderen Metropolregionen sollte durchgeführt werden. Gefragt werden sollte zudem, woher grüner Wasserstoff kommen und wo er eingesetzt werden könnte.

**EMN ALS TECHNOLOGIE-EXPORT-REGION** Dr. Sebastian Kolb, Arbeitsgruppenleiter der Forschungsgruppe Energiesysteme und Energiewirtschaft am Lehrstuhl für Energie- und Verfahrenstechnik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, erklärte: „In der Region gibt es eine breite Basis von kleinen und mittleren Unternehmen sowie Industrieunternehmen. Viele von ihnen sind bereits heute aktiv in der Wasserstoffwirtschaft tätig. Andere bringen Kompetenzen mit, die sehr gut in die Domäne Wasserstoff eingebracht werden können. Außerdem verfügt die EMN

Tab. 1: Ausbaupfade der Szenarien „Basis“ und „Optimistisch“ in Bezug auf das Referenzjahr 2015

Parameter	Szenario I „Basis“		Szenario II „Optimistisch“	
	2030	2050	2030	2050
Anteil der Elektromobilität im Güterverkehr	11 %	28 %	11 %	38 %
Anteil erneuerbarer Energien bei den Kraftstoffen im Güterverkehr	10 %	20 %	15 %	70 %
Verkehrsaufkommen in Tonnenkilometern	121 %	151 %	115 %	81 %
Gesamtenergiebedarf des Güterverkehrs	1,7 GWh	2,3 GWh	2,4 GWh	1,9 GWh

Quellen: Energie Campus Nürnberg (ECN)

über eine starke, wasserstoffaffine Industrie- und Grundlagenforschung. Auch Netzwerkstrukturen sind vorhanden. Die zentrale Chance für die Region besteht somit eher nicht in der Rolle als Erzeuger oder Anwender, sondern im Export von Wasserstoffschlüsseltechnologien.“

Eine wesentliche Herausforderung bestehe in der Tatsache, dass Wasserstoff in der Metropolregion als Energieträger bislang nicht sehr präsent sei. Es gebe dort wenig Anwendungspotenzial sowie wenig industrielle Großverbraucher von Wasserstoff, heißt es.

**IST-ZUSTAND, POTENZIAL, CHANCEN** Wesentliche Inhalte der Studie sind die Beschreibung des Ist-Zustands, eine Analyse des Potenzials, unter anderem hinsichtlich Anwendung und Erzeugung, Simulationen und die Nutzung der Chancen. Ein Anwendungspotenzial von grünem Wasserstoff in der EMN sehen die Autoren der Studie in der Papier- und Glasindustrie, der Eisengießerei und Nichteisengießerei sowie im Bereich der Mobilität.

Im Klimaschutzfahrplan Nürnberg wird für den Sektor Mobilität und Logistik im Jahr 2030 ein Wert von 18 Prozent am Gesamtenergieverbrauch prognostiziert. In der Studie werden vor allem schwere Nutzfahrzeuge mit Brennstoffzellen als Anwendung für Wasserstoff im Sektor Mobilität und Logistik betrachtet. Die Szenarien gehen ausschließlich vom Bedarf für diese Verkehrsmittel aus, schließen aber die deutlich kleineren Bedarfe anderer Verkehrsmittel ein. Das Ergebnis dabei war, dass schwere Nutzfahrzeuge das größte Potenzial für die Anwendung von wasserstoffbasierten Antriebssystemen in der Europäischen Metropolregion Nürnberg haben. Bis 2030 könnten zehn Prozent aller schweren Nutzfahrzeuge einen Wasserstoffantrieb haben. Dieser Anteil könnte bis 2050 auf 20 Prozent steigen. Im Bereich Bahn- und Flugverkehr sowie in der Schifffahrt spielt die H<sub>2</sub>-Technologie in der EMN, so das Ergebnis der Studie, hingegen kaum eine Rolle.

**ERGEBNISSE UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN** Die Studie gibt am Ende Handlungsempfehlungen, welche in drei Kategorien eingeteilt sind:

1. Es gilt den Aufbau der erneuerbaren Energien massiv zu beschleunigen, zum Beispiel durch eine Photovoltaik-Pflicht auf Gebäuden oder die Förderung von Bürger-Windenergieanlagen.
2. Bei den H<sub>2</sub>-Schlüsseltechnologien muss die sektorübergreifende Forschung unterstützt werden. So sollen die Vernetzung und die Kontaktstellen für Wasserstoff verbessert werden. Zudem ist eine Cluster-Förderung notwendig.
3. Es sollte eine geeignete Versorgungsstruktur – trotz bislang geringer Erzeugung und Nachfrage – geschaffen werden. Koordiniert werden könnte sie beispielsweise

durch eine zentrale Anlaufstelle für Versorger und Abnehmer. „Hier muss weiter konkretisiert werden: Wo wird Bedarf nach Wasserstoff entstehen? In welcher Form wird er benötigt? Wo soll der Wasserstoff in der EMN produziert werden?“, sagt Kolb.

Und weiter: „Was die künftige Rolle von Wasserstoff in der Region anbelangt, so sind Anwendung und Erzeugung dort untergeordnet. Der Schwerpunkt der geringen Anwendungspotenziale liegt auf der Prozesswärmebereitstellung.“ Eine Erzeugung empfehle sich da, wo bereits Infrastruktur vorhanden sei, beispielsweise in der Nähe von Windkraftparks oder bei Kraftwerken direkt vor Ort.

„Die Metropolregion Nürnberg wird keine Export- oder Großverbraucher-Region für Wasserstoff, aber sie kann zentrales Know-how und Schlüsseltechnologien für die Wasserstoffwirtschaft zur Verfügung stellen. Dennoch wird es auch in der EMN Verbraucher geben, welche auf Wasserstoff angewiesen sind – insbesondere zur Prozesswärmeerzeugung. Für diese wird eine geeignete Versorgungsstruktur in der Region benötigt“, so Kolb.

Was das Anwendungspotenzial anbelangt, so sei eine Ansiedlung von Gewerbe mit hohem Wasserstoffbedarf nicht sehr wahrscheinlich, da der Wasserstoff aufwändig über eine entsprechende Infrastruktur importiert werden muss. Wasserstoff kann in der Metropolregion zudem zur Langzeitspeicherung von Strom verwendet werden.

Die EMN könne zu einem Innovationszentrum für die Entwicklung, Herstellung, den Vertrieb und Export von spezifischen Wasserstoffschlüsseltechnologien werden. Im Vergleich mit den anderen Metropolregionen zeige sich, dass die EMN eine hohe Unternehmensansiedlung von wasserstofftechnologieassoziierten Unternehmen hat. ||





20

Abb. 1: Wasserkraftwerk von Axpo in Reichenau [Quelle: Axpo]

Thema: Energiespeicherung | Autor: Niels Hendrik Petersen

## CHANCE FÜR GRÜNEN TREIBSTOFF

### *Axpo forciert die H<sub>2</sub>-Produktion in der Schweiz*

Der Schweizer Energiekonzern Axpo hat Wasserstoff als strategisches Wachstumsfeld definiert. Die Wasserstoffanlage beim Kraftwerk Reichenau ist eine von mehreren Anlagen bei Flusswasserkraftwerken, die Axpo in den nächsten Jahren plant. Denn die Schweiz strebt bis 2050 die Klimaneutralität an. Grüner Wasserstoff spielt dabei eine zentrale Rolle – insbesondere, um den Schwerverkehr zu dekarbonisieren.

Axpo ist der größte Ökostromerzeuger in der Schweiz. Bis 2030 will der Energiekonzern allein im Heimatmarkt Windkraftanlagen mit 3 GW und Solarkraftwerke mit 10 GW installieren. Der Versorger möchte aber auch die Zukunft des grünen Wasserstoffs in der Schweiz und in Europa mitgestalten. Denn derzeit hat die Alpenrepublik einen H<sub>2</sub>-Gesamtverbrauch von 430 GWh oder umgerechnet 130.000 Tonnen. Zum Vergleich: Das entspricht 0,2 Prozent des EU-Bedarfs. 85 Prozent des Verbrauchs entfällt dabei allein auf die Schweizer Erdöl-Raffinerie Cressier.

#### ERSTE H<sub>2</sub>-PRODUKTION ENDE 2023 IN GRAUBÜNDEN

Schon gibt es erste sichtbare Ergebnisse im neuen Strategiefeld. Axpo und Rhienergie haben am Wasserkraftwerk Reichenau in Domat/Ems eine H<sub>2</sub>-Produktionsanlage mit einer Leistung von 2,5 MW installiert. Ende 2023 soll die Anlage den Betrieb aufnehmen. Beide Unternehmen haben zusammen mehr als umgerechnet 8,35 Mio. Euro investiert. Die im

Kanton Graubünden angesiedelte Produktionsanlage wird direkt ans Wasserkraftwerk Reichenau, an dem Axpo eine Mehrheitsbeteiligung besitzt, angeschlossen.

An diesem Standort sollen mithilfe von Wasserkraft jährlich bis zu 350 Tonnen grüner Wasserstoff erzeugt werden. Zum Vergleich: Das entspricht rund 1,3 Millionen Liter Dieseltreibstoff. Der grüne Wasserstoff wird von der Produktionsanlage direkt an Tankstellen geliefert. Alternativ kann der grüne Wasserstoff auch helfen, die Energieversorgung von Industriebetrieben ökologischer zu machen.

Bisher ist Wasserstoff auch in der Schweiz noch nicht als Treibstoff verbreitet. Ein Tankstellennetz befindet sich erst langsam im Aufbau, immerhin sind bereits erste H<sub>2</sub>-Lkw auf den Straßen unterwegs. Die H<sub>2</sub>-Mobilität bleibt jedoch vorerst eine Nische. Dennoch bieten die derzeit 53.000 schweren Fahrzeuge in der Schweiz ein großes Wachstumspotenzial für einen künftigen Wasserstoffmarkt in den nächsten Jahren. Ein Bedarf von etwa 5 t H<sub>2</sub> pro Lkw und Jahr sind hier durchaus realistisch. 30 Prozent der Fahrzeuge würde dann 80.000 t H<sub>2</sub> benötigen. Bei 5.000 Arbeitsstunden würde das eine Elektrolysekapazität von 1.000 MW voraussetzen.

#### UMWELT- UND HEIMATSCHUTZ VERHINDERN AUSBAU

Nicht immer können die innovativen Projekte am Ende erfolgreich umgesetzt werden: Der Widerstand von einigen Eidgenossen aus dem Umwelt- und Heimatschutz ist mancherorts einfach zu stark. Ein Beispiel ist die Windenergie:

Die Planungszeit für Projekte ist enorm langwierig, immer wieder kommen sie nicht zustande. Resultat: In der gesamten Schweiz laufen erst 41 Windkraftanlagen. Axpo betreibt nur eine einzige davon über ihre Tochterfirma CKW.

Aber auf Windkraft allein bleibt der Protest nicht beschränkt: Anfang des Jahres wurde ein H<sub>2</sub>-Projekt an der deutsch-schweizerischen Grenze wegen privater Beschwerden von Anwohnern gestoppt (s. HZwei-Heft Jan. 2023). „Die H<sub>2</sub>-Produktionsanlage beim Wasserkraftwerk Eglisau-Grattfelden ist damit begraben“, bestätigt Axpo-CEO Christoph Brand. Drei Privatpersonen hatten geklagt. Sie wollten nicht, dass ein Lkw einmal pro Tag durch ihre Wohnsiedlung fährt und den Wasserstoff abholt, erklärt Brand. Zusätzlich hätte allerdings auch ein Kraftwerksgebäude außerhalb der geplanten Bauzone abgerissen und ersetzt werden müssen, wofür das Gericht eine Ausnahmegenehmigung verweigerte. Die H<sub>2</sub>-Anlage sollte ebenfalls 2,5 MW Leistung haben und jährlich rund 350 Tonnen grünen Wasserstoff erzeugen. Das ist nun Geschichte. Das grüne Gas muss woanders herkommen – unter anderem aus Nordeuropa.

Luka Cuderman, der als Energiemanager bei Axpo an der strategischen Ausrichtung des künftigen H<sub>2</sub>-Geschäfts arbeitet, fasste die generellen Anforderungen an einen H<sub>2</sub>-Produktionsstandort nochmal zusammen. So braucht das Kraftwerk selbst ausreichend Platz und Anschlussleistung. Außerhalb der Bauzone müssen seinen Ausführungen zufolge außerdem bestimmte Auflagen erfüllt sein (Zonenkonformität), um bauen zu dürfen. Ebenso wichtig sei die Nähe zu Endverbrauchern sowie eine gute Verkehrsanbindung. „Ein Zusatznutzen wie anfallende Abwärme ist ein weiteres Plus“, betonte Cuderman.

Der Strompreis ist dabei der bestimmende Faktor für die H<sub>2</sub>-Kosten. Der macht mehr als die Hälfte der Gesamtkosten aus. Die Investitionskosten (Capex) der Anlage wiederum sind direkt mit der Anzahl der Betriebsstunden verbunden. Eine Steigerung dieser Einsatzzeiten ist jedoch nur bedingt sinnvoll, weil der Betrieb bei hohen Stromkosten unwirtschaftlich wird. „In einem Beispiel für einen Elektrolyseur mit 2,5 MW gehen wir von 5.500 Betriebsstunden aus“, erklärte Cuderman. Die Kosten für den Betrieb der Anlage

(Opex) verursachen demnach zwölf Prozent der H<sub>2</sub>-Kosten pro Kilogramm. Netzkosten fallen für den Betrieb nicht an, wenn die H<sub>2</sub>-Anlage direkt an die Stromquelle angeschlossen ist. Das ist aber nicht immer das Fall.

Fazit: Je mehr Stunden der Elektrolyseur ausgelastet werden kann, desto mehr fallen die Stromkosten auch ins Gewicht. Nah an der Volllast machen die Stromkosten dann bis zu 80 Prozent der Kosten aus.

**2.000 T H<sub>2</sub> PRO JAHR AUS AARGAU** Axpo will das Thema Wasserstoff in der Heimat weiter forcieren: Am Industriestandort Wildschachen im Kanton Aargau in der Nordschweiz soll bald eine noch größere Anlage entstehen. Die installierte Leistung ist auf bis zu 15 MW ausgelegt. Jährlich sollen rund 2.000 t Wasserstoff bereitgestellt werden können. Der für die Produktion benötigte Strom stammt vollständig aus dem nahegelegenen Flusskraftwerk Wildegg-Brugg. Mit der direkten Anbindung ans Wasserkraftwerk von Axpo wird die klimaneutrale Produktion von Wasserstoff gesichert.

Der produzierte H<sub>2</sub> wird dann teils über eine Pipeline zur nahegelegenen Tankstelle der Firma Voegtlin-Meyer sowie teils zu weiteren Tankstellen in der Region geliefert. Der grüne Wasserstoff soll einerseits privaten Nutzern zur Verfügung stehen, andererseits sollen im Auftrag des Unternehmens PostAuto H<sub>2</sub>-Busse eingesetzt werden. Mit der produzierten H<sub>2</sub>-Menge können immerhin rund 300 Lastwagen, Postautos oder Busse pro Jahr betrieben werden.

Das Unternehmen IBB plant die Pipeline, die von der H<sub>2</sub>-Produktionsanlage bis zur Tankstelle in Wildschachen führt. Dabei soll die aus dem Elektrolyseverfahren resultierende Abwärme im Wärmenetz von benachbarten Industriebetrieben genutzt werden. Der Standort der Anlage ist somit ideal ausgewählt, da er sich unmittelbar in der Nähe des Axpo-Kraftwerks in Wildegg-Brugg und der Tankstelle von Voegtlin-Meyer befindet. Der Bau und die Inbetriebnahme der H<sub>2</sub>-Anlage ist im Verlauf des Jahres 2024 geplant. Dann soll auch die Flotte von PostAuto mit grünem Wasserstoff beliefert werden. Die Nische für grünen Treibstoff beginnt also auch in der Schweiz zu wachsen. ||



Abb. 2: Die im Bau befindliche H<sub>2</sub>-Anlage [Quelle: Axpo]

# IN GOSLAR ENTSTEHT DIE EUROPaweIT GRÖSSTE SERIENPRODUKTION FÜR PEM-ELEKTROLYSEURE

*FEST investiert nach rasantem Wachstum weiter in Wasserstofftechnologie*



## 22

Nach starkem Wachstum der Unternehmenssparte Wasserstofftechnologie und der Auslieferung mehrerer Wasserelektrolyseanlagen und von H<sub>2</sub>-Infrastrukturen dieses Jahr entwickelt das Unternehmen FEST bereits für den nächsten Wachstumsschritt. Am Unternehmenssitz in Goslar entsteht jetzt die größte Fabrik Europas für die Serienproduktion von Megawatt-PEM-Elektrolyseuren in Containerbauweise, die bereits Ende der ersten Jahreshälfte 2024 in Betrieb gehen wird.

Vorgesehen auf dem neuen Firmengelände mit einer Größe von 50.000 m<sup>2</sup> in Goslar in Niedersachsen ist ein moderner Campus für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Engineering und Verwaltung sowie die Serienherstellung von kaskadierbaren 2 bis 5 MW pro Prozess-Containern, den green electrolyzern inklusive den zugehörigen Power Containern, den green powerboxen.

Die in diesem ersten Bauabschnitt erreichte Kapazität ermöglicht FEST die Produktion von 100 Containereinheiten pro Jahr auf zwei parallelen und getakteten Produktionslinien. Eine modulare Bauweise der Container ermöglicht die Vorfertigung von Baugruppen und somit die Verkürzung der Produktionszeit einer Anlage auf zwölf Wochen. Die 40-Fuss-Container mit einem Einzelgewicht von bis zu 40 Tonnen können mit zwei Krananlagen sowohl ab- und aufgeladen sowie innerhalb des 100 m langen Hallenschiffes bewegt werden.

Versorgt wird die Produktion dabei von einem separaten Logistiktrakt mit allen erforderlichen Materialien aus verschiedenen Lagersystemen bzw. direkt just-in-time zum vorgesehenen Produktionsschritt. Im letzten Takt werden die Anlagen abschließend getestet und für den Versand vorbereitet. Mit einer durchgängigen Qualitätssicherung der Materialien und Komponenten kann FEST zum Beispiel auf das energieintensive sogenannte Inhouse-Hot-Commissioning unter Last verzichten. Dies ist ganz im Sinne des gesamten Neubaus, welcher sowohl auf der Verwaltungsseite wie auch auf der Produktionsseite gänzlich ohne fossile Energieträger versorgt wird – substituiert durch Solarenergie und Geothermie.

Traditionell rüstet FEST ihre Wasserstoffanlagen mit eigener Elektrotechnik, Automatisierungstechnik und cloud-basierten Monitoring-Lösungen aus. Dabei kommt auch das firmeninterne Spezialwissen für die erforderliche Gleichrichtung der Versorgungsspannung zur Versorgung der Elektrolyse-Stacks, insbesondere der projektspezifischen Integration von Gleichrichterschranken, zur Anwendung. „Diese Kombination von langjährigem Industriewissen, kombiniert mit Expertise in den Bereichen Elektrochemie, Verfahrenstechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik, ist in der gesamten Branche einzigartig“, erklärt der CEO von FEST Matthias Authenrieth.

„Darauf gründet unsere besonders hohe Produktqualität und Zuverlässigkeit in einer teilweise noch jungen Wasserstoffindustrie, die uns unsere Kunden immer wieder bestätigen – und letztlich auch die starke und innovative Entwicklung unseres Unternehmens FEST“, so Authenrieth weiter.

Mit dieser Strategie baut FEST ihre Position als Marktführer für dezentral eingesetzte PEM-Elektrolyseure und Anbieter kompletter Wasserstoffinfrastrukturen in Europa weiter aus. ||

→ [www.fest-group.de](http://www.fest-group.de)

### Über FEST

FEST entwickelt zukunftsweisende Elektrolysetechnologie und Wasserstoffinfrastrukturen. Unsere Expertise basiert auf umfassender Erfahrung in der Elektrifizierung, Automatisierung und Digitalisierung industrieller Prozesse. FEST ist seit mehr als 50 Jahren als erfahrener Partner in der Industrie etabliert. Neben Expertise und Erfahrung treibt der Drang zu Innovation und technischer Perfektion unser Unternehmen und seine Mitarbeiter kontinuierlich voran. FEST gehört zum Mutterkonzern SCHMIDT KRANZ GROUP, die mit mehr als 3.200 Mitarbeitern in über 25 Ländern international präsent ist.

# PHOTOVOLTAIK UND H<sub>2</sub> IN DER REALEN WELT

## Gastbeitrag von Karl-Heinz Remmers, Photovoltaik-Pionier

Solarenergie wie auch Wasserstoff üben auf die Öffentlichkeit bereits seit langer Zeit eine hohe Faszination aus. Beiden werden global große Chancen und die Lösung der Energiefragen zugeschrieben. H<sub>2</sub> wird dabei in der aktuellen öffentlichen Diskussion sogar eine Lösungskompetenz in allen Bereichen zugetraut. Wie steht es um diese Lösungen? Woher kommt der grüne Strom dafür? Und wie können (grüner) Wasserstoff und Photovoltaik das große gemeinsame Potenzial noch schneller heben?

Als wir 1992 mit der Planung und dem Bau von Solaranlagen begannen, war die Faszination für H<sub>2</sub> und Solar bereits sehr groß. PV-Anlagen waren aber sehr teuer. Sie wurden in Deutschland nur von Enthusiasten gekauft, und auch diese Käufe waren von (massiven) Förderungen abhängig. Diese (verlorenen) Förderungen kamen und gingen, ebenso immer neue Pilot- oder Vorzeigeprojekte. Global einigermaßen stabil liefen nur die Märkte in der Raumfahrt (Kosten egal) und Off-Grid, wo es passte. Netzgekoppelte Photovoltaik kam in der Skalierung der Produktion nicht voran, und so blieben die Anlagen teuer und quasi ohne Relevanz für die Energieversorgung.

In der Photovoltaik hat sich seit dem Jahr 2000 (globaler PV-Markt damals: 200 Megawatt), maßgeblich durch den massiven globalen Impuls des deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetzes, eine Massenentwicklung entwickelt. Für 2023 wird ein globaler Markt von über 380 Gigawatt an Neuinstallationen erwartet. Diese neu installierte Leistung wird global eine Strommenge erzeugen, die den gesamten heutigen deutschen Strombedarf decken könnte.

PV-Kraftwerke haben die niedrigsten Stromerzeugungskosten aller Neuanlagen. Seit dem Jahr 2000 sind diese um 95 Prozent gefallen. Bis 2035 wird eine Verzehnfachung des globalen PV-Marktes erwartet – bei weiteren Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen. All dies wurde durch die Schaffung eines Marktes in den früheren Phasen ermöglicht, die mittlerweile auch in Deutschland vollkommen subventionfreie solare Stromerzeugung ermöglichen.

Aus unserer Sicht haben wir bisher keinen vergleichbaren Ansatz, um die entsprechenden (nötigen) Skaleneffekte im H<sub>2</sub>-Bereich sicher und für die Industrie planbar umzusetzen. Zwar gibt es überall H<sub>2</sub>-Regionen, Pilotprojekte, erste Marktplätze und viel medialen und politischen Goodwill. Geht es dann aber um den Markt für neuen >>

23

# HYDROGEN IS OUR PASSION -

from production  
to consumer.

# FEST

[www.fest-group.de](http://www.fest-group.de)

our present references:  
hydrogen solutions for the world



DE | Frankfurt

**5 MW** Electrolyzer  
backup for train refueling



DE | Cuxhaven

**2 MW** Electrolyzer  
& vessel refueling station



DK | Klampenborg

**3 MW** Electrolyzer  
for gas bottle filling



A | Wien

**3 MW** Electrolyzer  
for city bus refueling



N | Hellestylt-Geiranger

**3 MW** Electrolyzer  
& ship refueling station



Abb.: Diese Freianlagen steht als kleine Demoanlage seit rund 20 Jahren auf der Naturschutzinsel Vilm: Heute wäre die Leistung auf gleicher Fläche 2,5-mal so groß. Die Kosten liegen heute mindestens 90 Prozent unter den Kosten von damals. [Quelle: K.-H. Remmers]

24

Wasserstoff, wird es schnell schwierig oder gar unmöglich. Es ist nicht verwunderlich, dass von den ganz großen (z. B. Stahlwerken, die mit der Umstellung auf die H<sub>2</sub>-Strecke begonnen haben) bis zu den mittelständischen Abnehmern zögerlich oder gar nicht gekauft wird.

Dem einen fehlen die sicheren Mengen, die anderen wollen nicht die derzeit nötigen hohen Preise zahlen. Denn es ist zu erwarten, dass H<sub>2</sub> billiger wird. Hinzu kommt, dass nahezu jeden Tag von irgendwelchen – in der Realität nicht absehbaren – H<sub>2</sub>-Importen geträumt wird. Oder von der „Brücke“: blauer Wasserstoff nebst CCS. Preisschilder klebt bislang allerdings keiner an diese potenziellen Quellen.

Der massive Erfolg der Photovoltaik war einst, dieses Henne-Ei-Problem durch das EEG gelöst zu haben: Es gab für die jeweiligen Erzeuger (egal welcher Größe) eine gesicherte Abnahme über den nötigen Amortisationszeitraum nebst Preisgarantie. Die Käufer des Stroms zahlten hingegen die jeweiligen Marktpreise. Da die Förderung stark degressiv war, wurde der gewünschten Kostenreduktion Rechnung getragen bzw. diese massiv vorangetrieben.

Heute ist diese Förderung kaum noch oder nicht mehr nötig, sie wird zudem nun in vielen Bereichen und Ländern über Ausschreibungen den Marktverhältnissen angepasst. Über ähnliche Systeme für den H<sub>2</sub>-Hochlauf wird in der EU diskutiert, bzw. EU-Ausschreibungen sind angekündigt. Wie für den Solar- und Windbereich könnten für den H<sub>2</sub>-Bereich mit der Schaffung von H<sub>2</sub>-Börsenpreisen als Referenz ebenfalls CFDs (Contracts for Difference) eingeführt werden.

Warum ist das ein entscheidendes Thema?

Wer heute in eine Elektrolyse (nebst Speicherung etc.) investiert, kann sich sicher sein, in drei bis fünf Jahren wesentlich günstigere und effizientere Geräte erwerben zu können. Auch wird sich die Zuverlässigkeit weiter verbessern. Damit werden absehbar sowohl CAPEX als auch OPEX massiv sinken, oder einfacher gesagt der Preis pro kg H<sub>2</sub>. Ohne eine sichere Abnahme zu dem heute nötigen Preis ist das Projekt schnell bankrott.

Umgekehrt wird sich z. B. der H<sub>2</sub>-Einkäufer eines Stahlwerks oder auch eines Stadtwerks sicher weigern, heute einen langfristigen H<sub>2</sub>-Einkauf zu unterschreiben, wo doch klar ist, dass in den kommenden Jahren die Preise massiv sinken werden. Wird diese Hürde z. B. durch „verlorene“ Zuschüsse bzw. Einmalförderungen zu überbrücken versucht, kann nach deren Einsatz eine Pleite oder die Einstellung des Elektrolysebetriebs drohen, da die Förderung ja „verloren“ ist.

Zudem hat diese Variante in der Vergangenheit große Schwierigkeiten in der richtigen Ausgestaltung der Förderung gezeigt. Vor allem aber war sie stets von der jeweiligen Haushaltslage der Förderer abhängig.

Ein „H<sub>2</sub>-CFD“ oder ein ähnliches Instrument kann eine große Akteursvielfalt anreizen und sowohl die schnelle Marktausweitung als auch ein höheres Innovationstempo fördern.

**ANWENDUNGEN WERDEN „KONSTRUIERT“** Waren wasserstoffbetriebene Pkw noch vor 15 Jahren die einzige aussichtsreiche Technologie für reale Reichweiten über 100 km, so hat die technologische Evolution der Batteriespeicher diese schon heute, also vor ihrer massenhaften Anwendung, verdrängt. Und das, obwohl die Entwicklung der batteriebasierten Fahrzeuge ebenso wie von deren Batterien erst am Anfang steht.

Bereits 2025 dürften auch in Deutschland batteriebasierte Elektrofahrzeuge billiger zu haben sein als ihre verbrennerbasierten Schwestermodelle. Ob man diese Realität mag oder nicht, der sprichwörtliche Zug ist abgefahren. Sieht man sich die Entwicklung auch bei den Lkw an, wird auch hier das Rennen wohl zugunsten der Batterien ausgehen.

Wie es bei den jeweiligen Kategorien der Nutzfahrzeuge oder Schienenfahrzeuge ausgehen wird, ist noch offen. Allerdings haben auch all diese Kategorien in den Hunderten von Millionen neuer Batterien, die jedes Jahr global in den Markt kommen, einen mächtigen Gegner. Denn diese Batterien puffern auch die Netze und machen „Massenladungen“ möglich. Und eine Elektrifizierung von Bahnstrecken mittels banalen Fahrdrachts ist auch ein veritabler Gegner, wenn es um Kosten für Anschaffung und Betrieb geht, denn ein Batterie- oder H<sub>2</sub>-Zug ist kein Selbstzweck.

Mir erscheint es wichtig, nicht an Anwendungen, die einfach wirklich nicht groß rauskommen, festzuhalten, da es die Menschen frustriert, wenn diese versprochenen Technologien dann einfach nicht kommen. Auch ist das Verheizen von Wasserstoff in uralten Brennwertgeräten so unsinnig und teuer, dass die H<sub>2</sub>-Branche sich hier dringend von der genau dies propagierenden Erdgasbranche distanzieren sollte, um die eigene Glaubwürdigkeit und vor allem auch die Deutungshoheit über die eigene Technologie zu behalten.



Anwendungen wie die Produktion von H<sub>2</sub>-basiertem Flugbenzin oder Schiffstreibstoffen sowie die gesamten weiteren stofflichen Anwendungen sind ebenso wie die ebenfalls neu zu definierenden Speicheranwendungen von H<sub>2</sub> ein so gigantischer kommender Markt, dass man darüber auch nicht zu trauern braucht.

Warum gilt es die Speicheranwendungen von Wasserstoff neu zu definieren?

Es gibt in den diversen Langzeitszenarien der Forschungsinstitute für die Regierungen kein Szenario, welches die nun bereits anlaufende Welle von Millionen (bidirektionaler) Speicher in Fahrzeugen sowie den bereits heute sehr kostengünstigen mittelgroßen und großen dezentralen Speicher berechnet. Ab 2024 wird deutschlandweit wohl kein Solarpark mehr realisiert, der nicht einen eigenen Speicher enthält, um Energie auch nachts zu verkaufen – ohne die Notwendigkeit von Förderungen.

Millionen kleinerer Speicher kommen hinzu, die alle vor Ort die vorhandenen realen Netzmöglichkeiten massiv erweitern. Die internationalen Entwicklungen beschleunigen sich noch schneller als die PV einst. Batteriespeicher werden in kurzer Zeit Solar „über die Nacht“ und „den Wind in die Flaute bringen“ – über Stunden, dann Tage, dann Wochen. Und das massenverfügbar für wenige Cent/kWh. Dies wird alle bisherigen Szenarien für H<sub>2</sub> als Speicher massiv verändern.

**ES GEHT AUCH OHNE STROMNETZ** H<sub>2</sub>-Produktion kann auch im Gigawattmaßstab „offgrid“ realisiert werden, sofern der Abtransport des Produktes (H<sub>2</sub> oder auch E-Fuels) verlässlich und kostengünstig möglich ist. Das ist ein sehr interessanter Aspekt, der überall auf der Welt machbar ist, mit jeweils unterschiedlichen Anteilen von Solar- und Windenergie (oder, wo sinnvoll verfügbar, anderen erneuerbaren Energien). Diese ergänzen sich vor Ort und können speichergeschützt sehr hohe Laufzeiten für die Elektrolyse ohne den kostspieligen und zeitraubenden Anschluss an das Verbundnetz ermöglichen. Denn ihr Endprodukt ist nicht Strom, sondern H<sub>2</sub>-basierte Stoffe. Projekte in diesem Stil gibt es in verschiedenen Ländern, und auch für Deutschland ist dies eine realistische Variante geworden.

**KEINE KOSTSPIELIGEN „BRÜCKENTECHNIKEN“** In einer aktuellen Verbands- und medialen Diskussion wird CCS als Brückentechnik zur Erlangung von blauem H<sub>2</sub> aus Erdgas bis zu Beginn der 2030er-Jahre in der Bundesrepublik ernsthaft diskutiert. Hier wird eine Technologie, die nach Jahrzehnten politischer Diskussion noch im Prototypstadium steckt, in eine schlicht nicht machbare Zeitschiene geschoben. Und das ohne jede Diskussion über die Gesamtkosten einer solchen Variante, sofern sie dann (irgendwann) großtechnisch verfügbar ist.

Schließlich ist CCS auch seit den Nullerjahren immer wieder als Option für Kohlekraftwerke verkauft worden und kam nie – aus Kostengründen. Hinzu kommt, dass alle Probleme mit der Versorgungssicherheit, den Kosten und der Endlichkeit von Erdgas bei solchen Gedankenspielen bestehen bleiben. CCS ist eine gefährliche, substanzlose Ablenkung von dem dauerhaften und schnell skalierbaren Technologiefeld der erneuerbaren Elektrolyse in der EU.

**CHANCEN WERDEN UNTERSCHÄTZT** In der Öffentlichkeit vergeht kaum ein Tag, an dem nicht alle möglichen Ideen für die H<sub>2</sub>-Wirtschaft diskutiert werden. Es ist fast schon egal, wo Bundeskanzler oder Minister auf Reisen sind, fast immer geht es um den Import von H<sub>2</sub>. Natürlich zum „H<sub>2</sub>-Schnäpp-

chenpreis“, wobei weder Kosten noch Preise überhaupt thematisiert werden. Bereits heute bestehende, massive politische Spannungen und Risiken potenzieller Lieferländer werden völlig ausgeblendet. Es ist schon erschreckend, wie wenig im politischen und medialen Umfeld die eigenen Potenziale in der EU und vor allem die Kosten der Optionen für H<sub>2</sub> diskutiert werden. Daher will ich mal einen „Bierdeckel“-Vergleich machen, auch zu H<sub>2</sub>-Mindestkosten:

Wenn ich H<sub>2</sub> „in der Wüste“ produzieren will, muss ich ...

- (höhere) Kosten als in der EU für Elektrolyseure, Anlagenbau, Sicherheit etc. bezahlen.
- Meerwasser entsalzen (CAPEX-Kosten und Stromverbrauch).
- Wind und Sonne auch mit Mindestkosten von 1,5 Cent/kWh ansetzen, mit Batteriestabilisierung für hohe Auslastung der Elektrolyse darüber, die Preise werden aber in der Regel über den Kosten liegen.
- die Verluste durch die Abwärme berechnen (20 bis 40 % des eingesetzten Stroms), da thermische Energie in dem Klima vor Ort nicht genutzt werden wird.
- den Aufwand u. a. der Kompression für den Transport berechnen.
- die Kosten für Pipeline oder Tankertransport und deren Verluste im Betrieb ansetzen.
- einen kalkulatorischen Risikoansatz für instabile Regionen ansetzen.
- ...

Wenn ich H<sub>2</sub> in Deutschland bzw. in der EU produzieren will, muss ich ...

- geringere Kosten als in der Wüste für Elektrolyseure, Anlagenbau, Sicherheit etc. bezahlen.
- Wasser bezahlen.
- Wind und Sonne eher mit 4 bis 7 Cent/kWh Kosten ansetzen, auch hier etwas mehr für Stabilisierung, wobei vermiedene Abregelungen aus dem Stromnetz den Preis senken können.
- die Abwärme in eine Fern- oder Prozesswärme geben. Dann hätte ich 20 bis 40 % weniger Stromkosten, weil diese als Wärme verkauft werden können – oder ebenfalls „abschreiben“.
- den Aufwand u. a. der Kompression für den Transport berechnen.
- einen direkten Verbrauch vor Ort oder kurze Wege per Tanker/Pipeline (geringere Verluste und Kosten) gewährleisten.
- keine Risikoansätze für instabile Region einrechnen.
- ...

Ich glaube abschließend, dass eine Verfeinerung obiger „Bierdeckelberechnung“ mit realen Zahlen, die die zu erwartenden massiven Kostendegressionen berücksichtigen, erforderlich wäre. Vor allem, um auch (endlich) zu realistischen Einschätzungen darüber zu kommen, was grüner H<sub>2</sub> 2030/2040 kosten kann und welche Preise sich darauf basierend einstellen – in der EU und außerhalb, abseits von abseitigen Schlagworten wie „H<sub>2</sub> ist der Champagner der Energiewende“ oder „Mit H<sub>2</sub> in Zukunft günstig heizen“. ||



Autor:

Karl-Heinz Remmers

# GRENZEN ÜBERWINDEN – STRUKTUREN WANDELN – WISSEN SCHAFFEN

## Regionen-Serie: HyExperts-Region AachenPLUS



**26** Abb. 1: Die gesamte Region setzt in der Mobilität zukünftig auf Wasserstoff. Die ersten Wasserstoffbusse der Region fahren im Kreis Düren [Quelle: Kreis Düren]

Die HyExperts-Region AachenPLUS steht vor der Herausforderung, den Strukturwandel durch den Braunkohleausstieg nachhaltig zu gestalten. Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft soll dafür genutzt werden, um regionale Wertschöpfung zu erhalten, eine nachhaltige Energieversorgung aufzubauen und die Verkehrswende umzusetzen. Im Mittelpunkt stehen dabei der Austausch und die Vernetzung der unterschiedlichen Wasserstoffprojekte, um diese Erfahrungen für eine schnelle Umsetzung in der Region zu nutzen.

Im Westen gibt es viel Neues! Ob im industriellen Mittelstand, im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und Schienenpersonennahverkehr (SPNV), in Quartierslösungen sowie in der Forschung wird im Südwesten Nordrhein-Westfalens zwischen der Rheinschiene im Osten und der Grenze zu Belgien sowie den Niederlanden im Westen Wasserstoff genutzt. Die HyExperts-Region AachenPLUS umfasst die Stadt und Städteregion Aachen, die Kreise Düren, Euskirchen und Heinsberg sowie die Kolpingstadt Kerpen und bringt alle Voraussetzungen mit, eine starke und nachhaltige Wasserstoffwirtschaft aufzubauen. Diese Vielzahl von Akteuren sorgt auch für eine große Zahl unterschiedlicher Ansätze und Bedarfe.

Mit der RWTH Aachen, der FH Aachen und dem Forschungszentrum Jülich verfügt die Region über herausragende Forschungskompetenzen. Gleichzeitig gibt es einen innovativen und agilen industriellen Mittelstand, der nahezu die gesamte Wasserstoffwertschöpfungskette von der Grünstromerzeugung über H<sub>2</sub>-Produktion und -Speicherung bis hin zur Anwendung abdeckt. Zudem nutzen auch die beteiligten Gebietskörperschaften der Region Wasserstoff, um ihren öffentlichen Nahverkehr CO<sub>2</sub>-neutral zu entwickeln.

**AUFTAKT IM MAI 2021** Ziel des HyExperts-Projekts war es, eine Strategie zu entwickeln, wie die Region die verschiedenen Ansätze für einen erfolgreichen Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft nutzen kann. Da die Region ein Strukturwandelgebiet mit den Braunkohletagebauen Garzeiler, Hambach und Inden ist, kommt dem Erhalt und der Schaffung von Wertschöpfung ebenfalls große Bedeutung zu. Schon vor Projektbeginn wurde erkannt, dass eine regionale Koordination der Aktivitäten vorteilhaft ist. Daher wurde bereits im Mai 2021 die Initiative „Hydrogen Hub Aachen“ gegründet.

Im Rahmen dieser Initiative koordiniert ein Projektbüro, das bei der Industrie- und Handelskammer Aachen angesiedelt ist, die regionalen Wasserstoffaktivitäten der Kreise Düren, Euskirchen und Heinsberg sowie von Stadt und StädteRegion Aachen. Unterstützt wird es dabei durch die Aachener Gesellschaft für Innovation und Technologietransfer (AGIT).

Der Blick auf eine zukünftige Wasserstoffversorgung macht deutlich, dass für einen erfolgreichen Markthochlauf in der Region AachenPLUS ein Zusammenspiel aus verschiedenen Versorgungspfaden notwendig ist. Die Region AachenPLUS bietet für eine Region im Binnenland gutes Potenzial für den Ausbau der erneuerbaren Energien im Bereich Wind und Photovoltaik. Der Kreis Heinsberg beispielsweise erweitert aktuell sein eigenes Grünstromportfolio, um in naher Zukunft lokale Elektrolysekapazitäten zu schaffen. Ein erster Elektrolysestandort ist bereits in Heinsberg-Oberbruch auf den Weg gebracht worden. Weitere dezentrale Standorte sollen folgen.

### H<sub>2</sub>-PIPELINES ALS LEBENSADERN

Trotz dieses Potenzials bleibt die Region mit ihrer energieintensiven mittelständischen Industrie und dem Durchgangsverkehr auf den großen Autobahnen eine Wasserstoffschenke, die ihren H<sub>2</sub>-Bedarf nicht aus eigener Produktion decken kann. Darum muss die Region neben lokaler Produktion auch auf Importe von Wasserstoff setzen. Hier erweist sich die Grenzlage zu Belgien und den Niederlanden mit der Nähe zu den dortigen Häfen als Standortvorteil: Die Planungen des Wasserstoffkernnetzes sehen den Neubau einer H<sub>2</sub>-Pipeline vor, die vom Grenzübergangspunkt Eynatten (B) kommend die Region von West nach Ost quert. Seitens Thyssengas bestehen Planungen für die Umstellung der Leitung Weisweiler-Düren auf Wasserstoff ab 2027.

