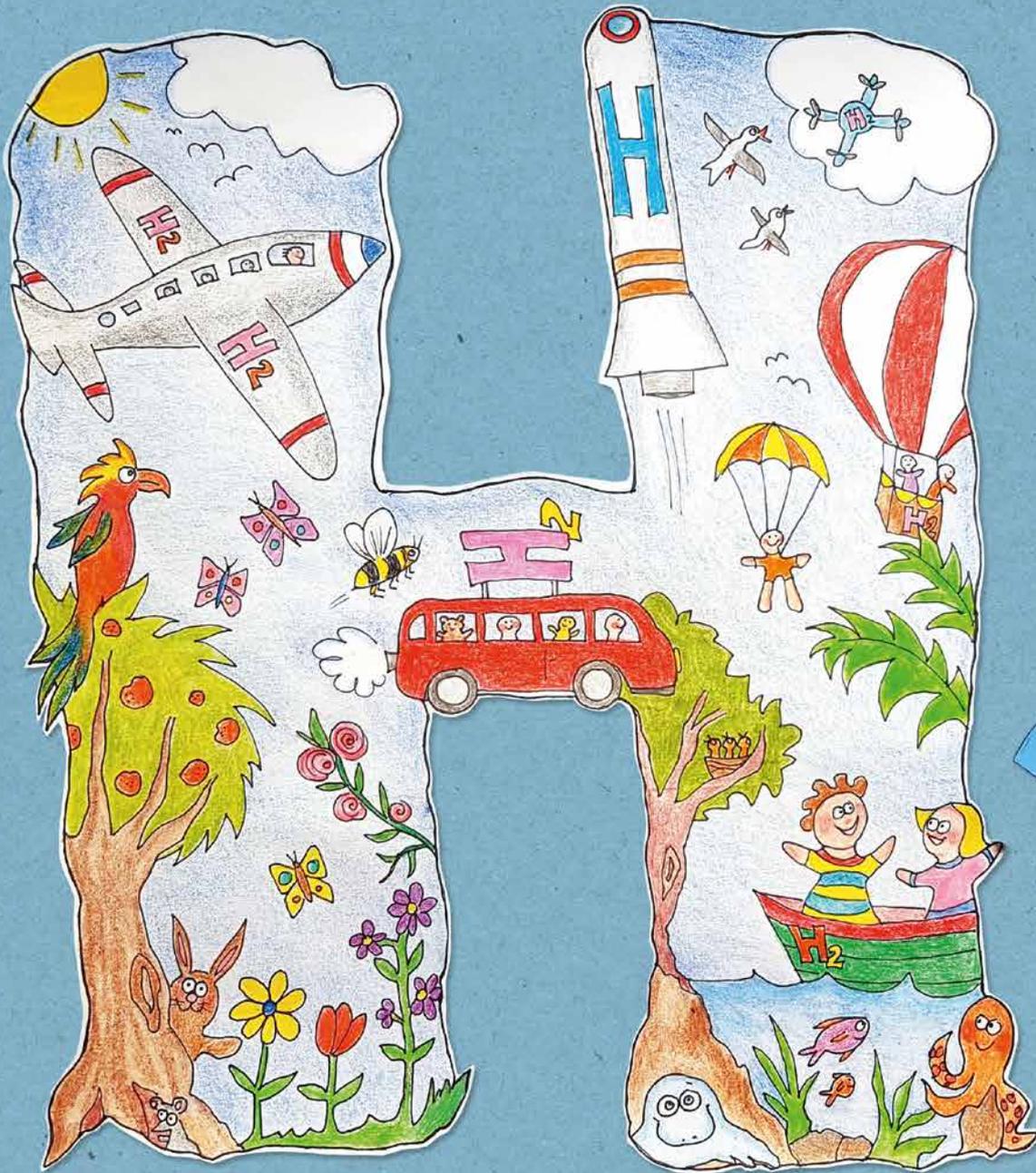


H₂zwei



→ MEHR/MEER-WASSERBEDARF FÜR DIE
VIELEN ELEKTROLYSEURE

→ E-FUELS – (WO) KÖNNEN SYNTHETISCHE
KRAFTSTOFF SINNVOLL SEIN?





kolibrík.net

FUEL CELL FUTURE



We aim to provide a complete range of electronic solutions for the incoming hydrogen fuel cell future

Our portfolio can support you in many important tasks in fundamental and applied research, high-power fuel cell and stack testing, stack control system solutions, and custom development for your fuel cell applications.



Cell & Stack EIS Analyzers



Potentiostats & Galvanostats



Fuel Cell Controllers



Power DC/DC Convertors



Cell Voltage Monitoring

**We look forward to meeting you at our booth number B75/1 in hall 13
in 28th Hydrogen + Fuel Cells EUROPE on HANNOVER MESSE 2022
May 30th – June 2nd, 2022**

www.kolibrík.net

ZEIT FÜR GENERATIONEN-GERECHTES WIRTSCHAFTEN

Liebe Leserinnen und Leser!

Wir hätten es so viel einfacher haben können. Alles, was wir heute benötigen, hätten wir schon längst aufbauen und vorbereiten können. Wir wussten doch – oder ahnten es zumindest –, dass es einmal so kommen könnte. Der Club of Rome hat uns bereits vor fünfzig Jahren genau das Szenario prophezeit, das sich uns nun bietet.

Hätte, wäre, wenn – anscheinend wollten wir es nicht anders. Anscheinend waren den maßgeblichen Entscheidungsträgern in den vergangenen Jahrzehnten andere Dinge wichtiger. Statt langfristig und vorausschauend zu planen, ging es um kurzfristige Erfolge und Partikularinteressen. Wir haben zwar viel über Nachhaltigkeit diskutiert, aber dann doch nichts – oder zu wenig – geändert.

Und wir Wählerinnen und Wähler haben dem zugestimmt und fleißig mitgemacht. Wir haben genau denjenigen, die vehement auf Gewinnmaximierung und die angeblich so guten Verbündeten mit ihren fossilen Energiereserven gesetzt haben, regelmäßig unsere Stimme gegeben. Dabei wurde doch immer wieder angemahnt und unaufhörlich dazu aufgerufen, mehr für Energieautarkie und Dezentralität zu tun und langfristiger zu planen.

Wir alle haben – teils schweigend – der bisherigen Art des Wirtschaftens zugestimmt oder zumindest nicht genug Einsatz für maßgebliche Änderungen gezeigt. Wir haben es hingenommen, dass über Jahrzehnte in Kernenergie investiert wurde, obwohl diese Technologie doch nur ein energetisches Strohfeuer, langfristig aber teuer und in keiner Weise generationengerecht ist.

Wir haben es hingenommen, dass nochmals riesige Geldsummen in Kohle und Gas investiert wurden, während gleichzeitig die Zukunftstechnologien Solar- und Windkraft im eigenen Land pleitegingen, nachdem wir zeitweise schon über 300.000 Beschäftigte in diesem Bereich hatten.

Wir haben es hingenommen und nehmen es immer noch hin, dass die Automobillobby jahrelang auf Zeit spielt, lügt und betrügt und dennoch weiterhin staatliche Fördermillionen bekommt und trotz Feinstaub- und Dieselskandals riesige Gewinne einfährt.

Deswegen: Beklagt euch jetzt nicht, jammert jetzt nicht rum, dass die Energiepreise „plötzlich“ so hoch sind! Wir wussten, dass es irgendwann so kommen würde. Wir wollten es nur nicht wahrhaben.

Beschwert euch jetzt nicht, dass irgendjemand anderes in der Vergangenheit falsche Entscheidungen getroffen hätte. Wir haben alle gemeinsam weggeguckt und zu wenig dafür getan, dass anders, nachhaltiger, gewirtschaftet wird. Anderen die Schuld zu geben ist einfach, aber nicht ehrlich. Wahr ist, dass zumindest diejenigen, die heute über 25 Jahre alt sind, verantwortlicher hätten agieren können – im Sinne der Allgemeinheit und nicht im Sinne des eigenen Geldbeutels.

Das Gute ist, dass die derzeitige Situation jede Menge Potentiale bietet. Potentiale für Veränderungen – und die sind bitter nötig. Sicherlich sind mit Veränderungen auch immer Unsicherheiten verbunden, aber sie bergen auch die Chance, etwas zu verbessern.

Wir in Deutschland haben daher nicht nur die Möglichkeit, sondern geradezu die Pflicht, aus der jetzigen Situation

das Beste zu machen. Denn wir verfügen über das Wissen, die Ressourcen und das Geld.

Sicherlich ist es derzeit für viele Bürgerinnen und Bürger schwierig, in akuter Notsituation das große Ganze im Blick zu behalten und hoffnungsfroh an der Rettung der Welt mitzuwirken. Deswegen müssen jetzt zunächst zügig geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um soziale und finanzielle Härten abzufedern.

Alle, die auf solche Maßnahmen nicht angewiesen sind, sind an dieser Stelle aufgefordert, endlich zu handeln. Es gibt genügend privilegierte Menschen, die über einen entsprechenden Hintergrund verfügen und an geeigneten Lösungen für eine saubere, nachhaltige Zukunft mitarbeiten können – im Großen wie im Kleinen. Sei es auf politischer Ebene oder im eigenen Haushalt. Alles ist wichtig.

Viele der Unternehmen, die in den vergangenen Jahren emsig an Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien geforscht haben, können jetzt aktiv dazu beitragen, rasch die lang gepriesene Energiewende umzusetzen. Die Energiewende, die bislang nur eine Worthülse ist, muss endlich mit Inhalten gefüllt werden, muss realisiert und gelebt werden.

Dafür bedarf es all der Technologien, die bis dato in den Laboren schlummern und immer noch auf ihren Markteintritt warten. Statt nur zu forschen und zu entwickeln, müssen jetzt Zukunftsprodukte in Umlauf gebracht und hochskaliert werden. Wann, wenn nicht jetzt?

Die positive Nachricht ist, dass es bereits zahlreiche gute Beispiele gibt: So nahm im Februar 2022 der US-amerikanische Motorenbauer Cummins in Herten seine erste europäische Brennstoffzellenfabrik in Betrieb. Mitte März folgte mit Plug Power ein weiterer nordamerikanischer, börsennotierter Konzern mit einem Produktionsstandort in Duisburg.

Fast parallel dazu erklärte Intel, 17 Mrd. Euro in eine Chipfabrik in Magdeburg investieren zu wollen, während im nahegelegenen Zerbst die Baugenehmigung für einen 3.000 Quadratmeter großen Produktionsstandort erteilt wurde, an dem grüner Wasserstoff mithilfe von Solarenergie, Windkraft und Biogas erzeugt werden soll (Investitionsvolumen: 75 Mio. Euro).

Solcher Projekte mit verschiedenen Partnern aus unterschiedlichen Regionen bedarf es noch vieler, damit wir unabhängiger werden und anderen besser helfen können. Der Weg für eine sozial-ökologische Transformation ist also bereitet.

Auch wenn der Anlass – Putins Krieg gegen die Ukraine – ein schlimmer ist, ist es umso wichtiger, jetzt aufs richtige Pferd zu setzen und endlich generationengerecht zu wirtschaften. ||

Herzlichst



Sven Geitmann
HZwei Herausgeber



INHALTSVERZEICHNIS

09 Plug Power wählt Duisburg als Produktionsstandort



22 Nutzung von Meerwasser für Elektrolyseure



4

3 Editorial

6 Meldungen

Wilhelm wechselt zum DVGW
 Füllenbach statt Pichler
 Plakatwettbewerb über Wasserstoff
 NWS bekommt eine Lotsenstelle
 H₂- und LNG-Terminal in Wilhelmshaven
 Wasserstoff aus Deponiegas
 BZ-Fabrik für Herten
 Plug Power expandiert nach Europa
 Alina Hain wird NOW-COO

10 Messen und Kongresse

Kommentar zum Wandel der Veranstaltungsbranche
 H2FC wieder in Halle 13
 Kommentar zum Handelsblatt Energie-Gipfel

14 Hausenergie

Ist die Gasbranche wirklich H2-ready

18 Energiespeicherung

Exponentielles Wachstum erforderlich
 Energiebedarf runter – Stückzahlen hoch
 Netzdienliche Elektrolyseure für mehr Sicherheit
 Reiner Wasserstoff aus Meerwasser
 Wasserbedarf für eine grüne H₂-Wirtschaft
 Grünes H₂ verringert CO₂-Fußabdruck in Raffinerien
 Regionen-Serie: Reallabor Speicherkraftwerk
 Schwarze Pumpe
 Mit Ammoniak übers Meer

34 Elektromobilität

Auto- und Ölkonzerne werben für E-Fuels
 Kommentar: Klimascheinlösung E-Fuels
 Kommentar: Grünes H₂ und E-Fuels – ohne geht's nicht
 Kommentar: Unnötig für die Energiewende
 VDI/VDE-Studie zu klimafreundlichen
 Nutzfahrzeugen
 EKPO macht Tempo bei der automatisierten Stack-
 Produktion
 BZ-Antrieb auch für große Schiffe denkbar

25 Raffinerien – Grüner Wasserstoff als Ölersatz



46 Schifffahrt – mit Wasserstoff und/oder Ammoniak



5

49 Entwicklung

Photochemische Wasserstofferzeugung
 H₂-Recycling an der DHBW Mannheim
 Aktuelles aus der H₂-Regelsetzung des DVGW

56 Markt

H₂ als Profiteur der Krise
 Ballard – Über den Tellerrand schauen
 Bloom – Wachstumstempo beschleunigt sich
 Nikola – Der Ausblick wird immer besser
 Hyzon – Kommen Lkw-Aufträge aus Saudi-Arabien?
 Cummins Engine setzt massiv auf die Brennstoffzelle
 Siemens Energy – Noch im Tal der Tränen
 FuelCell – Rechtsstreit mit Posco einvernehmlich beendet
 Plug Power – Mit H₂-Produktion in die Gewinnzone

67 Lesecke

Spuren des Wasserstoffs
 Fünfte Auflage des H₂-Buches
 Die Klimalösung

68 Produkte

Hochdruckventil für H₂-Stationen
 Ventiltechnik für den Elektrolyseurktor

69 International

Wasserstoffimporte aus dem Osten

71 Firmenverzeichnis

79 Terminkalender

79 Impressum

WILHELM WECHSELT ZUM DVGW



Abb.: Tilman Wilhelm [Quelle: DVGW]

Der bisherige Kommunikationschef der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) ist seit April 2022 für den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) tätig. Tilman Wilhelm, der ab 2008 die Außendarstellung der NOW verantwortete, arbeitet fortan als Leiter für Ordnungspolitik, Presse und Öffentlichkeitsarbeit bei dem

Lobbyverband. Prof. Gerald Linke, Vorstandsvorsitzender des DVGW, erklärte: „Mit Tilman Wilhelm übernimmt ein ausgewiesener Wasserstoff- und Mobilitätsexperte mit bester politischer Vernetzung in Berlin und auf EU-Ebene die Kommunikationsverantwortung beim DVGW.“

Wilhelm sagte: „Das Tempo, mit dem wir unsere Energieversorgung weiterentwickeln und die Integration von erneuerbaren Energien in allen Sektoren vorantreiben, wird weiter anziehen. Die kommenden Jahre halten große gesetzgeberische und kommunikative Herausforderungen bereit. Der DVGW hat in diesem Veränderungsprozess eine zentrale Position. Das Ziel: ein Energiesystem, das ökologisch erneuerbar und wirtschaftlich erfolgreich ist.“ Er folgt auf Dr. Dennis Rendschmidt, der den Verband im vergangenen Jahr verlassen hat. ||

PLAKATWETTBEWERB ZU WASSERSTOFF



Wasserstoff erobert jetzt auch die Kultur: Die Wasserstoff-Gesellschaft Hamburg hatte schon vor rund eineinhalb Jahren gemeinsam mit dem Kulturaustausch Hamburg-Übersee e.V. einen Wettbewerb ausgeschrieben, in dem es um die Darstellung von Wasserstoff auf Plakaten ging. Die 19. Auflage dieses Plakatwettbewerbs, der jedes Mal neue, jeweils aktuelle Themen behandelt, startete am 30. Oktober 2021, wurde aber infolge der Corona-Pandemie zeitlich gestreckt, so dass die Prämierung erst am 9. Mai 2022 stattfindet.

Eingeladen zum Mitmachen waren Kinder im Alter von 10 bis 14 Jahren, die in der Metropolregion Hamburg woh-

nen. Die Aufgabe war, verschiedene Visionen und Sichtweisen zum Thema Wasserstoff auf kreative Art und Weise aufs Papier zu bringen. Zwanzig der von einer Jury auserkorenen Plakate werden nun im Rahmen einer Ausstellung unter der Schirmherrschaft von Michael Westhagemann, dem Hamburger Senator für Wirtschaft und Innovation, präsentiert. Sechs Arbeiten werden zudem mit einem Preis ausgezeichnet und in die weltweiten Wanderausstellungen des gemeinnützigen Vereins integriert.

Jutta Wiegert, Geschäftsführender Vorstand des Kulturaustausch Hamburg-Übersee e.V., zeigte sich hochofreut darüber, dass eines dieser Plakate die Titelseite des aktuellen HZwei-Hefts schmückt. Es handelt sich dabei um das Bild von Liliane L., geboren 2009, vom Walddorfer Gymnasium Hamburg. ||

→ www.galerie-kam.de/kpw2020/

FÜLLENBACH STATT PICHLER



Abb.: Martin Füllenbach [Quelle: SOLIDpower]

Die SOLIDpower-Gruppe hat seit Ende 2021 eine neue Führung: Martin Füllenbach hat am 1. Dezember die Leitung von Andreas Pichler, der nach Ablauf seiner vertraglich vereinbarten Amtszeit von drei Jahren seine Tätigkeit bei dem BZ-Gerätehersteller beendet hat, übernommen.

Füllenbach war bislang bei Unternehmen wie Oerlikon, Voith Turbo und EADS in Führungspositionen

tätig und leitete zuletzt mehr als vier Jahre lang die Restrukturierungsmaßnahmen bei der Semperit AG Holding, einem börsennotierten österreichischen Traditionsunternehmen, das Kautschukprodukte für den Industrie- und Medizinssektor entwickelt, produziert und vertreibt. Die Aufgabe des promovierten Finanzwissenschaftlers wird nun sein, bei SOLIDpower den weltweiten Roll-out der Bluegen-Geräte sowie deren industrielle Fertigung voranzubringen. ||

NWS BEKOMMT EINE LOTSENSTELLE

Noch nie wurde so viel über Wasserstoff geredet. Entsprechend viele Fragen gibt es. Um zumindest einen Teil davon beantworten zu können, hat die Bundesregierung jetzt die „Lotsenstelle Wasserstoff“ eingerichtet. Ziel dieser Anlaufstelle ist es, zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) beizutragen, indem sie Orientierung in Sachen Förderung bietet.

Wenn sich interessierte Akteure aus dem Wasserstoffbereich an diese Stelle wenden, erhalten sie dort zunächst eine

Erstberatung, in der durch die Förderberatung „Forschung und Innovation“ des Bundes festgestellt wird, wer wofür welche Art der Hilfe benötigt. Auf der Basis des so ermittelten Unterstützungsbedarfs wird dann zielgenau auf konkrete Angebote verwiesen. ||

→ www.bmwi.de/Navigation/DE/Wasserstoff/foerderberatung.html

H₂- UND LNG-TERMINAL IN WILHELMSHAVEN

Die Suche nach Alternativen zu russischem Erdgas läuft auf Hochtouren. Bereits vor Putins Einmarsch in die Ukraine hatten sich einige Interessenvertreter für den Import von Flüssigerdgas (LNG) aus den USA ausgesprochen – als Alternative zu North Stream II. Da die Vereinigten Staaten von Amerika jedoch Frackinggas exportieren, das in Deutschland ein eher schlechtes Image hat, bemüht sich die Bundesregierung derzeit auch um Kooperationen mit anderen potentiellen Lieferanten, beispielsweise aus Ländern im Nahen Osten (Katar, Vereinigte Arabische Emirate).

Bislang verfügt die Bundesrepublik allerdings über keinen Hafen, in dem LNG-Tanker ihre Ladung löschen könnten. Deswegen laufen derzeit Bemühungen, in Wilhelmshaven entsprechende Voraussetzungen zu schaffen: An der niedersächsischen Nordseeküste plant die Projektgesellschaft Tree Energy Solutions (TES) gemeinsam mit der

belgischen Investorengruppe Atlas Invest, die ursprünglich allein für Wasserstoff konzipierte Anlage jetzt auch für Flüssigerdgas auszulegen.

TES arbeitet seit 2019 daran, grünen Wasserstoff aus Ländern mit viel Solar- und Windenergie zu importieren. Zunächst sollte dafür in Wilhelmshaven eine Importstation für Wasserstoff sowie eine Exportstation für CO₂ errichtet werden. Diese Planung wird jetzt um ein Terminal für die Anlandung von verflüssigtem Erdgas erweitert (Investitionsvolumen bis 2045: knapp 25 Mrd. Euro).

Der TES-Manager Otto Waterlander erklärte dem Handelsblatt: „Die Bundesregierung hat uns darum gebeten, ein LNG-Terminal in unsere geplante Wasserstofffabrik zu integrieren, um die Importabhängigkeit von Russland so schnell wie möglich zu verringern.“ TES-Gründer und -Geschäftsführer Paul van Poecke sagte: „Wir planen nun weitere Arbeiten, um einen operativen Start der Phase 1 bis Winter 2025 in großem Maßstab sicherzustellen.“ ||

WASSERSTOFF AUS DEPONIEGAS

Über Bioenergie wird nicht so viel geredet wie über Solar- und Windenergie, wenn es um die H₂-Herstellung geht. Dabei ist beispielsweise Biogas durchaus gut dazu geeignet, grünen Wasserstoff zu erzeugen. Um etwas mehr Licht ins Bioenergie-Dunkel zu bringen, haben der Bergische Abfallwirtschaftsverband (BAV) und die Rouge H₂ Engineering AG (RGH₂) aus Graz im Februar 2022 in der >>

7



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



Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

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





Abb.: Neuer H₂-Forschungsreaktor am Entsorgungszentrum Leppe in Lindlar [Quelle: RGH2]

nordrhein-westfälischen Gemeinde Lindlar gemeinsam einen Forschungsreaktor in Betrieb genommen. Am dortigen Entsorgungszentrum Leppe soll in einem mehrmonatigen Testbetrieb die dezentrale Erzeugung von hochreinem Wasserstoff aus Deponiegas erprobt und weiterentwickelt werden.

Auf der Mülldeponie des Entsorgungszentrums entstehen – wie es für viele Müllhalden gilt – Deponiegase mit einem durchschnittlichen Methangehalt von 45 Vol.-%. Diese Gase, die von anaeroben Abbauprozessen aus organischen Abfällen herrühren, werden aufgefangen und in einem Blockheiz-

kraftwerk in elektrische Energie umgewandelt. BAV und RGH2 wollen nun untersuchen, welche Auswirkungen die Müllzusammensetzung auf die Wasserstoffproduktion hat.

Außerdem wird das Forschungsinstitut :metabolon der TH Köln prüfen, ob sich der RGH2-Reaktor zum Anschluss an die Pyrolyseanlage im thermochemischen Forschungszentrum eignet. Nach dem erfolgreichen Testbetrieb streben die Projektpartner eine großtechnische Demonstrationsanlage zur Umwandlung von Deponiegas in Wasserstoff an. ||

BZ-FABRIK FÜR HERTEN



Abb.: B. Pitschak erläutert Minister Wüst (l.) die BZ-Technik [Quelle: Andre Chrost PhotoDesign]

Cummins hat einen Standort in Europa eröffnet. Am 3. März 2022 nahm der US-amerikanische Motorenbauer seine neue Brennstoffzellenfabrik in Herten in Betrieb. Cummins hatte im Sommer 2019 die Hydrogenics Corp. und damit auch die deutsche Hydrogenics GmbH übernommen, die bis dahin in Gladbeck angesiedelt war und jetzt zum HTVG mbH Anwenderzentrum H2Herten umgesiedelt ist.

Im Beisein des nordrhein-westfälischen Ministerpräsidenten Hendrik Wüst erklärte die aus den USA zugeschaltete Cummins-Vizepräsidentin Amy M. Adams: „Europa ist eine wichtige Region für die globale Wasserstoffwirtschaft, in der viele Regierungen Wasserstoffstrategien verfolgen und Anreize für die Dekarbonisierung des Verkehrssektors und anderer Industrien schaffen. Wir bauen unsere Präsenz in Europa weiter aus, um mehr Brennstoffzellen in den Einsatz zu bringen und unseren Kunden den Übergang zu emissionsfreien Fahrzeugen zu erleichtern.“

Das neue Produktionszentrum auf dem Gelände der ehemaligen Steinkohlenzeche Ewald verfügt auf 4.200 Quadratmetern zunächst über eine Kapazität von 10 MW für PEM-Brennstoffzellenmodule, die vornehmlich für die Coradia-iLint-Züge von Alstom benötigt werden. Errichtet wurde das Gebäude von der HTVG mbH in nur zehn Monaten nach den Vorgaben von Cummins. Die HTVG betreut als Tochterunternehmen der Stadt Herten unter anderem auch das Anwenderzentrum H2Herten und vermietet jetzt das neue Gebäude an das amerikanische Unternehmen.

Dr. Bernd Pitschak, Geschäftsführer der Hydrogenics GmbH, zeigte sich erfreut, dass sein neuer Standort nur 20 km nach Osten verlagert wurde, so dass die gute bestehende regionale Einbindung aufrechterhalten werden kann. ||







Regeln und Absperrn kann so leicht sein!

Profitieren Sie von den Vorteilen der Gleitschieber- und Sitzventile von **Schubert & Salzer Control Systems**:

- besonders kompakt
- hoch präzise
- sicheres Absperrn
- uvm.

Entdecken Sie unser innovatives Ventilsortiment:
www.schubert-salzer.com

ALINA HAIN WIRD NOW-COO



Abb.: Alina Hain [Quelle: NOW]

Die NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie bekommt eine neue Unternehmensführung. Am dem 25. April 2022 übernimmt Alina Hain die Position der Geschäftsführerin und des Chief Operating Officers (COO). Sprecher der Geschäftsführung bleibt weiterhin Kurt Christoph von Knobelsdorff.

Hain tritt in die Fußstapfen von Wolfgang Axthammer, der seit 2008 bei der NOW war, von 2012 bis 2021 als kaufmännischer Leiter der Gesellschaft. Die gebürtige Polin führt fortan das operative Geschäft der inzwischen über 150 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an vier Standorten. Die ausgebildete Volljuristin war bislang als Verwaltungsleiterin am Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) und davor bei einer Industrie- und Handelskammer sowie der Landesregierung Brandenburg tätig.

Hain erklärte: „Das Ziel einer klimaneutralen Gesellschaft begeistert mich. Ich bin überzeugt, dass es erreicht werden kann, wenn alle ihren Beitrag dazu leisten. Die NOW GmbH ist in meinen Augen ein zentraler Akteur für die Energiewende im Verkehrssektor. Das heißt, ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter spielen eine wichtige Rolle, um emissionsfreie Technologien und nachhaltige Mobilität weiter voranzubringen.“ ||

PLUG POWER EXPANDIERT NACH EUROPA



Abb.: Chris Suriano eröffnete den neuen Standort in Duisburg

Der US-amerikanische Konzern Plug Power hat am 18. März 2022 seinen europäischen Hauptsitz in Duisburg eröffnet. Der neue Produktionsstandort von Plug Europe liegt inmitten des Duisburger Freihafens, des weltweit größten Binnenhafens. Eigentlich hatte CEO Andy Marsh extra aus den Vereinigten Staaten anreisen wollen, um die Eröffnungsrede zu halten, er war aber wegen einer

Corona-Infektion verhindert. Für ihn sprang Chris Suriano, Executive Vice President of Services bei Plug, ein (s. Foto).

Suriano erklärte: „Die Präsenz vor Ort in unseren Zielmärkten ist uns sehr wichtig.“ Süffisant fügte er hinzu: „Wir haben gerade erst begonnen.“

Bislang sind die beiden Hallen zwar noch leer, aber bis zum Jahresende soll auf den circa 6.500 Quadratmetern ein Service- und Support-Zentrum mit technischen Labors sowie Logistik- und Schulungsräumen entstehen. Außerdem wird dort ein eigener Elektrolyseur mitsamt Infrastruktur für die Herstellung grünen Wasserstoffs installiert.

Plug Power, das nicht nur BZ-Systeme für Flurförderzeuge, sondern auch Elektrolyseure baut, beabsichtigt, bis Jahresende 17 t_{H₂} pro Tag zu produzieren, bis 2025 gar mehr als 500 Tonnen – grünen Wasserstoff wohlgerneht. Prof. Andreas Pinkwart, der Wirtschaftsminister von Nordrhein-Westfalen (s. S. 3), sagte dazu: „NRW wird einen riesigen Bedarf an grünem Wasserstoff in der Zukunft aufweisen. Dafür ist ein drastischer Wechsel zu erneuerbaren Energien notwendig.“

Plug Power ist seit mehr als zehn Jahren auch in Europa vertreten, unter anderem mit seinem Hyvia-Joint-Venture mit Renault. Nicht zuletzt durch die Übernahme der niederländischen Firma Frames hat sich die Mitarbeiterzahl in Europa zuletzt sprunghaft von 16 auf 225 erhöht. Hyvia expandiert ebenfalls und eröffnete Anfang des Jahres in Flins, Frankreich, ein Brennstoffzellenwerk, wo die für Europa konzipierten BZ-Module von Plug Power montiert und getestet werden sollen. ||

9

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

CHANCEN DER DIGITALISIERUNG

Kommentar zum Wandel der Veranstaltungsbranche

Auch Anfang 2022 wurden bereits wieder viele ursprünglich für Jahresbeginn geplante Messen und Kongresse verschoben – zunächst in den Sommer. Nach wie vor wissen die meisten Veranstalter nicht genau, welche Events wie geplant live durchführbar sein werden. Das gilt auch für die Hannover Messe, die vom April auf Ende Mai verlegt wurde: Hier war bis zum Redaktionsschluss nicht klar, ob und wie die Industrieschau stattfinden wird. Digitale Formate erfreuen sich deswegen seit Monaten einer regen Nachfrage. Was bedeutet dieser Trend für die H₂-Branche? Sind fehlende Messen ein Verlust, oder stellen Online-Events einen adäquaten Ersatz dar – und bergen vielleicht sogar neue Potentiale? Sollten im Sommer überhaupt Live-Veranstaltungen stattfinden, bevor es dann im Herbst eventuell wieder virtuell wird?

Im HZwei-Heft vom Januar 2021 habe ich schon einmal die „Digitalisierung in der Veranstaltungsbranche“ thematisiert. Damals wussten wir noch nicht, wie lange uns die Pandemie in ihrem Griff halten wird. Es war allerdings schon absehbar, dass die Digitalisierung des Veranstaltungssektors immer schneller immer wichtiger wird.

Mittlerweile seit zwei Jahren wirbelt die Pandemie die Terminkalender immer wieder durcheinander, ein jährlicher Rhythmus ist kaum noch erkennbar. Außer bei Mission Hydrogen: Die digitale Veranstaltungsagentur hat seitdem zahlreiche Online-Webinare mit jeweils mehreren Hundert TeilnehmerInnen durchgeführt. Zudem werden mittlerweile zwei Großveranstaltungen im Jahr organisiert – im Frühjahr der Hydrogen Online Workshop (HOW) und im Herbst die Hydrogen Online Conference (HOC). Die weiteren Termine stehen bereits bis 2027 fest und liegen immer genau ein halbes Jahr auseinander.

MISSION HYDROGEN ZEIGT, WIE ES GEHT Am Beispiel dieser von Silke Frank und David Wenger geleiteten Agentur lässt sich sehr schön zeigen, welche Veränderungen mit der voranschreitenden Digitalisierung einhergehen und welche Potentiale diese Entwicklung hat:

Bei der ersten HOC 2020 waren 77 Aussteller dabei, während der 24 Stunden nahmen mehr als 5.600 Zuschauer aus aller Welt teil (s. HZwei-Heft Jan. 2021). Zum Vergleich: Bei der ersten Hydrogen Technology Conference & Expo im Oktober 2021, die durchaus positive Kritiken bekommen hat, waren es rund 130 Stände und 2.700 Besucher (s. HZwei-Heft Jan. 2021). Hierbei muss zudem angemerkt werden, dass ein Gast im Messegeschäft gemäß den Bestimmungen der Gesellschaft zur Freiwilligen Kontrolle von Messe- und Ausstellungszahlen (FKM) doppelt zählt, wenn er an zwei Tagen kommt – und dreifach an drei Tagen.

Diese Zahlen belegen, dass die Reichweite im Internet ungleich größer als im Real Life sein kann. Aber wie viele Besucher sind online wirklich über eine längere Dauer mit dabei? Wie hoch ist der Wert dieser Kontakte einzuschätzen? Lassen sich auf diesem Wege auch neue Geschäfte anbahnen?

In meinem HZwei-Kommentar Anfang 2021 hatte ich etwas skeptisch geschrieben: „Einen echten Überblick über die tatsächliche Größe der HOC haben wahrscheinlich nur

Frank und Wenger. [...] ich habe kein Gespür dafür entwickeln können, wie die Stimmung war.“ Ähnlich dürfte es auch anderen gehen, die allein vor ihrem Bildschirm sitzen. Wirklich transparent sind Digital-Events nicht. Während in Messehallen ein Blick reicht, um zu erfassen, wie rege das Treiben in den Gängen ist, kann im Online-Segment der Zuschauer oder Pressevertreter weder die Höhe der Beteiligung noch die Stimmung richtig einschätzen.

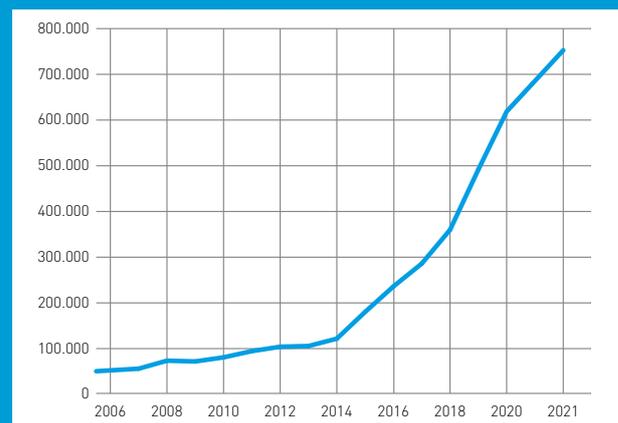
Aus diesem Grund gewährt Silke Frank, die nach vielen Jahren bei der Peter Sauber Agentur zufälligerweise genau Anfang 2020 gemeinsam mit David Wenger die Mission Hydrogen GmbH gegründet hat, Einblicke in deren Reportings. Mithilfe vieler Zahlen versucht sie, Transparenz zu schaffen. Mission Hydrogen erstellt dafür monatlich eine Tabelle mit sogenannten Key Figures. Diese Kennzahlen geben Auskunft darüber, wie viele Newsletter-Abonnenten, wie viele Follower auf Twitter sowie LinkedIn und wie viele Webinar-Teilnehmer sowie Homepage-Besucher das schwäbische Unternehmen hat.

Hier sind insbesondere die Zahlen der registrierten Webinar-Benutzer (260.000) sowie der Webinar-Teilnehmer (52.000) für das gesamte vergangene Jahr hervorzuheben. Selbst wenn darunter eine große Anzahl von Wiederholungstätern sein dürfte, liegt die Reichweite sehr viel höher, als es mit Präsenzveranstaltungen möglich wäre.

Das Interesse an Webinaren oder Online-Konferenzen ist nur das eine. Das zweite Standbein von Mission Hydrogen sind die virtuellen Messen. Ob Online-Ausstellungen tatsächlich sinnvoll sind – sowohl aus Aussteller- als auch aus Veranstaltersicht –, ist bislang nur schwer abzuschätzen und kann nicht verallgemeinernd beantwortet werden.

Für viele Besucher erscheint es zunächst wenig reizvoll, eine Internetseite zu besuchen, auf der ein Messestand abgebildet ist, um dort nach Informationen oder Kontaktdaten zu suchen. Dennoch gibt es digitale Formate – sei es die Hannover Messe, die HOC oder den HOW, wo virtuelle

Zur Orientierung dient hier die Statistik des Hydrogeit Verlags: Auf die verschiedenen Internetseiten (www.hydrogeit.de, www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info, www.h2-international.com) haben im vergangenen Jahr insgesamt rund 750.000 Besucher zugegriffen – Entwicklung: rasch steigend.



Stände angeboten und auch gebucht werden. Warum? Und wieso sind andere Veranstalter sehr viel zurückhaltender mit Auskünften über ihre Statistiken?

ÜBER 5.300 TEILNEHMER BEIM HOW Wie Silke Frank gegenüber HZwei erläuterte, ist für Mission Hydrogen die hohe Reichweite ein Schlüsselfaktor. Am 3. März 2022 nahmen 5.340 Personen aus 112 Ländern am Hydrogen Online Workshop teil. Franks Ausführungen zufolge liegt die durchschnittliche Zahl der Kontaktvermittlungen an einem ihrer virtuellen Messestände bei rund 450. „Versuch mal, so viele Visitenkarten bei einer physischen Messe einzusammeln – das ist kaum zu schaffen“, konstatierte sie selbstbewusst. Als Marketing-Profi schiebt sie gleich noch hinterher: „Sponsoren begrüßen im Schnitt 55 Prozent mehr Standbesucher.“

Wenn dann neben der Quantität auch die Qualität der Kontakte stimmt, dürfte dies auf jeden Fall akzeptanzfördernd sein. Zunächst bleibt aber abzuwarten, ob die Hannover Messe in diesem Jahr in Präsenz stattfinden kann. Denn wenn sie das dritte Jahr in Folge ausfallen sollte, dürften fürs nächste Mal kaum noch genug Standbauer und Caterer zur Verfügung stehen.

Die nächste HOC findet am 8. November 2022 statt. ||

H2FC WIEDER IN HALLE 13

Die Hydrogen + Fuel Cells Europe, die nach aktuellem Stand vom 30. Mai bis zum 2. Juni in Präsenz auf dem Hannoveraner Messegelände stattfinden wird, könnte wieder in bewährter Form live vor Ort Branchenvertreter vernetzen. Davon geht jedenfalls Tobias Renz, der Organisator dieser Fachmesse auf der Hannover Messe, aus. Die gebuchte Standfläche könnte ähnlich groß werden wie beim letzten Mal im Jahr 2019 vor der Corona-Pandemie. Renz hofft, erneut um die 200 Aussteller präsentieren zu können.

Gegenüber HZwei erklärte Tobias Renz: „Bemerkenswert in diesem Jahr ist die hohe Anzahl an Ausstellern, die zum ersten Mal bei uns ausstellen – mit großen Namen wie Bosch, ElringKlinger, Emerson, Siemens, Eberspächer, Saint Gobain, Heraeus und Hyvia (JV von Renault und Plug Power). Wie in den Vorjahren wird Elektrolyse eines der Hauptthemen sein, aber es gibt auch viel zu Brennstoffzellen/Komponenten und Wasserstoffspeicherung zu sehen.“

So wird beispielsweise die Celeroton AG aus der Schweiz anreisen. In diesem Jahr präsentiert der Hersteller miniaturisierter Turbokompressoren sein neuestes Produkt: ein Luftversorgungssystem für Brennstoffzellen mit 30 bis 60 kW Nettoleistung. Der CT-2000 ist nach Herstellerangaben ein ölfreier, luftgelagerter Verdichter, der für höchste Drehzahlen ausgelegt ist. Zusammen mit dem neuen Umrichter CC-2000 ist dieses System speziell für automotiv Anforderungen, insbesondere im Nutzfahrzeugbereich, konzipiert. Wie Celeroton-Vertriebler Peter Terstappen gegenüber

FLÜCHTLINGE AUF DEM MESSEGELÄNDE

Seit März 2022 dient der Bahnhof in Laatzen als Anlaufstelle für Flüchtlinge aus der Ukraine und das Messegelände zumindest teilweise als Zwischenstation. Wie Tobias Renz der HZwei-Redaktion mitteilte, sind sie in einem für die Industriemesse nicht benötigten Bereich untergebracht.

HZwei mitteilte, wird das Vorgängersystem bereits in Serie produziert und derzeit in kleiner Stückzahl an große Abnehmer, beispielsweise in der Rhein-Main-Region, ausgeliefert.

ZURÜCK AN ALTE WIRKUNGSSTÄTTEN In diesem Jahr wird der ehemalige Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Gemeinschaftsstand, der sich über die Jahre zu einer eigenen Fachmesse gemausert hat, in Halle 13, Stand A50, zu finden sein. Langjährige Messebesucher werden sich erinnern, dass die H2FC dort schon früher einmal platziert war, bevor sie jahrelang in Halle 27 gastierte. Dieser Umzug resultiert daraus, dass dieses Mal „nur“ elf Hallen an der Süd- und Ostseite des Messegeländes belegt sind. In Vor-Pandemie-Zeiten waren es einige mehr. Zudem war die Messe damals länger: In diesem Jahr fällt der Freitag, an dem meist vorrangig Privatbesucher gekommen sind, weg.

Partnerland ist 2022 Portugal. Ein wichtiges Thema der mehr als 100 aus dem südeuropäischen Land erwarteten Aussteller ist Wasserstoff, da Portugal entschlossen ist, den Energieverbrauch zu senken, Ressourcen effizienter zu nutzen, eine nachhaltigere Mobilität und höhere Versorgungssicherheit zu erreichen sowie erneuerbare Energiequellen zu diversifizieren. ||

GRATIS-FACHBESUCHER-TICKETS

Wie gewohnt gibt es auch 2022 wieder Fachbesuchertickets. Wer kostenlos auf das Messegelände gelangen möchte, kann gerne Gratis-Eintrittskarten beim Hydrogen Verlag anfordern. Einfach an die Redaktion wenden.

11



ANWENDERZENTRUM H2HERTEN

- Erstes Technologiezentrum für Firmen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik
- Büroräume und Technika
- Integrierte Wasserstoffversorgung
- H₂-basiertes Energiekomplementärsystem
- Meetingräume inkl. Präsentationstechnik

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

WASSERSTOFF ALL OVER

Kommentar zum Handelsblatt Energie-Gipfel



Abb.: Dr. Andrew Forrest, CEO von FFI, berichtete beim Energie-Gipfel, was er Großes in Australien vor hat [Quelle: Fortescue Future Industries]

Der diesjährige Handelsblatt Energie-Gipfel, der vom 17. bis 20. Januar 2022 digital und in Berlin stattfand, war geprägt vom Thema Wasserstoff als dem Energieträger, der in seinen vielen Farben und mit seinen zahlreichen Einsatzmöglichkeiten einen gewichtigen Anteil am Gelingen der weltweiten Energiewende trägt.

Die Preisexplosion bei den fossilen Energien wie Öl, Kohle, aber vor allem auch Erdgas stellt die Energiewirtschaft vor eine Reihe von Problemen. Insbesondere der Konflikt zwischen Russland und der Ukraine wie auch die Unsicherheiten rund um die Nutzung der neuen Pipeline Nord Stream 2 sind zusätzliche Preistreiber. Die Bereitstellung von Energie und ihr Preis sind wichtige Standortfaktoren für die

Industrie, gerade in einem Industrieland wie Deutschland. Es stellt sich daher die Frage, wo all der Wasserstoff – idealerweise grüner – herkommen und wie die Infrastruktur aussehen soll.

Genügend Flächen für die Erzeugung von Solar- wie auch Windstrom, um ausreichend Wasserstoff produzieren zu können, gebe es in Deutschland nicht, so die gefühlte einhellige Meinung der Vertreter aller großen Energieversorger. Ein großer Teil des benötigten Wasserstoffs werde daher aus Regionen, in denen die Rahmenbedingungen deutlich besser als hier seien, bezogen werden müssen. Wobei Deutschland auch schon jetzt mehr als 70 Prozent seiner Primärenergie importiert.

Es geht aber auch um die Frage, wie grüner Wasserstoff überhaupt definiert wird. Wenn man dabei an die Taxonomie in der EU denkt, wonach auch Energie aus Kernkraftwerken und Erdgas als nachhaltig eingestuft wird, gibt es noch Diskussionsbedarf.

UMSETZUNGS- UND ENERGIEWENDEBEHÖRDE VONNÖTEN

Einen großen Anteil an der Diskussion nahm während des Energiegipfels die Regulatorik ein – sowohl auf EU-, auf Bundes- wie auch auf kommunaler Ebene. Hier müsse alles viel schneller und pragmatischer angegangen werden, da sonst die ambitioniert gesteckten Klimaziele der Regierungskoalition noch nicht einmal im Ansatz erreicht würden. Es geht also um die Rahmenbedingungen für den Hochlauf der Energiewende und der Wasserstoffwirtschaft. Denn klar ist: Ohne Wasserstoff geht es nicht, so der Konsens bei fast allen Rednern.

Je schneller und unbürokratischer gehandelt wird, desto zügiger ist die benötigte Energie vorhanden. Die bisherigen Planungsverfahren, die oft bis zu zehn Jahre dauern, gilt es dramatisch zu beschleunigen. Hier sollte eine Neudefinition mancher Behörde bzw. staatlicher Anstalt (z. B. Bundesnetzagentur) erfolgen. Diese sollte in ihrem Selbstverständnis proaktiv handeln und nicht behindernd wirken. Es müsse den zuständigen Stellen viel mehr ingenieurrechtliche Planungskompetenz statt rein juristischer Aufgaben zugewiesen werden, so der Vorschlag.

KLIMAPOLITIK IST INDUSTRIEPOLITIK Gut sei es, dass das EEG nun endlich beendet und via CO₂-Zertifikate sowie CO₂-Bepreisung ein marktwirtschaftliches Regulativ im Sinne des Klimawandels eingesetzt werde. Nur müsse auch klar sein, dass die Rahmenbedingungen in den Ländern der EU vergleichbar sein müssen. Andere Länder verfügen diesbezüglich bislang über klare Wettbewerbsvorteile, da sie flexibler sind und schneller sowie pragmatischer agieren.

Ohne Förderprogramme des Bundes, mithilfe derer der H₂-Hochlauf eingeleitet werde, gehe dies nicht, hieß es einhellig, wobei Subventionen klar zeitlich begrenzt sein sollten. Da sind besonders Investitionsanreize sinnvoll und auch notwendig. Einen wichtigen Part spielen dabei die Wärmewende, denn die Wärme ist für gut 40 Prozent des Energiebedarfes verantwortlich. Die strombasierte Wärmepumpe wird verstärkt kommen, aber auch Wasserstoff als Ersatz für Erdgas im Wärmesektor und parallel für die Stromerzeugung.

Zahlreiche Bestandsbauten lassen sich nicht über Nacht energetisch auf den neuesten Technologiestand bringen. Auch Fernwärme geht nicht überall. Der Bestand an Gaskraftwerken müsse daher dramatisch ausgebaut und diese müssten perspektivisch statt mit Erdgas mit Wasserstoff betrieben werden. Kurzum: Die Energiewende – vor allem unter Nutzung der Potentiale des Wasserstoffs – wird kommen und auch gelingen. Sie geht aber erstens nicht über Nacht und muss zweitens bezahlt werden.

AUS DER ZUKUNFT HERAUS PLANEN Bislang wird vom Jetzt aus darauf geschaut, wie viel Energie im Jahr 2030, 2040 oder 2050 vorhanden sein soll. Sinnvoller wäre es, von der Zukunft her auf das Heute zu schauen: Was muss heute getan werden, um die gesteckten Ziele erreichen zu können? Schließlich kommen völlig neue Energieverbräuche ins Spiel, wenn man zum Beispiel die Elektromobilität betrachtet. Es geht hierbei um das Profil des Wirtschaftsstandortes Deutschland, um Themen wie die Digitalisierung der Energiemärkte und eine dezentrale Produktion und Nutzung. Ganzheitliches Denken ist notwendig.