Neben diesem sehr wahrscheinlichen Anschluss an den geplanten H<sub>2</sub>-Backbone bietet der Delta-Rhein-Korridor eine weitere Option, die Region AachenPLUS mit Wasserstoff zu

versorgen. Die bisherigen Planungen sehen zwar einen Bau dieser Pipeline nur bis Sittard (NL) vor, es wird jedoch Aufgabe der Region sein, sich für eine Weiterführung dieser Leitungsinfrastruktur stark zu machen. In diesem Zusammenhang wird es für die Region bedeutsam sein, sinnvolle Ausspeisepunkte für die Versorgung lokaler Verbraucher zu schaffen und grenzüberschreitende Aktivitäten auszubauen.

**ZAHLREICHE EINZELVORHABEN** Die Chancen, die sich durch den Anschluss an das Wasserstoffkernnetz bieten, dürfen jedoch nicht den Blick auf dezentrale und lokale Lösungen verhindern. Hierzu gibt es in der Region eine Vielzahl von Ansätzen: Am Brainergy Park Jülich wird ein Solarpark mit angeschlossener Elektrolyse zur Versorgung der zukünftigen Brennstoffzellenzüge der Rurtalbahn sowie der Brennstoffzellenbusse der Rurtalbus gebaut. In Hellenthal ist ein Elektrolyseprojekt zur Stromspeicherung geplant. In Mechernich entsteht ein Projekt zur Gewinnung von Wasserstoff aus Grünabfällen. In Aachen ist eine Elektrolyse zur Versorgung des öffentlichen Nahverkehrsbetreibers ASEAG geplant und in Herzogenrath plant die Firma Saint-Gobain den Aufbau von Elektrolysekapazitäten für die Energieversorgung der Glasproduktion.

Mit den Projekten „Speicherstadt“ und dem „Mobilitäts-hafen“ wird zudem in Kerpen an der Wasserstoffversorgung des ÖPNV gearbeitet. In Heinsberg entsteht mit dem Projekt H2HS ein komplettes Wasserstoffökosystem. Hier soll der Wasserstoff zur Versorgung von Gewerbe und Industrie, ÖPNV, Logistik und Schwerlastverkehr sowie für die Versorgung des Wohnsektors dienen. Des Weiteren ist geplant, die Abwärme des Elektrolyseurs in ein Nahwärmenetz einzuspeisen und den Sauerstoff in einer nahegelegenen Kläranlage zu nutzen.

Weitere Anwendungsbeispiele in der Region gibt es überraschenderweise im Wärmesektor. In Linnich wird Wasserstoff über ein Inselnetz zur Wärmeerzeugung eingesetzt und in Euskirchen als saisonaler Energiespeicher für ein Wohnquartier.

All diese Projekte bieten Lösungsmöglichkeiten, die einen wertvollen Beitrag zum Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft leisten. Hier können Business-Cases geschaffen und noch offene technische Fragestellungen geklärt werden. Zudem können wichtige Erfahrungen in Bezug auf Genehmigungsverfahren und rechtliche Rahmenbedingungen gesammelt werden. Darüber hinaus können aus diesen Projekten langfristige Lösungen für Wasserstoffsenken abseits der Backbones entwickelt werden.

Für die Weiterentwicklung der HyExperts-Region AachenPLUS wird es von entscheidender Bedeutung sein, die in diesen Projekten gewonnenen Erkenntnisse nutzbar zu machen. Dies soll dadurch geschehen, dass im Kontext des Hydrogen Hubs ein Erfahrungsaustausch und Wissenstransfer zwischen den Projekten organisiert werden soll. Gleichzeitig gilt es, ein Matchmaking zwischen Erzeugern und potenziellen Abnehmern zu schaffen, um weitere Projekte zu initiieren und die Wirtschaftlichkeit geplanter Projekte sicherzustellen.

Ein weiteres Anwendungsfeld zeichnet sich in der Mobilität ab. Alle regionalen ÖPNV-Anbieter haben entweder bereits Brennstoffzellenbusse angeschafft oder planen eine Anschaffung. Im Kreis Düren wird zudem das Schienennetz der Rurtalbahn in Kürze mit Brennstoffzellenzügen betrieben. Die entsprechenden Förderbescheide wurden im Mai 2023 von Verkehrsminister Wissing übergeben.



Abb. 2: Gemeinsam entwickeln die Akteure die Roadmap für die Region AachenPLUS [Quelle: Kreis Düren]

Weitere Informationen zu den Projekten des Kreis Düren finden Sie auf Seite 28.

Die im Rahmen des HyExperts-Projekts erstellte Studie hat ergeben, dass auch in der Logistik Flottenumstellungen auf Brennstoffzellenfahrzeuge zu erwarten sind. Um den Bedarf dieser Fahrzeuge zu decken, wird es notwendig sein, bis 2035 mindestens 13 H<sub>2</sub>-Tankstellen in der Region installiert zu haben. Es ist daher angedacht, die im HyExperts-Projekt etablierte Arbeitsgruppe aus ÖPNV und Logistik weiterzuführen, um diese Infrastruktur zielgerichtet und koordiniert zu planen.

**SUCHE NACH GEEIGNETEN FACHKRÄFTEN** Ein wichtiges Feld für die Implementierung ist die Sicherung von Fachkräften zur Umsetzung sowie eine Inwertsetzung der Forschungs- und Entwicklungskompetenzen für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft vor Ort. Hierzu soll der über die Netzwerkaktivitäten des Hydrogen-meet&connect-Netzwerks initiierte Austausch zwischen mittelständischer Wirtschaft und Wissenschaft intensiviert werden. Damit eine flächendeckende Aus- und Weiterbildung sichergestellt ist, sollen Informationsformate an Schulen geschaffen werden. Darüber hinaus müssen neue spezialisierte Berufsbildungszentren und Berufsschullehrgänge, zum Beispiel für den sicheren Umgang mit Wasserstoff, H<sub>2</sub>-Heizungen, -Transport, Brennstoffzellen und H<sub>2</sub>-Mobilität initiiert werden. Da die Ausbildung neuer Fachkräfte den Personalbedarf allein nicht bedienen kann, sollen zusätzlich umfangreiche Weiterbildungsmaßnahmen beispielsweise über die Handwerks- oder Industrie- und Handelskammern koordiniert und angeboten werden. ||

Autor:



Fabian Müller-Lutz  
Industrie- und Handelskammer Aachen  
→ Fabian.Mueller-Lutz@aachen.ihk.de

# EIN LANDKREIS WIRD ZUM H<sub>2</sub>-PIONIER

## Regionen-Serie: HyExperts-Region AachenPLUS



Abb. 1: Verkehrsminister Volker Wissing (Mitte) überbringt Förderbescheide in Höhe von 81,6 Mio. Euro [Quelle: go.Rheinland/Smilla Dankert]

Ein früherer Sportfernsehsender hat einmal mit dem Slogan „Mittendrin statt nur dabei“ für sich Werbung gemacht. Wären diese Worte deswegen nicht urheberrechtlich blockiert, könnte der Kreis Düren überlegen, sie für sich zu reklamieren. Denn noch mehr mittendrin im Rheinischen Revier zu liegen, ist nicht möglich. Die drei Braunkohletagebaue Inden, Hambach und Garzweiler befinden sich wenigstens zu großen Teilen innerhalb des Kreisgebietes. Was die Geschwindigkeit angeht, mit der Ideen für eine saubere Energietechnologie umgesetzt werden, ist der Kreis Düren nicht nur mittendrin, sondern ganz vorne mit dabei. Wasserstoff spielt dabei von Anfang an eine Schlüsselrolle.

Das größte kreiseigene Projekt ist der Umstieg der kompletten Bahn- und Bus-Flotte auf grünen Wasserstoff. Der nachhaltige Kraftstoff soll ab Anfang 2025 mit einer 9-MW-PEM-Elektrolyse direkt vor Ort hergestellt werden. Darüber hinaus werden derzeit immer mehr Wasserstoffprojekte überdurchschnittlich schnell sichtbar, die dem Kreis dabei helfen, sein Ziel, bis 2035 klimaneutral zu sein, zu erreichen (s. S. 26). Sie taugen außerdem auch als gutes Vorbild für andere. Produktionsanlagen für grünen Wasserstoff im industriellen Maßstab, wie sie bei Jülich entstehen, gibt es noch nicht viele. Laut der Internationalen Agentur für Erneuerbare Energien IRENA waren weltweit 2021 nur vier Prozent des hergestellten Wasserstoffs grün.

„Wir brauchen Pioniere, die vorangehen“, sagte Bundesverkehrsminister Volker Wissing, als er im Mai 2023 Förderbescheide über 81,6 Mio. Euro überreichte. Das Geld fließt unter anderem in den Aufbau der Elektrolyse, in die Anschaffung von 17 H<sub>2</sub>-Triebwagen, die bis 2026 die bisherigen Dieseltreibwagen ersetzen sollen, und in die Installation einer H<sub>2</sub>-Zugtankstelle auf Kreisgebiet. In einem anderen Projekt rüstet der Kreis die Flotte der Rurtalbus GmbH um. Aktuell fahren fünf H<sub>2</sub>-getriebene Busse durch den Kreis. Bis Ende des kommenden Jahres sollen 20 weitere über die Straßen des Kreises rollen.



## PRODUKTE FÜR WASSERSTOFFANWENDUNGEN

EC79 zertifiziert

Bei uns erhalten Sie die passenden Produkte für Ihre Wasserstoffanwendung.

Ob für Erzeugung, Infrastruktur (Zapfsäulen, Lagertanks, Transport), Fahrzeuge (LKW, Autos, Drohnen, ...), Stromspeicher oder als Rohstoff.



VERSCHRAUBUNGEN



DRUCKREGLER



VENTILE



FILTER



ROHRE & SCHLÄUCHE



PROBENAHMEZYLINDER

In dem stark wachsenden Wasserstoffmarkt sind wir Ihr verlässlicher Partner und Lieferant für die verschiedensten Anwendungen mit einem stetig wachsenden Angebot an Produkten für den H<sub>2</sub>-Bereich.



+49 (0) 89 744 926-0



info@hps-solutions.de

Besuchen Sie uns auf der **hy-fcell 2023** in **Stuttgart** an **Stand 4E21** sowie in unserem Online-Shop:

[www.hps-solutions.de](http://www.hps-solutions.de)



Scan Me:





Abb. 2: Mit dem Wasserstoffpreis „Hygo“ zeichnet der Kreis Düren seit 2022 besondere Persönlichkeiten aus [Quelle: Jessica Su-Youn Hucken]

Die Pionierleistung im Kreis Düren sieht Minister Wissing vor allem darin, dass nicht nur mit Wasserstoff angetriebene Züge auf die Schiene gesetzt werden, sondern die klimaneutrale Produktion des grünen Wasserstoffs gleich mit realisiert wird. „Wasserstoffprojekte sind wunderbar. Aber wo soll der grüne Wasserstoff herkommen? Klug ist es, wenn man diese Frage direkt beantwortet und sagt: Am besten ist, wenn wir ihn selbst herstellen.“

**VOR DEN FÖRDERGELDERN ANGEFANGEN** Dass ein solches Vorzeigeprojekt schon jetzt im Kreis Düren sichtbar wird, liegt daran, dass Landrat Wolfgang Spelthahn (s. Abb. 3) sehr früh angefangen hat, die Zukunft mit der Nutzung von Wasserstoff zu planen. Die 2020 im Strukturstärkungsgesetz festgelegten 14,8 Mrd. Euro Fördergelder für den Strukturwandel im Rheinischen Revier, der den Ausstieg aus der Braunkohleverstromung bedeutet, standen noch gar nicht in Aussicht, als er das Ziel formulierte, den Kreis Düren zu einer H<sub>2</sub>-Modellregion zu machen. „Wir haben schon früh die Vorteile von grünem Wasserstoff erkannt und mit Weitblick in die Zukunft investiert. So konnten wir uns einen erheblichen Vorsprung aufbauen“, sagt Landrat Spelthahn.

2020 hat der Bund den Ausstieg aus der Braunkohle bis 2038 beschlossen und die Förder-Milliarden zugesagt. Ein Jahr später war der damalige NRW-Wirtschaftsminister Andreas Pinkwart im Kreis Düren zu Besuch. Damals bezeichnete er das Rheinische Revier als „größtes Klimaschutzprojekt der Welt“. Die Aussage steht bis heute faktisch auf solidem Fundament: Das Rheinische Revier ist das größte Abbaugelände für Braunkohle in Europa und damit zwangsweise ein großer Emittent für klimawirksame Gase wie CO<sub>2</sub>.

Was Pinkwart (FDP) nicht wissen konnte: Die schwarz-grüne Nachfolgeregierung sollte die Schlagzahl im Strukturwandel ein Jahr später noch einmal deutlich verschärfen. Nicht 2038 wird die letzte Braunkohle in Deutschlands Westen gefördert, sondern schon 2030.

Danach ist viel Kritik lautgeworden, beispielsweise aus der Industrie. Die bemängelt, dass der Ausstieg zu schnell sei, weil der Aufbau der neuen Technologien zu langsam funktioniere. So weigerte sich die Industrie- und Handelskammer Köln im Frühsommer, den sogenannten Reviervertrag 2.0 zu unterzeichnen. Beweggrund war eine einfache Rechnung: Um die mit dem Braunkohleausstieg wegfallende Energie auszugleichen, müssten im Revier 1.500 Windräder zusätzlich aufgebaut werden. Aktuell dauere es laut IHK Köln viel zu lange vom ersten Plan für ein Windrad bis zur Inbetriebnahme, nämlich sieben Jahre. Die Schlussfolgerung: Nicht nur die energieintensive Industrie im und um das Revier herum fürchtet um die Versorgungssicherheit.

**SCHON JETZT SICHTBAR** Aus diesem Szenario sticht der Kreis Düren mit seinen H<sub>2</sub>-Aktivitäten heraus. Denn ein Großteil der Projekte, die im Revier trotz allem schon jetzt sichtbar werden, sind dort beheimatet. Der Solarpark mit einer >>

## Komprimierte Wasserstoffkompetenz

Trafag ist der Hersteller von Druck-Sensoren, die in sämtlichen Anwendungen der Wasserstoff-Technologie zum Einsatz kommen. Gute Gründe für Trafag Produkte sind Robustheit, Zuverlässigkeit, Stabilität und Einbaugröße. Entscheidende Parameter für Unternehmen, die mit H<sub>2</sub> arbeiten.

### NHT 8250

Wasserstoff-Drucktransmitter



### EXNT 8292

Wasserstoff-Drucktransmitter für Ex-Zone 0, 1



### EHI 8280

Wasserstoff-Drucktransmitter für Ex-Zone 2



#### Deutschland

Trafag GmbH  
Kelterstrasse 59  
72669 Unterensingen  
info@trafag.de  
www.trafag.de

#### Österreich

Trafag GmbH  
Konrad-Doppelmayr-Str. 17  
6922 Wolfurt  
trafagat@trafag.com  
www.trafag.at



Abb. 3: Die erste Wasserstofftankstelle ist seit 2022 im Betrieb. Landrat Spelthahn (links) tankt gemeinsam mit Anne Schüssler seinen Dienstwagen [Quelle: Kreis Düren]

Leistung von bis zu 9,2 MW, der einen Großteil der grünen Energie für die Elektrolyse liefern soll, ist schon installiert. Die 18.200 Solarmodule erreichen eine Leistung, mit der knapp 3.000 Haushalte versorgt werden können. Die CO<sub>2</sub>-Ersparnis pro Jahr liegt bei 4.604 Tonnen.

Die gewonnene Energie reicht allerdings nicht, um dauerhaft die angestrebte Zahl von 162 Kilogramm Wasserstoff pro Stunde bei angepeilten 4.000 bis 5.000 Volllaststunden pro Jahr herzustellen. Deswegen plant der Kreis, weitere regenerative Quellen zu nutzen. Errichtet und betrieben wird der Elektrolyseur von der HyDN GmbH, einer Gesellschaft, an der die Beteiligungsgesellschaft Kreis Düren mbH und die Messer Industriegase GmbH aus Bad Soden beteiligt sind.

**ZEIGEN, WAS WASSERSTOFF KANN** Ein wichtiges Anliegen des Kreises ist es, den Menschen zu zeigen, was Wasserstoff kann. Seit Ende 2022 ist ein sogenannter Kommandowagen bei der Rettungsdienst Kreis Düren AöR (Anstalt öffentlichen Rechts) mit Wasserstoffantrieb im Fuhrpark. Mit ihm, einem Hyundai Nexa, fahren die Führungskräfte zu ihren Einsätzen. Außerdem ist das Notwendigste an Bord, um Unfallopfer zu versorgen.

Noch in diesem Jahr soll auch ein erster Rettungswagen mit Wasserstoffantrieb in Dienst gestellt werden. Das Fahrzeug wird eine Spezialanfertigung, für die mehrere Unternehmen zusammenarbeiten. „Wenn wir einen mit Wasserstoff betriebenen Rettungswagen auf die Straßen im Kreisgebiet bringen, dann sehen die Menschen, dass diese Antriebsform in der alltäglichen Praxis funktioniert. Das sendet genau das richtige Signal an die Öffentlichkeit“, schilderte Landrat Wolfgang Spelthahn bei der Unterzeichnung der Absichtserklärung (Letter of Intent) für die Fertigung des H<sub>2</sub>-Rettungswagens.

Die Vorteile von Wasserstoff liegen laut Spelthahn auf der Hand: Anstelle der längeren Ladezyklen für Elektrofahrzeuge wird Wasserstoff getankt. Rund acht Minuten dauert der gesamte Vorgang bei diesem Fahrzeug. Die Reichweite ist höher als bei einem batteriegetriebenen Rettungswagen. Kurzum: Der Rettungswagen steht länger und flexibler zur Verfügung. Erst recht mit dem Aufbau der Wasserstofftankstellen im Kreisgebiet. Die erste in direkter Nähe zur Autobahn A4 wurde im September 2022 eröffnet und befindet sich seit dem Sommer im Gewerbegebiet „Im Großen Tal“ in Düren im Regelbetrieb.

Dass der Kreis auf Wasserstoff setzt, wird auch im sogenannten Welcome-Center in Düren sichtbar. Teil des Welcome-Centers ist ein H<sub>2</sub>-Infozentrum. Dieses bietet ab Oktober 2023 eine frei zugängliche Ausstellung, in der auf interaktive Art und Weise das Thema Wasserstoff von den Grundlagen über die Wertschöpfungsketten bis hin zur Anwendung aufgezeigt wird.

**EINE H<sub>2</sub>-MESSE FÖRDERT DAS NETZWERK** Eine weitere Botschaft transportiert der Kreis Düren einmal im Jahr auf seiner Wasserstoffmesse, die im August 2023 zum dritten Mal stattfindet: Ein Akteur allein kann zwar viel erreichen, aber die Energiewende mit Wasserstoff als wesentlicher Schlüsseltechnologie gelingt nur, wenn viele gemeinsam daran arbeiten. Die H<sub>2</sub>-Messe in der Jülicher Kulturmuschel bringt Expertinnen und Experten zusammen und bietet auch Bürgerinnen und Bürgern umfassende Informationsmöglichkeiten. Neue Ideen, Netzwerke und Kooperationen entstehen. Am Vorabend der eigentlichen Messe verleiht der Kreis den „Hygo“. Der Wasserstoff-Preis in den Kategorien Young Researchers, Start Up Innovation und Hydrogen Champion zeichnet Persönlichkeiten aus, die die Energiewende vorantreiben und dabei Wasserstoff als Energieträger der Zukunft im Fokus haben.

Von Anfang an Bestandteil dieser Ausstellung ist das Forschungszentrum Jülich. Die Grundlagenforschung, die hier zum Beispiel zur Elektrolyse oder zur Brennstoffzelle betrieben wird, findet seit vielen Jahren weltweit Beachtung. Das Forschungszentrum gehört zu den großen Triebfedern im Strukturwandel im Rheinischen Revier. Das wird ganz besonders an seinem jüngsten Institut deutlich.

Seit knapp zwei Jahren befindet sich das Institut für nachhaltige Wasserstoffwirtschaft (INW) im Aufbau, das im sogenannten Brainergy Park bei Jülich wächst, einem Gewerbepark, dessen Versorgungsinfrastruktur nach dem neuesten Stand der Technik angelegt wird. Der Kreis Düren, der am Rand des Gebiets mit Partnern seine PEM-Elektrolyse aufbaut, gehört zu den Gesellschaftern des Parks. Das INW betreibt Grundlagenforschung zu den Themen Speicherung und Transport von Wasserstoff. Es bildet aber auch den Kern eines Clusters, in dem Forschungsergebnisse direkt in die Anwendung gebracht werden sollen.

Das Helmholtz-Cluster Wasserstoff (HC-H2) ist das größte Förderprojekt beim Strukturwandel im Rheinischen Revier mit einem Volumen von etwas mehr als einer Milliarde Euro. Und es ist das größte H<sub>2</sub>-Infrastrukturprojekt in Deutschland. Es soll eine Sogwirkung entwickeln und mit dem eigenen Wachstum auf über 500 Mitarbeitende dafür sorgen, dass sich in der Umgebung weitere Firmen ansiedeln, die mit Wasserstoff in die klimaneutrale Zukunft gehen wollen.

„Es hilft sehr, dass wir im Kreis Düren in einer Region angesiedelt sind, die so schnell ist, wenn es darum geht, Wasserstoff in die Anwendung zu bringen“, sagt INW-Direktor Andreas Peschel. „Es bringt das Thema Wasserstoff stark voran, wenn die Menschen beispielsweise sehen, wie Züge mit Wasserstoff rollen und Rettungswagen fahren.“ ||

AutorInnen:



Guido Jansen  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für nachhaltige Wasserstoffwirtschaft (INW)  
→ [g.jansen@fz-juelich.de](mailto:g.jansen@fz-juelich.de)

Anne Schüssler, Kreis Düren  
→ [a.schuessler@kreis-dueren.de](mailto:a.schuessler@kreis-dueren.de)



Abb. 1: Die batterieelektrische Pocket Rocket im Einsatz [Quelle: SOL Motors]

Thema: Elektromobilität | Autoren: Volker P. Schulz, Kai Tornow, Wolf Burger, Manuel Messmer |

## H<sub>2</sub>-VARIANTE DES E-MOPEDS „POCKET ROCKET“

### Mit BZ-Range-Extender die Reichweite verdoppeln

Ein elektrisches Leichtkraftrad mit 150 km Reichweite und Betankung in unter einer Minute? Dass dies mit Brennstoffzelle und Wasserstofftank als Range Extender machbar ist, zeigt die gemeinsame Studie „Pocket Rocket H<sub>2</sub>“ der Dualen Hochschule Baden-Württemberg und der SOL Motors GmbH aus Böblingen.

Elektrofahrräder, Elektroroller und E-Scooter sind bereits Teil des Stadtbildes geworden. Bei kleinen Motorrädern, sogenannten Leichtkrafträdern, ist der Aufbau im Elektrosektor gerade im Gange. Mit einem auffälligen Design kommt im Herbst dieses Jahres die Pocket Rocket des Start-ups SOL Motors auf den Markt.

Die batterieelektrische Version gibt es in zwei Varianten mit Höchstgeschwindigkeiten von 45 km/h oder 80 km/h. In beiden Fällen liegt die Reichweite bei 50 bis 80 km und es dauert etwa drei Stunden, bis die Batterie an einer Haushaltssteckdose aufgeladen ist. Nutzt man die Pocket Rocket für die tägliche Fahrt zur Arbeit, reicht das in der Regel völlig aus.

Allerdings gibt es auch Fälle, in denen man sich eine möglichst kurze Ladezeit und eine hohe Reichweite wünscht. Beispielsweise kann man sich einen Einsatz von Leichtkrafträdern im Katastrophenschutz vorstellen; neben einer hohen Reichweite wird hierfür eine durchgehende Verfügbarkeit gefordert. Bedingungen, die ein Brennstoffzellenfahrzeug erfüllt.

#### E-FAHRZEUGE: BATTERIE ODER BRENNSTOFFZELLE?

Die große Mehrzahl der Elektrofahrzeuge weltweit, vom e-Scooter bis zum leichten Nutzfahrzeug, ist heutzutage batterieelektrisch angetrieben. Die Brennstoffzelle kommt dann ins Spiel, wenn sowohl große Leistungen als auch große Energiemengen gefragt sind. Typische Beispiele >>

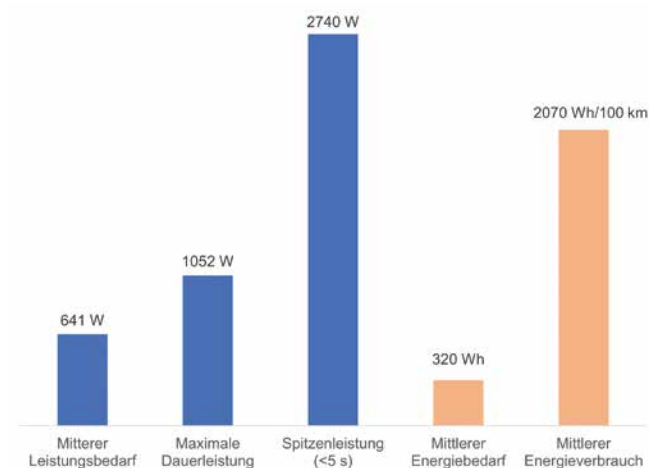


Abb. 2: Ermittelter Leistungs- und Energiebedarf der Pocket Rocket (Variante mit 45 km/h max.) aus dem WLTP-Zyklus [Quelle: DHBW Mannheim]



Abb. 3: Kompaktes BZ-System mit 1.000 W Dauerleistung. Rechts im Bild sind die Ventilatoren für die Luftkühlung zu sehen. Der Schlauch zwischen den Ventilatoren dient zum Purgen mit Stickstoff. [Quelle: DHBW Mannheim]

32

sind schwere Nutzfahrzeuge, Züge, Schiffe oder Flugzeuge. Durch die Aufteilung in Wasserstofftank und Brennstoffzelle sind bei einem BZ-Antrieb Energie(menge) und Leistung entkoppelt. Auch für kleinere Fahrzeuge ergeben sich bei einem Brennstoffzellenantrieb mehrere Freiheitsgrade für die Systemauslegung.

Bei einem Brennstoffzellenantrieb kann man nicht ganz auf die Batterie verzichten, da sie zum Starten des Systems und zur Rekuperation benötigt wird. Im Zusammenspiel mit der Brennstoffzelle gibt es verschiedene Varianten für die Auslegung der Batterie: Wenn die gesamte Antriebsleistung von der Batterie bereitgestellt wird, dient die Brennstoffzelle lediglich als Range Extender. Quasi das Gegenteil davon wäre ein reiner Brennstoffzellenantrieb mit kleiner Starterbatterie, welche die Bremsenergie zwischenspeichern kann. Wenn beide Leistungsquellen zusammenarbeiten, spricht man von einem Hybridbetrieb.

Vor diesem Hintergrund stand im Projekt Pocket Rocket  $H_2$  zunächst die Auslegungsfrage im Fokus, da vergleichbare Fahrzeuge (noch) nicht auf dem Markt sind. Ausgangspunkt für die Berechnungen war der WLTP-Zyklus, der zusammen mit den Fahrzeugdaten der Pocket Rocket (Variante mit maximal 45 km/h) Leistung und Energie aus Daraus resultierte die Entscheidung für eine Brennstoffzelle als Range Extender. Daraus resultierte die Entscheidung für eine Brennstoffzelle als Range Extender.

#### VORTEILE DER BRENNSTOFFZELLE ALS RANGE EXTENDER

Als Range Extender wird die Brennstoffzelle lediglich dazu verwendet, die Batterie zu laden. Damit wird praktisch nicht in die Regelung des batterieelektrischen Fahrzeugs eingegriffen. Als Range Extender muss die Brennstoffzelle lediglich eine Leistung von bis zu 1.000 W liefern; Spitzenlasten werden durch die Batterie abgedeckt. Gleichzeitig wird die Reichweite nur durch die Größe des Wasserstofftanks begrenzt. Für Brennstoffzellen in der Leistungsklasse bis 1.000 W genügt eine einfache Luftkühlung, ab rund 2,5 kW wäre eine aufwändige Wasserkühlung nötig.

Als Range Extender kann die Brennstoffzelle mit konstanter Leistung betrieben werden und gleichzeitig die Batterie vor Tiefentladung schützen. Beides erhöht die Lebensdauer dieser Komponenten.

Einziger Nachteil der gewählten Konfiguration: Die Batterie muss so groß ausgelegt sein, dass auch mehrere Kilometer mit Leistungen über 1.000 W, z. B. bei Bergfahrten, möglich sind.

**DEMONSTRATOR IM LABOR** Im Projekt wurde das System aus Batterie und BZ-Range-Extender als Labormuster aufgebaut. Dazu wurde ein PEM-Brennstoffzellensystem der Hydrogen Air Technologies Ltd. eingesetzt (Abb. 3).

Das System mit seinen 65 Zellen wird mit einfachen, drehzahlregulierten Ventilatoren luftgekühlt und liefert die beschriebene maximale elektrische Leistung von 1.000 W. Die Spannung variiert, abhängig von der Leistung, zwischen 65 V (Leerlauf) und 35 V (maximale Leistung). Es handelt sich um ein sogenanntes Dead-End-System, d. h., es wird nur so viel Wasserstoff zugeführt, wie auch verbraucht wird.

Im Dead-End-System sammelt sich auf der Wasserstoffseite (Anode) durch Diffusion relativ schnell Stickstoff an, der über ein Spülventil abgelassen werden muss (purgen). Purgen verringert den Wirkungsgrad des Systems, da auch unverbrauchter Wasserstoff ausgetragen wird. Das untersuchte Brennstoffzellensystem hat bei 1.000 W einen Wirkungsgrad von etwa 35 Prozent. Umgerechnet auf den Wasserstoffverbrauch entspricht dies 85 g Wasserstoff pro Stunde.

**ELEKTRISCHE VERSCHALTUNG** Der Einsatz des Brennstoffzellensystems als Range Extender erlaubt eine sehr einfache elektrische Verschaltung. Wie in Abb. 4 dargestellt, muss lediglich ein DC-DC-Wandler die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle auf die Ladeschlussspannung der Batterie anpassen. Die Batterie kann dann kontinuierlich mit konstanter Spannung geladen werden. Die Regelung der Brennstoffzelle passt deren Ausgangsleistung an den aktuellen Ladestrom an. Das Steuergerät des Antriebs bleibt von dem Ladevorgang durch die Brennstoffzelle unberührt.

Durch das Brennstoffzellensystem kann die Batterie bei gleicher Motorleistung von 2,5 kWh auf 0,35 kWh verkleinert werden. Die Reichweite wird dann prinzipiell nur durch das Tankvolumen, sprich die Menge an Wasserstoff im Tank, begrenzt. Der Leistungsbedarf mittels WLTP-Zyklus ergibt zusammen mit dem Systemwirkungsgrad einen Wasserstoffverbrauch von ca. 200 g auf 100 km. Mit 1 kg Wasserstoff könnte die Pocket Rocket in der Brennstoffzellenversion also 500 km weit fahren!

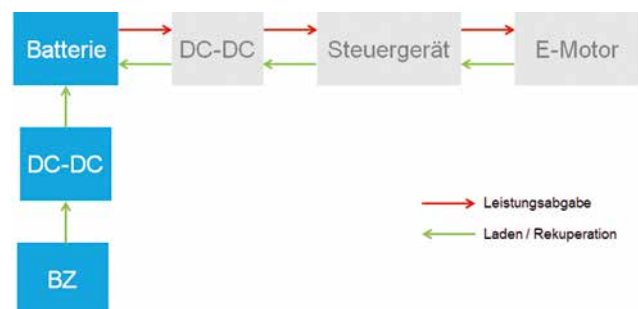


Abb. 4: Verschaltung der elektrischen Komponenten der Brennstoffzelle (BZ) als Range Extender [Quelle: DHBW Mannheim]



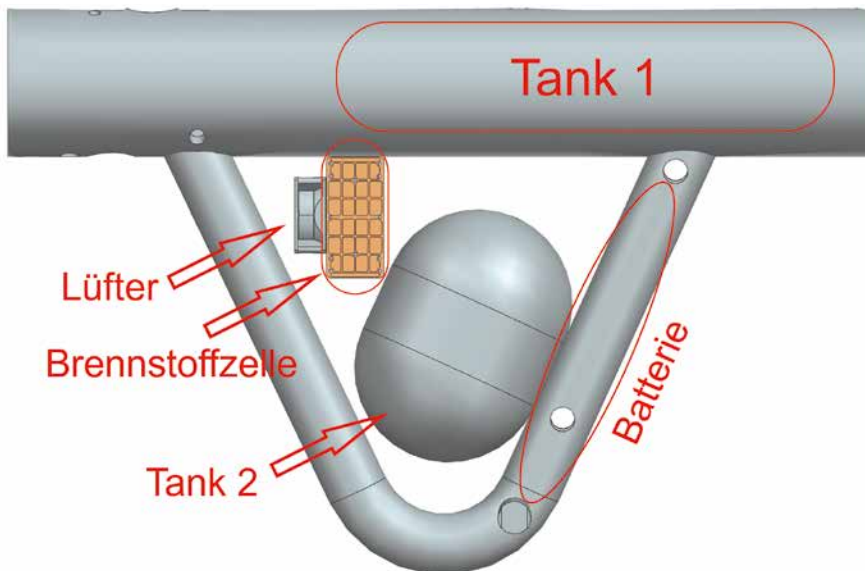


Abb. 5: Studie zur Anordnung der einzelnen Komponenten des BZ-Range-Extenders am Rahmen der Pocket Rocket H<sub>2</sub>. Den größten Bauraum nehmen die Drucktanks für Wasserstoff ein. [Quelle: DHBW Mannheim]

**SORGENKIND WASSERSTOFFDRUCKTANK** Leider ist die Speicherung von Wasserstoff für mobile Anwendungen noch unbefriedigend. H<sub>2</sub> ist rund 14-mal leichter als Luft. Um also signifikante H<sub>2</sub>-Mengen zu speichern, muss dieser komprimiert werden. Aber selbst bei einem Druck von 700 bar nimmt 1 kg Wasserstoff ein Volumen von fast 40 Liter ein. Zusätzlich bringt ein 700-bar-Drucktank, der 1 kg H<sub>2</sub> speichert, ein Gewicht von rund 24 kg auf die Waage. Umso erstaunlicher, dass die Pocket Rocket H<sub>2</sub> gegenüber dem batterieelektrischen Fahrzeug nur etwa 2 kg schwerer wird – und das bei doppelter Reichweite.

Durch die Verkleinerung der Batterie von 2,5 kWh auf 0,35 kWh verringert sich deren Gewicht von rund 14 kg auf nur noch etwa 2 kg. In Summe ergeben sich etwa 16 kg, die sich auf Brennstoffzelle (4 kg), Tank (9 kg), Batterie (2 kg) und weitere Komponenten (1 kg) wie DC-DC-Steller und Verbindungskomponenten verteilen. Der H<sub>2</sub>-Drucktank ist dabei nicht nur die größte, sondern auch die schwerste Komponente. Das liegt vor allem an den hohen Sicherheitsanforderungen für den Einsatz im Straßenverkehr.

Hochdrucktanks für Wasserstoff bestehen heutzutage aus einem Kunststoffliner, der mit in Epoxydharz getränkten Kohlefasern umwickelt ist. Um die gewünschten Anforderungen, wie zum Beispiel einen 2,35-fachen Berstdruck, zu erreichen, ist die Kohlefaserschicht mehrere Zentimeter dick. Fertigungsbedingt können so nur runde oder zylindrische Tanks hergestellt werden. Für die Unterbringung am Rahmen der Pocket Rocket würde man sich allerdings flexiblere Tankgeometrien wünschen, die aktuell allerdings jeden Kostenrahmen sprengen würden.

Zum Abschluss des Projektes wurde in einem CAD-Modell die Unterbringung der Komponenten des Range Extenders am Rahmen der Pocket Rocket untersucht (s. Abb. 5).

Die Batterie, die sich in der batterieelektrischen Variante im oberen Querrohr befindet, ist nun deutlich kleiner und könnte in eines der V-Rohre wandern. Wasserstoff würde in dieser Variante in zwei Tanks, sowohl im Querrohr als auch in einem separaten Tank, gespeichert. Allerdings ließen sich im oberen Tank bereits fast die gesamten 350 g Wasserstoff speichern, die für eine Verdopplung der Reichweite benötigt werden. Der zweite Tank würde nur zum Einsatz kommen, wenn Wasserstoff bei „nur“ 350 bar gespeichert werden soll. Übrigens dauert die Betankung mit 6 kg Wasserstoff bei Pkw vier Minuten. Die Pocket Rocket H<sub>2</sub> wäre also in etwa 14 Sekunden wieder vollgetankt.

**FAZIT UND AUSBLICK** Im Projekt Pocket Rocket H<sub>2</sub> wurde gezeigt, wie sich durch Brennstoffzelle und Wasserstofftank die Reichweite eines Leichtkrafttrads verdoppeln lässt. Statt langer Ladezeiten lässt sich das „Wasserstoffmotorrad“ in kürzester Zeit betanken. Überraschend ist, dass trotz relativ schwerem H<sub>2</sub>-Tank das Gesamtgewicht der Pocket Rocket in der BZ-Variante reduziert werden kann, da die Batterie deutlich kleiner ausgelegt wird. Schließlich stellt die elektrische

Verschaltung als Range Extender einen minimalen Eingriff in das Regelungssystem dar und eignet sich besonders für die „Nachrüstung“ von batterieelektrischen Fahrzeugen. An der DHBW Horb wurden die Projektergebnisse bereits auf die Auslegung von Transportdrohnen mit Brennstoffzellenantrieb übertragen.

In einem Nachfolgeprojekt werden Laboraufbau und Pocket Rocket zu einem echten Wasserstoffleichtkraftrad zusammengeführt. Das Projekt „Pocket Rocket H<sub>2</sub>“ wurde im Rahmen der Innovation Challenge 2021 vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg gefördert. ||

#### ICM INNOVATION CHALLENGE

Der Innovationscampus Mobilität der Zukunft, eine gemeinsame Initiative des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und der Universität Stuttgart, stärkt mit seiner ersten Innovation Challenge Mobilität und Produktion den direkten Austausch mit der Industrie. Das schnelle und unkomplizierte Förderformat für explorative Innovationsvorhaben hat im November 2021 Wirtschaft und Wissenschaft zusammengebracht, um sieben Forschungsfragen in den Feldern Mobilität und Produktion gemeinsam zu lösen. Die Challenges kamen von innovationsorientierten Unternehmen, die Lösungsansätze von den teilnehmenden Hochschulen und die Förderung im schnellen und kompakten Förderformat vom InnovationsCampus. Das neuartige Förderformat ist speziell auf kleine Unternehmen zugeschnitten: In der Ausschreibungsrunde 2021 wurden Konsortien von Unternehmen und Forschungseinrichtungen mit mehr als 900.000 Euro gefördert.

#### Autoren:



Prof. Dr. Volker P. Schulz  
→ Volker.Schulz@dhbw-mannheim.de

Kai Tornow, DHBW Mannheim  
Prof. Wolf Burger, DHBW Stuttgart  
Manuel Messmer, SOL Motors GmbH

# SAUBERER WASSERSTOFF AUS MÜLL UND PLASTIK

*Schwedischer Hafen auf Insel Tjörn will komplett grün werden*



Abb. 1: Der Hafen von Wallhamn [Quelle: Wallhamn AB (Hafen aus der Luft)]

34

Kunststoffabfälle sind ein riesiges Problem für die Umwelt. Eines, das mit jedem Tag wächst und wächst. Auf der anderen Seite benötigt die globale Energiewende sauberen Wasserstoff in großen Mengen. Warum also nicht die Abfälle für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Erzeugung des Gases nutzen? Innovative Technologien und Projekte zeigen, wie es gehen könnte. Sie leisten Pionierarbeit und lösen mehrere Probleme zugleich.

Die Gemeinde Tjörn nördlich von Göteborg an der schwedischen Westküste hat einen Beschluss gefällt: Sie will eine lokale Energieerzeugung frei von fossilen Brennstoffen. Helfen soll dabei die Technologie von Boson Energy aus Luxemburg. Diese nutzt nicht verwertbare Abfälle, um diese in Ökostrom und grünes Methanol umzuwandeln. Grünes Methanol könnte der Chemie- und Kunststoffindustrie helfen, fossile Brennstoffe zu ersetzen.

Der Clou: Sowohl der Strom als auch der Kraftstoff für den Hafen sollen demnach CO<sub>2</sub>-negativ sein, weil das Verfahren von Boson Energy sowohl eine CO<sub>2</sub>-Abscheidung als auch die -Speicherung ermöglicht. Der einzige feste Rückstand aus dem Prozess bleibt eine Art Schlacke. Diese kann jedoch als umweltfreundliches Füllmaterial verwendet oder zu klimafreundlichem Dämmmaterial weiterverarbeitet werden.

Die erste Phase des Projekts erforderte eine Investition von 100 Mio. Euro – die Gesamtkosten werden sich auf rund 450 Mio. Euro belaufen. „Das Projekt in Wallhamn wird es uns ermöglichen, alle Aspekte unserer Vision der Kreislaufwirtschaft zu demonstrieren“, freut sich Jan Grimbrandt, Gründer und CEO Boson Energy. Der Schwede ist ein grüner Pionier. Er war bereits Mitgründer des Unternehmens Mobotec Europe, das Kohlekraftwerke für einen Betrieb mit 100 Prozent Biomasse ertüchtigte. 2008 gründete Grimbrandt die Firma Boson Energy.