Die Politik macht zwar die Rahmenbedingungen, aber die Wirtschaft setzt die Maßnahmen dann um. Deshalb sollte der Wirtschaft mehr Gestaltungsspielraum gegeben werden, forderten deren Vertreter. Zu viel „falsche“ Regulatorik könne dazu führen, dass Unternehmen statt hier woanders investieren. Bislang gebe es noch zu viele Investitionsblockaden. Zudem werde in anderen Teilen der Welt sachlicher, konsequenter und zum Teil auch rücksichtsloser vorgegangen.

ZEHN STATT FÜNF GIGAWATT BIS 2030 Die neue Regierung mit ihrem Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck hat die Potentiale des Wasserstoffs nicht nur erkannt, sondern fördert nun auch den Hochlauf. So soll die wasserstoffbasierte Energieproduktion bis zum Jahr 2030 von geplanten fünf auf zehn Gigawatt erhöht werden.

Was die Farbe des Wasserstoffs angeht, geben sich einige Akteure nun pragmatischer und sehen unter anderem auch den blauen (via Erdgasreformierung erzeugten) Übergangsweg als sinnvoll an, bis die Farbe Grün übernimmt, wobei auch auf den auf Biogas basierenden gelben Wasserstoff gesetzt werden sollte. Weltweit sollen nun Verträge ausgehandelt werden, um Wasserstoff einzukaufen. So gibt es zum Beispiel ein Abkommen mit der Ukraine sowie ein privatwirtschaftliches Projekt der australischen Firma Fortescue mit der Firma Covestro (100.000 Tonnen grünen Wasserstoffs pro Jahr). Der Förderung der Forschung in Sachen Elektrolyse gilt es besondere Aufmerksamkeit zuteilwerden zu lassen.

Das Fazit des sehr informativen, inhaltvollen Kongresses ist, dass Wasserstoff keine Option, sondern ein Muss für die Umsetzung der Klimawende ist. Wichtig dafür ist, die Umsetzungsgeschwindigkeit zu erhöhen. Wasserstoff wird in immer größeren Mengen zu immer besseren (niedrigeren) Preisen verfügbar sein und als handelbare Ware (Commodity) an den Energiemärkten der Welt massiv an Bedeutung gewinnen. ||

Sven Geitmann, Eva Augsten

WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

DIE TECHNIK VON GESTERN, HEUTE UND MORGEN



Aktualisierte
und erweiterte
5. Auflage

Mit einem
Vorwort von
Prof. Volker
Quaschnig

Energiewende und Wasserstoffwirtschaft gehören zusammen. Dieses Buch skizziert den Weg – von der gestrigen über die aktuelle hin zu einer zukunfts-fähigen, wirklich nachhaltigen Energieversorgung. Es erklärt leicht verständlich die Vorteile und Herausforderungen des Speichermediums Wasserstoff und stellt die Vielfältigkeit der H₂-Technologien dar – als Saisonspeicher, in der Mobilität und in der Industrie – ebenso wie die Brennstoffzellen- und Elektrolyseurtechnologien – als effiziente Energiewandler.

ISBN 978-3-937863-54-2 / Hydrogeit Verlag, Oberkrämer
April 2022, Preis: 18,90 Euro

BESTELLUNG ÜBER WWW.HYDROGEIT-VERLAG.DE,
BUCHHANDLUNGEN ODER PER EMAIL: KONTAKT@HYDROGEIT.DE



QUALITÄT SEIT 1912

MAGNET-SCHULTZ

Ihre Spezialisten für elektromagnetische Aktorik und Sensorik



Ventile für Wasserstoff

- Hochdruckventile bis 1050bar, NW 2,7mm
- Sicherheitsabsperrentventile 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



www.magnet-schultz.com

IST DIE GASBRANCHE WIRKLICH H₂-READY?

Bereit ja, aber H₂ ist längst noch nicht weit verbreitet

Der Wärmesektor gilt immer noch als der „schlafende Riese“, der geweckt werden muss, damit die Energiewende zu schaffen ist. Ein wesentliches Problem ist der Mangel an Alternativen zur Wärmeerzeugung mit fossilen Energieträgern. Großer Profiteur vom Ausstieg aus der Kohle- und Kernenergie dürfte die Gasbranche werden, die jetzt schon damit wirbt, dass man Erdgas durch grünen Wasserstoff ersetze, obwohl bislang kaum CO₂-frei erzeugtes H₂-Gas vorhanden ist. Anbieter von Brennstoffzellenheizungen haben es dennoch momentan schwer, von der Aufbruchstimung in der H₂-Branche zu profitieren, weil ihre Anlagen zunächst noch auf fossile Gase angewiesen sind.



Abb. 1: Gasrohre – auch geeignet für Wasserstoff
[Quelle: Mannesmann Line Pipe]

H₂-ready – auf dieses Label setzt die Gasbranche. Sobald Kritik laut wird, Erdgas sei – ähnlich wie Mineralöl, Stein- und Braunkohle – ein fossiler Energieträger, wird auf Wasserstoff verwiesen. Durch die H₂-Beimischung werde graues Erdgas grün, so heißt es. Aber wie schnell findet dieser Farbwechsel statt? Ab wann ist das fossile ein grünes Gas, ab welcher Beimischungsquote, ab welchem Jahr?

Nach Aussage von Ronald Aßmann, dem Prüfstellenleiter des Gastecnologischen Instituts gGmbH Freiberg (DBI), bescheinigt dessen eingetragene Gewährleistungsmarke „H₂ready geprüft“, dass die Produkte „für den ausgewiesenen Anteil von Wasserstoff (in der Regel bis 20 Vol.-% H₂ in Erdgas oder bis 100 Vol.-% H₂) einsatztauglich/funktionstüchtig“ sind. „H₂ready geprüft“ bedeutet somit nicht, dass alle damit ausgezeichneten Aggregate reinen Wasserstoff vertragen, sondern teilweise zunächst „nur“ für eine H₂-Beimischung geeignet sind. Für wie viele Volumenanteile Wasserstoff die Eignung besteht, wird in der Regel in den Zertifizierungsunterlagen dokumentiert. Bis dato ist in den meisten Fällen vorerst noch fossiles Gas der Hauptbrennstoff.

HENNE-EI-PROBLEM AUCH IM STATIONÄREN SEKTOR

Die Hersteller von Brennstoffzellenheizgeräten stehen daher vor besonderen Herausforderungen. Ihre Aggregate kosten – trotz Förderung – das Mehrfache einer Gastherme, bringen aber kurzfristig keine CO₂-Einsparung. Ganz im Gegenteil: Die Module erzeugen aus dem bislang noch nicht wirklich

grünen Gas auch Strom und verdrängen damit unter Umständen bisher aus dem Netz bezogenen Ökostrom, so dass sich die CO₂-Bilanz dann sogar verschlechtern kann.

Erst wenn reiner Wasserstoff in den BZ-Geräten zur Anwendung käme, könnte der moderne Energiewandler seinen Vorteil, den vergleichsweise hohen Wirkungsgrad, ausspielen. Solange aber keine H₂-Netze vorhanden sind, gibt es im stationären Bereich ein ähnliches Henne-Ei-Problem wie im mobilen Sektor: Ohne H₂-Infrastruktur lohnt sich der Einsatz von BZ-Produkten nicht, wenn es aber keine Anwendungen gibt, investiert auch niemand in Netze.

DURSTSTRECKE FÜR HEIZGERÄTEHERSTELLER Für die Produzenten von Brennstoffzellenheizgeräten bedeutet dies, dass sich die Vermarktung ihrer Aggregate weiter nach hinten verschiebt. Wer heute baut und knapp bei Kasse ist, entscheidet sich in der Regel für eine Gastherme, weil die erprobt sowie bezahlbar ist und rasch eingebaut werden kann. Dass diese Geräte dann voraussichtlich zwanzig Jahre in Betrieb sein werden und somit in nächster Zeit nicht zur erforderlichen Dekarbonisierung beitragen werden, haben viele Hausbauer nicht auf dem Schirm. Das böse Erwachen könnte aber schon bald kommen, da die Gaspreise bereits jetzt drastisch steigen.

Markus Dönges, Head of Product-Line-Management der Viessmann Deutschland GmbH, erklärte zwar, für den Betreiber des firmeneigenen BZ-Geräts Vitovalor seien die Energiekosten „um bis zu 40 Prozent geringer gegenüber der üblichen Lösung mit Strombezug aus dem Netz und einem herkömmlichen Heizkessel“. Aber auf HZwei-Nachfrage, welche Preise dieser Prozentangabe zugrunde lägen, erklärte Alexander Dauensteiner, Product Line Owner Fuel Cells: „Die Einsparungen beziehen sich auf durchschnittliche Energiekosten und beinhalten nicht die aktuell für Neukunden erheblich höheren Gas- und Strompreise.“ Demnach empfiehlt es sich für Hausbesitzer, angesichts der derzeit rapide steigenden Preise für Erdgas neu zu kalkulieren und die weitere Kostenentwicklung für fossile Energieträger mit einzuplanen.

Als umweltschonende Alternative steht derzeit die Wärmepumpe hoch im Kurs. Meist wird hier – aus Kostengründen – die noch bezahlbare Variante einer Luftwärmepumpe gewählt, obwohl ihr Wirkungsgrad (Jahresarbeitszahl) in unseren Breitengraden recht niedrig und sie für schlecht gedämmten Altbau ungeeignet ist. Effizienter – allerdings auch kostenintensiver in der Anschaffung – ist die Erdwärmepumpe.

Stationäre Brennstoffzellengeräte stoßen derzeit nur sehr vereinzelt auf Interesse. Dementsprechend ruhig ist es momentan in diesem Segment, zumal die Heizgeräteher-

Der Wärmesektor (Gebäude- und Industriebereich) trägt zu über 50 Prozent zum deutschen Endenergieverbrauch bei, ist aber nach wie vor noch stark fossil geprägt. Die CO₂-Emissionen des Wärmemarktes nehmen rund 40 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen Deutschlands ein.



Die Prognos AG hat in einer Kurzstudie für die Stiftung Klimaneutralität untersucht, was effizienter ist: Wärmepumpen oder Wasserstoffheizungen. Die Studie zeigt, dass Wärmepumpen wesentlich zur Flexibilität des Stromsystems beitragen können, während der Einsatz von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenheizungen zu einem deutlich höheren H₂- und auch Strombedarf führt, was ineffizienter wäre. Die AutorInnen empfehlen daher für die Stromerzeugung eher die Nutzung von Wasserstoff, der auf Basis von erneuerbaren Energien erzeugt wurde, in Backup-Kraftwerken. Im Gebäudesektor sollten vornehmlich Wärmepumpen zur Erreichung der Klimaziele als zentrale Technologie gefördert werden.

Wärmepumpen vs. Wasserstoffheizungen:
Auswirkungen auf ein 100% erneuerbares Stromsystem

Policy Paper
Berlin, 18. Februar 2022



□ Prognos; Dezentrale Wärmeversorgung in einem klimaneutralen Deutschland; Kurzstudie im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität; 2022

Die Prognos AG hat in einer Kurzstudie für die Stiftung Klimaneutralität untersucht, was effizienter ist: Wärmepumpen oder Wasserstoffheizungen. Die Studie zeigt, dass Wärmepumpen wesentlich zur Flexibilität des Stromsystems beitragen können, während der Einsatz von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenheizungen zu einem

deutlich höheren H₂- und auch Strombedarf führt, was ineffizienter wäre. Die AutorInnen empfehlen daher für die Stromerzeugung eher die Nutzung von Wasserstoff, der auf Basis von erneuerbaren Energien erzeugt wurde, in Backup-Kraftwerken. Im Gebäudesektor sollten vornehmlich Wärmepumpen zur Erreichung der Klimaziele als zentrale Technologie gefördert werden.

□ Prognos; Dezentrale Wärmeversorgung in einem klimaneutralen Deutschland; Kurzstudie im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität; 2022

steller diese Technik auch kaum bewerben. Stattdessen warten sie auf bessere Zeiten, darauf, dass H₂-Netze entstehen. Unter der Hand wird dies auch so von den Mitarbeitern bestätigt. Es scheint fast so, als wären die Marketingabteilungen froh darüber, dass derzeit kaum themenbezogene Messen stattfinden.

Hinzu kommt, dass der stationäre Bereich beim Thema Wasserstoff derzeit politisch geradezu ausgegrenzt wird. Während im Mobilitätssektor noch gestritten wird, ob Wasserstoff nur im Nutzfahrzeug- oder auch im Pkw-Segment zur Anwendung kommen soll, ist klar, dass die Dekarbonisierung der Industrie zunächst am wichtigsten ist. Der Wärmemarkt kommt nach heutigem Stand bei der H₂-Verwertung dann erst ganz zum Schluss dran.

VORBEREITUNGEN FÜR DEN MARKTHOCHLAUF Dennoch versuchen sich einige Unternehmen in Stellung zu bringen, damit sie loslegen können, sobald ausreichend grünes H₂-Gas vorhanden ist. So verkündete SOLIDpower Mitte 2021 den Start einer Kooperation mit der GC-Gruppe. In der GC-Gruppe mit ihren etwa 15.000 Mitarbeitern sind über 100 Fachgroßhändler an mehr als 850 Standorten zusammengeschlossen, die zukünftig die BlueGen-Geräte des deutschen BZ-Herstellers mit vertreiben sollen.

Außerdem trennte sich das Heinsberger Unternehmen nach drei Jahren von seinem bisherigen Geschäftsführer Andreas Pichler (s. S. 6) und setzte stattdessen einen ausgewiesenen Wirtschafts- und Organisationswissenschaftler an die Firmenspitze: Martin Füllenbach hat zuvor den Kautschuk-Spezialisten Semperit umstrukturiert und dort „eine beeindruckende Steigerung der Profitabilität“ bewirkt, weshalb ihm die SOLIDpower-Gruppe die Unternehmensleitung für den erhofften Markthochlauf anvertraut.

Panasonic, das im Brennstoffzellensektor in Europa mit Viessmann zusammenarbeitet, verfügt bereits über umfassende Erfahrungen aus seinem Heimatmarkt Japan, wo insgesamt schon 400.000 BZ-Systeme im Feld sind – die Hälfte davon von Panasonic. Bis 2030 sollen es in dem Inselstaat 5,3 Millionen sein, das entspricht einem Viertel aller Haushalte. Vergleicht man nur die Wärmeerzeugung, sparen diese Systeme laut Herstelleraussage jährlich jeweils rund 1,4 t CO₂ verglichen mit einem Gasboiler. In Deutschland verkaufte das Allendorfer Unternehmen Mitte Januar 2022 immerhin sein zehntausendstes Brennstoffzellenheizgerät.

Die heute installierten herkömmlichen Brennwertgeräte sind bei Viessmann, zumindest begrenzt, für den Einsatz von Wasserstoff geeignet. Dr. Frank Voßloh, Geschäftsführer von Viessmann Deutschland, erklärte: „Unsere Geräte können heute schon 20 Prozent Wasserstoff.“ Zudem entwickelt das Unternehmen H₂-ready-Gas-Brennwertgeräte, die für den Betrieb mit Erdgas, mit Erdgas-Wasserstoff-Gemischen und mit reinem Wasserstoff geeignet sein werden. Bei der Netzumstellung auf ein reines H₂-Netz müsste bei diesen Geräten nur die Brennerbaugruppe ausgetauscht werden, heißt es. 2025 sollen sie marktreif sein, so Technikvorstand Dr. Markus Klausner.

Auch Brennstoffzellenaggregate, die mit reinem Wasserstoff betrieben werden können, sollen 2025 auf den Markt kommen. Die dafür vorgesehenen Panasonic-Module namens Kibou (Hoffnung) leisten 5 kW bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 56 Prozent. Mehrere dieser Module sollen auch in der seit Oktober 2021 in Japan im Bau befindlichen RE100-Fabrik, die komplett mit erneuerbaren Energien versorgt wird, eingesetzt werden. Die 570-kW-Photovoltaikanlage am Standort Kusatsu in der Präfektur Shiga liefert den Strom, der sowohl in der 1,1-MWh-Batterie als auch in dem 78.000-l-Wasserstofftank gespeichert werden kann. Die dort installierten 100 BZ-Module können gemeinsam 500 kW leisten und so die Fabrik, in der ENE-FARM-Geräte gebaut werden sollen, ganzjährig mit Energie versorgen (Gesamtenergiebedarf: jährlich 2,7 GWh).

KOMPONENTEN SIND H₂-READY Diesem Trend in Richtung Wasserstoff folgen mittlerweile immer mehr Komponentenlieferanten und bieten dafür inzwischen auch die >>



Abb. 2: Gashauseinführungen HSP von Schuck – für H₂-Gas geeignet [Quelle: Schuck]

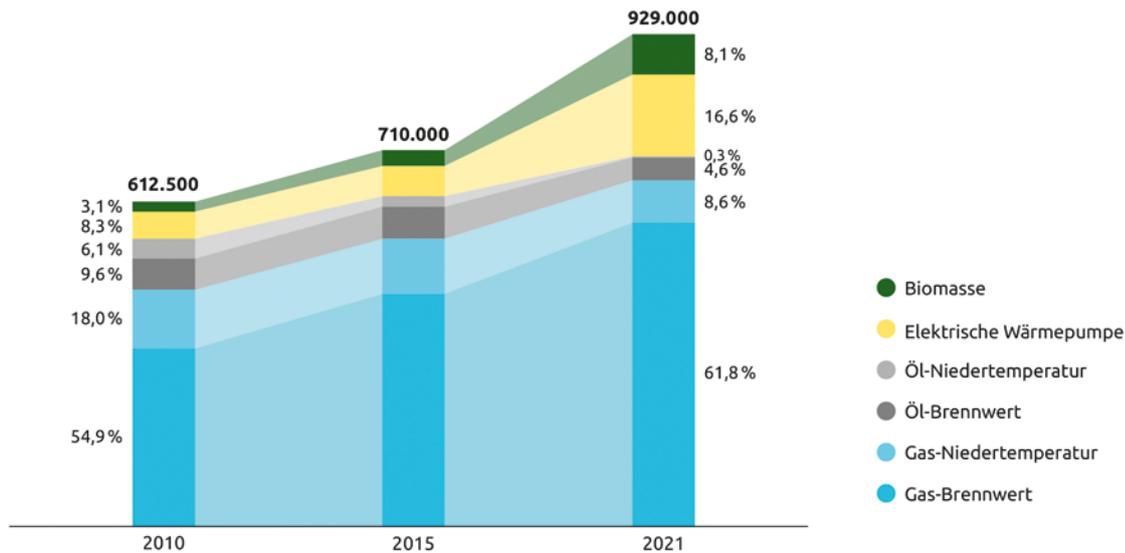


Abb. 3: Primärenergieverbrauch in Deutschland 2021 [Quelle: BDH]

passenden Teile an. Die Franz Schuck GmbH, eine Zulieferfirma für Verbindungselemente von Rohrleitungssystemen, verfügt bereits über ein ganzes Sortiment an Komponenten. Konstruktionsleiter Andreas Dobsch berichtete im Gespräch mit HZwei, dass Schuck seit Anfang 2020 Produkte verbaue, die „dauerhaft für reinen Wasserstoff geeignet“ seien.

Konkret geht es bei dem Steinheimer Unternehmen beispielsweise um 200.000 Gaseinführungssysteme, die pro Jahr für die Energieversorgung von Häusern verbaut werden sollen. Deren ursprünglich für Erdgas ausgelegte Teile wurden auf die Eignung für H₂-Gas überprüft sowie zertifiziert und werden bereits ohne Aufpreis in Serie verbaut. Auf diese Weise wird die Gasinfrastruktur jetzt schon insbesondere dort ertüchtigt, wo der Betreiber perspektivisch einen H₂-Einsatz für möglich hält, damit dann später der Wechsel von fossilem auf grünes Gas problemlos erfolgen kann.

Schuck-Produktmanager Robert Bartle deutete an, dass die Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff zunächst voraussichtlich über Microgrids, also Inselnetze, laufen werde. Dort wird es dann wohl wahlweise eine Beimischung von beispielsweise 30 Prozent H₂-Gas oder später reine Wasserstoffnetze geben. Aller Voraussicht nach wird es aber wohl kaum mehr als drei Mischungsstufen geben, so Bartle. Sabine Augustin, Leiterin Unternehmensentwicklung bei Open Grid Europe, erklärte im Februar 2022 auf einer Online-Konferenz der acatech, das Fernleitungsnetz sei zu „hundert Prozent“ H₂-ready – bis auf ein paar wenige „Schätzchen“.

Das Verteilnetz, wo kleine Drücke sowie kleine Leitungsnennweiten vorhanden sind, ist nach Aussage von Andreas

Dobsch vergleichsweise unproblematisch, was den Umgang mit Wasserstoff betrifft. Bei höheren Drücken hingegen sei beispielsweise die Stahlsorte sehr viel wichtiger, da insbesondere eine schwellende Druckbelastung sowie die chemischen Umwandlungsprozesse innerhalb des Rohrleitungsnetzes unter Umständen zu einer Wasserstoffversprödung mit nachfolgendem Risswachstum führen könnten. Dobsch erklärte: „Aufgrund dieser Effekte ist es wichtig, geeignete Materialien einzusetzen und alle konstruktiven Voraussetzungen zu schaffen, um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu gewährleisten.“

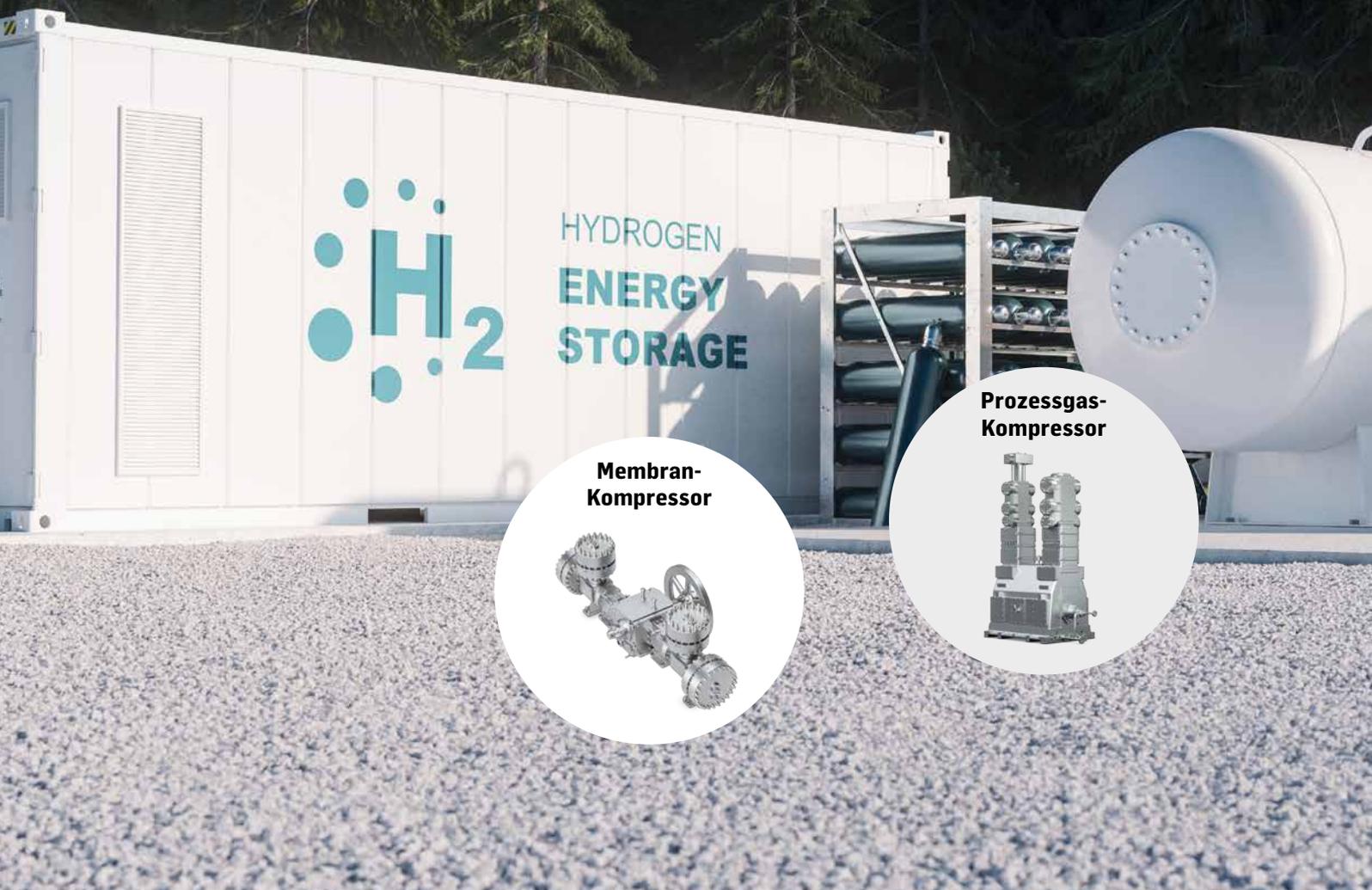
Eine weitere Herausforderung sei die Dichtigkeit, da die geringe Atomgröße sowie die hohe Permeationsfähigkeit von Wasserstoff erhöhte Anforderungen an die Armaturen stellen. Hier gebe es ebenso Handlungsbedarf wie beim Regelwerk, das bislang vorrangig auf Erdgas ausgerichtet sei. „Wasserstoff wird lediglich in einzelnen Richtlinien, Werkstoffnormen oder Materialstudien beschrieben, weshalb noch eine umfangreiche Normenarbeit notwendig ist“, konstatierte Dobsch.

Schuck sieht sich hier gut aufgestellt, da bereits durch die enge Zusammenarbeit mit dem DBI – Gas und Umwelttechnik GmbH Leipzig umfangreiche Erfahrungen gesammelt und erste Komponenten mit dem H2ready-geprüft-Label des DBI versehen werden konnten. ||

WORTMARKE

Welches Potential in diesem Thema steckt, zeigen unter anderem die derzeit laufenden markenrechtlichen Bestrebungen verschiedener Akteure. So hat sich das DBI die Marke „H2ready geprüft“ bereits schützen lassen. Demgegenüber beansprucht die Mannesmann Line Pipe GmbH die Wortmarke H2ready® für sich. Das Tochterunternehmen der Salzgitter Gruppe nennt seine für Wasserstoff konzipierten Stahlrohre „Mannesmann H2ready®“.

HOHE WASSERSTOFF-REINHEIT UND TIEFER ENERGIEVERBRAUCH



**Membran-
Kompressor**



**Prozessgas-
Kompressor**



Burckhardt Compression bietet ein umfassendes Portfolio mit Kompressorlösungen für Wasserstoff-Anwendungen im Bereich der Mobilität und Energie an. Unsere ölfreien Membran- (900 bar) und Kolbenkompressoren (550 bar) stehen sowohl für hohe Reinheit bei hohem Druck und tiefem Energieverbrauch, wie auch für reduzierte Wartungskosten. Zudem verfügt Burckhardt Compression über ein weltweites Netzwerk an Service-Centern, welches uns ermöglicht lokale Unterstützung mit kurzen Reaktionszeiten anzubieten.

Mehr erfahren: burckhardtcompression.com/hydrogen

EXPONENTIELLES WACHSTUM ERFORDERLICH

Bis 2030 muss die H₂- schneller als die PV-Branche wachsen

Die Erkenntnis, dass wir nicht nur in Deutschland und Europa, sondern auch weltweit ganz schnell ganz viel grünen Wasserstoff benötigen, wächst immer mehr. Nach Putins Angriff auf die Ukraine steht nun auch hinter Erdgas als Energieträger ein Fragezeichen, nachdem bereits der Ausstieg aus Kernenergie und Kohle beschlossene Sache ist. Eigentlich sollte das Gasnetz nach und nach grüner werden. Nun wird über einen sehr viel schnelleren Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft diskutiert. Welche Szenarien wären dafür denkbar?

Als problematisch wird bewertet, dass für die bis 2023 angekündigten H₂-Projekte bislang noch keine finale Investitionsentscheidung vorliegt. Selbst eine 30-prozentige Erfolgsrate hätte im Gesamtbild der bis 2030 angestrebten Ziele keine nennenswerten, sichtbaren Auswirkungen, da damit lediglich 1 GW bis 2023 installiert wäre (s. Abb. li.).

Gemäß der Studie, die im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Kopernikus-Projekts Ariadne angefertigt wurde, sollte deswegen die Hochlaufdynamik im Bereich Wasserstoff mit Nachdruck unterstützt werden (z. B. durch Etablierung von Leitmärkten, H₂-Infrastruktur, Stärkung eines europäischen Handels). Die Rede ist weiterhin von einer schrittweisen Verbreiterung des H₂-Einsatzes in Abhängigkeit von Märkten und technologischen Entwicklungen, wofür eine anpassungsfähige Wasserstoffstrategie erforderlich sei.

Die Autoren fordern außerdem, dass die direkte Elektrifizierung, insbesondere in den Bereichen, wo es bislang keine anderen marktreifen Alternativen zu fossilen Energieträgern gibt (Mobilität, Gebäude- und Niedertemperaturprozesswärme), massiv beschleunigt wird. ||

Literatur:

Ueckerdt et al. (2021) – Ariadne Kurzdossier, Eckpunkte einer anpassungsfähigen Wasserstoffstrategie, Markthochlauf der Wasserstoffelektrolyse und Implikationen für kurz- bis mittelfristige Importpotentiale, H₂-Kompass-Konferenz, Berlin, 22.02.2022

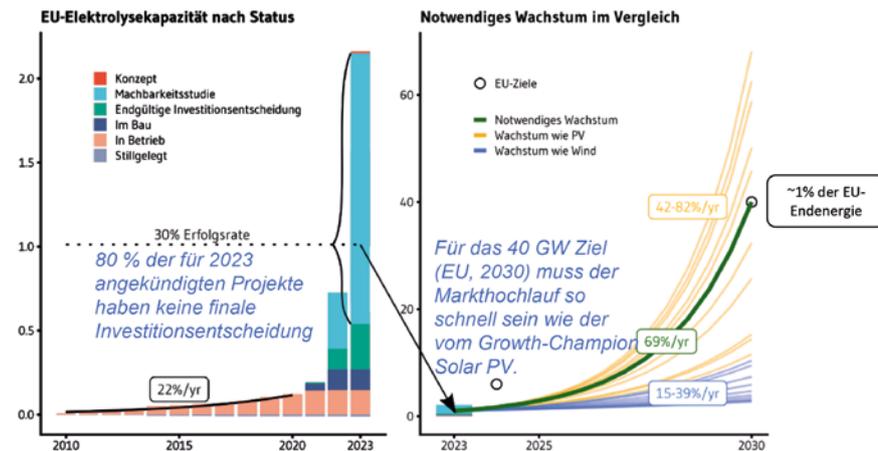
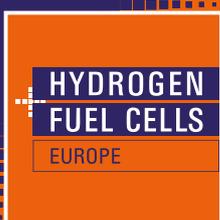


Abb.: Erwarteter exponentieller Zuwachs der Elektrolysekapazitäten bis 2023 (l.) bzw. bis 2030 (r.) [Quelle: IEA, Ueckerdt]

In einem Papier des Potsdamer Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), das im Februar 2022 auf der H₂-Kompass-Konferenz in Berlin präsentiert wurde, wird gezeigt, wie der Markthochlauf der Wasserstoffelektrolyse aussehen könnte. Darin stellen die Autoren Prof. Gunnar Luderer, Dr. Falko Ueckerdt und Adrian Odenweller fest, dass kurz- und mittelfristig (bis 2030) grüner Wasserstoff knapp bleiben wird, weil erst einmal die Produktionskapazitäten hochgefahren werden müssen. Perspektivisch werden jedoch Wasserstoff und E-Fuels (s. S. 34) eine tragende Rolle für die Erreichung der Klimaneutralität spielen.

Unter anderem haben die vielen an dieser Analyse beteiligten WissenschaftlerInnen ausgerechnet, wie hoch die Wachstumsrate im Elektrolyseurktor sein müsste, um die EU-Ziele von 40 GW Elektrolyseleistung bis 2030 erreichen zu können (s. Abb. re.). Demnach wäre dafür ein ähnlich schneller Markthochlauf erforderlich, wie er vor Jahren bei der Photovoltaik erfolgt ist. Dies entspräche 42 bis 82 Prozent an jährlichem Wachstum. Eine Zunahme von 15 bis 39 Prozent wie bei der Windkraft würde bei Weitem nicht ausreichen.

18



Hydrogen + Fuel Cells EUROPE

Der weltweit einzigartige Treffpunkt der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Industrie seit 28 Jahren

BE PART OF IT:
www.h2fc-fair.com

HANNOVER MESSE 2022
Hydrogen + Fuel Cells EUROPE
Halle 13, A 50
30. Mai bis 2. Juni 2022

– 200 Aussteller und Marktführer auf über 5.000 m²
– 150 Präsentationen in den beiden Foren



ENERGIEBEDARF RUNTER – STÜCKZAHLEN HOCH

HZwei-Befragung von Elektrolyseurherstellern

Im Elektrolysektor geht es weiter mit großen Schritten vorwärts. Insbesondere was die Kosten betrifft: Die meisten Hersteller konnten in den vergangenen Monaten wesentliche Preisreduktionen erzielen, auch wenn sich das nicht überall in einer Senkung des Endpreises bemerkbar gemacht hat. Zudem werden sowohl die Stacks als auch die gesamten Systeme immer kompakter und effizienter.



Abb.: Der EL 4.0 wird zunächst in Pisa, dann in Saerbeck gebaut [Quelle: Enapter]

Im Rahmen der Marktübersicht, die HZwei im Januar-Heft 2022 veröffentlichte, befragten wir die Hersteller auch zu Verbesserungen und Veränderungen in den vergangenen 24 Monaten. Deren Ausführungen ließen erkennen, dass alle Anbieter maßgebliche Fortschritte erzielen konnten und auf dem besten Weg zur Etablierung eines Elektrolyseurmarktes sind.

So berichtete beispielsweise H2V, dass der Energiebedarf für die H₂-Erzeugung (kWh pro Nm³ H₂) signifikant reduziert werden konnte. H2 Core Systems gelang eine Kostenreduktion um 30 Prozent, allein durch den Übergang zur Serienproduktion. Ihre Partnerfirma Enapter reduzierte die Baugröße seines Elektrolyseurs durch eigene F&E-Maßnahmen sowie

Prozessoptimierungen beim Modellwechsel vom EL 2.0 zum EL 2.1 um 4,5 cm, womit eine Verringerung des Energieverbrauchs um fünf Prozent einherging. Mittlerweile existiert mit dem EL 4.0 die vierte Generation des patentierten und nach ISO 22734 zertifizierten AEM-Elektrolyseurs (AEM: Anionenaustauschmembran). Im März 2022 – also vor der offiziellen Markteinführung in diesem Sommer – lagen mehr als 400 Bestellungen vor.

Sebastian-Justus Schmidt, Mitgründer und CEO von Enapter, sagte: „Der EL 4.0 wird ein Baustein für Systemintegratoren sein, der es ihnen ermöglicht, die H₂-Produktion schnell einzuführen und den weltweit benötigten Markthochlauf zu realisieren. Wir sind sicher, dass die zukünftige Massenproduktion dieser AEM-Elektrolyseure die Produktion von grünem Wasserstoff grundlegend verändern wird.“ Nächstes Jahr soll die Massenproduktion mit über 10.000 Modulen pro Monat an dem gerade im Bau befindlichen Standort in Saerbeck erfolgen.

Sunfire startete angesichts anstehender Großprojekte eine halbautomatische Prozessentwicklung, um zukünftig Skalierungseffekte besser ausnutzen zu können. Zudem gelang den Dresdnern eine Senkung der Kosten durch ein neues Design seines SOEC-Modells. Demgegenüber berichtete Nel Hydrogen von einer Steigerung sowohl der Stack-Größe als auch der -Effizienz sowie vom Aufbau einer Container-Lösung im Megawattbereich.

Der US-amerikanische Mitbewerber Plug Power nahm ganz grundsätzliche Veränderungen vor, indem der Standort des aufgekauften Elektrolyseurherstellers Giner ELX nach Concord, MA, verlagert und gleichzeitig die Produktionskapazitäten um das Zehnfache erweitert wurden. Zudem baut Plug eine GigaFactory in Rochester, NY, mit einer Kapazität von zunächst 1.500 MW beziehungsweise 2.500 MW nach Fertigstellung. Ein weiterer Standort entsteht derzeit in Düsseldorf (s. S. 9).

Green Hydrogen Systems ging im Juni 2021 an der Nasdaq Kopenhagen an die Börse. Die dadurch eingesammelten Investorengelder wollen die Dänen in den Ausbau der Fertigungskapazitäten (Serienproduktion der A-Serie), die Produktentwicklung einer nächsten Gerätegeneration (X-Serie) sowie in organisatorisches Wachstum investieren. ||

19

H2
CoreSystems

POWERING THE WORLD WITH GREEN HYDROGEN.

Wir entwickeln, fertigen und warten modular konfigurierbare Elektrolysesysteme von 1 kg H₂/Tag bis 420 kg H₂/Tag, die jederzeit erweiterbar und skalierbar sind. Die Grundlage für unsere Wasserstoffanlagen bilden die AEM-Elektrolyseure von unserem Partner Enapter AG. Durch Kombination mit Erweiterungsmöglichkeiten von Brennstoffzellen sowie Kompressoren und verschiedenen Speichermöglichkeiten lässt sich der Anwendungsbereich unserer Anlagen kundenorientiert anpassen.

Berliner Str. 82-88, 25746 Heide

info@h2coresystems.com

+49 157 77 43 84 66

www.h2coresystems.com

Hannover
Messe

30.05. - 02.06.2022

Wir sind
mit dabei!

ALL
YOU NEED
IS H2



NETZDIENLICHE ELEKTROLYSEURE FÜR MEHR SICHERHEIT

Dezentrale H₂-Anlagen können wirtschaftlich betrieben werden



Quelle: Elogen

Bislang hatte Deutschland ein weitestgehend zentralisiertes Energieversorgungssystem: Große Kraftwerke erzeugten Strom und Wärme, die dann mittels einer weitverzweigten Infrastruktur bundesweit verteilt wurden. Mit dem Aufkommen der erneuerbaren Energien vor zwei Jahrzehnten verbreitete sich zusehends die Idee einer Dezentralisierung: Indem lokale Solar- und Windkraftanlagen beziehungsweise Biogasanlagen vor Ort Strom beziehungsweise Wärme erzeugen, können diese Energien ohne verlustreiche Transporte regional genutzt werden. Dieser Grundgedanke wird jetzt auch bei der Wasserstoffherzeugung per Elektrolyse verfolgt. Ob solch ein Ansatz sinnvoll sein könnte, hat das Reiner Lemoine Institut in seiner neusten Studie „Netzdienliche Wasserstoffherzeugung“ untersucht. Die Ergebnisse wurden am 10. März 2022 in einer Online-Presskonferenz vorgestellt.

Im Mittelpunkt der Untersuchung standen konkrete Empfehlungen für die Ausgestaltung der Nationalen Wasserstoffstrategie. Die NWS ist im Sommer 2020 vorgestellt worden, aber es fehlen bislang noch detaillierte Pläne für deren Umsetzung. Angesichts der neuen Weltlage mit einem Krieg im Osten Europas laufen derzeit zahlreiche Bemühungen, die Weichen jetzt zügig so zu stellen, dass zukünftig eine sichere und weitestgehend unabhängige Energieversorgung gewährleistet ist.

Dafür hat das Reiner Lemoine Institut (RLI) im Auftrag von Green Planet Energy (ehemals Greenpeace Energy) ana-

lysiert, ob und wie der Einsatz dezentraler Elektrolyseure sinnvoll und wirtschaftlich sein könnte. Wie Dr. Kathrin Goldammer darlegte, eignen sich dafür insbesondere Elektrolyseure mit einer Spitzenleistung von bis zu fünf Megawatt. Die RLI-Geschäftsführerin erklärte: „Solche Elektrolyseure können flexibel auf das fluktuierende Dargebot an Wind- und Solarstrom und Steuersignale der Verteilnetzbetreiber reagieren. Damit leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilität und Versorgungssicherheit. Das Energiesystem wird so effizienter, resilienter und kostengünstiger.“

Auch Marcel Keiffenheim, Leiter Politik und Kommunikation bei Green Planet Energy eG, erklärte, dezentrale Elektrolyseure böten „Versorgungssicherheit, Resilienz und eine Optimierung der Solar- und Windnutzung“. Keiffenheim forderte daher, dass dezentrale Elektrolyseure in der Nationalen Wasserstoffstrategie berücksichtigt und klare Ausbauziele definiert werden sollten, da nicht nur Großelektrolyseure benötigt würden. Er sagte: „Statt nur zu klotzen, sollte auch gekleckert werden. Wir sollten das eine tun, ohne das andere zu lassen.“

Konkret bezifferte er den Leistungsbereich, der von dezentralen Elektrolyseuren bis 2030 im Verteilnetz gut genutzt werden könnte, auf 5 GW. Für einen Teil davon (max. 3 GW) forderte er eine Anschubfinanzierung mit CfDs (Contracts for Differences), damit der derzeitige preisliche Unterschied zwischen grauem und grünem Wasserstoff ausgeglichen werden könne – beispielsweise über eine Ausschreibung von 375 MW pro Jahr zwischen 2023 und 2030. In Summe könnten so bis zu 13,7 TWh grünen Wasserstoffs pro Jahr produziert werden, was der Hälfte der von der Bundesregierung bis 2030 geplanten heimischen Produktionsmenge entspricht.

Auf Nachfrage von HZwei, auf welcher Grundlage die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt sei, erläuterte Goldammer, dass die Berechnungen in der zweiten Hälfte 2021 angestellt worden seien, als die derzeitige Strompreisentwicklung so noch nicht absehbar war. Dennoch beteuerte sie, dass man „mit der Berechnung immer noch aktuell“ sei. ||



Literatur

▢ Schalling, A.; Arnhold, O.; u. a.; Netzdienliche Wasserstoffherzeugung, Green Planet Energy & RLI, Febr. 2022

INTEGRATED SOLUTIONS ALONG THE H₂ VALUE CHAIN



COMPRESSORS

The H₂ Experts



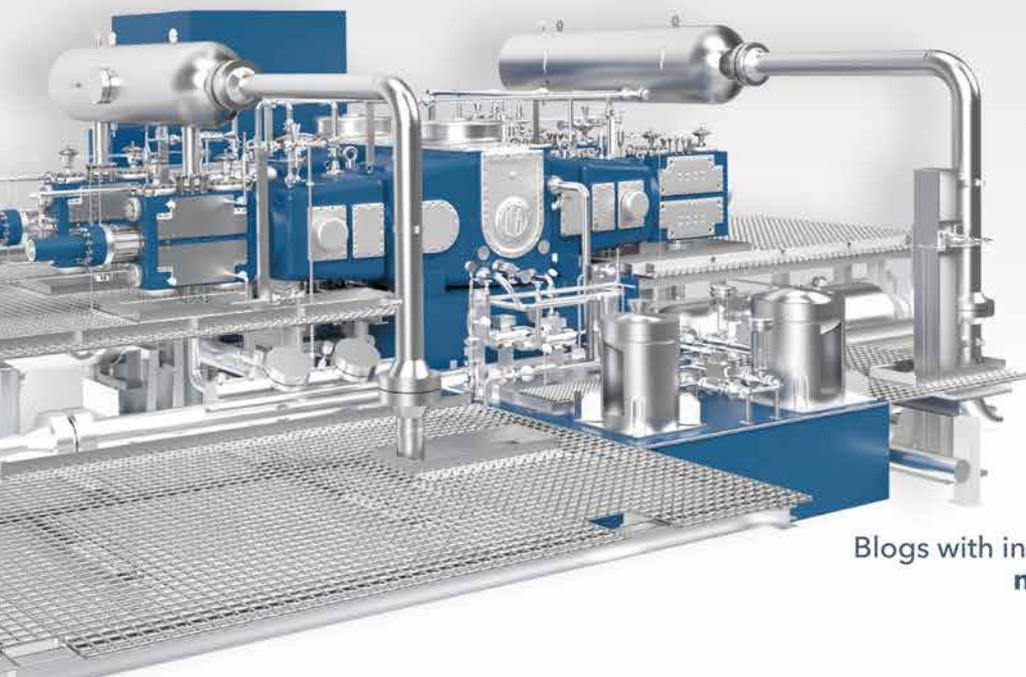
Energy Transition with Electrolyzers, Compressors and HRS

More than compression: For about 80 years NEUMAN & ESSER GROUP (NEA) has been supplying H₂ compressor units to industry. But that's not all. NEA is now a one-stop shop for integrated solutions along the Hydrogen Value Chain. Its expanded portfolio includes electrolyzers, reformers, Hydrogen refueling stations and many other energy solutions covering generation, distribution and storage. Eager to help decarbonization efforts, the GROUP founded the NEA ENERGY division: a home to five companies dedicated to providing upstream and downstream Hydrogen solutions in everything from electrolyzer and fuel cell development to the production of e-fuels for use in rail, shipping and aviation.

As a result, NEA is best placed to support its customers moving away from fossil fuels towards sustainable gases.

NEUMAN & ESSER

Agile. Solution. Experts.



Read the
NEUMAN & ESSER
Blogs with in-depth information
neuman-esser.com





Abb. 1: Pilotanlage zur H₂-Herstellung aus Meerwasser im Hafen der niederländischen Insel Texel [Quelle: Hydron Energy]

Thema: Energiespeicherung | Autor: Niels Hendrik Petersen

REINER WASSERSTOFF AUS MEERWASSER

Entsalzungsverfahren für künftige Offshore-Windparks

Im Projekt SEA2H2 hat ein Konsortium gezeigt, dass sich klimaneutraler Wasserstoff aus Meerwasser gewinnen lässt. Beteiligt daran sind der Automobil- und Industrielieferer Schaeffler, das Start-up Hydron Energy B.V., das seit Sommer 2021 zum Schaeffler-Konzern gehört, sowie das Institut Wageningen Food & Biobased Research, kurz WFBR, das wiederum zur Universität Wageningen gehört.

Die Pilotanlage auf der niederländischen Nordseeinsel Texel liegt gut 100 Kilometer nördlich von Amsterdam. Sie ist bereits in Betrieb und bereitet Meerwasser für die Membranelektrolyse auf. Denn Elektrolyseure benötigen hochreines Wasser. Das Nordseewasser muss also entsprechend entsalzt sowie aufwändig gereinigt und gefiltert werden. Mit der SEA2H2-Technologie ließe sich künftig grüner Wasserstoff mit Strom aus Offshore-Windparks erzeugen und via Pipeline ans Festland transportieren.

INNOVATION VON HYDRON ENERGY Als Teil von Schaeffler arbeitet das Hydron-Team bereits an der Skalierung seiner Technik. Die Filter-, Entsalzungs- und Membranelektrolyse-Komponenten sollen in industriellem Maßstab gefertigt werden. Gleichzeitig sollen die Kosten sinken sowie Betriebseffizienz und Langlebigkeit erhöht werden, wenn es nach den Plänen des Konzerns geht.

„Aus der grünen Energie von Offshore-Windkraftanlagen gewonnener Wasserstoff wird für das Erreichen der europäischen Klimaziele eine entscheidende Rolle spielen“, ist sich Sander ten Hoopen sicher. Er ist einer der Gründer von Hydron Energy B.V. und heute Leiter des Schaeffler-System-engineerings. Die bereits gewonnenen Erfahrungen sollen nun zum weiteren Ausbau von Schaefflers Wertschöpfungskette und zur wettbewerbsfähigen Produktion von grünem Wasserstoff beitragen, frohlockt ten Hoopen.

Die Erzeugung von grünem Wasserstoff aus Windenergie ist ein wichtiges Wachstumsfeld für Schaeffler. „In Zusammenarbeit mit unseren Partnern in der Windkraftbranche wollen wir einer der führenden Anbieter von Systemkomponenten in diesem Bereich werden“, bestätigt auch Bernd Hettterscheidt. Er leitet das Geschäftsfeld Wasserstoff bei Schaeffler. „Dazu verbinden wir die innovative Entwicklung von Hydron mit den Stärken von Schaeffler.“ Darunter versteht Hettterscheidt das Systemverständnis und das Know-how in der schnellen Skalierung von Produkten und Projekten. So sollen schnell die hohen Qualitätsstandards einer Massenfertigung in der Industrie erreicht werden.

SCHAEFFLER NUTZT MEMBRAN-DESTILLATION Herkömmliche Entsalzungs-technologie basiert auf der Umkehrosmose, einem Verfahren, bei dem Meerwasser durch

eine halbdurchlässige Membran gepresst wird. Dabei werden Ionen und andere Bestandteile zurückgehalten und das Seewasser wird gereinigt. Darauf setzt Schaeffler in dem SEA2H2-Projekt allerdings bewusst nicht. „Wir nutzen das Verfahren der Destillation, allerdings in einer sehr modernen Variante, der Membran-Destillation“, erklärt Hetterscheidt. Das Verfahren nutzt die Abwärme des Elektrolyseprozesses zur Reinigung des Meerwassers in einem fortschrittlichen Membranmodul.

„Aus technischer Sicht war die Kopplung der beiden Systeme Elektrolyse und Destillation eine ziemliche Herausforderung“, beschreibt Hetterscheidt und fügt hinzu: „Überraschenderweise erwies sich zudem die Suche nach einem geeigneten Standort für die Erprobung der Pilotanlage als recht schwierig.“ Es war demnach ein echter Knackpunkt, einen geeigneten Bauplatz zu finden. Denn dieser musste zum einen Zugang zu einer Meerwasserentnahmestelle haben, zum anderen die nötige elektrische Infrastruktur bieten.

Zudem mussten auch aus rechtlicher Sicht die Voraussetzungen für den Betrieb einer Pilotanlage erfüllt werden. „Nach langer Suche fanden wir schließlich den passenden Standort: den Hafen auf der niederländischen Insel Texel, der von NIOZ, dem Königlichen Niederländischen Institut für Meeresforschung, betrieben wird“, erklärt Hetterscheidt.

DIE PEMWE-STACKS-TECHNOLOGIE Schaeffler beschäftigt sich seit mehreren Jahren intensiv mit der Industrialisierung von Elektrolyseuren. „Wir sind davon überzeugt, dass die Technologie, die wir im Rahmen des SEA2H2-Projekts ent-

wickelt haben, schon in wenigen Jahren in großem Maßstab eingesetzt werden und zur Verwirklichung einer nachhaltigen und kohlenstofffreien Energiezukunft beitragen wird“, bestätigt der Schaeffler-Manager.

Die ersten Produktionslinien für PEMWE-Stacks (Polymer-Elektrolyt-Membran-Wasser-Elektrolyseur-Stacks) und zugehörige Komponenten werden derzeit konfiguriert und in Richtung Automatisierung verbessert. Außerdem befindet sich bereits die nächste Generation der leistungsstarken PEMWE-Stacks in der Entwicklung.

Der größte Kostenfaktor bei der H₂-Produktion aus Meerwasser seien aber die Kosten für den benötigten Ökostrom, so Hetterscheidt. Und er präsentiert auch eine ungefähre Einschätzung: „80 Prozent der Kosten für die H₂-Produktion entfallen auf die Betriebskosten, die von den Stromkosten dominiert werden. Nur wenige Prozent der Kosten entfallen auf die Entsalzung und Reinigung des Wassers.“

In einem zukünftigen Energiesystem müssen viele Kilogramm Wasserstoff produziert werden. Und pro Kilogramm Wasserstoff werden neun Kilogramm Wasser benötigt. Das Verhältnis ist also eins zu neun (s. S. 24). Grundsätzlich hängt die Wasseraufbereitung sehr stark vom Standort und der Qualität des verfügbaren Wassers ab – auch wenn ihre Kosten nur einen geringen Teil der H₂-Produktionskosten ausmachen. ||



Your partner for hydrogen and battery storage solutions

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

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

covalion
A Framatome Brand

WASSERBEDARF FÜR EINE GRÜNE H₂-WIRTSCHAFT

Vorausschauende Planung bei der Standortwahl erforderlich



Quelle: NorthShoreSurfPhotos - Fotolia

Für die Herstellung der 14 TWh grünen Wasserstoffs, mit denen die Bundesregierung bis 2030 rechnet, wird nicht mehr Wasser benötigt, als eine Stadt mit rund 200.000 Einwohnern verbraucht. Das ergeben Berechnungen des Branchenverbands Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) in der Studie „Klimaschutz und Resilienz“ vom April 2021. Demnach ist die Nutzung von Elektrolyseuren mit einem vergleichsweise geringen Einsatz von Wasser durchführbar. Auch im Vergleich zu Kohlekraftwerken schneiden Elektrolyseure demnach vorteilhaft ab. Dem gegenüber steht der Wasserbedarf der Energiewirtschaft heutzutage (primär für Kohlestrom), der nach Angaben des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2020 mehr als 50 Prozent der gesamten Wasserentnahme Deutschlands ausmacht.

Hinsichtlich der zukünftigen Energieversorgung erklärte DVGW-Sprecher Lars Wagner: „Insgesamt gehen wir in Deutschland zukünftig von einer Lücke von rund 70 TWh aus, die man mit Power-to-Gas füllen kann.“ Für die Erzeugung entsprechender H₂-Mengen würde man insgesamt eine Wassermenge von rund 19 Millionen Kubikmeter pro Jahr für Deutschland benötigen. Bezogen auf die etwa 24 Milli-

arden Kubikmeter, die alle Nutzer hierzulande im Jahr 2016 verbraucht haben, sei das ein verschwindend geringer Anteil, rechnet Wagner vor – weniger als ein Promille.

GRUNDSÄTZLICH KEIN WASSERMANGEL Auch der Branchenverband Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), der sich um die Themen Energie und Wasser in Personalunion kümmert, erkennt keinen Mangel: Deutschland sei ein wasserreiches Land, heißt es. „Es droht grundsätzlich kein Wassermangel durch die verstärkte Produktion von Wasserstoff“, betonte eine Sprecherin auf HZwei-Nachfrage. Wichtig sei allerdings eine vorausschauende Planung. So sollte nicht der Großteil der deutschen Elektrolyseure konzentriert in einer Region errichtet werden.

„Aufgrund der regionalen Unterschiede in der Verfügbarkeit von Wasser sollte bei der Planung von Elektrolyseuren, ähnlich wie beim Bau von Industriebetrieben, zudem darauf geachtet werden, dass in der Region ausreichend Wasser verfügbar ist“, sagte die Sprecherin. Ansonsten könne es lokal und temporär in Trockenperioden im Sommer zu Knappheit kommen, da dann auch Landwirtschaft und Haushalte mehr Trinkwasser nachfragen. Ein Beispiel dafür ist die E-Autoherstellung von Tesla in Brandenburg.

STROM IST DER GRÖSSTE HEBEL Eine andere Perspektive hat Umweltschützerin Arianna Ferrari. Sie ist Referentin für neue Technologien im NABU: „Die Klimabilanz von Wasserstoff aus Elektrolyseuren hängt in Deutschland maßgeblich von der Stromquelle ab. Sowohl die Wasseraufbereitung als auch der Anlagenbau machen einen sehr geringen Teil der Klimabilanz aus“, erklärte Ferrari. Auch bei anderen Umweltauswirkungen spiele der Strom in Deutschland die größte Rolle, also auch bei den Auswirkungen, die das Wasser betreffen, wie beispielsweise bei der Frischwasser-Eutrophierung, der Frischwasser-Ökotoxizität sowie der Meereseutrophierung und dem Wasserverbrauch.

Für eine Verbesserung der Nachhaltigkeit von Wasserstoff aus Elektrolyse stellt hierzulande der Strom den größten Hebel dar. „Beim Wasser kann man an der Standortwahl und der Entsalzungsanlage arbeiten, um noch nachhaltiger zu werden“, sagte Ferrari. Fakt sei jedoch, dass in Deutschland Strom aus erneuerbaren Energien eine wichtige Grundvoraussetzung für die Erzeugung von emissionsarmem Wasserstoff aus Elektrolyse sei.

UNTERSCHIEDLICHE VORAUSSETZUNGEN IM AUSLAND

Deutlich kritischer sieht es mit dem Thema Wasser im Ausland aus. Dazu sollte man sich jeweils mit einem spezifischen Land auseinandersetzen und gucken, wie dort die Ökobilanz von Wasser für Elektrolyseure sei, erklärte Ferrari. Aktuell seien für Deutschland Länder wie Namibia, Chile, Dänemark, Russland, Tunesien, Demokratische Republik Kongo und Australien wichtige Partner. Dort sei die Wasserlage sehr unterschiedlich, betonte die NABU-Referentin.

Es lohnt sich also, das Thema noch einmal genauer in den Blick zu nehmen. Eine Studie, die den Wasserbedarf für Elektrolyseure in Deutschland genau erfasse, fehle bisher, bestätigte der BDEW. ||



Abb. 1: Luftaufnahme des Raffinerie-Standorts in Hemmingstedt [Quelle: Raffinerie Heide]

Thema: Energiespeicherung | Autor: Niels Hendrik Petersen

SCHNELLER WEG VOM ERDÖL

Grünes H_2 verringert CO_2 -Fußabdruck in Raffinerien

Der Trend geht in eine klare Richtung: Auch Raffinerien müssen schnell grüner werden – neuerdings auch, um russisches Erdgas und -öl einzusparen. Immerhin sind Raffinerien hierzulande für rund ein Fünftel der CO_2 -Emissionen des Industriesektors verantwortlich. Grüner Wasserstoff kann in existierende Produktionsprozesse integriert werden. Diesen Umstieg vollziehen derzeit mehrere Raffinerien.

Schon heute kommen 30 Prozent der deutschen H_2 -Nachfrage aus der nordrhein-westfälischen Industrie. In Weseling bei Köln startete vor kurzem eine Elektrolyseanlage mit 10 MW Leistung ihren Betrieb. Neudeutsch heißt die Rheinland Raffinerie nun „Energy and Chemicals Park Rheinland“. Pro Jahr werden hier künftig bis zu 1.300 Tonnen grünen Wasserstoffs produziert. Und der Bedarf wird noch wachsen: Schätzungen der NRW-Landesregierung gehen davon aus, dass sich die Nachfrage bis 2030 verdoppeln wird.

Bereits heute plant Shell den Bau von REFHYNE II, einer 100-MW-Elektrolyse-Anlage (s. HZwei-Heft Juli 2020). Baubeginn könnte noch 2022 sein. 2025 soll die Rohölverarbeitung in der größten deutschen Raffinerie eingestellt werden. Man will weg vom Erdöl und -gas, besonders wenn es aus Russland kommt. Der aktuelle Krieg in der Ukraine beschleunigt nun die Ökoambitionen zusätzlich.

Big Oil will so schnell wie möglich grün werden – muss es werden. Shell hat verkündet, bis spätestens 2050 ein Netto-Null-Emissions-Unternehmen zu werden. Im Zuge der

Powering-Progress-Strategie hatte Royal Dutch Shell Anfang des Jahres bekanntgegeben, die Zahl der weltweiten Raffineriestandorte auf fünf zu reduzieren. Dadurch wird die weltweite Produktion fossiler Kraftstoffe bei Shell bis 2030 um 55 Prozent sinken.

„Wir wollen in Deutschland führender Anbieter von grünem Wasserstoff für Industrie- und Transportkunden werden“, sagte Huibert Vigeveno bei der Einweihung der Anlage. Er ist Vorstandsmitglied bei Royal Dutch Shell. Dabei habe Shell die gesamte Wertschöpfungskette im Blick: von der Offshore-Stromproduktion auf hoher See über den Ausbau der Kapazität, um grünen Wasserstoff für alle Sektoren zu produzieren, erklärte Vigeveno.

WASSERSTOFF, ABFÄLLE UND BIOMASSE STATT ERDÖL

Auch im Rheinland sollen künftig mehr und mehr nachhaltige Chemie- und Energieprodukte hergestellt werden. Rohstoffe für die Produktion werden dann seltener Erdöl, sondern Wasserstoff, zirkuläre Abfallstoffe und Biomasse sein. Dafür sollen alte Anlagen abgebaut, neue geschaffen und vorhandene umgerüstet oder umgewidmet werden. Neben der 100-MW-Elektrolyse REFHYNE II ist daher eine Bio-PTL-Anlage geplant, in der aus grünem Strom und Biomasse synthetische Flugkraftstoffe und Rohbenzin hergestellt werden sollen.

Synthetische Kraftstoffe (s. auch S. 34) gelten als Hoffnungsträger, wenn es darum geht, den Ausstoß von CO_2 , vor allem in der Luftfahrt, deutlich zu reduzieren. Beide >>



Abb. 2: Die PEM-Elektrolyseanlage REFHYNE I im Energy and Chemicals Park Rheinland [Quelle: Shell, REFHYNE-Projekt]

Projekte befinden sich laut Shell in einem fortgeschrittenen Planungsstadium. Die finale Investitionsentscheidung soll aber erst 2023 getroffen werden. Für eine Anlage zur Herstellung von Bio-LNG für den Schwerlastverkehr wurde bereits der Konstruktionsauftrag erteilt. Darüber hinaus soll in Wesseling ein sogenannter Energy Campus entstehen, wo Unternehmen, Start-ups und Forschungseinrichtungen die Entwicklung von Technologien für die Energiewende vorantreiben.

GRÜNES H₂ IN KAVERNEN SPEICHERN Die Raffinerie in Heide an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste hat bei Inspektions- und Instandhaltungsarbeiten Ende August 2021 gleich mitgeprüft, ob die dortige Kaverne für eine geplante Speicherung von grünem Wasserstoff im Rahmen des Reallabor-Projektes Westküste100 (s. HZwei-Heft Okt. 2020) geeignet ist. Nach der Überprüfung gab es grünes Licht von der zuständigen Behörde, dem Landesbergamt für Niedersachsen und Schleswig-Holstein. „Auf Grundlage der gesammelten Erkenntnisse lässt sich festhalten, dass die Kaverne für eine Ertüchtigung und Umwidmung zur Wasserstoffspeicherung geeignet ist“, erklärt Sandra Niebler. Sie leitet den Bereich Commercial & Economics bei der Raffinerie und ist für die Energiewende-Projekte am Raffineriestandort in Hemmingstedt verantwortlich.

Derzeit werden die Kavernen in der Nähe der Raffinerie noch für die Lagerung von Öl und Kraftstoffen als Speicherreserven des Bundes verwendet. Im Zuge der Eignungsprüfung wurden spezielle Inspektionsgeräte in die unterirdischen Hohlräume eingeführt, beschreibt Niebler. Auf diese Weise konnte ein insgesamt guter Zustand der Gegebenheiten in der Kaverne festgestellt werden. „Dies ist ein wichtiges Ergebnis für uns in der Raffinerie Heide und vor allem auch für die künftige Nutzung von grünem Wasserstoff zur Dekarbonisierung von Energiesektoren wie Flugverkehr, Industrie oder Chemie“, sagt sie. Nun sei die Raffinerie in der Lage, für die geplante Kavernenspeicherung von grünem Wasserstoff in die nächste verfahrenstechnische Planungsphase überzugehen.

Das mittelständische Unternehmen erwirtschaftet immerhin mehr als eine Milliarde Euro Umsatz pro Jahr. Auch wenn heute die meisten Produkte noch fossilen Ursprungs sind, will das Unternehmen künftig weg von fossilen Grundstoffen. Die Pläne sind sehr konkret.

DER 30-MW-ELEKTROLYSEUR SOLL 2023 STARTEN Innerhalb des Projektes Westküste100 ist geplant, grünen Wasserstoff mittels Stroms aus erneuerbaren Energiequellen in einer Elektrolyseanlage herzustellen. Dieser grüne Wasserstoff wird im Erdgasnetz zur Wärmeversorgung, in einer Wasserstofftankstelle für den Pkw-Verkehr sowie im industriellen Prozess direkt in der Raffinerie Heide zum Einsatz kommen. So wird in dem Pionierprojekt unter realen Bedingungen die Dekarbonisierung von Industrie, Mobilität und Wärmemarkt umgesetzt. Im Rahmen dieses Projektes soll ein 30-MW-Elektrolyseur zur Erzeugung grünen Wasserstoffs gebaut werden. Der Betrieb soll 2023 starten.

Den Bau und die Inbetriebnahme des Elektrolyseurs plant die Raffinerie Heide zusammen mit Ørsted Deutschland und Hynamics Deutschland in dem Joint Venture H2 Westküste GmbH. Die gesamten Investitionen liegen bei 89 Millionen Euro, das Bundesministerium für Wirtschaft und Klima fördert es mit 36,5 Millionen. Insgesamt sei das Projekt gut vorangeschritten, erklärt Managerin Sandra Niebler. „Das Projektteam hat die Entwurfsplanung der Elektrolyseanlage inklusive aller angeschlossenen Nebenanlagen und der dazugehörigen Genehmigungsaspekte bereits abgeschlossen.“

Allerdings gibt es noch keinen konkreten Termin für den Baubeginn. Denn die finale Investitionsentscheidung hänge wesentlich an den regulatorischen Rahmenbedingungen, die noch nicht wie ursprünglich erwartet umgesetzt worden seien, sagt Sandra Spiering, Sprecherin der Raffinerie Heide, auf HZwei-Anfrage. Erst wenn der delegierte Rechtsakt der Artikel 27 und 28 der RED II (Renewable Energy Directive) in nationales Recht umgesetzt werde, sei es möglich, den Bau zu planen.

Ganz konkret müssten demnach die Erneuerbare-Energien-Verordnung (EEV) und die 37. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BimSchV) geändert werden. Denn bislang wird für das Inverkehrbringen von Kraftstoffen nur auf die Emissionen geachtet, die beim Einsatz des Kraftstoffs anfallen. Der Emissionsminderungseffekt des grünen Wasserstoffs, der im Raffinerieprozess eingesetzt wird, findet keine Berücksichtigung.

e-CO₂Met – GRÜNES METHANOL AUS LEUNA

Im Hydrogen Lab Leuna wird klimaneutrales Methanol künftig aus kohlenstoffarm produziertem Wasserstoff und abgetrenntem Kohlendioxid hergestellt. Dies sei ein wichtiger Ansatz zur Reduzierung klimaschädlicher Treibhausgasemissionen, betonen die Projektbeteiligten Total Energies, der Elektrolyseurhersteller Sunfire, das Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse (CBP) sowie das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMWS).

Derzeit produziert Total in der Raffinerie Mitteldeutschland in Leuna rund 700.000 Tonnen Methanol pro Jahr auf Basis fossiler Rohstoffe. Der Konzern ist damit der größte Methanolproduzent Europas. Das Projekt e-CO₂Met will das Zusammenspiel von gleich drei innovativen Prozessen testen: der Nutzung von CO₂ aus der Raffinerie, der Verwendung von grünem Wasserstoff, der durch Hochtemperaturelektrolyse erzeugt wird, sowie der anschließenden Methanolsynthese auf der Skalierungsplattform Hy2Chem (s. HZwei-Heft Juli 2021).



Abb. 3: Zukünftige Energieversorgung mit grünem H₂

MULTIPLY-PROJEKT STARTET Nicht nur in Heide, sondern auch in der Raffinerie von Neste in Rotterdam soll grüner Wasserstoff genutzt werden (s. HZwei-Heft Juli 2020): Das griffige Kürzel MultiPLHY steht für „Multi-Megawatt-Hochtemperatur-Elektrolyseur zur Erzeugung von grünem Wasserstoff für die Herstellung von hochwertigen Biokraftstoffen“. Das Projekt wurde nun in Nestes Raffinerie für erneuerbare Produkte gestartet. Neben Neste sind die französische Forschungsorganisation CEA und der luxemburgische Anlagenbauer Paul Wurth involviert, ebenso wie der Energieversorger Engie und das Unternehmen Sunfire aus Dresden.

Geführt von CEA als Projektkoordinator erhält das Projektkonsortium als Teil des EU-geförderten Horizon-2020-FCH2-JU-Programms 6,9 Millionen Euro. Das

Konsortium hat einen Hochtemperatur-Elektrolyseur mit 2,6 MW Leistung gebaut. Dieser soll 60 kg H₂ pro Stunde herstellen können, und das bei einem elektrischen Wirkungsgrad von bis zu 85 Prozent im industriellen Raffinerieprozess.

Innerhalb von drei Jahren soll der Elektrolyseur bis Ende 2024 mindestens 16.000 Betriebsstunden geleistet und damit insgesamt etwa 960 Tonnen grünen Wasserstoffs produziert haben. 8.000 Tonnen Treibhausgase werden so laut Neste vermieden. Das Projekt unterstützt den Ansatz zur Carbon Direct Avoidance (CDA). So wird fossiler Wasserstoff aus der Methan-Dampf-Reformierung mit zertifiziertem grünem Wasserstoff ersetzt. Ziel sei auch hier eine Skalierung auf 100 MW. An Nachfrage wird es sicher nicht fehlen. ||

27

H₂O
KONFERENZ

Grüne Wasserstoff-
Wirtschaft in den Regionen

Mittwoch, 14. September 2022, 10:00–18:00 Uhr
NORDSEE-CONGRESS-CENTRUM DER MESSE HUSUM

**JETZT
TICKET
BUCHEN**

Veranstalter:



www.watt20.de

EINE VOLLSTÄNDIGE SEKTORENKOPPLUNG

Regionen-Serie: Reallabor H₂-Speicherkraftwerk Schwarze Pumpe

Um grünen Wasserstoff erzeugen zu können, sollen Elektrolyseure mit Solar- und Windkraft betrieben werden. Da diese fluktuieren, also nicht kontinuierlich zu Verfügung stehen, bedarf es einer anderen Herangehensweise und Steuerung als bei konventionellen Kraftwerken. Am Referenzkraftwerk Lausitz (RefLau) wird im Rahmen eines Fördervorhabens, zunächst in kleinem Maßstab, analysiert, wie später einmal deutschlandweit die Energieversorgung geregelt werden könnte.

Seit den 1920er Jahren existiert eine großräumige Stromversorgung. Das erste richtige Kraftwerk war das 1895 von Nikola Tesla in Nordamerika erbaute Wasserkraftwerk Niagara Hydro-Electric Power Plant, mit welchem die Stadt Buffalo am Lake Erie versorgt wurde. Dieses Vorhaben war so erfolgreich, dass schnell mehr elektrische Energie benötigt wurde. Diese zunehmende Nachfrage konnte dann nur aus fossilen Quellen wie Kohle befriedigt werden, weshalb zuerst die Wattsche Kolben-Dampfmaschine und später die moderne Turbinen-Dampfmaschine zum Einsatz kam – dann als thermische Kraftwerke. Auch die folgenden, mit dem Einsteinschen Massendefekt arbeitenden Atom-Dampfkraftwerke sind hier zu nennen. Heute werden über 80 Prozent der elektrischen Energie weltweit aus thermischen Kraftwerken erzeugt, wobei der Bedarf an Strom allein in Deutschland 600 TWh pro Jahr beträgt. Der weltweite Stromverbrauch wird heute auf etwa 20.000 TWh pro Jahr geschätzt.

28

REGLERKASKADE Das elektrische Energieversorgungssystem ist ein geregeltes System, welches zu jedem Zeitpunkt genau die elektrische Leistung erzeugt, welche auch verbraucht wird. Das hat, ausgehend von der Wattschen Dampfmaschine, zu einem kaskadierten Regelungssystem geführt, bei welchem die erzeugte Leistung über unterschiedliche Wandler und aus verschiedenen Speichern für unterschiedliche Zeitbereiche bereitgestellt werden muss:

1. Momentanreserve, sofortige Leistungsbereitstellung, Schwungmassen (Momentary Reserve, inhärenter Speicher, keine aktive Regelung nötig)
2. Primärregelung, Frequenzregelung, Dampfspeicher (Frequency Containment Reserves – FCR)
3. Sekundärregelung, Frequenz-Leistungsregelung, Kohlespeicher (Automatic Frequency Restoration Reserves – aFRR)
4. Tertiärregelung, Rückstellung der Primär- und Sekundärregelung, Kohlespeicher (Manual Frequency Restoration Reserves – mFRR)

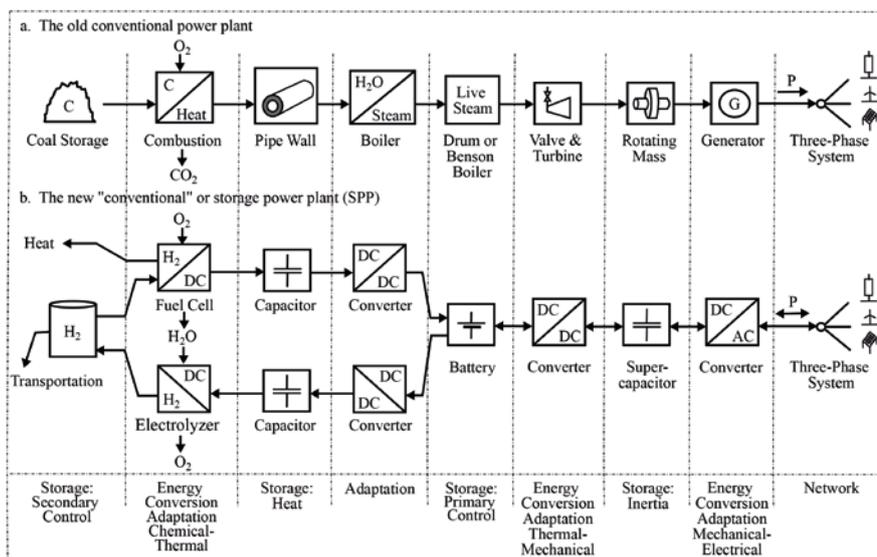


Abb. 1: Strukturschema – Vergleich eines H₂-Speicherkraftwerks mit einem konventionellen Kraftwerk

Diese Reglerkaskade wird im ENT-SO-E-Handbuch als Policy 1: Load-Frequency Control and Performance beschrieben. Aufgrund dieser historischen Vorgaben ist es gleichgültig, mit welchen Erzeugern die elektrische Energie bereitgestellt wird, wenn nur die obigen Netzregelaufgaben erfüllt werden. Geschieht das nicht, wird das System instabil, was dann im Blackout enden kann.

Regenerative Quellen wie Photovoltaik- und Windkraftanlagen haben keine Speicher. Zudem sind sie durch sogenannte netzstützende Umrichter so an das elektrische Energieversorgungssystem angeschlossen, dass sie zu jedem Zeitpunkt genau die Leistung einspeisen, welche ihnen aus Sonne und Wind zur Verfügung gestellt wird. Die Notwendigkeit der Netzregelung kann hier nicht berücksichtigt werden. Die muss den oben genannten konventionellen Kraftwerken überlassen werden.

SPICHERKRAFTWERK IM INDUSTRIEPARK SCHWARZE PUMPE

Auch Elektrolyseure werden nicht primär netzdienlich geplant, sondern die Wasserstoffherzeugung – und damit die Stromaufnahme – richtet sich nach dem jeweiligen Wasserstoffbedarf und dem Strompreis. Diese dadurch entstehende Lücke soll nun das Reallabor Referenzkraftwerk Lausitz – RefLau prototypisch im Industriepark Schwarze Pumpe, ISP des gleichnamigen Zweckverbands in der brandenburgischen Lausitz mit einer Nennleistung von -0,5 bis +0,5 MW schließen.

Die Idee dahinter ist einfach und zielführend: Alle Wandler und Speicher, welche bis dato ein konventionelles Kraftwerk ausmachten, werden durch Leistungselektronik sowie elektrische und elektro-chemische Speicher ersetzt, wobei als letzter wirklich großer Speicher ein Wasserstoffbehälter zum Einsatz kommt. Dieser soll auch gleichzeitig als Bindeglied für die Sektorenkopplung dienen, mit welcher dann auch die Bereiche Wärme und Verkehr mit abgedeckt werden können, vorausgesetzt, dass ausreichend regenerative Energie vorhanden ist.

Im Gegensatz zum konventionellen Kraftwerk kann das H₂-Speicherkraft-

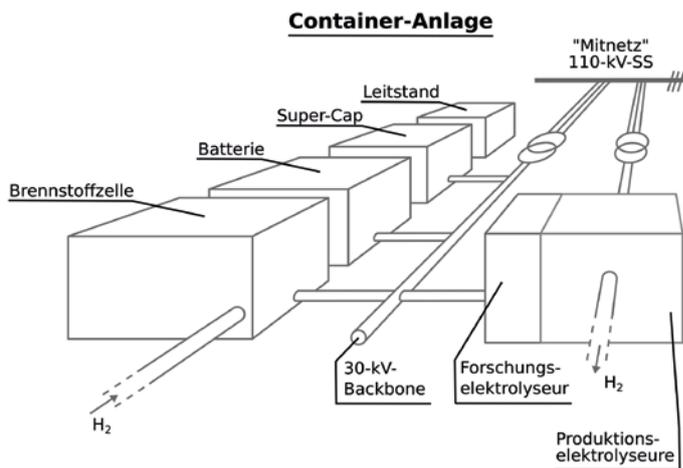


Abb. 2: Anlagenaufbau und -anschluss

werk über den Elektrolysepfad seine Leistung auch umkehren und damit einen Leistungsbereich von -100 bis +100 Prozent abdecken. Die Bauart der Energiewandler Brennstoffzelle und Elektrolyseur ist dabei nicht vorgegeben und wird sich am Wirkungsgrad orientieren. Für das Referenzkraftwerk Lausitz jedenfalls ist hier noch keine endgültige Festlegung getroffen worden. Jedenfalls können es aufgrund des stationären Betriebs, zum Beispiel bei der Brennstoffzelle, auch Hochtemperaturaggregate sein.

Die Errichtung des Prototyps ist in Container-Bauweise geplant, wobei der Elektrolyseur Teil einer größeren 10-MW-Anlage ist (s. Abb. 2). Dieser kann bei Bedarf freigeschaltet und dem Kraftwerk zugeordnet werden. Wird die Anlage im reinen Elektrolyseurbetrieb gefahren, erfüllt sie bei Leistungsaufnahme vollumfänglich alle Aufgaben der Netzregelung, weshalb diese Betriebsart auch als „intelligenter Elektrolyseur“ bezeichnet werden kann.

Die einzelnen Container sollen über ein 30-kV-Backbone-Kabel miteinander verbunden werden. An das Netz angeschlossen wird die Anlage über einen 30/110-kV-Transformator an eine 110-kV-Sammelschiene der Mitnetz AG.

Die Sektoren Wärme und Verkehr werden zukünftig ebenfalls aus regenerativen Quellen versorgt. Hierfür ist bei der Skalierung auf ausreichend große Speicher zu achten, da unter den Randbedingungen der Jahresnutzungsdauern von PV- und Windkraft auch zu erwartende Dunkelflauten durchfahren werden müssen. So müssen auch zwei Wochen bei -20 °C sicher abgedeckt werden können, damit selbst in dieser Situation ein stabiler Betrieb des elektrischen Energieversorgungssystems möglich ist.

Bei Leistungsüberschuss aus Sonne und Wind dagegen wird volle Netzregelung betrieben, weshalb ein ineffizienter Parallelbetrieb von H₂-Gasturbinen nicht notwendig ist. Ansonsten muss das Wasserstoffspeicherkraftwerk so im Elektrolyseurbetrieb gehalten werden, dass der H₂-Bedarf für die Sektorenkopplung jederzeit gedeckt werden kann. Das setzt eine hohe Flexibilität der elektrischen Verbraucher voraus, welche dann so weit wie möglich der fluktuierenden Einspeisung der regenerativen Quellen folgen müssen. Hier sind gute Prognosen sowie eine engmaschige und sichere IT-Technik notwendig.

REALLABORE DER ENERGIEWENDE Das Referenzkraftwerk Lausitz zählt zu den Gewinnern des Ideenwettbewerbs „Reallabore der Energiewende“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Bislang befindet sich dieses Vorhaben noch in der Abstimmungs- und Genehmigungsphase, die bis Mitte 2022 abgeschlossen sein soll. Bis zum Betriebsstart werden voraussichtlich aber noch fünf Jahre vergehen.

Das H₂-Speicherkraftwerk wird von der Universität Rostock gemeinsam mit dem Steinbeis Transferzentrum für angewandte Forschung in der elektrischen Energietechnik, Rostock, geplant. Beteiligt an diesem Projekt sind die Firmen Energiequelle und Enertrag sowie der Zweckverband Industriepark Schwarze Pumpe, Spremberg. Nach Abschluss der Errichtungsphase und des Prototypentests soll die Anlage für universitäre Forschung sowie für Schulungszwecke innerhalb des Zweckverbands Industriepark Schwarze Pumpe verwendet werden.

Ziel dieses Vorhabens ist es, prototypisch nachzuweisen, dass mit einem H₂-Speicherkraftwerk nicht nur – wie bei einem reinen Elektrolyseur – Wasserstoff

erzeugt, sondern auch mit Brennstoffzellen über die Sektorenkopplung wieder Rückverstromung betrieben werden kann. Dabei kann das Kraftwerk immer alle für die elektrische Energieversorgung benötigten Systemdienstleistungen erbringen – einen entsprechend großen Wasserstoffspeicher vorausgesetzt. Dieses Systemverhalten ist notwendig, da in einer zukünftig voll regenerativen Energieversorgung nur mit Photovoltaik- und Windkraftanlagen eine Netzregelung über konventionelle Kraftwerke nicht mehr gegeben ist. Dafür soll zunächst ein 0,5-MW-Prototyp aufgebaut werden, welcher später in großindustriellem Maßstab für den Strommarkt produziert werden kann. Dabei sollen dann alle Leistungsgrößen von 0,5 bis 500 MW abgedeckt werden.

Die Anlage wird aus einem Superkondensator, einer Batterie, einem Elektrolyseur sowie einer Brennstoffzelle bestehen, welche über leistungselektronische Koppellemente miteinander verbunden sind. Bislang stehen für den Elektrolyseur und die Brennstoffzelle nur die Leistungsgrößen fest. Der Anlagentyp selbst wird aus den Ergebnissen der europaweiten Ausschreibung festgelegt.

Die Leistungsgröße der Gesamtanlage ist auf 0,5 MW festgelegt. Der Superkondensator soll eine Anlaufzeitkonstante von zehn Sekunden für die Momentanreserve bereitstellen. Die Batterie soll zehn Prozent der Kraftwerksnennleistung als Primärregelleistung zur Verfügung stellen. Der Elektrolyseur soll den Wasserstoffspeicher befüllen, in welchem ein H₂-Vorrat für zwei Tage Rückverstromung gespeichert sein soll. Damit können in der Anlage zwölf MWh chemische Energie gespeichert werden.

Eigentümer der Anlage ist die Universität Rostock. Direkt neben dem Wasserstoffspeicherkraftwerk, auf welches Prof. Weber zusammen mit der Universität Rostock ein Patent hält, soll noch ein konventioneller 10-MW-Elektrolyseur errichtet werden, welcher von dem o. g. Konsortium betrieben werden soll. ||

Autor:



Prof. Harald Weber,
Universität Rostock
→ harald.weber@uni-
rostock.de

MIT AMMONIAK ÜBERS MEER

NH₃ kann eine Schlüsselrolle bei der Energiewende zukommen

Die Herstellung von Ammoniak für die Düngemittelindustrie ist laut der International Energy Agency (IEA) das zweitwichtigste Einsatzgebiet für Wasserstoff. Projekte für die Erzeugung von grünem Ammoniak haben wir daher bereits im HZwei-Heft Juli 2021 vorgestellt. Aber wie sieht es auf der Anwenderseite aus? Als Energieträger spielte Ammoniak bisher kaum eine Rolle, dabei könnte es ein wichtiger solcher werden, vor allem für die Schifffahrt. Gegenüber anderen Medien verfügt die NH₃-Verbindung über etliche Vorteile. Gleichzeitig gibt es aber noch viele technische und logistische Herausforderungen, mit denen sich unter anderem die Forschungsprojekte ShipFC und Campfire befassen.



Abb. 1: Viking Energy [Quelle: Eidesvik]

Ammoniak wird unter Umgebungsdruck „schon“ bei -33 °C oder unter knapp 9 bar bei 20 °C flüssig. Damit ist die Verbindung deutlich leichter zu lagern und zu transportieren als Wasserstoff. Auch die Energiedichte von flüssigem Ammoniak liegt mit 11,4 GJ/m³ deutlich über der von flüssigem Wasserstoff (8,52 GJ/m³).

Die Schiffsklassifizierungsgesellschaft DNV GL geht daher davon aus, dass NH₃ als Schiffstreibstoff eher eine Rolle spielen kann als LH₂ (liquefied hydrogen). In verschiedenen Forschungsprojekten suchen Wissenschaftler deswegen nach Wegen, Ammoniak in Motoren und Brennstoffzellen einzusetzen.

ERSTE AMMONIAK-BRENNSTOFFZELLE AUF EINEM SEESCHIFF Der erste BZ-Antrieb für Schiffe auf Basis von Ammoniak soll aus dem ShipFC-Projekt hervorgehen. Beteiligt daran sind insgesamt 14 europäische Verbundpartner, die meisten davon kommen aus Norwegen, ebenso wie der Koordinator NCE Maritime CleanTech. Aber auch das Fraunhofer-Institut für Mikroelektronik und Mikrosysteme (IMM) ist mit „im Boot“.

Ziel ist, eine SOFC-Brennstoffzelle mit einer Leistung von 2 MW auf der Viking Energy, einem Versorgungsschiff der Reederei Eidesvik, zu erproben. Eidesvik will ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um die Hälfte reduzieren beziehungsweise bis 2050 klimaneutral sein. Sie betreibt die Viking Energy für den Energiekonzern Equinor.

Um Ammoniak verwenden zu können, muss es zunächst thermo-katalytisch in Stickstoff und Wasserstoff gespalten werden. „Der oft verwendete Begriff Cracken ist dabei nicht korrekt“, erklärt Gunther Kolb, Bereichsleiter Energie und stellvertretender Institutsleiter am Fraunhofer IMM. Da bei diesem Vorgang immer eine Spur des korrosiven Ausgangsstoffes erhalten bleibt, setzt ShipFC auf eine robuste Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC). Diese kann im Gegensatz zur sensibleren PEM-Brennstoffzelle das Ammoniak direkt in Strom für den Elektromotor des Schiffes umwandeln. Dass die Brennstoffzelle ihre Leistung langsamer verändert als der Motor, ist dabei kein Problem. „Wie bei jedem Brennstoffzellenantrieb sorgt ein Batteriepuffer dafür, dass der Motor jederzeit die benötigte Leistung erhält“, sagt Kolb.

Auch im Abgas sind noch Spuren des reizend wirkenden Ammoniaks enthalten. Deshalb entwickelt das Fraunhofer IMM einen nachgeschalteten Katalysator. Ende 2023 sollen dann alle Systeme auf der Viking Energy installiert sein. Testfahrten sind laut der Projektwebseite im Laufe des Jahres 2024 vorgesehen.

AMMONIAKMOTOREN ALS ALTERNATIVE ZUM DIESEL

Schneller als die SOFC-Brennstoffzelle könnten womöglich Ammoniakmotoren auf Schiffen zum Einsatz kommen. „Der Motor hat bei den Reedereien einen Vertrauensvorsprung gegenüber der Brennstoffzelle“, sagt Angela Kruth, Sprecherin und Koordinatorin des Bündnisses Campfire und Abteilungsleiterin am Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP). Auch große Mengen von Wasserstoff auf dem Schiff seien vielen Reedern nicht geheuer, ergänzt Jens Wartmann, Abteilungsleiter beim Zentrum für Brennstoffzellen-Technik (ZBT). Ammoniak sei trotz seiner Toxizität leichter und kostengünstiger zu handhaben.

Herausfordernd für die Nutzung als Treibstoff ist die schwierige Entflammbarkeit sowie die langsame Brenngeschwindigkeit. In einem Motor würde das zu einem schlechten Wirkungsgrad und hohen Emissionen führen. Erst im Gemisch mit anderen Gasen – zum Beispiel mit Wasserstoff – lässt sich Ammoniak effizient als Treibstoff nutzen. Wie das gehen kann, untersucht das Projekt Campfire, das vom Bundesforschungsministerium unter anderem über das Strukturwandelprogramm „Wir!“ gefördert wird (s. HZwei-Heft Juli 2019).

Knapp 70 Partner sind mittlerweile an Campfire beteiligt. Die vornehmlich aus dem Nordosten Deutschlands stammenden Partner wollen unter anderem mit Ammoniak und Wasserstoff betriebene Motoren für eine Sportjacht und eine Binnenfähre entwickeln. Eine Brennstoffzelle soll zunächst auf einer Jacht zur Bordstromversorgung dienen und kommt in einer Konzeptstudie für den möglichen Antrieb eines Kreuzfahrtschiffes erst um 2030 ins Spiel.

Die Forschungsteams setzen dabei auf kommerzielle Gasmotoren, unter anderem Liebherr und Jenbacher gehören zu den Projektpartnern. Für den Betrieb mit Ammoniak passen die Forschenden die Einspritz- und Verbrennungstechnik an. Als erstes Demoprojekt soll Ende 2023 eine Sportjacht mit einem 15 kW starken Wasserstoffmotor, der eine Mischung aus Wasserstoff und Ammoniak verbrennt, in See stechen.

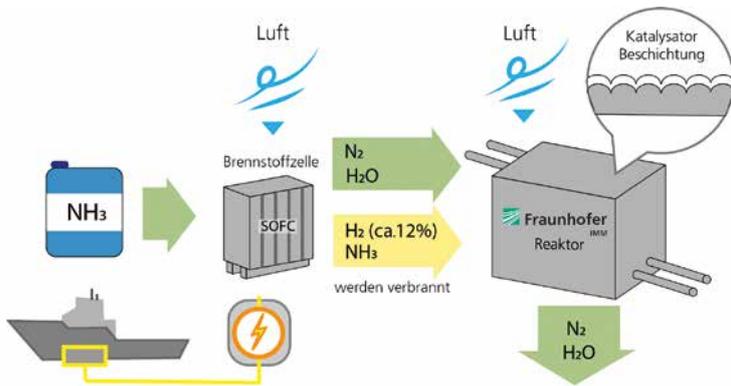


Abb. 2: ShipFC-Schema [Quelle: ShipFC]

AMMONIAK DYNAMISCH SPALTEN Um den Wasserstoff herzustellen, zerlegt ein spezieller Reaktor das Ammoniak in Wasserstoff und Stickstoff. Im Campfire-Projekt hat man den englischen Begriff Cracken dafür übernommen. Ziel ist es dabei, den Wasserstoff möglichst on-demand und ohne Zwischenspeicherung bereitzustellen. „Wir wollen nicht zwei Tanks für verschiedene Kraftstoffe auf demselben Schiff. Das braucht zu viel Platz, verursacht hohe Kosten und macht außerdem die Sicherheitsanforderungen sehr komplex“, sagt Kruth. Dieser Grundsatz gilt für alle im Projekt untersuchten Schiffsantriebe.

Den Cracker zu skalieren, seine Kaltstartzeit zu reduzieren und einen möglichst dynamischen Betrieb zu ermöglichen sind derzeit die Schwerpunkte in der Forschung. Auf der Lastseite soll zusätzlich eine Batterie als Puffer dienen, so dass der Schiffsmotor immer flexibel reagieren kann, auch wenn der Cracker an die Grenzen seiner Dynamik stößt.

Entwickelt werden die Cracker-Technologien für Campfire am ZBT in Duisburg. Mit der Dynamik der Labor-Cracker sind die beiden Entwickler Florian Nigbur und Michael Steffen bereits recht zufrieden. „Die Leistung lässt sich auf bis zu 30 Prozent reduzieren“, sagt Steffen. Mit der Skalierung werde es allerdings schwierig, diese Flexibilität beizubehalten.

Ein weiterer Knackpunkt ist die Effizienz. Das Spalten des Ammoniaks braucht etwa 10 bis 20 Prozent der darin enthaltenen Energie. „Im kontinuierlichen Betrieb sind wir schon bei etwa 90 Prozent Wirkungsgrad, im dynamischen Betrieb werden es wohl erst einmal eher 80 Prozent sein“, sagt Nigbur. Bei einem Wasserstoffmotor, für den ein großer Teil des Ammoniaks gespalten wird, führt das Cracken also zu merklichen Verlusten. Nutzt man stattdessen einen Ammoniakmotor mit Wasserstoffbeimischung, fallen diese Verluste deutlich weniger ins Gewicht. „Dann muss nur ein kleiner Teilstrom des Ammoniaks von etwa zehn Prozent überhaupt gespalten werden“, sagt Steffen.

SOFC-BRENNSTOFFZELLE FÜR BORDSTROM Die 750 kW starke SOFC-Brennstoffzelle soll auf der Jacht lediglich der Bordstromversorgung dienen. „Das ist potenziell auch ein wirksamer Einsatz der Technologie auf Kreuzfahrtschiffen, da auf diesen 50 Prozent des Kraftstoffs für die Hotelstromversorgung an Bord benötigt werden – und das kontinuierlich, auch während der Liegezeit“, sagt Kruth. Dabei punktet die Brennstoffzelle im Vergleich zum Motor mit hoher Effizienz und einem leisen Betrieb.

Wenn die Ammoniak-Jacht 2023 auf Testfahrt geht, wird sie kein Luxusboot sein, sondern eher ein schwimmendes Labor. Erst nach Auswertung der Praxistests wollen die Campfire-Partner die Antriebstechnik so kompakt machen, dass sie in ein neues Jachtmodell integriert werden kann.

Direkt in den Praxiseinsatz gehen soll 2025 der 70 kW starke Ammoniakmotor auf der Binnenfähre F-Warnow aus der Weißen Flotte in Rostock. „Auf der Fähre ist etwas mehr Platz als auf der Jacht“, sagt Kruth. Zunächst soll nur eine der drei Antriebsmaschinen durch einen Ammoniakmotor ersetzt werden. So bleiben die anderen beiden Maschinen als Redundanz. Auch das Mischungsverhältnis ist bei der Fähre anders: Hier soll vor allem Ammoniak mit kleinen Mengen Wasserstoff zum Einsatz kommen. Das spart nicht nur Energie für das Spalten, sondern auch Platz. Der Cracker kann somit kleiner ausfallen. >>

SPETRANS WILL GROSSES BEWIRKEN

Die Spetrans Schiffs- und Speditions-GmbH ist einer der Campfire-Partner und verfügt über jahrzehntelange Erfahrungen im Umgang mit Ammoniak. Das Familienunternehmen rüstete 1989/1990 aufwändig die TMS Odin zu einem Gastankerschiff um. Kerstin Malchow, die in dritter Generation das Uetersener Unternehmen leitet, erklärte gegenüber HZwei: „Die TMS Odin ist speziell für den Transport von unter Druck verflüssigtem Ammoniak (im Durchschnitt 8 bis 12 bar) zur Rauchgasbehandlung des Steinkohlekraftwerks Bergkamen Heil umgebaut worden.“ Ende 2022 geht nun aber das Kraftwerk vom Netz, weshalb neue Nutzungsmöglichkeiten für das Schiff gesucht werden. Malchow erklärte, sie würde „gerne als Leuchtturmprojekt ein Zeichen setzen“ und „grünes Ammoniak als emissionsfreien Energieträger für die maritime Mobilität und die stationäre Energieversorgung [...] unterstützen“.

Weiter erklärte die Firmenchefin: „Wir möchten nicht irgendwann in der Zukunft starten, sondern heute. Wir können schon morgen ein Teil eines Pilotprojektes in den Bereichen Transport, Bunkern und Lagerung von NH₃ werden. Was wir benötigen, ist die Unterstützung von Firmen, Instituten und der Politik, die nicht nur eine Energiewende wollen, sondern sich auch der Tatsache bewusst sind, dass dies sowohl finanzielle Investitionen als auch Überzeugungsarbeit impliziert. Auch wenn wir als Spetrans mit unserer Odin ein sehr kleiner Betrieb sind, hoffen wir etwas Großes bewirken zu können. Unserer Überzeugung nach wäre der Start eines kleinen Projektes die beste Darstellungsmöglichkeit, dass der Umgang mit (grünem) Ammoniak sicher ist, dieses gegenüber Wasserstoff einfacher zu transportieren ist, ein Vielfaches weniger an Lagervolumen braucht und damit einen großen Kostenvorteil hat. Damit würde auch die Akzeptanz gegenüber NH₃ in der Wirtschaft und der Bevölkerung steigen.“ [sg]



Abb. 3: Ammoniak-Tanker TMS Odin [Quelle: Spetrans]



Abb. 4: Warnow-Fähre [Quelle: Campfire]

CO₂-FREI, ABER NICHT OHNE EMISSIONEN Ammoniakmotoren emittieren kein CO₂, da NH₃ keinen Kohlenstoff enthält. Allerdings finden sich auch bei einer optimierten Verbrennung noch gewisse Mengen unverbranntes Ammoniak, Stickoxide und Lachgas im Abgas. Das freigesetzte Ammoniak reizt auch in kleinen Konzentrationen Augen und Schleimhäute, während das entstehende Lachgas CO₂ in der Klimawirkung etwa um den Faktor 300 übertrifft. Damit ein Ammoniakmotor wirklich klima- und umweltfreundlich ist, kommt es also nicht nur auf die Optimierung des Motors an, sondern auch auf nachgeschaltete Katalysatoren zur Abgasreinigung.