**EINSATZ IM HAFEN UND IN GEWÄCHSHÄUSERN** Das Projekt auf der Insel Tjörn soll nun einen Umstieg für Bereiche und Anwendungen aufzeigen, in denen eine Dekarbonisierung ebenfalls schwierig ist: bei Treibstoffen für Schiffe, in der chemischen Industrie, bei Düngemitteln sowie bei der lokalen Lebensmittelproduktion in Gewächshäusern. „Dieses Projekt wird ein globales Vorbild sein“, ist sich Grimbrandt sicher. Und das nicht nur für Häfen, sondern auch für Städte und Inseln, die mit Problemen des Energiezugangs konfrontiert sind und weg von fossilen Brennstoffen wollen.

Boson Energy hat bereits eine Vereinbarung mit dem Startup Ecopromt unterzeichnet. In einer Kooperation soll ein Gewächshaus für Gemüseanbau in der Nähe des Hafens entstehen. Das von Ecopromt entwickelte Konzept sieht dabei eine zirkuläre und flächeneffiziente Gemüseproduktion vor – ohne Auswirkungen auf die Umwelt. Durch die Errichtung der Anbaufläche in der Nähe der Anlage von Boson Energy können Strom, Kohlendioxid und Kühlung direkt an die Anlage geliefert werden, was einen energie- und klimaeffizienten Anbau ermöglicht.

Geplant sind 70.000 t grünes Methanol aus eigenem Kohlenstoffdioxid und aus Wasserstoff sowie etwa 60.000 m<sup>2</sup> autonome Gewächshausanlagen, die mit Strom, grünem CO<sub>2</sub> sowie Wärme und Kälte versorgt werden. Zusätzlich wird thermische Energie an die Hafengebäude geliefert. Das in den Brennstoffzellen erzeugte Wasser wird ebenfalls zurückgewonnen und wieder genutzt – in einem geschlossenen Kreislauf.

Die Gemeinde hat unter anderem geeignete Industriegrundstücke in Gebieten geprüft, die von dem laufenden detaillierten Planungsverfahren erfasst werden. Sie profitiert immerhin von einer fossilfreien Energieversorgung und von nachhaltigen Arbeitsplätzen.

Eines der Ziele ist, dass der Umschlaghafen Wallhamn durch dieses Vorhaben zum ersten CO<sub>2</sub>-negativen Hafen der Welt werden soll. Die Erzeugung von lokalem Strom bedeutet, dass alle Fahrzeuge im Hafen in Zukunft sauber aufgeladen und betrieben werden. Auch Landstromanschlüsse für ankommende Schiffe sollen angeboten werden. Grimbrandt rechnet mit insgesamt 30 bis 40 GWh Ökostrom aus Wasserstoff. Dieser deckt die DC-DC-Ladung von Schwerlastschiffen, den Strom für den Hafenbetrieb sowie die Landstromanschlüsse und sorgt für die Glättung von Spitzenlastzeiten im Betrieb durch ein Energiemanagement.

**AUS MÜLL WIRD GRÜNER WASSERSTOFF** Aber nicht nur Grimbrandt und Boson Energy arbeiten daran, sauberen Wasserstoff aus Abfall zu produzieren. Mithilfe der technischen Lösung der

# DC Power Supplies for Power to-X



Abb. 2: Unterzeichnung der Absichtserklärung – Torbjörn Wedebrand, CEO Wallhamn AB, und Jan Grimbrandt, CEO Boson Energy SA (r.) [Quelle: Boson Energy SA (Vertragsabschluss)]

Firma H<sub>2</sub>-Enterprises aus New York soll organischer Müll, einschließlich Kunststoffen, Klärschlamm und vorhandenem Deponiemüll, durch Verbrennung in sauberen Wasserstoff gewandelt werden. H<sub>2</sub>-Enterprises nutzt dabei ein H<sub>2</sub>-Thermolyse-Verfahren, das Kunststoffe und organischen Müll bei hohen Temperaturen unter Ausschluss von Sauerstoff in Wasserstoff und CO<sub>2</sub> umwandelt.

Es handelt sich hierbei um einen zweistufigen Prozess: Erst erfolgt die Dampfreformierung, anschließend folgt die Wassergas-Shift-Reaktion und die Trennung von H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>. Am Ende des Prozesses wird der Wasserstoff nach Bedarf noch gereinigt. Das abgeschiedene CO<sub>2</sub> kann für kommerzielle Zwecke genutzt oder gespeichert werden. Ebenso wie das aus dem Prozess gewonnene, saubere H<sub>2</sub>-Gas als flüssiger organischer Wasserstoffträger (LOHC) transportiert und gespeichert werden kann. Das grüne Gas kann so an internationale Abnehmer verkauft werden – oder wird zu synthetischen Kraftstoffen wie e-Diesel oder nachhaltigem Flugzeugtreibstoff (SAF) weiterverarbeitet.

**100 KG H<sub>2</sub> AUS EINER TONNE ABFALL** Diese Lösung klingt fast zu schön, um wahr zu sein. Denn sie leistet gleich von zwei Seiten einen Beitrag für den globalen Umweltschutz: Zur Beseitigung von Müll und für die Produktion von grünem H<sub>2</sub>. Beides ist dringend nötig. Laut der Internationalen Energieagentur IEA könnte der weltweite Bedarf an Wasserstoff im Jahr 2030 bei über 200 Mio. t überschreiten, um die vereinbarten Klimaziele zu erreichen. Neben der schiereren Menge muss der emissionsfreie Wasserstoff jedoch auch zu einem wettbewerbsfähigen Preis angeboten werden.

Auf der anderen Seite kalkuliert die Weltbank, dass jährlich rund 2 Mrd. t Hausmüll anfallen, die nicht oder nur teilweise auf umweltverträgliche Weise entsorgt werden. Zum Vergleich: Dies entspricht etwa einem Drittel der gesamten Müllentsorgung. Jede Minute wird eine Müllmenge der Kapazität eines Müllwagens ins Meer gekippt. Bei diesem Tempo gibt es bis 2050 demnach mehr Plastik als Fische im Meer. Schon aus einer Tonne Abfall ließen sich 100 kg H<sub>2</sub> gewinnen. ||



- effiziente Schaltnetzteil-technologie
- optimale Netzqualität (AFE)
- kompaktes Design
- DC-Leistung skalierbar (kW bis MW)

## Test Bench Systems



- Batterie- und Brennstoffzellentest
- modularer Aufbau (z.B. 250 kW)
- hochdynamisch bidirektional
- hoher Wirkungsgrad

Designed and MADE in Germany



# SCHNELLER SKALIEREN

## Interview mit Tassilo Gast von Emerson

Wenn Wasserstoff die Welt verändern soll, müssen die entsprechenden Industrien ihre Kapazitäten in wenigen Jahren massiv ausbauen. Das geht nur, wenn man auf vorhandenes Wissen aufbaut. Was beim Skalieren und Automatisieren wichtig ist, erklärt Tassilo Gast vom Automatisierungsspezialisten Emerson im HZwei-Interview.



Abb.: Tassilo Gast bei der Hannover-Messe-Preview in Berlin  
[Foto: Emerson]

**HZwei:** In den kommenden Jahren wird die H<sub>2</sub>-Wirtschaft sehr schnell wachsen müssen. Worauf müssen Unternehmen, zum Beispiel Hersteller von Elektrolyseuren, dabei besonders achten?

**Gast:** Bei den Elektrolyseprojekten, die in den Nachrichten angekündigt werden, geht es um Größenordnungen von 100 Megawatt bis hin zu 1 Gigawatt. Bisher installierte Elektrolyseure haben meistens elektrische Leistungen von 2 oder 5 MW. Das ist ein Wachstum um ein Vielfaches und damit eine große Herausforderung für die Hersteller.

Elektrolyseure sind in aller Regel modular aufgebaut. Bei der Skalierung bleibt dieses Prinzip größtenteils bestehen, schon allein, weil die Größe der Stacks physikalisch und elektrochemisch begrenzt ist. Gängig sind heutzutage Stacks mit etwa 2,5 MW elektrischer Leistung. Selbst wenn ein Stack in Zukunft zehn Megawatt hätte, bräuchte man für einen 100-MW-Elektrolyseur zehn davon, für ein Gigawatt-Projekt Hunderte. Wenn ich also zehn Module einfach nebeneinanderstelle, nach dem Prinzip „scale up by numbering up“, habe ich zehnmal so viele Schnittstellen, zehnmal so viele Kabelkanäle und so weiter. Das alles zu verkabeln, zu balancieren und zu steuern, ist sehr komplex. Man muss folglich die Systemarchitektur überdenken.

**Nehmen wir eine große Elektrolyseanlage – wie würde eine gelungene Skalierung mit angepasster Systemarchitektur aussehen?**

Wichtig ist, dass sich jemand frühzeitig das Gesamtsystem anschaut. Im Falle von Emerson haben wir dafür eine eigene Business Unit für Systeme. Theoretisch könnten die Hersteller das auch selbst machen, aber sie haben in der Wachstumsphase oft gar nicht die Kapazität, selbst diesen Schritt zu ge-

hen beziehungsweise zurückzutreten und das große Ganze in den Blick zu nehmen.

Je nach Skalierungsfaktor kann es dann zunächst um kleinere Schritte gehen, zum Beispiel das Zusammenfassen von Bilanzkreisen. Ab einer bestimmten Größe, spätestens bei einigen Hundert Megawatt, wird man aber ganz anders bauen müssen. Dann kann man die Module nicht mehr in einzelnen Containern installieren, wie man es bei den kleineren Anlagen macht – schon allein, weil die Container in Summe zu teuer würden. Stattdessen baut man eine Anlage mit den Stacks in einem Bereich und den dazugehörigen umgebenden Anlagenteilen, zum Beispiel der Wasseraufbereitung, wie bei Greenfield-Projekten. Der Elektrolyseur würde also ähnlich geplant wie eine klassische Chemieanlage, auf offenem Feld – oder überdacht – mit getrennten Prozess- und Anlagenteilen. Wenn wir an so einem Prozess beteiligt sind, ist eine enge Zusammenarbeit sehr wichtig. Man muss sehr tief gemeinsam in den Prozess hineinschauen, damit es wirklich gelingt, Effizienzpotenziale zu heben und die Markteinführung zu verkürzen.

**Gibt es neben der Redundanz von Komponenten und der räumlichen Anordnung noch weitere Probleme bei der Skalierung, die man mit entsprechender Planung vermeiden kann?**

Ja, die gibt es, zum Beispiel in Bezug auf die Sicherheit. Wasserstoff ist ja ein explosives Gas. Und mit der Anlagengröße steigt auch die Menge des Gases und damit auch das Gefahrenpotenzial für umgebende Areale. Geräte und Armaturen müssen Sicherheits- und Abschalttrichtlinien entsprechen, im Störfall muss ein sicheres Herunterfahren möglich sein. Es gibt spezielle Software von AspenTech, die seit 2022 zu Emerson gehören, die dabei hilft, eine Anlage virtuell zu skalieren, und die auf absehbare Bottlenecks und Sicherheitsaspekte hinweist.

**Welche Rolle kann ein digitaler Zwilling in so einer virtuellen Skalierung spielen?**

Der Begriff „Digitaler Zwilling“ wird sehr unterschiedlich gebraucht. Im einfachsten Fall spricht man von einem virtuellen Abbild der Anlage. Der nächste Schritt ist, das digitale Abbild mit Daten aus dem laufenden Prozess zu speisen. So kann man abgleichen, ob die Simulation der Realität entspricht. Digitale Zwillinge von Emerson sind in der Lage, Daten aus der Simulation heraus mit Reaktionen von Feldinstrumenten und Steuerungselementen aus dem Feld abzugleichen und somit das Verhalten des Prozesses vorwegzunehmen. Das hilft zum Beispiel Elektrolyseherstellern oder EPCs ungemein, wenn es darum geht, die Skalierungseffekte von größer werdenden Anlagen vorab zu bewerten. Letztendlich ermöglicht das eine bessere Betriebsführung – mit höherer Effizienz, geringeren Kosten und einer höheren Lebensdauer der Komponenten.

**Haben Sie denn schon eine solche Skalierung bei einem Elektrolyseurhersteller umgesetzt, so dass Sie von den Erfahrungen berichten können?**

Erste Projekte in der Wasserstoffbranche haben wir global sehr viele. Zum Beispiel haben wir die weltgrößte PEM-Elek-

trolyseanlage mit Steuerung, Ventilen und Instrumenten ausgestattet. Sie steht bei Air Liquide in Bécancour, Kanada. Auch die Einbindung in den örtlichen Chemieprozess hat Emerson umgesetzt.

Wir können dabei auf unser Know-how aus anderen Branchen zurückgreifen. Ganz gleich, welche Elektrolyse-technologie – PEM, alkalische, AEM – zum Einsatz kommt, skalierte Elektrolyseure brauchen alle zum Beispiel sehr viel Wasser. Das Wasser muss demineralisiert und zum Elektrolyseur transportiert werden und dort mit der richtigen Temperatur und dem richtigen Druck ankommen. Wir kümmern uns darum, alle diese Größen zu messen, die passenden Ventile und Armaturen zu finden und den Prozess zu steuern – über den Elektrolyseur über die Gastrennung und -trocknung bis hin zur Gasanalytik am Ende, um zu prüfen, welcher Qualitätsstufe der Wasserstoff entspricht.

Die Stack-Produktion ist grundsätzlich schon weit automatisiert. Die Bipolarplatten werden zum Beispiel automatisch verschraubt. Auch dabei kommen teilweise Emerson-Komponenten zum Einsatz, zum Beispiel, um Bauteile mit Druckluft in eine bestimmte Position zu bringen.

**Für welche Firmen in der Wasserstoffbranche ist die Automatisierung oder sonstige Optimierung zusammen mit Emerson denn außerdem interessant?**

Wir sind in der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette aktiv: In der H<sub>2</sub>-Erzeugung, im Transport und der Verteilung sowie bei den Endverbrauchern. Ein Endverbraucher von Wasserstoff kann ein großer Chemiekonzern, Stahlkonzern oder eine Raffinerie sein, aber auch ein Unternehmen aus den Branchen Papier, Life Science und Zement. Wir haben zum Beispiel bei einem unabhängigen Betreiber aus Südkorea ein System aus zahlreichen H<sub>2</sub>-Tankstellen installiert. Er sieht nun genau, wie viel Wasserstoff zu welcher Zeit an welchen Tankstellen benötigt wird, wie viele Tankvorgänge stattfinden, ob irgendwo Probleme auftreten und welche logistischen Maßnahmen er zu treffen hat, um seine Lieferlogistik an den Bedarf anzupassen. Solche übergeordneten Steuerungen und Systemarchitekturen zur Aufnahme von Daten und Signalen spielen auch in großen Projekten der Sektorenkopplung eine Rolle, bei denen von der Erzeugung von grünem Strom mit Wind oder Photovoltaik über die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse bis hin zur Verteilung über Pipelines und Tankstellen oder an Brennstoffzellen alle Schritte überwacht und aufeinander abgestimmt werden können.

In einem anderen Fall haben wir eine komplette Mischung für die Einspeisung von Wasserstoff ins Erdgasnetz geliefert. Dabei haben wir mit einem Partner aus dem Anlagenbau zusammengearbeitet. Für einen Hersteller von Wasserstoffanlagen und EPCs ist das von großem Vorteil. Er verfügt über einen zentralen Ansprechpartner für alle Aspekte der Automatisierung, der alles aus einer Hand liefert. Das ist nicht nur deutlich schneller, sondern bringt auch einen eindeutigen CAPEX-Vorteil auf Seiten des Herstellers.

**Geht das alles schnell genug, um den Hochlauf einer Wasserstoffindustrie zu stemmen?**

Damit der Hochlauf gelingt, müssen alle Teile der Industrie gemeinsam skalieren. Da hilft kein Silodenken für einzelne Anlagen oder Hersteller. Viele Elektrolyseurhersteller machen bei der Skalierung einfach bereits Bekanntes in mehr und größer. Aber wenn man die Systemarchitektur nicht anpasst, erhöhen sich CAPEX-Kosten, und es bestehen Ineffizienzen, die gar nicht sein müssten. Eine frühzeitige Aus-

einandersetzung mit dem Gesamtkonzept Automatisierung, jenseits der Entwicklung neuer Membranen oder sonstiger Forschungsaufgaben, hat ein hohes Potenzial zur Kostensenkung. Um das zu heben, muss man frühzeitig vielerlei Ideen und Konzepte prüfen und benötigt einen Automatisierungspartner mit einem kompletten Portfolio. Alle müssen ihren Partnern gegenüber so weit wie möglich mit offenen Karten spielen, um gemeinsam Potenziale zu identifizieren.

**Können wir es mit einer guten Automatisierung in Deutschland und Europa schaffen, in der Wasserstofftechnik wettbewerbsfähig zu bleiben?**

Wir haben in Europa eine unglaubliche Bandbreite an Firmen und Unternehmen aus der Wasserstoffwirtschaft, speziell in Deutschland. Die Technologien dieser Firmen haben einen sehr hohen technologischen Reifegrad – die Anlagen werden global exportiert. Es gibt viele Firmen mit viel Know-how. Selbst wenn die Personalkosten hier höher sind, fällt das gegenüber einem anderen Aspekt kaum ins Gewicht. Das Problem sind vielmehr die Regularien und die Politik. In den USA gibt es beispielsweise den Inflation Reduction Act, bei dem die Firmen sehr viel Unterstützung bekommen, wenn ihre Wertschöpfung in den USA liegt. Das zielt insbesondere auf Unternehmen aus den Bereichen Umwelt und Nachhaltigkeit, wie zum Beispiel Hersteller von Wasserstoffanlagen oder Teilbereiche der Wasserstoffwertschöpfungskette. Das ist wegweisend für die europäische Industrie, das heißt, hier muss Europa dringend nachsteuern.

Ein anderes Thema ist, dass die Genehmigungen für Projekte und Anlagen in Europa viel zu lange dauern und zu verschieden sind. Ein einheitliches Regelwerk würde vieles vereinfachen. Aber nicht nur bei den Genehmigungen, auch bei anderen politischen Zusagen, wie zum Beispiel Förderungen und Vorgaben oder Zielen, dauert es in Europa sehr lange. Ein Beispiel ist die RED-III-Richtlinie. Die EU hat nun höhere Gesamtziele verkündet und die Beschleunigung der Genehmigungsverfahren fortgeschrieben. Trotzdem dauern die Verfahren noch zu lange. Wenn die Industrie der Wasserstoffwirtschaft in Europa und in Deutschland bleiben und weiter skalieren soll, muss hier also vieles schneller werden. ||

Autorin: Eva Augsten

#### ZUR PERSON:

Tassilo Gast ist Emerging Market Business Development Manager für die Region DACH (Deutschland, Österreich, Schweiz) bei Emerson. Das Unternehmen mit rund 70.000 Beschäftigten weltweit ist auf Automatisierungslösungen spezialisiert. Zu seinen Angeboten gehören Hardware wie Ventile und Messtechnik, Software für Simulation und Betriebsführung sowie Dienstleistungen wie Beratung und Planung. Im Mai 2022 erlangte Emerson eine Mehrheit an der Firma AspenTech, einem Spezialisten für Software zur Prozesssimulation. Emerson ist für Kunden verschiedener Branchen tätig, von der Brauerei bis zur Raffinerie. Auch in der Wasserstoffbranche hat Emerson viele Kunden. Der Hauptsitz des Unternehmens liegt in Saint Louis im US-Bundesstaat Missouri.

# MEHR SAUBERKEIT FÜR MAXIMALEN WIRKUNGSGRAD

## *Metallische Bipolarplatten effektiv und effizient reinigen*



Abb. 1: Durch die Ausstattung mit mehreren Düsen lässt sich mit der CO<sub>2</sub>-Schneestrahlreinigung die gesamte Oberfläche von Bipolarplatten zügig und mit einem guten Ergebnis reinigen

Geringes Gewicht und Volumen, gute Kaltstartfähigkeit sowie eine vergleichsweise günstige Serienproduktion sind Vorteile, mit denen metallische Bipolarplatten aufwarten können. Diese Kernelemente von Brennstoffzellen-Stacks übernehmen mit der Medienversorgung, elektrischen Anbindung und Kühlung entscheidende Aufgaben. Wie gut sie diese erfüllen, hängt unter anderem von der Sauberkeit des Materials sowie der gefügten Platte ab. Um eine möglichst effektive und wirtschaftliche Reinigung zu ermöglichen, hat Ecoclean Untersuchungen mit verschiedenen Verfahren durchgeführt.

Brennstoffzellen zählen zu den Schlüsseltechnologien für die Elektrifizierung von Fahrzeugantrieben und spielen auch bei der Energiewende als stationäre Energiequelle eine wesentliche Rolle. Kern eines Brennstoffzellensystems sind zu Stapeln (Stacks) verschaltete Bipolarplatten, die aus Anode und Kathode mit einer dazwischenliegenden protonenleitfähigen Folie bestehen.

Bipolarplatten erfüllen unterschiedliche Aufgaben: Sie verbinden die Anode einer Zelle mit der Kathode der benachbarten Zelle physikalisch und elektrisch. Zuständig ist die Bipolarplatte auch für die Zuführung der Reaktionsgase Wasserstoff (Anodenseite) und Luft (Kathodenseite). Die Platten verfügen dafür auf beiden Seiten über eingearbeitete Strömungsprofile (Flowfield), deren Gestaltung entscheidend für den Wirkungsgrad des gesamten

Aggregats ist. Darüber hinaus regeln die Bipolarplatten die Abgabe elektrischer Energie und den Abtransport von Wasserdampf. Eine weitere Funktion besteht im Wärmemanagement.

Die Fertigung der Platten kann aus unterschiedlichen Materialien erfolgen: hochkonzentriertes Grafit, Grafit-Kunststoff-Mischungen und Metallen. Insbesondere beim Einsatz in Kraftfahrzeugen bieten metallische Bipolarplatten Vorteile. Sie liegen im geringen Gewicht und Volumen sowie einer guten Kaltstartfähigkeit. Darüber hinaus bieten metallische Bipolarplatten das Potenzial für eine vergleichsweise kosteneffiziente Serienproduktion, die durch Skaleneffekte noch verbessert werden kann.

### SAUBERKEIT SICHERT QUALITÄT UND WIRKUNGSGRAD

Die Fertigung der Anode und Kathode metallischer Bipolarplatten erfolgt überwiegend aus 0,1 bis 0,2 mm dünnen Folien aus Edelstahllegierungen. Das Material wird üblicherweise von einem Coil abgewickelt, dessen Oberflächen aus der Herstellung mit unterschiedlichen Walz- und Zieh fetten, Ölen, Emulsionen und nicht bekannten Fremdstoffen verunreinigt sind. Im nächsten Schritt werden die Anoden- und Kathodenfolien mechanisch oder im Hydroforming präzise umgeformt und die Außenkonturen beispielsweise durch Stanzen oder Lasern geschnitten.

Aus diesen Prozessen verbleiben ebenfalls Reste der Bearbeitungsmedien (Öle und/oder Emulsionen) auf den Platten. Beim anschließenden Fügen der Anoden- und Kathodenplatte, was häufig in einem Laserschweißprozess erfolgt, entstehen zudem Schmauchspuren und Oxide. Abschließend werden die Bipolarplatten beschichtet. Spätestens davor ist ein Reinigungsschritt erforderlich, um eine homogene Beschichtung mit guter Haftfestigkeit sicherzustellen.

Bei eng gepackten Brennstoffzellen, mit denen auf kleinstem Raum eine hohe Leistung erzielt werden soll, empfiehlt es sich, bereits vor dem Fügen eine Reinigung durchzuführen. Sie verhindert, dass Verunreinigungen zwischen Anode und Kathode eingeschlossen werden, die sich durch die unweigerlich entstehende hohe Wärmeentwicklung lösen und die Mikrostrukturen der Flowfields verstopfen können. Dies würde zu einer Verringerung des Wirkungsgrads führen. Gleichzeitig reduziert der zwischengeschaltete Reinigungsschritt die Oberflächenverschmutzung aus Schmauch und Oxiden durch den Laserschweißprozess.

**DAS RICHTIGE VERFAHREN WÄHLEN** Wesentliche Herausforderung bei der Reinigung metallischer Bipolarplatten sind die meist unsichtbaren, chemisch-filmischen Rückstände auf den Oberflächen. Es handelt sich dabei um Öle, Fette, Emulsionen und weitere Chemikalien, deren Zusammensetzung häufig unbekannt ist. Diese unspezifischen Kontaminationen machen eine Reinigungslösung erforderlich, die deren zuverlässige und bedarfsgerechte Entfernung sicherstellt. Dafür hat die Ecoclean GmbH Untersuchungen mit der Laser-, CO<sub>2</sub>-Schneestrahl-, nasschemischen Lösemittelreinigung und Dampfstrahlen durchgeführt.

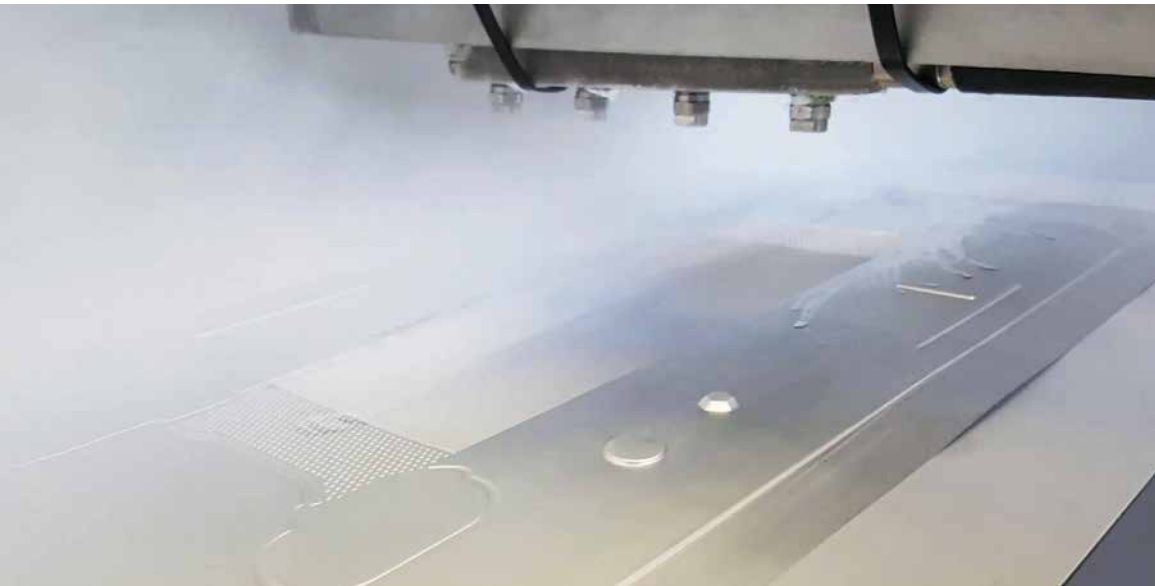


Abb. 2: Die Dampfreinigung basiert auf dem Zusammenspiel von Dampf mit einem exakt auf die Reinigungsaufgabe abgestimmten Flüssigkeitsanteil, einem Hochgeschwindigkeitsluftstrom und einem angepassten Düsensystem

Sowohl mit dem Laser als auch mit der CO<sub>2</sub>-Schneestrahlnreinigung lassen sich Schmutz und Oxide sowie chemisch-filmische Verunreinigungen und Partikel von den Schweißnähten der gefügten Bipolarplatten punktuell innerhalb weniger Sekunden gut entfernen. Bei der Reinigung der kompletten Oberflächen der Bipolarplatten werden mit beiden Verfahren ebenfalls gute Ergebnisse erzielt. Da mit dem Laser die Oberfläche Zeile für Zeile abgefahren werden muss, ist die Reinigung zeitintensiv. Bei der CO<sub>2</sub>-Schneestrahlnreinigung kann das System mit einer entsprechenden Anzahl von Strahldüsen ausgestattet werden, so dass eine zügige Bearbeitung der gesamten Oberfläche möglich ist.

Durch die nasschemische Reinigung mit Lösemittel im Flutverfahren konnten Öle und Fette sowie Partikel gut entfernt werden. Für die Abreinigung von Emulsionen, Schmutz und Oxiden ist das Verfahren dagegen nicht anwendbar. Eine nasschemische Tauchreinigung mit wasserbasierten Medien ist aufgrund der erforderlichen Trocknung nur bedingt und mit sehr hohem Aufwand möglich.

FT-IR Analyse – Lösliche Rückstände Bipolar Plate dampfgereinigt

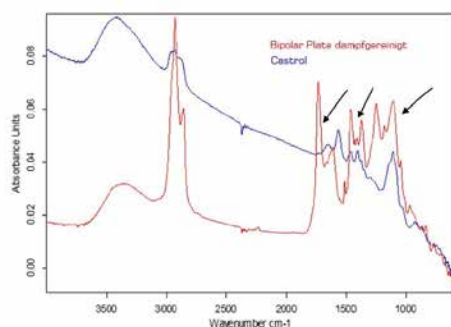


Abb. 3: Die Analyse der IR-Spektroskopie zeigt, dass mit der Dampfreinigung die Rückstände der Referenzverschmutzung komplett entfernt wurden [Quellen: Ecoclean GmbH]

Gute Ergebnisse wurden bei der Abreinigung filmisch-chemischer und partikulärer Verschmutzungen sowie von Schmutz und Oxiden mit dem Dampfstrahlen erreicht. Die Reinigungswirkung basiert bei diesem Verfahren auf dem Zusammenwirken von Dampf mit einem exakt auf die Reinigungsaufgabe abgestimmten Flüssigkeitsanteil, einem Hochgeschwindigkeitsluftstrom und einem angepassten Düsenkonzept. Der Reinigungsprozess beansprucht ebenfalls nur wenige Sekunden.

**KONTROLLIERTE REINIGUNGSVALIDIERUNG** Die Kontrolle der Reinigungsergebnisse erfolgt anhand der Oberflächenspannung mit den Messtechniken Kontaktwinkelmessung und Testtinten, durch Fluoreszenzmessung sowie Infrarotspektroskopie. Die Fluoreszenzmesstechnik erwies sich aufgrund nicht fluoreszierender Verunreinigungen als nicht geeignet. Bei den Eingangsmessungen der Oberflächenspannung zeigten die Bipolarplatten sehr unterschiedliche Verschmutzungswerte, die nach der Reinigung signifikant verringert waren.

Eine generelle Aussage, ob das Bauteil die für den nächsten Prozessschritt erforderliche Sauberkeit aufweist, lässt sich nicht treffen. Dafür sind entsprechend prozessspezifische Anforderungen zu ermitteln. Für die Infrarotspektroskopie werden an den Proben (Coilabschnitte und Bipolarplatten) zunächst alle Rückstände entfernt, also eine Referenzsauberkeit hergestellt. Nach der mittels IR-Spektroskopie erfolgten Analyse der Oberflächen werden die Proben mit einer Referenzverschmutzung verunreinigt, die Reinigung durchgeführt und danach erneut analysiert. Diese Analyse zeigt dann, dass mit der Dampfreinigung die filmisch-chemischen Verschmutzungen zuverlässig entfernt werden konnten.

Entsprechende Reinigungsversuche und -kontrollen führen die Experten für Bauteilreinigung und Oberflächenbearbeitung im Monschauer Testzentrum mit den genannten und weiteren Verfahren durch.

**AUTOMATISIERTE REINIGUNG** Für einen effizienten Workflow kann die Reinigung vor dem Fügen und/oder dem Beschichten in Fertigungslinien integriert werden. Die Automatisierung lässt sich dabei optimal auf die spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten der jeweiligen Produktionslinie anpassen. ||

Ecoclean gehört zur SBS Ecoclean Group, die zukunftsorientierte Anlagen, Systeme und Services für die industrielle Bauteilreinigung und Oberflächenbearbeitung entwickelt, produziert und vertreibt. Deren Lösungen unterstützen weltweit Unternehmen aus der Automobil- und Zulieferindustrie sowie dem breit gefächerten industriellen Markt bei effizienten und nachhaltigen Produktionsprozessen. Die Unternehmens-Gruppe ist mit zwölf Standorten weltweit in neun Ländern vertreten und beschäftigt mehr als 900 Mitarbeiter/innen.

# PHASENÜBERGANG EFFEKTIV NUTZEN

## Innovatives Kühlkonzept für Brennstoffzellen

H<sub>2</sub>-Brennstoffzellensysteme haben sowohl für den Bereich der Mobilität als auch für stationäre Anwendungen maßgebliche Vorteile gegenüber bereits etablierten Technologielösungen. Insbesondere zeichnen sie sich durch den emissionsfreien Betrieb, eine lange Lebensdauer sowie hohe erreichbare Wirkungsgrade aus. Oft schrecken jedoch vergleichsweise hohe Anschaffungskosten potentielle Anwender ab. Um diese Kosten zu reduzieren, sollen großserientechnisch herstellbare Bipolarplatten besonders materialsparend gestaltet werden. Durch ein innovatives Kühlkonzept können Anwendungen nicht nur günstiger, sondern auch kleiner und leichtgewichtiger realisiert werden.

Eine Verringerung des Bauraums resultiert in einer Steigerung der Leistungsdichte des Systems wie auch in einer Erhöhung der in dem System vorhandenen Wärmestromdichte. Hieraus ergeben sich große Herausforderungen hinsichtlich der effizienten Temperierung von Brennstoffzellensystemen. Neben etablierten Luft- und Flüssigkeitskühlösungen ist eine Kühlung mittels Änderung des Aggregatzustandes des Kühlmediums ein besonders vielversprechender Ansatz. Durch eine gezielte Gestaltung der geometrischen Oberflächeneigenschaften von Bipolarplatten lassen sich einerseits höhere Energiemengen abführen und andererseits die Temperaturverteilung entlang einer Bipolarplatte gezielt einstellen. Innerhalb des HZwo:FRAME-Verbundprojekts „Innovative Kühlsysteme für Brennstoffzellen“ konnte ein auf dem Phasenübergang eines Kühlmediums basierendes Kühlkonzept entwickelt und der Funktionsnachweis im Labormaßstab erbracht werden.

**HÖHERE ANFORDERUNGEN AN WÄRMEABFUHR** Für den effizienten Betrieb eines Brennstoffzellensystems ist eine effektive und zielgenaue Temperierung von zentraler Bedeutung. Derzeit werden in kommerziell erhältlichen BZ-Stacks zwei Kühlmethode angeboten: Luft- und Flüssigkeitskühlung [1].

Eine Luftkühlung zeichnet sich vor allem durch ihre konstruktive Einfachheit aus. Der technische Aufwand ist

hierbei gegenüber flüssigkeitsbasierten Kühlsystemen deutlich geringer, da neben einem Lüfter keine zusätzlichen Elemente erforderlich sind. Limitiert werden die Einsatzmöglichkeiten der Luftkühlung in erster Linie durch die verhältnismäßig niedrige abführbare Wärmemenge. Außerdem führen luftgekühlte Systeme häufig zu einer stark inhomogenen Temperaturverteilung innerhalb der Brennstoffzellen, was deren Wirkungsgrad und Langzeitstabilität negativ beeinflussen kann. Aktiv luftgekühlt werden meist Stacks mit einer elektrischen Leistung unter 5 kW, die beispielsweise für stationäre Anwendungen genutzt werden.

Für die Temperierung von Brennstoffzellen-Stacks mit einer elektrischen Gesamtleistung von mehr als 5 kW, beispielsweise für Fahrzeuge, hat sich die Flüssigkeitskühlung etabliert. In flüssiggekühlten BZ-Systemen wird das Kühlmedium innerhalb eines Kreislaufs durch spezielle Kühlkanäle, welche in die Brennstoffzellen integriert sind, gepumpt. Das Kühlmedium muss die hier aufgenommene Wärme in einem nachgeschalteten Wärmetauscher wieder an die Umgebung abgeben.

Im Rahmen aktueller Entwicklungen rücken zunehmend dünne metallische Bipolarplatten in den Fokus, da solche Bipolarplatten in Zukunft kostengünstig in Serie produziert werden können. Gleichzeitig kann die Leistungsdichte von Brennstoffzellen erhöht und somit neue Anwendungsbereiche und Miniaturisierungsmöglichkeiten von Brennstoffzellensystemen adressiert werden. Vor diesem Hintergrund werden allerdings die beschriebenen konventionellen Kühllösungen, basierend auf reiner Konvektion, in Zukunft nicht mehr dazu ausreichen, die erforderlichen Wärmemengen über die noch zur Verfügung stehenden Flächen abzuführen.

Eine Zweiphasenkühlung (auch Siedekühlung genannt) bietet die Möglichkeit, die hohen erforderlichen Wärmestromdichten, d. h. die Wärmeenergie bezogen auf die Fläche und das Zeitintervall zur Kühlung von miniaturisierten Brennstoffzellen, zu erreichen. Hierbei wird der Effekt ausgenutzt, dass beim Phasenübergang des Kühlmediums in den gasförmigen Zustand ein hoher Energiebetrag – die

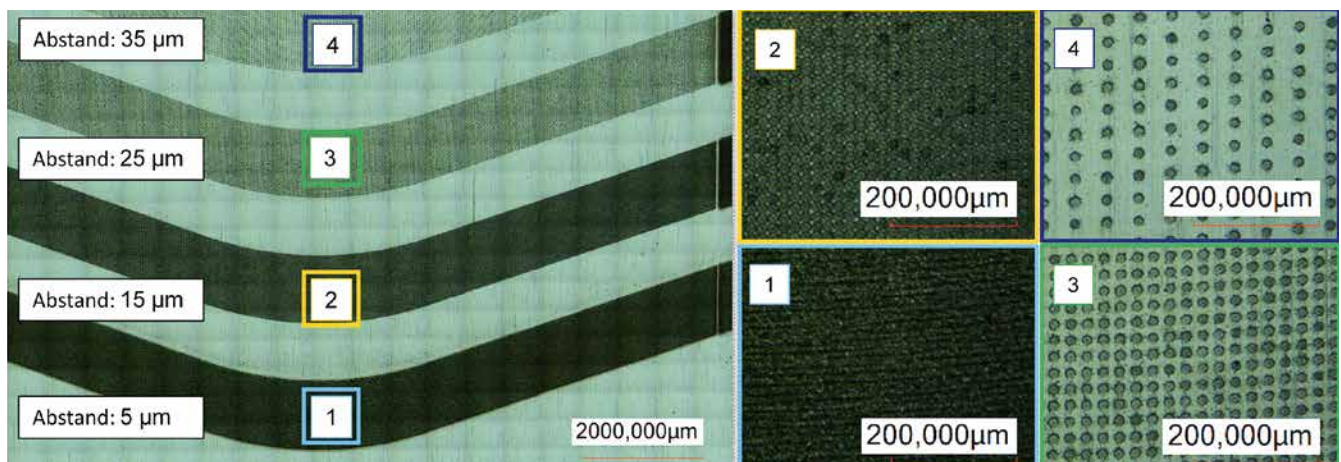


Abb. 1: Strukturierung von Probewerkstücken mittels Laserstrahlabtragen zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Mikrostrukturdichte und Oberflächenfunktionalisierung



**DRUCKTRANSMITTER**

**TEMPERATURTRANSMITTER**

**KRYOGENE TEMPERATUR-  
TRANSMITTER BIS -250°C**

*...für spezifische Anforderungen  
in spezifischen Anwendungen*

*...100% kundenspezifisch !!!*



**Besuchen Sie uns:**

**... 19.-20.02.2024**



**... [www.ADZ.de](http://www.ADZ.de)**

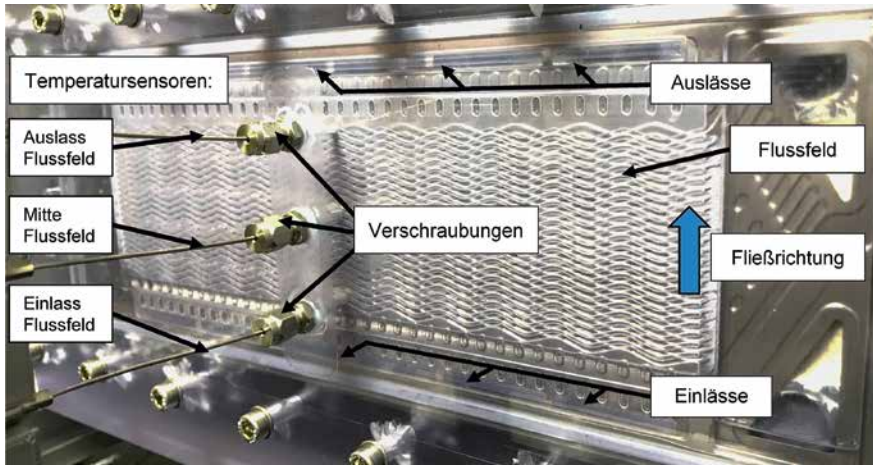


Abb. 2: Prüfstand: Prozesskammer mit integrierter Bipolarplatte und Temperatursensork

Verdampfungsenthalpie – benötigt wird, welcher der Brennstoffzelle während des Phasenübergangs an der Oberfläche der Bipolarplatten entzogen wird und daher in erheblichem Maße zur Kühlwirkung beiträgt. Da dieses leistungsfähige Kühlkonzept auf geringe Volumenströme des Kühlmediums angewiesen ist, kann damit auch die Leistung der erforderlichen Peripherie, wie etwa der Pumpen im Vergleich zu Luft- oder Flüssigkeitskühlungen, deutlich reduziert werden [2].