„Die Prozesse dafür sind gut bekannt, sie müssen jedoch für die Ammoniakmotoren angepasst werden“, sagt Steffen. Ein SCR-Katalysator baut die Stickoxide ab, ein Oxidationskatalysator macht aus den Resten von Ammoniak und Lachgas Stickstoff und Wasser. Steffen räumt allerdings ein: „Einen Antrieb mit Motoren und Null-Emissionen wird es mit Ammoniak genauso wenig geben wie mit anderen Treibstoffen.“ Mit der SOFC wäre laut Steffen hingegen eine wirkliche Null-Emissions-Schifffahrt möglich.

GIFTIGES GAS SICHER HANDHABEN Neben Umwelt- und Klimafragen ist Sicherheit ein zentraler Aspekt im Campfire-Projekt, obwohl größere Unfälle mit Ammoniak selten sind. Der bisher schwerste Ammoniakunfall in Deutschland geschah 1985 in Erfurt. Dort verunglückte ein Lkw mit fünf Tonnen Ammoniak – drei Menschen starben. Für Aufregung sorgte auch ein technischer Defekt in einem Kulmbacher Freibad im Jahr 2019, bei dem Ammoniak austrat. Über 50 Badegäste mussten im Krankenhaus behandelt werden. Gunther Kolb vom Fraunhofer IMM setzt die Vorfälle ins Verhältnis zu den umgeschlagenen Mengen an Ammoniak. „Allein in Westeuropa werden jährlich 1,5 Millionen Tonnen Ammoniak auf dem Schienenweg transportiert“, sagt er. Am häufigsten seien die Unfälle dort, wo Menschen wenig Erfahrung mit gefährlichen Substanzen hätten, also zum Beispiel beim Einsatz von Ammoniak als Kältemittel.

Auch auf einer Sportjacht darf man nicht damit rechnen, dass Crew und Passagiere eine Gefahrstoffschulung besucht haben. Das Ammoniak soll deswegen auf der Campfire-Jacht in Form von leicht austauschbaren Gasflaschen an Bord gebracht werden. „Das System ist ohne besondere Sicherheits-schulung handhabbar und wurde bereits in den 1940er-Jahren in Belgien in Bussen eingesetzt“, berichtet Kruth.

Ein ausgefeilteres Sicherheitskonzept wird es geben müssen, wenn um das Jahr 2030 wirklich ein Kreuzfahrtschiff mit 2.000 Tonnen Ammoniak an Bord in See sticht. Diese Möglichkeit ist Gegenstand einer Konzeptstudie im Rahmen von Campfire. „Das Personal wird dafür eine Sicherheits-

schulung brauchen“, sagt Kruth. Zudem müsse der Tank dort installiert werden, wo Gäste keinen Zugang hätten. Den stechenden Geruch sieht sie dabei eher als Vorteil – so sei man im Falle einer Leckage gewarnt. Austritte von Ammoniak könne man gut in den Griff bekommen, indem man die Leckage abdichte und das Gas durch das Versprühen von Wasser binde.

Auch Kolb aus dem Projekt ShipFC hält mögliche Ammoniak-Leckagen für weniger umweltschädlich als zum Beispiel austretendes Öl. Er betont, dass auch andere Kraftstoffe nicht ungefährlich sind – meist auf andere Weise als Ammoniak. Im Gegensatz zu Methanol sei Ammoniak zum Beispiel nicht mutagen. Und da Ammoniak leichter ist als Luft, würden giftige Dämpfe sehr schnell verfliegen, anstatt wie bei Benzin giftige Wolken zu bilden. „Benzin als Kraftstoff würde man heute gar nicht mehr zulassen“, ist er überzeugt.

Perspektivisch könnten auch neue Speichertechniken helfen, die Sorge vor dem ätzenden Gas zu nehmen. Campfire arbeitet zum Beispiel an einem Salzspeicher, in dem Ammoniak in fester Form gebunden werden soll. Aus diesem löst es sich erst unter Wärmezufuhr.

AMMONIAK KÖNNTE SCHLÜSSELROLLE ZUKOMMEN In der Gesamtbetrachtung scheint Ammoniak ein mit überschaubarem Aufwand zu handhabender und CO₂-neutraler Kraftstoff für den Schifffahrtssektor zu sein, wenn auch

MOTOR ODER BRENNSTOFFZELLE? HIPOWAR KOMBI-NIERT DIE VORTEILE AUS BEIDEN TECHNOLOGIEN

Aus dem Projekt Campfire ist das EU-Projekt HiPowAR (Highly Efficient Power Production by Green Ammonia Total Oxidation in a Membrane Reactor) hervorgegangen. Darin soll ein sogenannter Membranreaktor entwickelt werden. Das Ziel: geringere Kosten und ein höherer Wirkungsgrad. Dafür verbindet der Reaktor Elemente aus Brennstoffzelle und Verbrennungsmotor. Ein Druckbehälter ist mit Ammoniak gefüllt und von einer keramischen Membran umgeben, ähnlich wie bei einer SOFC. Durch diese Membran dringt Sauerstoff aus der Luft ein.

Im Gegensatz zur SOFC lässt die Membran auch Elektronen nach außen passieren, so dass die Ladung ausgeglichen bleibt. Aus flüssigem Ammoniak und Sauerstoff werden Wasserdampf und Stickstoffgas. Der Druck im Inneren des Reaktors steigt stark an. Mechanische Arbeit wird dann wie bei einem Verbrennungsmotor bei der Ausdehnung des Gases gewonnen. Während beim Verbrennungsmotor ein Teil der Arbeit immer wieder für die Vorverdichtung aufgewendet werden muss, kann hier die gesamte Energie genutzt werden. Das ermöglicht sehr hohe Wirkungsgrade. Bei Drücken von mehreren Hundert bar und Temperaturen um 1.300 Grad sind theoretisch 70 Prozent möglich. Für die erste Demoanlage werden aber erst einmal etwa 30 Prozent angepeilt. Bisher ist die Technologie noch ganz am Anfang, doch die Pläne sind ehrgeizig. Mit an Bord sind neben mehreren Forschungseinrichtungen auch der Turbinenhersteller PBS und der Dampfmaschinenhersteller Ranotor. „Wenn alles klappt, werden wir am Ende des Projektes ein System mit zwanzig bis dreißig Kilowatt präsentieren können. In einem Folgeprojekt könnten wir dann die Kommerzialisierung angehen“, sagt Dr. Ralf Kriegel vom Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS).

mit besonderen Herausforderungen. „Ammoniak hat eine Chance auf eine Schlüsselrolle in der Energiewende“, ist sich Michael Steffen daher sicher. Dafür sind allerdings noch einige Hürden zu nehmen. Das Kreuzfahrtunternehmen Carnival Maritime hat zum Beispiel in Bezug auf Kosten und Platzbedarf den LNG-Antrieb zur Messlatte erklärt, wie die Campfire-Webseite verrät. Der direkte Vergleich soll entscheiden, ob in etwa acht Jahren wirklich ein Kreuzfahrtschiff mit Ammoniaktrieb vom Stapel läuft.

Die SOFC schien lange als vollwertiger Schiffsantrieb schwer vorstellbar. Dynamik und Leistungsdichte sind gering. Zudem galt sie als schwer skalierbar, schon wegen des Temperaturmanagements - und nicht zuletzt als teuer. Jens Wartmann vom ZBT sieht nun Fortschritte in neuen Materialien aus der Hochtemperaturelektrolyse, die sich auf die SOFC übertragen ließen und für Preissenkungen sorgen könnten. „Neue Fertigungsverfahren für die SOFC werden zudem die Aussicht auf höhere Lastdynamik und Effizienz eröffnen“, sagt er.

Wie Ammoniak im Vergleich zu anderen Kraftstoffen abschneidet, hängt allerdings auch von den Klimazielen für die Seeschifffahrt ab. Global gibt die bei den Vereinten Nationen angesiedelte International Maritime Organisation IMO den Fahrplan vor. Demnach sollen die Emissionen in Bezug auf die Transportleistung bis 2050 um 70 Prozent im Vergleich zu 2008 sinken. Bis 2030 sollen es 40 Prozent sein. Dieses Ziel sei für Containerschiffe allerdings schon heute durch Effizienzsteigerungen übererfüllt, berichtet die Deutsche Verkehrszeitung und beruft sich dabei auf eine Untersuchung der Peter Döhle Schifffahrts-KG.

Der politische Druck für weitere Maßnahmen wächst jedoch, und auf Dauer werden sich Reedereien mit neuartigen Antrieben befassen müssen. Wenn verschärfte Klimaziele die fossilen Treibstoffe erst einmal aus dem Rennen werfen, sieht auch Kolb von ShipFC gute Chancen für den Ammoniak-Antrieb. „Langfristige Prognosen sagen Ammoniak geringere Kosten voraus als für flüssigen Wasserstoff oder synthetischen Diesel und Methanol“.

Damit der Umstieg gelingen kann, will Campfire auch logistische Fragen beantworten. Wie können Schiffe Ammoniak bunkern? Wie können Infrastruktur, Logistik und Wertschöpfungskette aussehen? Wie können sie schrittweise aufgebaut werden? Und nicht zuletzt: Wie kann grünes Ammoniak möglichst regional und kostengünstig erzeugt werden?

Die Ammoniak-Studie der DNV GL sieht genau in der Verfügbarkeit des grünen Ammoniaks beziehungsweise des dafür notwendigen grünen Wasserstoffs einen kritischen Faktor. Eine Orientierung in Zahlen: 2018 flossen laut IEA rund 32 Mio. Tonnen Wasserstoff in die Produktion von 170 Mio. Tonnen Ammoniak. Würde man – als rechnerisches Extremszenario – alle heutigen Seeschiffe auf Ammoniakmotoren umstellen, bräuchte man gut 120 Mio. Tonnen grünen Wasserstoff, und zwar zusätzlich zum bisherigen H₂-Bedarf und zu den neuen industriellen Anwendungen, zum Beispiel in der Stahlgewinnung. Ein massiver Ausbau der Ökostromerzeugung wird dafür nötig sein. Und womöglich wäre mehr Regionalität nicht nur beim Kraftstoff, sondern auch bei den transportierten Gütern ein Beitrag zur Lösung. ||

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



AUTO- UND ÖLKONZERNE WERBEN FÜR E-FUELS

Wirkungsgradverluste werden in Kauf genommen



Abb. 1: Diese Chemieanlage zur E-Fuel-Herstellung befindet sich bereits auf dem Weg nach Chile [Quelle: MAN Energy Solutions]

34

Die Befürchtungen der Industrie, dass sogenannte E-Fuels ein ähnlicher Reifall wie Biokraftstoffe werden könnten, sind groß. Es zeigen sich zu viele Parallelen, weshalb einige Akteure stark verunsichert sind. Zudem gibt es zahlreiche Kritiker, die vor einer Verlängerung der Laufzeit von Verbrennungsmotoren warnen. Andererseits bieten synthetische Kraftstoffe ein großes Potential – insbesondere für die bis dato marktbeherrschenden Konzerne, weiter ihren Einfluss aufrechterhalten zu können. Zudem winken viele Milliarden Euro Umsatz. Deswegen dieser Versuch, etwas Licht in die E-Fuel-Debatte zu bringen.

Befürworter synthetischer Flüssigkraftstoffe, die häufig als E-Fuels bezeichnet werden, werben damit, dass Autofahrer, die in Städten weder über eine Garage noch über einen Carport verfügen (sogenannte Laternenparker), auf geeignete nicht-elektrische Lösungen angewiesen seien. Synthetische Kraftstoffe würden den Weiterbetrieb von Fahrzeugen oder Aggregaten erlauben, für die es keine elektrische Alternative gebe, so ihr Credo.

So setzt Volkswagen – trotz seiner Elektromobilitätskampagne – auch auf strombasierte Synthesekraftstoffe, denn die Wolfsburger gehen davon aus, dass der Verbrennungsmotor noch viele Jahre seine Berechtigung behalten wird. Insbesondere der zum VW-Konzern gehörende Sportwagenhersteller Porsche möchte mithilfe synthetischer Flüssigkraftstoffe die bestehende Flotte sauberer machen, um die gesetzlichen CO₂-Grenzwerte einhalten zu können. Entwicklungsvorstand Michael Steiner erklärte bereits vor Monaten der dpa: „Die Elektromobilität ist eine absolut begeisternde und überzeugende Technologie. Aber für sich allein genommen bringt sie uns in Richtung Nachhaltigkeit weniger schnell voran, als wir vorankommen wollen. Deshalb engagieren wir uns zusätzlich beim Thema E-Fuels.“

E-FUEL AUS CHILE FÜR PORSCHE Ein wesentlicher Aspekt dabei ist, dass die Zuffenhausener – anders als andere Hersteller – nicht gedenken, in absehbarer Zeit auf den

Verbrenner zu verzichten. Deswegen engagiert sich Porsche gemeinsam mit Siemens Energy und dem chilenischen Unternehmen HIF mit Unterstützung des Bundeswirtschaftsministeriums an der E-Fuels-Anlage Haru Oni in Chile. Ende Februar 2022 startete die Verschiffung einer Methanolsyntheseeinheit von MAN Energy Solutions, einer Volkswagen-Tochter, für diese Pilotanlage. Mithilfe der dort reichlich vorhandenen Windkraft soll ab diesem Herbst grünes Methanol erzeugt werden. Anschließend soll daraus synthetisches Benzin entstehen, das Porsche im Motorsport sowie für Forschungszwecke einsetzen möchte.

Damit aber die Hochleistungsmotoren den Zukunftssprit auch vertragen, ist es für Porsche unabdingbar, bereits bei der Spezifikation des neuen synthetischen Kraftstoffs mitzureden. Steiner erklärte dazu: „Als E10 auf den Markt kam, hat die Beimischung auch Nachteile mit sich gebracht. Das muss diesmal anders sein.“

Somit ist die Kreation eines geeigneten Benzin- und Dieslersatzes für Porsche ein Muss, wenn es sich das Unternehmen nicht mit seinen Kunden verschmerzen will. Die Sportwagen werden in der Regel lange gefahren. Gäbe es dann aber in einigen Jahren keinen geeigneten Kraftstoff mehr, müssten die PS-Boliden in der Garage bleiben – auch die vielen Oldtimer. Zur Einhaltung der CO₂-Grenzwerte trage diese Maßnahme nichts bei, so Steiner. „Für uns wäre es hier und heute tatsächlich in der Fahrzeugflotte nicht anrechenbar.“

BEFÜRWORTUNG DURCH ÖL- UND FAHRZEUGINDUSTRIE

Besonders reizvoll für die Ölindustrie ist, dass die beste-

E-FUELS NICHT FÜR PKW

„Die CO₂-Flottengrenzwerte haben sich als wirksames Mittel für mehr Klimaschutz im Verkehr bewährt. Sie erfassen den größten Teil der Fahrzeuge im Straßenverkehr und haben das Potenzial, den Klimaschutz wirklich voranzutreiben. Mit einer Erhöhung des Ambitionsniveaus will die EU-Kommission dieses Instrument stärken. Tatsächlich hätte ich mir noch schärfere CO₂-Grenzwerte vor und für 2030 gewünscht. [...] Der Einsatz von E-Fuels soll auch künftig nicht auf die CO₂-Flottengrenzwerte angerechnet werden. Das bedeutet insgesamt: Die allermeisten Fahrzeuge im Straßenverkehr werden auf wirklich emissionsfreie Antriebe umsteigen. Damit findet eine langwierige Debatte in der Bundesregierung ein Ende. Denn schon lange ist klar: Im Straßenverkehr ist die Elektromobilität die effizienteste, kostengünstigste Alternative für mehr Klimaschutz. Strombasierte Kraftstoffe sollen dort eingesetzt werden, wo es keine klimafreundliche Alternative gibt, vor allem im Luft- und Seeverkehr.“

Bundesumweltministerin Steffi Lemke

„Die Pläne, synthetische Kraftstoffe für den Pkw-Verkehr in irgendeiner Weise zu fördern, können von deutschen Herstellern nur als Signal verstanden werden, Autos mit Verbrennungsmotor weiterzuentwickeln, während der Rest der Welt bereits auf Elektroautos setzt.“

Nikolas von Wysiacki, NABU

hende Infrastruktur sowie die Anlagen und Tanks weiter benutzt werden können. John Cooper, Generaldirektor von FuelsEurope, freut sich darüber, wie viele Komponenten einer konventionellen Raffinerie sich auch für die Herstellung CO₂-armer Kraftstoffe eignen. FuelsEurope ist nach eigener Aussage die „Stimme der europäischen Erdölraffinerieindustrie“ und agiert als Vertreter der Raffinerie- und Vermarktungsindustrie in Brüssel.

Ola Källenius, damals noch Vorstandschef von Daimler, heute von Mercedes Benz, hatte bereits 2020 gegenüber der Zeitschrift Automobil Industrie erklärt: „Synthetische Kraftstoffe können die Emissionen der Fahrzeugflotte senken. Wenn man sich allerdings die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen ansieht, dann bleibt am Ende ein Wirkungsgrad von gerade mal zehn Prozent übrig. Im Vergleich dazu kommt ein E-Fahrzeug auf 70 Prozent. Ökonomisch ist das also nicht der beste Weg, aber man sollte die unterschiedlichen Techniken im freien Wettbewerb gegeneinander antreten lassen.“

Deutlichere Worte fand Mitte Februar 2022 Stefan Pierer, Chef des größten Motorradherstellers Europas (KTM, Husqvarna und GASGAS) in einem Inside-Digital-Interview. Elektromobilität sei ein „auferlegter Schwachsinn“, der „von wissenschaftlich ungebildeten Politikern gepusht“ werde, so der Verbrenner-Fan. Pierer kritisierte unter anderem, dass bei Rennen von E-Motorrädern deren Akkus mit Dieselgeneratoren geladen würden. Seiner Meinung nach ist „der synthetische Kraftstoff die Lösung, nicht der Elektroantrieb“.

Insbesondere Audi, neben Porsche eine weitere VW-Marke, forscht in Werlte seit Jahren an E-Benzin. Dort betreibt die Audi Industriegas GmbH eine Power-to-Gas-Versuchsanlage zur Produktion von grünem Wasserstoff, mit dessen Hilfe bereits 2018 in der Lingener Raffinerie des Mineralölkonzerns BP synthetischer Kraftstoff erzeugt wurde. Raffinerieleiter Bernhard Niemeyer-Pilgrim erklärte damals: „Wir sind damit weltweit die erste Raffinerie, die grünen Wasserstoff zur Herstellung von Kraftstoffen auch tatsächlich einsetzt und so eine Möglichkeit für eine CO₂-ärmere Energiewelt aufzeigt.“

Zu den Unterstützern der E-Fuels zählt auch die Deutsche Energieagentur dena, die bereits 2018 eine „Global Alliance Powerfuels“ gründete. Mit-

glieder dieser weltweit aktiven Initiative sind unter anderem Großunternehmen wie Bosch und Uniper, die den E-Fuels zum Durchbruch verhelfen wollen. Auch der Verband der deutschen Automobilindustrie (VDA) setzt auf synthetische Kraftstoffe und bezeichnete sie als „faszinierende Zukunftsoption“.

Das Pendant auf deutscher Ebene ist die eFuel Alliance, ein Zusammenschluss von über 150 Unternehmen der Fahrzeug-, Öl- und Zulieferindustrie. In den Führungsgremien sind unter anderem hochrangige Politiker sowie NOW-Chef Kurt Christoph von Knobelsdorff vertreten.

MITTLERWEILE MEHRERE E-FUEL-ANBIETER Als potentielle Hersteller synthetischer Kraftstoffe bringen sich gerade mehrere Firmen in Stellung. Einer der Akteure ist Ineratec. Das 2014 als Ausgründung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) entstandene Start-up hat jüngst 20 Millionen Euro für eine neue Großanlage in Höchst eingesammelt. Mitgründer Philipp Engelkamp erklärte aus diesem Anlass Anfang Februar 2022 im Podcast „Die Stunde Null“: „Wir >>



ZUKUNFTSWEISEND. FORTSCHRITTLICH. INNOVATIV.

Fachkompetent in H2:

Dienstleistung | Prüfstandsbau | Beratung – alles aus einer Hand

Sonplas entwickelt Anlagen und Systeme für die Prüfung von wasserstoffführenden Komponenten. Hierbei greifen wir auf mehr als 25 Jahre Fachkompetenz aus dem Bereich der Kraftstoffeinspritzung zurück.

Unser Service-Angebot reicht von Dienstleistung über Prüfstandsbau bis zu Beratung:

- **Durchflussmengenmessung**
- **Bestimmung der Durchfluss-Charakteristik**
- **Funktionsprüfung**
- **Leckageprüfung (Druckabfallmethode)**
- **Pressure Cycling Tests**
- **Lebensdauertests**
- **Applikation verschiedener Messtechnik**
- **Prüfung von Brennstoffzellenkomponenten**
- **Beratung bei ATEX-Aufgabenstellungen**
- **Komplettlösung Prüfstand mit Container**



Abb. 2: CAC-Geschäftsführer Jörg Engelmann tankt den BMW Mini mit synthetischem Benzin – produziert in der im Hintergrund sichtbaren Demonstrationsanlage
[Quelle: Detlev Müller / TU Bergakademie Freiberg]

machen es weltweit im größten Maßstab, der im Moment zur Verfügung steht.“ Konkret heißt das, dass diese Container-Anlagen 350 Tonnen Kraftstoff pro Jahr produzieren können.

„Wir wissen, dass die Anlagen noch größer werden müssen, denn mit 350 Tonnen kann ich die Welt nicht nachhaltig machen,“ so Engelkamp weiter. An dem Standort bei Frankfurt sollen deswegen ab 2023 jährlich 3.500 Tonnen beziehungsweise 4,6 Millionen Liter hergestellt werden.

Ein weiterer Mitbewerber in diesem Bereich ist die Firma Q1, die ab diesem Jahr bundesweit synthetisch erzeugten Dieselmotorkraftstoff und auch auf diese Weise produziertes Heizöl vertreiben möchte. Das Osnabrücker Unternehmen baut derzeit die Produktion auf dem ehemaligen Gelände der

E-FUELS SIND KEINE BIODIESELSTOFFE

Grundsätzlich sind E-Fuels von Biodieselstoffen der ersten oder zweiten Generation beziehungsweise von paraffinierten Kraftstoffen aus biogenen Rest- und Abfallstoffen oder Frittierfett zu unterscheiden. In den vergangenen Jahren wurde immer wieder Sprit thematisiert, der aus Biomasse erzeugt wird, so wie beispielsweise der C.A.R.E.-Kraftstoff. Hierbei handelte es sich um Dieselmotorkraftstoff eines finnischen Unternehmens, der von Bosch getestet und auch von der Deutschen Bahn in Erwägung gezogen wurde. Dieser „Öko-Diesel“ erhielt aber in Deutschland keine Zulassung, weil er laut Umweltbundesamt die gesetzlichen Vorgaben nicht erfüllte. Hauptunterscheidungskriterium ist die Energiebasis zur Erzeugung von gasförmigen und flüssigen Kraftstoffen: Auf der einen Seite biogene Rohstoffe und auf der anderen Seite Strom aus erneuerbaren Energiequellen.

„Klimafreundlich erzeugter Wasserstoff ist ein Baustein, um die deutschen und europäischen Klimaschutzziele zu erreichen. Sowohl in der RED II als auch in dem Entwurf der BImSchG/BImSchV werden so genannte erneuerbare Kraftstoffe nicht-biologischen Ursprungs, also klimafreundlicher Elektrolysewasserstoff oder klimafreundliche strombasierte Kraftstoffe, als Optionen zur Quotenerfüllung aufgenommen.“

Nationaler Wasserstoffrat

STUDIEN

Gemäß einer Studie der Denkfabrik Agora Verkehrswende von 2017 braucht ein Auto mit Elektroantrieb für 100 Kilometer 15 Kilowattstunden Strom, ein mit Wasserstoff betriebenes Auto 31 Kilowattstunden und ein mit PtL-Kraftstoff fahrendes Auto 103 Kilowattstunden. Hinsichtlich einer zweiten Studie, die 2017 von der dena und LBST angefertigt wurde, sagte einer der Autoren, Patrick Schmidt, gegenüber HZwei: „Bei dem Begriff ‚E-Fuels‘ handelt es sich um einen Kategorienbegriff. In der VDA-Studie und im wissenschaftlichen Raum werden unter ‚E-Fuels‘ alle strombasierten Energieträger – insbesondere inklusive PtH₂ – verstanden. Die Verkürzung von ‚E-Fuels‘ auf strombasierte Synthetikkraftstoffe ist meines Erachtens unglücklich [...], weil die gegenüber PtL viel effizientere direkte Wasserstoffnutzung und deren Nullemissionsfähigkeit (E-Antrieb) so leicht durch das Argumentationsraster fällt.“

„Alle Verkehrsmittel sollten elektrifiziert oder teilweise elektrifiziert werden, wo immer dies ökologisch und technisch möglich ist. E-Kraftstoffe werden für Verkehrsanwendungen, für die derzeit keine elektrischen Antriebsstränge leicht verfügbar sind, von entscheidender Bedeutung sein.“ [1]

Hoechst AG in Frankfurt auf und erprobte das E-Benzin in einem Mini Cooper. Bislang wird der synthetische Kraftstoff von der TU Bergakademie Freiberg in einer Demonstrationsanlage mit der Technologie von Chemieanlagenbau Chemnitz (CAC) erzeugt.

Unterstützer dieser Initiative sind beispielsweise der Bundesverband Freier Tankstellen (bft) sowie UNITI, der Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen e. V. UNITI wirbt damit, dass „alle Pkw, Lkw, Schiffe und Flugzeuge mit E-Fuels angetrieben werden können – weltweit“. Auch internationale Automobil- und Motorradhersteller bescheinigen dem synthetischen Benzin eine 100-prozentige Kompatibilität mit der bestehenden Fahrzeugflotte. Gemeinsam mit dem Entwicklungsdienstleister FEV war beispielsweise vergangenes Jahr die Eignung dieses Kraftstoffes im Rahmen des Verbundprojektes Closed Carbon Cycle Mobility festgestellt worden.

C3-Mobility lief mit 32 Partnern über drei Jahre und wurde vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert. Wie während der Abschlussveranstaltung Ende 2021 mitgeteilt wurde, sollen alle maßgeblichen Eigenschaften des E-Fuels (z.B. Materialverträglichkeit, CO₂-Emissionen und Verbrauch) gleichwertig gegenüber fossilem Kraftstoff sein. Die Oxidationsstabilität und die Partikelemissionen seien sogar vorteilhafter, heißt es.

Prof. Martin Gräbner, Direktor des Instituts für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC) der TU Bergakademie Freiberg, erklärte: „Die Etablierung dieses Benzinsyntheseverfahrens ist ein wichtiger Schritt, mithilfe von elektrischer Energie Kohlenstoffkreisläufe zu schließen. So lässt sich regenerativ erzeugter Strom in einem langzeitstabilen, CO₂-neutralen Kraftstoff speichern, der auch in sonnen- und windarmen Zeiten und Regionen zur Verfügung gestellt werden kann.“ ||

Literatur

- [1] dena, LBST – im Auftrag des VDA, Das Potenzial strombasierter Kraftstoffe für einen klimaneutralen Verkehr in der EU, November 2017

KLIMASCHEINLÖSUNG E-FUELS

Kommentar kontra E-Fuels

Den Verkehr großflächig auf E-Fuels umzustellen wäre ein gigantisches Eigen-tor beim Klimaschutz. Je mehr wir auf E-Fuels setzen, desto mehr verhindern wir eine rechtzeitige globale Energiewende. Der Verbrennungsmotor wird nicht grün, und an einer grundlegenden Mobilitätswende führt kein Weg vorbei.

In keinem Sektor läuft Deutschland seinen eigenen Klimazielen so weit hinterher wie im Verkehr: Nach 30 Jahren, in denen die CO₂-Emissionen gar nicht gesunken sind, müssen sie nun innerhalb von acht Jahren fast halbiert werden. Zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze muss es tatsächlich noch deutlich schneller gehen.

Hört man Lobbyverbänden der Öl- und Autoindustrie zu, heißt die Lösung E-Fuel – synthetischer Kraftstoff, der flächendeckend in herkömmlichen Verbrennungsmotoren eingesetzt werden kann. E-Fuels machen den Verkehr grün, ohne die Notwendigkeit für unbequeme strukturelle Veränderungen, so das Versprechen.

Das ist eine gefährliche Illusion. Die Deutsche Umwelthilfe hat die häufigsten Mythen zu E-Fuels [1] zusammengestellt: Von E-Fuels ist immer im Kontext Klimaschutz die Rede, doch sie sind keineswegs automatisch klimafreundlich, und ihr Einsatz kann sogar zu hohen Mehremissionen führen. E-Fuels herzustellen ist äußerst energieintensiv, und ihre Klimawirkung ist in höchstem Maße davon abhängig [2], woher die eingesetzte Energie stammt. Nur auf Basis von zu 100 Prozent zusätzlich erzeugtem erneuerbarem Strom ist ein Klimaschutzbeitrag möglich. Wasserstoff und E-Fuels aus fossilem Gas, die manche Akteure derzeit als „low-carbon“ deklarieren möchten, sind mit enormen Treibhausgasemissionen verbunden [3] und würden die Klimakrise befeuern statt eindämmen.

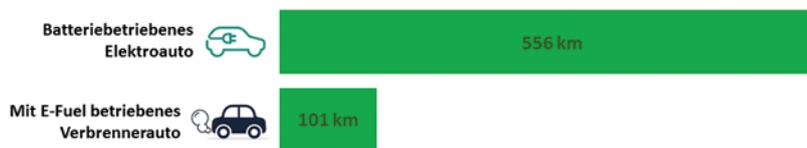


Abb.: Reichweite von Pkw mit unterschiedlichem Antrieb mit 100 kWh Ökostrom
[Quelle: DUH, Azat Valeev/stock.adobe.com, tatanasun/stock.adobe.com]

Grüner Strom indes ist knapp und kostbar und wird das noch auf lange Sicht bleiben. Er muss zielgerichtet so eingesetzt werden, dass maximaler Klimanutzen entsteht. Jede Kilowattstunde Ökostrom bringt in direktelektrischen Anwendungen (im Stromsektor, für E-Fahrzeuge oder Wärmepumpen) mit Abstand die größte Emissionseinsparung. Und das gilt überall auf der Welt. Auch im windigen Chile wird noch fast 80 Prozent des Primärenergiebedarfs über fossile Quellen gedeckt. Kostbaren Windstrom dann zur Produktion von E-Fuels für Porsche statt für die Dekarbonisierung des heimischen Energiesektors zu verwenden, ist keine Entlastung, sondern eine zusätzliche Belastung für das Klima.

Erzeugt man mit zehn Windrädern Strom zur Herstellung von E-Fuel für ein Verbrennerfahrzeug, geht die Energie von mehr als acht dieser Windräder durch Umwandlungsverluste ungenutzt verloren [4]. Je mehr wir auf E-Fuels setzen, desto mehr verunmöglichen wir die rechtzeitige globale Energiewende. Um in dem kleinen Zeitfenster, das uns laut Weltklimarat zur Eindämmung der eskalierenden Klimakrise noch bleibt, die Emissionen deutlich zu senken, müssen wir unseren Energieverbrauch massiv reduzieren und nicht durch energiefressende Technologien zusätzlich in die Höhe treiben.

Der Ressourcenbedarf von E-Fuels endet nicht beim Ökostrom: Große Mengen aufbereitetes Wasser, aus der Atmosphäre entnommenes CO₂, seltene Metalle für Elektrolyseure [5] und riesige Flächen für alle Anlagen werden benötigt. Selbst bei optimalem Skalierungsverlauf werden E-Fuels bis 2030 nur in verschwindend kleinen Mengen zur Verfügung stehen [6] und auch danach sehr knapp und teuer bleiben. Im für den Klimaschutz entscheidenden laufenden Jahrzehnt bringen uns E-Fuels keinen Schritt voran.

Es gibt Sektoren wie den Langstreckenflugverkehr, in denen E-Fuels – nach maximaler Vermeidung und Verlagerung – mittelfristig ergänzend zur Emis-

ionsreduktion beitragen können. Der Straßenverkehr gehört nicht dazu, zumal E-Fuels auch das Problem giftiger Stickoxidabgase nicht lösen [7]. Effiziente batterieelektrische Antriebe sind ökologisch und ökonomisch klar überlegen.

Die Industrie nutzt E-Fuels als trojanisches Pferd, um den Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor und eine echte Mobilitätswende hinauszuzögern. Aber ein „Weiter so mit anderem Kraftstoff“ perpetuiert umweltschädliche und sozial ungerechte Verkehrspolitik, zementiert unsere langfristige Abhängigkeit von fossiler Energie und verhindert die nötige strukturelle Umgestaltung von Mobilität. Es gibt keinen grünen Kraftstoff für 48 Millionen deutsche Verbrenner-Pkw. Statt E-Fuel-Märchen brauchen wir konkrete Maßnahmen, um Pkw-Zahlen und -Verkehr deutlich zu reduzieren und den Umstieg auf Fuß-, Rad- und öffentliche Mobilität attraktiv und einfach zu machen. ||

Literatur:

- [1] Mythenpapier: E-Fuels für Pkw, DUH, 2021
- [2] Kasten, P.; Heinemann, C.; Kein Selbstläufer: Klimaschutz und Nachhaltigkeit durch PtX, Öko-Institut, 2019
- [3] Oni, A. O.; Anaya, K.; Comparative assessment of blue hydrogen from steam methane reforming, autothermal reforming, and natural gas decomposition technologies for natural gas-producing regions, ScienceDirect, 2022
- [4] Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Wasserstoff im Klimaschutz: Klasse statt Masse, 2021
- [5] Deutsche Rohstoffagentur (DERA), Mineralische Rohstoffe für die Wasserelektrolyse, 2022.
- [6] Kasten, P.; E-Fuels im Verkehrssektor, Öko-Institut, 2020
- [7] Transport & Environment, Magic green fuels: Why synthetic fuels in cars will not solve Europe's pollution problems, 2021



Autörin:

Dr. Johanna Büchler
Deutsche Umwelthilfe,
Berlin
→ buechler@duh.de

GRÜNES H₂ UND E-FUELS – OHNE GEHT ES NICHT!

Kommentar pro E-Fuels

Unsere Gesellschaft steht vor großen Herausforderungen: Die Klimaziele müssen ohne negativen Einfluss auf unsere Mobilität und den Wirtschaftsstandort Deutschland erreicht werden. Um die Treibhausgasemissionen zu mindern, müssen daher neben neuen batterieelektrischen und Brennstoffzellen- auch die Bestandsfahrzeuge bedacht werden. Dafür kommt nur der Einsatz von erneuerbaren synthetischen Kraftstoffen, sogenannten E-Fuels, infrage. Nur so können im Rahmen der von der neuen Bundesregierung angestrebten Klimaziele 2030 Fahrverbote für konventionelle Fahrzeuge, die vor allem die sozial schwächeren Bürger betreffen würden, verhindert werden.

Die EU-Kommission beabsichtigt jedoch, so euphorische und idealistische Anforderungen an die Produktion der erneuerbaren Kraftstoffe zu stellen, dass der notwendige Hochlauf der Produktion von erneuerbaren synthetischen Kraftstoffen massiv erschwert wird. Die Umsetzung des bislang vorliegenden Entwurfs der Europäischen Kommission zur RED II würde einen Einstieg in eine zukunftsweisende Technologie verzögern und somit die deutschen Klimaziele im Verkehr unerreichbar machen. Die Bundesregierung muss deswegen diesbezüglich auf europäischer Ebene aktiv werden. Zudem sollte Deutschland seinen rechtlichen Gestaltungsspielraum vollends ausschöpfen, schließlich hat die Bundesrepublik sehr viel ehrgeizigere Ziele für den Anteil erneuerbarer Kraftstoffe als die EU vorgegeben (mehr als 25 statt nur 14 Prozent). Dies ist die Bundesregierung ihren Wählern und dem Klima schuldig.

Die alte Bundesregierung hatte eine verbindliche Treibhausgaseminderungsquote (THG) von 25 Prozent verabschiedet. Gleichzeitig wurde grünem Wasserstoff eine von der EU-Richtlinie abweichende Sonderrolle (doppelte Anrechnung) eingeräumt. Damit wurden die grundsätzlichen Voraussetzungen für eine kostenneutrale Zielerreichung mit grünem Wasserstoff und E-Fuels geschaffen. Was jetzt noch

fehlt, ist eine Verordnung, die für die Unternehmen Investitionssicherheit bei der Umsetzung gewährleistet.

Die Ampelregierung ist jetzt gefordert, eine Verordnung für erneuerbare synthetische Kraftstoffe auf Basis von grünem H₂ zu erlassen. Dabei gilt es zwischen Klimaschutz, sozialer Gerechtigkeit und dem Ziel des Koalitionsvertrages, zum Leitmarkt der H₂-Technologien zu werden, abzuwägen. Eine ideologische und zu stringente Vorgabe an den Strombezug aus erneuerbaren Energien wäre hierbei eine Bedrohung des haushaltsneutralen kurzfristigen Hochlaufs einer grünen H₂-Marktwirtschaft.

Zweifelsohne wollen und müssen wir die Klimaziele im Verkehr erreichen. Dabei muss die Bundesregierung jedoch darauf achten, dass einerseits die Kosten für die Bürger, den Güterverkehr und die Landwirtschaft nicht in einem unerträglichen Maße steigen und andererseits die Versorgungssicherheit weiterhin gewährleistet ist. Dies gilt umso mehr vor dem Hintergrund der aktuell hohen Inflation und der aktuellen Ereignisse in der Ukraine. Durch entsprechende Steuervergünstigungen für Kraftstoffe – mit einem Mindestanteil an erneuerbaren synthetischen Kraftstoffmengen – hat die neue Bundesregierung ausreichend Handlungsspielraum, um einen sozialverträglichen Transformationsprozess hin zu einer klimaneutralen Mobilität zu gestalten. Die neue Bundesregierung entscheidet darüber, ob Deutschland die Chance ergreift, zum Leitmarkt des wirtschaftlich so aussichtsreichen grünen Wasserstoffmarktes zu werden. Und auch, ob die Klimaziele 2030 realistisch und sozial fair erreicht werden können. ||

38



Autor:

Werner Diwald, Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e. V., Berlin
→ diwald@dwv-info.de

More than sensors + automation

<http://wasserstoff.jumo.info>

00055

Mit JUMO sind Sie auf der sicheren Seite

JUMO bietet Sensor- und Automatisierungslösungen z. B. für Elektrolyseure, Brennstoffzellen, Speicher und Synthesenanlagen. So unterstützen wir die Gewinnung von grünem Wasserstoff und seine Verwendung in den unterschiedlichen Anwendungsgebieten. Damit wollen wir die Energiewende weiter vorantreiben und Lösungen für die Zukunft entwickeln.



UNNÖTIG FÜR ENERGIEWENDE

Kommentar kontra E-Fuels

E-Fuels werden – wenig überraschend – besonders von denjenigen Industriezweigen propagiert, deren Produkte und Infrastruktur stark auf fossile Brenn- und Treibstoffe ausgelegt sind. Die damit verbundene Hoffnung, dass mit klimaneutralem Erdgas, Benzin, Diesel, Heizöl und Kerosin sich unser Leben durch die Energiewende nicht ändern müsste, wird dabei dankbar von Gesellschaft und Politik aufgenommen. Dass hinter dieser E-Fuel-Propaganda in erster Linie wirtschaftliche Interessen stehen, wird dabei geflissentlich übersehen.

Betrachtet man E-Fuels nüchtern, zeigt sich leider ein desillusionierendes Bild: E-Fuels reduzieren prinzipiell nur dann Emissionen, wenn sie aus überschüssigem Ökostrom hergestellt werden. Ansonsten führt die stromintensive Herstellung von E-Fuels zu einer höheren Auslastung der noch einige Jahrzehnte notwendigen fossilen Kraftwerke und damit zu mehr Emissionen, als diese durch den Einsatz von E-Fuels an anderer Stelle wieder eingespart werden könnten. Aktuell werden jedoch nur wenige Prozent des Ökostroms abgeregelt, so dass das Potenzial zur Erzeugung von E-Fuels sehr gering ist.

Hinzu kommt, dass die Abregelungen nur während eines kleinen Teils der Jahresstunden auftreten und teure Infrastruktur zur Herstellung von E-Fuels damit extrem schlecht ausgelastet wäre. Die sich damit ergebenden Kosten, um eine Tonne CO₂ einzusparen, werden, ähnlich wie bei dem Einsatz von Wasserstoff, selbst bei einem extrem beschleunigten Ausbau der Wind- und Solarkapazitäten noch bis mindestens etwa 2035 höher sein als die Kosten für alternative CO₂-Reduktionsmaßnahmen.

WARUM STAATLICHE FÖRDERUNG UNTERBLEIBEN SOLLTE Auch langfristig wird der Einsatz von E-Fuels nur bei sehr wenigen „No-Regret“-Anwendungen, die scheinbar nicht anders CO₂-frei gemacht werden können, günstiger sein als alternative Technologien, und zwar nur bei Teilen des Flug-, Schiffs- und Schwerlastverkehrs. Die Dekarbonisierung dieser Anwendungen ist so kostspielig, dass sie erst dann sinnvoll ist, wenn man mit allen günstigeren Maßnahmen den erneuerbaren Anteil des Primärenergieverbrauchs bereits auf etwa 80 Prozent erhöht hat. Der Fakt, dass der erneuerbare Anteil von 1990 bis 2020 trotz größter Anstrengungen nur von 1 auf 17 Prozent erhöht wurde, zeigt, wie weit wir noch von einem sinnvollen Einsatz von E-Fuels entfernt sind.

Häufig heißt es, man könne in absehbarer Zeit große Mengen an günstigen E-Fuels importieren, da der für die Herstellung benötigte Ökostrom in vielen Regionen der Erde deutlich günstiger als in Deutschland erzeugt werden könne. Allerdings wird der Zeitpunkt, ab dem dies einen signifikanten Beitrag ausmachen kann, unrealistisch früh angesetzt. Auch für die potenziellen Exportländer gilt ja der bereits beschriebene Grundsatz, dass die Erzeugung von E-Fuels erst kurz vor Erreichen der Klimaneutralität sinnvoll ist.

Selbst wenn dieser Zeitpunkt in einigen Jahrzehnten vielleicht erreicht sein sollte, ist der Einsatz der E-Fuels im Erzeugerland sinnvoller als der Export. Abgesehen davon ist nicht zu erwarten, dass der Import von E-Fuels mit geringeren Kosten verbunden ist, da den in einigen Weltregionen in der Tat sehr geringen Ökostromkosten im Gegenzug höhere Transportkosten gegenüberstehen.

Technologien, die erst für die Endphase der Energiewende benötigt werden, bereits jetzt massiv staatlich zu fördern, erhöht unnötig die Kosten der Energiewende. Um dies zu vermeiden, sollte man stattdessen den sektorübergreifenden Emissionshandel als zentrales klimapolitisches Instrument stärken. Dieser effiziente und technologieneutrale marktwirtschaftliche Ansatz sorgt dafür, dass Emissionen immer auf die günstigste Art und Weise reduziert werden. ||



Literatur

Luczak, A. (2022), „Zukünftige Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff in Schleswig-Holstein, Landeskompetenzzentrum für Wasserstoffforschung Schleswig-Holstein.“

Autor:

Prof. Andreas Luczak, Fachhochschule Kiel → andreas.luczak@fh-kiel.de

H₂
HYDROGEN

Rohrverschraubungen
für Wasserstoff-
Anwendungen

H₂-Lok

TYPE APPROVED PRODUCT
DNV-GL
DNVGL.COM/AF

Eigene Produktion

Klemm-Keilringverschraubungen

schwer
fittings

www.schwer.com
Tel. +49 7424 / 9825-0 · eShop@schwer.com

BRENNSTOFFZELLEN FÜR LANGSTRECKEN, BATTERIEN FÜR STÄDTE

VDI/VDE-Studie zu klimafreundlichen Nutzfahrzeugen

Auf dem Weg zur Klimaneutralität sollen nach EU-Vorgaben die CO₂-Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge bis 2030 um 30 Prozent verringert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssten rund 200.000 emissionsfreie Lkw bis 2030 in Europa im Einsatz sein. Das ist ein Ergebnis der aktuellen VDI/VDE-Studie „Klimafreundliche Nutzfahrzeuge – Vergleich unterschiedlicher Technologiepfade für CO₂-neutrale und -freie Antriebe“. Im Fernverkehr mit großen Nutzfahrzeugen weist der Brennstoffzellenantrieb, im urbanen Raum dagegen der batterieelektrische Antrieb für kleine Nutzfahrzeuge eindeutige Vorteile auf.



Abb. 1: 25 Transport- und Logistik-Unternehmen setzen seit Oktober 2020 auf den Hyundai XCIENT [Bild: Hyundai]

Die Autoren haben für ihre Studie fünf Optionen klimafreundlicher Nutzfahrzeuge untersucht und verglichen: Batteriefahrzeuge (BEV), Oberleitungs-Lkw (CAT), Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV), Hybridfahrzeuge (Kombination von BEV und FCEV) und mit flüssigen synthetischen Energieträgern (SYN) betriebene Fahrzeuge.

Bei Käufern von Nutzfahrzeugen seien grundsätzlich andere Kriterien bezüglich der Kosten relevant als bei privaten Nutzern von Pkw, so das Ergebnis. Spediteure würden aufgrund der hohen Jahresstreckenleistungen höhere Anschaffungspreise akzeptieren, wenn die variablen Kosten (z. B. Kraftstoff) geringer seien, heißt es in der Studie. Gemäß der Analyse ist neben den Total Costs of Ownership (TCO) die Existenz einer flächendeckenden Infrastruktur ein entscheidendes Kriterium.

Aktuell ist die Wettbewerbsfähigkeit der Alternativen mit konventionellen dieselbetriebenen Fahrzeugen nicht gegeben. Allerdings sehen die Studienautoren gute Voraussetzungen dafür, dass sich dies ändern wird. So sei damit zu rechnen, dass die Herstellungskosten von Brennstoffzellen (BZ) und Batterien sinken und deren Leistungsfähigkeit steigen wird. Zudem wird mit stark rückläufigen Kosten für grünen Wasserstoff gerechnet. Und auch die regulatorischen Rahmenbedingungen entwickeln sich positiv: So wird der

Betrieb von Dieselfahrzeugen über die steigende CO₂-Steuer zunehmend teurer und damit unwirtschaftlicher, zudem schränke das Ordnungsrecht den Betrieb dieselbetriebener Fahrzeuge immer weiter ein.

KEINE PAUSCHALEN AUSSAGEN MÖGLICH Das Fazit der VDI/VDE-Studie ist eindeutig: Um die EU-Vorgaben zu erfüllen, setzen die Autoren beim Fernverkehr schwerer Nutzfahrzeuge klar auf den Brennstoffzellenantrieb und im urbanen Raum auf den batterieelektrischen Antrieb für kleine Nutzfahrzeuge. BEV sind zwar grundsätzlich effizienter, Brennstoffzellenfahrzeuge weisen hingegen Vorteile in den Punkten Reichweite und Tankdauer auf.