**BEARBEITUNG MITTELS LASERSTRAHLABTRAGEN** Die Forschungsarbeiten sind insbesondere durch das große Potential der Siedekühlung für das effiziente Wärmemanagement von Brennstoffzellensystemen motiviert. Hierbei stand die metallische Bipolarplatte als ein wesentliches Funktionselement der Brennstoffzelle im Fokus. Im Rahmen der Entwicklung mussten Designkonzepte für die neue Kühlmethode entwickelt und umgesetzt werden, wie etwa die simulationsbasierte Berechnung einer optimierten Kühlmediumströmung oder die Gestaltung beständiger Dichtungen. Schlussendlich war es vorgesehen, die metallischen Bipolarplatten aus einem 100 Mikrometer dicken Ausgangsblech umformtechnisch herzustellen und diese anschließend hinsichtlich der Anforderungen des neuen Kühlkonzepts zu modifizieren.

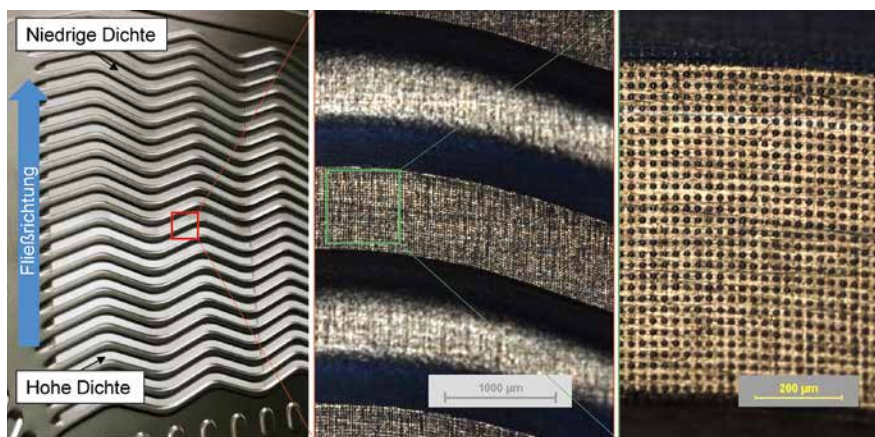


Abb. 3: Strukturierte Bipolarplatte mit in Fließrichtung sinkender Dichte der Mikrostrukturen (links); Detailansicht Wellenstruktur (mittig); Detailansicht Mikrostrukturierung (rechts)

Ein Ziel, das im Rahmen des Projekts verfolgt wurde, war eine homogene Temperaturverteilung auf der Bipolarplatte. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine geeignete Oberflächenfunktionalisierung als Methode zur Beeinflussung des Wärmeübergangskoeffizienten gewählt. Eine solche Oberflächenfunktionalisierung konnte durch die Einbringung von Mikrostrukturen in Form von Einzelpulsabträgen mittels Laserstrahlbearbeitung realisiert werden. Derartige Mikrostrukturen bewirken zum einen eine Vergrößerung der realen Oberfläche der Bipolarplatte und zum anderen eine Erhöhung der Keimstellenzahl für die Blasenbildung beim Phasenübergang.

Als ein relevanter Gestaltungsparameter wurde in diesem Zusammenhang die sogenannte Mikrostrukturdichte (Anzahl Mikrostrukturen pro Fläche) durch >>



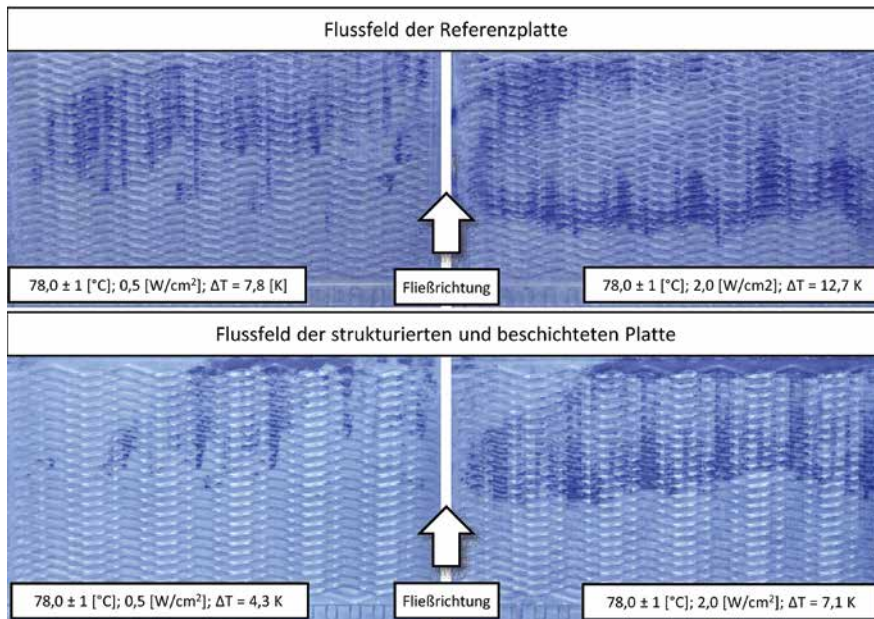


Abb. 4: Ergebnisse der optischen Untersuchung: Intensität der Blasenbewegung (dunkelblaue Bereiche) im Flussfeld der Referenzplatte (oben) sowie der strukturierten und beschichteten Platte (unten) bei Prozessparametern (Einlasstemperatur des Kühlmediums und Wärmestromdichte von Bipolarplatte): 78 °C und 0,5 W/cm<sup>2</sup> (links); 78 °C und 2 W/cm<sup>2</sup> (rechts) [Quellen: TU Chemnitz]

42

Variation des räumlichen Abstandes zwischen den einzelnen Pulsabträgen untersucht. In 1 sind Ergebnisse der Mikrostrukturierung von Probewerkstücken bei unterschiedlichen Pulsabständen von 5 µm bis 35 µm gezeigt.

**FUNKTIONSNACHWEIS IM LABORMASSSTAB** Zur Untersuchung des Wärmeübergangs der modifizierten Bipolarplatten wurde ein Laborprüfstand entwickelt und umgesetzt (s. Abb. 2). Der Messstand wurde derart konzipiert, dass die technischen Bedingungen denen des realen Anwendungsfalls entsprechen und im Bereich realistischer Lastveränderungen variiert werden können. Eine transparente Prozesskammer und eine Bipolarplatte hüllen die Kühlkanäle ein und ermöglichen dabei, ablaufende Strömungs- und Siedeprozesse des Kühlmediums optisch zu erfassen. Zusätzlich wurden mittig in Strömungsrichtung drei abgeschirmte Thermolemente gleichmäßig über der Bipolarplatte verteilt, welche zur messtechnischen Erfassung der Temperaturverteilung im Kühlmedium genutzt wurden.

Innerhalb der Experimente wurden unter anderem eine geprägte Referenz-Bipolarplatte sowie eine laserstrukturierte, beschichtete Bipolarplatte charakterisiert. Um eine möglichst homogene Temperaturverteilung entlang der Strömungsrichtung zu erreichen, wurde die Mikrostrukturdichte in Abhängigkeit der Strömungsrichtung und Strömungslänge variiert.

Anhand des Prüfstandes konnte experimentell der Einfluss der Oberflächenfunktionalisierung auf das Phasenübergangsverhalten gezeigt und untersucht werden. Siedevorgänge auf der strukturierten Oberfläche waren hierbei weniger intensiv ausgeprägt als auf der unstrukturierten Referenzplatte (s. Abb. 4). Auch die Messungen mittels der Temperatursensoren bestätigten, dass die maximal auftretenden Temperaturen durch die Oberflächenfunktionalisierung der Bipolarplatte verringert werden konnten. Zudem war die Temperaturverteilung entlang der Strömungsrichtung des Kühlmediums deutlich gleichmäßiger: Die Temperaturerhöhung  $\Delta T$  entlang der strukturierten und beschichteten Platte war für alle untersuchten Parametersätze im Vergleich zur Referenz-Bipolarplatte geringer.

Es konnte somit nachgewiesen werden, dass die thermodynamischen Eigenschaften der Bipolarplatten, insbesondere im Bereich der Verdampfungszone, durch die Mikrostrukturierung beeinflusst und eingestellt werden können. Die im Rahmen dieses Projekts erzielten Ergebnisse stellen einen weiteren Schritt in Richtung kostengünstiger und gleichzeitig platzsparender Brennstoffzellenstacks dar. ||

## ÜBER DAS PROJEKT

Im Rahmen des Vorhabens wurden grundlegende und anwendungsrelevante Erkenntnisse für die Gestaltung sowie für die technologische Umsetzung eines auf dem Verdampfungsprinzip basierenden Brennstoffzellenstacks mit metallischen Bipolarplatten erarbeitet und unter realitätsnahen Bedingungen validiert. Zur Erreichung der Projektziele haben folgende Projektpartner zusammengearbeitet: WätaS Wärmetauscher Sachsen GmbH, Fischer Werkzeugbau GmbH, CeWOTec Chemnitzer Werkstoff- und Oberflächentechnik gGmbH, Professur Mikrofertigungstechnik und Professur Alternative Fahrzeugantriebe an der Technischen Universität Chemnitz. Förderung und Projektträger: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) / Sächsische Aufbaubank (SAB)

## Literatur

- [1] A. Fly and R. H. Thring, A comparison of evaporative and liquid cooling methods for fuel cell vehicles, *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 41, no. 32, pp. 14217–14229, 2016, ISBN: 0360-3199, ISSN: 03603199, DOI:10.1016/j.ijhydene.2016.06.089
- [2] G. Zhang and S. G. Kandlikar, A critical review of cooling techniques in proton exchange membrane fuel cell stacks, *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 37, no. 3, pp. 2412–2429, Feb. 2012, ISSN: 03603199, DOI:10.1016/j.ijhydene.2011.11.010



Autoren:

Igor Danilov, M. Sc  
→ igor.danilov@  
mb.tu-chemnitz.de



Dipl.-Ing. (FH) Ingo  
Schaarschmidt, M. Sc  
→ ingo.schaarschmidt@  
mb.tu-chemnitz.de



Dr.-Ing. Philipp Steinert  
→ philipp.steinert@  
mb.tu-chemnitz.de

# RIESIGER FORTBILDUNGSBEDARF

## Auch im H<sub>2</sub>-Sektor herrscht Fachkräftemangel



Abb. 1: Drei der insgesamt sechs Doktoranden vom Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik an der TU Dresden: Henrik-Gerd Bischoff, Thomas Just, Maximilian Grabowski (v. l.)

Allerorts ist derzeit die Rede vom Fachkräftemangel – auch im Energiesektor, insbesondere im Wasserstoffbereich. Während in anderen Industriezweigen immerhin ein bereits existierendes Aus- und Weiterbildungssystem etabliert ist, geht es im H<sub>2</sub>- und BZ-Sektor jetzt erst so richtig los. Da noch kein Markt für Elektrolyseure oder Brennstoffzellenanwendungen existiert, müssen zunächst Fachkräfte ausgebildet werden, die diese neuen Produkte bauen sowie dann auch installieren, warten und reparieren können. Dafür bedarf es aber erst einmal entsprechender Ausbildungswege sowie fachkundiger Personen, die den zukünftigen TechnikerInnen etwas beibringen können. Die gute Nachricht ist, dass sich in den vergangenen Monaten mannigfaltige Akteure dieser verantwortungsvollen Aufgabe angenommen haben. Deutschlandweit sprießen derzeit H<sub>2</sub>-Akademien und BZ-Seminare aus dem Boden..

Vor Jahren gab es bereits zaghafte Versuche, das Thema Aus- und Weiterbildung im H<sub>2</sub>- und BZ-Sektor zu bespielen. Einige der damaligen Akteure sind allerdings auf der Strecke geblieben oder haben sich aus diesem Bereich wieder zurückgezogen, weil es bislang immer nur kurzzeitige Hypes um Wasserstoff gab, aber keinen Markt.

Dies ist heute anders: Nach einhelliger Meinung ist der derzeitige Boom rund um Wasserstoff kein Kurzzeitphänomen, sondern der Anfang einer Zeitenwende im Energiesektor. Dementsprechend groß ist die Nachfrage nach Personal, das sich mit H<sub>2</sub>- und BZ-Technik auskennt. Doch dies ist Mangelware. In den vergangenen Jahren existierten kaum adäquate Studiengänge oder auch Lehrberufe.

Vor 15 Jahren gab es einige zaghafte Bemühungen, im Rahmen des NIP-Leuchtturms Callux entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen für das Handwerk einzurichten, aber davon ist heute nichts mehr übrig. Auch das OTTI gibt

es nicht mehr. Das Ostbayerische Technologie-Transfer-Institut e. V., das Fachveranstaltungen auch für H<sub>2</sub>-Technik angeboten hatte, hat 2017 seinen Betrieb nach vier Jahrzehnten eingestellt.

Immerhin hat das ehemalige Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm (WBZU) trotz vieler magerer Jahre durchgehalten und mit Hilfe der Handwerkskammer Ulm überdauert. Seit vielen Jahren heißt es inzwischen Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien. In den vergangenen Monaten war es damit beschäftigt, die alte Expertise im H<sub>2</sub>-Sektor wieder neu aufzubauen. So ist mittlerweile auf der Website ein neues Bildungsangebot für den Umgang mit Wasserstoff zu finden.

Andere Anbieter sind da schon deutlich weiter: Sowohl die verschiedenen Schwesterunternehmen des TÜV als auch der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) haben die Zeichen der Zeit erkannt und bieten seit geraumer Zeit Seminare rund um die rege nachgefragte H<sub>2</sub>-Technik an.

**VERBANDSEBENE** Ein entscheidender Akteur ist der Deutsche Verband des Gas- und Wasserfaches (DVGW). Der technisch-wissenschaftliche Verein mit Sitz in Bonn ist seit zig Jahren in der Normierung, Zertifizierung und Standardisierung im Erdgassektor tätig. Seit einigen Jahren >>

43

#powerfulDC

## POWERBOXEN

#hydrogen

### All Inclusive für jede H<sub>2</sub>-Elektrolyse:

Megawatt-Anlagen von der Mittelspannungseinspeisung bis zur DC-Versorgung der Stacks, komplett anschlussfertig und getestet

- Global** mechanischer und elektrischer Aufbau für In- & Outdoor
- Effizient** MS-Gleichrichtertrafo und Gleichrichter in Thyristor-Technologie
- Netzkonform** Blindleistungskompensations- und Filteranlagen sofern notwendig
- Individuell** Mittelspannungs- und Niederspannungsschaltanlagen sowie Hilfsstrafos


[www.ips-fest.de](http://www.ips-fest.de)
**IPSORGB  
FEST**

Best in Class: Wirkungsgrad, Langlebigkeit, Zuverlässigkeit



Abb. 2: Präzisionsprüfstand von Sebastian Eisenhuth zur Ermittlung des Konzentrationsverhältnisses von Ortho- und Para-Wasserstoff

hat er sich nun den grünen Gasen angenommen. Mit sehr viel Vehemenz versucht der Verband sowohl seine Mitglieder als auch die Politik sowie die gesamte Energiewirtschaft davon zu überzeugen, dass es zukünftig nicht nur Elektronen bedarf, sondern auch Moleküle – am besten grüner Moleküle.

Dementsprechend bietet der DVGW inzwischen bereits ein umfangreiches Programm an Bildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen an: Praxis-Workshops, Zertifikats- und Sachkundigenlehrgänge sowie Schulungen und E-Learning-Module rund um Wasserstoff.

Diesen Wandel von der fossilen zur nachhaltigen Energieversorgung nimmt ihm noch nicht jeder ab, deswegen scheint sich der DVGW umso stärker für eine grüne Wasserstoffwirtschaft einzusetzen, wobei allerdings ausdrücklich auch der Weg über blauen Wasserstoff befürwortet wird. Dass der DVGW weiterhin eine wichtige Rolle im Gassektor spielen wird, liegt in der Natur der Sache, da seine Mitglieder über millionenschwere Assets verfügen, die möglichst lange weiter genutzt werden sollen. Eine Stilllegung des gesamten Gasversorgungssystems erscheint gerade in der jetzigen Situation wenig sinnvoll, da es vergleichsweise einfach auf Wasserstoff umgerüstet werden kann.

**HOCHSCHULEBENE** Im Hochschulsektor bleibt das Angebot nach wie vor recht dünn. Lediglich in Dresden und Esslingen gibt es Bemühungen, einen Masterstudiengang für Wasserstoff zu etablieren. Die Teilnehmerzahlen sind allerdings bislang sehr überschaubar. Einer der Vorreiter war hier Prof. Hans Quack, der bereits 2008 einen Masterstudiengang Wasserstofftechnik an der Dresden International University (DIU) initiierte.

#### STUDIENGANG „WASSERSTOFFTECHNOLOGIE UND -WIRTSCHAFT (M.SC.)“

Der neue Studiengang aus dem Fachbereich Ingenieurwissenschaften, der von der Dresden International University (DIU) auch in Kooperation mit der Technischen Akademie Esslingen angeboten wird, ist in Deutschland einzigartig. Er verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz, bei dem Studierende berufsbegleitend sowohl die Fach- als auch die Managementkompetenz auf dem Gebiet von wasserstoffbasierten Energiesystemen erlangen. Er richtet sich an IngenieurInnen, NaturwissenschaftlerInnen sowie AbsolventInnen anderer technischer und wirtschaftlicher Studiengänge, die in der beruflichen Praxis tätig sind und ihre Kompetenzen im Hinblick auf die Gestaltung dieses Zukunftsfeldes erweitern wollen. Die im Jahr 2003 gegründete DIU beschäftigt rund 40 Mitarbeitende, die wiederum 1.400 Studierende aus unterschiedlichen Bereichen (z. B. Gesundheitswesen, Medizin, Ingenieurwesen, Recht) betreuen. Insgesamt sind über 300 DozentInnen aus Wissenschaft und Wirtschaft über Werkverträge eingebunden.

An der DIU in Dresden und der TAE in Ostfildern kann nach drei Semestern und dem Erwerb von 60 ECTS-Punkten als Abschluss der Master of Science erlangt werden. In Dresden wird zusätzlich zum Master (895 € pro Monat) auch das CAS (Certificate of Advanced Studies – Small: 4.500 € und Advanced: 6.500 €) angeboten. Nächster Starttermin in Esslingen ist nicht wie ursprünglich geplant das Wintersemester 2023, sondern das Sommersemester 2024. In Dresden soll es im Herbst 2023 losgehen.

Der ehemalige Inhaber des Lehrstuhls für Kälte- und Kryotechnik der TUD konnte damals das Who-is-who (z. B. Dr. Johannes Töpler sowie Dr. Ulrich Schmidchen vom DWV, Prof. Dr. Jürgen Garche vom WBZU Ulm, Prof. Dr. Ulrich Bünger vom LBST und Arno A. Evers) als Dozenten gewinnen. Auch ich durfte einmal über „H<sub>2</sub> in den Medien“ referieren. Das Studium zum Master of Science in Hydrogen Technology umfasste 600 Präsenzstunden, die auf jeweils drei Wochen pro Semester innerhalb von zwei Jahren verteilt wurden (s. HZwei Oktober-Heft 2008). Heutige Lehrstuhlinhaberin an der TU Dresden ist seit September 2022 Prof. Christiane Thomas.

Schon damals stand Christoph Haberstroh an der Seite von Prof. Quack, der offiziell 2008 emeritierte, aber noch bis 2010 weiter lehrte. Seitdem kümmert sich Prof. Haberstroh als Gruppenleiter um die Kryogentechnik am Institut für Energietechnik in Dresden. Unter anderem arbeitete er mit seinem Team an der Entwicklung von Kryogenpumpen sowie den LH<sub>2</sub>-Tanks für die Brennstoffzellen-Trucks von Daimler und Volvo. Ein Ziel ist hierbei, das spezifische Tankgewicht deutlich zu reduzieren. Wogen herkömmliche Kryogenspeicherbehälter noch 17 kg pro Kilogramm Wasserstoff, liegt dieser Wert derzeit bei 11 bis 12 kg/kg<sub>H<sub>2</sub></sub>. Mit Hilfe leichter Verbundwerkstoffe werden jedoch 1 kg/kg<sub>H<sub>2</sub></sub> angepeilt.

Derartige Entwicklungen spiegeln wider, dass momentan im gesamten Kryogenektor seit einigen Monaten eine merkliche Themenverschiebung von flüssigem Helium zu Wasserstoff festzustellen ist. Wie die Doktoranden Henrik-Gerd Bischoff, Thomas Just und Maximilian Grabowski (s.

Abb. 1) gegenüber HZwei mitteilten und wie auch Prof. Haberstroh bestätigte, werden derzeit „klassische Kernthemen von flüssigem Wasserstoff an den Rand gedrängt“. Insbesondere in den USA steht LH<sub>2</sub> stark im Fokus, auch weil dort infolge der Raumfahrttechnik bereits umfassende Erfahrungen beim Umgang mit flüssigem Wasserstoff vorliegen.

Wie Prof. Hans Müller-Steinhagen in den Räumlichkeiten der DIU gegenüber HZwei berichtete, starteten im Herbst 2022 zwölf Teilnehmer mit dem komplett neu gestalteten H<sub>2</sub>-Studiengang der DIU. Müller-Steinhagen war nach langjähriger Tätigkeit beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) von 2010 bis 2020 Rektor der TU Dresden und anschließend bis September 2022 Präsident der DIU. Inzwischen ist er im Ruhestand, ist aber noch wissenschaftlicher Leiter für den Studiengang Wasserstofftechnologie und -wirtschaft (M.Sc.).

Seinen Ausführungen zufolge sei es mit diesem Studiengang gelungen, ein attraktives Angebot für Fachleute zu schaffen, die berufsbegleitend Weiterbildung im Wasserstoffsektor anstreben. „Wir wollen Generalisten ausbilden, die das Thema aus mittlerer Flughöhe kennen und beurteilen können – keine Wissenschaftler“, so der Maschinenbauingenieur. Häufig sei es so, dass die Betriebe die nicht ganz unerheblichen Weiterbildungskosten zumindest zum Teil übernehmen oder Mitarbeitende von der Arbeitszeit freistellen. Erklärtes Ziel sei, dieses Mal die Studierendenzahl bis auf 15 Personen zu erhöhen und zukünftig weiter auszubauen.

Auch für Dr. Johannes Töpler, der bei diesem Studiengang das Modul Mobilität leitet, ist die Aus- und Weiterbildung ein Herzensthema. Der Physiker war einer der >>

45

## 25. - 26.10.2023 | Messe Dresden CLEAN HYDROGEN CONVENTION

Kongress mit internationaler Begleitmesse für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien



### Wie kann Wasserstoff die Energiewende vorantreiben?

Die **CLEAN HYDROGEN CONVENTION** bietet im Herbst 2023 die bedeutendste politische Diskussionsplattform, die den Fokus auf Wasserstoff als zukunftsweisende Energiequelle legt.

Es erwarten Sie:

- ⊕ **TOP-Panelgäste** wie Nils Aldag/**Sunfire GmbH**, Ralph Bahke/**Ontras Gastransport GmbH**, Thomas Hörtinger/**LEAG**, Dr. Jörg Lässig/**SITEC Industrietechnologie GmbH**, Mario Schäfer/**Pierburg Pump Technology GmbH**, Prof. Dr.-Ing. Thomas von Unwerth/**TU Chemnitz**, Dr. Sylvia Schattauer/**Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES**
- ⊕ das **15. Sächsisch-polnische Wirtschaftsforum** mit Gästen aus Niederschlesien
- ⊕ das Themenforum: „**Wasserstoffregion Lausitz als Schlüssel der Energiewende**“

Begleitend dazu findet erstmals die **CHC FAIR** statt – das einzigartige Messeformat bietet Unternehmen, StartUps und Netzwerken auf internationaler Ebene die Möglichkeit, sich zu präsentieren und in den Austausch der Wasserstoffakteure von morgen zu treten!

Auf der messeeigenen **NOW GmbH Bühne** präsentieren sich unsere Netzwerkpartner, um ihre neuesten Produkte und Entwicklungen zu vorzustellen. **Ein Muss für alle Technikbegeisterten und Zukunftsdenker!**

Veranstalter

WASSERSTOFFLAND  
SACHSEN  
Sächsischer Innovationscluster für  
Brennstoffzellen und Wasserstoff



Kooperationspartner

MESE DRESDEN



WASSERSTOFFNETZWERK  
LAUSITZ



### KONGRESS-PROGRAMM UND TICKETSHOP

Aktuelle Informationen zum Kongress, Messe- und Ausstellerinfos u. v. m.:



[www.hzwo.eu](http://www.hzwo.eu)

Wir denken  
Bildung neu.



**D/IU**  
Dresden  
International  
University



Abb. 3: Prof. Hans Müller-Steinhagen

46

H<sub>2</sub>-Pioniere bei Daimler und lange Jahre Vorsitzender des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbands e. V. Obwohl er längst im Ruhestand ist, treibt er insbesondere im DWV Bildungsthemen unermüdlich voran, lehrte unter anderem durchgehend jahrelang seit 2004 an der Technischen Akademie Esslingen (TAE) sowie für das Haus der Technik (HdT) in Zusammenarbeit mit dem DWV und hat wesentlich am Zustandekommen dieses Studienganges mitgewirkt.

Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme (IWES) und der Leibniz Universität Hannover bietet die Carl von Ossietzky Universität Oldenburg eine berufsbegleitende Weiterbildung für Fach- und Führungskräfte an. Diese praxisnahe Maßnahme mit Teamarbeiten und Exkursionen ist für ein Semester konzipiert und kostet 6.000 Euro.

In ähnlicher Weise offeriert auch das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST) vierteljährig einen Zertifikatkurs an, um Unternehmen fit für das Wasserstoffzeitalter zu machen. In Präsenz auf dem Wasserstoff-Campus Salzgitter bei der Robert Bosch Elektronik GmbH sowie mit Online-Kursen kann die gesamte Wertschöpfungskette der H<sub>2</sub>-Wirtschaft kennengelernt und ein Personenzertifikat als „Fachkundige\*r Wasserstoff mit TÜV Rheinland geprüfter Qualifikation“ erworben werden – Teilnahmegebühren: ca. 5.700 Euro.

**AKADEMIEEBENE** Die Hydrogen Academy ist ein neuer Player im Weiterbildungssektor. Sie wurde im Sommer 2022 von Lifte H2 und TesTneT gegründet und verfügt inzwischen über rund 20 Personen, die sich um praxisorientierte, kundenspezifische Schulungen kümmern. Tom Elliger, der früher beim TÜV Süd arbeitete und im Sommer 2021 zu Lifte H2 wechselte, erklärte gegenüber HZwei: „Das Interesse ist riesig.“

Nach eigener Aussage ist die Hydrogen Academy das „derzeit einzige Trainingszentrum, das sich rein auf Wasserstoff spezialisiert“. Die Kurse werden teils online und teils bei TesTneT nahe München, bei Lifte H2 in Berlin oder beim Kunden durchgeführt.

Ein weiterer Akteur ist seit einigen Monaten die Heinze Akademie. Gemeinsam mit der Handwerkskammer Hamburg und anderen Partnern bietet diese norddeutsche Einrichtung ein Expertentraining in Vollzeit sowie eine berufsbegleitende Weiterbildung für Fachkräfte rund um Wasserstoffsysteme an.

Etwas internationaler geht es bei der Renewables Academy (RENAC) AG zu. Diese in Berlin ansässige Institution hat ein zertifiziertes 120-stündiges E-Learning-Programm zu Green Hydrogen and Renewable Power-to-X Professional (PtX) entwickelt, das asynchron (24/7) in Eigenregie durchgeführt werden kann und die wichtigen technischen und wirtschaftlichen Aspekte von PtX-Anwendungen wie Wasserstoff, Wärmepumpen und Elektromobilität abdeckt. Das nächste Semester startet im Oktober 2023 – Teilnahmegebühren: 1.710 Euro.

Im November beginnt dann auch die nächste Runde der HySchool, allerdings auf sehr viel einfacherem Niveau. Dieses Weiterbildungsangebot wird von dem Ferngasnetzbetreiber Open Grid Europe (OGE) sowie der RWTH Business School organisiert. Wahlweise kann das H<sub>2</sub>-Kick-Starter zum Einstieg in die Materie oder das H<sub>2</sub>-Deep-Diver-Programm für einen vertieften Einblick belegt werden. Die Teilnehmenden erhalten dann an zwei Tagen das erforderliche Wissen, um die H<sub>2</sub>-Strategie in ihrem Unternehmen vorantreiben zu können – Teilnahmegebühren: 1.450 Euro.

Sollten dann auch irgendwann die Gelder für die Innovations- und Technologiezentren für Wasserstoff bewilligt werden, könnte auch in Duisburg unter Beteiligung des Zentrums für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) ein großer Komplex für die Aus- und Weiterbildung entstehen (s. HZwei-Heft Jan. 2023). Dort wird beispielsweise bereits daran gearbeitet, dass der Sicherheitsleitfaden für Berufsfeuerwehren erneuert wird. Aber solange noch keine Freigabe vom Bund erfolgt ist (s. HZwei-Heft April 2023), darf noch nicht wie gewünscht losgelegt werden.

Derweil wird in Nordrhein-Westfalen ein „europaweit einzigartiges Schulungszentrum“ aufgebaut. Wie Open Grid Europe vermeldete, erfolgte am 7. August 2023 in Werne der erste Spatenstich durch Ministerpräsident Hendrik Wüst für eine H<sub>2</sub>-Trainingsstrecke, wo der Fernleitungsnetzbetreiber ab 2024 sein Personal zu Experten im praktischen Umgang mit Wasserstoff im Ferngasnetz schulen will. ||

- [www.di-uni.de](http://www.di-uni.de)
- [www.dvgw-veranstaltungen.de](http://www.dvgw-veranstaltungen.de)
- [www.heinze-akademie.de](http://www.heinze-akademie.de)
- [www.hydrogen-academy.net](http://www.hydrogen-academy.net)
- [www.hyschool.eu](http://www.hyschool.eu)
- [www.renac.de](http://www.renac.de)
- [www.tu-dresden.de](http://www.tu-dresden.de)
- [www.uol.de](http://www.uol.de)
- [www.tae-studium.de](http://www.tae-studium.de)

# CHINA NIMMT FAHRT AUF

## Aktienanalyse von Sven Jösting

In den vergangenen Wochen erreichten uns Nachrichten aus dem Reich der Mitte, wonach sich China beim Themenkomplex Wasserstoff neu aufstellt und Anstalten macht, eine führende Rolle in diversen Brennstoffzellen- und Wasserstoffmärkten auf der ganzen Welt einnehmen zu wollen. Wer denkt dabei nicht umgehend an die Solar- und Windenergiebranche oder auch die batterieelektrische Mobilität, die durch China mit Hilfe von umfassenden Förderprogrammen aufgemischt wurden, so dass die Volksrepublik schnell zum Weltmarktführer avanciert ist. Werden wir im H<sub>2</sub>- und BZ-Sektor jetzt dieselbe Entwicklung sehen?

China hat zunächst Ende Juli unter anderem über den CO<sub>2</sub>-Abdruck für sich die verschiedenen Farben von Wasserstoff definiert und dann am 8. August durch sechs zentrale Behörden (Standardization Administration, NDRC, Ministry of Industry and Information Technology, Ministry of Emergency Management and National Energy Administration) entsprechende Richtlinien festgelegt. Im Formation Guidance for Standard System of Hydrogen Industry werden die Standards für den Einsatz von Wasserstoff in den verschiedenen Märkten und Einsatzfeldern ab dem Jahr 2025 manifestiert. Darin geht es um die verschiedenen Produkti-

onsverfahren von Wasserstoff, Sicherheitsaspekte, Lagerung und Transport, H<sub>2</sub>-Infrastruktur sowie unterschiedliche Einsatzfelder/Märkte.

Dies kann getrost als Rahmen angesehen werden, in dem die chinesische Regierung demnächst Förderprogramme für Unternehmen, Provinzen, Universitäten und Forschungsanstalten im großen Stil auf den Weg bringen könnte. Vielleicht schon 2024? Über drei Jahre warten wir bereits auf ein solches Programm, das vom Volumen vergleichbar mit dem US-amerikanischen Inflation Reduction Act (500 Mrd. US-\$ oder gar 1 Billion?) sein könnte.

Da China große Probleme im Infrastruktursektor/Bauwesen hat, könnte der Schwenk in Richtung Wasserstoff und Klimaschutz den perfekten Ausgleich darstellen: Wachstum durch Nachhaltigkeit. Dies sollte nun in den kommenden ein bis zwei Jahren Realität werden. China ist schon lange mit großem Abstand der weltgrößte Produzent und auch Konsument von Wasserstoff (erdgasbasiert). Zukünftig soll der Wasserstoff perspektivisch grün werden, wenn sicherlich auch die Farbe Blau (Erdgasreformierung mit CCS) im Übergang genutzt werden wird.

Was hat dies mit den hier besprochenen H<sub>2</sub>-/BZ-Aktien zu tun?

China wird Vorgaben machen, die sich auf den gesamten H<sub>2</sub>-Komplex weltweit auswirken, so die Erwartung. Der Einsatz von Brennstoffzellen in Kraftfahrzeugen unterschiedlicher Art (vom Nfz bis hin zum Pkw) könnte dieser Technologie zum Durchbruch verhelfen, wenn beispielsweise eine Quotenregelung wie damals bei der Batterieeinführung kommen sollte. Dasselbe gilt für die entsprechende Infrastruktur und natürlich auch für die Produktion, Lagerung sowie den Transport.

Nach bisheriger Planung sollten in China 1 Mio. Kfz mit H<sub>2</sub>-Antrieb bis zum Jahr 2030 auf den Straßen fahren. Ein geeignetes Förderprogramm könnte dafür sorgen, dass es viele Millionen werden. Zum Vergleich: Südkorea plant, dass dort bis 2040 rund 6,1 Mio. BZ-Fahrzeuge fahren sollen.

Auf solch einen Hochlauf müssen sich viele Unternehmen, die in China in diesem Metier aktiv sind, vorbereiten. Toyota, Hyundai, aber auch Ballard, Cummins und Bosch sind bereits in Position mit großen Investments in Produktionsanlagen vor Ort u. a. für BZ-Stacks. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis die weltweite Zulieferindustrie hier auch ihr Engagement zeigt.

Im Kleinen sieht man dies auch schon in einzelnen Provinzen und Großstädten: Shanghai plant, bis zum Jahr 2025 die Zahl der H<sub>2</sub>-Tankstellen von aktuell 14 auf 70 und die Zahl der BZ-Kfz von gegenwärtig 2.500 auf 10.000 (vor allem Busse und Nfz) aufzustocken. Das lässt den Schluss zu, dass Shanghai da vorbereitet sein will auf die Planungen (Förderung) der Zentralregierung.

Warum ist das Jahr 2023 der Beginn des Megatrends Wasserstoff?

Die Trendforschung setzt auf Grün – auch beim Wasserstoff. John Naisbitt mit seinem Bestseller „Megatrends“ hat in vielen Beispielen aufgezeigt, dass die Zahl 20 eine besondere Bedeutung hat: Vor genau 20 Jahren im Jahr 2003 erschien das Buch „Die H<sub>2</sub>-Revolution“ des Visionärs Jeremy >>



Abb. 1: Aktienkursverlauf der besprochenen Unternehmen  
[Quelle: [www.wallstreet-online.de](http://www.wallstreet-online.de)] Kurse vom 22. August 2023

Rifkin auf Deutsch (die englische Ausgabe ein Jahr davor in 2002). Nach der Lektüre weiß man, was da in Sachen Wasserstoff alles möglich ist.

Heute ist dies real. Das Buch war mein Entrée in dieses Themenfeld. Aus der Trendforschung weiß man, dass es bis zum Start- und Schmelzpunkt eines neuen Megatrends im Durchschnitt 20 Jahre dauert. Wir schreiben das Jahr 2023. Die Börse steht in den Startlöchern. Sollten Naisbitt und Rifkin Recht bekommen? Es sieht so aus.

---

## NIKOLA MOTORS – DIE PERSPEKTIVEN STIMMEN – TROTZ STÖRFEUERN

Das ging schnell: von 0,60 US-\$ bis auf über 3,70 US-\$ in wenigen Wochen und dann der Rückschlag auf unter 1,50 US-\$ – ausgelöst durch den abrupten Abgang von Michael Lohscheller als CEO und Präsident. Der Ausblick indes kann besser nicht sein, auch wenn es nicht alles gradlinig geht – schon gar nicht an der Börse und im Aktienkurs. Aber Nikola Motors ist ein Start-up und dies beinhaltet manches Risiko und manche Unwegbarkeit in der noch jungen Firmengeschichte. Im Einzelnen:

Die Nachricht schlug ein wie eine Bombe: CEO Lohscheller geht zurück nach Europa und beendet seine Tätigkeit bei Nikola – operativ sofort, aber im Übergang bleibt er als Berater noch bis Ende September. Lohscheller begründet seinen Abgang mit einem Krankheitsfall in seiner Familie. Er hat Großes in schwierigem Umfeld für Nikola geleistet und das Unternehmen in seinen Anfängen gut aufgestellt. Sein Nachfolger Steve Girskey ist indes kein Unbekannter. Schon länger – seit Beginn via IPO – ist er bei Nikola in Managementfunktion, zuletzt als Chairman. Er hat Lohscheller früher zu Opel und dann auch zu Nikola geholt. Bei GM war er im Vorstand und gilt als verantwortlich für deren damalige Sanierung. Girskey antwortete auf die Frage eines Analysten, ob er als CEO nur eine Übergangsrolle erfülle, sinngemäß: Er sei da, um zu bleiben.

Eine weitere Personalie belastet aber noch: Der für das Wasserstoffgeschäft der Tochter Hyla zuständige Vorstand hat das Unternehmen verlassen – Gründe unbekannt. Hier sollte aber auch schnell eine Lösung gefunden werden.

Vorausgegangen war die Abstimmung über die rechnerische Erhöhung des Aktienkapitals um 800 Mio. Aktien

auf 1,6 Mrd. Aktien, die auf der Hauptversammlung am 4. August 2023 positiv entschieden worden ist. Eine einfache Mehrheit reichte endlich aus (Gesetzesänderung: Vorher war die Mehrheit aller ausstehenden Aktien erforderlich). Nun hat Nikola wieder Spielraum, über die Ausgabe von Aktien neues Eigenkapital zu generieren – über ATM-Transaktionen (At-the -Market), aber auch die Platzierung bei institutionellen oder gar strategischen Investoren oder Wandelanleihen (Convertible).

Ein bestehendes ATM-Programm im Wert von 600 Mio. US-\$ wurde am 4. August 2023 mit der Citicorp verlängert. Nikola benötigt nach eigener Aussage noch gut 600 Mio. US-\$, um das Unternehmen in den kommenden zwei Jahren so aufzustellen, dass es in die Gewinnzone kommt. Dies ist für das Jahr 2025 (Cash-Flow-positiv) prognostiziert.

**KOSTENSENKUNGSPROGRAMME GREIFEN** Sehr positiv die Anmerkung aus dem Unternehmen, dass man auf gutem Wege sei, den Kapitalbedarf pro Quartal auf 100 Mio. US-\$ bis Ende 2023 zu senken. Aktuell liegt der Liquiditätsabfluss (Cash Burn) bei circa 150 Mio. US-\$ im Quartal. 2022 waren es noch über 240 Mio. US-\$ im Quartal. All das zeigt, dass Nikola seine Hausaufgaben richtig macht und man sich gut aufstellt, bis das Unternehmen voll im Laufen ist. Ziel: Nachhaltiges Überschreiten der Gewinnschwelle bei hohem Umsatzwachstum.

Ein Absatz von 1.000 bis 2.000 wasserstoffbetriebenen Lkw sei für den Übergang in die Gewinnzone notwendig, so ein Take aus der Bilanzpressekonferenz (Transskript). Bislang hat man bereits 200 FCEV-Tre von 18 Kunden in den Büchern. Dass da viele Aufträge kommen, kann als sicher unterstellt werden, ist Nikola doch der erste Anbieter dieser Lkw in größerer Stückzahl. Man bedenke: Kalifornien gibt pro BZ-Lkw einen Zuschuss in Höhe von 288.000 US-\$ plus 40.000 US-\$ von der US-Regierung via IRA. Zudem wird der Wasserstoff bezuschusst, wenn er denn grün (regenerativ erzeugt) ist: 3 US-\$ pro kg sowie bis zu 2 US-\$ pro kg zusätzlich in Kalifornien.

Da ein wasserstoffbetriebener Lkw von Nikola 400.000 US-\$ kostet (der BEV-Tre kostet 324.000 US-\$ vor Zuschüssen), sollte dies viele Logistiker zum Kauf animieren, da gerade der Schwertransport auf der Langstrecke dekarbonisiert werden soll und es da viele Auflagen (Emissionsgesetze, Auflagen bis hin zum Dieserverbot bis 2035) gibt, die großen Druck auslösen, die LKW-Flotten umzustellen – batterieelektrisch und/oder wasserstoffbetrieben via Brennstoffzelle oder Wasserstoffmotor (gibt es aber noch nicht in Serie).





Man bedenke zudem, dass durch die Skalierung des FCEV-Tres die Produktionskosten pro Einheit erheblich fallen werden beziehungsweise die Gewinnmarge erhöht wird. Aktuell liegen allein die Kosten an Material pro Fahrzeug bei 275.000 US-\$. Dies wird aber mit zunehmender Skalierung günstiger ausfallen. Nun wurden erst einmal zehn Gamma-Lkw (für Testläufe bei Kunden) produziert. Die ersten FCEV-Tre werden im September zur Auslieferung kommen. Bis zum Jahresende werden 100 FCEV-Tre angepeilt und auch von den bereits produzierten BEV-Tre könnten 100 bis 150 bis Ende des Jahres einen Käufer gefunden haben.

Im dritten Quartal sollten es 60 bis 90 werden und 18 bis 28 Mio. US-\$ Netto-Umsatz bringen (nach Abzug des Händlererrabatts). Aktuell stehen 139 auf dem Firmengelände und 92 bei den Händlern. Nikola produziert diese erst wieder ab Anfang 2024 und auch dann nur jeweils nach Auftragsingang – produce to order.

**ANHEUSER-BUSCH ALS TRUMPF-KARTE?** Mit dem Biergiganten Anheuser-Busch verbindet Nikola bereits seit 2018 eine lange Kooperation. Anheuser hat sich via LoI (Absichtserklärung) eingelassen, 800 FCEV-Tre zu kaufen. Bislang fahren bereits einige FCEV-Tre bei Biagi Brothers, die im Auftrag von Anheuser handeln und ohne Probleme über 12.000 Meilen zurücklegen. Wird daraus nun ein fester Auftrag? Die Wahrscheinlichkeit ist sehr hoch, da Anheuser bislang keine Anstalten machte, Nikola den Rücken zu kehren. Mit einem solchen Auftrag wären dann sofort 1.000 BZ-Trucks in den Büchern. Batterieelektrische Lkw werden von BYD (50 Stück) kommen und irgendwann auch 40 Semi von Tesla.

Fest steht: Der Fokus liegt eindeutig auf den wasserstoffbetriebenen Lkw, da hiermit Geld verdient wird – vor allem beim Wasserstoff: 60.000 bis 80.000 US-\$ gelten als durchschnittliche Wasserstoffmenge pro Fahrzeug und Jahr in US-\$ gerechnet. Und da ist Nikola der First Mover, während es von batterieelektrischen Modellen bereits eine Reihe von Wettbewerbern auf dem Markt gibt.

Michael Lohscheller sagte dazu: „Nikola ist das wahre Geschäft. [...] Wir glauben, dass wir am besten positioniert sind, um den kommerziellen Übergang zur emissionsfreien Wirtschaft anzuführen und die Wasserstoffwirtschaft zu beschleunigen.“ Nikola wird verschiedene Preismodelle für die

FCEV-Tre anbieten, da mancher Kunde lieber den Lkw basierend auf einem Leasingmodell kaufen und den Wasserstoff gleich via Kilometerpauschale included sehen möchte. Alles möglich.

**MELDUNGEN DER VERGANGENEN WOCHEN** Gleich zwei Programme zur Förderung der H<sub>2</sub>-Infrastruktur in Kalifornien konnten für Nikola gewonnen werden. Für acht H<sub>2</sub>-Tankstellen gibt es dazu Zuschüsse von über 58 Mio. US-\$. Das ist sehr positiv zu werten, da Nikola mit Voltera (Tochter von EQT, einem Fonds) bereits ein Abkommen für den Bau von 50 Stationen über die kommenden Jahre abgeschlossen hat und durch die Förderung weitere Unterstützung erfährt.

Einen Auftrag über 13 E-Lkw (10 batterieelektrische und 3 wasserstoffbetriebene) konnte von J.B. Hunt eingenommen werden. Dieses Unternehmen betreibt einen eigenen umfassenden Fuhrpark, liefert aber zudem Dienstleistungen rund um den Waren-/Gütertransport für über 1 Million Lkw in den USA. Das sieht wie eine Steilvorlage für viel mehr aus. >>



Jetzt informieren

## Weiterbildung, die Sie vorantreibt!

Wir sind spezialisiert auf **professionelle Weiterbildung** zum Thema **Wasserstoff** und setzen dabei unsere eigenen Sachverständigen für die Trainings ein. Profitieren Sie von unserem großen Netzwerk an erfahrenen Fachleuten für Ihre Weiterbildung.

Weitere Informationen finden Sie unter: [www.tuvsud.com/akademie/wasserstoff](http://www.tuvsud.com/akademie/wasserstoff)

Oder **treffen Sie uns persönlich am 27. – 28.09.2023** auf der Hydrogen Technology Expo in Bremen!

Ihre TÜV SÜD Akademie

TÜV®

**PROTERRA UNTER KONKURSSCHUTZ** Ein fälliger Kredit von über 170 Mio. US-\$ hat den Batteriezulieferer Proterra dazu veranlasst, sich unter den Konkurschutzparagrafen 11 zu begeben. Man will dadurch Zeit gewinnen, um die noch vorhandene Liquidität in Höhe von über 60 Mio. US-\$ nutzen zu können, da der besagte Kredit via Chapter 11 eingefroren werden könnte, wenn das Gericht dem zustimmt. Die Batterieproduktion geht aber weiter, so dass Nikola (aber auch Daimler Truck) damit rechnen können, weiter beliefert zu werden, obgleich Nikola wohl auch LG als weiteren Zulieferer nutzen könnte. Bei Proterra haben nun aber die Aktionäre das Nachsehen, sollte es zu einer Rekapitalisierung kommen. Die Halter der Anleihen könnten zu Aktionären werden, wenn aus Verbindlichkeiten Eigenkapital (Aktien) wird.

**PROBLEME BEI BATTERIEELEKTRISCHEN LKW** Bei zwei batterieelektrischen Fahrzeugen kam es vor Wochen auf dem Firmengelände zu einem Brand, dessen Ursache wohl auf einem Defekt beim Kühlmittel beruht. Nikola hat dies adressiert und eine Rückrufaktion für die circa 209 BEV-Tre angekündigt. Zudem wurde die Empfehlung ausgesprochen, die Lkw jederzeit via Fernabfrage überwachen zu können und diese nicht in Hallen zu parken. Das Problem ist erkannt und wird behoben, so der Eindruck zu den Untersuchungen.

Hierzu kommt die Meldung, dass Nikola das Absatzziel von 350 bis 500 BEV-Tre in 2023 nicht erreichen wird. Wichtiger indes sind die FCEV-Tre, deren Absatz erst losgeht.

50

#### LIQUIDITÄTSSITUATION ENTSPANNT SICH MERKLIICH

Addiert man alle nur möglichen Formen der Finanzierung bzw. Liquiditätsbeschaffung, so verfügt Nikola rechnerisch per Anfang Juli über 743 Mio. US-\$ an Potenzial. Hierin enthalten ist u. a. auch die Finanzierungszusage von Tumin, die noch über 200 Mio. US-\$ beträgt und von Nikola nach freiem Ermessen (Ausgabe von Aktien als Gegenwert) genutzt werden kann. 295,4 Mio. US-\$ betrug der Liquiditätsbestand am Ende des zweiten Quartals (s. o.). Darin enthalten ist der Erlös aus dem Abschluss mit Iveco in Höhe von 26,5 Mio. US-\$ und der Landverkauf (Sale & Lease Back) über 49 Mio. US-\$ des Firmengeländes in Coolidge.

Der Verkaufserlös der geplanten Wasserstoffproduktion in Buckeye an Fortescue Future Industries in Höhe von 20,7 Mio. US-\$ ist in der Gesamtliquidität im Juli enthalten, nicht jedoch in der Zahl per 30. Juni 2023, so dass Nikola damit über 316,1 Mio. US-\$ an Cash verfügt. Dies dürfte vorerst ausreichen, wobei via ATM (at the market) jederzeit weitere Aktien ausgegeben werden können, da Nikola nun rechnerisch weitere 800 Mio. Aktien an Spielraum hat.

Aus der Pressekonferenz heraus ist jedoch zu vernehmen, dass man diese Möglichkeit nun mit weniger Druck und Bedingungen nutzen wird. Sinngemäß heißt es, die Platzierung von neuen Aktien erfolgt nicht um jeden Preis – aber das wird wohl der Bank überlassen, wie sie dieses ATM-Programm umsetzt. Auf jeden Fall wird es ein sehr wichtiger Event sein, wenn Nikola durch das ATM-Programm Zuflüsse von 100 bis 300 Mio. US-\$ erhält und damit durchfinanziert ist. Die Börse wird dies – in case – sehr positiv bewerten.

**WANDELANLEIHE ÜBER 325 MIO.US-\$** Nikola gibt eine Wandelanleihe (Convertible) im Nominalwert von 325 Mio. US-\$ und einem Coupon in Höhe von fünf Prozent aus. Gerade Großanleger investieren gerne in solchen Titel, zumal diese im Fall Nikola auch als „Green Bonds“ gelten. Da die Anleihen in Aktien gewandelt werden können, erhält der Halter neben der laufenden Rendite ein zusätzliches Poten-

zial auch auf Kursgewinne, während er das Ursprungskapital am Ende der Laufzeit zurückerhält, wenn es nicht zu der Wandlung kommt. Für Nikola ergibt sich daraus die Chance, solche Schulden eventuell durch Aktien (Eigenkapital) tilgen zu können, wenn sich der Aktienkurs gut entwickelt.

**FAZIT** Die Aktie von Nikola wird sehr volatil bleiben, zumal Shortseller ein großes Interesse daran haben, den Kurs zu drücken und jede noch so negativ erscheinende Nachricht für sich zu nutzen. Per Ende Juli waren 138,5 Mio. Aktien leer verkauft – über 23 Prozent des Free Float. Gleichzeitig wird das Unternehmen immer mehr an Attraktion gewinnen, je mehr der beiden Lkw-Varianten Käufer finden und die Infrastruktur (Stromladestationen und H<sub>2</sub>-Tankstellen – mobil oder mit festem Standort) entwickelt wie auch der notwendige Wasserstoff generiert wird (Zukauf und Eigenproduktion).

Nikola ist ein Frontrunner in seinem Markt und hat meines Erachtens das Potenzial, eine Art Tesla für Lkw zu werden. Die kontinuierliche Aufstockung von Aktienbeständen durch institutionelle Anleger untermauert das Vertrauen in das Unternehmen. Man muss Zeit mitbringen, da das richtige Wachstum erst in den kommenden zwei bis drei Jahren richtig an Fahrt gewinnt. Gleichermaßen ist Börse ein Antizipationsmechanismus, der zukünftige Entwicklungen (Erwartungen) lange vor dem konkreten Eintritt in die Kursentwicklung einfließen lässt.

Im weiteren Jahresverlauf 2023 erwarte ich eine Kursrange zwischen 1,50 und 4 US-\$, aber in 2024 bereits 5 bis 10 und in 2025 von 15 bis 20 US-\$. Vor allem die Auftragseingänge für den FCEV-Tre werden den Kurs der Aktie bereits kurzfristig treiben, da darauf aufbauend das Umsatz- und Ertragspotenzial abgeleitet werden kann.

---

## BALLARD POWER – PLATTFORM-PARTNERSCHAFT MIT FORD

Die Bilanzpressekonferenz zum zweiten Quartal hat eine Reihe von Erkenntnissen geliefert, die einen sehr optimistischen Ausblick auf die Zukunft des Unternehmens zulassen. Ballard positioniert sich perfekt in seinen wichtigsten Märkten: Bus und Lkw, Schienenfahrzeuge, Schifffahrt und stationäre Energie. Da geht es um die Optimierung der Produktionsprozesse aller wichtigen Komponenten, Kostenreduktionen (Skalierung), Local-for-Local-Strategien (Lieferketten in den jeweiligen Ländern, wo Ballard eine Produktion unterhält) und den Hochlauf in den verschiedenen Weltregionen, in denen das Unternehmen tätig ist. Ein paar Beispiele:

Bei Bussen haben die Kanadier in Sachen Brennstoffzelle „die Nase vorn“ mit einem gefühlten Marktanteil von noch über 70 Prozent. Kürzlich kam der größte weltweite Einzelauftrag des Kunden Solaris für 96 BZ-Busse rein (davon 52 für Rebus in Güstrow bei Rostock). In den kommenden zwei Jahren geht es um beachtliche 10.000 BZ-Busse (Europa und USA), von denen sich Ballard einen großen Anteil verspricht. In den USA fängt es gerade diesbezüglich erst an und Ballard sieht sich auf gutem Wege, u. a. von New Flyer (haben Marktanteil von rund 66 Prozent bei Citybussen) größere Bestellungen entgegenzunehmen. Einzelaufträge von Kommunen ziehen nun mit Stückzahlen von 1, 2, 5 auf 50 bis 100 BZ-Bussen an.

**CHINA-KARTE** In China tut sich nun endlich auf Regierungsebene sehr viel in Sachen Wasserstoff (s. o.). Die Chance auf ein umfassendes Förderprogramm der Regierung ab 2024/25 steigt. Wird China da kleckern oder vergleichbar der US-Regierung mit dem IRA ein Mammutprogramm in Sachen Wasserstoff (Investitionsanreize, Zuschüsse für die H<sub>2</sub>-Produktion) auf den Weg bringen? China könnte den Themenkomplex Wasserstoff wie ein klimafreundliches Konjunkturprogramm für sich einsetzen, gibt es doch derzeit Probleme im Bausektor und bei Infrastrukturprogrammen. Zudem lassen sich neue Märkte in der Elektromobilität aufbauen, so dass die batterieelektrische ergänzt bzw. ersetzt werden könnte, was dem Weltmarkt für Brennstoffzellen einen Turboeffekt verabreichen würde.

Für Ballard und sein Joint Venture mit Weichai (49:51) lässt dies sehr viel Fantasie zu. CEO Randy MacEwen sagte: „Wir glauben an die langfristigen Marktchancen in China. China ist heute der größte Markt für die Produktion und Verwendung von Wasserstoff, und nach meinen jüngsten Besuchen dort gehe ich davon aus, dass dies auch in den Jahren 2030 bis 2050 der Fall sein wird. Es gibt ein enormes Maß an Aktivität.“

#### WISDOM MOTOR LIEFERT 147 BZ-LKW NACH AUSTRALIEN

Mit Wisdom Motor – Sitz ist Fujian in China – hat Ballard bereits im Mai 2022 eine strategische Partnerschaft abgeschlossen, wozu auch die Firmen Templewater Group und Bravo Transportation (Lkw & Busse) zählen. Wisdom Motor hat wiederum im November 2022 mit den australischen Pure Hydrogen und HDrive eine Kooperationsvereinbarung (MoU) abgeschlossen, wonach Wisdom über einen Zeitraum von fünf Jahren 12.000 schwere wasserstoffbetriebene Lkw (u. a. Müllfahrzeuge) liefern wird.

Nun wurde der erste Auftrag abgeschlossen, der die Auslieferung von 147 wasserstoffbetriebenen Abfallsammelfahrzeugen zum Inhalt hat. Auftragswert: 63 Mio. US-\$. Der Lieferant der Module/Stacks: das Joint-Venture von Ballard und Weichai in China – und zwar exklusiv. Könnte dies bereits bedeuten, dass Ballard via China-JV hier nun allein aus diesem Deal 2.400 BZ-Module pro Jahr liefert? Die BZ-Kapazitäten des JV liegen bei 20.000 Einheiten pro Jahr, so dass dieser Auftrag perspektivisch ein sehr guter Anfang ist.

**INVESTMENTS IN CHINA WERDEN ANGEPAST** Ursprünglich wollte Ballard eine eigene MEA-Produktion mit einem Investitionsvolumen von 130 Mio. US-\$ in China aufbauen, u. a. um Importzöllen entgegenzutreten. Dieses Investment wird vorerst aufgeschoben, bis Klarheit über das Förderprogramm besteht. Man hält an den Plänen fest, will aber vorerst noch nicht in Grund und Boden investieren, bis der BZ-Markt dort in Fahrt kommt. Dazu habe man aber, was die Lieferketten angeht, bereits alle wichtigen Kontakte beisammen und kann schnell reagieren, wenn es denn sinnvoll ist. Anders ausgedrückt lässt dies die Interpretation zu, dass Ballard erst verstärkt in den Märkten (USA, Europa) investiert, wo man sich zeitnah die besseren Chancen auf Aufträge verspricht. All das kann aber auch schnell geändert werden, wenn China Gas gibt, was deren Wasserstoffstrategie (Förderung, Anreize) angeht.

**PLATTFORMPARTNERSCHAFTEN ALS TURBO** Ballard arbeitet schon lange am Aufbau von sogenannten Plattformpartnerschaften. Hiermit sind Kunden gemeint, die das Brennstoffzellen-Know-how (Stacks & Module) für sich zu nutzen wissen und dies in deren eigene Wasserstoffstrategie integrieren und die BZ-Module exklusiv von Ballard beziehen. Man setzt da voll auf Ballard und deren Erfahrungen wie auch die Qualität der BZ-Produkte. Für Ballard bedeutet dies, zukünftig große Mengen an Modulen/Stacks an diese Partner ausliefern zu können. Im Bussektor sind dies Firmen wie Van Hool oder Solaris und bei Schienenfahrzeugen Siemens Mobility und Stadler, um ein paar Beispiele zu nennen. Es könnten wohl 30 und mehr solcher Partnerschaften entstehen, was mittel- bis langfristig ein gewaltiges und vor allem sicheres Absatzpotenzial bedeutet.

#### AUSWAHLVERFAHREN VON FORD SPRICHT FÜR BALLARD

Ford Truck hat sich nach umfassender Marktanalyse entschlossen, Ballard für deren BZ-Module für Lastwagen der Baureihe F-MAX zum Einsatz zu bringen. Jeweils zwei 120 kW leistende FCmove-XD-Module kommen pro Lkw zum Einsatz. Erst einmal wurde eine Absichtserklärung (LoI) abgeschlossen und die Lieferung einiger Module für Testzwecke vereinbart. Daraus wird dann eine Großserie. Man kann dies vergleichen mit Bosch und Nikola, wo Bosch die BZ-Module liefert. >>

51

# H<sub>2</sub>-Wissen tanken!

Vom Online-Seminar bis zum VDI Zertifikatslehrgang.



[www.vdi-wissensforum.de/  
weiterbildung-maschinenbau](http://www.vdi-wissensforum.de/weiterbildung-maschinenbau)

**Maschinenbau.**  
Zukunft. Gestalten.

Dies ist ein Ritterschlag für Ballard, der deren Kompetenz unterstreicht. Ford Truck baut neben schweren Lkw auch viele andere Fahrzeuge wie Baumaschinen und Trecker, in denen dann Ballard-inside perspektivisch zum Einsatz kommen kann. Die Lkw-Produktion in der Türkei soll hierbei Standort für den ersten BZ-Einsatz sein. Über 10.000 Fahrzeuge rollen hier jährlich vom Band.

Ford kann die Ballard-Module selbst perfekt auf den eigenen Lkw-Chassis verbauen, so der Plan. Sicherlich wird es noch ein bis zwei Jahre dauern, bis nach Testläufen erste Großaufträge an Ballard vergeben werden. Der Grundstein ist aber nun gelegt. Was wäre, wenn Ballard hier 1.000, 5.000, 10.000 und mehr BZ-Module im Jahr zuliefert – nur für diese eine Plattformpartnerschaft? Von Ballard hieß es dazu: „Wir gehen davon aus, dass sich diese Partnerschaft mit zunehmender Reife der F-MAX-Brennstoffzellen-Lkw-Plattform von Ford zu einer langfristigen Vereinbarung über Modulbestellungen und -lieferungen in größerem Umfang entwickeln wird.“

Auch Canadian Pacific hat für die konzern eigene Produktionsstätte von CPKC in Kansas City 20 BZ-Module für den Einsatz in verschiedenen Lokomotivvarianten geordert, um im Testbetrieb Erfahrungen zu sammeln. Das Bahnunternehmen arbeitet auch mit der Eisenbahngesellschaft CSX zusammen, Lokomotiven H<sub>2</sub>-ready zu machen bzw. vom Dieseltrieb abzuschalten. Hieraus kann ein sehr großer Auftrag entstehen. Weitere Aufträge werden im weiteren Jahresverlauf 2023 erwartet.

52

**ZAHLENWERK** Der Verlustausweis bei Ballard lag wie erwartet pro Aktie bei minus 0,10 US-\$ pro Quartal. Der Auftragsbestand hat sich wertmäßig stark auf 147,5 Mio. US-\$ erhöht und wird dies auch weiterhin tun. Auf der Bank liegen noch gut 815 Mio. US-\$ an liquiden Mitteln. Das Verhältnis der Umsatzentwicklung im ersten und dem zweiten Halbjahr wird mit 30:70 Prozent beschrieben, so dass das aktuelle zweite Halbjahr hier positive Überraschungen verspricht. Richtig spannend wird es dann erst in 2024/25.

Fazit: Die Ruhe in der Kursentwicklung bei Ballard sollte spätestens in 2024 zu Ende gehen und in einen allmählichen Kursanstieg münden, der seine Grundlagen in steigenden Aufträgen der BZ-Produkte in all den verschiedenen Plattformpartnerschaften, Märkten und Regionen findet. Ein Turbo könnte China sein, wenn hier Klarheit über die Förderung geschaffen ist. Deshalb: Kaufen und liegen lassen. Kein Schnellschuss. Denken Sie an Facebook, Amazon und Google in den ersten Jahren: Da gab es nur „logische“ riesige Verluste – bis die Geschäftsmodelle ins Fliegen kamen – die Aktien auch.

## CUMMINS ENGINE – WASSERSTOFF ALS WACHSTUMSTREIBER

Meine Empfehlung, zwischenzeitlich sehr schwache Kurse bei Cummins für Zu- und Neukäufe zu nutzen, hat sich bereits ausgezahlt: Die Aktie zog von circa 200 auf über 255 US-\$ an. Und es wird weitergehen, setzt Cummins doch verstärkt auf neue Märkte wie den Wasserstoff (Motoren, Elektrolyse, Stacks für Nfz u.v.a. – wir berichteten).

Cummins kann das eigene Wachstum durch seine Unternehmenserträge selbst gut aus eigener Kraft finanzieren. Durchschnittlich 34 Prozent der Unternehmensgewinne

werden als Dividende an die Aktionäre ausgeschüttet – in 2022 immerhin 6,28 US-\$/Aktie. Diese wurde am 11. Juli um sieben Prozent auf 1,68 US-\$/Aktie im Quartal aufgestockt. Das Unternehmenswachstum von durchschnittlich 26 Prozent pro Jahr in den vergangenen fünf Jahren ist solide. Cummins sieht nun den Umsatz im laufenden Geschäftsjahr bei 33 Mrd. US-\$ und erwartet einen Gewinn pro Aktie in Höhe von 19,80 US-\$, was immerhin einem Wachstum von 31 Prozent entspricht. Eine gute Begründung für weiter steigende Kurse.

**KURSRÜCKGANG TROTZ GUTER ZAHLEN** Cummins meldet für das zweite Quartal einen Umsatz in Höhe von 8,6 Mrd. US-\$ (plus 31 Prozent) und 720 Mio. US-\$ Gewinn, der allerdings niedriger als erwartet ausfiel und den Aktienkurs von über 255 US-\$ auf 230 US-\$ sinken ließ – damit schon wieder auf Kaufniveau, da die Guidelines unverändert sind.

Zusammen mit Air Liquide hat Cummins Engine die kanadische Hydrogenics 2019 für 290 Mio. US-\$ übernommen. Bei der Transaktion behielt Air Liquide damals einen Anteil in Höhe von 19 Prozent. Diesen Anteil hat Air Liquide nun für geschätzte 156,5 Mio. US-\$ an Cummins verkauft, so dass sich der rechnerische Wert von Hydrogenics per heute auf über 823,7 Mio. US-\$ beläuft. Cummins plant mit der Tochter Accelera, in der Hydrogenics konsolidiert ist, in den nächsten Jahren eine jährliche Elektrolysekapazität von 3,5 GW aufzubauen. Diverse Großaufträge – 500 MW in China, 500 MW in den USA, 500 MW in Spanien und 1 GW in Belgien – sind bereits in den Büchern von Cummins respektive Accelera.

Wenn man überlegt, dass Plug Power in wenigen Jahren 5 GW an Elektrolysekapazität aufbauen will und an der Börse aktuell mit gut 6 Mrd. US-\$ bewertet wird, sollte Cummins überlegen, seine Tochter eventuell auch bei Beibehaltung einer Mehrheitsbeteiligung an der Börse zu platzieren oder so wie es Thyssenkrupp mit Nucera gemacht hat. Folge dieser rein theoretischen Überlegung: Kapitalfluss von über 2 Mrd. US-\$, mit dem einerseits der Kaufpreis an Hydrogenics abgedeckt wird (zurückfließt), zudem ein außerordentlicher Gewinn winkt und drittens Accelera über die Börse neues Wachstumskapital (für Akquisitionen?) erhalten würde – nur so als Gedankenspiel.



Abb. 3: Cummins B6.7H hydrogen Motor [Quelle: Cummins]



Abb. 4: Bloom Server am Times Square [Quelle: Bloom]

**WASSERSTOFFBETRIEBENE MOTOREN** Das Autofachjournal WardsAuto berichtet darüber, wie fortgeschritten Cummins daran arbeitet, Motoren auf den Markt zu bringen, die mit Wasserstoff betrieben werden. Dazu soll es eine weitere Version des erfolgreichen B6.7-Motors geben, der mit seiner Powertrain Wasserstoff verbrennt und dies im Einsatz bei schweren Lkw. Immerhin gibt es bereits Restriktionen in Kalifornien, die den Betrieb von Diesel-Trucks u. a. auf dem Areal von Häfen bereits ab 2024 untersagen. Fahrzeuge, die vor dem Jahr 2010 produziert wurden, dürfen schon demnächst nicht mehr auf den Straßen dieses Bundesstaates fahren. Eine Steilvorlage für alle Hersteller von Alternativantrieben – also dem Einsatz der Brennstoffzelle oder der direkten Einspritzung von Wasserstoff neben batterieelektrischen Systemen.

Der neue B6-7H 6.7l hydrogen Motor (483 km Radius) kann damit schnell ein Volltreffer werden, wenn Wasserstoff und die dazugehörige Infrastruktur vorhanden sind. Da passt es perfekt, dass die US-Regierung via IRA 8 Mrd. US-\$ für den Bau von sechs bis zehn H<sub>2</sub>-Terminals verteilt über die USA vorgesehen hat – neben den vielen Einzelprogrammen von Bundesstaaten wie Kalifornien.

Fazit: Cummins Engine arbeitet an diversen Plattformen für die Nutzung von Wasserstoff in vielen Anwendungen wie im Schwertransport, der Schiene, aber auch bei der Elektrolyse, ob PEM oder alkalisch. Die Börse wird dies immer mehr in die Unternehmensbewertung einfließen lassen. Ein richtiger H<sub>2</sub>/BZ-Blue-Chip, zu dem sich Cummins entwickelt.

## BLOOM ENERGY – KAPITALERHÖHUNG GUT ABGESCHLOSSEN

Bloom Energy konnte seinen Umsatz im zweiten Quartal um 24 Prozent auf über 301 Mio. US-\$ steigern. Das richtige Wachstum soll indes – wie in jedem Jahr bedingt durch Projektabschlüsse – wieder im zweiten Halbjahr liegen – da vor allem im vierten Quartal. Man geht von einer Aufteilung des Umsatzes im Verhältnis 30:70 aus, d. h., dass 70 Prozent der Umsätze – mit steigender Tendenz – in das zweite Semester fallen.

Die Erwartung, im Geschäftsjahr einen Gesamtumsatz in Höhe von 1,4 bis 1,5 Mrd. US-\$ abzuliefern, wurde bestätigt. Die Non-GAAP-Gewinnmarge soll auf das Gesamtjahr übertragen 25 Prozent ausmachen. Der Bargeldbestand konnte per 30. Juni 2023 auf beachtliche 923 Mio. US-\$ erhöht werden. Hierin sind Nettoerlöse aus einer Wandelanleihe in Höhe von 560 Mio. US-\$ enthalten.

**NEUES GESCHÄFTSMODELL: SERIES 10** Industriekunden, die mindestens 10 MW an Energieleistung benötigen, macht Bloom das Angebot, via Abnahme von Strom und Wärme diese skalierbar über einen Liefervertrag – Laufzeit mindestens fünf Jahre – zu beziehen – ohne selbst in Technologie/Hardware investieren zu müssen. Der Kunde erhält Energie zu einem festgelegten kalkulierbaren Preis und das sicher 24/7. Dabei kann Bloom weiterhin Erdgas einsetzen, aber nach Verfügbarkeit auch Biogas und Wasserstoff. Zudem setzt Bloom darauf, die Abwärme – u. a. bei Rechenzentren – sinnvoll zu nutzen. Man bedenke, dass gerade Rechenzentren viel Energie für die Kühlung der Server benötigen, gleichermaßen aber die daraus entstehende Abwärme (Prozesswärme) auch nutzbar ist. Konkret:

- Der Kunde erhält sichere Energie zu einem festgelegten Preis über einen längeren Zeitraum. Bis zu 0,099/kWh am unteren Ende. >>

- Besteht Mehrbedarf an Energie, kann das System durch die Nachlieferung zusätzlicher Energieserver innerhalb von 50 Tagen nach Vertragsabschluss je nach Wunsch (Energiemenge) ausgebaut werden.
- Keine Upfront-Investitionen erforderlich. Bloom stellt die Energieserver und die Infrastruktur ohne zusätzliche Kosten für den Kunden.
- Installation, Service (Maintenance) und Management der Server erfolgt durch Bloom Energy.
- Die Systeme sind so ausgelegt, dass sie mit Erdgas, Biogas und Wasserstoff – je nach Kundenwunsch und Verfügbarkeit – betrieben werden können. Auch der Switch von einem auf den anderen Energieträger stellt kein Problem dar.
- Die Energie kann direkt vom Kunden angefordert werden, aber auch durch einen Versorger, der den Kunden mit Energie beliefert. Je nach Wunsch. Bloom arbeitet dabei mit Energieversorgern aller Art zusammen.

**THEMENFELD WÄRME** Mehr als 50 Prozent der Energie, die für Unternehmen zum Einsatz kommt, ist Prozesswärme. Dieser Bereich ist mit am wichtigsten in Sachen Dekarbonisierung. Steigende Energiepreise sind eine zusätzliche Herausforderung. Zum anderen führt die zunehmende Digitalisierung zu höheren Leistungsanforderungen bei den Rechenzentren und den dazugehörigen Netzwerken. Bis zu 40 Prozent der dort benötigten Energie dient zum Kühlen der Anlagen. Diese Energie wird vor allem durch Strom dargestellt. Dies ist auch in der Klimatechnik der Fall und beim Kühlen, Einfrieren. Dabei werden Hydrofluorocarbons eingesetzt (HFC), die sehr klimaschädlich sind – 100fach schädlicher als CO<sub>2</sub>.

Hier kann Bloom ansetzen, indem CHP (Combined Heat and Power = Kraft-Wärme-Kopplung) zum Einsatz kommt, da die Energieserver eine große Wärme/Hitze absondern. So gesehen ist die Wärme ein perfektes nutzbares Abfallprodukt, welches vom Industriekunden für seine Prozesswärme zum Einsatz kommen kann. Gleichermäßen lässt sich die Abwärme auch wiederum für Klimaanlage und zum Frost-/Gefrieren einsetzen. Am Ende des Tages gelingt all dies ohne den Einsatz von HFCs.

All das spart Geld und reduziert die CO<sub>2</sub>-Emissionen wie auch den Energiebedarf. In Europa wird dies schon genutzt, nun seien aber die USA via IRA am Zug, diese Potenziale für sich zu nutzen. Bloom ist diesbezüglich mit vielen potenziellen Industriekunden in Gesprächen.

Fazit: Heute schon auf das vierte Quartal dieses Jahres setzen. Es müsste nach den Prognosen insgesamt sehr positiv ausfallen a) bezogen auf die Gewinnmarge und b) auf den zu erwartenden Umsatz: 400 bis 500 Mio. US-\$. Das dritte Quartal soll sich noch auf dem Niveau des zweiten halten, also keine Überraschungen bieten. Die weitere Spekulation sollte sich auf die Einführung der Hochtemperatur-Elektrolyseure 2024 konzentrieren, da sich hiervon ein weiterer Umsatz- und Auftragseingangsschub ableiten lassen wird.

Noch macht Bloom Verluste, wird aber in 2024/25 in die Gewinnzone eintreten – und das dann mit hohem nachhaltigem Zuwachs, so meine Erwartung. Zudem wird der Themenkomplex Wasserstoff (Produktion, Einsatz, steuerliche Anreize via IRA) für Bloom immer wichtiger. Die Börse wird nicht umhinkommen, die langfristigen Perspektiven in die Börsenbewertung einfließen zu lassen. Bloom erscheint mir sehr gut aufgestellt im Themenkomplex Energie und Wasserstoff. Ziel: Mehr als 50 US-\$ in zwei Jahren. Einsammeln und liegen lassen. Die Börse antizipiert all dies.

## PLUG POWER – NOCH KEINE KAUFEMPFEHLUNG



Abb. 5: BZ-Gabelstapler mit Plug-Stack inside an der H<sub>2</sub>-Station

Plug Power berichtet über eine Vielzahl an Projekten rund um Wasserstoff, dessen Produktion, den Einsatz und die zukünftigen Märkte, in denen man aktiv ist und sich als Front-runner empfindet. Da sprechen Unternehmensvertreter von einer H<sub>2</sub>-Produktionsstätte in Georgia, die die größte ihrer Art in den USA sei. Man sei überall aktiv – bei den Stacks, den Kryo-Technologien (Verflüssigung), den Elektrolyseuren und wasserstoffbasierten Fahrzeugen.

Die Zahlen sprechen indes noch eine ganz andere Sprache: Der Umsatz zog zwar um beachtliche 70 Prozent auf über 260 Mio. US-\$ im zweiten Quartal an. Nur stieg der Quartalsverlust ebenfalls um 58 Prozent auf minus 236,4 Mio. US-\$ bzw. minus 0,40 US-\$ pro Aktie (minus 0,26 US-\$/Aktie war die Erwartung für das zweite Quartal). Die Liquidität nahm spürbar auf nur noch circa 1 Mrd. US-\$ ab, wobei der CFO erwartet, dass Plug in den kommenden 12 bis 18 Monaten zwischen 1 und 1,5 Mrd. US-\$ an neuer Liquidität benötigt.

Kommt da demnächst ein Offering (Aktienplatzierung) oder wird ein Kredit im Rahmen des IRA durch das Department of Energy (DoE) in Höhe von über 1 Mrd. US-\$ aufgenommen? Am besten würde sich eine Wandelanleihe im Volumen von 1 bis 2 Mrd. US-\$ anbieten, da große Fonds vor allem auf „grüne Anleihen“ setzen, die dem Thema Nachhaltigkeit entsprechen sollen und auch das Kapital ausreichend vorhanden ist. Die Börse ist indes skeptisch aufgestellt und ließ den Aktienkurs einbrechen.

„Bis Ende 2023 wollen wir 1,4 Mrd. US-\$ Umsatz erzielen, mehr als 200 Tonnen flüssigen grünen Wasserstoff in Betrieb nehmen und der größte Global Player werden, mehr als 400 Mio. US-\$ an Elektrolyseurverkäufen überschreiten, 30 Megawatt an stationären Stromerzeugungsprodukten in Betrieb nehmen, die als substanzielle Quelle für wiederkehrende Einnahmen für Plug dienen werden, und schließlich den Weg der Rentabilität für alle unsere Investoren klar aufzeigen.“

Plug-Quartalsbericht

Für mich alles Worthülsen – aber realistisch? Die Prognosen werden aufrechterhalten: 1,2 bis 1,4 Mrd. US-\$ Umsatz gelten als Ziel für das Gesamtjahr 2023. Die Pläne sind gewaltig. Allein im Unternehmensfeld Elektrolyse wird eine Leistung von 7,5 GW erwartet. Die aktuellen Zahlen (Auftragsbuch mit einem Gegenwert von circa 224 Mio. US-\$ für Elektrolyse) sprechen eine andere Sprache. Die Zielgrößen entsprechen einem Umsatzpotenzial von bis zu 5 Mrd. US-\$. Realistisch? Wann?

Es gibt viele neue Standorte in der Welt für den Einsatz von Wasserstoff in Gabelstaplern, wie dies ja die Geschäftsgrundlage mit Kunden wie Amazon und Walmart ist. Nur müsste Plug den verflüssigten Wasserstoff selbst produzieren und daran Geld verdienen, statt diesen sogar mit Verlust von Dritten einzukaufen, so meine Einschätzung. Jeder Neukunde bringt dann ein Verlustgeschäft mit, so meine subjektive Sichtweise.

Plug kalkuliert den Preis für Wasserstoff basierend auf 0,03 US-\$ pro kWh in den USA mit 2,75 US-\$ pro kg. In Europa aufgrund von Auflagen und dem Strompreis circa 0,75 US-\$ pro kg höher. Bezieht man indes Kosten wie die Verflüssigung und den Transport mit ein, dann gelten 4,50 bis 5 US-\$ pro kg als realistische Grundlage. Hier wird dann der Zuschuss via IRA in Höhe von 3 US-\$ pro kg seinen positiven Einfluss haben (Gewinnmarge).

Fazit: Plug Power wird noch länger brauchen, bis die Aktie zum Kauf empfohlen werden kann. Nach der Platzierung einer Wandelanleihe (Erwartung/Vision) und dann ausreichender Liquidität für all die ehrgeizigen Pläne muss neu nachgedacht werden. Das Unternehmen hat sehr gutes Potenzial, ein Top-Player in Sachen Wasserstoff zu werden. Kritisch sollte man aber noch sein, da Plug an sehr vielen Projekten (Aufbau von Kapazitäten) parallel arbeitet, sich eventuell zu breit aufstellt und dies an vielen unterschiedlichen Baustellen zur selben Zeit und dann auch noch international unterwegs ist. Weniger ist mehr, würde ich da sagen. Das Unternehmen ist für mich – nach Studium des 10-Q (Quartalsbericht) – zu wenig transparent. Ab 7 US-\$ setze ich auf den Einstieg.

## SIEMENS ENERGY – CEO BRUCH: „WIR SIND KEIN SANIERUNGSFALL“

Dass die Windtochter Siemens Gamesa den Mutterkonzern noch viel Geld kosten wird, steht lange fest. Zu groß sind die Probleme bei einigen Windradtypen (Onshore), und auch die Integration kostet Geld, bis Synergien richtig greifen und Kostensenkungspotenziale gehoben werden können. Siemens Energy selbst sieht da noch finanzielle Risiken im Bereich 1,5 bis 1,7 Mrd. Euro. Es können am Ende des Tages auch zwei Milliarden sein. Hierzu wurden bereits Rückstellungen in Höhe von 1,6 Mrd. gebildet, die in den kommenden zwei Jahren zum Einsatz kommen. Das zweite Quartal fuhr einen Gesamtverlust in Höhe von 2,9 Mrd. Euro (minus 4,5 Mrd. Euro für das Gesamtjahr erwartet) ein. Soweit die negativen Nachrichten.

Die gute Nachricht: Siemens Energy wird diese Verluste gut abdecken können (Liquidität bei über 4 Mrd. Euro), auch wenn das Gesamtergebnis für das laufende Geschäftsjahr dadurch sehr negativ beeinflusst wird und es ein bis zwei Jahre dauern könnte, bis man wieder positive Zahlen schreibt. Schauen Sie über den Tellerrand hinaus: Da ma-



Abb. 6: Dr. Christian Bruch erklärte im Handelsblatt-Interview: „Wir sind kein Sanierungsfall.“ [Quelle: Siemens Energy]

chen die Auftragseingänge in zweistelliger Milliardenhöhe Freude. Zudem ist das Risiko nun benannt, so dass die Börse dies in ihre Anlageentscheidungen aufnehmen können. Wer da als Anleger Zeit hat, sollte durch wieder steigende Kurse am Turnaround profitieren.

Die Börsenweisheit „buy on bad news“ eignet sich perfekt als Grundlage für das Invest in Siemens Energy. Denn Siemens Energy mit über 110 Mrd. Euro Auftragsbestand wird von vielen Themen rund um Energiesicherheit, Wasserstoff und Co. mit Aufträgen geradezu überschwemmt, gibt es weltweit doch nicht viele Unternehmen, die als >>

55

HyCologne Wasserstoff Region Rheinland e.V.

**Vernetzt. Entwickelt. Setzt um.**

**HyCologne e.V. vernetzt Akteure aus Wirtschaft, Kommunen und Forschung, entwickelt und realisiert mit Ihnen Wasserstoff-Projekte für den Klimaschutz.**

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

One-Stop-Shopping-Partner alles aus einer Hand anzubieten fähig sind. Viele Unternehmensbereiche laufen sehr gut und sind hoch profitabel.

Sollte es noch zu einer weiteren Kursschwäche kommen, sind 13 oder gar 12 Euro die perfekten Einstiegskurse wie auch für die Verbilligung von Altbeständen nutzbar. In zwei Jahren erwarte ich Kurse von über 30 Euro.

## HYZON MOTORS – UNTERNEHMEN WIRD NEU POSITIONIERT

Die vergangenen Monate waren extrem für Hyzon Motors, mussten doch alle Zahlen für die vergangenen zwei Jahre seit Börsengang aufgrund eines Bilanzskandals neu aufbereitet werden, um den Bilanzierungsrichtlinien und den Bedingungen für das Börsenlisting (Aktienkurs musste wieder über 1 US-\$ notieren, alle Quartalsberichte vorliegen, Fristen eingehalten werden) zu entsprechen. Dies liegt nun alles vor und es besteht Klarheit. Zudem wurde der Vorstand neu formiert und mit erfahrenen Fachleuten ergänzt.