„Man sollte pauschale Aussagen vermeiden, nach dem Motto ‚Batterie ist besser als Brennstoffzelle‘, empfiehlt Dr. Remzi Can Samsun. Laut dem Leiter Reaktoren und Systeme am Forschungszentrum Jülich ist es vielmehr wichtig, die jeweilige Anwendung hinsichtlich der Fahrstrecken und der Fahrprofile genau zu betrachten. „Vor Jahren hat man noch gedacht, bei 40-Tonner-Lkw kommen weder Batterie noch Brennstoffzelle infrage. Mittlerweile sieht man, dass es mit beiden Technologien funktioniert. Das ist ein wichtiger Fortschritt“, so Samsun.

Hinsichtlich der Annahmen zur Effizienz der verschiedenen Technologien (s. Tab.) gibt Dr. Thomas Grube vom Institut für Energie- und Klimaforschung am Forschungszentrum Jülich zu: „Wirkungsgradberechnungen sind schwierig.“ So komme es beispielsweise stark darauf an, ob der Wasserstoff im Prozess nochmals verflüssigt werden müsse, was den Wirkungsgrad weiter herunterziehe. Dabei betont er: „Bei der Brennstoffzelle sollte der Wert nach unseren Berechnungen eher bei etwa 35 Prozent liegen.“

PROBLEM: GEWICHTSLAST DER BATTERIE Batterien hätten zwar einen Vorteil bei der Effizienz, aber nach Aussage von Martin Pokojski muss man im Auge behalten: Je größer die verlangte Reichweite ist, desto größer muss die Batterie sein. Der Vorsitzende des VDE/VDI-Fachausschusses Wasserstoff und Brennstoffzellen betont, dass die Gewichtslast der Batterie die Nutzlast einschränke und die Effizienz einer Batterie daher vorrangig im Kurzstreckenverkehr optimal zum Tragen komme. „Nutzfahrzeuge fahren jedoch heute bis zu 1.600 km mit einer Tankfüllung. Ähnliches wird auch von elektrifizierten Fahrzeugen erwartet“, erläutert Pokojski.

Tab.: Effizienzannahmen beim Technologievergleich

Antriebstechnik	Wirkungsgrad
Oberleitung	57 bis 70 %
BEV	57 bis 63 %
FCEV	24 bis 29 %
synthetische Kraftstoffe	17 bis 20 %

Quelle: VDI/VDE

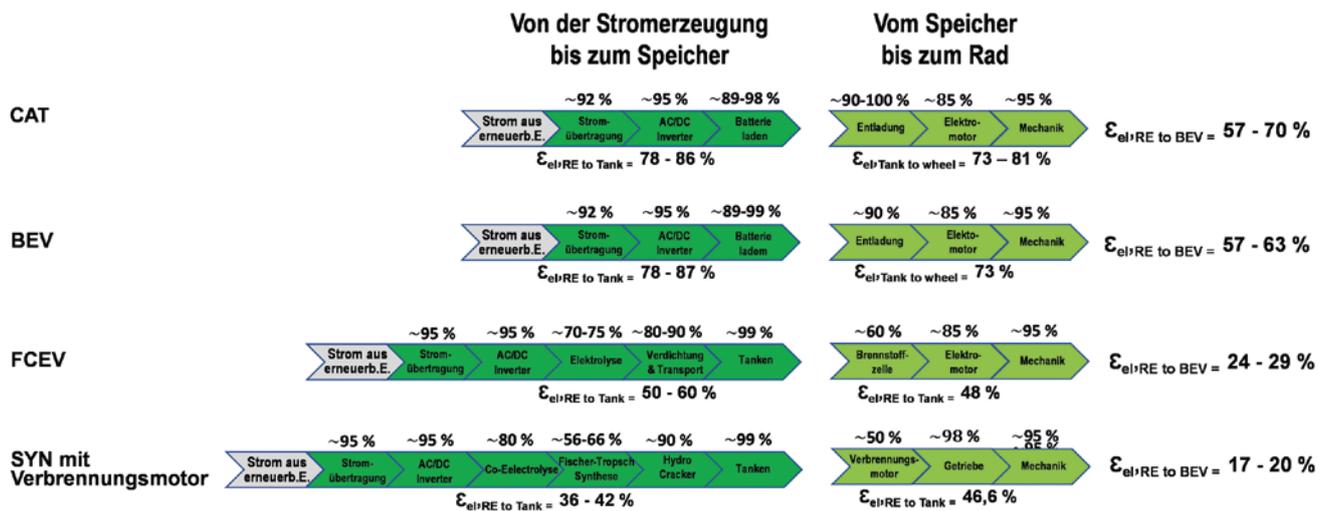


Abb. 2: Wirkungsgrade und Prozessketten klimafreundlicher Antriebssysteme [Quellen: FZ Jülich, dena, eigene Berechnungen VDE/VDI-Studie]

„Die verlangten Fahrleistungen über ein Fahrzeugleben sind hoch und gehen in den Bereich von deutlich über einer Million Kilometern. Dies ist deutlich mehr als das, was ein Pkw leisten muss“, erläutert Grube. Auch er betont die Reichweitenanforderungen. Wenn man eine regelmäßige Fahrstrecke von 1.000 Kilometern annehme, komme man auf ein Batteriegewicht von fünf bis sieben Tonnen. „Das ist eine erhebliche Einschränkung, nicht nur in puncto Masse, sondern auch Volumen“, weiß der Experte. Aktuell gebe es zwar die Sonderregelung für große Batterie- oder BZ-getriebene Nutzfahrzeuge mit einem auf 42 Tonnen erweiterten zulässigen Gesamtgewicht, was derzeit für eine Entschärfung der Situation Sorge, aber das werde langfristig nicht so bleiben.

Und wie sieht es mit den beiden anderen untersuchten Varianten aus? Bei Oberleitungs-Lkw stelle sich die Frage, inwieweit die Gesellschaft bereit sei, eine weitere Infrastruktur zu akzeptieren, gibt der Vorsitzende des Fachausschusses Pokojski zu bedenken. Schließlich sei der Aufbau eines Oberleitungsnetzes entlang der Autobahnen mit enormen Investitionen verbunden. Synthetische Energieträger stellen laut dem Experten einerseits eine elegante Variante dar, um vorhandene Fahrzeuge CO₂-frei zu machen. Andererseits sei das Problem hier der Wirkungsgrad, der auch gegenüber der Brennstoffzelle um rund 50 Prozent schlechter ausfalle. Nach Pokojskis Einschätzung ist die Sachlage klar: „Wenn wir an höheren Effizienzen interessiert sind, spricht das zumindest längerfristig gegen diesen Energieträger.“ Als Übergangslösung seien synthetische Kraftstoffe durchaus denkbar, aber als langfristige Lösung nicht sehr wahrscheinlich (s. auch S. 34 bis 39).

ANBIETERMARKT VON FCEV BEWEGT SICH Laut Dr. Thomas Grube ist zudem die Entwicklung des Anbietermarkts ein wichtiger Aspekt. Er sieht hier bei FCEV durchaus positive Anzeichen. „Es gibt ausreichend industrielle Aktivitäten, die belegen, dass es diesen Bedarf tatsächlich gibt oder dass man dies zumindest erwartet“, beobachtet er. So steigere Nikola seine Aktivitäten, und auch Hyundai entwickle sich über das Projekt in der Schweiz hinaus. Der Wissenschaftler beobachtet zudem diverse neue Projekte von Toyota – nicht nur in Europa, sondern auch in den USA.

Auch Dr. Remzi Can Samsun ist von einer positiven Entwicklung überzeugt. Beim Großprojekt in der Schweiz, in dessen Rahmen sich aktuell rund 50 Hyundai XCIENT im Einsatz befänden, hätten die Südkoreaner bereits heute ei-

nen Business-Case, bei dem sich der Einsatz von FCEV-Lkw aufgrund der Steuerbefreiungen rechne. Für weitere Projekte in Asien und Europa spreche das Unternehmen über größere Stückzahlen von insgesamt rund 600 BZ-LKW, berichtet Samsun.

Damit sammle der Fahrzeughersteller viele Erfahrungen, auch aufgrund des Technologietransfers mit den FCEV-Pkw-Modellen. Eine ähnliche Strategie verfolge Toyota. „Es passiert sehr viel“, hat der Leiter Reaktoren und Systeme am FZ Jülich ausgemacht. Dabei dürfe man auch China nicht vergessen. Im vergangenen Jahr seien dort etwa 800 schwere >>

41



Weidmüller

Lösungen für grünen Wasserstoff

Aktivieren Sie mit uns die Power der neuen Energie

Unser Know-how für die Industrialisierung und Digitalisierung

- Produkte, Systeme und Lösungen von der elektrischen Verbindungstechnik bis zur Cloud
- Langjährige Erfahrungen auf dem Markt für erneuerbare Energien
- Industrialisierungskompetenz für kosteneffiziente Lösungen
- Sicherer Anlagenbetrieb durch unsere Zertifizierungskompetenz in allen Bereichen (z.B. Ex, IECEx)



Mehr Informationen:

www.weidmueller.de/wasserstoff

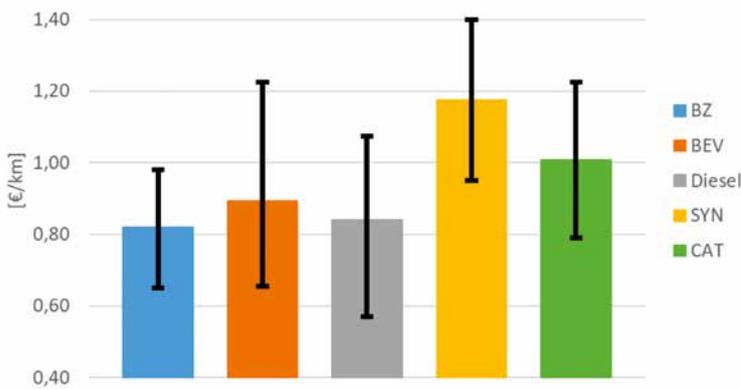


Abb. 3: TCO für 40-t-Langstreckenfahrzeuge auf Basis diverser Studien [Quelle: VDE/VDI-Studie]

FCEV-Lkw von verschiedenen Herstellern in den Markt gebracht worden. Genutzt würden dort neben der Technologie von Ballard auch verstärkt eigene Entwicklungen chinesischer Unternehmen.

Pokojski weist in diesem Zusammenhang auf eine Hürde beim Erstellen der Studie hin: Bei der Recherche habe man eine Zurückhaltung der Unternehmen in der Kommunikation wahrgenommen. Viele Firmen würden zwar an beiden Technologien arbeiten, in der Öffentlichkeitsarbeit jedoch nur eingeschränkt agieren.

RELATIV GERINGE INFRASTRUKTURKOSTEN Ein weiterer wichtiger Aspekt, dem sich die Studie widmet, ist die Lade- und Tankstelleninfrastruktur für Nutzfahrzeuge. Grube verweist hier auf Ergebnisse einer Pkw-Studie, die die beiden Verbände VDI und VDE bereits 2019 veröffentlicht haben. Danach lasse sich für beide Technologievarianten, BEV und FCEV, ein bezahlbarer „Kraftstoff“ darstellen. Grube konkretisiert: „Die variablen auf den Kraftstoff bezogenen Mobilitätskosten waren nach einer Übergangszeit nahezu identisch.“ Übergangszeit bedeute hier im Bereich Wasserstoff den Switch vom grauen zum zunächst teureren grünen Wasserstoff.

Ein weiterer Lerneffekt ist, dass der Anteil der Infrastrukturkosten an den gesamten Mobilitätskosten „sehr klein“ ist. Im Pkw-Bereich würden die Berechnungen bis 2050 für Deutschland, mit mehr als tausend H₂-Tankstellen und mehr als 100.000 Ladesäulen, auf Infrastrukturkosten von 50 bis 60 Mrd. Euro hinweisen. „Das ist relativ wenig, wenn man dies mit anderen Infrastrukturkosten vergleicht“, betont Grube.



Abb. 4: Martin Pokojski, Vorsitzender des VDE/VDI-Fachausschusses Wasserstoff und Brennstoffzellen

Das Kernelement für die Kostenbetrachtung ist allerdings die Auslastung. Im Lkw-Bereich lässt sich die Infrastruktur sehr stark entlang der Fernstrecken konzentrieren. In Deutschland gehe es um rund 500 Standorte, so Grube. Hier sieht der Marktanalyst Vorteile: Diese H₂-Infrastruktur lasse sich einerseits „sehr schnell“ etablieren

und sei andererseits aufgrund der erwartbar guten Auslastung kostengünstig zu betreiben. Im Pkw-Sektor sei die Situation bei H₂-Tankstellen deutlich herausfordernder.

AUFBAU LKW-TAUGLICHER INFRASTRUKTUR VONNÖTEN

Doch um dies umzusetzen, muss auch die Politik mitziehen. „Der jüngste Plan, den Bau und Betrieb von Wasserstofftankstellen nicht mehr zu fördern, hätte fatale Auswirkungen. Damit behindert die Politik die EU-Vorgaben zur CO₂-Reduktion von Schwerlastern“, mahnt Pokojski. Jetzt sei der richtige Zeitpunkt, um vorhandene H₂-Tankstellen weiter aus- und neue aufzubauen.

Zudem werden die H₂-Stationen aktuell nicht den Ansprüchen schwerer Nutzfahrzeuge gerecht. Die derzeit 90 vorhandenen 700-bar-Tankstellen eignen sich in Bezug auf die benötigten Mengen und die erforderliche möglichst kurze Betankungsdauer nur bedingt für Lkw. Deshalb lautet die Forderung der Studienautoren, bis 2030 in Deutschland 70 Lkw-taugliche H₂-Tankstellen, gleichmäßig über das Autobahnnetz verteilt, zu errichten.

Ähnlich kritisch ist die Situation bei der Ladeinfrastruktur. Für das Lkw-Laden eignen sich laut der Erhebung von den derzeit vorhandenen gut 16.000 Ladepunkten aktuell nur 25. Um einen Anteil von nur fünf Prozent des Fahrzeugbestands abzudecken, wären jedoch 1.200 Ladepunkte mit einer Ladeleistung von 720 kW erforderlich.

Die Autoren der Studie sind sich einig: Mittel- bis langfristig können klimafreundliche Nutzfahrzeuge dazu beitragen, die volkswirtschaftlichen Kosten im Bereich der Mobilität zu senken. Es werde jedoch eine entsprechende F&E-Förderung benötigt, um innovative Technologien in der Nutzfahrzeugfertigung zu entwickeln.

Hier ist laut dem Fachausschussleiter Pokojski eine Mehrgleichigkeit die zielführende Strategie. „Wir sind noch nicht in der Phase, in der wir den richtigen Weg bereits erkennen können“, betont er. Es sei sowohl für ein Unternehmen, aber auch für eine Gesellschaft sehr gefährlich, in einer so frühen Phase der Entwicklung nur auf eine Technologie zu setzen. „Hier ist Differenzierung der richtige Weg, auch wenn es zunächst mehr Geld kostet“, so Pokojski. ||

VERFÜGBARE HYBRID-NUTZFAHRZEUGE

- Nikola Two (240 kW BZ-Leistung, 125-250 kWh Batterie): 750 bis 1.200 km Reichweite
- Toyota Project PORTAL 2.0 (228 kW BZ-Leistung, 12 kWh Batterie, zulässiges Gesamtgewicht 36,3 t): > 480 km Reichweite
- ESORO: BZ-Lkw mit Anhänger / COOP (100 kW BZ-Leistung, 120 kWh Batterie, 350 bar, 31 kg H₂): 375 bis 400 km Reichweite
- Hyundai XCIENT Fuel Cell (190 kW BZ-Leistung, 73,2 kWh Batterie, 350 bar, 32 kg H₂, 36 t zulässiges Gesamtgewicht mit Anhänger): ca. 400 km Reichweite
- Dongfeng Special Vehicle mit Ballard-Stack (30 kW BZ-Leistung, 3,2 t Ladegewicht): 330 km Reichweite
- Kenworth Class 8 Drayage-Truck (85 kW BZ-Leistung, 25 kg H₂): 240 km Reichweite

Quelle: VDI/VE-Studie

„Nutzfahrzeuge fahren [...] heute bis zu 1600 km mit einer Tankfüllung. Ähnliches wird auch von elektrifizierten Fahrzeugen erwartet.“

Martin Pokojski, VDE/VDI



Abb. 1: EKPO Fuel Cell Technologies stellte auf der IAA Mobility 2021 verschiedene Brennstoffzellenstack-Plattformen der nächsten Generation mit verbessertem Design und höherer Leistung vor [Quelle: EKPO]

Thema: Elektromobilität | Autor: Michael Nallinger

43

DAS MOMENTUM IST ÜBERALL ZU SPÜREN

EKPO macht Tempo bei der automatisierten Stack-Produktion

Das Joint Venture EKPO zwischen ElringKlinger und Plastic Omnium hat am Standort Dettingen eine Produktionskapazität von 10.000 Stack-Einheiten pro Jahr aufgebaut. Laut dem für den Finanzbereich zuständigen Geschäftsführer Dr. Gernot Stellberger verfügt der baden-württembergische Brennstoffzellenhersteller im Bereich des industrialisierungsfähigen Stack-Designs über einen Vorsprung von rund zwei Jahren gegenüber dem Wettbewerb. Bis zum Ende der Dekade visiert das Unternehmen ein Umsatzvolumen von bis zu einer Milliarde Euro an. Neben dem Bereich Nutzfahrzeuge ist das Interesse auch aus dem maritimen Bereich und der schienengebundenen Infrastruktur groß. Mit Airbus entwickelt die EKPO Fuel Cell Technologies GmbH in dem Joint Venture Aerostack einen luftfahrttauglichen Stack.

Nach Einschätzung von Dr. Gernot Stellberger wird der erste Schritt in der Kommerzialisierung der Brennstoffzelle im mobilen Bereich nicht über den Pkw erfolgen. „Wir registrieren derzeit ein sehr starkes Interesse im Bereich Leicht- und Schwerlastverkehr, bei Zügen sowie bei maritimen Lösungen“, sagt der EKPO-Finanzchef. Das Joint Venture des deutschen und des französischen Automobilzulieferers wurde im Oktober 2020 gegründet und nahm Anfang März 2021 seine Tätigkeiten auf. Aufgrund der Mehrheitsverhältnisse – ElringKlinger hält 60 Prozent, Plastic Omnium 40 Prozent – ist die Gesellschaft im ElringKlinger-Konzern konsolidiert.

Laut Stellberger, der zuvor Leiter des Bereichs Global Strategy, M&A and Innovations bei ElringKlinger war, hat die

Dynamik im Markt stark zugenommen: „Wir erhalten monatlich im Schnitt zehn bis zwölf neue Anfragen. Wir kommen fast nicht hinterher, alle Anfragen in derselben Güte so zu bearbeiten.“ Dabei handle es sich vorwiegend um Pilot- oder prototypgetriebene Projekte, berichtet der CFO. Viele Unternehmen näherten sich jetzt dem Thema Wasserstoff. Dies bestätigt die Erwartungen des Unternehmens mit Hauptsitz im schwäbischen Dettingen/Erms, dass Wasserstoff künftig ein großes Thema auch in der Mobilität sein wird.

Wie Gernot Stellberger berichtet, ist das Momentum der BZ-Technologie überall zu spüren, sowohl auf Kunden- als auch auf Lieferantenseite. Er beschreibt die aktuelle Situation so: „Die Unternehmen sortieren sich und probieren für die jeweiligen Bedürfnisse adäquate Lösungen aus – und das in Testflotten mit mal zehn Fahrzeuge hier, mal zwanzig dort.“ Dabei spreche man mit nahezu allen bedeutenden Nutzfahrzeugherstellern und könne damit sagen, dass diese eine Wasserstoffagenda verfolgten.

DIE H₂-SÄULE IM UNTERNEHMEN EKPO Fuel Cell Technologies nennt Stellberger „die Wasserstoffsäule“ in der Transformationsstrategie der ElringKlinger AG. Mit Plastic >>

Der französische Automobilzulieferer hat 2020 einen konsolidierten Umsatz von über 7,7 Mrd. Euro erwirtschaftet. Der Umsatz der ElringKlinger AG lag bei 1,48 Mrd. Euro. Für das Jahr 2030 hat EKPO ein Umsatzvolumen von 700 Mio. bis zu 1 Mrd. Euro anvisiert.



Abb. 2: Im schwäbischen Dettingen/Erms hat EKPO eine hochautomatisierte Stack-Fertigung mit einer Produktionskapazität von 10.000 Einheiten pro Jahr aufgebaut [Quelle: EKPO]

Omnium habe man einen Partner gefunden, der „selbst an das Thema Wasserstoff glaubt und auch eine eigene Wasserstoffagenda hat“. Dabei nutzt das französische Unternehmen die EKPO-Stacks auch in seinen eigenen Systemen. Für den CFO ein erfreulicher Aspekt: „Was kann es Besseres geben, als einen Investor zu haben, der gleichzeitig auch für ein gewisses Nachfragevolumen steht und damit sich auch operativ einbringt.“

Die Strategie hinter der Gründung von EKPO als einer eigenständigen Einheit war es, „einen Player zu haben, der sich voll auf das BZ-Business konzentrieren kann“. Das Joint Venture bietet BZ-Stacks und -komponenten in verschiedenen Größenklassen für ein breites Spektrum an Anwendungen an. Dabei profitiert man insbesondere von der Expertise von ElringKlinger, da das Unternehmen schon seit mehr als 20 Jahren in der BZ-Technologie aktiv ist.

Stellberger geht davon aus, dass man hinsichtlich des Industrialisierungsreifegrads der Stacks in etwa zwei Jahre Vorsprung gegenüber den Wettbewerbern hat. „Wir sind in der Lage, im industriellen Maßstab bis zu 10.000 Einheiten pro Jahr in unserer Leadfabrik in Dettingen/Erms zu marktfähigen Preisen zu fertigen“, betont er. Bei der dort aufgestellten automatisierten Stacking-Linie handelt es sich bereits um die zweite Generation. Die erste Linie hatte man vor vier Jahren im Rahmen eines Förderprojekts realisiert.

HOCHAUTOMATISIERTE PRODUKTIONSTECHNOLOGIE

Laut Stellberger drückt sich der Reifegrad einerseits in der Art und Weise der hochautomatisierten Produktionstechnologie auf Basis von Automotive-Standards und andererseits im Reifegrad der Produkte aus. Als Beispiel nennt er hier den Stack NM5-EVO, der vor allem in Pkw und in leichten Nutzfahrzeugen zur Anwendung kommen soll. Beim aktuellen PEM-Stackmodul, das 2021 in die Serienproduktion ging und über eine Leistung von bis zu 76 kW_{el} (bei 2,5 bar Betriebsdruck) verfügt, handelt es sich nach dem NM5 und dem NM5B bereits um die dritte Stack-Generation in dieser Größenklasse. „Dies war eine kontinuierliche Weiterentwicklung und vor allem auch der Shift von einem guten Design hin zu einem guten industrialisierungsfähigen Design“, betont der CFO.

Bei dem größeren NM12-Stack, der ebenfalls auf der letzten IAA Mobility (s. HZwei-Heft Jan. 2022) einer breiteren Öffentlichkeit präsentiert wurde, sorgt eine vergrößerte Aktivfläche für eine Steigerung der Leistung. Mit einer Leistungsdichte von 6,2 kW pro Liter stellt der Stack laut Stellberger einen Benchmark dar. Das PEM-Stackmodul NM12 TWIN kommt mit 598 Zellen (2 x 299 Zellen) auf Basis metallischer Bipolarplatten auf eine elektrische Leistung von bis zu 205 kW. Das Plug-in-Modul zielt damit in erster Linie auf schwere kommerzielle Anwendungen (Lkw, Bahn, Schiff) ab.

FLOTTEN ALS LOGISCHES EINSATZFELD Nach Stellbergers Beobachtung ist die Dynamikentwicklung insbesondere im Bereich der Nutzfahrzeuge enorm. Dies unterstreicht er mit folgenden Zahlen: „Vor drei Jahren waren kaum Fahrzeugprogramme bei mittleren und kleineren Nutzfahrzeugen lanciert. Stand heute sind bis in das Jahr 2030 weltweit schon über 50 Modelle auf Wasserstoffbasis im Bereich kleiner sechs Tonnen angekündigt.“ Dabei sprechen laut dem Finanzchef zwei Argumente im Nutzfahrzeugbereich eindeutig für die BZ: „Dort wo das Geschäftsmodell einen kontinuierlichen Betrieb erfordert, wo Operating Time Geld ist, macht Batterietechnologie allein aufgrund der langen Ladezeiten und damit Stillstandzeiten des Fahrzeugs als Produktions- oder Wertschöpfungsmedium wenig Sinn. Deshalb ist überall dort, wo Flotten im Einsatz sind – von der Last Mile Delivery bis hin zu Taxiflotten –, ein logisches Einsatzfeld für Wasserstoff und BZ.“

Mitte vergangenen Jahres hat EKPO den ersten großen Serienauftrag im hohen zweistelligen Millionen-Euro-Bereich vom Aachener Mobilitätsunternehmen AE Driven Solutions GmbH (AEDS) gewonnen. Das Unternehmen, das mit der Entwicklung des batteriebetriebenen Lieferfahrzeugs Streetscooter einen hohen Bekanntheitsgrad erreichte, setzt nun auch auf brennstoffzellenbetriebene Fahrzeuge in Verbindung mit neuen Mobilitätskonzepten in urbanen Regionen. Zum Einsatz kommt der NM5-EVO-Stack, der laut Stellberger mit einem vergleichsweise geringen Gewicht und einem Leistungsspektrum von bis zu 76 kW im Druckbetrieb punktet. „Im Erfolgsfall reden wir hier über vier- bis fünfstelligen Stückzahlen pro Jahr“, berichtet der CFO.

GESPRÄCHE MIT SCHIFFS- UND ZUGHERSTELLERN Im maritimen Markt seien häufig höhere Leistungsklassen im Bereich von mehreren Hundert kW bis hin zum MW-Bereich gefragt. Hier zeigen nach der Beobachtung Gernot Stellbergers aktuell insbesondere Hersteller und Betreiber von Fähren und Jachten ein großes Interesse (s. S. 46). „Diese geraten zunehmend unter Druck aufgrund der steigenden Auflagen in Häfen mit Blick auf Emissionen“, weiß der EKPO-Geschäftsführer. Auch hier stoße die Batterie an technische Grenzen. „Wer möchte schon seine Jacht 15 Stunden zwangsweise in einem Hafen liegen haben“, gibt Stellberger zu bedenken. Zudem haben Jachten einen enorm hohen Energiebedarf für Klimatisierung und die sonstige Infrastruktur, so dass auch hier die Brennstoffzelle ihre Stärken ausspielen könne.

Auch der Zugverkehr ist ein sehr interessantes Thema für den BZ-Einsatz. „Wir sind in sehr guten und intensiven Gesprächen mit verschiedenen Zugherstellern“, berichtet Stellberger. Hintergrund sei häufig der emissionsfreie Betrieb von Strecken ohne Oberleitung. Da eine Nachrüstung ziemlich kostenintensiv ist, sind Wasserstoffzüge eine sehr interessante Alternative. EKPO adressiert diesen Markt aktuell



Abb. 3: Gernot Stellberger
[Quelle: EKPO]

mit der NM12-Twin-Lösung, die in erster Linie auf kommerzielle Anwendungen im höheren Leistungsbereich (> 100 kW) abzielt.

LUFTFAHRT-JOINT-VENTURE AEROSTACK

Etwas konkreter sind die Aktivitäten bereits im Luftverkehr. Im Oktober 2020 ist Stellbergers Unternehmen mit Airbus das Joint Venture Aerostack GmbH eingegangen. Am EKPO-Hauptstandort Dettingen laufen die

Arbeiten an einem entsprechenden luftfahrttauglichen Stack. Stellberger weiß: „In der Luftfahrt sind Volumen und Gewicht die wichtigsten Kriterien.“ Von besonderer Bedeutung ist deshalb eine hohe Leistungsdichte. Auch hier stellt die NM12-Stackplattform mit einer Leistungsdichte von 6,2 kW pro Liter die Basis der Arbeiten dar.

Gefordert sind in der Luftfahrt zudem ein höheres Temperaturniveau oder andere Luftfeuchten. Und auch die Entwicklungszyklen sind andere als etwa im Automotive-Sektor. In einer Pressemitteilung hatte Airbus kommuniziert, bis 2035 ein BZ-Flugzeug produzieren zu wollen. „Im gleichen Zeitraum von 14 Jahren haben wir im Vergleich dazu bereits drei oder vier Autozyklen bewältigt“, unterstreicht Stellberger.

Anfang Februar hat Aerostack einen Folgeauftrag erhalten. Über die kommenden zwei Jahre wird EKPO Entwicklungsdienstleistungen erbringen und für Luftfahrtanwendungen optimierte BZ-Stacks liefern. Dies trage dazu bei, das Know-how bei zentralen Komponenten, wie bei Bipolarplatten und Dichtungstechnologie, weiter auszubauen, teilt EKPO mit.

KOOPERATIONEN MIT WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG

Bei der Weiterentwicklung der BZ-Stacks setzt EKPO auch auf Kooperationen mit Wissenschaft und Forschung. So entwickelt man mit Fachleuten des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) in Ulm im Rahmen der Forschungsfabrik für Wasserstoff und Brennstoffzellen (HyFaB) die notwendigen Voraussetzungen und Prozesse für die Großserienproduktion. Das aktuelle Vorhaben zielt auf einen generischen BZ-Stack als vorwettbewerbliche und herstellerunabhängige Entwicklungsplattform ab. Laut ZSW-Angaben handelt es sich dabei um „eine Art Universalwerkzeug für die technologische Weiterentwicklung der Brennstoffzelle“. Das Stack-Konzept ist mit rund 500 Einzelzellen bis zu einer maximalen Leistung von 150 kW ausgelegt. ||

DC Power Supplies for Power to-X



- Gleichstromquellen in bewährter Schaltnetzteiltechnologie
- Oberschwingungen < 3% (mit AFE Technologie)
- kompaktes Design
- bis zu 240 kW DC Ausgangsleistung



plating electronic
we care for power

BZ-ANTRIEB AUCH FÜR GROSSE SCHIFFE DENKBAR

Ammoniak, Methanol und Wasserstoff als maritime Treibstoffe



Abb. 1: Die ONE 50 soll eine umweltfreundliche Seefahrt ermöglichen [Quelle: Meyer Werft]

46

Derzeit fahren sie noch mit Schweröl – einer Substanz, die eher an Teer als an einen Fahrzeugkraftstoff erinnert. Schweröl ist der Rest, der nach diversen Destillationsvorgängen von Rohöl übrigbleibt. Wenn die leichter flüchtigen Bestandteile (Kerosin, Benzin, Diesel, Heizöl) für andere Anwendungen abgetrennt wurden, bleibt für die großen, robusten Zweitaktmotoren der Ozeanriesen diese schwarze Pampe, die erst erwärmt werden muss, bevor sie dann verbrannt werden kann. Der Umstieg auf andere Kraftstoffe wie beispielsweise LNG (Liquefied Natural Gas) ist zwar bereits eingeleitet, wird aber nicht ausreichen. Deswegen setzen immer mehr Akteure auf Wasserstoff und unternehmen derweil erste Realisierungsversuche.

Während allerdings für Containerschiffe Wasserstoff bislang noch keine Option ist, wird bei – ähnlich großen – Kreuzfahrtschiffen zumindest schon ernsthaft darüber nachgedacht. Bislang beschränkten sich derlei Überlegungen in diesem Segment jedoch auf Bordenergieversorgungs-lösungen. Die riesigen Langhuber durch H₂-Antriebe zu ersetzen galt bislang als nicht realistisch. Im Sommer 2021 gab allerdings die Reederei MSC bekannt, in einer Studie prüfen zu wollen, ob Kreuzfahrtschiffe ohne fossile Energien auskommen könnten.

MSC hat sich dafür mit der Großwerft Fincantieri und dem Gasversorger Snam, beide aus Italien, zusammengesetzt. Gemeinsam wollen die drei Schwergewichte ausloten, ob Kreuzfahrtschiffe mit Wasserstoff angetrieben werden können. Dafür ist zunächst eine Machbarkeitsstudie geplant, bei der sowohl Konstruktion und Bau des Schiffs als auch die Entwicklung der zugehörigen Betankungsinfrastruktur analysiert werden sollen.

Erklärtes Ziel der Reederei ist, bis 2050 CO₂-neutral unterwegs zu sein. Die Internationale Schifffahrts-Organisation IMO sieht bis dahin lediglich eine 50-prozentige Reduzierung der Treibhausgasemissionen gegenüber 2008 vor.

STACK-HERSTELLER ENTDECKEN SCHIFFFAHRT Die Puchheimer Proton Motor Fuel Cell GmbH arbeitet ebenfalls mit der italienischen Fincantieri S.p.A. zusammen

und meldete Ende Januar 2022 die Auslieferung des neuen Brennstoffzellensystems HyShip 72. Dabei handelt es sich um ein System mit einer Leistung von 142 kW, das speziell an die ZEUS-Modelle (Zero Emission Ultimate Ship) des Triester Schiffbauers angepasst wurde. Zusammengesetzt ist die kompakte Einheit aus zwei wasserstoffbetriebenen PEM-Stack-Modulen vom Typ PM 400-120, einem Batteriesystem sowie einem Metallhydrid-Wasserstoffspeicher.

Parallel arbeitet der Brennstoffzellenhersteller gemeinsam mit der in Gilching ansässigen Torqeedo GmbH an einem Bausatz für Hybridantriebe in maritimen Anwendungen. Unter dem Projekttitel Ma-Hy-Hy (Marine-Hydrogen-Hybrid) wollen die beiden bayerischen Unternehmen das bestehende Deep-Blue-Hybrid-System von Torqeedo mit BZ-Technik, und zwar mit dem PM-400-Stack, ausstatten.

Torqeedo ist ein auf maritime Anwendungen spezialisiertes Elektromobilitätsunternehmen und seit 2017 Teil des Deutz-Konzerns. Zum Produktportfolio gehören Antriebsysteme von 0,5 bis 100 kW für den gewerblichen sowie den Freizeitbereich. Ziel von Ma-Hy-Hy ist der Aufbau von Hybridantriebslösungen im Leistungsbereich zwischen 50 bis 200 kW mit Brennstoffzellen (30 bis 120 kW) und Batterien (40 bis 160 kWh). Das von der Bayerischen Staatsregierung geförderte Vorhaben läuft bis 2024.

Auch der Mitbewerber PowerCell Sweden versucht sich in diesem Bereich. Mit dem PowerCellution Marine System 200 präsentierten die Schweden im Mai 2021 ein Brennstoffzellenmodul, das aus mehreren PowerCell-S3-Stacks besteht. Jedes Modul verfügt über eine Leistung von 200 kW und kann durch Parallelschaltung bis in den Megawattbereich skaliert werden. Richard Berkling, CEO von PowerCell Sweden AB, erklärte: „Mit dem PowerCellution Marine System 200 können wir dem Marinesegment eine skalierbare und vollständig industrialisierte Lösung anbieten, die dem Bedarf des Segments nach einer verstärkten Elektrifizierung entspricht.“

Zum Einsatz kommen könnten solche Großsysteme beispielsweise bei Havyard, das bereits 2019 den Bau großer Schiffe mit Brennstoffzellenantrieb ankündigte (s. HZwei-Heft Jan. 2020). Havyard Group ASA ist ein norwegisches Schifffahrtsunternehmen, das im November 2020 extra ein eigenes Tochterunternehmen gründete, um diesen Geschäftszweig auszubauen: Havyard Hydrogen AS. Dessen leitender Vice-Präsident Kristian Osnes sagte: „Wir können jetzt ein System mit 3,2-MW-Brennstoffzellen anbieten. Dies wird es großen Schiffen ermöglichen, über längere Strecken emissionsfrei zu fahren. Gleichzeitig ist das System skalierbar und kann sowohl von großen als auch von kleinen Schiffen genutzt werden.“

Derweil ist auch das kanadische Unternehmen Ballard Power bemüht, seine BZ-Module seetauglich zu gestalten. Dafür kreierte die werkseigenen Ingenieure mit ihren europäischen Kollegen in Hobro, Dänemark, auf Basis des flüssigkeitsgekühlten FCgen®-LCS-Stacks aus dem Heavy-Duty-Sektor das FCwaveTM-Modul mit einer Leistung von 200 kW. Eingesetzt werden soll diese Einheit in der C-H2, einem wasserstoffbetriebenen Schiff, das der in Vancouver angesiedelte Brennstoffzellenhersteller gemeinsam mit dem australischen Unternehmen Global Energy Ventures plant. Die C-H2 soll eine Antriebsleistung von rund 26 MW bekommen und für

den Transport von 2.000 Tonnen komprimiertem grünem Wasserstoff konzipiert werden. Insgesamt hat Ballard innerhalb der vergangenen 30 Jahre schon rund 1,5 Mrd. US-\$ in die Entwicklung seiner PEM-Technologie investiert.

HOCHPREISIGES SEGMENT ALS EINSTIEGSMARKT Mit ähnlichen Antriebssystemen, nur noch größer, liebäugelt auch die Meyer Werft. Im Herbst 2021 präsentierte der Papenburger Schiffbauer das Konzept einer Megayacht auf der Monaco Yacht Show. Das Familienunternehmen bezeichnet den Bau von Megayachten als „neues Marktsegment“ und hat dafür eine eigene Marke geschaffen: Meyer Yachts. Die ONE 50 soll somit der „Anfang unserer Ideen und Pläne“ sein, wie Geschäftsführer Thomas Weigand sagte.

Dieses erste Modell soll 150 m lang und 20 m breit werden und über eine elektrische Leistung von 25 Megawatt verfügen (Höchstgeschwindigkeit: 23 Knoten). Auf den sechs Decks sollen maximal 44 Gäste, ein Spa-Bereich, ein Kino nebst Billard-Salon, ein Entertainment-Bereich mit Bühne, eine Kunstgalerie und ein riesiger Pool Platz finden. „Wir sehen bei Megayachten sehr viel Potential für neue umweltfreundliche Technologien, die wir auch in der ONE 50 direkt einsetzen, zum Beispiel die Brennstoffzelle für einen emissionsfreien Schiffsbetrieb“, sagte Malte Poelmann aus der Geschäftsleitung der Meyer Werft.

Ein weiterer Yachthersteller hat sich derweil mit SFC Energy zusammengetan. Nordic Yachting verkündete im Juli 2021, dass seine Freizeitboote der Marke Winner Yachts zukünftig mit den EFOY-Brennstoffzellen von SFC ausgestattet werden können – sowohl für die Bordstromversorgung als auch zur



Abb. 2: Das HyShip-72-System von Proton Motor
[Quelle: Proton Motor]

Antriebsunterstützung. Der Brunthaler Hersteller von Wasserstoff- und Methanolf Brennstoffzellen geht damit weiter in Richtung maritime Anwendungen, nachdem er im Herbst 2020 bereits eine Kooperation mit ePropulsion, einem Anbieter von Elektrobootmotoren, bekanntgegeben hatte.

Eine Nummer kleiner ist die Hyrex 28 – ein Elektroboot, das im November 2021 in Norwegen vorgestellt wurde. Das elektrisch betriebene Wassergefährt verfügt über einen >>

47

HyVolution

THE HYDROGEN EVENT
FOR ENERGY, INDUSTRY, MOBILITY

11 & 12 MAY 2022
PEC, PARIS, FRANCE

YOUR 100% HYDROGEN MEETING IN 2022

More than
200

exhibitors and brands:
production, distribution,
storage, services...

2

days of high-level
conferences

1

real opportunity
for business, exchanges
and meetings

APPLY FOR YOUR FREE PASS:

on www.hyvolution-event.com with the code **PPGEN**

VISITOR HOTLINE:

+33 (0)4 78 176 216 - hotlinevisiteurs@gl-events.com

www.hyvolution-event.com



In collaboration with:





Abb. 3: Das methanolbetriebene Maritime-Fuel-Cell-System von Freudenberg (500 kW) [Quelle: Freudenberg]

20-kWh-Batteriespeicher sowie über eine 30-kW-Brennstoffzelle der Firma Cummins als Range Extender. Mithilfe von 17 kg Wasserstoff, gespeichert in zwei Behältern, sollen 20 bis 25 Betriebsstunden bei zehn Knoten Reisegeschwindigkeit möglich sein. Entwickelt wurde dieses E-Boot von der Firma Hyrex, die im Februar 2020 in Nøtterøy am Westufer des Oslo Fjords gegründet wurde.

Henrik Torgersen, einer der Gründer, berichtete Teknisk Ukeblad, aus seiner Sicht könnten zunächst fünf dieser Boote pro Jahr gebaut werden. Versorgt werden könnten diese mithilfe von H₂-Stationen der Firma Hynion (firmierte bis September 2019 unter Hydrogenic – ohne s am Ende).

VIELE MARITIME AKTIVITÄTEN IN NORWEGEN In Norwegen passiert derzeit diesbezüglich ohnehin sehr viel. So gründete Hexagon Purus ein eigenes Unternehmen, das sich explizit um die H₂-betriebene Schifffahrt kümmert – vornehmlich in Norwegen, aber auch darüber hinaus: Hexagon Purus Maritime AS. Morten Holum, CEO von Hexagon Purus, erklärte: „Unsere Bemühungen, emissionsfreie Lösungen auf die norwegischen Wasserstraßen zu bringen, sind eine große Chance für uns, etwas zu bewirken, und können als Schaufenster für den Rest der Welt dienen. [...] Wir sehen eine starke Dynamik für grüne Energie und sauberen Transport auf der ganzen Welt, auch in Norwegen - und wir glauben, dass der Fortschritt nicht warten kann.“

Hexagon hat sich bereits an zahlreichen Demonstrationsprojekten beteiligt, wie beispielsweise an Hellsøylt Hydrogen Hub sowie H₂CarbonCat, aber auch an der Sea Change, einem wasserstoffbetriebenen Katamaran, der Passagiere in der San Francisco Bay befördert (s. HZwei-Heft Jan. 2019). Außerdem beteiligen sich die Norweger gemeinsam mit Ballard und zahlreichen europäischen Unternehmen im Rahmen des EU-Förderprogramms Seaways am Bau einer H₂-Fähre, die Platz für 1.800 Passagiere und 380 Autos oder 120 Lkw bieten soll. Die dänische Reederei DFDS möchte dieses 23-MW-Schiff ab 2027 zwischen Kopenhagen und Oslo betreiben.

Aber nicht nur Wasserstoff spielt eine Rolle. Neben Ammoniak (s. S. 30) wird auch an Methanollösungen gearbeitet. So entwickelt derzeit Freudenberg gemeinsam mit der Lürssen Werft eine Antriebseinheit für Yachten. Freudenberg, eigentlich vornehmlich ein Automobilzulieferunternehmen, weitet seinen Tätigkeitsbereich zunehmend aus und dringt nicht nur in den Bus- sowie den stationären Brennstoffzellensektor, sondern jetzt auch in den maritimen Bereich vor.

Freudenbergs Ziel ist – ähnlich wie oben bereits erwähnt – zunächst der hochpreisige Markt der Megayachten. Nach Unternehmensangaben ist das Brennstoffzellensystem dazu

da, dass die Yacht „15 Tage lang emissionsneutral ankern oder 1.000 Meilen cruisen“ kann. Wobei sich Freudenberg nicht auf Methanol festlegt, sondern auch für LNG über entsprechende Reformertechnologien verfügt, die in den maritimen Brennstoffzellensystemen im sogenannten Hydrogen Supply Module integriert sind. Die nachgeschalteten BZ-Stacks können also sowohl aus Methanol als auch aus LNG reformierten Wasserstoff zu Strom und Wärme verarbeiten oder aber mit purem Wasserstoff betrieben werden.

Dr. Manfred Stefener, Vice President Brennstoffzellensysteme bei Freudenberg Sealing Technologies, sagte: „Wir werden den kompletten Energiebedarf von Schiffen inklusive des Hauptantriebs dank der Integration von Brennstoffzellen-Batterie-Lösungen abdecken. Mit dieser Hybridisierungsstrategie lassen sich die erforderlichen Installationen im zweistelligen Megawatt-Bereich je Schiff nachhaltig und kosteneffizient realisieren.“

Parallel arbeiten beide Unternehmen, Freudenberg wie Lürssen, auch noch mit weiteren Partnern im Förderprojekt Pa-X-ell 2 an der Entwicklung und Erprobung eines hybriden Energiesystems für Yachten und hochseetaugliche Passagierschiffe. Dazu sagte Claus Möhlenkamp, CEO von Freudenberg Sealing Technologies: „Nach der Kooperation mit der Meyer Werft im Kreuzfahrtbereich beweisen wir nun gemeinsam mit Lürssen die generelle Übertragbarkeit unserer Technologie auf alle maritimen Subsegmente.“

TOYOTA UNTERSTÜTZT ENERGY OBSERVER Der japanische Toyota-Konzern hat währenddessen seine Ambitionen im maritimen Bereich ausgeweitet. Der Automobilbauer unterstützt bereits seit Jahren die Energy Observer (s. HZwei-Heft Okt. 2017), die komplett CO₂-frei um die Welt segelt. An Bord des Katamarans erprobt Toyota eine modulare H₂-Antriebslösung, die auf den Brennstoffzellenmodulen des H₂-Pkw Mirai basiert. Dieses REXH2-Modul wird mittlerweile auch in der 12-Meter-Yacht Hynova 40 eingesetzt. Wie der Name bereits andeutet, handelt es sich bei diesem System um eine Reichweitenverlängerung, einen Range Extender.

Ein weiteres Ergebnis dieser Kooperation ist ein stationärer Brennstoffzellengenerator (290 kW), der an netzfernen Orten sauberen Strom liefern kann. Der GEH2 stammt von dem französischen Forschungsunternehmen Energy Observer Developments (Eodev), die BZ-Technik von Toyota. ||

E4PORTS

Die NOW GmbH hatte bereits 2009 in dem Leuchtturmvorhaben e4ships mit der Erforschung maritimer H₂-Anwendungen begonnen. Im September 2021 kam ein weiteres Projekt hinzu. e4ports widmet sich allerdings – wie der Name andeutet – weniger den Schiffen, sondern vorrangig den Häfen. An der Auftaktveranstaltung beteiligten sich in Berlin und online Hafenorganisationen, Terminalbetreiber, Logistikunternehmen, Reedereien, Energieerzeuger und -versorger, Netzbetreiber und Behörden, um gemeinsam zu erörtern, wie der maritime Verkehr emissionsfrei gestaltet werden kann.

NOW-Geschäftsführer Kurt-Christoph von Knobelsdorff erklärte: „Häfen sind Nervenzentren einer Volkswirtschaft. Ohne sie geht es nicht – auch nicht bei der Erreichung der Klimaziele. Als Knotenpunkte für Güter- und Wirtschaftsverkehr weisen Häfen komplexe Energieströme auf. Diese auf erneuerbare Energien umzustellen ist eine Herausforderung, an der die unterschiedlichen Akteure bei e4ports gemeinsam arbeiten.“

NEUARTIGES MOLEKÜL SPEICHERT SONNENLICHT

Photochemische Wasserstoffherzeugung



Abb.: In diesem Photoreaktor gelang es dem Forschungsteam, die Lichtenergie in ihrem neu entwickelten Molekül zu speichern [Quelle: Heiko Grandel]

Anstatt per Elektrolyse lässt sich Wasserstoff auch photochemisch erzeugen. Ein Forschungsteam der Universität Ulm hat ein Molekül entwickelt, das die Energie aus dem Licht zunächst speichert, indem es von einem anderen Molekül freigesetzte Elektronen festhält. Den Wasserstoff kann man dann damit zu einem späteren Zeitpunkt nach Bedarf herstellen.

Bei dem neuartigen Molekül handelt es sich um eine „kovalente Photosensibilisator-Polyoxometalat-Dyade“. Dyade bedeutet dabei, dass die Verbindung zwei Funktionen erfüllt: Ein Teil des Moleküls ist für die Übertragung von Elektronen zuständig, ein anderer speichert die Energie. Die genaue Bezeichnung des Moleküls kommt in der Veröffentlichung nicht vor. „Der Name wäre etwa vier Zeilen lang“, erklärt Prof. Sven Rau vom Institut für Anorganische Chemie der Universität Ulm.

Die Substanz ist bei Umgebungsbedingungen flüssig, was die Lagerung vereinfacht. Bringt man sie mit einem Stoff, der bei Lichteinfluss Elektronen abgibt, zusammen, nimmt jedes Speichermolekül zwei Elektronen auf. Speichert man den Stoff bei Dunkelheit und unter Luftabschluss, halten die Moleküle die Elektronen fest. Sie lassen sie erst wieder los, wenn man positive Wasserstoffionen (H^+) dazu gibt. Das kann zum Beispiel mit einer Säure geschehen. Im Experiment nutzten die ForscherInnen Schwefelsäure.

Die Wasserstoffionen reagieren mit den gespeicherten Elektronen zu Wasserstoff. Die Reaktion des zentralen Moleküls ist reversibel. Das heißt, es kann immer wieder mit Elektronen be- und entladen werden. Das Forschungsteam um Prof.

Rau hat damit als erstes gezeigt, wie man Wasserstoff nicht nur mithilfe von Licht erzeugen, sondern diese Reaktion auch noch zeitlich so steuern kann, dass sie als Energiespeicher nutzbar ist.

In den nächsten Schritten ist einiges an Optimierungsarbeit zu leisten. Zum Beispiel ist der Wirkungsgrad bisher noch sehr gering. „Wir haben gezeigt, dass es geht. Nun können wir – und alle anderen Wissenschaftler – die Effizienz steigern“, sagt Rau. „Zudem reagiert ein Teil der beladenen Moleküle vorzeitig, und zwar nach einem bisher völlig unbekanntem Mechanismus. Bei den ersten Versuchen ging so innerhalb von 150 Minuten schon ein Sechstel der gespeicherten Elektronen verloren.“ Rau hält aber eine Speicherung über Tage oder Wochen für möglich, „grundsätzlich auch länger“, sagt er.

Auf der To-do-Liste steht auch die Suche nach einem geeigneten Reaktordesign sowie nach nachhaltigen und kostengünstigen Reagenzien. Als „Elektronenspender“ käme zum Beispiel statt der jetzt verwendeten organischen Stickstoffverbindung ein Alkohol in Frage – oder in weiter Zukunft sogar Wasser. Das könnte auch gleich die H^+ -Ionen liefern.

Auch wenn die Zwischenspeicherung der Energie einzigartig ist, sind die ForscherInnen aus Ulm nicht die Einzigen, die nach einem photoelektrischen Verfahren zur Wasserstoffherzeugung suchen. Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht arbeitet zum Beispiel an einem künstlichen Blatt. Allen Verfahren ist aber gemeinsam, dass sie sich noch im Laborstadium befinden. ||

49

Weiterbildung für die Energiewende

In 2022 zünden wir den H₂-Weiterbildungsturbo und bieten Ihnen einen Strauß von topaktuellen (Zertifikats-) Weiterbildungsangeboten rund um den Wasserstoff.

- Fachkraft Wasserstoff – Befähigte Person nach TRBS 1203
- Wasserstoffherzeugung
- Wasserstoff-Praxistag
- Gasanlagen in Fahrzeugen (Module E, 1E und 2E nach DGUV-FBHM-099)

Profitieren Sie von unserer langjährigen Erfahrung im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle und unserem starken Praxisbezug. In eigenen Laboren, aber auch mit mobilen Praxisübungen bringen wir Ihnen auch den „handwerklichen“ Umgang mit Wasserstoff bei.



NACHHALTIGER EINSATZ VON UNGENUTZTEM H₂

H₂-Recycling an der DHBW Mannheim

Wasserstoff steht aktuell als Energieträger der Zukunft noch ganz am Anfang, aber weltweit ist das Element bereits heute ein wichtiger Bestandteil zahlreicher industrieller Prozesse. Um effizient mit dem Rohstoff umgehen zu können, realisiert das Forschungscampus Elektrochemie (ELCH) der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) Mannheim ein wegweisendes Verbundprojekt: H₂-Recycling durch elektrochemische Kompression. Der Fokus im EH2C-Projekt liegt auf dem Recycling von Wasserstoff, der bei der Produktion von Solarzellen und anderen Halbleitern anfällt.

Als eine der wenigen wissenschaftlichen Institutionen in Deutschland verfügt die DHBW Mannheim am Campus Eppelheim über ein eigenes Wasserstoff- und Brennstoffzellenlabor mit einem elektrochemischen Verdichter (engl. Electrochemical Hydrogen Compressor, EHC) und damit über ideale Voraussetzungen für das neue Forschungsprojekt EH2C. Es handelt sich dabei um ein Anschlussprojekt zu dem Horizon-2020-Projekt MEMPHYS, bei dem erfolgreich ein System entwickelt wurde, das es ermöglicht, Wasserstoff zu reinigen und zu verdichten.

Bei EH2C geht es jetzt vier Stufen höher auf dem Technology Readiness Level (TRL – Technologie-Reifegrad), wodurch das Verfahren schon sehr bald in der Industrie zum Einsatz kommen könnte. Dabei fokussiert sich das Forschungsteam um Prof. Sven Schmitz auf einen spezifischen Anwendungsfall: Auf Wasserstoff, der bei der Produktion von Solarzellen und anderen Halbleitern anfällt.

Bislang wird dieses Gas – völlig ungenutzt – entweder mit Luft verdünnt oder durch Verbrennung an die Umgebung abgegeben. Allein in Europa sind dies jährlich mehrere Tausend Tonnen. Neben einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsanalyse soll bei EH2C der elektrochemische Verdichter so weit optimiert werden, dass er den Wasserstoff aus den Abgasen der Halbleiterproduktion filtert und komprimiert, um ihn wiederzuverwenden.

FLEXIBEL, SKALIERBAR UND VERLÄSSLICH Die technische Herausforderung beim H₂-Recycling in der Halbleiterindus-

MEHRWERT FÜR DIE SOLAR- UND HALBLEITER-PRODUKTION

Wasserstoff wird insbesondere in der Solar- und Halbleiterproduktion häufig als Trägergas eingesetzt, um verschiedene Präkursoren (Vorläufersubstanzen) und Nebenprodukte durch die Prozessanlage zu transportieren. Eine hohe Qualität des Endproduktes erfordert einen hohen H₂-Reinheitsgrad, der sich in den Betriebskosten niederschlägt. Als Trägergas ist Wasserstoff nicht oder nur in sehr geringem Maß an den chemischen Reaktionen in der Prozessanlage beteiligt und liegt dadurch auch noch zu großen Anteilen im Abgas vor. Angesichts der großen Produktionsvolumina in diesen weiter stark wachsenden Branchen birgt ein Gasrecycling ein sehr hohes wirtschaftliches und ökologisches Potenzial.

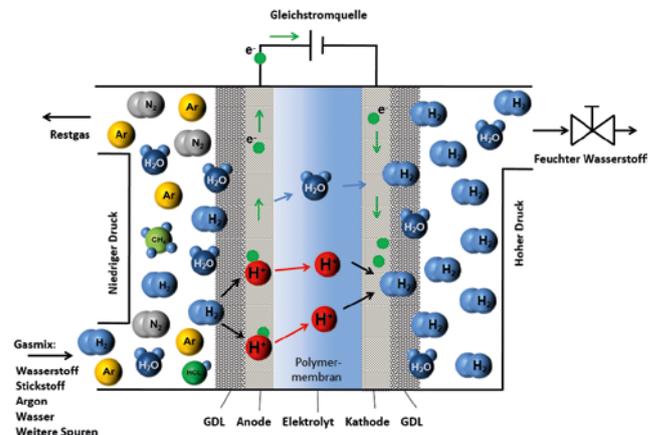


Abb. 1: Schematischer Aufbau und Funktionsprinzip eines EHC [Quelle: DHBW Mannheim]

trie ist, dass es sich dort um viele kleine und mittlere Produktionsanlagen handelt. Herkömmliche Aufbereitungsverfahren sind allerdings nur für den großtechnischen Einsatz konzipiert und lassen sich wirtschaftlich nicht sinnvoll herunterskalieren. Die kompakte und modulare Bauweise eines EHC-Recyclingsystems reinigt sowohl kleine als auch große Abgasströme und deckt somit ein breites Spektrum an Produktionsanlagen ab. Des Weiteren unterscheiden sich je nach Produktionsverfahren und Prozessschritt die Abgaszusammensetzung und damit auch der Wasserstoffgehalt im Abgas teilweise stark. Auch hierfür ist das Recyclingsystem die richtige Antwort, denn es passt sich den wechselnden Gegebenheiten an und gewährleistet trotzdem immer eine konstant hohe Reinheit.

FUNKTIONSPRINZIP EHC Bei einem EHC, der wie eine Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle aufgebaut ist, wird der Wasserstoff auf der Anodenseite katalytisch in Elektronen und Protonen geteilt. Die freigesetzten H⁺-Protonen werden durch die Membran transportiert, während die Elektronen über die elektrisch leitenden Komponenten und den äußeren Stromkreis zur Kathode fließen, an der die Protonen wieder reduziert werden und zu molekularem Wasserstoff rekombinieren. Dieser Vorgang funktioniert hoch selektiv für Wasserstoff und erfordert nur vergleichsweise wenig Energie. Andere Bestandteile des Anodengases sind von den Transportmechanismen nicht betroffen und werden aus dem System entfernt. So sind die Reinigung und die Druckerhöhung des Wasserstoffs innerhalb einer Stufe möglich. Der Betrieb ist einfach steuerbar und lässt sich optimal an die stetig wechselnden Abgaszusammensetzungen bei den Prozessen der Halbleiterindustrie anpassen.

„Das Thema Recycling rückt normalerweise erst zu einem späteren Zeitpunkt in den Vordergrund. Wir blicken bereits jetzt in die Zukunft. Wir sind optimistisch, dass unser Verfahren innerhalb von zwei Jahren bei ersten Firmen eingesetzt werden könnte. Gleichzeitig liefern wir eine Lösung, die sofort genutzt werden kann, wenn Wasserstoff als Energieträger marktreif ist.“

Prof. Sven Schmitz, Projektleiter an der DHBW Mannheim

STARKES TEAM AUS WISSENSCHAFT UND INDUSTRIE
Das Verfahren soll innerhalb der zweijährigen Förderphase durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz in die Demonstrationsphase überführt werden und den kooperierenden Firmen einen sofortigen Nutzen mit Recyclingraten von mindestens 75 Prozent ermöglichen. Gleichzeitig liefert das Projekt wichtige Erkenntnisse zur Anwendung des Recyclingverfahrens auch in anderen Bereichen, wodurch dieses einsatzbereit wäre, sobald sich Wasserstoff als Energieträger durchsetzt.

Für dieses wegweisende Vorhaben haben sich Experten aus verschiedenen Sektoren zusammengefunden. Initiator von EH2C war die centrotherm clean solutions GmbH. Das Unternehmen ist rund um Abgasreinigung für Prozesse der Halbleiterindustrie, Photovoltaik und artverwandter Beschichtungsprozesse weltweit tätig. Neben der Infrastruktur bringt die Hochschule ihre WissenschaftlerInnen des Forschungsclusters Elektrochemie (ELCH) ins Spiel: Mit mehreren Tausend Betriebsstunden am elektrochemischen Kompressor verfügen Prof. Sven Schmitz und die wissenschaftlichen Mitarbeiter Christian Geml und Kai Tornow über umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiet der elektrochemischen Wasserstoffreini-

gung. Außerdem gehört noch HyET Hydrogen als assoziiertes Partner und erfahrener Hersteller des EHC zum Projektteam. Über das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, den Anlagenhersteller FCT Systeme GmbH und AZUR SPACE Solar Power GmbH als Projektpartner fließt ebenso jahrelang gesammelte Expertise zu diversen Herstellungsprozessen in der Beschichtungs- und Halbleiterindustrie mit in das Projekt.



Abb. 2: Das EH2C-Team Kai Tornow, Prof. Dr.-Ing. Sven Schmitz und Christian Geml (v.l.n.r.) im Wasserstoff- und Brennstoffzellenlabor der DHBW Mannheim

Die EHC-Technologie ist eine flexible und effiziente Methode zum Wasserstoffrecycling und bietet einen Weg für eine profitablere und vor allem nachhaltige industrielle Produktion durch einen schonenden Ressourcenverbrauch. Damit ist die Technologie in ihrem Erscheinungsbild und in der

ökologischen Wahrnehmung bedeutend vorteilhafter als die bisher verfügbaren Alternativmethoden. Neben der Anwendung zur Wasserstoffrückgewinnung in Industrieanlagen ist das Funktionsprinzip eines EHC außerdem in weiteren Bereichen einsetzbar, wodurch der Entwicklungsfortschritt >>

51



electrical energy storage

Europe's Largest and Most International Exhibition
for Batteries and Energy Storage Systems
MESSE MÜNCHEN, GERMANY

MAY
11-13
2022
www.ees-europe.com

WITH GREEN HYDROGEN FORUM & EXPO

- From fuel cells and electrolyzers to Power-to-Gas
- Green hydrogen as an enabler for a climate-neutral economy
- For suppliers, project designers, manufacturers, product developers, distributors and installers
- Meet 1,450 exhibitors and 50,000+ energy experts at four parallel exhibitions

beschleunigt wird, so zum Beispiel in der Mobilität, Gebäudetechnik, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff.

VON DER MACHBARKEITSSTUDIE ... Die grundsätzliche Machbarkeit des H₂-Recyclings von Industrieabgasen konnte bereits durch mehrere Vorgängerprojekte mit einem EHC im Labormaßstab nachgewiesen werden. Bei EH2C wird nun der Aufbau und die Inbetriebnahme einer Pilotanlage in industrierelevantem Maßstab erfolgen, mit dem Wasserstoff gezielt aus unterschiedlichen Industrieabgasen gereinigt, komprimiert und anschließend wieder im selben Prozess eingesetzt werden kann. Dabei werden Recyclingraten von mindestens 75 Prozent erreicht, so dass die Menge des neu einzukauften Wasserstoffs deutlich reduziert werden könnte.

Das System wird in repräsentative Produktionsanlagen für die Halbleiterindustrie integriert, um sowohl die Funktionsfähigkeit unter realen Bedingungen zu testen als auch die Auswirkungen auf die Produktionsanlage bzw. die Produkte selbst zu untersuchen. Dadurch soll der Proof of Concept dieser Technologie im Feld nachgewiesen werden, der für die Akzeptanz potenzieller Industrieanwender enorm wichtig ist. Neben der technischen ist auch die wirtschaftliche Bewertung von großer Bedeutung. Sie entscheidet über die spätere Verbreitung der Technologie in den untersuchten und übergreifenden Industriezweigen. Der größte Einflussparameter ist dabei die Preisentwicklung für regenerativ erzeugten „grünen“ Wasserstoff.

systems im Testraum bei centrotherm clean solutions statt. Hier gilt es, mit den Projektpartnern die Funktionalität und das Zusammenspiel aller Komponenten weiter zu optimieren und auf die Gegebenheiten der Produktionsanlagen in der Halbleiterindustrie vorzubereiten. Im nächsten Schritt wird die Pilotanlage nacheinander in verschiedene Prozessanlagen beim Fraunhofer ISE und bei FCT Systeme integriert, um die Einflussfaktoren des H₂-Recyclings sowohl auf den laufenden Betrieb der Anlage selbst als auch auf die Produktionsergebnisse mit umfassenden Analysemethoden zu evaluieren.

Neben der Produktqualität wird dabei die Langzeitstabilität des Recyclingprozesses überprüft. Die DHBW Mannheim übernimmt hierbei die Vor-Ort-Betreuung der Messungen, insbesondere des Teilsystems EHC, für technisch und wirtschaftlich optimale Resultate. Gemeinsam mit centrotherm clean solutions findet außerdem die Auswertung der Messdaten statt, die für die Erstellung von Stoff- und Energiebilanzen, die Wirtschaftlichkeitsanalyse und eventuell eine Optimierung der Betriebsstrategie verwendet werden. Ergebnisse und Pilotanlage sollen nach Projektende die Grundlage für eine spätere Produktentwicklung bilden. ||

AutorInnen:



Julia Barisic
DHBW Mannheim, Mannheim
→ julia.barisic@dhbw-mannheim.de
Christian Geml
DHBW Mannheim, Mannheim
→ christian.geml@dhbw-mannheim.de



52

... HIN ZUR ERPROBUNG IM LAUFENDEN BETRIEB Parallel zu den Messungen an der DHBW Mannheim findet die Inbetriebnahme und der Betrieb der Pilotanlage des Recycling-



Mitten im Markt

Messe Stuttgart



Buchen Sie jetzt

Ihren Standplatz für Stuttgart
und Ihr Konferenzticket
für Edmonton!



f-cell.de | [@fcell_Germany](https://twitter.com/fcell_Germany)

hyfcell.com | [@hyfcell_Canada](https://twitter.com/hyfcell_Canada)



The Annual International
Hydrogen & Fuel Cell Event
25-26 May 2022 | Edmonton

ANPASSUNG DES REGELWERKS FÜR WASSERSTOFF

Aktuelles aus der H₂-Regelsetzung des DVGW



Abb. 1: Anschluss für eine mobile Molchschleuse an die H₂-Pipeline in Falkenhagen [Quelle: Dr. Klaus Steiner]

Zu den Aufgaben der Netzbetreiber gehören zum einen die sicherheitsgerichtete Gestaltung der Gasinfrastruktur und zum anderen die Gewährleistung der bestimmungsgemäßen Funktion und technischen Betriebssicherheit der Gasnetze über deren Nutzungsdauer. Netzbetreiber stellen dies über die Einhaltung der Anforderungen der technischen Regeln des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches

e.V.) für alle Gase nach dem Arbeitsblatt G 260, also auch für Wasserstoff, sicher. Mit der Veröffentlichung des neuen Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) im August 2021 hat der Gesetzgeber den DVGW auch als Regelsetzer für die technischen Regeln und Anforderungen der leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Wasserstoff festgelegt. Dies ist zum einen ein Vertrauensvorsprung für die Kompetenz der Gasbranche und zum anderen ein Ansporn, das Regelwerk für Wasserstoff weiterzuentwickeln.

Die Anforderungen an die Beschaffenheit von Brenngasen der öffentlichen Gasversorgung werden in dem Arbeitsblatt G 260 „Gasbeschaffenheit“ festgelegt. Die Ausgabe aus dem Mai 2021 beschreibt eine neue Gasfamilie für Wasserstoff. Diese sogenannte 5. Gasfamilie umfasst zwei verschiedene Reinheitsstufen: Gruppe A fordert einen H₂-Anteil im Gas von mindestens 98 Prozent und Gruppe D von mehr als 99,97 Prozent.

Mit dem Erscheinen der neuen G 260 wurde das Arbeitsblatt G 262 „Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung“, das bisher die Beschaffenheit von erneuerbaren Gasen festgesetzt hat, zurückgezogen. Für den Anwender ist aber die Gasnetz Zugangsverordnung (GasNZV) zu berücksichtigen. Diese legt fest, dass das Biogas, also rechtlich auch regenerativer Wasserstoff, am Einspeisepunkt und während der Einspeisung den Voraussetzungen der DVGW-Arbeitsblätter G 260 und G 262 mit dem Stand 2007 entspricht. Über diese Verordnung müssen die bisherigen Arbeitsblätter daher für Beschaffenheitsanforderungen bei der Einspeisung von regenerativen Gasen in Gasnetze weiterhin beachtet werden.

Das neue Arbeitsblatt G 260 legt beim Wasserstoffanteil der methanreichen Gase der 2. Gasfamilie keine Konzentrationsgrenze fest. Indirekt wird dieser Anteil aber über die Bereiche zulässiger brenntechnischer Kenndaten, die eingehalten werden müssen, begrenzt. Des Weiteren müssen die betroffene Gasinfrastruktur und die -anwendungen nachweislich für diesen H₂-Anteil geeignet sein. Bei der Bewertung der brenntechnischen Kenndaten ist zu berücksichtigen, dass die Beschaffenheit der methanreichen Gase die brenntechnischen Kenndaten der Methan-Wasserstoff-Gemische signifikant beeinflusst.

POWER-TO-GAS-ENERGIEANLAGEN Das DVGW-Arbeitsblatt G 220 „Power-to-Gas-Energieanlagen“ legt sicherheits- und verfahrenstechnische Anforderungen an Power-to-Gas-Anlagen (PtG) fest. Aus Sicht des DVGW-Regelwerkes ist die druck- und verfahrenstechnische Anbindung an das Gasnetz wesentlich. Selbstverständlich kann das Arbeitsblatt auch auf Power-to-Gas-Anlagen angewandt werden, die nicht mit dem Gasnetz verbunden sind. Diese Anwendung liegt aber nicht primär im Fokus des Arbeitsblattes.

Aus Sicht des Arbeitsblattes ist eine Power-to-Gas-Anlage eine betrieblich, funktional, sicherheits- und steuerungstechnisch verbundene technische Einrichtung zur Wandlung von elektrischer in chemische Energie in Form von Wasserstoff oder methanisierem Wasserstoff (Synthetic Natural Gas – SNG). Die Einspeisung von erneuerbaren Gasen nach dem EnWG in Gasnetze erfolgt über Einspeiseanlagen nach den Arbeitsblättern G 265-1 „Anlagen für die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in Gasversorgungsnetze“ für SNG bzw. G 265-3 „Anlagen für die Einspeisung von Wasserstoff in die Gasinfrastruktur“ für Wasserstoff. Die Arbeitsblätter G 220, G 265-1 und G 265-3 legen sicherheitstechnische, betriebliche und funktionale Anforderungen fest.

Das Arbeitsblatt G 220 geht über die Verwertungspfade für Wasserstoff hinaus. Es spezifiziert auch Anforderungen an die Verwertungspfade für Sauerstoff aus der Elektrolyse und Abwärme aus der katalytischen Methanisierung. Für das Gasfach sind verfahrenstechnische Anlagen und Prozesse wie die Elektrolyse oder die katalytische und biologische Methanisierung neu. Das Arbeitsblatt legt daher besonderen Augenmerk auf diese Verfahren und Technologien aus Sicht des Netzbetreibers. Beispiele sind die Behälterauslegung für überhitzungsgefährdete Druckbehälter, die Überwachung der Gasbeschaffenheiten, insbesondere bei Störungen, Anfahr- und Abfahrprozessen, und Abnahmen durch Sachverständige, Sachkundige und zur Prüfung befähigte Personen zur Inbetriebnahme.

Power-to-Gas-Anlagen sind Betriebsmittel im Sinne des Arbeitsschutzes. Das Arbeitsblatt gibt daher Hinweise zur Beurteilung von Risiken und Gefährdungen im Rahmen einer anlagenspezifischen Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung der DGUV-Information 203-092 „Arbeitssicherheit beim Betrieb von Gasanlagen“.

Das Arbeitsblatt G 220 ist im August 2021 in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht worden. Der DVGW beabsichtigt mit der zweisprachigen Version, Erfahrungen mit PtG-Anlagen aus Deutschland in Europa zur Verfügung zu stellen. >>



Abb. 2: Sicherheitsabsperrentile nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 491 zur Unterbindung unzulässiger Drucküberschreitungen in der PtG-Anlage Falkenhagen [Quelle: Dr. Klaus Steiner]

EINSPEISEANLAGEN FÜR WASSERSTOFF Das Arbeitsblatt G 265-3 für die Wasserstoffeinspeiseanlagen befindet sich derzeit noch in den Einspruchsberatungen. Es wird damit gerechnet, dass es im Laufe der ersten Jahreshälfte 2022 als Weißdruck erscheint. Es ersetzt das Merkblatt G 265-3 aus dem Mai 2014. Das neue Arbeitsblatt berücksichtigt auch Anforderungen der Bundesnetzagentur zur Gasbeschaffenheit bei Einspeisung von Wasserstoff in Gasleitungen, die mit methanreichen Gasen der 2. Gasfamilie betrieben werden.

Thematisiert wird, wie die Durchmischung des Wasserstoffs mit dem Grundgas erreicht werden kann. Da dies sowohl von der Geometrie und den Dimensionen des Einspeisepunktes sowie von den Gasgeschwindigkeiten und -beschaffenheiten abhängt, greift das Arbeitsblatt Simulationsergebnisse auf, um Lösungsansätze zur hinreichenden und schnellstmöglichen Durchmischung beschreiben zu können. Dies ist erforderlich, da unklare Mischungsverhältnisse bei den nächsten Ausspeisungen flussab des Einspeisepunktes zu unbekanntem Abrechnungsbrennwert führen würden. Dies ist nach den Bedingungen des Mess- und Eichgesetzes bzw. seiner Verordnungen nicht erlaubt.

ANWENDBARKEIT DER TECHNISCHEN REGELN Der DVGW hat aktuell mehrere Hundert gültige technische Regelwerke für diverse Leitungen, Anlagen, Objekte und Geräte der Gasnetze im Repertoire. Um den Anforderungen

des EnWG Genüge zu leisten, werden diese Regelwerke und Normen regelmäßig überarbeitet, damit die aktuelle betriebliche Praxis abgebildet werden kann. Um alle diese Dokumente für die neue 5. Gasfamilie, den Wasserstoff, und die wasserstoffhaltigen methanreichen Gase der 2. Gasfamilie, deren Wasserstoffanteil über den vom Betreiber festgelegten Grenzen liegt, zu ertüchtigen, wird mit mehreren Jahren Regelwerksarbeit gerechnet.

Damit die Anwendbarkeit des DVGW-Regelwerkes auf Gasnetze nach dem EnWG aber heute schon gesichert werden kann, hat der DVGW das Merkblatt G 221 „Leitfaden zur Anwendung des DVGW-Regelwerkes auf die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit wasserstoffhaltigen Gasen und Wasserstoff“ erarbeitet. Dieses Merkblatt gilt für die Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und den Betrieb der Gasinfrastruktur zwischen der H₂-Erzeugungsanlage und der Übergabestelle zu Kundenanlagen für alle Gase nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260, also auch für Wasserstoff. Dort wo die objektspezifische technische Regel Wasserstoff noch nicht abdeckt, kann diese zusammen mit den Anforderungen des G 221 angewandt werden.

NEUE ODER VERÄNDERTE RISIKEN UND GEFAHREN Bei der Feststellung der Wasserstofftauglichkeit von Netzabschnitten durch den Betreiber für den Einsatz von Wasserstoff und wasserstoffhaltigen Gasen über vom Betreiber festgelegte und damit zulässige Grenzen geht es grundsätzlich immer um die gleichen Themen:

Identifikation von

1. veränderten Risiken
2. neuen Risiken
3. neuen oder veränderten Gefahren und damit verbundenen Gefährdungspotentialen

Das Merkblatt G 221 legt daher wasserstoffspezifische Anforderungen für die Umstellung von methanreichen Gasen der 2. Gasfamilie auf Wasserstoff der 5. Gasfamilie und die Erhöhung des Wasserstoffanteils methanreicher Gase der 2. Gasfamilie über die vom Betreiber festgelegten Grenzen fest. Daneben adressiert das Merkblatt auch zusätzliche wasserstoffspezifische Anforderungen beim Neubau und bei der Ergänzung der Gasinfrastruktur. Es legt darüber hinaus auch eine Vorgehensweise zur Feststellung der Eignung der Gasinfrastruktur oder eines Abschnittes des Gasnetzes fest, die mit Wasserstoff oder wasserstoffhaltigen Gasen betrieben werden sollen. Das DVGW-Merkblatt G 221 wurde im Dezember 2021 veröffentlicht.

UMSTELLUNG DER GASNETZE Die Umstellung von der 2. auf die 5. Gasfamilie, nämlich Wasserstoff, bricht den Bestandsschutz. Die resultierende wesentliche Änderung bedingt Prüfungen durch Sachverständige, Sachkundige und/oder zur Prüfung befähigte Personen. Die erforderlichen Prüfungen werden objektspezifisch durch die jeweils heranzuziehenden DVGW-Arbeitsblätter festgelegt. Fällt der betroffene Abschnitt in den Gültigkeitsbereich der Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtGV), sind Prüfungen und Aufgaben von Sachverständigen bzw. Sachkundigen wie bei Neubauvorhaben mit Anzeigepflicht durchzuführen. Dies bedingt auch eine gutachterliche Äußerung.

Im neuen EnWG wird bei der Umstellung von Gasnetzen auf Wasserstoff eine Anzeigepflicht festgeschrieben. Der Betreiber hat danach eine gutachterliche Äußerung eines Sachverständigen zur Beschaffenheit des umgestellten Netz-

abschnittes beizufügen. Inwiefern die gutachterliche Äußerung nach EnWG und die gutachterliche Äußerung im Zuge einer wesentlichen Änderung im Anwendungsbereich der GasHDrLtgV identisch sind, muss im konkreten Fall mit den Behörden geklärt werden.

Ein Fahrplan mit Ablaufdiagramm für die Umstellung von Gasnetzabschnitten auf Wasserstoff wurde jüngst veröffentlicht [1]. Der Ablauf orientiert sich an den Vorgaben des DVGW-Merkblatts G 221 und entwickelt erforderliche Schritte.

GASGERÄTE UND GASANWENDUNGEN Das Merkblatt G 655 „Leitfaden H₂-Readiness Gasanwendungen“ aus dem Dezember 2020 ergänzt das Merkblatt G 221 im Druckbereich < 1 bar. Es legt Anforderungen an die Planung, Errichtung und Betrieb von Gasanwendung und Füllanlagen (Tankstellen) für wasserstoffhaltige methanreiche Gase der 2. Gasfamilie mit bis zu 20 Prozent Wasserstoffanteilen fest. Es ergänzt die technischen und sicherheitstechnischen Anforderungen durch wasserstoffspezifische Vorgaben bei Übergabestellen zu Endkunden sowie industriellen und gewerblichen Endanwendungen und Tankstellen. Es beschreibt des Weiteren die Anforderungen an Personen, Unternehmen, Bauteile, Materialien, Verlegung, Gasgeräte, Aufstellung, Verbrennungsluftversorgung, Abgasführung und die Anpassung bzw. Umstellung der Haushaltsgasgeräte.

HOCHDRUCKLEITUNGEN FÜR WASSERSTOFF Die Planung und Errichtung von stählernen Gashochdruckleitungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 erfolgt nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 463 „Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar“. Neu in der Ausgabe vom Oktober 2021 ist die bruchmechanische Bewertungsmethode für Gashochdruckleitungen für den Transport von Wasserstoff bzw. wasserstoffhaltigen Gasen. Mit ihr wird das potenziell größere Risswachstum im Vergleich zum Methan und evtl. auftretenden regelmäßigen Betriebsdruckänderungen bewertet.

Das Merkblatt G 409 „Umstellung von Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar für den Transport von Wasserstoff“ aus dem September 2021 setzt auf dieser Methodik auf, um die Tauglichkeit von Gasleitungen aus Stahlrohren mit geschweißten Verbindungen für den Transport von Wasserstoff zu bewerten und festzustellen. Berücksichtigt werden neben Druckwechselbeanspruchungen u. a. auch die Gasbeschaffenheiten, Eignung der Werkstoffe, erforderliche Wanddicken und Zustandsinformationen aus der Instandhaltung. Das Merkblatt kann sinngemäß auch auf Betriebsdrücke unter 16 bar und die Feststellung der Eignung für den Betrieb von Leitungen mit wasserstoffhaltigen Gasen mit Wasserstoffanteilen über vom Betreiber festgelegte Grenzen angewandt werden.

GASDRUCKREGELANLAGEN UND DRUCKBEHÄLTER Die Anwendungsbereiche der Arbeitsblätter G 491 „Gasdruckregelanlagen für Eingangsdrücke bis einschließlich 100 bar“ und G 498 „Druckbehälter in Rohrleitungen und Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas“ wurden mit den Ausgaben April 2020 bzw. März 2021 auf wasserstoffhaltige Gase der 2. Gasfamilie und Wasserstoff der 5. Gasfamilie erweitert. In den Neuausgaben sind u. a. Dichtheitsprüfungen, Einstellungen und Ansprechverhalten von Sicherheitsabsperreinrichtungen, Anforderungen an die Explosionssicherheit sowie die Gefährdungsbeurteilung für Anlagen für den Betrieb mit wasserstoffhaltigen Gasen oder Wasserstoff spezifiziert.

Bei den Prüfungen durch Sachverständige und Sachkundige zur Inbetriebnahme dieser Anlagen wird primär geprüft, ob beim Betrieb die Schutzmaßnahmen zur Erreichung der Schutzziele der angewandten technischen Regeln und Normen angemessen und ausreichend sind. Der Sachverständige hat die Wirksamkeit und die Prüfung der Schutzvorkehrungen zu bescheinigen. Details der Aufgaben werden in [2] beschrieben.

Mit der Überarbeitung und Erstaufgabe wesentlicher Arbeits- und -Merkblätter hat der DVGW sein Regelwerk für die Anwendung auf Gasnetze zum Transport und Verteilung wasserstoffhaltiger Gase und Wasserstoff erweitert. Damit ergänzt das Regelwerk die Voraussetzungen für das Zukunftsprojekt der Gasbranche, mit dem Transport und der Verteilung regenerativer Gase die Einhaltung der Klimaschutzziele Deutschlands zu unterstützen. ||

Literatur:

- [1] Steiner, K.; Drews, D.; Schrader, A.: Umstellung von Netzabschnitten auf Wasserstoff nach dem DVGW-Merkblatt G 221: ein Vorschlag für ein Programmablaufdiagramm; Teil 1: energie | wasser praxis 1 (2022), S. 16-23
Teil 2: energie | wasser praxis 2 (2022), S. 14-19
- [2] Steiner, K.; Bode, A. und Schrader, A.: Wasserstoffspezifische Abnahmen von Gasdruckregelanlagen durch Sachverständige – die Umsetzung des DVGW-Arbeitsblattes G 491, Anhang O; energie | wasser praxis 4 (2020), S. 22 - 29

Autor:

Dr. Klaus Steiner, Erdgas & Verwandtes, Bochum
→ Klaus-christoph.steiner@t-online.de

HYDROGEN ONLINE CONFERENCE 2022

8. November 2022

Start: 0 Uhr
24 Stunden | Digital

- ✓ 30+ weltklasse Experten
- ✓ 10,000+ Wasserstoff-Pioniere
- ✓ Interaktive Messestände

SICHERN SIE SICH IHR
GRATIS LIVE TICKET

WASSERSTOFFZUG NIMMT RASANT FAHRT AUF

Aktienanalyse von Sven Jösting

Schaut man auf die Börse, so hat man das Gefühl, alle Unternehmen, die sich mit der Brennstoffzelle und Wasserstoff technologisch und als Geschäftsmodell befassen, werden als Gruppe gesehen und bewegen sich parallel – ausgedrückt im Verlauf ihrer Aktienkurse. Diese Sichtweise ist indes viel zu undifferenziert, denn die Unternehmen setzen auf völlig unterschiedliche Strategien: Die einen bauen Tankstellen für Wasserstoff und produzieren Elektrolyseure (z. B. Nel, ITM, Plug Power, Bloom), die anderen produzieren Brennstoffzellen-Stacks und -Module (z. B. Ballard Power, PowerCell, Cummins, Weichai Power).

Einige Anbieter setzen auf nur eine Anwendung, andere offerieren mehrere Lösungen, um so als One-Stop-Shopping-Partner wie ein OEM beispielsweise komplette BZ-Powertrains für verschiedene Einsatzgebiete verkaufen zu können. Dann gibt es die Lösungsanbieter für die Produktion von Strom und Wärme via Brennstoffzelle und für die Eigenproduktion von Wasserstoff (z. B. Bloom Energy, Enapter, FuelCell Energy) oder für den Handel von Wasserstoff als Commodity (z. B. Plug Power, Bloom Energy).

Und dann gibt es noch die großen Industriekonzerne, die entweder in der großtechnischen Produktion von Wasserstoff im gesamten Farbspektrum aktiv sind (z. B. Linde, Air Liqui-

de, Air Products) oder sich als Anlagenbauer verstehen. Hier geht es unter anderem um Gesamtlösungen für die Herstellung und Verteilung von sauberer Energie als Geschäftsmodell – von den Produktionsanlagen für Wasserstoff (Elektrolyse) bis hin zur Stromproduktion in BZ-Kraftwerken und zur Wärmeerzeugung sowie -nutzung, wo die Vernetzung regenerativer Energieträger mit Wasserstoff (auch via BHKW) erfolgt und alles aus einer Hand kommt (z. B. Siemens Energy).

Daneben gibt es auch neue Geschäftsmodelle, die auf von den entsprechenden Unternehmen eigens entwickelten Technologien, Soft- und Hardware basieren und darauf abzielen, mit Wasserstoff als Verbrauchsgut (Consumable) Geld zu verdienen – vergleichbar mit dem Geschäft mit Tonerkartuschen für Drucker (Bloom Energy, Plug Power, Nikola Motors).

Natürlich sind auch Service- und Wartungsverträge mit hohen Gewinnmargen verbunden, und zwar über die gesamte Lebensdauer der Hardware (z. B. Nikola Motors, Hyzon Motors, Hyundai). Darüber hinaus ist da noch eine Vielzahl von Zulieferunternehmen, die beispielsweise H₂-Tanks produzieren oder wichtige ergänzende Aggregate wie Kompressoren, Ventile, Pumpen oder Sensorik beisteuern. Hier sehen wir zahlreiche Akteure für viele unterschiedliche Aufgaben (Blending in Gasnetzen, Transport von grünem Ammoniak oder grünem Methanol usw.). Alle diese sind Spezialisten für unterschiedliche Teilbereiche, von der Elektrolyse bis hin zur Produktion von Brennstoffzellen-Stacks (z. B. Bloom Energy, Dräger, Burckhardt Compression).

Die ungleichen Einnahmepotentiale mit entsprechend variierenden Gewinnmargen sind es, die all diese Unternehmen voneinander unterscheiden. Mit dem Verkauf von Hardware (u. a. BZ-Lkw) kann viel Geld verdient werden, aber letztendlich noch viel mehr, wenn man parallel dazu stets Energie (H₂) nachliefern und dies dann als Gesamtpaket verkaufen kann – eventuell über Kilometerpauschalen, die die Hardware ebenso einpreisen wie den selbsterzeugten oder zugekauften Wasserstoff.

Klar ist, dass alle diese Unternehmen vom Hochlauf des Megatrends Wasserstoff und Brennstoffzelle profitieren werden. Allerdings fallen die Gewinnmargen doch sehr unterschiedlich aus, zumal in einer sich weltweit verschärfenden Konkurrenz- und Wettbewerbssituation. Manches Geschäftsmodell funktioniert dann nicht mehr beziehungsweise verändert sich, wenn beispielsweise die Brennstoffzelle bereits fest in der Hardware verbaut wird (Gabelstapler) und nicht mehr nachgerüstet werden muss oder kann (Plug Power und Ballard Power als Stack-Zulieferer).

Letztlich hat der Anbieter das Sagen und kann dem Kunden bzw. Käufer das bestmögliche Angebot machen, was sich beim Wasserstoff im Preis pro Kilogramm und beim BZ-Produkt per Total Cost of Ownership (TCO) ausdrücken lässt (z. B. Bloom Energy, Plug Power, Linde, Air Liquide, Air Products, Shell, BP & Co.). Es ist auch zu erwarten, dass die meisten Anbieter allein schon von der schieren Größe dieser neuen Märkte rund um die Brennstoffzelle und den Wasserstoff profitieren. Dementsprechend gibt es bereits viele Zusammenschlüsse, Joint Ventures, Kooperationen oder gar strategische Akquisitionen – ein bekanntes Phänomen, wenn ein neuer Markt erst noch definiert wird und am Beginn seines Hochlaufs steht.

56



Abb. 1: Aktienkursverlauf der besprochenen Unternehmen
[Quelle: www.wallstreet-online.de] Kurse vom 25. März 2022

Dem Klimawandel technologisch zu begegnen und gleichzeitig Liefersicherheit zu gewährleisten, ist eine gewaltige Herausforderung. Viele Unternehmen, die sich dieser Aufgabe stellen, sind an der Börse notiert oder werden es bald sein. Je nach deren Wachstum und Gewinnerwartung, basierend auf den jeweiligen Margen, wird die Börse diese Unternehmen individuell bewerten. Mit Sicherheit werden sich die Kurse der betreffenden Aktien dieses Jahr nicht mehr wie bisher fast parallel, sondern sehr unterschiedlich entwickeln. Wer am meisten überzeugt (durch Gewinne, Auftragseingänge, neue Technologien u. a.), wird auch von der Börse am stärksten belohnt – durch höhere Aktienkurse.

H₂ ALS PROFITEUR DER KRISE

Man muss es leider so formulieren: Der weltweite Anstieg der Preise für Öl und Gas bzw. LNG, der zudem durch die kriegerischen Handlungen Russlands hier bei uns in Europa befeuert wird, ist für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft von Vorteil, denn letztlich geht es neben den klima- und wirtschaftspolitischen Fragen und dem Preis vor allem um die Liefersicherheit und Verfügbarkeit von Energie. Somit hat diese Krise auch einen Gewinner: Wasserstoff – grüner Wasserstoff.

Denn Wasserstoff soll in immer mehr Regionen der Welt zur einer neuen Commodity – einer handelbaren Ware – werden, und zwar in großer Menge zu immer günstigeren Konditionen. Für die Batterie wächst somit ein ernst zu

nehmender Wettbewerber heran, denn die Rohstoffe für die Akkumulatoren werden immer knapper und teurer, bei gleichzeitig steigenden Strompreisen. Die Batterie mit ihren vermeintlichen Vorteilen, also vor allem günstigen Mobilitätskosten, verliert zunehmend an Bedeutung.

Die derzeitige Krisenlage lässt die Investitionen in Wasserstoff – in Produktion, Lagerung, Transport und Märkte – dramatisch steigen, schließlich muss noch viel getan werden, bis eine ausreichende Verfügbarkeit gewährleistet ist. Dies spielt den Märkten rund um Wasserstoff und Brennstoffzellen massiv in die Karten, wovon wiederum die Aktien der börsennotierten Unternehmen dieser Branchen profitieren.

ENERGIEPREISE EXPLODIEREN Die ersten Monate des Jahres haben nur sehr schwache Börsenkurse für die hier besprochenen Unternehmen hervorgebracht. Trotz einer jüngst wieder spürbaren Aufwärtstendenz scheinen die festen Kurse von Anfang 2021 – noch – sehr weit entfernt, wozu auch mancher Shortseller seinen Beitrag geleistet und die schwachen Kurse noch zusätzlich gedrückt hat. Dieser Trend geht nun zu Ende und weicht einem Aufwärtstrend, denn die Unternehmen sind sehr gut aufgestellt und vermelden außerordentlich überzeugende Nachrichten, was ihre Wachstumsperspektiven, neue Produkte und Partnerschaften (JV), aber vor allem die stark steigenden Auftragseingänge für ihre schon bestehenden Produktionskapazitäten (Stacks, Elektrolyseure u. a.) betrifft.

Zogen vor allem die Aktien der Ölkonzerne aufgrund der explodierenden Energiepreise scharf an, so wird dieser >>

57

2022

Berliner **ENERGIETAGE**

Energiewende in Deutschland

Leitveranstaltung
der Energiewende
in Deutschland

02. bis 06. Mai 2022

digital und in Präsenz in Berlin

WWW.ENERGIETAGE.DE

Wirtschaftszweig perspektivisch von der Wasserstoffwirtschaft abgelöst werden. Dabei muss man allerdings ergänzen, dass gerade auch sehr viele Großunternehmen aus der fossilen Wirtschaft (Gas- und Ölkonzerne) das Potential von Wasserstoff erkannt haben und massiv in dieses Thema investieren, da Wasserstoff eben Öl und Erdgas ersetzen wird, wenn auch erst in vielen Jahrzehnten. Der Weg ist das Ziel.

MARKTDYNAMIK ZIEHT AN – WELTWEIT Täglich kommen Meldungen über neue Großprojekte und Initiativen aus Ländern aus der ganzen Welt, die die Produktion von Wasserstoff – vor allem von grünem – betreffen. Indien und andere Staaten gaben zudem zwischenzeitlich ihre hochambitionierten Wasserstoffprogramme bekannt. 26 Nationen werden dieses Jahr ihre landesspezifische H₂-Strategie verkünden oder Ankündigungen in die Umsetzungsphase führen. 2021 waren es bereits 21.

Indische Großkonzerne bzw. die größten Unternehmenskonglomerate dort, wie Reliance, Adani und Tata, planen riesige Investitionen in Wasserstoffthemen in Höhe von jeweils zweistelligen Milliardenbeträgen. Joint Ventures wie dem zwischen Adani und Ballard Power, das vorerst noch als MoU (Memorandum of Understanding) besteht, werden sicherlich viele andere folgen. Es fühlt sich an wie ein Wettlauf, an dem alle Beteiligten gleichermaßen partizipieren und von dem sie auch gleichermaßen profitieren werden. Schließlich geht es doch um einen neuen Megatrend, der dem Klimawandel entgegenwirkt – mit marktwirtschaftlichen Mitteln und dem Ziel, bestehende Unsicherheiten die Öl- und Gasproduktion betreffend auszugleichen. Hoffentlich eine Win-win-Situation. Indien prognostiziert, in wenigen Jahren Wasserstoff im Exportwert von 500 Mrd. US-\$ pro Jahr (5 Mio. Tonnen pro Jahr) produzieren zu können – bei Preisen von einem bis zwei US-\$ pro kg.

Perfekte Rahmenbedingungen wie eine intensive Sonneneinstrahlung oder viel Windkraft, gepaart mit großen nutzbaren Flächen wie auch der Anbindung an Wasser – hier vor allem an zu entsalztes Meerwasser –, sind der perfekte Mix, um sehr große Mengen an Wasserstoff zu produzieren. Für den Transport entstehen neue Schiffstypen, die den Wasserstoff in Form von Ammoniak oder grünem Methanol in die ganze Welt transportieren, wenn die Beimischung (Blending) des Wasserstoffs in bestehende Gasnetze als Option ausfällt.

Es gibt auch völlig neue Transportmedien, wie zum Beispiel einen in Kalifornien entwickelten Zeppelin, der nicht nur mit Wasserstoff betrieben wird, sondern diesen auch transportiert (H2clipper). Wasserstoffkritiker, die gerne die Stereotype über das Luftschiff Hindenburg als Argument gegen diese Technologie einsetzen, werden umdenken müssen und sind womöglich gar entsetzt. Aber neue Technologien lassen eben auch völlig neue Ansätze zu.

All diese von den Ländern ausgerufenen Wasserstoffprojekte sind überaus spannend. Da will keiner mehr am Rand stehen, vielmehr will jeder zur Gruppe der Frontrunner zählen. Für die einen geht es um neue Einnahmefelder, für die anderen sind die Projekte Mittel zum Zweck der Dekarbonisierung wie auch der Schaffung neuer Industrien, Produkte und Märkte. An der Börse wird der Zug für die hier besprochenen Unternehmen und deren Aktien meines Erachtens nun richtig an Fahrt zulegen und aus der aktuellen Schwäche gestärkt hervortreten. Im Einzelnen:

BALLARD POWER – ÜBER DEN TELLERRAND SCHAUEN!



Abb. 2: Gautam Adani
[Quelle: Adani]

Das Unternehmen steht vor einer Phase exponentiellen, langfristigen Wachstums, so meine Interpretation der Telefonkonferenz am 14. März 2022 zu den Jahreszahlen 2021 und dem vierten Quartal. 2023 müsste es richtig losgehen, dann kann Ballard die Früchte jahrelanger intensiver Forschung und Entwicklung, diverser Pilotprojekte und des Aufbaus von Produktionskapazitäten ernten. Die Kanadier arbeiten an der Skalierung der Produktionskapazitäten in den Zielmärkten Bus, Lkw, Schiene und Schiff. Das geht aber nicht über Nacht.

Ballard hat die Größe dieser Weltmärkte auf dem Investor Day 2020 noch auf ein Volumen von 130 Mrd. US-\$ bis zum Jahr 2030 taxiert. Jetzt, da sich die Rahmenbedingungen für Brennstoffzelle und Wasserstoff dramatisch verbessert haben, ist schon von 250 Mrd. US-\$ die Rede.

Ballard hat die Größe dieser Weltmärkte auf dem Investor Day 2020 noch auf ein Volumen von 130 Mrd. US-\$ bis zum Jahr 2030 taxiert. Jetzt, da sich die Rahmenbedingungen für Brennstoffzelle und Wasserstoff dramatisch verbessert haben, ist schon von 250 Mrd. US-\$ die Rede.