Die Börse hat dies – wie von mir prognostiziert – in steigende Aktienkurse übertragen, die mit einem rasanten Anstieg von circa 0,50 US-\$ bis auf knapp über 2 US-\$ (Unternehmensbewertung stieg von 150 bis auf über 400 Mio. US-\$ an) einhergingen. Jüngst kam es wieder zu einem markanten Kursrückgang, der aber angesichts der Perspektiven vorübergehender Natur sein sollte.

Zum Zahlenwerk: Per Ende des zweiten Quartals betrug der Bargeldbestand noch 172,4 Mio. US-\$. Der Quartalsverlust in Höhe von 60,2 Mio. US-\$ enthält hohe Rechtskosten in Zusammenhang mit den SEC-Untersuchungen und den notwendigen rechtlichen Maßnahmen, für die 32 Mio. US-\$ bilanziert wurden und 28,5 Mio. US-\$ davon als einmalig (non recurring) angesehen werden können.

Der Kapitalbedarf pro Monat wird auf 9 bis 12 Mio. US-\$ geschätzt, wobei für das zweite Halbjahr zwischen 73 und 81 Mio. US-\$ an Kapitaleinsatz gerechnet wird und 2024 dann insgesamt 110 bis 120 Mio. US-\$, so dass das Unternehmen noch gut durchfinanziert ist, aber im Laufe des Jahres 2024 sicherlich Kapital aufnehmen muss (Ausgabe von Aktien, Kredite, IRA-Beiträge u. a.) oder andere Formen der Finanzierung suchen wird (Wandelanleihe, Beteiligung eines strategischen Partners). Unklar ist jedoch noch, welche Kosten für den Abschlussbericht der Börsenaufsicht SEC im Jahr 2024 auf Hyzon zukommen werden.

### 200-KW-BRENNSTOFFZELLE ERREICHT MEILENSTEIN

Der Standort in Rochester, New York, wird geschlossen bzw. verkauft, um Kosten zu senken. Der in der Produktionsstätte und dem firmeneigenen Forschungszentrum Bolingbrook in Illinois entwickelte 200-kW-Stack befindet sich hingegen in Testreihen auf der Straße. Die dortige Produktionsaufnahme und Kommerzialisierung kann somit in 2024 starten. Parallel wurde die vollautomatisierte Produktion der MEA (Membrane Electrode Assembly) installiert. Nun geht es an die Standardisierung des Designs und der Abnahme. Weitere 16 Muster werden den Testlauf noch durchschreiten.

Der 200-kW-Stacks (Singlestack) habe gegenüber dem Wettbewerb viele Vorteile, so die gleichlautende Pressemitteilung, was sich auf die Größe, Gewicht, Radius (mehr km pro Wasserstoff), aber auch den Preis (25 Prozent niedriger) bezieht. Zudem sei der Servicebedarf geringer. Mit diesen

### MATTHEW FOULSTON NEUES VORSTANDSMITGLIED

Matthew Foulston hat über dreißig Jahre Erfahrung vor allem in der Kfz- und da vor allem in der Schwerlastverkehrsindustrie. U. a. war er CFO bei Navistar Truck und auch CFO von Mazda Nordamerika wie auch in Top-Positionen bei Ford Motor. Hyzon wird da sicherlich eine gute Wahl getroffen haben, die den Zielen des Unternehmens dienlich ist.

Am 24. August 2023 wurde zudem der bisherige Verwaltungsrat Erik Anderson zum Vorsitzenden des Verwaltungsrats gewählt hat. Anderson tritt die Nachfolge von George Gu an, der von seinem Amt zurückgetreten ist.



Abb. 7: Erik Anderson [Quelle: Hyzon]

200-kW-Stacks wurden bereits zehn Lkw für Testläufe ausgestattet, drei davon in Europa und sieben in Australien. Alles sehr gute Nachrichten.

Ein Markt von weltweit 68 Mio. dieselgetriebenen Lkw, die so umgerüstet werden können und damit der Dekarbonisierung helfen. Auch hier spielt der IRA hinein, da 60 Mio. US-\$ für Verfahren für die Reduktion von Dieselemissionen zur Verfügung stehen, weitere 2 Mrd. US-\$ für damit in Verbindung stehende Produktionsstätten auf amerikanischem Boden, weitere 3 Mrd. US-\$ für Technologien, die die Kfz-Produktion technologisch verbessern helfen. Hyzon wird diese Zahlen sicherlich deshalb genannt haben, da man sich Zuschüsse aus diesen für sich erwartet, da man sich als „Technology Innovator“ einstuft.

Ein gutes Zeichen: Die Shortseller decken ein. Waren vor ein paar Monaten noch über 20 Mio. Aktien short, so fiel diese Zahl auf unter 13 Mio. Stück. Nach Kursen von circa 2 US-\$ ging es wieder runter auf 1,20 US-\$, wobei dies eher als Reaktion auf den Anstieg von 0,50 US-\$ bis 2 US-\$ zu werten ist (Gewinnmitnahmen, technische Reaktion). Aktuelle Kurse um 1,20 US-\$ lassen nun wieder an den Kauf denken.

Hyzon ist wie Nikola und Ballard im genau richtigen Markt engagiert – der Brennstoffzelle bei Nutzfahrzeugen. Mancher Auftrag wird 2024 den Aktienkurs von Hyzon im positiven Sinne treiben. Auch die Beteiligung eines strategischen Investors ist jederzeit denkbar. Hyzon denkt darüber nach, Partnerschaften wie mit Fontaine Modification (Systemintegrator) auch in anderen Regionen wie Europa mit Partnern vor Ort anzustreben.

**TESTS MIT 110- UND 120-KW-MODULEN** Hyzon Motors wird übergangsweise auch Lkw mit deren 110-kW- und 120-kW-Modulen positionieren. Bereits 15 Testläufe mit BZ-Lkw bei Kunden (Performance Food, Airgas, Bison Transport, Talke, Total Transportation Services, MPREIS,



Hylane und zuletzt Seaboard Transport) konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Dabei wurde unter extremen Wettereinflüssen getestet und in allen nur denkbaren Tageseinsätzen. Über 2.900 Stunden Dauereinsatz der BZ-Systeme und über 68.000 Meilen an Distanzen wurden dabei zurückgelegt. Dieses Testprogramm läuft in Europa und den USA und soll auf Australien – mit dem Kunden Remondis – ausgeweitet werden. Der Personalbestand soll bei circa 380 Mitarbeitern bleiben.

**PARTNERSCHAFT MIT FONTAINE MODIFICATION** Hyzon baut im Gegensatz zu Nikola Motors kein eigenes Lkw-Chassis, sondern liefert das komplette Brennstoffzellen-Modul. Den Einbau führen Unternehmen wie die US-amerikanische Fontaine Modification als Systemintegrator für Hyzon durch. Allein Fontaine baut immerhin jährlich über 44.000 Lkw für Kunden um. Hyzon hat damit den perfekten Partner.

Fontaine Modification gehört zu der Unternehmensholding Marmon Holdings, die an über 100 Unternehmen u. a. aus der Logistik, dem Maschinenbau und der Medizintechnik mit einem Gesamtumsatz in Höhe von 10 Mrd. US-\$ beteiligt ist. Marmon Holdings wiederum gehört zu dem Beteiligungsportfolio des Milliardärs Warren Buffett, Berkshire Hathaway. Für mich lässt sich damit eine Spekulation begründen, Marmon könnte sich an Hyzon beteiligen, um das BZ-Know-how (Patente, Produkte) für Tochterfirmen wie Fontaine inhouse zu nutzen.

So kann man sich gut vorstellen, dass Hyzon einen Weg wie Ballard Power mit Ford Trucks oder Nikola mit Bosch für die BZ-Module geht, aber auch Teil eines größeren Ganzen werden könnte, welches strategische Überlegungen beinhaltet. Fontaine/Marmon könnte dies sein, aber auch Unternehmen wie Cummins oder Kfz-Zulieferer wie Dana oder Magna kämen in Betracht. Oder aber Lkw-Produzenten, die die BZ-Powertrain gerne selbst im Haus haben wollen, aber die Entwicklung „verschlafen“ haben. Damit wird Hyzon zusätzlich zu den Wachstumsperspektiven rund um die BZ-Stacks auch als Übernahmespekulation hoch interessant. ||

#### RISIKOHINWEIS

Jeder Anleger muss sich immer seiner eigenen Risikoeinschätzung bei der Anlage in Aktien bewusst sein und auch eine sinnvolle Risikostreuung bedenken. Die hier genannten BZ-Unternehmen bzw. Aktien sind aus dem Bereich der Small- und Mid-Caps, d. h., es handelt sich nicht um Standardwerte, und ihre Volatilität ist auch wesentlich höher. Es handelt sich bei diesem Bericht nicht um Kaufempfehlungen – ohne Obligo. Alle Angaben beruhen auf öffentlich zugänglichen Quellen und stellen, was die Einschätzung angeht, ausschließlich die persönliche Meinung des Autors dar, der seinen Fokus auf eine mittel- und langfristige Bewertung und nicht auf einen kurzfristigen Gewinn legt. Der Autor kann im Besitz der hier vorgestellten Aktien sein.

# Powering a sustainable future

**Celeroton**  
Fuel Cell



SWISS MADE



Get More Information  
[celeroton.com/fuelcells](https://celeroton.com/fuelcells)

# RIESENPOENZIAL AM BOSPORUS

## Wie entwickelt sich die türkische Energiewirtschaft?

Manchmal reicht der Gang aufs Dach, um sich einen Überblick über die wesentlichen Anlagen für Energiewende und Klimaschutz zu verschaffen: Auf dem Technologiezentrum der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) stehen 26 Männer und Frauen, überwiegend Fachleute für erneuerbare Energien aus dem türkischen Izmir, zwischen Solarmodulen, roten Stahlflaschen mit Wasserstoff und einer Pilotanlage zur CO<sub>2</sub>-Aufnahme aus der Luft. Alles stößt auf lebhaftes Interesse und wird fotografiert, auch der Blick zum nahegelegenen Forschungswindpark. Die Delegation der Deutsch-Türkischen Industrie- und Handelskammer (AHK) erfährt hier in Hamburg-Bergedorf, wie die Freiluft-Komponenten mit den Anlagen im Gebäude zusammenwirken – etwa mit dem Elektrolyseur und der Methanisierungsanlage – wie in einer Art Miniatur-Wunderland der Energiewende.

Nicht, dass es solche Anlagen nicht auch in der Türkei gäbe; zumal das Land seit Anfang dieses Jahres eine eigene Wasserstoffstrategie hat. Auch dort ist das Ziel, die heimische Industrie mit Hilfe des flüchtigen Elements zu defossilisieren. Aber die Systemintegration und Prozessoptimierung in Hamburg beeindruckten die Ingenieure aus Izmir sichtlich und so fragten sie beim Austausch mit HAW-Wissenschaftlern detailliert nach.

Die Informationsreise der Gäste aus der drittgrößten Stadt der Türkei zu den wichtigsten Erneuerbare-Energien-Projekten und -Unternehmen in der Metropolregion Hamburg dient neben dem fachlichen Austausch auch der Anbahnung von gemeinsamen Energiewende-Projekten. Die Region um Izmir will eine Drehscheibe für erneuerbare Energien und grünen Wasserstoff werden. Ähnlich wie das hanseatische Pendant prägen Hafen, Industrie und Handel die an der Ägäis gelegene Stadt samt Umgebung. Weitere Städte und Regionen in der Türkei, die sich für Wasserstoff in Position bringen wollen, sind zum Beispiel Istanbul, Antalya und die südliche Marmara-Region.

Im Januar 2023 präsentierte das Ministerium für Energie und natürliche Ressourcen der Türkei die Strategien für den Ausbau von Wasserstofftechnologien – mit Fokus auf grünem Wasserstoff. Bis zum Jahr 2030 soll eine Kapazität von zwei GW erreicht werden, bis 2035 sollen es fünf GW sein und 70 GW bis 2053. Das ist am Anfang ziemlich wenig. Wahrscheinlich werden die Ziele noch erhöht. Die Türkei will Wasserstoff nämlich nicht nur lokal herstellen, um die eigene Industrie zu dekarbonisieren, sondern: „Der Überschuss an grünem Wasserstoff soll exportiert werden.“ So teilte es die AHK auf Nachfrage mit.

58



Abb. 1: Fachleute aus Izmir vor der DAC-Anlage im CC4E, Energiecampus Bergedorf [Fotos: Monika Rößiger]



Abb. 2: Energiecampus Hamburg: Wasserstoff. PV-Anlage. Windräder  
(Forschungswindpark Curslack)

**DEUTSCH-TÜRKISCHE ZUSAMMENARBEIT** Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck und der türkische Energieminister Fatih Dönmez unterzeichneten passend dazu bereits im Oktober 2022 in Berlin eine Absichtserklärung „zur vertieften Zusammenarbeit im Bereich grüner Wasserstoff“, wie ein Sprecher des BMWK erläutert. „Die Vereinbarung wurde anlässlich des vierten Deutsch-Türkischen Energieforums abgeschlossen, einer wichtigen Plattform für den Dialog zwischen Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft beider Länder im Klima- und Energiebereich.“

Um die Türkei beim Klimaschutz zu unterstützen, stellt Deutschland über die KfW Kredite in Höhe von 200 Mio. Euro zur Verfügung, die „über türkische Partnerbanken dem Markt verfügbar gemacht werden sollen und insbesondere zur Förderung von EE und Energieeffizienz in der Türkei eingesetzt werden. Über die Internationale Klimaschutzinitiative (IKI) werden weitere 20 Mio. Euro für verbesserte Finanzierungsbedingungen besonders innovativer Klimaschutzmaßnahmen zur Verfügung gestellt“, so das BMWK. >>

59

# Coriolis-Massedurchflussmesser für eichfähige Wasserstoff-Anwendungen

Neue PTB-zertifizierte Coriolis-Massedurchflussmesser garantieren eichfähige Wasserstoff-Durchflussmessungen für stationäre und mobile Anwendungen

- + Verschiedene Sensorgrößen
- + Schnelle und einfache Einrichtung
- + Optimal für Betriebsdrücke bis 1.379 bar
- + Fertigung nach besonderem Torsionsschwinger-Prinzip
- + Zuverlässige digitale Datenerfassung und Selbstdiagnose



Schwing Verfahrenstechnik GmbH • Oderstraße 7 • 47506 Neukirchen-Vluyn  
Tel. +49 2845 930-0 • mail@schwing-pmt.de • www.schwing-pmt.de

**SCHWING**





Abb. 3: Methanisierungsanlage im CC4E

**GRÖSSTES SOLARKRAFTWERK EUROPAS** Und weil zur Herstellung von grünem Wasserstoff Ökostrom notwendig ist, will die Türkei ihre Windenergiekapazitäten auf knapp 30 GW bis 2035 erhöhen. Im Solarenergiebereich ist ein noch stärkerer Anstieg geplant: Von 9,4 GW (2022) auf rund 53 GW im Jahr 2035. Relativ unbemerkt von der deutschen Öffentlichkeit ging Anfang Mai in der zentraltürkischen Provinz Konya das größte Solarkraftwerk Europas (inklusive Kleinasiens) in Betrieb. Mit einer Leistung von 1,35 GW gehört es auch zu den größten weltweit. Rund drei Milliarden Kilowattstunden Strom pro Jahr soll die Photovoltaik-Anlage in Karapınar liefern; genug für den Bedarf von zwei Millionen Menschen in der Türkei, teilt das Unternehmen Kalyon PV mit.

Mit Hilfe von Sonne, Wind, Wasser, Geothermie und Biomasse könnte das Land seinen Strombedarf in Zukunft komplett selbst decken, heißt es in einer Analyse der türkischen Wasserstoff-Gesellschaft (NHA). Zudem solle grüner Wasserstoff dazu beitragen, erst die eigene Industrie zu dekarbonisieren, insbesondere in den Bereichen Stahl, Zement und Düngemittelproduktion, um dann schließlich den weltweit begehrten Grundstoff und Energiespeicher auch exportieren zu können.

**DEUTSCHE KOOPERATIONSPARTNER GESUCHT** „Für deutsche Unternehmen bieten sich Potenziale in den Bereichen Know-how, Projektentwicklung und Technologielösungen“, so die AHK Türkei. Wie groß die Potenziale in dem südosteuropäischen Land tatsächlich sind, das immerhin mehr als doppelt so groß wie die Bundesrepublik ist, zeigt bereits ein Blick auf den derzeitigen Stand der erneuerbaren Energien: Denn trotz seiner Größe und trotz guter Windbedingungen ist die installierte Leistung an Windkraftanlagen mit 11,4 GW (im Jahr 2022) noch relativ gering. Eine Chance also für die deutsche Windenergieindustrie, um mit türkischen Partnern ins Geschäft zu kommen? Ja, heißt es aus der Delegation, und damit meinen die Teilnehmer nicht nur große Anlagenhersteller, sondern auch kleinere und mittelgroße Unternehmen, Zulieferer und Dienstleister.

„Mit der Ankündigung der Ausbauziele für Offshore-Wind gewinnt der türkische Windmarkt neue Dynamik und Bedeutung für den Export deutscher Technologie und Know-how“, bestätigt Jan Rispens, Geschäftsführer des Branchennetzwerks Erneuerbare Energien Hamburg (EEHH), das rund 240 Unternehmen aus Norddeutschland zu seinen Mitgliedern zählt. „Seit vielen Jahren ist die Türkei ein wichtiger Windmarkt für deutsche und Hamburger Unternehmen.“ So seien beispielsweise Nordex, TÜV Nord und EnBW entweder durch eigene Niederlassungen oder Joint-Ventures mit türkischen Geschäftspartnern dort aktiv.

Doch die Umstellung von konventionellen auf erneuerbare Energien wird dauern. In den vergangenen Jahren hat das Land enorm viel Geld für die Einfuhr fossiler Rohstoffe ausgegeben, vor allem Erdgas und Öl. „Rund 97 Milliarden US-Dollar kostete der Import von Energie allein im letzten Jahr“, sagt Yıldız Onur, Handelsattaché im türkischen Generalkonsulat in Hamburg und Begleiterin der Izmir-Delegation. Damit seien die Kosten im Vergleich zum Vorjahr um beinahe 90 Prozent gestiegen. Schon aus wirtschaftlichen Gründen sei es daher sinnvoll, mehr auf Eigenproduktion von Energie zu setzen, um weniger abhängig von Importen zu sein.

**NÄHE ZU RUSSLAND** Dazu gehört für die Regierung Erdoğan bekanntlich auch Atomkraft. Ende April weihte der Staatspräsident das erste AKW des Landes ein, gebaut vom russischen

Staatskonzern Rosatom, weshalb auch Kreml-Chef Wladimir Putin per Video an der Zeremonie teilnahm. Die fand übrigens am selben Tag statt, als in Deutschland und anderen Ländern die Wahllokale für die im Ausland lebenden Türken zur Stimmabgabe öffneten. Erdoğan hatte bei der AKW-Einweihung zugleich den Ausbau der Atomkraft angekündigt sowie die Ausbeutung neuer Gasvorkommen.

Das Oppositionsbündnis CHP war zwar nicht prinzipiell gegen Atomenergie, und auch nicht gegen die Suche nach neuen Gasfeldern im Schwarzen Meer. Allerdings kritisierte es die Abhängigkeit von Russland und wollte stattdessen auf „türkische Technologie“ setzen. Neue Kohlekraftwerke sollten jedoch nicht gebaut werden. Laut ihrem Programm setzte die CHP auf eine grüne Energiewende in allen Sektoren, auch in der Landwirtschaft.

Obwohl das Land am Bosphorus mit der Wahl im Mai 2023 die alte Regierung bestätigt hat – am grünen Wasserstoff wird wohl trotzdem kein Weg vorbeiführen. Davon ist zumindest der Unternehmer Ali Köse überzeugt, nicht zuletzt wegen des Green Deal der Europäischen Union und dem Instrument des „Carbon Border Adjustment Mechanism“ (CBAM), wodurch in Zukunft Ausgleichszahlungen für CO<sub>2</sub>-Emissionen fällig würden. Köse ist Gründungs- und Vorstandsmitglied im türkischen Wasserstoffverband H2DER und CEO der Firma H2Energy Solutions. Das erklärte Ziel seiner Firma lautet, die Türkei „fit“ für grünen Wasserstoff zu machen und diesen



Abb. 4: Besichtigung des Elektrolyseurs im CC4E

nach Deutschland zu exportieren. Beispielsweise arbeitet das Unternehmen an einem H<sub>2</sub>-Mobilitäts-Projekt in Istanbul.

Auch andere Unternehmer aus diesem Bereich sondieren den Markt in der Türkei, so Köses Beobachtung. Sie vernetzen sich und bauen Partnerschaften auf. Noch fehlen allerdings die Rahmenbedingungen, um Planungssicherheit für Investoren zu schaffen. Und noch hemme die Bürokratie sogar den Ausbau von Dachsolaranlagen. „In der Türkei sind weniger Dächer mit PV belegt als in Deutschland“, sagt Ali Köse, der regelmäßig zwischen beiden Ländern pendelt. „Dabei lässt sich hier aufgrund der Sonneneinstrahlung mit jedem Megawatt an installierter PV-Leistung ungefähr doppelt so viel Strom generieren wie in Deutschland.“ ||

61

# BRENNSTOFFZELLEN FORUM HESSEN

JETZT ANMELDEN



Wasserstoff -  
Quo Vadis in Zeiten der Energiekrise?

18110123 MARBURG

# SCHAFFUNG NEUER ÖKOSYSTEME

## Interview mit Tomoho Umeda, Gründer von Hynfra

Tomoho Umeda ist wahrlich eine imposante Persönlichkeit. Der japanischstämmige Unternehmer zieht die Blicke auf sich, sobald er einen Raum betritt. Umeda ist der Gründer von Hynfra und Hynfra Energy Storage und fördert als strategischer Berater Wasserstofftechnologien sowie groß angelegte Lösungen für erneuerbare Energien. Er ist zudem Vorsitzender des Ausschusses für Wasserstofftechnologie bei der polnischen Handelskammer, Vorstandsmitglied der Vereinigung Hydrogen Poland und Mitglied von Hydrogen Europe sowie der European Clean Hydrogen Alliance.



Abb. 1: Tomoho Umeda [Quelle: Hynfra]

**HZwei:** Herr Umeda, Sie sind Vorstandsvorsitzender eines der wichtigsten Unternehmen der Wasserstoffwirtschaft in Polen. Was motiviert Sie besonders in Hinblick auf die Entwicklung von Wasserstoff?

**Umeda:** Ich war vorher an der strategischen Beratung für zwei Branchen beteiligt: für die chemische Industrie und für die Energiewirtschaft – insbesondere für die japanische Energiewirtschaft. Im Jahr 2014 nahmen uns die Japaner mit in ein Werk, das Wasserstoff herstellt. Dort habe ich erkannt, dass ich mit meinem Wissen über die chemische Industrie und die Energiewirtschaft wirklich eine sehr gute Grundlage habe. Und seitdem beschäftige ich mich aktiv mit Wasserstoff. Ich habe einige der besten Leute, die ich in der Energie- und in der Chemieindustrie kennengelernt habe, eingeladen, sich zusammenzutun und dieses Unternehmen gemeinsam zu gründen. Denn Wasserstoff verbindet beide Bereiche sehr gut.

Wenn wir heute über Wasserstoff reden, sprechen wir eigentlich über das gesamte Spektrum, also auch über seine Derivate, einschließlich Ammoniak und Methanol. Was das Ammoniak betrifft, so verfügt Polen seit hundert Jahren über umfangreiche Erfahrungen in der Synthese von Ammoniak und im Umgang mit Wasserstoff. Die effektivsten Syntheseverfahren oder Optimierungen dieser Verfahren wurden ebenfalls in Polen durchgeführt. Damit ist Polen auf der Welt konkurrenzlos. Wenn wir uns heute das Chemieunternehmen Zakłady Azotowe Puławy anschauen, dann basieren deren Prozesse wesentlich auf dieser Technologie. Sie ist damit ein Schlüsselement der Energieoptimierung in Polen.

Was den polnischen Markt sicherlich vom deutschen Markt unterscheidet, ist das Vorhandensein von Fernwärme und die Tatsache, dass unsere Wärme ein reguliertes Gut ist. Die Geschäftsparameter für solche Kraft-Wärme-Kopplungs- oder Polygenerationssysteme, die aus erneuerbaren Energien, Wasserstoff und Fernwärme bestehen, können dadurch sicherer vorhergesagt werden. Und das ist in der Tat die Richtung, in die wir weiter gehen wollen. In Polen wird dieser Wasserstoffmarkt ein fragmentierter Markt sein, denn die Fernwärme ist eine Grundlage für uns, um diese erneuerbaren Wasserstoffsysteme zu schaffen. Es sind mehr als 400 Städte, die mit Fernwärme ausgestattet sind.

Die gesamte postkommunistische Region verfügt über genau die gleiche Infrastruktur, denn sowohl in der Ukraine als auch in Russland, der Tschechischen Republik, der Slowakei, Ungarn und im Norden, in den baltischen Ländern bis hin zu Finnland gibt es im Grunde die gleichen Systeme, auch weiter im Osten, der Mongolei und China. Es ist alles im Grunde sehr ähnlich. Ein ähnlicher Aufbau. Das ist eine großartige Basis für uns. Nicht nur für die Dekarbonisierung einer Stadt oder einer lokalen Regierungseinheit, sondern auch für die Schaffung neuer Ökosysteme auf der Grundlage dieser Netze.

**Deutschland will nur grünen Wasserstoff nutzen. Die Projekte, die Sie durchführen, im polnischen Sanok oder dem ukrainischen Butscha, wo Sie ebenfalls aktiv sind, basieren ebenfalls auf grünem Wasserstoff. Würden Sie auch Wasserstoff verwenden, der mit anderen Energiequellen erzeugt wurde?**

Wir setzen auf die erneuerbaren Energien, also entweder auf Wasserstoff aus Elektrolyse oder aus Biogas/Biomasse. Im Falle der Biomasse, die immer als erneuerbar gelten wird, schließen wir zumindest die Möglichkeit der Entwicklung von Projekten mit sogenanntem blauem Wasserstoff oder generell mit Systemen, die auf der Eliminierung von Kohlendioxid beruhen, nicht völlig aus. Fossile Brennstoffe hingegen werden wir nicht akzeptieren, weil wir glauben, dass diese EU-Verordnungen oder generell die Richtung, die wir weltweit in den Pariser Abkommen vereinbart haben, eindeutig ist. Ich verstehe ja jene Unternehmen, die versuchen, ihre bestehende Infrastruktur, ihre bestehenden Anlagen zu behalten und sie ein wenig zu modifizieren. Aber das ist das Problem dieser Unternehmen. Es ist nicht unser Problem. Wir sind nicht mit solchen Anlagen belastet und wir sind frei, um erneuerbare Energien zu nutzen.

**Wenn ich aber an die Ukraine und Wasserstoff denke, kommt mir sofort die Kernkraft in den Sinn.**

Die Kernenergie ist ein ganz anderes Thema, das sehr interessant ist. Ich denke, dass im Zusammenhang mit dem, was in letzter Zeit mit dem Überschuss an erneuerbaren Energien passiert ist, allmählich klar wird, warum Deutschland sich von der Kernenergie abgewendet hat. Denn wenn heute die Kernenergie im deutschen System immer noch einen bedeutenden Teil des sogenannten Sockels ausmachen würde, dann wäre eine Steigerung der Effizienz bei der Produktion aus erneuerbaren Quellen erschwert. Nun, es ist klar, dass die Kernenergie zwar sauber sein mag, aber systemisch gese-

hen ist sie einfach nicht sehr rational. Generell sehe ich diese Realität aber ein wenig anders, denn ich habe immer noch den Eindruck, dass wir ständig von Dekarbonisierung reden und dass wir uns irren, wenn wir nur über die Stromsysteme reden und nicht über den gesamten Energieverbrauch der Wirtschaft. Ich habe bis jetzt keine schlüssigen deutschen Ideen gesehen, wie man mit der Dekarbonisierung des gesamten Energieverbrauchs in der Wirtschaft umgehen will.

**Ist der deutsche Markt für Ihr Unternehmen interessant? Versuchen Sie, dort Projekte vor Ort zu realisieren?**

Wir haben darüber nachgedacht und sogar einige Versuche unternommen. Aber wir haben den Eindruck, nachdem wir verschiedene Vorstudien und Berechnungen durchgeführt haben, dass es paradoxerweise viel schwieriger ist, Wasserstoffprojekte auf dem deutschen Markt zu entwickeln als hier. Erstens ist dort schon ein hoher Sättigungsgrad mit erneuerbaren Energien vorhanden. Paradoxerweise würde ich jedoch sagen, dass es angesichts einer gewissen geografischen Ähnlichkeit für uns schwierig ist, die Modelle, die in Polen praktikabel sind und keine finanziellen Lücken aufweisen, auf Deutschland zu übertragen. Dort werden diese finanziellen Lücken, die bei diesen Projekten auftreten, mit Subventionen finanziert. Das wiederum führt zu einem neuen Wettbewerb, einem ungesunden Wettbewerb um Fördermittel. Wir führen unsere Projekte aber im Nullmodell durch, ohne Subventionen. Die Projekte müssen sich finanziell tragen. Deshalb haben wir uns aus dem deutschen Markt vorerst zurückgezogen. ||

Autorin: Aleksandra Fedorska



QUALITÄT SEIT 1912

**MAGNETSCHULTZ**

Ihre Spezialisten für elektromagnetische Lösungen



## Ventile für Wasserstoff

- Hochdruckventile bis 1050bar, NW 2,7mm
- Sicherheitsabsperrventile bis 21bar, NW 8mm, vorgesteuert
- Mengenregelventile bis 25bar NW 2,8mm
- Schutzart bis IP6K9K
- Umgebungstemperatur -40°C bis + 125°C
- Niedrige Leckagewerte
- Diverse elektrische Anschlüsse und ATEX / IECEx - Ausführungen auf Anfrage
- Baugruppen mit Ventilen und Sensoren auf Anfrage

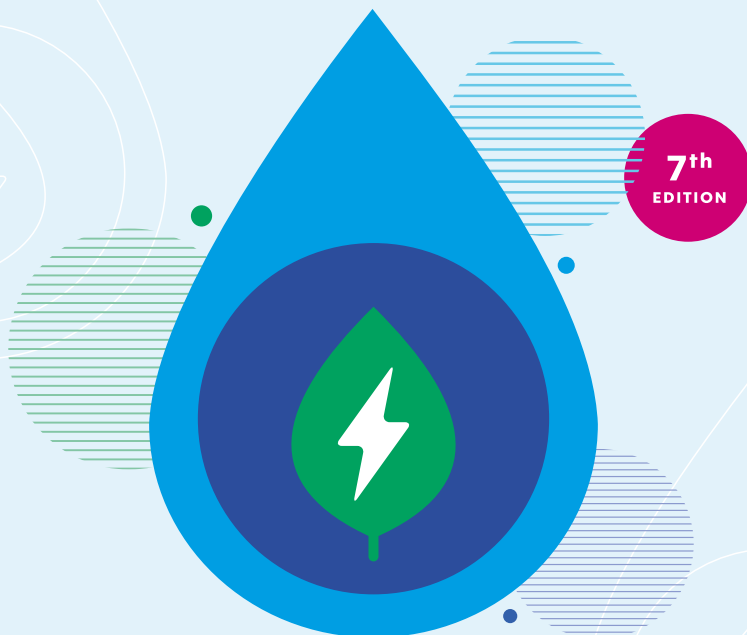
hy-cell  
13 - 14 SEP 2023  
MESE STUTTART  
Halle 4, Stand B17



[www.magnet-schultz.com](http://www.magnet-schultz.com)

# Hyvolution PARIS

A WORLD OF HYDROGEN



7th  
EDITION

BE PART OF WORLD'S LEADING H2 EVENT

30<sup>TH</sup>, 31<sup>ST</sup> JANUARY & 1<sup>ST</sup> FEBRUARY 2024

PARIS EXPO • PORTE DE VERSAILLES • FRANCE

DO YOU WANT TO EXHIBIT?  
SCAN THE QR CODE



[paris.hyvolution.com](http://paris.hyvolution.com)

KCS-1000-300-522-976 - Document not commercially binding

# EIN WASSERSTOFFSYSTEM FÜR JEDERMANN

## Das polnische Virtud



Abb. 1: Dorota und Piotr Napierała [Quelle: Aleksandra Fedorska]

Vor rund 20 Jahren weckte das Sonnenenergie- und Passivhauskonzept die Begeisterung des Ehepaares Napierała. Die beiden fuhren damals regelmäßig nach Freiburg und lernten dort die Pioniere der Photovoltaiktechnologie kennen. „Ich habe dort sehr viele Ideen mitbekommen. Es war eine Zeit des Aufbruchs. Bei den Messen kamen wir zusammen und haben unsere Visionen und Gedanken ausgetauscht. Es war eine fantastische Stimmung“, schwärmt Piotr Napierała. Insbesondere die Passivhausidee hat ihn bis heute geprägt. Sein Augenmerk liegt stets auf den Vorteilen effizienter Mikronetze und energetischer Insellösungen. „Das ist einfach das, was mich begeistert. Bei meinen Besuchen in Freiburg habe ich mich gern mit den Lösungen von Hydrogenics beschäftigt und mit Leuten dort darüber diskutiert. Ich mag kleine, geschlossene Strukturen, die ich optimieren kann“, erzählt der gelernte Physiker.

Dorota und Piotr Napierała haben ihr Ziel klar vor Augen: Mit dem Wasserstoffhaus von Virtud sollen dessen jährlichen Energiekosten bei nicht mehr als 500 zł liegen, was ungefähr 123 Euro entspricht. Piotr hält nichts von Großprojekten und ist auch nicht von den überdimensionierten Wasserstoffplänen vieler prominenter Großunternehmen überzeugt. Er glaubt, dass sich in vielen kleinen Schritten und mit passgenauen Maßnahmen vor Ort, insbesondere mit Wasserstoff, viel erreichen lässt.

**GROSSES POTENTIAL IN DER POLNISCHEN PV-BRANCHE** Ehepaar Napierała empfängt seine Geschäftspartner und Interessenten in einem schönen, weißen Neubau in einem Vorort von Poznań auf dem Firmengelände von Virtud. Die beiden Inhaber eines Photovoltaikinstallationsbetriebs besaßen in der Vergangenheit schon mehrere Unternehmen in der Erneuerbare-Energien-Branche. Seit 2015 sind sie auf PV-Technik spezialisiert. Die Entwicklung des Virtud-Wasserstoffsystems verstehen die Eheleute als logische Weiterentwicklung zur Verbreitung erneuerbarer Energien in der ganzen Welt – speziell in Polen, wo die Photovoltaikbranche gerade boomt.

Ende Januar dieses Jahres betrug die Gesamtleistung installierter PV-Anlagen bei dem östlichen Nachbarn Deutschlands insgesamt über 12,5 GW. Im Jahr davor lag sie noch bei 7,6 GW. Damit hat sich die Photovoltaikleistung in Polen binnen eines Jahres fast verdoppelt. Auf Sonnenenergie entfällt damit gut 54 Prozent der gesamten Erneuerbare-Energien-Leistung in Polen.

**AUTOAKKUS ALS SOLARSTROMSPEICHER** Mit der massiven Steigerung der Stromproduktion aus Photovoltaik kommen aber auch große Herausforderungen auf die Branche zu. Es geht vor allem um die Energiespeicherung in den Nachtstunden und während der sonnenarmen Jahreszeiten Herbst und Winter.

Virtud hat diese Probleme auf eine interessante Art gelöst. Statt horrenden Summen für Energiespeicher auszugeben, hat das Unternehmen für eine relativ kleine Summe große Mengen an gebrauchten Batterien aus dem in Polen beliebten Nissan Leaf ersteigert. Die Batterien werden zu Blöcken zusammengefügt, die die tagsüber produzierte Solarenergie speichern und in den Nachtstunden wieder abgeben können. Der Unternehmer rechnet vor, dass der Preis der Lösung mit den E-Autobatterien lediglich einem Zwölftel des Preises für einen neuen Energiespeicher entspricht.

Wenn man aber die Schwankungen zwischen den Sommer- und Wintermonaten überwinden will, reichen die Batterien nicht aus. In diesem Fall ist Wasserstoff gefragt. „Mithilfe von Sonne und Wind produzieren wir grünen Wasserstoff, der in den Zeiten des Jahres, in denen der Bedarf am größten ist, als Energieträger dienen wird“, erklärt Piotr Napierała.

**WEITERENTWICKLUNG DER ENERGIEBRANCHE** Dass sich die erneuerbaren Energien stetig weiterentwickeln und der Wasserstoff nur ein logischer Schritt ist, davon sind die Napierałas überzeugt. Als Unternehmer haben sie in Polen schon mehrere Etappen der Entwicklung der Erneuerbaren mitgemacht und immer wieder festgestellt, wie dynamisch dieser Prozess abgelaufen ist. Das gilt auch für die büro-





Abb. 2: Dieser Modulelektrolyseur ist der Anfang  
[Quelle: Dorota Napierała]

kratischen und rechtlichen Aspekte, wie Dorota Napierała ausführt. Sie ist für alle Genehmigungen und Anträge im Unternehmen verantwortlich. „Beim Wasserstoff liegt ein langer Weg des Lernens vor uns“, sagt sie.

In Polen wurden in den letzten Jahrzehnten viele sehr komplexe Gesetze zu erneuerbaren Energien erlassen. Im

Jahr 2014 wurde die Einspeisung des Stroms ins Netz möglich gemacht. Für die Buchhaltung und Verwaltung war das eine ganz neue Welt. Frau Napierała hat viel Zeit mit Gesprächen und Telefonaten mit den zuständigen Behörden verbracht, bis beide Seiten die neuen Gesetze verinnerlicht hatten. „Es ist immer ein Lernprozess. Wir lernen voneinander. Beim Wasserstoff wird es ähnlich sein. Die Behörden sind heute viel offener geworden. Bei Fragen und Unklarheiten rufen sie sogar an, und man geht die Formulare nochmals durch. Wir sind seit Jahren in einem beidseitigen Lern- und Kommunikationsprozess. Das macht alles leichter“, erklärt die Mitinhaberin von Virtud.

**EIN MODELL FÜR DIE ZUKUNFT** In dem 200-m<sup>2</sup>-Haus, das die Napierałas energetisch durchoptimieren und als Modellhaus präsentieren, fallen nicht nur die Nutzung der Sonnenenergie und eine Wärmepumpe auf, sondern auch der große Raum rechts des Eingangs. Hier steht ein 2,4-kW-Elektrolyseur des deutschen Herstellers Enapter, das erste von Piotr Napierała eingebaute Gerät. „Es sollen noch viele, viele weitere folgen“, sagt der Mittvierziger. Im Modulschrank sind noch weitere Geräte installiert, die unter anderem das Wasser reinigen. Es ist aber noch ausreichend Platz für weitere Elektrolyseure da.

Aus dem Vorführraum wird gerade ein Zugang zum H<sub>2</sub>-Speicher gelegt. Der Tank ist schon bestellt. Dann wird es möglich sein, Fahrzeuge mit Wasserstoff zu betanken. Das ist der nächste Schritt, an dem Piotr Napierała arbeitet. ||



## Wasserstoff für eine grüne Zukunft!

- Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft und -industrie
- Effiziente Lösungen zur Erreichung der Klimaneutralität
- Einsatz von Wasserstoff als Kraftstoff in der Mobilität
- Aufbau von Wasserstoffinfrastrukturen und Wasserstoffspeichern
- Transformation energieintensiver Industrieprozesse mit Wasserstoff
- Internationale Wasserstoff-Energiepartnerschaften



### Mitgliedschaft

Sie wollen Teil der Energiewende mit Wasserstoff werden? Dann werden Sie Mitglied im DWV. Lassen Sie sich durch einen starken und erfahrenen Partner in der Politik vertreten und sich von uns unterstützen! Durch eine Mitgliedschaft genießen Sie einen entscheidenden Wissensvorsprung und haben Zugang zu einem großen Netzwerk von Wirtschaftslenkern und Entscheidungsträgern der Politik.

**Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV)**

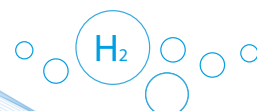
Robert-Koch-Platz 4  
10115 Berlin

Telefon +49 030 62959482  
Telefax +49 030 62959483

E-Mail h2@dwv-info.de  
Web www.dwv-info.de



@DWV\_H2



# NORWEGEN VERDOPPELT ZAHL DER H<sub>2</sub>-PROJEKTE

## Zögerliche Politiker bremsen den erwarteten Aufschwung

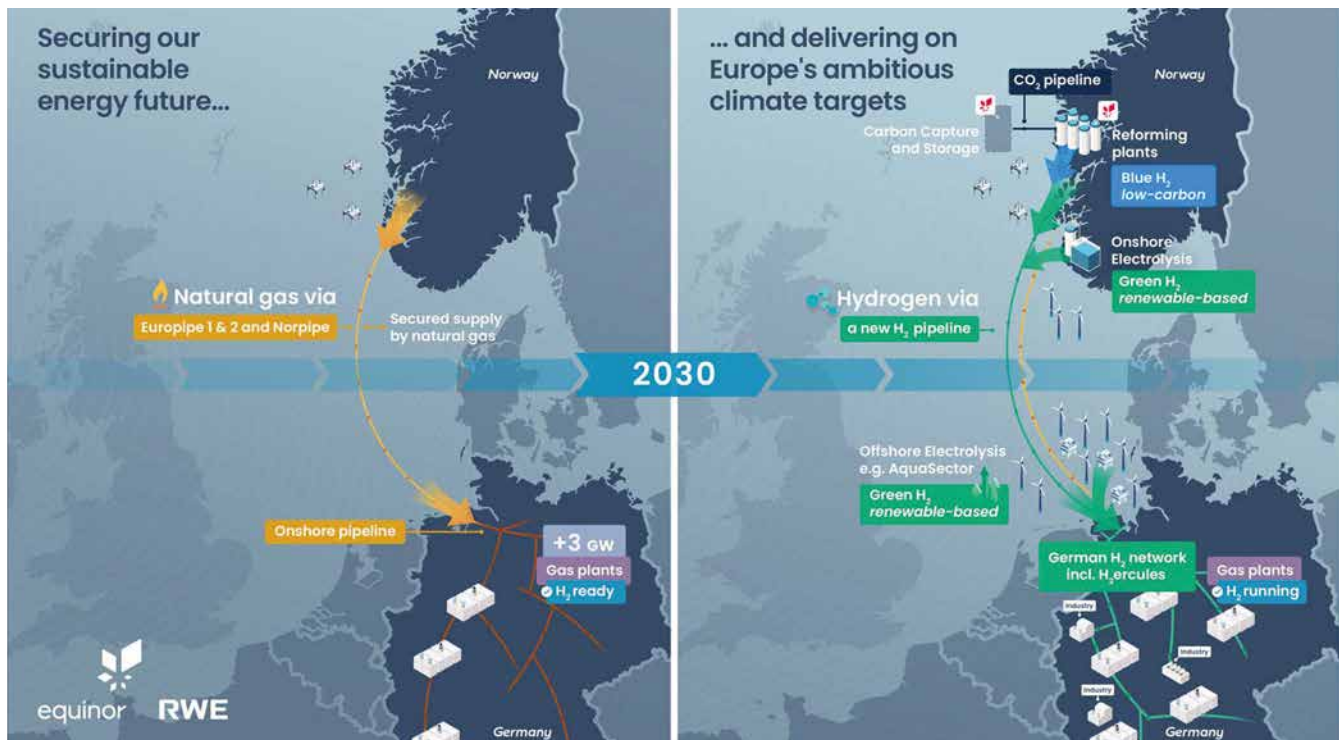


Abb. 1: Verstärkter H<sub>2</sub>-Export von Norwegen nach Deutschland

Die Aktivitäten in der norwegischen Wasserstoffindustrie haben sich in den letzten zwei Jahren verdoppelt. Auch bei der Zusammenarbeit mit Deutschland wurden große Fortschritte erzielt, so dass Wasserstoff ab 2030 in großem Maßstab exportiert werden kann. Damit allerdings die Unternehmen von der Projektplanung zur Investitionsentscheidung gelangen können, ist eine Risikoentlastung in Form von Differenzverträgen erforderlich.

Im Oktober 2021 kündigte die von der Arbeiterpartei und der Zentrumsparlei geführte norwegische Minderheitsregierung in ihrem Regierungsprogramm an, dass sie zum Aufbau einer kohärenten H<sub>2</sub>-Wertschöpfungskette beitragen wird, so dass Produktion, Vertrieb und Nutzung parallel entwickelt werden können. Sie kündigte auch an, dass sie ein Ziel für die jährliche Produktion von erneuerbarem und kohlenstoffarmem Wasserstoff bis 2030 festlegen und die Gründung eines staatlichen Wasserstoffunternehmens in Erwägung ziehen wird.

Wasserstoff ist ein wesentlicher Bestandteil des Fahrplans der Regierung für einen industriellen Aufschwung auf dem norwegischen Festland. Der Erdöl- und Energieminister Terje Aasland hat bereits mehrfach erklärt, dass die Regierung vorhaben, bis 2030 genügend Wasserstoff im eigenen Land zu produzieren, um den eigenen Bedarf zu decken. Die Regierung hat jedoch noch nicht bekannt gegeben, mit welcher Nachfrage sie rechnet und wie sie diese erreichen will.

Obwohl die Industrie auf einen klaren Weg und ehrgeizige Ziele seitens der Politiker wartet, wurde bereits viel in Bewegung gesetzt. Die norwegische Wasserstoffstrategie 2020 unterstreicht, dass die norwegische Industrie gut positioniert ist, um eine führende Rolle in der H<sub>2</sub>-Wirtschaft

zu übernehmen, und konzentriert ihre Bemühungen auf Bereiche mit besonderem Potenzial für industrielles Wachstum und Wertschöpfung, wie die Produktion von sauberem Wasserstoff und die Abnahme im maritimen Sektor und in der Schwerindustrie.

Die Strategie wurde durch einen H<sub>2</sub>-Fahrplan für 2021 ergänzt, der vorsieht, dass bis 2025 fünf H<sub>2</sub>-Drehkreuze für den Seeverkehr, ein oder zwei große Industrieprojekte mit Produktionsanlagen für Wasserstoff sowie fünf bis zehn Pilotprojekte für die Entwicklung kosteneffizienter Wasserstofflösungen und -technologien eingerichtet werden.

Die staatliche norwegische Agentur Enova leistete im Dezember 2021 Unterstützung für drei große Industrieprojekte – unter der Leitung von Yara International, Tizir Titanium & Iron und Horisont Energi – und unterstützte im Juni 2022 weitere fünf H<sub>2</sub>-Hubs entlang der norwegischen Küste sowie sieben Wasserstoff- und Ammoniaksschiffe. Außerdem hat die Regierung Finanzmittel für zwei Forschungszentren für Wasserstoff und Ammoniak bereitgestellt.

**VON 50 AUF 126 PROJEKTE IN ZWEI JAHREN** Das norwegische Wasserstoffforum hat vor kurzem ein Screening der norwegischen Wasserstofflandschaft durchgeführt und dabei festgestellt, dass sich die Zahl der Projekte und Aktivitäten seit unserem letzten Screening mehr als verdoppelt hat – von etwa 50 Projekten im Jahr 2021 auf 126 im April 2023. Wir fanden 51 Pläne zur Herstellung von Wasserstoff oder Wasserstoffderivaten, die bis 2030 eine Produktionskapazität von insgesamt fast 9,5 GW vorsehen. Obwohl es sich bei 47 dieser Projekte um erneuerbare Wasserstoffprojekte handelt, dürften fast 60 Prozent der geplanten Produktionskapazität im Jahr 2030 kohlenstoffarm sein (s. Abb. 2). Wäh-

rend die meisten Projekte für erneuerbaren Wasserstoff für den Inlandsverbrauch geplant sind, sind drei der vier Projekte für kohlenstoffarmen Wasserstoff exportorientiert.

Mit einer Abscheidungsrate von rund 95 Prozent wird die Nutzung der riesigen norwegischen Erdgasressourcen und die Speicherung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> unter dem Meeresboden zur Herstellung von Wasserstoff mit extrem niedrigen Emissionen von Politikern und Industrie gleichermaßen als der klügste Weg angesehen. Auf diese Weise kann der Wasserstoffmarkt schnell angekurbelt, die erforderliche Infrastruktur aufgebaut und damit der Weg für die riesigen Mengen an erneuerbarem Wasserstoff geebnet werden. Ab den späten 2030er Jahren können große Mengen grünen Wasserstoffs produziert werden, wenn die Offshore-Windenergieproduktion auf dem norwegischen Festlandsockel an Fahrt gewinnt.

Um dies zu ermöglichen, unterstützt die norwegische Regierung den Aufbau einer umfassenden Wertschöpfungskette für Kohlenstoffabscheidung, -transport und -speicherung in der Nordsee. Derzeit läuft das Longship-Projekt, bei dem 400.000 Tonnen CO<sub>2</sub> aus dem Werk von HeidelbergCement in Brevik durch das Northern Lights Joint Venture dauerhaft unter dem Meeresboden gelagert werden sollen. Die norwegische Regierung hat außerdem mehrere Genehmigungen für weitere CO<sub>2</sub>-Speicherstätten durchgeführt, und die Offshore-Industrie plant derzeit, bis zum Jahr 2030 eine jährliche CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität von bis zu 50 Millionen Tonnen aufzubauen.

Zu den Projekten gehören auch mehrere Produktionsanlagen für Wasserstofftechnologie, von denen das bekannteste die kürzlich von Nel Hydrogen auf Herøya eröffnete, weltgrößte automatisierte Fabrik ist. Sowohl Hystar als auch HydrogenPro haben ebenfalls ehrgeizige Pläne für die Herstellung von Elektrolyseuren. Norwegen ist somit besonders gut positioniert, um einen großen Teil der 100 GW Elektrolyseur-Herstellungskapazität beizusteuern, die in der EU benötigt wird, um das Ziel von 10 Millionen Tonnen erneuerbarer Energie zu erreichen.

Darüber hinaus gibt es derzeit mehrere Pläne, die Brennstoffzellenherstellung in Norwegen auszubauen. So

baut TECO 2030 in Narvik die erste Giga-Produktionsanlage Europas für Wasserstoff-PEM-Brennstoffzellenstapel und -module auf und strebt eine Produktionskapazität von 1,6 GW im Jahr 2030 an. Am 15. Mai wurde der erste Stack produziert. Diese und andere Unternehmen könnten ihre Produktionskapazitäten in Norwegen stark ausbauen und vervielfachen.

**ORTSANSÄSSIGE FIRMEN SCHULTERN AUFBAU DER H<sub>2</sub>-WIRTSCHAFT** Die Akteure, die am Aufbau der norwegischen Wasserstoffindustrie beteiligt sind, kommen zum Teil aus der starken historischen Forschungs- und Industriegemeinschaft des Landes im Bereich Wasserstoff und Wasserstofftechnologie. Norwegen produzierte sein erstes Ammoniak aus Wasserkraft und Wasser am Hydro-Standort Rjukan bereits 1929. Aber auch die starke Industrie für erneuerbare Energien, die maritime Industrie und die Offshore-Öl- und Gasindustrie tragen ihren Anteil bei.

Norwegen verfügt nicht nur über beträchtliche Kompetenzen in den Bereichen Elektrolyseure, Brennstoffzellen, Speichertanks und Wasserstofftankstellen, sondern ist auch führend bei der Entwicklung neuer Lösungen in Bereichen wie Kohlenstoffabscheidung, Kompressoren, Bunkerlösungen für maritime Anwendungen, Wasserstoff- und Ammoniak-schiffen und innovativen Konzepten für die Offshore-Wasserstoffproduktion. Die bedeutenden Zulieferer des Landes in der Öl- und Gasindustrie können ihre Kompetenz weiter nutzen, um erneuerbare und kohlenstoffarme Ausrüstungen und Geräte für die Wasserstoffwirtschaft zu entwickeln.

**ÖFFENTLICH-PRIVATE ZUSAMMENARBEIT** Obwohl es eine politische Einigung darüber gibt, dass der CO<sub>2</sub>-Preis von 952 NOK im Jahr 2023 auf 2.000 NOK im Jahr 2030 steigen soll, besteht weiterhin das Problem, dass fossile Brennstoffe billiger sind als wasserstoffbasierte Brennstoffe. Um von der Projektplanung zur endgültigen Investitionsentscheidung zu gelangen, bedarf es einer öffentlich-privaten Partnerschaft, die eine Risikominderung ermöglicht, bis Wasserstoff die Preisparität mit fossilen Brennstoffen erreicht hat. Die von >>

67

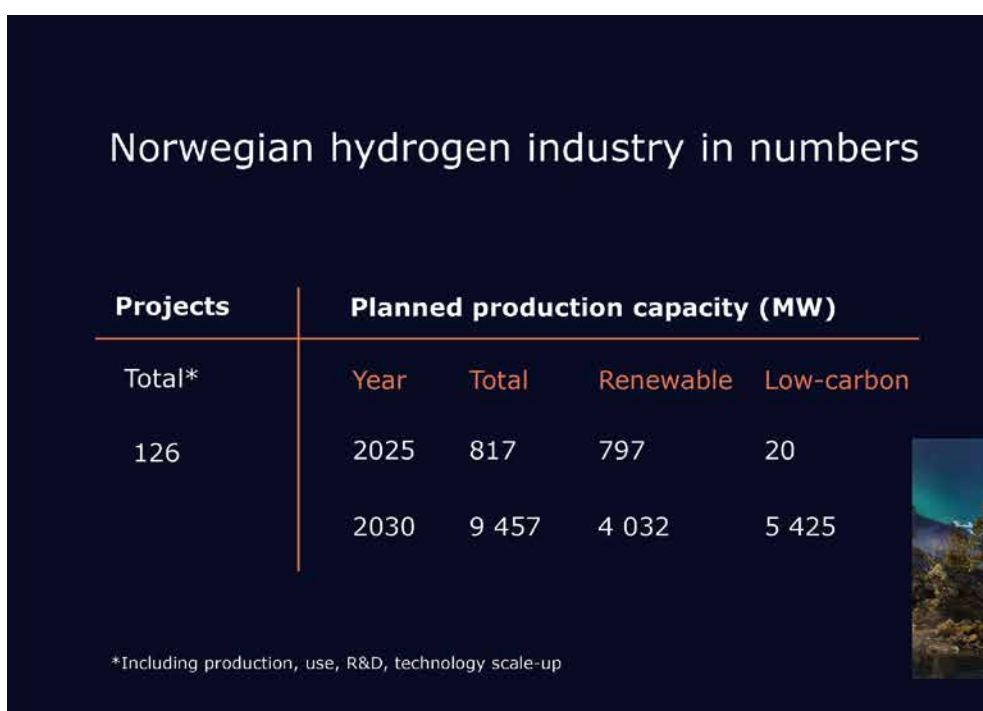


Abb. 2: Projektlandschaft in Norwegen



Abb. 3: Kooperationsbekundungen während der Hannover Messe 2023 [Quelle: Norsk Hydrogenforum]

den Mitgliedern des norwegischen H<sub>2</sub>-Forums favorisierte Maßnahme ist ein System von Differenzverträgen (CFD).

Wir haben der Regierung vorgeschlagen, dass eine erste Auktion so bald wie möglich im Jahr 2024 stattfinden sollte, um für die vielen Unternehmen, die sich jetzt in einem Stadium befinden, in dem sie eine endgültige Investitionsentscheidung treffen oder sich nach anderen Projekten umsehen müssen, Planungssicherheit zu gewährleisten. Bei der Verabschiedung des Staatshaushalts im vergangenen Jahr forderte das norwegische Storting (Parlament) die Regierung auf, einen Plan für ein CFD-System im Jahr 2023 zu entwickeln. Erdöl- und Energieminister Terje Aasland hat bestätigt, dass die Regierung diesen Plan entsprechend umsetzen wird.

**GROSSER SPRUNG FÜR DEUTSCH-NORWEGISCHE PARTNERSCHAFT** Während bei der Entwicklung der heimischen Wertschöpfungskette für Wasserstoff noch Unsicherheiten bestehen, wurden mehrere große Schritte unternommen, um eine Wertschöpfungskette für groß angelegte Wasserstoffexporte von Norwegen nach Deutschland aufzubauen. Im Januar 2022 läutete der norwegische Ministerpräsident Jonas Gahr Støre eine neue Ära der bilateralen Zusammenarbeit im Energie- und Industriebereich ein, als er Bundeskanzler Olaf Scholz in Berlin besuchte, um eine erneuerte Energie- und Industriepartnerschaft zwischen beiden Ländern zu begründen. Seitdem sind die Minister beider Länder in einem beeindruckenden Tempo hin- und hergereist, nicht zuletzt aufgrund des russischen Einmarsches in der Ukraine einen Monat nach Stores Besuch.

Seit dem Besuch von Vizekanzler Robert Habeck in Oslo im März letzten Jahres läuft eine Machbarkeitsstudie über groß angelegte Exporte per Pipeline, deren Ergebnis bald erwartet wird. Sollte die Entscheidung für den Bau einer Pipeline fallen, könnte Norwegen bis Anfang der 2030er Jahre zwei bis vier Millionen Tonnen Wasserstoff direkt nach Deutschland exportieren (s. Abb. 1). Die Pipeline wird 30 Prozent größer dimensioniert sein als die derzeitigen Pläne für eine kohlenstoffarme Produktion und wird erneuerbaren Wasserstoff sowohl vom norwegischen Festland als auch aus Offshore-Windparks entlang der Strecke aufnehmen können.

Auf die enge politische Zusammenarbeit folgte eine Reihe von industriellen Kooperationsprojekten. Erstens haben wir ein Memorandum of Understanding (MoU) mit

dem Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWW), mit dem wir uns regelmäßig in verschiedenen Zusammenhängen treffen, zum Beispiel auf der Bühne der diesjährigen Hannover Messe, um die Bedeutung der deutsch-norwegischen Partnerschaft zu diskutieren (s. Abb. 3).

Zweitens haben wir eine strategische Kooperationsvereinbarung mit dem Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B), das wir mit einer Delegation während eines politischen Rundtischgesprächs im Januar besucht haben. Wir hoffen, dass diese Zusammenarbeit dazu beitragen wird, Wasserstoffexporte auch in die Alpen zu ermöglichen und die Zahl der schweren Lkw mit Wasserstoff als Kraftstoff auf norwegischen Straßen bald zu erhöhen. Die fünf norddeutschen Bundesländer (HY-5) haben auch eine formelle Zusammenarbeit mit der norwegischen Förderagentur Innovation Norway vereinbart.

Equinor und RWE vereinbarten Anfang dieses Jahres, beim Bau von wasserstofffähigen Gaskraftwerken zusammenzuarbeiten, um gemeinsam Offshore-Windparks zu entwickeln, die die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff ermöglichen, und kohlenstoffarme Wasserstoffproduktionsanlagen in Norwegen zu bauen, mit der Absicht, per Pipeline von Norwegen nach Deutschland zu exportieren. VNG arbeitet mit Equinor an dem Projekt H2GE Rostock zusammen, aber auch mit Aker Horizons und Yara besteht eine laufende Zusammenarbeit. Der deutsche Energieversorger EnBW ist auf dem norwegischen Markt im Rahmen der Entwicklung von Offshore-Windkraftanlagen aktiv und hat Verhandlungen mit Skipavika Green Ammonia aufgenommen.

Im Bereich der Elektrolyseure wird Nel Hydrogen Komponenten für zwei Wasserstoffanlagen liefern, die von HH2E entwickelt werden. Norwegische Wasserstoffproduzenten arbeiten auch sehr gut mit deutschen Elektrolyseurherstellern wie Fest und H-Tec zusammen. Es ist wahrscheinlich keine Überraschung, dass Linde bei der Inbetriebnahme der weltweit ersten mit Flüssigwasserstoff betriebenen Fähre, der MF Hydra, Anfang dieses Jahres sowohl den Wasserstoff als auch die Bunkerlösung geliefert hat.

Dies sind nur einige wenige Beispiele, die zeigen, welche enormen Möglichkeiten der Wasserstoff in Norwegen bietet. Die Zusammenarbeit mit Deutschland wird bei der Ausschöpfung dieses Potenzials von entscheidender Bedeutung sein, und ich bin sicher, dass wir im Jahr 2030, wenn wir die norwegische Wasserstofflandschaft erneut unter die Lupe nehmen, eine norwegische Industrie sehen werden, die einen entscheidenden Beitrag zur Emissionsreduzierung und zur Energiesicherheit in Europa leistet. ||

Das Norwegische Wasserstoffforum (NHF) wurde 1996 gegründet und ist der nationale Verband für die Wasserstoff- und Ammoniakindustrie in Norwegen. Das NHF arbeitet aktiv an der Verbreitung von Schlüsselinformationen über die Forschung und Vermarktung von Wasserstoff- und Ammoniaktechnologien, Markttrends und internationale politische Entscheidungen. Seine Hauptaufgabe besteht darin, die Interessen seiner Mitglieder gegenüber Behörden und Entscheidungsträgern zu vertreten.



Autorin:

Ingebjørg Telnes Wilhelmsen  
Generalsekretärin Norwegisches  
Wasserstoffforum

## FIRMENVERZEICHNIS

## ANLAGENBAU




**Caru Containers GmbH**,  
Maßgenaue Container-  
Lösungen, Poststr. 7,  
71063 Sindelfingen,

Tel. 07031-709070-8, Fax -9, [www.caru-tech.de](http://www.caru-tech.de)



**H2 Core Systems GmbH**, Bau, Wartung  
von Elektrolyse-, Brennstoffzellen-, Ver-  
dichter-, Speichersystemen, Berliner Str.  
82-88, 25746 Heide, Tel. 01577-7438466,

[sales@h2coresystems.com](mailto:sales@h2coresystems.com), [www.h2coresystems.com](http://www.h2coresystems.com)



**Silica Verfahrenstechnik  
GmbH** – Vom Enginee-  
ring bis zur Inbetrieb-  
nahme alles aus einer

Hand! Wir nehmen uns Zeit für Ihr Projekt! Wittstr. 24,  
13509 Berlin, Tel. 030-43573-5, [sales@silica.de](mailto:sales@silica.de), [www.silica.de](http://www.silica.de)



**XENON Automa-  
tisierungstechnik  
GmbH**,

Pforzheimer Str. 16,

01189 Dresden, Tel. 0351-40209-240, Fax -109,

[www.xenon-automation.com](http://www.xenon-automation.com)

## ARMATUREN, REGLER, VENTILE



**Bürkert Werke GmbH & Co. KG**,  
Magnetventile, Mass Flow Control-  
ler, Fluidtechnische Systemlösun-  
gen, Christian-Bürkert-Str. 13-17, 74653 Ingelfingen,  
Tel. 07940-10-0, Fax -91204, [www.buerkert.com](http://www.buerkert.com)



**Festo SE & Co. KG**,  
Automatisierung  
Elektrolyseure, HRS,

Kompressoren, Stack- & Brennstoffzellen-Produktion,  
Ruiterstr. 82, 73734 Esslingen, Tel. 0711-3471185,  
[markus.ott@festo.com](mailto:markus.ott@festo.com), [www.festo.com](http://www.festo.com)



**GSR Ventiltechnik GmbH  
& Co. KG**, Im Meisenfeld 1,  
32602 Vlotho,

Tel. 05228-779-0, [info@ventiltechnik.de](mailto:info@ventiltechnik.de), [www.ventiltechnik.de](http://www.ventiltechnik.de)



**Eugen Seitz AG**, Führende  
H<sub>2</sub>-Magnetventil-Techno-  
logie von 10 bis 1.000 bar,

Spitalstr. 204, 8623 Wetzikon, Schweiz, Tel. +41-44-9318190,  
[h2info@seitz.ch](mailto:h2info@seitz.ch), [www.seitz.ch](http://www.seitz.ch)



**HPS Solutions GmbH**, Fachgroßhandel für  
Fluid- und Gastechologie, Fraunhoferstr. 5,  
82152 Martinsried, Tel. 089-744926-0,  
[info@hps-solutions.de](mailto:info@hps-solutions.de), [www.hps-solutions.de](http://www.hps-solutions.de)



**MAGNETSCHULTZ**

Ihre Spezialisten für elektromagnetische Aktorik und Sensorik

**Magnet-Schultz GmbH & Co. KG**, Hochdruck-,  
Sicherheits-, Absperr- & Mengenregelventile für H<sub>2</sub>,  
Allgäuer Str. 30, 87700 Memmingen, Tel. 08331-104-0,  
Fax -333, [www.magnet-schultz.com](http://www.magnet-schultz.com)



**Nova Werke AG**, H<sub>2</sub>-Hochdruck-Magnetventile,  
Vogelsangstrasse 24, 8307 Effretikon, Schweiz,  
Tel. +41-52-3541616, [www.novaswiss.com](http://www.novaswiss.com)



**POPPE+POTTHOFF**

**Poppe + Potthoff GmbH**,  
Wasserstoffverteilssysteme für  
Brennstoffzellen-Anwendun-  
gen und Wasserstoffmotoren,  
Dammstr. 17, 33824 Werther, Tel. 05203-9166276,  
[www.poppe-potthoff.com](http://www.poppe-potthoff.com)



[www.ptec.eu](http://www.ptec.eu)

**PTEC – Pressure Technology  
GmbH**, 35 & 70 MPa: OTV,  
Filter, Ventile, Regler, TPRD,  
GHU, Linde 11, 51399 Bur-  
scheid, Tel. 02174-748-722,  
Fax -223, [www.ptec.eu](http://www.ptec.eu)



**VOSS Fluid GmbH**,

Einbaufertige Hochdruck- und  
Niederdruckleitungen, Verschraubungen, Sonderprozesse,  
Lüdenscheider Str. 52-54, 51688 Wipperfürth,  
Tel. 02267-63-0, [www.voss-fluid.net](http://www.voss-fluid.net)

69

## BERATUNG &amp; PLANUNG



**Aengenheyster Armin Ing.-Büro  
IBAA**, Planung, Beratung und Bau  
von Wasserstofftankstellen,  
Erkrath/Berlin Tel. 0211-91323650,  
[info@ibaa.de](mailto:info@ibaa.de), [www.ibaa.de](http://www.ibaa.de)



**EMCEL GmbH** – Ingenieurbüro für  
BZ, H<sub>2</sub>-Technologie und E-Mobilität.  
Machbarkeitsstudien, Normen & Zu-  
lassung, Instandhaltung. Am Wasser-  
mann 28a, 50829 Köln, Tel. 0221-292695-0, Fax -229,  
[email@emcel.com](mailto:email@emcel.com), [www.emcel.com](http://www.emcel.com)



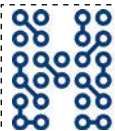
**Griesemann Gruppe**,  
Studien, Basic- &  
Detail-Engineering,

Realisierung, Industriestr. 73, 50389 Wesseling, Tel. 02232-  
7080, [kontakt@griesemann.com](mailto:kontakt@griesemann.com), [www.griesemann.com](http://www.griesemann.com)



**INGENIEURBÜRO FÜR VERFAHRENSTECHNIK**

**Haas Engineering GmbH & Co. KG**, Reinhold-Schnei-  
der-Str. 18a, 79194 Gundelfingen, Tel. 0761-503649-0, Fax -69,  
[info@haasengineering.de](mailto:info@haasengineering.de), [www.haasengineering.de](http://www.haasengineering.de)



## HydroHub

HydroHub – eine Initiative von Unternehmen der TÜV NORD GROUP für technische H<sub>2</sub>-Beratung/Engineering, Munscheidstr. 14, 45886 Gelsenkirchen, Tel. 0201-8252026, [wasserstoff@hydrohub.de](mailto:wasserstoff@hydrohub.de), [hydrohub.de](http://hydrohub.de)



CONSULTING  
ENGINEERS

ILF Beratende Ingenieure GmbH, Engineering-Kompetenz für die gesamte Wasserstoff-Wertschöpfungskette, Werner-Eckert-Str. 7, 81829 München, Tel. 089-2555940, [hydrogen@ilf.com](mailto:hydrogen@ilf.com), [www.ilf.com](http://www.ilf.com)



infraserv  
höchst

Infraserv GmbH & Co. Höchst KG, Konzeptentwicklung, Studien, Consulting,

Industriepark Höchst, 65926 Frankfurt am Main, Tel. 069-30581022, [www.infraserv.com](http://www.infraserv.com)



LIFTE H2 GmbH, Wasserstoffprojekte der nächsten Generation, c/o The Office Group, Kronenstr. 63, 10117 Berlin, [berlin@lifteh2.com](mailto:berlin@lifteh2.com), [www.lifteh2.com](http://www.lifteh2.com)



P2X Ingenieurbüro Ludwig GmbH, Wutöschinger Str. 7, 79771 Klettgau-Rechberg, Tel. 07742-922612,

[kontakt@p2x-ingenieure.de](mailto:kontakt@p2x-ingenieure.de), [www.p2x-ingenieure.de](http://www.p2x-ingenieure.de)

PLANET GbR,  
Ingenieurbüro für Energie- und Versorgungstechnik,  
Donnerschwer Str. 89/91, 26123 Oldenburg,  
Tel. 0441-85051, [info@planet-energie.de](mailto:info@planet-energie.de)

Spilett New Technologies GmbH,  
Schöneberger Str. 18, 10963 Berlin,  
030-536796-57, [www.spilett.de](http://www.spilett.de)



white energy  
energy for generations

white energy solutions GmbH, Josef-Jägerhuber-Str. 13, 82319 Starnberg,

Tel. 08151-9969400, [www.white-energy.eu](http://www.white-energy.eu)

## BESCHICHTUNG



Aalberts Surface Technologies GmbH,  
Seelandstr. 7, 23569 Lübeck,  
Tel. 0451-39006-0,  
[www.aalberts.com/st](http://www.aalberts.com/st)

Holzapfel Metallveredelung GmbH,  
Unterm Ruhestein 1, 35764 Sinn,  
Tel. 02772-5008-0, Fax -55,  
[www.holzapfel-group.com](http://www.holzapfel-group.com)



PVT Plasma und Vakuum Technik GmbH, Rudolf-Diesel-Str. 7, 64625 Bensheim, Tel. 06251-85656-10, Fax -56, [h2@pvtvacuum.de](mailto:h2@pvtvacuum.de), [www.pvtvacuum.de](http://www.pvtvacuum.de)

## BETANKUNGSTECHNIK



Kälte- und Systemtechnik GmbH, Kälteanlagen zur Kühlung von Wasserstoff

gemäß SAE, Heavy Duty Betankung, Strassfeld 5, 3441 Freundorf, Österreich, Tel. +43-2274-44109, [office@kustec.at](mailto:office@kustec.at), [www.kustec.at](http://www.kustec.at)



Spir Star AG,  
Auf der Rut 7, 64668 Rim-  
bach-Mitlechtern,

Tel. 06253-9889-0, [info@spirstar.de](mailto:info@spirstar.de), [www.spirstar.de](http://www.spirstar.de)



WEH GmbH Gas Technology, Josef-Henle-Str. 1, 89257 Illertissen, Tel. 07303-

95190-0, Fax -9999, [h2sales@weh.com](mailto:h2sales@weh.com), [www.weh.com](http://www.weh.com)

## BIPOLARPLATTEN



Borit NV, Bipolarplatten und Interconnects, Lammerdries 18e, 2440 Geel, Belgien,

Tel. +32-14-250900,

[contact@borit.be](mailto:contact@borit.be), [www.borit.be](http://www.borit.be)



Eisenhuth GmbH & Co. KG, Friedrich-Ebert-Str. 203, 37520 Osterode am

Harz, Tel. 05522-9067-0, Fax -44, [www.eisenhuth.de](http://www.eisenhuth.de)



Schunk Kohlenstofftechnik GmbH, graphitische Bipolarplatten, Rodheimer Str. 59, 35452 Heuchelheim, Tel. 0641-608-0, Fax -1223,

[bipolarplates@schunk-group.com](mailto:bipolarplates@schunk-group.com),

[www.schunk-carbontechnology.com](http://www.schunk-carbontechnology.com)



SITEC Industrietechnologie GmbH, Prototypen, Serienfertigung,

Produktionsanlagen für Ihre Bipolarplatten,

Stack-Baugruppen und Balance of Plant,

[info@sitec-technology.de](mailto:info@sitec-technology.de), [www.sitec-technology.de](http://www.sitec-technology.de)

## BRENNSTOFF- UND LUFT- VERSORGUNG



Celeroton AG,  
hochkompakte Turbo-

Kompressoren für die Luftversorgung von Brennstoffzellen,

Industriestr. 22, 8604 Volketswil, Schweiz, Tel. +41-44-

25052-20, [info@celeroton.com](mailto:info@celeroton.com), [www.celeroton.com](http://www.celeroton.com)



Magnet-Schultz GmbH & Co. KG,  
Magnetventile für

Wasserstoff, Allgäuer Str. 30, 87700 Memmingen, Tel. 08331-104-0, [info@magnet-schultz.de](mailto:info@magnet-schultz.de), [www.magnet-schultz.com](http://www.magnet-schultz.com)



**sera ComPress GmbH**,  
sera-Str. 1, 34369 Immenhausen,  
Tel. 05673-999-04, Fax-05,  
[info-compress@sera-web.com](mailto:info-compress@sera-web.com), [www.sera-web.com](http://www.sera-web.com)

## BRENNSTOFFZELLEN



**Cummins Inc. – Hydrogenics GmbH**,  
Albert-Einstein-Allee 24-28,  
45966 Herten, 02366-5699-300,  
[www.cummins.com](http://www.cummins.com)



**Optima life science GmbH**,  
Steinbeisweg 20, 74523 Schwä-  
bisch Hall, Tel. 0791-506-1900,

Fax -1520, [www.optima-packaging.com/lifescience](http://www.optima-packaging.com/lifescience)



**SFC Energy AG**, EFOY Brennstoffzellen,  
Eugen-Sänger-Ring 7, 85649 Brunthal,  
Tel. 089-673592-555, [info@sfc.com](mailto:info@sfc.com),  
[www.sfc.com](http://www.sfc.com), [www.efoy-pro.com](http://www.efoy-pro.com)



**Siqens GmbH**, Landsberger  
Str. 318d, 80687 München,  
Tel. 089-4524463-0, [info@siqens.de](mailto:info@siqens.de), [www.siqens.de](http://www.siqens.de)

## DICHTUNGEN



**Eisenhuth GmbH & Co.**  
KG, Friedrich-Ebert-Str.  
203, 37520 Osterode am

Harz, Tel. 05522-9067-0, Fax -44, [www.eisenhuth.de](http://www.eisenhuth.de)

## ELEKTROLYSEURE



**Asahi Kasei**  
Europe GmbH,

Fringsstr. 17, 40221 Düsseldorf, Tel. 0211-3399-2000,  
[info@asahi-kasei.eu](mailto:info@asahi-kasei.eu), [www.asahi-kasei.eu](http://www.asahi-kasei.eu)



**Cummins Inc. – Hydrogenics GmbH**,  
Albert-Einstein-Allee 24-28,  
45966 Herten, 02366-5699-300,  
[www.cummins.com](http://www.cummins.com)



**EcoLyzer | Ecoclean GmbH**,  
Druck-Alkali-Elektrolyseure 1-10  
MW + Systemintegration, Hans-  
Georg-Weiss-Str. 10, 52156 Monschau, Tel. 02472-83-0,  
[info@ecolyzer.com](mailto:info@ecolyzer.com), [www.ecolyzer.com](http://www.ecolyzer.com)



Empowering a sustainable world

**Elogen GmbH**,  
Eupener Straße 165, 50933 Köln,  
Tel. 0221-2919073-0, Fax -9,  
[www.elogenh2.com](http://www.elogenh2.com)



**Enapter**

**Enapter srl**, AEM-Elektrolyseure  
für alle Anwendungsbereiche,  
Pisa, Berlin, Chiang Mai,

Via di lavoro 56G, 56040 Crespina Lorenzana (PI), Italien,  
Tel. +39-50644281, +49-30-921008130, [www.enapter.com](http://www.enapter.com)



**green-h2-systems**,  
engineering,  
contracting &

services, Tel. 05321-687-0, [kontakt@fest-group.de](mailto:kontakt@fest-group.de),  
[www.green-h2-systems.de](http://www.green-h2-systems.de)



**Hoeller Electrolyzer GmbH**,  
The Stack Company, Alter  
Holzhafen 17b, 23966

Wismar, Tel. 03841-38901-0, [www.hoeller-electrolyzer.com](http://www.hoeller-electrolyzer.com)



Hydrogen is now.

**H-TEC SYSTEMS**

**H-Tec Systems GmbH**,  
PEM-Elektrolyseure  
für industriell-  
le Anwendungen,

Alois-Senefelder-Allee 1, 86167 Augsburg, Tel. 0821-507697-0,  
[info@h-tec-systems.com](mailto:info@h-tec-systems.com), [www.h-tec-systems.de](http://www.h-tec-systems.de)



**iGas energy GmbH**,

Cockerillstr. 100, 52222 Stolberg,  
Tel. 02402-9791600, [info@igas-energy.de](mailto:info@igas-energy.de),  
[www.iGas-energy.de](http://www.iGas-energy.de)



**IPS-FEST GmbH**, Power Supplier,  
Eisenbahnstr. 22-23, 53489 Sinzig,  
Tel. 02642-9020-20, [sales@ips-fest.de](mailto:sales@ips-fest.de),  
[www.ips-fest.de](http://www.ips-fest.de)



**ITM Power GmbH**,  
Energy Storage –  
Clean Fuel,

Am Mühlgraben 6, 35410 Hungen, Tel. 06402-5197321,  
[info-itmgmbh@itm-power.com](mailto:info-itmgmbh@itm-power.com), [www.itm-power.com](http://www.itm-power.com)



Driving  
clean energy  
forward

**McPhy Energy**  
Deutschland GmbH,  
Schwartzkopf 1, 15745 Wildau,  
Tel. 03375-497210-0, Fax -9,  
[www.mcphy.com](http://www.mcphy.com)



**Nel Hydrogen**, 10 Technology Drive,  
Wallingford, CT 06492, USA,  
Tel. +1-203-949-8697, Fax -8016,  
[info@nelhydrogen.com](mailto:info@nelhydrogen.com),  
[www.nelhydrogen.com](http://www.nelhydrogen.com)



**ostermeier H2hydrogen**  
Solutions GmbH, Lokale  
Wasserstofflösungen für  
saisonale Energieautarkie,

Dieselstr. 1, 85301 Schweitenkirchen, Tel. 08444-92490-0,  
Fax -29, [info@ohs.energy](mailto:info@ohs.energy), [www.ohs.energy](http://www.ohs.energy)



**ProPuls GmbH**, Hochdruck-  
elektrolyse, Stackbau sowie  
Systemintegration und

MSR-Technik, Neidenburger Str. 10, 45897 Gelsenkirchen,  
Tel. 0209-589094-60, Fax -99, [www.propuls.de](http://www.propuls.de)



**sunfire GmbH**,  
Gasanstaltstr. 2, 01237 Dresden,  
Tel. 0351-896797-0, Fax -885,  
[www.sunfire.de](http://www.sunfire.de)



**thyssenkrupp nucera AG & CO. KGaA**,  
Voßkuhle 38, 44141 Dortmund,  
Tel. 231547-0, Fax -2334,  
[info-uce@thyssenkrupp.com](mailto:info-uce@thyssenkrupp.com),  
[www.thyssenkrupp-nucera.com](http://www.thyssenkrupp-nucera.com)

## ELEKTRONIK

**iEB-Industrie Elektronik Brandenburg AG**,  
Magistrale 13, 16244 Schorfheide OT Finowfurt,  
Tel. 03335-2160-09, Fax -12, [info@iebag.de](mailto:info@iebag.de), [www.iebag.de](http://www.iebag.de)



**KraftPowercon Sweden AB**,  
Bruksvägen 4, 445 56 Surte-  
Göteborg, Schweden, Tel. +46-31-  
7061970, [www.kraftpowercon.com](http://www.kraftpowercon.com)

**Phoenix Contact**, Elektrifizierung, Vernetzung,  
Automatisierung, Flachsmarktstr. 8, 32825 Blomberg,  
Tel. 05235-312-000, Fax -999,  
[www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)



**plating electronic GmbH**,  
Gleichstromquellen, Rheinstr. 4,  
79350 Sexau, Tel. 07641-93500-0,  
[info@plating.de](mailto:info@plating.de), [www.plating.de](http://www.plating.de)



**Prüfrefx Innovative Power Pro-  
ducts GmbH**, Egersdorfer Str.  
36, 90556 Cadolzburg,  
Tel. 09103-7953-0, Fax -55,  
[www.pruefrefx.de](http://www.pruefrefx.de)

## ENERGIESPEICHERUNG



**APEX Group – Energielösungen  
mit grünem Wasserstoff**,  
Hans-Adam-Allee 1,

18299 Rostock-Laage, Tel. 0381-799902-0,  
[info@apex-energy.de](mailto:info@apex-energy.de), [www.apex-group.de](http://www.apex-group.de)



**GKN Hydrogen GmbH**, Pennefeldsweg 11-15, 53177 Bonn,  
Germany, [www.gknhydrogen.com](http://www.gknhydrogen.com)



**GP JOULE Hydrogen GmbH**,  
Trust your energy, Cecilienkoog 16,  
25821 Reußenköge,  
Tel. 04671-6074-0, Fax -199, [www.gp-joule.de](http://www.gp-joule.de)



**HPS Home Power Solutions AG**,  
Carl-Scheele-Str. 16, 12489 Berlin,  
Tel. 030-5169-5810,  
[mail@homepowersolutions.de](mailto:mail@homepowersolutions.de),  
[www.homepowersolutions.de](http://www.homepowersolutions.de)

## ENGINEERING



**HydroHub** – eine Initiati-  
ve von Unternehmen der  
TÜV NORD GROUP für  
technische H<sub>2</sub>-Beratung/  
Engineering, Munscheidstr. 14, 45886 Gelsenkirchen,  
Tel. 0201-8252026, [wasserstoff@hydrohub.de](mailto:wasserstoff@hydrohub.de), [hydrohub.de](http://hydrohub.de)

## SCHAEFFLER ENGINEERING

**Schaeffler Engineering  
GmbH**,  
H<sub>2</sub>-Prüfstände,  
Software und Steuergerätelösungen für H<sub>2</sub>-Motoren,  
Gewerbestr. 14, 58791 Werdohl, Tel. 02392-809-0, Fax -100,  
[www.schaeffler-engineering.com](http://www.schaeffler-engineering.com)

**SEGULA Technologies GmbH**, Rugbyring 12, 65428  
Rüsselsheim am Main, Herr H. Sötje, Tel. 0151-12183180,  
[Hauke.Soetje@segulagr.com](mailto:Hauke.Soetje@segulagr.com), [www.segulatechnologies.com](http://www.segulatechnologies.com)