BUSSE, LKW & CO. Das kanadische Unternehmen rechnet nun mit hundert oder gar deutlich mehr Einzelaufträgen für Bus-Stacks. Kooperationen bestehen mit Wrightbus, Van Hool und Solaris in Europa, New Flyer u. a. in den USA, Tata in Indien und Global Ventures in Neuseeland. Teils ist ein Paradigmenwechsel dahingehend auszumachen, dass statt batterieelektrischen Bussen nun verstärkt wasserstoffbetriebene gewählt werden. Zum Beispiel wollte TC Transit in den USA zunächst zu 70 Prozent auf Akkus setzen und zu 30 Prozent auf die BZ, hat dieses Verhältnis nun aber umgekehrt. Ein großer kalifornischer Busflottenbetreiber setzt gar zu 100 Prozent auf Wasserstoff. Dieser Trend zeigt sich auch bei Lkw (Emissionsregeln) wie auch bei Schiffen und bei der Schiene.

Zu den ersten drei Regionen, den Provinzen Shanghai, Peking und Guangdong, kommen nun vier weitere hinzu, in denen China besondere Förderprogramme für die H₂- und BZ-Technik ausgerufen hat. Ballard ist über das JV mit Weichai in einer dieser neuen Regionen vertreten. Es ist nun in der Lage, 20.000 Busse pro Jahr mit BZ-Stacks auszustatten – das ist die weltgrößte Stack- und Bipolarplattenproduktion der Welt. Diese Regionen planen allesamt, jeweils 5.000 bis 10.000 H₂-Fahrzeuge (vor allem Busse und Lkw) auf die Straße zu bringen. Bis zum Jahr 2030 sollen dann insgesamt eine Million davon in China unterwegs sein.

MOU MIT INDISCHER ADANI GROUP Mit Adani, einem der größten Unternehmenskonglomerate des Landes, hat Ballard eine Absichtserklärung unterzeichnet, welche für den Aufbau einer gemeinsamen Stack-Produktion in Indien die Tür öffnet, aber auch viele weitere Unternehmensbeziehungen möglich macht. Beteiligt sich die über 150 Mrd. US-\$ Börsenkapitalisierung verfügende Gruppe womöglich direkt an Ballard, so wie es die chinesische Weichai gemacht hat, und entwickelt ein Joint Venture? CEO Randy MacEwen hat sich bereits direkt und persönlich mit

dem Milliardär, CEO und Unternehmensgründer Gautam Adani (s. Abb. 2) getroffen – mehr geht nicht.

Adani ist neben der Energieproduktion (s. Bloom) auch in der Schifffahrt und bei Eisenbahnen aktiv, betreibt Häfen, Flugplätze, Bus- wie auch Lkw-Flotten und Pipelinenetze. Der Mutterkonzern gründete für die Schnittstelle mit Wasserstoff eigens das Tochterunternehmen Adani New Industries. Vielleicht liegt schon etwas Konkretes vor, wenn Sie diesen Bericht hier lesen. Adani plant Investitionen in regenerative Energien und vor allem in Wasserstoff in Höhe von 70 Mrd. US-\$ binnen 10 bis 15 Jahren, mit dem Ziel, ein kg_{H2} für einen US-\$ produzieren zu können.

Auch mit Tata ist Ballard verbunden, z. B. bei BZ-Stacks für Busse und in Pilotprojekten. Zudem melden die Kanadier diverse technologische Durchbrüche, sei es mit Chart Industries bei flüssigem Wasserstoff oder mit ABB bei BZ-Systemen in Schiffen, wo schon erfolgreiche Testreihen und Zertifizierungen erfolgt sind.

ZAHLENWERK UND AUSBLICK Das vierte Quartal 2021 sah einen Anstieg des Umsatzes um 28,3 Prozent auf 36,7 Mio. US-\$, wobei der Verlust pro Aktie mit 0,15 US-\$ wesentlich höher als erwartet ausfiel, was hohen Investitionen in F&E geschuldet war. Der Jahresumsatz erreichte 104,5 Mio. US-\$ und lag damit auf Vorjahresniveau. Pro Aktie blieb ein Verlust in Höhe von -0,39 US-\$. Für das laufende Jahr wird ein erhebliche erhöhtes Invest in Höhe von 10 bis 60 Mio. US-\$ erwartet, welches u. a. in Produktionskapazitäten, Testcenter und Akquisitionen fließt. Parallel werden sich die operativen Kosten um 140 bis 160 Mio. US-\$ erhö-

hen, einhergehend mit dem geplanten Ausbau des Unternehmens. Mit gut 1,1 Mrd. US-\$ auf der Bank kann Ballard all dies gut selbst finanzieren.

Ich setze auf außerordentliche Entwicklungen, z. B. JV, Beteiligungen (möglicherweise Adani) und Großaufträge. Man benötigt Zeit für dieses Schlüsselinvestment in Sachen Brennstoffzelle, da der richtige Hochlauf ab 2023 auszuma-chen ist. Mit Kursen um 10 US-\$ (von 3 US-\$ vor zwei Jahren und über 40 US-\$ Anfang 2021) auf einem sehr interessanten Kursniveau für die mittel- bis langfristige Anlage.

BLOOM ENERGY – WACHSTUMS-TEMPO BESCHLEUNIGT SICH

Was für ein überragender Ausblick, den K. R. Sridhar, CEO von Bloom Energy, da beschreibt: Bloom sei auf dem besten Wege, ein jährliches Wachstum von bis zu 35 Prozent statt der bisherigen 25 bis 30 Prozent zu erreichen, da das Unternehmen bestens positioniert sei – technologisch und vom Geschäftsmodell her ist es in den richtigen H₂-Energimärkten weltweit unterwegs.

Die Börse sieht dies auch so: Der Kurs der Aktie drehte in diesem Quartal von unter 14 US-\$ auf über 22 US-\$ nach oben, wobei man konstatieren muss, dass der Kurs ursprünglich von über 24 US-\$ kam und Anfang 2021 gar Kurse von über 44 US-\$ erreicht worden waren. Klar ist nun aber, dass wir es mit einer Kurswende zu tun haben, die auf >>

59

faster – smaller – more efficient

Oil-free and Ultra Compact Turbo Compressor Systems for Fuel Cells

Celeroton



Get More Information
celeroton.com/fuelcells



Abb. 3: Bloom Boxes bei der SK Group [Quelle: Bloom]

den neuen Prognosen aufbaut und einen Push durch die sehr hohen, krisenbedingten Preise für Erdgas und Öl erhält. Shortseller werden es da schwerer haben, waren diese doch sicherlich daran beteiligt, den Kurs überhaupt so stark zu drücken. Anfang März 2022 waren über 18 Mio. Aktien leer verkauft – Ende 2021 waren es unter 14 Mio.

AUF GUTEM WEG BEI DEN UNTERNEHMENSZAHLEN Die Zahlen für das vierte Quartal 2021 fielen besser als erwartet aus: 342,5 Mio. US-\$ Umsatz, ein Plus von 37,3 Prozent gegenüber dem vierten Quartal 2020. Unter dem Strich (non-GAAP) ein um 0,05 US-\$ pro Aktie niedrigerer Verlust im letzten Jahresquartal – „nur“ minus 0,19 US-\$ pro Aktie (GAAP). Bei letzterer Zahl muss man wissen, dass diese durch Aktienausgabeprogramme, Stock Compensation, buchhalterisch beeinflusst ist, also Aktien als Bonus für Mitarbeiter rechnerisch in das Ergebnis einfließen.

Der Umsatz erreichte 970 Mio. US-\$ und soll dieses Jahr auf 1,1 bis 1,2 Mrd. US-\$ steigen. Der Auftragsbestand liegt bei 8,5 Mrd. US-\$. Auf der Bank liegen circa 615 Mio. US-\$, wobei meines Erachtens noch die zweite Tranche der Beteiligung der SK ecoplant in Höhe von 250 Mio. US-\$ im Jahresverlauf zufließen wird. Es heißt, man sei auf gutem Wege, von nun an einen positiven Cash-Flow für das Gesamtjahr zu generieren – das vierte Quartal 2021 deutete dies bereits an. Der Übergang in die Gewinnzone ist somit nur eine Frage der Zeit und könnte 2022 seinen Anfang nehmen.

VON 4 AUF 20 MRD. US-\$ UMSATZ IN ZEHN JAHREN In fünf Jahren will Bloom Energy gut vier bis fünf und in zehn Jahren gar 15 bis 20 Mrd. US-\$ Umsatz erzielen, so der CEO und Unternehmensgründer K. R. Sridhar. Das ist die Range, die Bloom für die Umsatzgrößen im Minimum und Maximum prognostiziert. Nach eigener Aussage befindet sich das Unternehmen – sinngemäß – in einer Führungsrolle, sei es technologisch oder vom Geschäftsmodell her definiert. Man sei an einem sehr positiven „exciting inflection point“ (spannenden Wendepunkt) angelangt und bereite sich auf ein sehr hohes langfristiges Wachstum vor.

Dazu gehören hohe Investitionen in die firmeneigenen Technologien, den Ausbau der Kapazitäten, die Kostenkontrolle und die Margenerweiterung. Zudem wurde Top-Talent für das Management gewonnen. Ein Großkunde, der diese Vision zu unterstützen weiß, ist T-Mobile, das gleich mehrere Standorte (Rechenzentren) mit der Technologie von Bloom ausstatten wird. In Südkorea sind die geplanten 450 MW an sauberer Energie, basierend auf den BZ-Kraftwerken, wohl auch noch stark ausbaufähig.

MIT PARTNERN ZUM ERFOLG Darüber hinaus arbeitet der BZ-Hersteller an ausgereiften Carbon-Capture-Technologien, die es möglich machen, die CO₂-Emissionen zu speichern bzw. zu verarbeiten, sollte als Übergang doch Erdgas im Einsatz sein, bis Wasserstoff übernimmt. Nun gilt es, die Kapazitäten dem hohen Auftragseingang anzupassen, was dann wahrscheinlich dazu führen wird, dass das erste Halbjahr 2022 noch verhalten im Wachstum ausfällt (40%-Anteil), dann aber das zweite Halbjahr (60%-Anteil) an Fahrt gewinnt und das Gesamtjahr im Endergebnis sehr positiv ausfällt.

Die Kapazitäten liegen nun bei jährlich 2 GW neuer Energieleistung. Spannend sind auch weitere Märkte wie die Schifffahrt, wo Bloom Brennstoffzellensysteme für LNG-Tanker entwickelt hat, von denen es laut eigenen Angaben 1.000 bis 2030 geben soll. Hier sei auch ein hohes Wachstum durch den Umbau bestehender Schiffe (retrofit option) möglich. Auch bei Kreuzfahrtschiffen (s. S. 46 und HZwei-Blog) ist mit MSC bereits ein Anfang gemacht.

Bloom selbst gibt an, dass es sich bei der Elektrolyse in einer Führungsrolle befinde, da die eigenen SOFC-Geräte „45 Prozent effizienter als PEM- und Alkaline-Elektrolyseure“ des Wettbewerbs seien. Dies drückt sich in einem geringeren Strombedarf bei gleichzeitig hoher H₂-Produktionsmenge aus. An dieser Stelle ist es wichtig anzumerken, dass es bei Elektrolyseuren aller Art entscheidend ist, zu welchem Preis das Kilogramm Wasserstoff erzeugt werden kann. Hierbei spielen sowohl die Anschaffungskosten für den Elektrolyseur als auch die benötigte Strommenge sowie der Strompreis wichtige Rollen.

Bloom setzt hier auch auf Heliogen: Ein Unternehmen, das eine Technologie entwickelt hat, die starke Sonnenstrahlen wie ein Laser bündelt und dann den Wasserstoff mittels SOFC-Brennstoffzellen in sogenannten Energietowern produziert. Zusammen planen die beiden Firmen den Aufbau einer ersten Produktionsstätte in La Paz County in Arizona, in der Brenda Solar Energy Zone, die an einer wichtigen Gaspipeline liegt.

20 PROZENT MARKTANTEIL BEI DER ELEKTROLYSE Zudem ist Bloom im Großraum von Phoenix und im Hafen von Los Angeles aktiv, um via Schiff Wasserstoff zu transportieren. 20.000 Tonnen Jahresproduktion an grünem Wasserstoff gelten als Zielmarke. Es werden sicherlich weitere folgen.

Bloom erwartet, perspektivisch 20 Prozent des weltweiten Elektrolyseurmarktes für sich gewinnen zu können, was gewaltig klingt, nimmt man die Zahlen der IEA als Grundlage, wonach die Elektrolysekapazitäten bis zum Jahr 2030 auf 40 GW steigen sollen. Es gibt Prognosen, z. B. von Linde, dass der Wert der Elektrolyseurkapazitäten weltweit auf 150 Mrd. US-\$ bis 1 Billion US-\$ bis 2050 steigen wird, was alle bislang getätigten Prognosen hinter sich ließe. Schon bis Ende 2023 plant Bloom, eine eigene Elektrolyseurleistung von 2,4 GW zu entwickeln. Bis 2030 erwartet Bloom einen Preis von 1,50 US-\$ pro Kilogramm grünen Wasserstoffs. Beeindruckende Zahlen!

„Ja, ich sagte 15 Mrd. US-\$ oder mehr. In vielerlei Hinsicht befinden wir uns im Wandel der Branche in einer eigenen Kategorie mit wachsenden Umsätzen, Margenexpansion, starkem Auftragsbestand und den besten und innovativsten Lösungen für Kunden, die heute eine kohlenstoffarme und widerstandsfähige Energie und morgen eine emissionsfreie Energie wünschen.“

K. R. Sridhar, CEO Bloom Energy

SOCALGAS PLANT 10 BIS 20 GW BIS 2030 Auch mit SouthernCaliforniaGas ist Bloom bereits im Geschäft. Hierbei geht es um die Beimischung (Blending) von Wasserstoff in Erdgaspipelines. Das Unternehmen plant, perspektivisch 25 Prozent seiner Gasproduktion mit Wasserstoff zu decken. Die Rede ist von zehn H₂-Projekten, bei denen es insgesamt um 10 bis 20 GW an Elektrolyseleistung geht. 3 Mio. Gallonen Diesel am Tag sollen durch Wasserstoff ersetzt werden. Dies wäre das größte Infrastrukturprojekt in Sachen grüner Wasserstoff in den USA, mit dem Namen „Angeles Link“, da es sich im Großraum Los Angeles befindet.

In Indien ist währenddessen ein umfassendes Förderprogramm für den Hochlauf der dortigen H₂-Wirtschaft in der Planung. NHPC, der größte staatliche Versorger des Landes, plant, 10 GW an neuer regenerativer Energie auf den Weg zu bringen – Wasserstoff gilt dabei als wichtiger Bestandteil. Bloom ist dort ebenfalls engagiert – am ersten wasserstoffbasierten Micro-Grid. Mittels einer Solarfarm wird die regenerative Energie für die Produktion des Wasserstoffs generiert, um damit rund um die Uhr Energie verfügbar zu machen. Auch das indische Energieministerium ist mit eingebunden.

Indische Milliardäre bzw. deren Unternehmenskonglomerate wie Adani, Tata oder Reliance haben jeweils Projektvolumen für regenerative Energien und Wasserstoff bekannt gegeben, die im hohen zweistelligen Milliardenbereich liegen, so auch Adani, das kürzlich mit Ballard ein MoU unterzeichnete. Die Adani Group, die auch in Gaspipelines und in den größten Solarpark der Welt involviert ist, will allein 70 Mrd. US-\$ in den kommenden zehn Jahren investieren. Gut möglich, dass auch eine Kooperation mit Bloom zustande kommt. Dies ist aber meine persönliche Interpretation der Lage – ohne Obligo. Indes: Bloom-CEO Shridar ist von Geburt her Inder.

Last but not least: Gemeinsam mit der MSC Group hat Bloom die MSC World Europe mit einem SOFC-Brennstoffzellensystem, welches erst mit LNG, später dann aber mit Wasserstoff betrieben werden soll, ausgestattet. Zunächst werden sich die CO₂-Emissionen um 60 Prozent sowie andere Emissionen und Partikel um 100 Prozent verringern. MSC ist mittlerweile der drittgrößte Kreuzfahrtkonzern und beim Transport mit Containerschiffen die Nummer eins vor

INVESTOR DAY IM MAI 2022

Im Mai findet ein wichtiger Investor Day statt. Bis dahin sollte noch manche Investmentbank die Einstufung auf Kauf oder gar Strong Buy erhöhen, schließlich können die Perspektiven kaum besser sein, aber das ist die persönliche Meinung und Einschätzung des Autors.

Auf diversen Fachkonferenzen namhafter Investmentbanken ist Bloom vertreten. Aktuelle Kursziele liegen bei 27 bis 44 US-\$ – also im Mittel erst einmal ein 50%-plus-Potential. Kurse von 100 US-\$ plus in zwei bis drei Jahren klingen so unrealistisch nicht, betrachtet man den weltweiten Markt für saubere Energie und Wasserstoff, der dem Klimawandel begegnen will, wie auch die Lage an den Energiemärkten und die unternehmenseigenen Prognosen. Wäre ich CEO eines Unternehmens wie Siemens Energy oder GE, würde ich eine Beteiligung an Bloom anstreben oder eine strategische Partnerschaft eingehen, um von dessen Technologien zu profitieren bzw. das Geschäftsmodell zu skalieren. Aktuell wird Bloom Energy gerade einmal mit dem vierfachen Umsatz bewertet, was im Branchenvergleich sehr niedrig ist. Die Börse sorgt da aber sicher für Ausgleich.

Maersk. 100 Kreuzfahrtschiffe sollen bis 2027 weltweit gebaut werden – ein großes Potential für Bloom, aber auch für Ballard, das in diesem Bereich mit seinem PEM-BZ-System, das kürzlich zertifiziert wurde, mit ABB zusammenarbeitet.

Fazit: Bloom entwickelt sich zu einem Führungsunternehmen der H₂- und BZ-Branche, was sich bereits an einem Umsatz 2021 von fast 1 Mrd. US-\$ erkennen lässt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird Bloom das erste Unternehmen aus diesem Umfeld sein, welches in die Gewinnzone gelangt und zudem über ein überdurchschnittliches Wachstumspotential in verschiedenen Märkten weltweit verfügt. Zudem entsteht Börsenfantasie dadurch, dass Bloom selbst die eigenen Technologien für die Produktion von Wasserstoff zum Einsatz bringt, also selbst zum Rohstoff- und Energieproduzenten wird und so – mit der Commodity Wasserstoff – hohe Gewinnmargen generieren können. >>

61

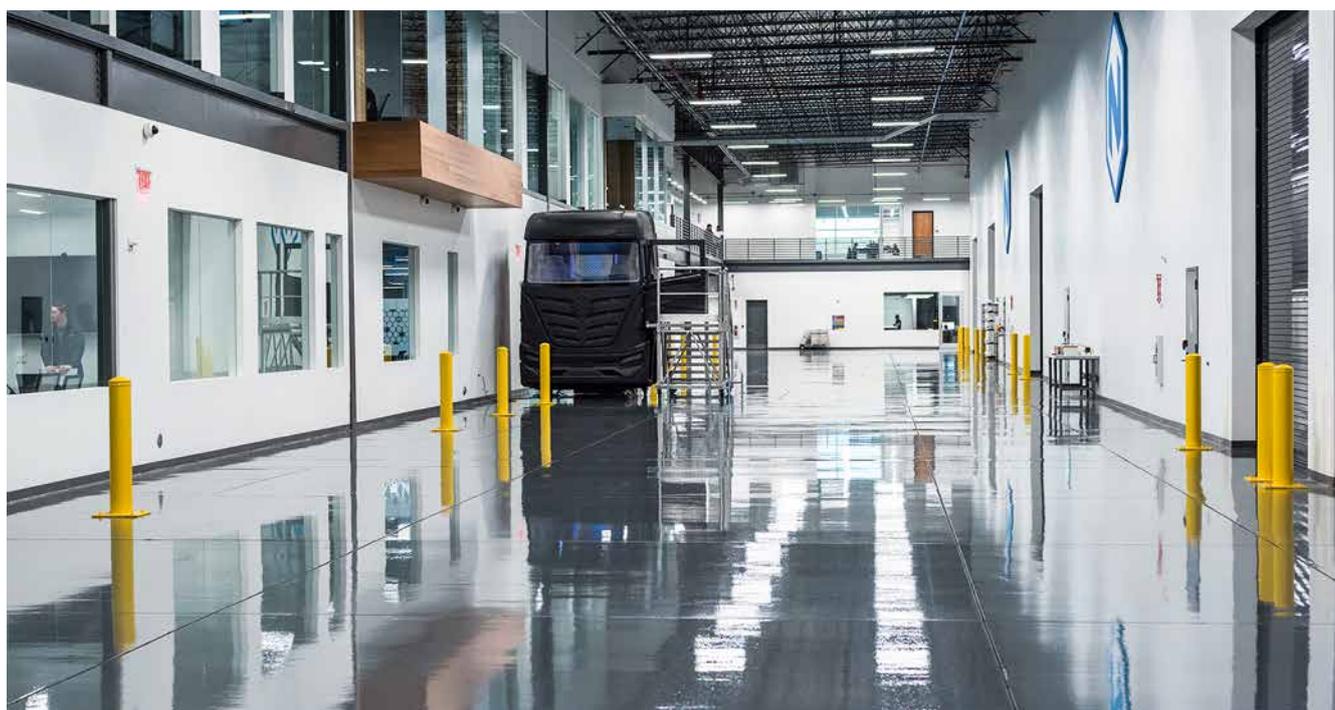


Abb. 4: Im Nikola-Headquarter [Quelle: Nikola]

NIKOLA MOTORS – DER AUSBLICK WIRD IMMER BESSER

Nikola Motors müssen Sie als Start-up, das seinen Businessplan umsetzt, verstehen und einordnen. Der Bau von Nikola Fabrik in Coolidge, Arizona, geht voran, und die ersten batterieelektrischen Lkw (BEV) sind bereits beim Kunden. Dieses Jahr sollen es 300 bis 500 werden, wobei die Kapazität für 2.400 Einheiten und 2023 gar für 20.000 Lkw reicht. In Ulm wird die Produktion beim Partner Iveco von 2.000 auf 10.000 Einheiten erhöht.

Als Umsatzgröße für das erste operative Jahr (2022) gelten 90 bis 150 Mio. US-\$. Ab 2023 geht es los mit den für die Langstrecke ausgerichteten wasserstoffbetriebenen Lkw (FCEV), wobei Nikola daran arbeitet, die notwendige Menge an Wasserstoff mit dem Bau von Elektrolysekapazität und H₂-Tankstellen darzustellen. Der Nfz-Hersteller sieht sich da auf gutem Wege und will den Wasserstoff als Energieträger komplett in seinem Einflussbereich angesiedelt sehen, da so langfristig Geld verdient werden kann.

Während des Superbowls fuhren zwei Prototypen des FCEV-Lkw von Nikola vor, um umweltfreundlich und auch medienwirksam Bier zu transportieren. Anheuser-Busch ist mit einem Letter of Intent (LoI) über 800 BZ-Lkw der bislang größte Kunde von Nikola. Für die Langstrecke gelten als Basis 500 Meilen, die ein FCEV-Truck von Nikola leisten kann. BEVs kauft Anheuser-Busch bislang von der chinesischen BYD. Testreihen mit BEVs von Nikola haben ergeben, dass die Fahrzeuge die größte Reichweite von allen Anbietern in diesem Segment erzielen.

Insgesamt haben die Nordamerikaner nun 1.385 Lkw in Form von LoI oder MoU in den Büchern – 375 batterieelektrische und 1.010 wasserstoffbetriebene. Es gab diverse Ankündigungen, wie zum Beispiel bezüglich 100 Tre-BEV für Heniff Transportation und 100 BEV-Lkw für Thompson Truck. Da kommen sicherlich noch viele weitere hinzu. Parallel arbeitet Nikola an mobilen Ladestationen, genannt MCT (Mobile Charging Trailer), von denen bereits sechs verkauft worden sind, während für weitere sechs Aufträge vorliegen.

Interessant sind die Förderprogramme einzelner US-Bundestaaten: In Kalifornien werden 120.000 US-\$ als Zuschuss für batterieelektrische Lkw vergeben, wobei dieser Zuschuss auf 150.000 US-\$ steigt, wenn es sich um Spezial-BEV-Lkw handelt. In New York ist ein ähnliches Programm auf dem Weg. Hier wird sogar von einem Zuschuss in Höhe von 185.000 US-\$ pro Lkw gesprochen. Nach Aussage von Nikola ist man dabei, einerseits den Kunden diese Fördermöglichkeiten zu vermitteln, andererseits aber auch mit Behörden diverser Bundesstaaten darüber zu sprechen, wie eine solche Förderung aussehen sollte, wie sie umgesetzt werden kann und wie sie dann auch für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge ermöglicht werden kann.

RECHTSSTREIT MIT FIRMENGRÜNDER MILTON Nach der Einigung mit der Börsenaufsicht SEC über die Zahlung von 125 Mio. US-\$ binnen zwei Jahren – die erste Rate wurde bereits gezahlt – hat Nikola inzwischen den Gründer Trevor Milton auf Schadensersatz verklagt. Das Verfahren läuft, und Milton hätte – in case – auch das Geld, den Schaden zu bezahlen. Er hatte ja für über 300 Mio. US-\$ Aktien abgestoßen. Das aber ist ein Nebenschauplatz, der Nikola operativ nicht berührt, aber natürlich im Erfolgsfall der Liquidität guttut.

ZAHLENWERK Der Verlustausweis für das Jahr 2021 liegt bei einem Minus von 690,4 Mio. US-\$. Bezieht man indes u. a. Aktienausgaben für Mitarbeiter (Stock Based Compensation) ein, dann lag das Minus bei 302,7 Mio. US-\$. Alles auf der Linie der Erwartungen und der Liquidität. Was Letztere betrifft, gelten weitere 436 Mio. US-\$ als verfügbar (Aktienausgabe an Tumin/3i). Für das Jahresende 2022 wird ein Liquiditätspolster in Höhe von 225 bis 250 Mio. US-\$ prognostiziert, was ausreichend hoch für die Umsetzung des Geschäftsplanes ist, bis es 2023 zum allmählichen Hochlauf der Produktion kommt.

Fazit: Nikola ist auf einem guten Weg. Noch dominieren die Shortseller das Geschehen. Sie haben über 65 Mio. Aktien leer verkauft und könnten bei guten Nachrichten ans Eindecken denken, wenn der Aktienkurs durch die Umsetzung des Businessplans allmählich ansteigt. Auch größere Aufträge wie die potentiellen von Anheuser-Busch als Basis für das nächste Geschäftsjahr beflügeln die Fantasie der Investoren. Einzig Lieferkettenprobleme bei Zulieferteilen oder Batterien könnten noch zeitliche Verzögerungen verursachen. Vielleicht erteilen Unternehmen wie Amazon da Großaufträge, die dann – in case – schnell 1000 oder gar 10.000 Fahrzeuge umfassen könnten.

Im Kurs sind meines Erachtens indes alle negativen, aber kaum positive Aspekte berücksichtigt. Der Druck auf die Logistiker in vielen Weltregionen, auf CO₂-freie Lkw umzuschwenken (umschwenken zu müssen), ist ein gewichtiges Argument für Nikola. Wir sprechen von einem Markt von 3 Mio. Nfz in den USA und ebenso vielen in Europa. Man muss aber Zeit für das Investment mitbringen.

HYZON MOTORS – KOMMEN LKW-AUFTRÄGE AUS SAUDI-ARABIEN?

Es tut sich was an der Analysten- und Investorenfront: Black Rock hat seine Position in Hyzon aufgestockt. Über 100 institutionelle Anleger sind bereits beteiligt. Der größte davon ist der staatliche saudi-arabische Fonds PIF, der über 8 Mio. Aktien hält. Der Milliardär Izzy Englander bezeichnete Hyzon als eine seiner drei Top-Picks und erwarb 1,36 Mio. Aktien.

Der Durchschnittskurs, den Analysten für Hyzon erwarten, liegt bei 13 US-\$. Goldman Sachs sticht da mit einer neueren Einschätzung heraus und geht erst einmal nur von 7 US-\$ aus. Grund der Zurückhaltung ist die noch fehlende H₂-Infrastruktur. Das Wasserstoffproblem wird allerdings peu à peu gelöst, wie Kooperationen mit TC Energy (H₂-Produktion, Pipelines) erwarten lassen. Da geht es Hyzon wie Nikola Motors, aber das Thema der eigenen Wasserstoffproduktion ist adressiert.

Spannend wird es, wenn es zum ersten Großauftrag kommt, also zu einer Bestellung von 1.000 und mehr BZ-Lkw. Vielleicht ja aus Saudi-Arabien. Das Land plant mit dem Projekt NEOM (500 Mrd. US-\$ Investment), massiv auf regenerative Energien und Wasserstoff zu setzen. Ein Ziel ist, vor Ort 10.000 wasserstoffbetriebene Lkw zu produzieren. Neben anderen wird auch Hyzon erwähnt – ohne Obligo.

Hyzon ist außerdem im weltgrößten Markt für H₂-Lkw aktiv, in China, denn dort wird das größte Wachstum im Nfz-Sektor für H₂/BZ gesehen. In Australien hat Hyzon nun Melbourne als Headoffice ausgewählt und dort bereits Kooperationen geschlossen. Wer sich näher für die aktuelle

Entwicklung des Unternehmens interessiert, findet bei Facebook eine Aktionärs- und Fangruppe, die sehr detailliert über alle Vorkommnisse des Unternehmens berichtet.

Ein erster Großauftrag kommt derweil mittels LoI aus Holland: Der Müllentsorgungskonzern Geesinknorba (mit 7.500 Lkw in den Niederlanden, Frankreich, Spanien und 30 weiteren Ländern) plant, 300 FCEV-Lkw von Hyzon über drei Jahre zu ordern. In den USA ist zudem eine zweite Produktionsstätte in Chicago geplant, die auf eine Jahresproduktion von 12.000 Lkw ausgerichtet ist. In UK konnte jüngst ein MoU mit John G. Russell abgeschlossen werden – der Logistiker ist immerhin einer der fünf größten des Landes. Es geht erst einmal um einen eigens entwickelten 44-Tonner mit auf das Land bezogenen Spezifikationen. Geplant ist die Zusammenarbeit beim Service, bei der Reparatur, beim Vertrieb und bei der Finanzierung (Leasing)

Wer auf die Brennstoffzelle in Nfz (Lkw) setzen möchte, ist bei Hyzon richtig, sollte aber das Invest hier auch bei Nikola sehen, so dass mit beiden Titeln der Markt der batterieelektrischen wie auch der wasserstoffbetriebenen Lkw sehr gut abgedeckt ist. Indes sind beide Unternehmen als Start-ups zu sehen, so dass der Risikograd des Investments und die Kurschwankungen (Volatilität) als hoch eingestuft werden müssen – nichts für konservative Anleger.

CUMMINS ENGINE SETZT MASSIV AUF DIE BRENNSTOFFZELLE

Cummins Engine engagiert sich in hohem Maße im H₂-Sektor – auch im Nutzfahrzeubbereich, angefangen bei Lkw bis hin zu Schiffen, und baut auch die eigene Elektrolysetechnologie aus. Ein Projekt mit Sinopec beinhaltet eine Elektrolyseleistung von 1 GW und 1.000 H₂-Tankstellen für den Großraum Peking. Interessant ist, dass Cummins Engine seine Wandlung von einem Dieselmotorenproduzenten zu einem Brennstoffzellenunternehmen sehr vehement vorantreibt und dabei das besondere Know-how des zugekauften bzw. integrierten kanadischen Unternehmens Hydrogenics im großen Stil nutzt und großtechnisch skaliert (s. auch Cummins-Meldung auf S. 8).

Das chinesische Pendant ist Weichai Power, das ja ein Joint Venture mit dem kanadischen Unternehmen Ballard Power unterhält und mit 15 Prozent an diesem beteiligt ist. Beide Dieselmotorenhersteller der ersten Reihe mausern sich zu Top-Unternehmen in Sachen Brennstoffzelle und adressieren Wasserstoff als den Treibstoff der Zukunft – vor allem bei Nfz.



Abb. 5: Erwarteter (e) jährlicher Windkraftzubau weltweit bis 2030 [Quelle: Wood Mackenzie, Global Wind Power Market Update: Q4 2021]

SIEMENS ENERGY – NOCH IM TAL DER TRÄNEN

Die Siemens-Tochter Gamesa scheint noch immer nicht über den Berg zu sein, sieht man auf den gewaltigen Verlustbeitrag (minus 627 Mio. Euro), den dieses Unternehmen dem Mutterkonzern beschert (Gesamtminus von 560 Mio. Euro). Onshore-Wind gilt als Problembereich, dazu kommen Fehlkalkulationen und Lieferkettenprobleme. Deswegen wird darauf spekuliert, dieses Tochterunternehmen via Aktien-

tausch voll einzugliedern oder zu sanieren, was sich u. a. in Form einer Neuausrichtung oder gar Abspaltung umsetzen lassen könnte. Eventuell ist auch eine Teilfusion mit einem Wettbewerber möglich.

Auf der anderen Seite wird Siemens Energy großes Potential in allen Bereichen generieren können. Neue Gaskraftwerke, die H₂-ready sein sollen (s. S. 14), werden immer wichtiger, allein wenn man Deutschland mit seinem Ziel sieht, Kohlekraftwerke wie auch die Kernenergie abzuschalten. Der weltweite Bedarf an Elektrolyseuren sorgt auch bei Siemens Energy für volle Auftragsbücher, so dass die aktuelle Kursentwicklung unter dem Motto „buy on bad news“ einzustufen ist. >>

FUELCELL ENERGY – RECHTSSTREIT MIT POSCO EINVERNEHMLICH BEENDET

Endlich: FuelCell Energy hat sich mit dem südkoreanischen Stahlherzeuger Posco geeinigt und verglichen. FuelCell ist nun wieder unabhängig von Posco und kann andere Opportunitäten in Asien entwickeln. Die Unternehmenszahlen von FuelCell Energy sind noch nicht sehr überzeugend, wie das letzte Quartalsergebnis zeigt: Lächerliche 14 Mio. US-\$ Umsatz. Zwar hat man immer noch einen Auftragsbestand von über 1,29 Mrd. US-\$ in den Büchern, aber es kommt bislang gefühlt wenig an Neuaufrägen herein. Die Kooperation mit ExxonMobil wurde ein weiteres Mal verlängert, ohne dass aber mehr über die Konditionen vermeldet wurde.

Die Bilanz ist indes gut. FuelCell hat perfekt den Run in der Aktie von circa 0,50 US-\$ bis auf über 25 US-\$ 2021 genutzt und neue Aktien zum Preis von circa 8,50 US-\$ ausgegeben und damit wohl über 360 Mio. US-\$ einnehmen können, so dass das Unternehmen heute mit 460 Mio. US-\$ Bargeldbestand finanziell sehr gut dasteht.

Interessante Perspektiven bietet – wie auch beim Wettbewerber Bloom – das zweite Programm der US-Regierung Biden mit einem Investitionsumfang von 1,7 bis 2 Bio. US-\$. Wenn das kommt, dann werden größere Beträge die Sicherheit von Energienetzen erhöhen wie auch den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in den USA massiv stimulieren.

ZAHLEN WERFEN FRAGEN AUF Das erste Quartal des Geschäftsjahres 2022 sah einen Umsatzanstieg auf 31,8 Mio. US-\$ (Vorjahr: 14,9 Mio. US-\$). Indes ist hierin ein Auftrag enthalten, der auf dem Ergebnis des Rechtsvergleiches mit Posco beruht: Sechs Module wurden für 18 Mio. US-\$ geliefert; weitere acht folgen im laufenden ersten Quartal per 30. April. Gleichzeitig mussten 24 Mio. US-\$ an damit in Zusammenhang stehenden Rechtskosten getragen werden. Der Verlustausweis in Höhe von 46,1 Mio. US-\$ ist bedenklich, auch wenn da obige Kosten (legal) enthalten sind.

Das Unternehmen setzt auf die eigene Stromleistung der BZ-Kraftwerke. Bisläng handelt es sich um 41,4 MW an Stromleistung, die per PPA (Power Purchasing Agreement) verkauft werden und wiederkehrend sind. In Kanada hat FuelCell ein Projekt mit Clean Resource Innovation Network für Carbon-Capture-Technologie auf den Weg gebracht. Mit Exxon hat das Unternehmen ein Etappenziel erreicht: Exxon zahlt 5 Mio. US-\$, aber FuelCell Energy selbst investiert in das Projekt in Rotterdam den gleichen Betrag. Circa 405 Mio. US-\$ Bargeld (frei verfügbar und restricted) liegen noch auf dem Konto.

Was fehlt, ist meines Erachtens eine klare Unternehmensvision. Vielleicht kommen neue Impulse aus Asien. Die Menge der täglich gehandelten Aktien zeigt, dass da Daytrader und auch Neobrokerplattformen sehr aktiv sind. Somit bleibt die Aktie ein Investment für an kurzfristigen, hohen Schwankungen interessierte Anleger. In case sind schnell wieder Kurse von über 10 US-\$ erreichbar. Ansonsten ist die Bewertung von Bloom Energy mit 4 Mrd. US-\$ im Verhältnis zu 2,5 Mrd. US-\$ bei FuelCell Energy doch sehr niedrig, was den Kauf von Bloom-Aktien viel sinnvoller erscheinen lässt.

WIKIFOLIO BZVISION – ZURÜCK ZUM START

Das Wikifolio BZVision hat seinen Verlust seit Anfang dieses Jahres vollständig wieder ausgeglichen. Aktien wie die von Bloom und Ballard wie auch von Nikola kamen ja stark unter Druck (eventuell durch Shortseller). Indes kam es zu einer spürbaren Aufwärtsbewegung ab Mitte Februar. Die Krise rund um Gas und Öl sowie deren Preisentwicklung spielen natürlich dem Wasserstoff in die Hände.

Alle drei Titel stellen für mich den besten Mix an Unternehmen der Branche dar, was die Geschäftsmodelle, Märkte und Produkte angeht. Die Verkaufsoptionen auf Tesla habe ich geschlossen – leider ein paar Tage zu früh, da die Aktie von über 1.100 US-\$ bis auf unter 800 US-\$ fiel und die Verkaufsoptionen einen Basispreis von 1.000 US-\$ hatten und sich im Kurs fast verdoppelt haben.

Dieses Kapitel ist nun aber abgeschlossen, und BZVision besteht wieder aus 100 Prozent Wasserstoff und Brennstoffzellen. Immerhin beträgt die jährliche Rendite dieses Fonds rechnerisch immer noch über 35 Prozent. Ich erwarte, dass es nun zu einer spürbaren Aufwärtstendenz des Depots kommen wird, da die Voraussetzungen (siehe Unternehmenskommentierungen) besser nicht sein können und wir eventuell in den kommenden Jahren wieder Kurse sehen, die denen von Anfang 2021 entsprechen und sogar höher sind. Aber dies ist ja nur eine, meine persönliche Einschätzung – ohne Obligo.

PLUG POWER – MIT H₂-PRODUKTION IN DIE GEWINNZONE

Die Pläne sind gewaltig: Schon in diesem Jahr sollen drei Standorte ihre Produktion aufnehmen. 70 Tonnen Wasserstoff pro Tag gelten als erstes Ziel für das laufende Geschäftsjahr. Dies soll eine Gewinnmarge von 30 Prozent ermöglichen. Davon werden 40 bis 50 Tonnen pro Tag für bestehende Aktivitäten benötigt und 20 bis 30 Tonnen pro Tag als handelbare Ware an den Markt gebracht, so meine Erwartung.

Hier mögen auch die Subventionen der amerikanischen Regierung für grünen Wasserstoff (3 US-\$ Tax-Credit pro kg_{H₂}) eine Rolle spielen. 500 Tonnen pro Tag gelten als Produktionsziel im Geschäftsjahr 2025 und 1.000 im Jahr 2028. Auch die Kooperation mit dem australischen Unternehmen Fortescue des australischen Milliardärs Andrew Forrest (ein 50:50-Joint-Venture), die zum Ziel hat, eine Elektrolyseleistung von 1 GW auf den Weg zu bringen, klingt gewaltig und dürfte sich sehr positiv auf die Entwicklung von Plug auswirken, zumal die Rahmenbedingungen in Australien mit reichlich Sonne und Wind perfekt sind. Mit Forrest wurde ein Partner gewonnen, der dem Thema Wasserstoff höchste Priorität einräumt, hier sehr starkes Engagement zeigt und Superlative bedient: Er will der weltgrößte Hersteller von Wasserstoff werden (s. S. 12).

Plug Power bringt sich in Position, durch strategische Akquisitionen die ganze Wertschöpfungskette des Wasserstoffs und der Brennstoffzelle abzudecken. Dazu entwickelt das Unternehmen eine Reihe von Anwendungen und Märkten. Plug plant zudem, sich weltweit an diversen Ausschreibungen für den Einsatz der firmeneigenen Elektrolyse (vom Tochterunternehmen Giner EXL) zu beteiligen und hier auch Umsätze zu generieren. Darüber hinaus arbeiten die >>



WindEnergy Hamburg

The global on & offshore event

27 ————— 30
September 2022

**H₂ EXPO &
CONFERENCE**

Held in parallel
with WindEnergy
Hamburg

Exploring new horizons: It's time to put climate first!

Be sure to take part in the world's biggest and most important business platform for the onshore and offshore wind industry!

- Meet up with 1,400 exhibitors from over 100 countries in 10 halls
- Add key decision makers from the industry to your network
- Visit the first-rate conference programme on 4 stages in the halls free of charge



windenergyhamburg.com

Organised by:



In cooperation with:



Global Partner:



European Partner:



Partners:





Abb. 6: Robert Zalinski, Director European Service, präsentierte Plugs Produkte am neuen Standort in Duisburg

Nordamerikaner daran, die Technologie und das gesamte Geschäftsmodell zu optimieren und zu skalieren.

Im Bereich Material Handling (z. B. Gabelstapler) ist Plug wohl an weiteren potentiellen Großkunden, US-amerikanischen sowie europäischen, dran. Allein in diesem Segment wird für 2030 ein Umsatz von 4 Mrd. US-\$ erwartet. Da will man auch kleinere Kunden gewinnen, die weniger als 50 kg_{H₂}/Tag benötigen, wobei in diesen Fällen Trailerlösungen (H₂-Container) sinnvoller sei dürften, als H₂-Tankstellen einzurichten. Zunächst sieht Plug den internationalen Anteil des Geschäftes bei 25 Prozent, langfristig aber bei 30 bis 40 Prozent, was sich in diversen Projekten nicht nur in Australien, sondern auch in Spanien, Ägypten, Südkorea (JV mit SK Group), Frankreich, Holland und Deutschland zeigt.

HYVIA – JOINT VENTURE MIT RENAULT 250 Vans sollen 2022 an circa 20 Kunden ausgeliefert werden. 2030 sollen es 250.000 sein. Als Abnehmer werden Kunden wie Amazon genannt, aber auch Taxiflotten. Die Übernahmen der Firmen Frames Group, Applied Cryo Technologies (Verflüssigung von Wasserstoff) und Joule Processing sind sicherlich zielführend, diese werden aber Zeit für ihre Integration benötigen, um ihren Beitrag in der Unternehmensentwicklung und dem Konzern darstellen zu können.

Fazit: Mit annähernd 2,5 Mrd. US-\$ in der Bank (plus 1,2 Mrd. US-\$ available-for-sale securities) kann Plug seine ambitionierten Pläne noch gut aus eigener Kraft stemmen. Die umfangreichen Investments in Produktionsanlagen und Akquisitionen werden die Kapitaldecke aber schmelzen lassen, bevor Gewinne erzielt werden, so dass der Übergang in die Gewinnzone noch ein paar Jahre dauern dürfte. 1 Mrd. US-\$ gelten als Invest (Liquiditätsabfluss pro Jahr), so dass es nicht auszuschließen ist, dass weiteres Eigenkapital über die Ausgabe von Aktien beschafft werden muss, was angesichts der massiven Erhöhung der Zahl ausstehender Aktien auf über 570 Mio. Stück in den vergangenen zwei Jahren kritisch zu sehen ist.

Zudem sind auch die Großaufträge von Kunden wie Amazon und Walmart zu hinterfragen. Ich informierte

bereits über die Ausgabe von Optionsscheinen, die beiden Unternehmen sehr hohe Gewinne (eventuell Milliarden) gebracht haben. Außerdem werfen deren Serviceverträge mit Plug bei Analysten Fragen nach der Gewinnmarge auf.

Der für dieses Jahr prognostizierte Umsatz von über 900 Mio. US-\$ (nach 501,7 Mio. 2021) klingt gewaltig und sollte auch auf die Gewinnmarge hin betrachtet werden. Mit über 14 Mrd. US-\$ Börsenbewertung ist die Zukunft bereits gut bewertet. Es werden noch hohe logische Verluste (Invest in Produktion) gemeldet werden, bevor der Übergang in die Gewinnzone kommt. Da könnte manche Enttäuschung erlebt werden, bezogen auf den Zeitraum bis zu diesem Übergang. Aber: Plug wird als führendes Unternehmen der Branche angesehen, weshalb Analysten wichtiger Investmentbanken Kurse von 40 bis über 70 US-\$ erwarten. Auch bei Kleinanlegern ist Plug sehr gut positioniert, wie ein Blick auf die Handelsplattformen Reddit und Robinhood zeigt. Somit ist ein gutes Aufwärtspotential in der Aktie auszumachen. Kommt das zweite Infrastrukturprogramm der Regierung Biden durch, wird Plug – wie natürlich die ganze Branche in den USA – davon massiv profitieren, und dann natürlich auch der Aktienkurs. ||

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.

HOCHDRUCKVENTIL FÜR H₂-STATIONEN



Quelle: GSR

68

Die GSR Ventiltechnik GmbH & Co. KG hat im Februar 2022 ein neues, servogesteuertes Magnetventil für Hochdruckanwendungen vorgestellt. Wie das Unternehmen aus Vlotho-Exter mitteilte, ist dieses Ventil für Drücke bis 1.000 bar einsetzbar und speziell für H₂-Betankungsanlagen entwickelt worden.

Laut Firmenangaben werden die Komponenten von Wasserstofftankstellen hohen Beanspruchungen und Belastungen ausgesetzt, die „höchste Anforderungen an Funktion, Dichtheit, Lebensdauer und Sicherheit“ stellen. Magnetventile seien „sehr häufigen Schaltvorgängen unterworfen“, weshalb GSR Ventiltechnik seine jahrzehntelange Erfahrung genutzt habe, um ein 2/2-Wegeventil neu ins Repertoire mit aufzunehmen. Dieses sei für Drücke von 5 bis 1.000 bar ausgelegt und ermögliche durch seine Geometrie und die Verwendung hochwertiger Materialien eine hohe Lebensdauer von über 100.000 Schaltungen, halte gleichzeitig aber die Betriebs- und Wartungskosten der Anlage gering.

Das Hochdruckventil der Baureihe 3/071-1W ist in verschiedenen Anschlussgrößen erhältlich und benötigt nur einen elektrischen Anschluss – keine Steuerluft, so dass weder eine aufwändige Verrohrung noch ein Kompressor vorgehalten werden muss. Es ist im Temperaturbereich von -40 °C bis +60 °C einsetzbar und besitzt eine Zertifizierung nach ATEX. Erstmals vorgestellt wird es vom 9. bis 11. Mai 2022 auf der World Hydrogen Expo in Rotterdam. ||

VENTILTECHNIK FÜR DEN ELEKTROLYSESEKTOR

Wasserstoff ist genauso sicher handhabbar wie andere Energieträger oder Gase. Wichtig ist nur, dass geeignete Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt beziehungsweise entsprechend konzipierte Komponenten eingesetzt werden. Dafür sind passende Sicherheitsventile unabdingbar. Insbesondere dort, wo Wasserstoff hergestellt wird: im Elektrolyseur.

Die Witt-Gasetechnik GmbH & Co. KG hat dafür geeignete Produkte zur Absicherung gegen Überdruck im Angebot. So sind beispielsweise die Ventile AV 619 und AV 919 insbesondere auf die Druck- und Temperaturbereiche von PEM- und Solid-Oxid-Elektrolyseuren abgestimmt. Nach Firmenangaben kann der Öffnungsdruck „in einem Bereich von 5 bis 500 mbar“ genau eingestellt werden, die Betriebstemperatur kann „bis zu 250 °C“ betragen.