**Silica Verfahrenstechnik  
GmbH** – Innovatives En-  
gineering mit Leidenschaft,  
Wasserstofftechnologie seit über 80 Jahren! Wittestr. 24,  
13509 Berlin, Tel. 030-43573-5, [sales@silica.de](mailto:sales@silica.de), [www.silica.de](http://www.silica.de)

## FERTIGUNGSTECHNIK



**Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG**,  
Fertigungsanlagen für das Formen, Schneiden und  
Schweißen metallischer Bipolarplatten, Tel. 02737-989-0,  
[info@graebener.com](mailto:info@graebener.com), [www.graebener.com](http://www.graebener.com)



**Martin Lotter**,  
Ihr Spezialist für Hochleistungs-  
werkstoffe, Hertinger Weg 10, 87484 Nesselwang, Tel.  
08361-1353, [kontakt@martin-lotter.de](mailto:kontakt@martin-lotter.de), [www.martin-lotter.de](http://www.martin-lotter.de)

## FINANZIERUNG

**Notos Group**, Dr. Jens Rohweder,  
Unternehmensbeteiligungen und Risikokapital,  
Pelzerstr. 5, 20095 Hamburg, Tel. 040-6094550-0,  
[www.notos-group.com](http://www.notos-group.com)

## FORSCHUNG & ENTWICKLUNG



**DBI Gas- und Umwelttechnik  
GmbH**, Karl-Heine-Str. 109/111,  
04229 Leipzig, 0341-2457-113,  
[www.dbi-gut.de](http://www.dbi-gut.de)

**DLR Institut für Technische Thermodynamik**,  
Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart,  
Tel. 0711-6862-346, Fax -747, [www.dlr.de/tt](http://www.dlr.de/tt)





FES GmbH Fahrzeug-  
Entwicklung Sachsen,  
Crimmitschauer Str. 59,

08058 Zwickau, Tel. 0375-5660-0, Fax -222,  
[info@fes-aes.de](mailto:info@fes-aes.de), [www.fes-aes.de](http://www.fes-aes.de)



Fraunhofer-Institut für  
Solare Energiesysteme  
ISE, Heidenhofstr. 2,  
79110 Freiburg/Br.,

Tel. 0761-4588-5208, Fax -9000, [www.h2-ise.de](http://www.h2-ise.de)

Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES,  
Postkamp 12, 30159 Hannover,  
Tel. 0471-14290-456, [www.iwes.fraunhofer.de](http://www.iwes.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut Zuverlässigkeit und Mikrointegration  
(IZM), Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin,  
Tel. 030-3147283-3, Fax -5, [www.izm.fraunhofer.de](http://www.izm.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Mikroelektronik und  
Mikrosysteme IMM,  
Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz, Tel. 06131-9900,  
[info@imm.fraunhofer.de](mailto:info@imm.fraunhofer.de), [www.imm.fraunhofer.de](http://www.imm.fraunhofer.de)



Gas- und Wärme-Institut Essen  
e.V., Hafenstr. 101, 45356 Essen,  
Tel. 0201-3618-0,  
[www.gwi-essen.de](http://www.gwi-essen.de)



HyCentA Research GmbH,  
Inffeldgasse 15, A-8010 Graz,  
Tel. +43-316-873-9501,  
[office@hycenta.at](mailto:office@hycenta.at), [www.hycenta.at](http://www.hycenta.at)



IAV GmbH Ingenieurgesellschaft  
Auto und Verkehr, Carnotstr. 1,  
10587 Berlin, Tel. 030-39978-0,  
Fax -9926, [www.iav.com](http://www.iav.com)



Wenger Engineering  
GmbH, Forschungs-  
und Entwicklungszentrum für Thermodynamik, CFD-Simulation & H<sub>2</sub>-Technik,  
Einsteinstr. 55, 89077 Ulm, Tel. 0731-790605-0, Fax -99,  
[mail@wenger-engineering.com](mailto:mail@wenger-engineering.com), [www.wenger-engineering.com](http://www.wenger-engineering.com)



Zentrum für Brennstoff-  
zellenTechnik ZBT gGmbH,  
Carl-Benz-Str. 201, 47057  
Duisburg, Tel. 0203-7598-0, Fax -2222, [info@zbt.de](mailto:info@zbt.de), [www.zbt.de](http://www.zbt.de)

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-  
Forschung Baden-Württemberg (ZSW),  
Helmholtzstr. 8, 89081 Ulm, Tel. 0731-9530-0, Fax -666,  
[info@zsw-bw.de](mailto:info@zsw-bw.de), [www.zsw-bw.de](http://www.zsw-bw.de)

## GAS-DIFFUSIONS-LAGEN (GDL)



MeliCon GmbH, GDL-Kompo-  
nenten in Titan und Edelstahl,  
metallische Filtermedien, Por-  
schestr. 6, 41836 Hückelhoven, Tel. 02433-44674-0, Fax -22,  
[www.melicon.de](http://www.melicon.de)



SGL Carbon  
GmbH, Werner-  
von-Siemens-

Str. 18, 86405 Meitingen, Tel. 08271-83-3360, Fax -103360,  
[fuelcellcomponents@sglgroup.com](mailto:fuelcellcomponents@sglgroup.com), [www.sglgroup.com](http://www.sglgroup.com)

## INFRASTRUKTUR

H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co.KG,  
EUREF-Campus 10-11, 10829 Berlin, Tel. 0170-5870317,  
[presse@h2-mobility.de](mailto:presse@h2-mobility.de), [www.h2-mobility.de](http://www.h2-mobility.de)

## KOMMUNIKATION & MARKETING

### MISSION: HYDROGEN

Mission Hydrogen GmbH,  
Einsteinstraße 55, 89077 Ulm,  
Tel. 0731-790605-0,  
[www.mission-hydrogen.de](http://www.mission-hydrogen.de)



mummert – creating relations,  
Uta Mummert, deutsch-französi-  
sche Kommunikationsdienstleis-  
tungen – Medien, Messen, Mar-  
keting, Ecksteinstr. 18, 04277 Leipzig, Tel. 0177/4811408,  
[info@mummert.fr](mailto:info@mummert.fr), [www.mummert.fr](http://www.mummert.fr)

## KOMPRESSOREN



### AERZEN

Aerzener Maschinenfabrik  
GmbH, Schraubenverdichter  
und Gebläse für Prozessgase,  
Reherweg 28, 31855 Aerzen, Tel. 05154-810,  
[processgas@aerzen.com](mailto:processgas@aerzen.com), [www.aerzen.com](http://www.aerzen.com)



### Burckhardt Compression

Burckhardt Compression AG,  
Franz-Burckhardt-Str. 5,  
8404 Winterthur, Schweiz,  
Tel. +41-52-2625330, [www.burckhardtcompression.com](http://www.burckhardtcompression.com)



HD-tech Hochdrucktech-  
nik GmbH & Co. KG,  
Neustadter Ring 5, 38855  
Wernigerode, Tel. 03943-26780-0, Fax -20, [www.h-d-tech.de](http://www.h-d-tech.de)



Mehrer Compres-  
sion GmbH,  
Prozessgas unter

Hochdruck, Rosenfelder Str. 35, 72336 Balingen,  
Tel. 07433-2605-0, Fax -7541, [www.mehrer.de](http://www.mehrer.de)



### Neuman & Esser Group,

Werkstraße o.Nr.,  
52531 Übach-Palenberg,  
Tel. 02451-481-01, Fax -100,  
[www.neuman-esser.de](http://www.neuman-esser.de)



J.P. Sauer & Sohn  
Maschinenbau GmbH,  
Brauner Berg 15, 24159  
Kiel, Tel. 0431-3940-0,  
[sales@sauercompressors.de](mailto:sales@sauercompressors.de), [www.sauercompressors.com](http://www.sauercompressors.com)

## MEMBRANEN

**AGC**

Your Dreams, Our Challenge

AGC Chemicals Europe, Ltd., FORBLUE™ Membrane Technology, Commercial Centre, World Trade Center, Zuidplein 80, 1077 XV Amsterdam, Niederlande, Tel. +31-20-880-4170, [forblue.info@agc.com](mailto:forblue.info@agc.com), [www.agcce.com](http://www.agcce.com)

CMC Klebetechnik GmbH, Rudolf-Diesel-Str. 4, 67227 Frankenthal/Pfalz, Tel. 06233-872-300, [info@cmc.de](mailto:info@cmc.de), [www.cmc.de](http://www.cmc.de)

## MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING



DiLiCo engineering GmbH, Lorenzweg 43, 39124 Magdeburg, Tel. 0391-505859-86, [info@dilico.de](mailto:info@dilico.de), [www.dilico.de](http://www.dilico.de)



S++ Simulation Services, Ralf Kraume, Waldstr. 5, 82418 Murnau-Westried, Tel. 08841-672147-0, [ralf.kraume@splusplus.com](mailto:ralf.kraume@splusplus.com), [www.splusplus.com](http://www.splusplus.com)

## MESS- UND REGELUNGSTECHNIK



ADZ NAGANO GmbH, H<sub>2</sub>-Drucksensorik mit EC79-Zulassung, Bergener Ring 43, 01458 Otten-dorf-Okrilla, Tel. 035205-596930, [sales@adz.de](mailto:sales@adz.de), [www.adz.de](http://www.adz.de)



Henze-Hauck Prozessmesstechnik / Analytik GmbH,

Wasserstoffanalysatoren, ATEX zertifiziert, Sicherheitstechnik, Dünnhauptstr. 14, 06847 Dessau, Tel. 0340 5169363, [info@henze-hauck.de](mailto:info@henze-hauck.de), [www.processanalytik.de](http://www.processanalytik.de)

**HYDAC ELECTRONIC**

HYDAC Electronic GmbH, H<sub>2</sub>-Druckmessumformer mit Zulassungen für explosionsgefährdete Umgebungen sowie EC 79/2009, Hauptstr. 27, 66128 Saarbrücken, Tel. 06897-50901, [electronic@hydac.com](mailto:electronic@hydac.com), [www.hydac.com](http://www.hydac.com)



JUMO GmbH & Co. KG, Mess-, Regel- und Automatisierungstechnik für Wasserstoff-Anwendungen, Moritz-Juchheim-Str. 1, 36039 Fulda, Tel. 0661-6003-0, Fax -500, [mail@jumo.net](mailto:mail@jumo.net), [www.jumo.de](http://www.jumo.de)

Labom Mess- und Regeltechnik GmbH, Im Gewerbepark 13, 27798 Hude, Tel. 04408-804-0, Fax -100, [info@labom.com](mailto:info@labom.com), [www.labom.com](http://www.labom.com)

neo hydrogen sensors GmbH, Hersteller von Wasserstoffsensoren und Katalysatoren, Bussardweg 12, 41468 Neuss, Tel. 02131-2090112, Fax -6629600, [www.neohysens.de](http://www.neohysens.de)

Phoenix Contact, Elektrifizierung, Vernetzung, Automatisierung, Flachmarktstr. 8, 32825 Blomberg, Tel. 05235-312-000, Fax -999, [www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)



Poppe + Potthoff Maschinenbau GmbH, Prüfstände zum Einsatz in Forschung und Entwicklung, An der Helme 26, 99734 Nordhausen, Tel. 03631-46221022, [www.poppe-potthoff.com](http://www.poppe-potthoff.com)



Prignitz Mikrosystemtechnik GmbH, Druck- und Temperaturmesstechnik für H<sub>2</sub>-Anwendungen, Margarethenstr. 61, 19322 Wittenberge-Elbe, Tel. 03877-56746-15, Fax -18, [www.prignitz-mst.de](http://www.prignitz-mst.de)



Trafag GmbH, Zuverlässige Sensoren und Drucktransmitter für Wasserstoffanwendungen, [info@trafag.de](mailto:info@trafag.de) und [trafagat@trafag.com](mailto:trafagat@trafag.com), [www.trafag.de](http://www.trafag.de) und [www.trafag.at](http://www.trafag.at)



TrigasDM GmbH, Erdinger Str. 2b, 85375 Neufahrn, Tel. 08165-9999-300, Fax: -369, [info@trigasdm.com](mailto:info@trigasdm.com), [www.trigasdm.com](http://www.trigasdm.com)

## ORGANISATION



NOW GmbH, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, Fasanenstrasse 5, 10623 Berlin, Tel. 030-3116116-43, Fax -77, [www.now-gmbh.de](http://www.now-gmbh.de)



Plattform H2BW c/o e-mobil BW GmbH, Leuschnerstr. 45, 70176 Stuttgart, Tel. 0711-892385-0, Fax -49, [h2bw@e-mobilbw.de](mailto:h2bw@e-mobilbw.de), [www.plattform-h2bw.de](http://www.plattform-h2bw.de)

## PRÜFTECHNIK



balticFuelCells GmbH, PEM- und Elektrolyse-Testzellen für F&E und QA, [www.balticfuelcells.de](http://www.balticfuelcells.de)



**Greenlight Innovation Corp. Canada,**  
Europäische Vertretung:

Dr. Lutz Consulting GmbH, Kahlenbergstr. 44,  
66849 Landstuhl, Tel. 06371-914914,  
[tlutz@greenlighteuropa.com](mailto:tlutz@greenlighteuropa.com), [www.greenlightinnovation.com](http://www.greenlightinnovation.com)



**JA-Gastechnology GmbH,**  
Albrecht-Thaer-Ring 9,  
30938 Burgwedel,  
Tel. 05139-9855-0, Fax -33,  
[www.jag.de](http://www.jag.de)



**MACEAS GmbH, Experten für Dicht-  
heitsprüfung und Automatisierung,**  
Königstr. 2, 26676 Barßel-Harkebrügge,  
Tel. 04497-9269-90, Fax -18,  
[www.maceas.com](http://www.maceas.com)



**MARPOSS GmbH, Ihr Partner für Dicht-  
heitsprüfung und Automatisierung,**  
Mercedesstr. 10, 71384 Weinstadt,  
Tel. 07151-20540, [marposs-mkt@de.marposs.com](mailto:marposs-mkt@de.marposs.com),  
[www.marposs.com](http://www.marposs.com)

**MAXIMATOR®**  
**Maximum Pressure.**

Hochdrucktechnik • Prüftechnik • Hydraulik • Pneumatik

**Maximator GmbH,**  
H<sub>2</sub>-Hochdrucktechnik,  
Prüftechnik, Hydraulik,  
Pneumatik, Dienstleistun-  
gen, Lange Str. 6, 99734 Nordhausen, Tel. 03631-9533-5040,  
[info@maximator.de](mailto:info@maximator.de), [www.maximator.de](http://www.maximator.de)



**POPPE+POTTHOFF**  
An der Helme 26, 99734 Nordhausen, Tel. 03631-46221022,  
[www.poppe-potthoff.com](http://www.poppe-potthoff.com)

**Poppe + Potthoff  
Maschinenbau GmbH,**  
Prüfstände zum Einsatz in  
Forschung und Entwicklung,



**Resato International B.V.,**  
Duitslandlaan 1, 9400 AZ  
Assen, Niederlande, Tel. +31-  
501-6877, [www.resato.com](http://www.resato.com)



**SL Tech2 GmbH, H<sub>2</sub>-Umwelt-  
simulation, -Sicherheitsprü-  
fungen, -Leckageprüfungen,  
-Druckzyklisierung, -Dienst-  
leistungen, Hohenneuffenstr. 21, 73230 Kirchheim u. Teck,  
Tel. 07021-993968-0, [www.sl-tech2.de](http://www.sl-tech2.de)**



**Sonplas GmbH, Sachsen-  
ring 57, 94315 Straubing,  
Tel. 09421-9275-0, Fax -199,  
[www.sonplas.de](http://www.sonplas.de)**



**TesTneT Engineering GmbH,**  
Eschenallee 11, 85445 Oberding und  
9669 201 St, Langley City, BC V1M  
3E7, Canada, Tel. 089-23710939,  
[info@h2-test.net](mailto:info@h2-test.net), [www.h2-test.net](http://www.h2-test.net)



**Zeltwanger, Dichtheits- und Funktionsprüfung, auto-  
matisierte Laserapplikations- und Montageanlagen,**  
Maltschachstr. 32, 72144 Dußlingen, Tel. 07071-3663-106,  
[e-mobility@zeltwanger.com](mailto:e-mobility@zeltwanger.com), [www.zeltwanger.de](http://www.zeltwanger.de)

## RECHTSBERATUNG

**Becker Büttner Held, Rechtsanwälte – Wirtschaftsprüfer –  
Steuerberater, Magazinstr. 15-16, 10179 Berlin,  
Tel. 030- 6112840-0, Fax -99, [www.bbh-online.de](http://www.bbh-online.de)**

## REFORMIERUNG



**WS Reformer GmbH,**  
Dornierstr. 14, 71272 Renningen,  
Tel. 07159-163242, Fax -2738,  
[www.wsreformer.com](http://www.wsreformer.com)

## SICHERHEIT



**HydroHub – eine Initiati-  
ve von Unternehmen der  
TÜV NORD GROUP für  
technische H<sub>2</sub>-Beratung/  
Engineering, Munscheidstr. 14, 45886 Gelsenkirchen,  
Tel. 0201-8252026, [wasserstoff@hydrohub.de](mailto:wasserstoff@hydrohub.de), [hydrohub.de](http://hydrohub.de)**



**TÜV SÜD AG, Westendstr 199,  
80686 München, Tel. 089-5791-0,  
[hydrogen@tuvsud.com](mailto:hydrogen@tuvsud.com),  
[www.tuvsud.com](http://www.tuvsud.com)**

## SPEICHERTECHNIK

**AMBARtec AG, Lieferant von kompakten, effizienten und  
nachhaltigen H<sub>2</sub>-Speichern, Erna-Berger-Str. 17,  
01097 Dresden, Tel. 0351-30993666, [www.ambartec.de](http://www.ambartec.de)**

**Ballonbau Wörner GmbH, flexible Gasspeicher,  
Flughafenstr. 20, 86169 Augsburg,  
Tel. 0821-4-50406-0, Fax -19641,  
[info@ballonbau.de](mailto:info@ballonbau.de), [www.ballonbau.de](http://www.ballonbau.de)**



**Hexagon Purus GmbH,**  
Otto-Hahn-Str. 5,  
34123 Kassel, Tel. 0561-58549-0,  
[www.hexagonpurus.com](http://www.hexagonpurus.com)



**Kessels Prüfwerk GmbH & Co.**  
KG, Lehmkuhlenweg 13,  
41065 Mönchengladbach,  
Tel. 02161-65907-0, Fax -68, [www.kessels-pruefwerke.de](http://www.kessels-pruefwerke.de)



**Nprox B.V., Business Trade  
Center Heerlen, Vogt 21,  
6422 RK Heerlen, Niederlande, +31-45-7820564,  
[contact@nprox.com](mailto:contact@nprox.com), [www.nprox.com](http://www.nprox.com)**



**Wystrach GmbH,**  
Industriestr. 60, 47652 Weeze,  
Tel. 02837-9135-0, Fax -30,  
[www.wystrach-gmbh.de](http://www.wystrach-gmbh.de)

## STATIONÄRE SYSTEME



**GKN Hydrogen GmbH,** Pennefeldsweg 11-15, 53177 Bonn,  
Germany, [www.gknhydrogen.com](http://www.gknhydrogen.com)



**inhouse engineering GmbH,**  
Köpenicker Str. 325 –  
Haus 41, 12555 Berlin,  
Tel. 030-6576-3358, Fax -2582, [www.inhouse-engineering.de](http://www.inhouse-engineering.de)

**SOLIDpower GmbH,** Borsigstr. 80, 52525 Heinsberg,  
Tel. 02452-153-758, Fax -755,  
[bluegen@solidpower.com](mailto:bluegen@solidpower.com), [www.solidpower.com](http://www.solidpower.com)

## SYSTEMINTEGRATION



**Framatome GmbH,**  
Paul-Gossen-Str. 100,  
91052 Erlangen, Ansprechpartner: Frau Gemmer-Berkbilek,  
Tel. 09131-90095221, [www.framatome.com](http://www.framatome.com)

## TANKSTELLEN



**McPhy Energy  
Deutschland GmbH,**  
Schwartzkopff 1, 15745 Wildau,  
Tel. 03375-497210-0, Fax -9,  
[www.mcphy.com](http://www.mcphy.com)

## TECHNOLOGIEZENTREN

**HIAT gGmbH,**  
Schwerin, CCMs/MEAs für PEFC, DMFC & PEM-  
Elektrolyse, DMFC-Membranentwicklung, Prozess-  
entwicklung MEA/CCM-Fertigung, Qualitätssicherung,  
[www.hiat.de](http://www.hiat.de)



**H2Herten,**  
Wasserstoff-  
Kompetenz-Zentrum,  
Doncaster-Platz 5,  
45699 Herten, [info@herten.de](mailto:info@herten.de), [www.h2herten.de](http://www.h2herten.de)

## TESTSTÄNDE



**Horiba FuelCon GmbH,** Steinfeldstr. 1, 39179 Barleben,  
Tel. 039203-5144-00, Fax -09, [info@horiba-fuelcon.com](mailto:info@horiba-fuelcon.com),  
[www.horiba-fuelcon.com](http://www.horiba-fuelcon.com)



**MARPOSS GmbH,** Ihr Partner für Dicht-  
heitsprüfung und Automatisierung,  
Mercedesstr. 10, 71384 Weinstadt,  
Tel. 07151-20540, [marposs-mkt@de.marposs.com](mailto:marposs-mkt@de.marposs.com),  
[www.marposs.com](http://www.marposs.com)

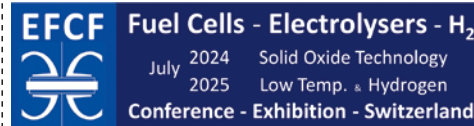


**Poppe + Potthoff  
Maschinenbau GmbH,**  
Prüfstände zum Einsatz in  
Forschung und Entwicklung,  
An der Helme 26, 99734 Nordhausen,  
Tel. 03631-46221022, [www.poppe-potthoff.com](http://www.poppe-potthoff.com)

## VERANSTALTER



**ees Europe – Internationale Fach-  
messe für Batterien und Energie-  
speichersysteme / Solar Promotion  
GmbH,** P.O. Box 100 170, 75101  
Pforzheim, Tel. 07231-58598-0, Fax -28, [www.ees-europe.com](http://www.ees-europe.com)



**European Fuel Cell Forum,** Obgardihalde 2, 6043  
Luzern-Adligenswil, Schweiz, Tel. +41-4-45865644,  
Fax 35080622, [forum@efcf.com](mailto:forum@efcf.com), [www.efcf.com](http://www.efcf.com)

**MunichExpo Veranstaltungen GmbH,** Zamdorfer Str. 100,  
81677 München, Tel. 089-322991-14, [www.emove360.com](http://www.emove360.com)



**Landesmesse Stuttgart GmbH –  
f-cell Stuttgart, f-cell Canada,  
f-cell China,**  
[www.messe-stuttgart.de](http://www.messe-stuttgart.de),  
<https://www.messe-stuttgart.de/f-cell/aussteller/f-cell-weltweit>



**HANNOVER MESSE 2024,**  
22.-26. April, Tobias Renz FAIR,  
Berlin, Tobias Renz,  
[tobias@h2fc-fair.com](mailto:tobias@h2fc-fair.com), Tel. 030-  
60984556, [www.h2fc-fair.com](http://www.h2fc-fair.com)

## VEREINE & VERBÄNDE



**Deutscher Wasserstoff- &  
Brennstoffzellen-Verband  
e.V.,** Robert-Koch-Platz 4,  
10115 Berlin, Tel. 030-  
62959482, @DWV\_H2, [h2@dwv-info.de](mailto:h2@dwv-info.de), [www.dwv-info.de](http://www.dwv-info.de)

**Erneuerbare Energien & Speicher e. V.,** c/o Architekturbüro  
Theet, Angelburger Str. 74, 24937 Flensburg, [www.ees-ev.de](http://www.ees-ev.de)

**FEE – Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V.,**  
Invalidenstr. 91, 10115 Berlin, Tel. 030-84710697-0,  
[info@fee-ev.de](mailto:info@fee-ev.de), [www.fee-ev.de](http://www.fee-ev.de)

**H2BZ-Initiative Hessen e.V.,** Konradinallee 9, 65189  
Wiesbaden, Tel. 0611-95017-8959,  
[info@h2bz-hessen.de](mailto:info@h2bz-hessen.de), [www.h2bz-hessen.de](http://www.h2bz-hessen.de)

**h2-netzwerk-ruhr**, Doncaster-Platz 5, 45699 Herten,  
[info@h2-netzwerk-ruhr.de](mailto:info@h2-netzwerk-ruhr.de), [www.h2-netzwerk-ruhr.de](http://www.h2-netzwerk-ruhr.de)



**Wasserstoff  
Region  
Rheinland e.V.**

**HyCologne – Wasserstoff  
Region Rheinland e. V.**  
 Goldenbergstr. 1, 50354 Hürth,

Tel. 02233-406123, [www.hycologne.de](http://www.hycologne.de)



**Hydrogen Power Storage & Solutions e.V.**,  
 Geschäftsstelle-Leuna: Am Haupttor,  
 Bau 4310 (Eingang 3), 06237 Leuna /  
 GS-Leipzig: Schillerstr. 5, 04109 Leipzig,  
 Tel. 0341-60016-20, [www.hypos-eastgermany.de](http://www.hypos-eastgermany.de)

**IGV IndustrieGase  
Verband e.V.**

**Industriegase-  
verband e.V.**,  
 Französische

Str. 8, 10117 Berlin, Tel. 030-20645 8804, Fax -8805,  
[www.industriegaseverband.de](http://www.industriegaseverband.de)

**Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B)**, Fürther Str. 250,  
 90429 Nürnberg, [info@h2.bayern](mailto:info@h2.bayern), [www.h2.bayern](http://www.h2.bayern)

## WASSERSTOFF-LIEFERANT



**Propan Rheingas GmbH & Co. KG**,  
 Lieferant für Wasserstoff &  
 H<sub>2</sub>-Tankstellen aus einer Hand,  
 Fischenicher Straße 23, 50321 Brühl,  
 Tel. 02232-7079-9142,

[wasserstoff@rheingas.de](mailto:wasserstoff@rheingas.de), [www.rheingas.de](http://www.rheingas.de)

**SL Schwanteland GmbH**, Transport & Lagerung von  
 technischen und medizinischen Gasen,  
 Perwenitzer Chaussee 2, 16727 Oberkrämer,  
 Tel. 03304-3994-0, Fax -30,  
[www.sl-schwanteland.de](http://www.sl-schwanteland.de)



**SWF Sauerstoffwerk Friedrichsha-  
fen GmbH**, Produktion & Vertrieb:  
 Technische/Med./Spezialgase &  
 Wasserstoff, 88045 Friedrichshafen,  
[wasserstoff@swffn.de](mailto:wasserstoff@swffn.de), [www.swffn.de](http://www.swffn.de)



**Tyczka Hydrogen GmbH**,  
 Partner für die Versorgung mit  
 grünem Wasserstoff,  
 Blumenstr. 5, 82538 Geretsried,  
[hydrogen@tyczka.de](mailto:hydrogen@tyczka.de), [www.tyczka.com/wasserstoff](http://www.tyczka.com/wasserstoff)

## WEITERBILDUNG

**Universität Augsburg**, Anwenderzentrum Material-  
 und Umweltforschung – AMU,  
 Am Technologiezentrum 5, 86159 Augsburg,  
 Tel. 0821-598-3070,  
[www.amu.uni-augsburg.de](http://www.amu.uni-augsburg.de)

**Weiterbildungszentrum für innovative Energietechno-  
 logien der Handwerkskammer Ulm (WBZU)**,  
 Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm,  
 Tel. 0731-1425-7520,  
[info@wbzu.de](mailto:info@wbzu.de), [www.wbzu.de](http://www.wbzu.de)

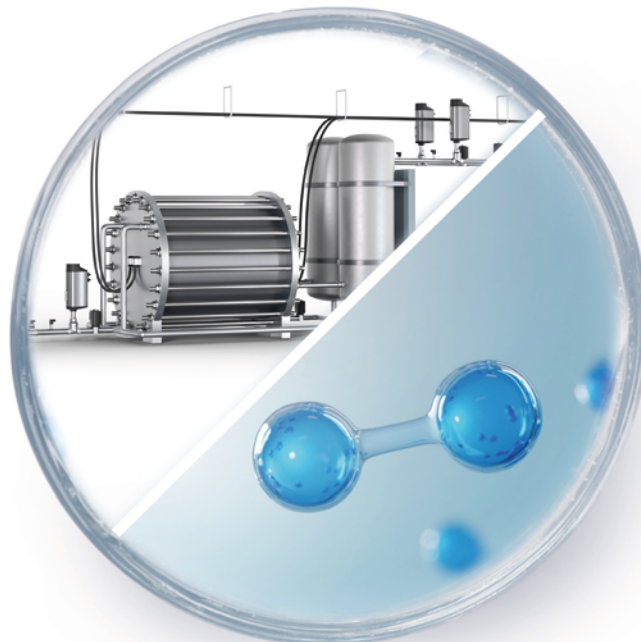
77

**We make ideas flow.**

Tel. +49 7940 10 0

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

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



International  
 Expo and Conference  
 13.-14. Sep 2023 | Germany  
 13. - 14.09.2023  
 Halle 4  
 Stand 4C19



### Wasserstoff / Fluidische Lösungen für eine saubere Zukunft mit Wasserstoff.

Wasserstoff als umweltfreundlicher Energieträger steht an der Schwelle zur Industrialisierung. Systeme und Komponenten von Bürkert finden sich in der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette beginnend mit der Wasserstofferzeugung bis hin zur Wasserstoffnutzung wieder. Unsere passgenauen Lösungen übernehmen den hohen und feinfühligem Regelaufwand der verschiedenen Gase und Medien in Elektrolyse- oder Brennstoffzellensysteme. Dabei regeln diese präzise, zuverlässig und sind speziell auf die Anforderungen dieses „neuen“ Einsatzbereichs zugeschnitten.

**bürkert**  
 FLUID CONTROL SYSTEMS

## WINDENERGIE

**Windpark Ellhöft GmbH & Co KG**, Reinhard Christiansen, Dorfstr. 11, 25923 Ellhöft, Tel. 04663-7299, Fax -1704, [info@reinhard-christiansen.de](mailto:info@reinhard-christiansen.de), [www.reinhard-christiansen.de](http://www.reinhard-christiansen.de)

**Phoenix Contact**, Elektrifizierung, Vernetzung, Automatisierung, Flachsmarktstr. 8, 32825 Blomberg, Tel. 05235-312-000, Fax -999, [www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)

## ZULIEFERER



**Anleg GmbH**, MSR, Anlagenbau, H<sub>2</sub>- & Ventiltechnik, Am Schornacker 59, 46485 Wesel, Tel. 0281-206526-0, Fax -29, [www.anleg.de](http://www.anleg.de)

**Buschjost GmbH** (trading as IMI Precision Engineering), Detmolder Str. 256, 32545 Bad Oeynhausen, Tel. 05731-791-0, Fax -179, [www.norgren.com](http://www.norgren.com)



**Dr.-Ing. K. Busch GmbH**, Schauinslandstr. 1, 79689 Maulburg, 07622-682-0, [info@busch.de](mailto:info@busch.de), [www.buschvacuum.com](http://www.buschvacuum.com)

**EDUR Pumpenfabrik Eduard Redlien GmbH & Co. KG**, Spezialist für Kreiselpumpen und Mehrphasenpumpen, Edisonstr. 33, 24145 Kiel, Tel. 0431-689868, [info@edur.de](mailto:info@edur.de), [www.edur.com](http://www.edur.com)

**FUMATECH BWT GmbH**, Carl-Benz-Str. 4, 74321 Bietigheim-Bissingen, Tel. 07142-3737-900, Fax -999, [www.fumatech.de](http://www.fumatech.de)



**Kerafol Keramische Folien GmbH & Co. KG**, Keramische Elektrolyte, Festoxidzellen, Glasfolien, Koppeplatz 1, 92676 Eschenbach, Tel. 09645-884-30, Fax -90, [www.kerafol.com/sofc](http://www.kerafol.com/sofc)

**Pajarito Powder, LLC**, 3600 Osuna Road NE, Suite 309, Albuquerque, NM 87109-4427, USA, Tel. +1-505-2-935367, Fax -448040, [www.pajaritopowder.com](http://www.pajaritopowder.com)



**Sandvik High Precision Tube, ZN der SMT D GmbH**, 33824 Werther, Tel. 05203-91090, [info.hpt@sandvik.com](mailto:info.hpt@sandvik.com), H<sub>2</sub>-Edelstahlrohr-Anwendungen / Coil Container Service – On Site Tubing Solution

**SIEMENS** Siemens AG – Mit unserem Portfolio unterstützen wir OEMs, EPCs und Endkunden von der Planung bis zum Betrieb von Teilanlagen oder ganzen Anlagen entlang der Wasserstoff Wertschöpfungskette. [www.siemens.com/h2](http://www.siemens.com/h2)



**Sorst Streckmetall GmbH** – Einsatz in OEMs und Elektrolyseuren aus Titan, Edelstahl, Nickel, auch Anarbeitung, von Planung bis Umsetzung. Tel. 0511-67675650, [info@sorst.de](mailto:info@sorst.de), [www.sorst.de](http://www.sorst.de)



**Theisen GmbH & Co. KG**, GH<sub>2</sub> & LH<sub>2</sub> Rohrleitungs- und Regelsysteme, H<sub>2</sub>-Verdampfer und Kühler, Druckbehälter, Abfüll- und Betankungsanlagen, Anlagenwartung, [info@theisen-gmbh.de](mailto:info@theisen-gmbh.de), [www.theisen-gmbh.de](http://www.theisen-gmbh.de)



**WEKA AG**, Schuerlistr. 8, Kryogen-Komponenten und Spezialventile, 8344 Baeretswil, Schweiz, Tel. +41-43-833434-3, Fax -9, [info@weka-ag.ch](mailto:info@weka-ag.ch), [www.weka-ag.ch](http://www.weka-ag.ch)

78

### EINTRAG IM HZWEI-FIRMENVERZEICHNIS

**Basiseintrag:** Kontaktdaten des Unternehmens

- in allen vier Print- und Digital-Ausgaben
- online unter [www.hzwei.info/firmen](http://www.hzwei.info/firmen)
- ca. 150 Zeichen, Rubrik ist frei wählbar
- inkl. HZwei Jahres-Abonnement als Beleg
- inkl. Abonnement des Hydrogeit-Newsletters
- inkl. Verlinkung zur Unternehmens-Homepage
- Kosten: 120 Euro im Jahr (zzgl. MwSt.)

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

**Premiueintrag:** Einbindung des Logos

- in allen vier Print- und Digital-Ausgaben
- online unter [www.hzwei.info/firmen](http://www.hzwei.info/firmen)
- alle Leistungen des Basiseintrags
- zzgl. Logo-Einbindung im monatlich erscheinenden Hydrogeit-Newsletter (8.000 Abonnenten) inkl. Verlinkung
- Kosten: 520 Euro im Jahr (zzgl. MwSt.)

Bitte per Post, E-Mail oder Fax senden an: Hydrogeit Verlag | Gartenweg 5 | 16727 Oberkrämer | Fax: 033055-21320

# TERMINKALENDER

Alle Angaben unter Vorbehalt

## SEPTEMBER

**beyondgas 2023: Wege öffnen für die Wasserstoffwirtschaft**  
5. bis 7. September 2023, Oldenburger Schloss  
[www.beyondgas.de](http://www.beyondgas.de)

### gat | wat 2023

6. und 7. September 2023, Koelnmesse, Eingang Nord  
[www.gat-wat.de/kongress/](http://www.gat-wat.de/kongress/)

### Industry meets Renewables

11. und 12. September 2023, Nordsee-Congress-Centrum  
[www.wattzweipunktnull.de/industry-meets-renewables/](http://www.wattzweipunktnull.de/industry-meets-renewables/)

### watt-2.0-Fachkonferenz 2023

11. und 12. September 2023, Nordsee-Congress-Centrum  
[www.wattzweipunktnull.de](http://www.wattzweipunktnull.de)

### HUSUM WIND – Transforming Energy

12. bis 15. September 2023, Nordsee-Congress-Centrum  
[www.husumwind.com](http://www.husumwind.com)

### hy-fcell Konferenz

13. und 14. September 2023,  
ICS Internationales Congresscenter Stuttgart  
[www.messe-stuttgart.de/hy-fcell/die-konferenz](http://www.messe-stuttgart.de/hy-fcell/die-konferenz)

### Weltmarktführer Innovation Day

14. September 2023, Heinrich-Lades-Halle  
[www.weltmarktfuehrer-innovationday.de](http://www.weltmarktfuehrer-innovationday.de)

### Hydrogen Conference 2023

20. September 2023, Hilton London Tower Bridge, London  
[www.woodmac.com/events/hydrogen-conference-2023/](http://www.woodmac.com/events/hydrogen-conference-2023/)

### Crashkurs: Wasserstoff-Expertise in 3 Tagen

26. bis 28. September 2023, Online-Veranstaltung  
[www.dvgw-kongress.de/veranstaltungen/gas/crashkurs-wasserstoff](http://www.dvgw-kongress.de/veranstaltungen/gas/crashkurs-wasserstoff)

### E-MOTIVE by FVA – 15. Internationale Konferenz für elektrische Fahrzeugantriebe und E-Mobilität

27. und 28. September 2023, Schweinfurth  
[www.e-motive.net](http://www.e-motive.net)

### Hydrogen Technology Expo Europe

27. und 28. September 2023, Bremen  
[www.hydrogen-worldexpo.com](http://www.hydrogen-worldexpo.com)

## OKTOBER

### 4. Branchentag Wasserstoff

16. bis 17. Oktober 2023, TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
[www.branchentag-wasserstoff.de](http://www.branchentag-wasserstoff.de)

### eMove360° Europe 2023

17. bis 19. Oktober 2023, Messe München, Eingang Ost  
[www.emove360.com/de/events/fachmessen/europe-2023](http://www.emove360.com/de/events/fachmessen/europe-2023)

## DEZEMBER

### Hydrogen Dialogue

6. bis 7. Dezember, Messezentrum Nürnberg  
[www.hydrogendialogue.com](http://www.hydrogendialogue.com)

## IMPRESSUM

### HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND  
BRENNSTOFFZELLEN  
**HZwei**

ISSN 1862-393X

Jahrgang 3. (2023) / Heft 4, Oktober 2023

### Verlag

Hydrogeit Verlag  
Inh. Sven Geitmann  
Gartenweg 5  
D – 16727 Oberkrämer

UStID. DE 221143829

ViSdP Dipl.-Ing. Sven Geitmann

Tel./Fax +49 (0)33055 – 21322/20

E-Mail [kontakt@hydrogeit.de](mailto:kontakt@hydrogeit.de)

Internet [www.hydrogeit-verlag.de](http://www.hydrogeit-verlag.de), [www.hzwei.info](http://www.hzwei.info)

### Redaktion. Mitarbeit

Eva Augsten, Aleksandra Fedorska, Sven Geitmann,  
Sven Jösting, Niels Hendrik Petersen, Anette Weingärtner

Design Dipl.-Des. Andreas Wolter, Weimar

Satz Dipl.-Des. Henrike Hiersig, Berlin

Anzeigen Uta Mummert, creating relations, Leipzig

Lektorat Dione Gutzmer, Berlin; André Zentzis, Horn-Bad Meinberg

### Druck

Printec Offset – medienhaus, Kassel



® mineralölfrei gedruckt auf Steinbeis Select Silk, hergestellt aus 100 % Altpapier, ausgezeichnet mit dem Blauen Engel für den Wald-, Arten- und Klimaschutz

**Druckauflage** 4.000 Stück (2.700 Downloads pro Heft/Jahr)

**Erscheinungsweise** 4 x jährlich

**Einzelpreis (Inland)** 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 2 Euro Versand)

**Jahrespreis (Inland)** 30 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 7 Euro Versand)

**Einzelpreis (Europa)** 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 4 Euro Versand)

**Jahrespreis (Europa)** 30 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 16 Euro Versand)

**Studenten** 50 % Ermäßigung

**Kündigung** jederzeit möglich, 6 Wochen vor nächster Ausgabe

Namentlich gekennzeichnete Beiträge spiegeln die Meinung der Autoren wider und entsprechen nicht unweigerlich der Meinung der Redaktion.

**H<sub>2</sub>HYDROGEIT**  
Verlag

Inhalte der Zeitschrift sowie der Homepage sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nur nach ausdrücklicher Zustimmung des Hydrogeit Verlages vervielfältigt oder anderweitig veröffentlicht werden. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos wird keine Haftung übernommen.

Alle technischen Angaben in dieser Zeitschrift wurden von den Autoren, der Redaktion und dem Verlag mit größter Sorgfalt erarbeitet und zusammengestellt. Trotzdem sind Fehler nicht vollständig auszuschließen. Der Hydrogeit Verlag weist ausdrücklich darauf hin, dass er keine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen kann.

Titelbild: Wasserstoff ist populärer als andere Schlagworte

[Quelle: Google Trends]

Editorial-Foto: derBildmacher, Rüdiger Tesch-Zapp



# HYDROGEN DIALOGUE

POWERED  
BY

Handelsblatt  
**WASSERSTOFF**  
GIPFEL  
UPDATE

## Termin vormerken!

6.–7. Dezember 2023  
Messezentrum Nürnberg



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

**H2.B** ZENTRUM  
WASSERSTOFF.  
BAYERN

NÜRNBERG MESSE