Für alkalische Elektrolyseure hat der Wittener Komponentenbauer das Modell SV 805 mit einem Öffnungsdruck, der im Bereich von 0,5 bis 45 bar einstellbar ist (Betriebstemperatur bis 150 °C) konzipiert. Wie es heißt, öffnen diese Sicherheitsventile „hoch präzise und zuverlässig“ bei Erreichen des eingestellten Öffnungsdruckes und „schützen die empfindlichen Anlagen sicher vor bereits minimalen Überdrücken“. Alle Ventile verfügen über eine vergleichsweise geringe Baugröße, erlauben aber dennoch relativ hohe Durchflussmengen. Sie sind öl- und fettfrei, lassen sich lageunabhängig einbauen und sind mit verschiedenen Eingangs- und Ausgangsanschlüssen und in unterschiedlichen Materialien verfügbar – auf Wunsch auch mit entsprechender TÜV-Bescheinigung.

Marketing-Leiter Alexander Kampschulte erklärte gegenüber HZwei, Witt verzeichne in letzter Zeit ein wachsendes Interesse im Elektrolysektor. Er sagte: „Aus dem Kundenkreis haben wir die Rückmeldung erhalten, dass vor allem die Armaturen der AV-Reihe mit ihrem geringen Öffnungsdruck und dem hohen Temperaturbereich perfekt zu dieser Anwendung passen und es am Markt wenig Vergleichbares in dieser Qualität gibt.“ ||

INTERNATIONAL NEWSLETTER

ON HYDROGEN AND FUEL CELLS

H₂

international
E-JOURNAL ON HYDROGEN AND FUEL CELLS
www.h2-international.com



Quelle: Witt

WASSERSTOFFIMPORTE AUS DEM OSTEN

H₂-Leitungsnetz von der Ukraine bis nach Deutschland

Bei den damaligen deutsch-amerikanischen Gesprächen über eine mögliche Inbetriebnahme von Nord Stream 2 ging es auch um das Engagement Deutschlands in der Ukraine. Die Ukraine, die wirtschaftliche Nachteile durch Nord Stream 2 befürchtete, sollte im Gegenzug von der Bundesrepublik bei der Weiterentwicklung ihres Energieversorgungssystems unterstützt werden – so der Plan, bevor Putin das Land angriff. Aufgrund des aktuellen Kriegs ist völlig offen, wie die Zukunft in Osteuropa aussehen wird – auch wie die Versorgungslage mit Energie sein wird. Um zu zeigen, welche Potentiale sich nach einem hoffentlich baldigen Ende dieser Invasion ergeben könnten, schildern wir hier die Ausgangslage, wie es noch Ende 2021 aussah.

Die deutsche Energieagentur (dena) arbeitete mit der ukrainischen Energiewirtschaft im Rahmen der Deutsch-Ukrainischen Energiepartnerschaft zusammen. Eine entsprechende Absichtserklärung war im Rahmen des ersten Deutsch-Ukrainischen Energietages am 28. August 2020 unterzeichnet worden. Die Zielsetzungen dieser Energiepartnerschaft war die Steigerung der Energieeffizienz, die Modernisierung des Stromsektors, der Ausbau erneuerbarer Energien und die Reduzierung der CO₂-Emissionen. Darüber hinaus sollte es auch um die Transformation von Kohleregionen, die Integration erneuerbarer Energien, die Produktion von grünem Wasserstoff und die Modernisierung von Fernwärmesystemen gehen. Die dena sah darin zwar große Chancen und Potenziale für die Energiewirtschaft, obwohl noch viele Fragen offen waren.

ENTWICKLUNG BEI DEN ERNEUERBAREN Um zukünftig grünen Wasserstoff in nennenswerten Mengen nach Deutschland exportieren zu können, müsste es in den Energiesystemen der Länder im Osten Europas entsprechend viel Energie aus erneuerbaren Energiequellen geben. Das ist bislang ganz und gar nicht der Fall, denn der Anteil der Erneuerbaren am Primärenergieverbrauch lag zum Beispiel im Falle der Ukraine lediglich im oberen

einstelligen Bereich, in Kasachstan gerade einmal bei drei Prozent.

Die installierte Leistung war in der Ukraine von 2.300 Megawatt Ende 2018 auf rund 7.700 Megawatt gestiegen. Über 5 Mrd. Euro wurden seit 2015 in den Ausbau von erneuerbaren Energien mit einer Kapazität von über 6,7 Gigawatt investiert [dena]. Ob und

in welcher Form der Ausbau von erneuerbaren Energien in der Ukraine jetzt noch realisiert werden kann, ist mehr als ungewiss, da es bereits vor dem Krieg den Investoren aufgrund der unsicheren politischen Lage im Land kaum möglich war, potentielle Interessenten und Anleger für neue Projekte im Bereich der Erneuerbaren zu finden. >>

Wasserstoff-Lösungen...

Für eine nachhaltige Zukunft

Die Elektrolyseure von Nel Hydrogen werden dazu beitragen, überschüssige Energie zu verkaufen, die Erzeugung erneuerbarer Elektrizität auszugleichen und hochreinen Wasserstoff für Industrie und Transport zu produzieren.

- Alkali- und Polymer-Elektrolyt-Technologien
- Sicher, sauber und kosteneffizient
- Ideal für die Speicherung erneuerbarer Energie und das Netzmanagement
- Grüner Wasserstoff für Industrieanwendungen und Kraftstoffe
- 90 Jahre praktische Erfahrung
- Passt sich jeder Anwendung an



nel

Besuchen Sie uns online oder rufen Sie uns an, um eine Beratung mit einem unserer Vertriebsmitarbeiter zu vereinbaren!
+1.203.949.8697
www.nelhydrogen.com

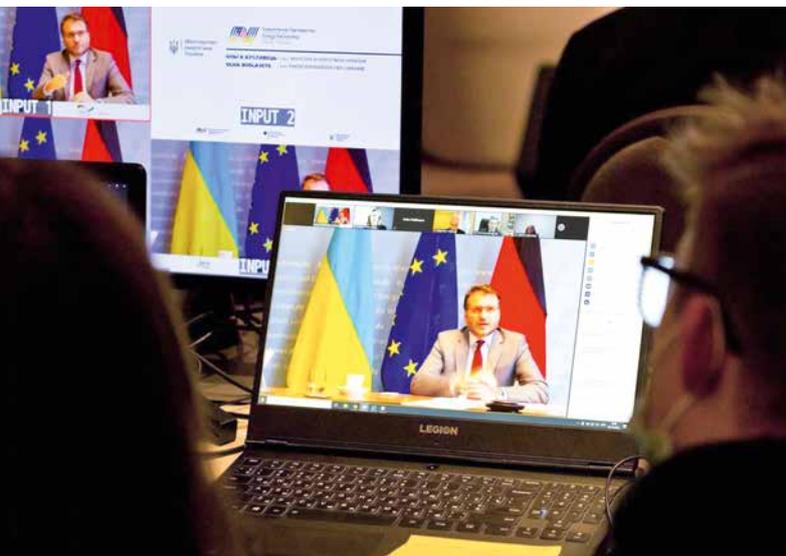


Abb.: Erster Deutsch-Ukrainischer Energietag
[Quelle: AHK]

Die Zugpferde des Zubaus waren in der Regel ausländische Investoren. In Kasachstan wagte beispielsweise die schwedisch-deutsche Svevind-Gruppe in Zusammenarbeit mit einem kasachischen Partner ein riesiges Wasserstoffprojekt. Svevind will in Kasachstan Wind- und Solarparks mit 45 GW Leistung aufbauen. Der kasachische Partner würde mit seinen 30 GW Elektrolyseleistung bis zu drei Millionen Tonnen grünen Wasserstoff jährlich herstellen können.

BISLANG FEHLTE DIE LEITUNGSINFRASTRUKTUR Für die Versorgung verfügen Staaten wie die Ukraine, Kasachstan, aber auch Belarus über ein Netz aus Pipelines, das dem Transfer von Erdgas dient. Ob diese Leitungen technisch so weit modifiziert werden können, dass sie auch für den Wasserstofftransport geeignet sind, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht klar. Oleksandr Riepkín, Präsident des Ukrainischen Wasserstoffrates, hat deswegen eine andere Option ins Spiel gebracht. Er schlug den Einsatz von Schiffen, die über die Donau Wasserstoff nach Mitteleuropa bringen könnten, vor.

Bereits im Herbst 2021 gaben der slowakische Gasnetzbetreiber Eustream, GTSOU (Ukraine), NET4GAS (Tschechien) und der deutsche Fernleitungsbetreiber OGE bekannt, dass sie einen Korridor zur Durchleitung von Wasserstoff einrichten wollen. Im Rahmen dieser Initiative Central European Hydrogen Corridor sollte ein Leitungsnetz entstehen, das in der Ukraine beginnt, durch die Slowakei und Tschechien führt und bis an die 43,8 TWh Wasserstoff jährlich bis nach Deutschland bringen könnte. Aber dies ist keinesfalls die einzige Idee dieser Art, auch anderen schwebt eine solche oder ähnliche Leitung vor:

Das Projekt H2EU+Store beispielsweise ist stark von österreichischen Vorstellungen beeinflusst. Es sieht eine Route in Richtung des Gas-Hubs Baumgarten ganz im Osten der Alpenrepublik vor. Von Baumgarten aus könnte der Wasserstoff in viele andere europäische Staaten fließen, natürlich auch nach Deutschland.

Während die Initiative Central European Hydrogen Corridor noch nicht spezifiziert hatte, wo und wie der Wasserstoff in der Ukraine hergestellt werden könnte, hatte H2EU+Store die Zusammenarbeit mit dem ukrainischen Unternehmen Eco-Optima LLC bekanntgegeben. Eco-Optima LLC ist ein westukrainischer Solarenergieproduzent mit einer installierten Leistung von 154 MW. Der Eigentümer dieser Firma ist Maksym Kozicki, Gouverneur der Region Lemberg und Mitglied der Partei des Präsidenten Wolodymyr Selenskyj. ||

Dieser Bericht ist verfasst worden, bevor sich die politische Lage zwischen Russland und der Ukraine verschärft hat, und wurde jetzt entsprechen

Literatur:

- dena, Deutsch-Ukrainische Energiepartnerschaft
https://www.energypartnership-ukraine.org/fileadmin/user_upload/ukraine/media_elements/German-Ukrainian_EP_owc.pdf

INTELLIGENCE IN DRIVES

PRÜF**REX**®

PRÜF**REX** WASSERSTOFFSTRATEGIE



REFORMER
SICHERHEIT

Funkgeber und
Flammenüberwachung für
Brennstoffzellen

Antrieb Small Engines



Batterieelektrisch
Brennstoffzellen-Technologien
Direktmethanol-Brennstoffzellen
Hybridisierung

FIRMENVERZEICHNIS

ANLAGENBAU



info@h2coresystems.com www.h2coresystems.com

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



Silica Verfahrenstechnik GmbH – Vom Engineering bis zur Inbetriebnahme alles aus einer Hand!

Wir nehmen uns Zeit für Ihr Projekt! Wittestr. 24, 13509 Berlin, Tel. 030-43573-5, sales@silica.de, www.silica.de

XENON Automatisierungstechnik GmbH, Pforzheimer Str. 16, 01189 Dresden, Tel. 0351-40209-240, Fax -109, www.xenon-automation.com

ARMATUREN, REGLER, VENTILE



Bürkert Werke GmbH & Co. KG, Magnetventile, Mass Flow Controller, Fluidtechnische Systemlösungen, Christian-Bürkert-Str. 13-17, 74653 Ingelfingen, Tel. 07940-10-0, Fax -91204, www.buerkert.com

Magnetventile, Mass Flow Controller, Fluidtechnische Systemlösungen,



Tel. 05228-779-0, info@ventiltechnik.de, www.ventiltechnik.de

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



Spitalstr. 204, 8623 Wetzikon, Schweiz, Tel. +41-44-9318190, h2info@seitz.ch, www.seitz.ch

Eugen Seitz AG, Führende H₂-Magnetventil-Technologie von 10 bis 1.000 bar,



HPS Solutions GmbH, Fachgroßhandel für Fluid- und Gastechologie, Fraunhoferstr. 5, 82152 Martinsried, Tel. 089-744926-0, info@hps-solutions.de, www.hps-solutions.de



Magnet-Schultz GmbH & Co. KG, Hochdruck-, Sicherheits-, Absperr- & Mengenregelventile für H₂, Allgäuer Str. 30, 87700 Memmingen, Tel. 08331-104-0, Fax -333, www.magnet-schultz.com

Ihre Spezialisten für elektromagnetische Aktorik und Sensorik



Nova Werke AG, H₂-Hochdruck-Magnetventile, Vogelsangstrasse 24, 8307 Effretikon, Schweiz, Tel. +41-52-3541616, www.novaswiss.com



www.ptec.eu

PTEC – Pressure Technology GmbH, 35 & 70 MPa: OTV, Filter, Ventile, Regler, TPRD, GHU, Linde 11, 51399 Burscheid, Tel. 02174-748-722, Fax -223, 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

VOSS Fluid GmbH, Einbaufertige Hochdruck- und Niederdruckleitungen,

BERATUNG & PLANUNG



Aengenheyster Armin Ing.-Büro IBAA, Planung, Beratung und Bau von Wasserstofftankstellen, Erkrath/Berlin Tel. 0211-91323650, info@ibaa.de, www.ibaa.de



email@emcel.com, www.emcel.com

EMCEL GmbH – Ingenieurbüro für BZ, H₂-Technologie und E-Mobilität. Machbarkeitsstudien, Normen & Zulassung, Instandhaltung. Am Wassermann 28a, 50829 Köln, Tel. 0221-292695-0, Fax -229,

EnergyTConsultant (ETC) – Annette Nüsslein, Unternehmens- und Strategieberatung, Wiesdorfer Str. 5, 40591 Düsseldorf, Tel. 0157-54859437, info@energytconsultant.de, www.energytconsultant.de

GIC – Agentur der Neuen Energien und Zukunftsthemen GbR, Rosenhagenstr. 42, 22607 Hamburg, Tel. 040-89018247, www.gic-zukunft.com



Realisierung, Industriestr. 73, 50389 Wesseling, Tel. 02232-7080, kontakt@griesemann.com, www.griesemann.com

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

H₂ Analytik, Beratungsleistungen für die initiale Auslegung von Wasserstoffvorhaben, Matthias Bromeis, Parkstr. 52, 23568 Lübeck, Tel. 0177-3163576, mb@h2analytik.de, www.h2analytik.de



Haas Engineering GmbH & Co. KG, Reinhold-Schneider-Str. 18a, 79194 Gundelfingen, Tel. 0761-503649-0, Fax -69, info@haasengineering.de, www.haasengineering.de



Studien, Consulting, Industriepark Höchst, 65926 Frankfurt am Main, Tel. 069-30581022, www.infraserv.com

Infraserv GmbH & Co. Höchst KG, Konzeptentwicklung,



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

kontakt@p2x-ingenieure.de, www.p2x-ingenieure.de

PLANET GbR, Ingenieurbüro für Energie- und Versorgungstechnik, Donnerschweer Str. 89/91, 26123 Oldenburg, Tel. 0441-85051, info@planet-energie.de

Spilett New Technologies GmbH, Schöneberger Str. 18, 10963 Berlin, 030-536796-57, www.spilett.de

Technology Management SK, Benedikt Eska, Innovationsmanagement, Strategieentwicklung, Projektmanagement, Technologie- und Marktanalysen, Münchener Str. 35a, 85748 Garching, Tel. 089-36037836, www.temsk.de



u.w. consult, Udo Wagner, Beratung für Software Engineering und Qualitätsmanagement, Zertifizierte Automotive SPICE® / CMMI Assessor, Eibenweg 23, 24536 Neumünster, +49 4321 8534429, www.uw-consult.de



white energy solutions GmbH, Josef-Jägerhuber-Str. 13, 82319 Starnberg, Tel. 08151-9969400, www.white-energy.eu

BESCHICHTUNG



Aalberts Surface Technologies GmbH, Seelandstr. 7, 23569 Lübeck, Tel. 0451-39006-0, www.aalberts.com/st

Holzapfel Metallveredelung GmbH, Unterm Ruhestein 1, 35764 Sinn, Tel. 02772-5008-0, Fax -55, www.holzapfel-group.com

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, www.kustec.at

Spir Star AG, Auf der Rut 7, 64668 Rimbach-Mitlechtern, Tel. 06253-9889-0, info@spirstar.de, www.spirstar.de



WEH GmbH Gas Technology, Josef-Henle-Str. 1, 89257 Illertissen, Tel. 07303-95190-0, Fax -9999, h2sales@weh.com, www.weh.com

BIPOLARPLATTEN



Borit NV, Bipolarplatten und Interconnects, Lammerdries 18e, 2440 Geel, Belgien, Tel. +32-14-250900, contact@borit.be, www.borit.be



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

bipolarplates@schunk-group.com, www.schunk-carbontechnology.com



SITEC Industrietechnologie GmbH, Prototypen, Serienfertigung, Produktionsanlagen für Ihre Bipolarplatten, Stack-Baugruppen und Balance of Plant, info@sitec-technology.de, www.sitec-technology.de

BRENNSTOFF- UND LUFTVERSORGUNG



Busch Clean Air S.A., Chemin des Grandes-Vies 54, 2900 Porrentruy, Schweiz, Tel. +41-32-46589-60, Fax -79,

info@buschcleanair.com, www.buschcleanair.com



Celeroton AG, hochkompakte Turbo-Kompressoren für die Luftversorgung von Brennstoffzellen, Industriestr. 22, 8604 Volketswil, Schweiz, Tel. +41-44-25052-20, info@celeroton.com, www.celeroton.com



sera ComPress GmbH, sera-Str. 1, 34369 Immenhausen, Tel. 05673-999-04, Fax-05, info-compress@sera-web.com, www.sera-web.com

BRENNSTOFFZELLEN



Cummins Inc., Am Wiesenbusch 2, Halle 5, 45966 Gladbeck, Tel. 02043-944-133, Fax -146, powersales@hydrogenics.com, www.cummins.com



SFC Energy AG, EFOY Brennstoffzellen, Eugen-Sänger-Ring 7, 85649 Brunenthal, Tel. 089-673592-555, info@sfc.com, www.sfc.com, www.efoy-pro.com



Siqens GmbH, Landsberger Str. 318d, 80687 München, Tel. 089-4524463-0, info@siqens.de, www.siqens.de

ELEKTROLYSEURE



Asahi Kasei Europe GmbH, Fringsstr. 17, 40221 Düsseldorf, Tel. 0211-3399-2000, info@asahi-kasei.eu, www.asahi-kasei.eu



Cummins Inc., Am Wiesenbusch 2, Halle 5, 45966 Gladbeck, Tel. 02043-944-133, Fax -146, powersales@hydrogenics.com, www.cummins.com



Empowering a sustainable world

Elogen GmbH,
Eupener Straße 165, 50933 Köln,
Tel. 0221-2919073-0, Fax -9,
www.elogenh2.com



Enapter srl, AEM-Elektrolyseure
für alle Anwendungsbereiche,
Pisa, Berlin, Chiang Mai,
Via di lavoria 56G, 56040 Crespina Lorenzana (PI), Italien,
Tel. +39-50644281, +49-30-921008130, www.enapter.com



green electrolyzer
engineering
contracting
& services

a company of FEST group, Tel. 05321-687-0,
kontakt@fest-group.de, www.green-h2-systems.com



GINERELX

Giner ELX, Inc.,
89 Rumford Avenue,
Newton, Massachusetts
02466, USA, Tel. +1-781-
529-0500, information@ginerelx.com, www.ginerelx.com



THE STACK COMPANY

Hoeller Electrolyzer GmbH,
The Stack Company, Alter
Holzhafen 17b, 23966
Wismar, Tel. 03841-38901-0, www.hoeller-electrolyzer.com



Hydrogen is now.

H-Tec Systems GmbH,
PEM-Elektrolyseure
für industrielle Anwen-
dungen, Am Mittleren
Moos 46, 86167 Augsburg, Tel. 0821-507697-0, Fax 0451-399-
41799, info@h-tec-systems.com, www.h-tec-systems.de



iGas energy GmbH,
Cockerillstr. 100, 52222 Stolberg,
Tel. 02402-9791600, info@igas-energy.de,
www.iGas-energy.de



IPS-FEST GmbH, Power Supplier,
Eisenbahnstr. 22-23, 53489 Sinzig,
Tel. 02642-9020-20, sales@ips-fest.de,
www.ips-fest.de



Energy Storage | Clean Fuel

ITM Power GmbH,
Energy Storage –
Clean Fuel,
Am Mühlgraben 6, 35410 Hungen, Tel. 06402-5197321,
info-itmgmbh@itm-power.com, www.itm-power.com



Driving clean energy forward

**McPhy Energy
Deutschland GmbH**,
Schwartzkopff 1,
15745 Wildau,
Tel. 03375-497210-0, Fax -9,
www.mcphy.com



Nel Hydrogen, 10 Technology Drive,
Wallingford, CT 06492, USA,
Tel. +1-203-949-8697, Fax -8016,
info@nelhydrogen.com,
www.nelhydrogen.com



ProPuls GmbH, Hochdruck-
elektrolyse, Stackbau sowie
Systemintegration und
MSR-Technik, Neidenburger Str. 10, 45897 Gelsenkirchen,
Tel. 0209-589094-60, Fax -99, www.propuls.de



sunfire GmbH,
Gasanstaltstr. 2, 01237 Dresden,
Tel. 0351-896797-0, Fax -885,
www.sunfire.de



**thyssenkrupp Uhde Chlorine
Engineers GmbH**,
Voßkuhle 38, 44141 Dortmund,
Tel. 231547-0, Fax -2334,
info-uce@thyssenkrupp.com,
www.thyssenkrupp-uhde-chlorine-engineers.com

ELEKTRONIK

iEB-Industrie Elektronik Brandenburg AG,
Magistrale 13, 16244 Schorfheide OT Finowfurt,
Tel. 03335-2160-09, Fax -12,
info@iebag.de, www.iebag.de



KraftPowercon Sweden AB,
Bruksvägen 4, 445 56 Surte-
Göteborg, Schweden, Tel. +46-31-
7061970, www.kraftpowercon.com



plating electronic GmbH,
Gleichstromquellen, Rheinstr. 4,
79350 Sexau, Tel. 07641-93500-0,
info@plating.de, www.plating.de



INTELLIGENCE IN DRIVES

**Prüfreflex Innovative Power Pro-
ducts GmbH**, Egersdorfer Str.
36, 90556 Cadolzburg,
Tel. 09103-7953-0, Fax -55,
www.pruefreflex.de

ENERGIESPEICHERUNG



**APEX Group – Energielösungen
mit grünem Wasserstoff**,
Hans-Adam-Allee 1,
18299 Rostock-Laage, Tel. 0381-799902-0,
info@apex-energy.de, www.apex-group.de



GKN Powder Metallurgy Holding GmbH,
Pennefeldsweg 11-15, 53177 Bonn, Germany,
www.gknhydrogen.com



GP JOULE Hydrogen GmbH,
Trust your energy, Cecilienkoog 16,
25821 Reußenköge,
Tel. 04671-6074-0, Fax -199, www.gp-joule.de



HPS Home Power Solutions GmbH,
Carl-Scheele-Str. 16, 12489 Berlin,
Tel. 030-5169-5810,
mail@homepowersolutions.de,
www.homepowersolutions.de

ENGINEERING

**SCHAEFFLER
ENGINEERING**Schaeffler Engineer-
ing GmbH,
H₂-Prüfstände,Software und Steuergerätelösungen für H₂-Motoren,
Gewerbestr. 14, 58791 Werdohl, Tel. 02392-809-0, Fax -100,
www.schaeffler-engineering.comSEGULA Technologies GmbH, Rugbyring 12, 65428 Rüs-
selsheim am Main, Herr H. Sötje, Tel. 0151-12183180,
Hauke.Soetje@segulagr.com, www.segulatechnologies.com**SILICA**Silica Verfahrenstechnik
GmbH – Innovatives En-
gineering mit Leidenschaft,Wasserstofftechnologie seit über 80 Jahren! Wittestr. 24,
13509 Berlin, Tel. 030-43573-5, sales@silica.de, www.silica.de

FERTIGUNGSTECHNIK

**GRAEBENER**

Bipolar Plate Technologies

Gräbener Maschinenteknik GmbH & Co. KG,
Fertigungsanlagen für das Formen, Schneiden und
Schweißen metallischer Bipolarplatten, Tel. 02737-989-0,
info@graebener.com, www.graebener.com**MARTIN LOTTER**Fertigungstechnik für
HochleistungswerkstoffeMartin Lotter GmbH, Fertigungstechnik für
Hochleistungswerkstoffe, Hertingerweg 10,
87484 Nesselwang, Tel. 08361-135-3, Fax -4,
kontakt@martin-lotter.de, www.martin-lotter.de

FINANZIERUNG

Notos Group, Dr. Jens Rohweder, Unternehmensbeteiligun-
gen und Risikokapital, Pelzerstr. 5, 20095 Hamburg,
Tel. 040-6094550-0, www.notos-group.com

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

**DBI**DBI Gas- und Umwelttechnik
GmbH, Karl-Heine-Str. 109/111,
04229 Leipzig, 0341-2457-113,
www.dbi-gut.deDLR Institut für Technische Thermodynamik,
Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart,
Tel. 0711-6862-346, Fax -747, www.dlr.de/tt**FES**FES GmbH Fahrzeug-
Entwicklung Sachsen,
Crimmitschauer Str. 59,08058 Zwickau, Tel. 0375-5660-0, Fax -222,
info@fes-aes.de, www.fes-aes.de**Fraunhofer**

ISE

Fraunhofer-Institut für
Solare Energiesysteme
ISE, Heidenhofstr. 2,
79110 Freiburg/Br.,Tel. 0761-4588-5208, Fax -9000, www.h2-ise.deFraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES,
Postkamp 12, 30159 Hannover, Tel. 0471-14290-456,
www.iwes.fraunhofer.deFraunhofer-Institut Zuverlässigkeit und Mikrointegration
(IZM), Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin,
Tel. 030-3147283-3, Fax -5, www.izm.fraunhofer.deFraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme
IMM, Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz, Tel. 06131-9900,
info@imm.fraunhofer.de, www.imm.fraunhofer.deGas- und Wärme-
Institut Essen e.V.Gas- und Wärme-Institut Essen
e.V., Hafenstr. 101, 45356 Essen,
Tel. 0201-3618-0,
www.gwi-essen.deHyCentA Research GmbH,
Inffeldgasse 15, A-8010 Graz,
Tel. +43-316-873-9501,
office@hycenta.at, www.hycenta.at**iauv**IAV GmbH Ingenieurgesell-
schaft Auto und Verkehr,
Carnotstr. 1, 10587 Berlin, Tel. 030-
39978-0, Fax -9926, www.iav.com**WENGER**
Engineering GmbHWenger Engineering
GmbH, Forschungs-
und Entwicklungszen-trum für Thermodynamik, CFD-Simulation & H₂-Technik,
Einsteinstr. 55, 89077 Ulm, Tel. 0731-790605-0, Fax -99,
mail@wenger-engineering.com, www.wenger-engineering.comZentrum für Brennstoffzel-
lenTechnik ZBT gGmbH,
Carl-Benz-Str. 201, 47057Duisburg, Tel. 0203-7598-0, Fax -2222, info@zbt.de, www.zbt.deZentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW),
Helmholtzstr. 8, 89081 Ulm,
Tel. 0731-9530-0, Fax -666,
info@zsw-bw.de, www.zsw-bw.de

GAS-DIFFUSIONS-LAGEN (GDL)

**MeliCon**

Metallic Lightweight Construction

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**sgl carbon**SGL Carbon
GmbH, Werner-
von-Siemens-Str. 18, 86405 Meitingen, Tel. 08271-83-3360, Fax -103360,
fuelcellcomponents@sglgroup.com, www.sglgroup.com

INFRASTRUKTUR

H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co.KG,
EUREF-Campus 10-11, 10829 Berlin,
Tel. 0170-5870317,
presse@h2-mobility.de, www.h2-mobility.de

KOMMUNIKATION & MARKETING

**MISSION:
HYDROGEN**

Mission Hydrogen GmbH,
Lise-Meitner-Str. 20, 71364
Winnenden, Tel. 07195-904390-
0, 0162-2109822, 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, www.mummert.fr

The Hydrogen Translator, Nicola Bottrell Hayward,
Übersetzungen Deutsch – Englisch,
Bristol, Großbritannien, Tel. +44-1454-416796,
hello@TheHydrogenTranslator.com,
www.TheHydrogenTranslator.com

KOMPRESSOREN

**AERZEN**

Aerzener Maschinenfabrik
GmbH, Schraubenverdichter
und Gebläse für Prozessgase,

Reherweg 28, 31855 Aerzen, Tel. 05154-810,
processgas@aerzen.com, www.aerzen.com

**Burckhardt
Compression**

Burckhardt Compression AG,
Franz-Burckhardt-Str. 5,
8404 Winterthur, Schweiz,

Tel. +41-52-2625330, 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



Mehrer Compression GmbH,
Prozessgas unter Hochdruck, Rosenfelder Str. 35, 72336
Balingen, Tel. 07433-2605-0, Fax -7541, www.mehrer.de



Neuman & Esser Group,
Werkstraße o.Nr.,
52531 Übach-Palenberg,
Tel. 02451-481-01, Fax -100,
www.neuman-esser.de



J.P. Sauer & Sohn Maschi-
nenbau GmbH, Brauner
Berg 15, 24159 Kiel,
Tel. 0431-3940-0,

sales@sauercompressors.de, www.sauercompressors.com

MEMBRANEN



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, www.agcce.com



Chemours International
Operations SARL,
Chemin du Pavillon 2,
1218 Le Grand Saconnex,

Schweiz, Patrick Redon, Tel. +33-680-282140,
www.chemours.de, www.nafion.de



CMC Klebetechnik GmbH,
Rudolf-Diesel-Str. 4,
67227 Frankenthal/Pfalz,
Tel. 06233-872-300,
info@cmc.de, www.cmc.de

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING



DiLiCo engineering GmbH,
Lorenzweg 43, 39124 Mag-
deburg, Tel. 0391-505859-86,
info@dilico.de, www.dilico.de

MESS- UND REGELUNGSTECHNIK



ADZ NAGANO GmbH,
H₂-Drucksensorik mit
EC79-Zulassung, Berge-
ner Ring 43, 01458 Otten-
dorf-Okrilla, Tel. 035205-596930, sales@adz.de, www.adz.de



Henze-Hauck
Prozessmesstechnik /
Analytik GmbH,

Wasserstoffanalysatoren, ATEX zertifiziert, Sicherheitstech-
nik, Dünnhauptstr. 14, 06847 Dessau, Tel. 0340 5169363,
info@henze-hauck.de, www.processanalytik.de

Labom Mess- und Regeltechnik GmbH,

Im Gewerbepark 13, 27798 Hude,
Tel. 04408-804-0, Fax -100,
info@labom.com, www.labom.com

neo hydrogen sensors GmbH,

Hersteller von Wasserstoffsensoren und Katalysatoren,
Bussardweg 12, 41468 Neuss,
Tel. 02131-2090112, Fax -6629600,
www.neohysens.de



Prignitz Mikrosys-
temtechnik GmbH,
Druck- und Tempera-

turmesstechnik für H₂-Anwendungen, Margarethenstr. 61,
19322 Wittenberge-Elbe, Tel. 03877-56746-15, Fax -18,
www.prignitz-mst.de

ORGANISATION



NOW GmbH, Nationale
Organisation Wasserstoff- und
Brennstoffzellentechnologie,
Fasanenstrasse 5, 10623 Berlin, Tel. 030-3116116-43, Fax -77,
www.now-gmbh.de

PRÜFTECHNIK

**GREENLIGHT**
INNOVATIONGreenlight Innovation
Corp. Canada,
Europäische Vertretung:Dr. Lutz Consulting GmbH, Kahlenbergstr. 44,
66849 Landstuhl, Tel. 06371-914914,
tlutz@greenlighteurope.com, www.greenlightinnovation.comcompetence in
gastechnologyJA-Gastechnology GmbH,
Albrecht-Thaer-Ring 9,
30938 Burgwedel,
Tel. 05139-9855-011, Fax -33,
www.jag.deMACEAS GmbH, Experten für Dicht-
heitsprüfung und Automatisierung,
Königstr. 2, 26676 Barßel-Harkebrügge,
Tel. 04497-9269-90, Fax -18,
www.maceas.com**MAXIMATOR**
Maximum Pressure.

Hochdrucktechnik • Prüftechnik • Hydraulik • Pneumatik

Maximator GmbH,
H₂-Hochdrucktechnik,
Prüftechnik, Hydraulik,
Pneumatik, Dienstleistun-
gen, Lange Str. 6, 99734 Nordhausen, Tel. 03631-9533-5040,
info@maximator.de, www.maximator.de**Resato**

HIGH PRESSURE TECHNOLOGY

Resato International B.V.,
Duitslandlaan 1, 9400 AZ
Assen, Niederlande, Tel. +31-
501-6877, www.resato.com

SL Tech2 GmbH –

Ihr Entwicklungspartner für die Mobilität von morgen,
Hohenneuffenstr. 21, 73230 Kirchheim,
Tel. 07021-993968-0, Fax -1,
www.sl-tech2.de**Sonplas**Sonplas GmbH, Sachsen-
ring 57, 94315 Straubing,
Tel. 09421-9275-0, Fax -199,
www.sonplas.deTesTneT Engineering GmbH,
Eschenallee 11, 85445 Oberding und
9669 201 St. Langley City, BC V1M
3E7, Canada, Tel. 089-23710939,
info@h2-test.net, www.h2-test.net**ZELTWANGER**Zeltwanger, Dichtheits- und Funktionsprüfung, auto-
matisierte Laserapplikations- und Montageanlagen,
Maltschachstr. 32, 72144 Dußlingen, Tel. 07071-3663-106,
a.nobel@zeltwanger.de, 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

REFORMIERUNG

**Reformer**
GmbHWS Reformer GmbH,
Dornierstr. 14, 71272 Renningen,
Tel. 07159-163242, Fax -2738,
www.wsreformer.com

SICHERHEIT

TÜV SÜD AG, Westendstr 199,
80686 München, Tel. 089-5791-0,
hydrogen@tuvsud.com,
www.tuvsud.com

SPEICHERTECHNIK

Ballonbau Wörner GmbH, flexible Gasspeicher,
Flughafenstr. 20, 86169 Augsburg,
Tel. 0821-4-50406-0, Fax -19641,
info@ballonbau.de, www.ballonbau.deHexagon Purus GmbH,
Otto-Hahn-Str. 5,
34123 Kassel, Tel. 0561-58549-0,
www.hexagonpurus.com**hydrogenious**
LOHC TECHNOLOGIESHydrogenious Technologies
GmbH, Weidenweg 13,
91058 Erlangen, Tel. 09131-
12640-220, Fax -29,
www.hydrogenious.net**KESSELS**
H₂ STORAGE AND TRANSPORT
SOLUTIONSKessels Prüfwerk GmbH & Co.
KG, Lehmkuhlenweg 13,
41065 Mönchengladbach,
Tel. 02161-65907-0, Fax -68, www.kessels-pruefwerke.de**NPROXX**Nprox B.V., Business Trade
Center Heerlen, Vogt 21,
6422 RK Heerlen, Niederlande, +31-45-7820564,
contact@nprox.com, www.nprox.comReuther STC GmbH, Fabrik-
str. 8, 15517 Fürstenwalde,
Tel. 03361-694-0, Fax -852,
www.reuther-stc.comWystrach GmbH,
Industriestr. 60, 47652 Weeze,
Tel. 02837-9135-0, Fax -30,
www.wystrach-gmbh.de

STATIONÄRE SYSTEME

GKN Powder Metallurgy Holding GmbH,
Pennefeldsweg 11-15, 53177 Bonn, Germany,
www.gknhydrogen.cominhouse engineering GmbH,
Köpenicker Str. 325 –
Haus 41, 12555 Berlin,
Tel. 030-6576-3358, Fax -2582, www.inhouse-engineering.de

SOLIDpower GmbH,
Borsigstr. 80, 52525 Heinsberg,
Tel. 02452-153-758, Fax -755,
bluegen@solidpower.com, www.solidpower.com

SYSTEMINTEGRATION

framato

Framatome GmbH, Paul-Gossen-Str. 100,
91052 Erlangen, Ansprechpartner: Frau Gemmer-Berkbilek,
Tel. 09131-90095221, www.framatome.com

TANKSTELLEN

McPhy

Driving
clean energy
forward

McPhy Energy Deutschland GmbH,
Schwartzkopff 1,
15745 Wildau,
Tel. 03375-497210-0, Fax -9,
www.mcphy.com

TECHNISCHER SERVICE

BSZ
Technischer
Service

BSZ-Technischer Service und Werk-
kundendienst für Brennstoffzellen
und Batteriespeicher, Eckhartstr. 12,
76227 Karlsruhe, Tel.: 0721-665586-6,
Fax: -7, www.bsz-service.de

TECHNOLOGIEZENTREN

HIAT gGmbH,
Schwerin, CCMs/MEAs für PEFC, DMFC & PEM-
Elektrolyse, DMFC-Membranentwicklung, Prozess-
entwicklung MEA/CCM-Fertigung, Qualitätssicherung,
www.hiat.de

h2herten
Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum

H2Herten,
Wasserstoff-
Kompetenz-Zentrum,
Doncaster-Platz 5,

45699 Herten, info@herten.de, www.h2herten.de

TESTSTÄNDE

HORIBA FuelCon

Horiba FuelCon GmbH, Steinfeldstr. 1, 39179 Barleben,
Tel. 039203-5144-00, Fax -09, info@horiba-fuelcon.com,
www.horiba-fuelcon.com

NOFFZ
TECHNOLOGIES

NOFFZ Technologies GmbH, Tempelsweg 24
A, 47918 Toenisvorst,
Tel. 02151-99878 0, info@noffz.com, www.noffz.com

VERANSTALTER

**ees Europe – Internationale Fachmesse für Batterien und
Energiespeichersysteme / Solar Promotion GmbH**,
P.O. Box 100 170, 75101 Pforzheim, Tel. 07231-58598-0, Fax -28,
www.ees-europe.com

EFCF Fuel Cells - Electrolysers - H₂
July 2022 Solid Oxide Technology
2023 Low Temp. & Hydrogen
Conference - Exhibition - Switzerland

European Fuel Cell Forum, Obgardihalde 2, 6043
Luzern-Adligenswil, Schweiz, Tel. +41-4-45865644,
Fax 35080622, forum@efcf.com, www.efcf.com

MunichExpo Veranstaltungen GmbH, Zamdorfer Str. 100,
81677 München, Tel. 089-322991-14, www.emove360.com

f-cell

**Landesmesse Stuttgart GmbH –
f-cell Stuttgart, f-cell Canada,
f-cell China,**
www.messe-stuttgart.de,

<https://www.messe-stuttgart.de/f-cell/aussteller/f-cell-weltweit>

**HYDROGEN
FUEL CELLS
EUROPE**
30 May – 02 June 2022 Hannover

**HANNOVER
MESSE**

Tobias Renz FAIR,
Berlin, Tobias Renz,
tobias@h2fc-fair.com,
Tel. 030-60984556,
www.h2fc-fair.com

VEREINE & VERBÄNDE

H₂ DWV
Deutscher Wasserstoff- und
Brennstoffzellen-Verband

**Deutscher Wasserstoff- &
Brennstoffzellen-Verband**
e.V., Robert-Koch-Platz 4,
10115 Berlin, Tel. 030-

62959482, @DWV_H2, h2@dwv-info.de, www.dwv-info.de

Erneuerbare Energien & Speicher e. V.,
c/o Architekturbüro Theet, Angelburger Str. 74,
24937 Flensburg, www.ees-ev.de

FEE – Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V.,
Invalidenstr. 91, 10115 Berlin, Tel. 030-84710697-0,
info@fee-ev.de, www.fee-ev.de

H2BZ-Initiative Hessen e.V., Konradinallee 9,
65189 Wiesbaden, Tel. 0611-95017-8959,
info@h2bz-hessen.de, www.h2bz-hessen.de

h2-netzwerk-ruhr,
Doncaster-Platz 5, 45699 Herten,
info@h2-netzwerk-ruhr.de, www.h2-netzwerk-ruhr.de

HyCologne

**Wasserstoff
Region
Rheinland e.V.**

**HyCologne – Wasserstoff
Region Rheinland e. V.**,
Goldenbergstr. 1, 50354 Hürth,
Tel. 02233-406123, www.hycologne.de

HYPOS

**HYPOS – Hydrogen Power Storage & Solu-
tions East Germany**, Heinrich-Damerow-Str.
3, 06120 Halle (Saale), Tel. 0341-6001620,
info@hypos-eastgermany.de,
www.hypos-eastgermany.de

**IGV IndustrieGase
Verband e.V.**

Str. 8, 10117 Berlin, Tel. 030-20645 8804, Fax -8805,
www.industriegaseverband.de

**Industriegase-
verband e.V.**,
Französische

Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B),
Fürther Str. 250, 90429 Nürnberg,
info@h2.bayern, www.h2.bayern

WASSERSTOFFERZEUGUNG

Fronius Deutschland GmbH,
grünen H₂ selbst erzeugen für Lkw, Bus, Auto, Stapler,
Fronius Str. 1, 36119 Neuhoof – Dorfborn,
Tel. 06655-91694-0, Fax -50,
www.fronius.de



Rouge H₂ Engineering GmbH,
Reininghausstr. 13, 8020 Graz,
Österreich, Tel. +43-316-375-007,
www.rgh2.com

Germany: Rouge H₂ Engineering Deutschland GmbH,
Maurener Str. 11/1, 71155 Altdorf, Tel. 02175-6688-575

WASSERSTOFF-LIEFERANT



Propan Rheingas GmbH & Co. KG, Lieferant für Wasserstoff & H₂-Tankstellen aus einer Hand,
Fischenicher Straße 23, 50321 Brühl,
Tel. 02232-7079-9142,
wasserstoff@rheingas.de, www.rheingas.de

wasserstoff@rheingas.de, www.rheingas.de



Tyczka Hydrogen GmbH,
Partner für die Versorgung
mit grünem Wasserstoff,
Blumenstr. 5, 82538 Geretsried,
hydrogen@tyczka.de, www.tyczka.com/wasserstoff

hydrogen@tyczka.de, 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

**Weiterbildungszentrum für innovative Energietechno-
logien der Handwerkskammer Ulm (WBZU),**
Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm, Tel. 0731-1425-7520,
info@wbzu.de, www.wbzu.de

WINDENERGIE

Windpark Ellhöft GmbH & Co KG.,
Reinhard Christiansen, Dorfstr. 11, 25923 Ellhöft,
Tel. 04663-7299, Fax -1704,
info@reinhard-christiansen.de, www.reinhard-christiansen.de

ZULIEFERER



**Anleg GmbH, MSR, Anla-
genbau, H₂- & Ventiltech-
nik, Am Schornacker 59,
46485 Wesel, Tel. 0281-206526-0, Fax -29, 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



Dr.-Ing. K. Busch GmbH,
Schauinslandstr. 1, 79689 Maulburg,
07622-682-0, info@busch.de,
www.buschvacuum.com

EDUR Pumpenfabrik Eduard Redlien GmbH & Co. KG,
Spezialist für Kreisel- und Mehrphasenpumpen,
Edisonstr. 33, 24145 Kiel, Tel. 0431-689868,
info@edur.de, www.edur.com

Eisenhuth GmbH & Co. KG,
Friedrich-Ebert-Str. 203, 37520 Osterode am Harz,
Tel. 05522-9067-14, Fax -44,
www.eisenhuth.de

FUMATECH BWT GmbH,
Carl-Benz-Str. 4, 74321 Bietigheim-Bissingen,
Tel. 07142-3737-900, Fax -999,
www.fumatech.de



**Kerafol Keramische Folien
GmbH & Co. KG,** Kerami-
sche Elektrolyte, Festoxid-
zellen, Glasfolien, Koppe-
platz 1, 92676 Eschenbach, Tel. 09645-884-30, Fax -90,
www.kerafol.com/sofc



**Sandvik High Precision
Tube, ZN der SMT D
GmbH, 33824 Werther,
Tel. 05203-91090,
info.hpt@sandvik.com, H₂-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



Theisen GmbH & Co. KG, GH₂ & LH₂ Rohrleitungs- und
Regelsysteme, H₂-Verdampfer und Kühler, Druckbehälter,
Abfüll- und Betankungsanlagen, Anlagenwartung,
info@theisen-gmbh.de, www.theisen-gmbh.de



WEKA AG, Schuerlistr. 8, Kryo-
gen-Komponenten und Spezial-
ventile, 8344 Baeretswil, Schweiz,
Tel. +41-43-833434-3, Fax -9,
info@weka-ag.ch, www.weka-ag.ch

TERMINKALENDER

Alle Angaben unter Vorbehalt

MAI**World Hydrogen 2022 Summit & Exhibition**

9.-11. Mai 2022, in Rotterdam

www.world-hydrogen-summit.com/

HyVolution 2022

11.-12. Mai 2022, in Paris Event Center,

Porte de la Villette, Frankreich

www.hyvolution-event.com/en/event

ees Europe

Messegelände München

Konferenz: 10. Mai bis 11. Mai 2022 /

Messe: 11. Mai bis 13. Mai 2022

www.ees-europe.com

Industry Forum

Deutsch-Norwegische Handelskammer

12. Mai 2022, in Düsseldorf

www.norwegen.ahk.de/german-norwegian-industry-forum

Wasserstoff für Anwender

23. bis 24. Mai, in Essen

www.hdt.de

f-cell Canada

25. bis 26. Mai 2022, Edmonton, Alberta, Canada

www.hyfc.com

Hannover Messe

Hydrogen + Fuel Cells Europe

30. Mai bis 2. Juni, Hannover Messe

www.h2fc-fair.com

2. FC³ – Fuel Cell Conference Chemnitz

31. Mai und 1. Juni 2022, in Chemnitz

www.hzwo.eu

JUNI**Workshop: EMEA2022**

20. bis 22. Juni 2022, Bad Zwischenahn

www.emea2022.welcome-manager.de

Workshop: HiPEM-TECH2022

22. bis 24. Juni 2022, Bad Zwischenahn

www.hipem-tech2022.welcome-manager.de

#WDWS – Die Woche des Wasserstoffs

25. Juni bis 3. Juli, in Bayern, Baden-Württemberg,

Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland

www.woche-des-wasserstoffs.de

JULI**EFCF – European SOFC & SOE Forum**

5. bis 8. Juli, in Luzern, Schweiz

www.efcf.com

14. Branchentag Windenergie NRW

10. bis 11. August 2022, Wissenschaftspark Gelsenkirchen

www.nrw-windenergie.de

IMPRESSUM**HZwei**

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND
BRENNSTOFFZELLEN
HZwei

ISSN 1862-393X

Jahrgang 22. (2022) / Heft 2, April 2022

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

Internet www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info

Redaktion. Mitarbeit

Eva Augsten, Aleksandra Fedorska, Sven Geitmann, Sven Jösting,

Michael Nallinger, Niels Hendrik Petersen

Design Dipl.-Des. Andreas Wolter, Weimar

Satz Dipl.-Des. Henrike Hiersig, Berlin

Anzeigen Uta Mummert, creating relations, Leipzig

Lektorat Dione Gutzmer, Berlin

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 (plus 20.000 Downloads/Jahr)

Erscheinungsweise 4 x jährlich

Einzelpreis (Inland) 8,00 € (inkl. MwSt. zzgl. 2,00 € Versand)

Jahrespreis (Inland) 30,00 € (inkl. MwSt. zzgl. 7,00 € Versand)

Einzelpreis (Europa) 8,00 € (inkl. MwSt. zzgl. 4,00 € Versand)

Jahrespreis (Europa) 30,00 € (inkl. MwSt. zzgl. 16,00 € 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.

H₂HYDROGEIT
Verlag

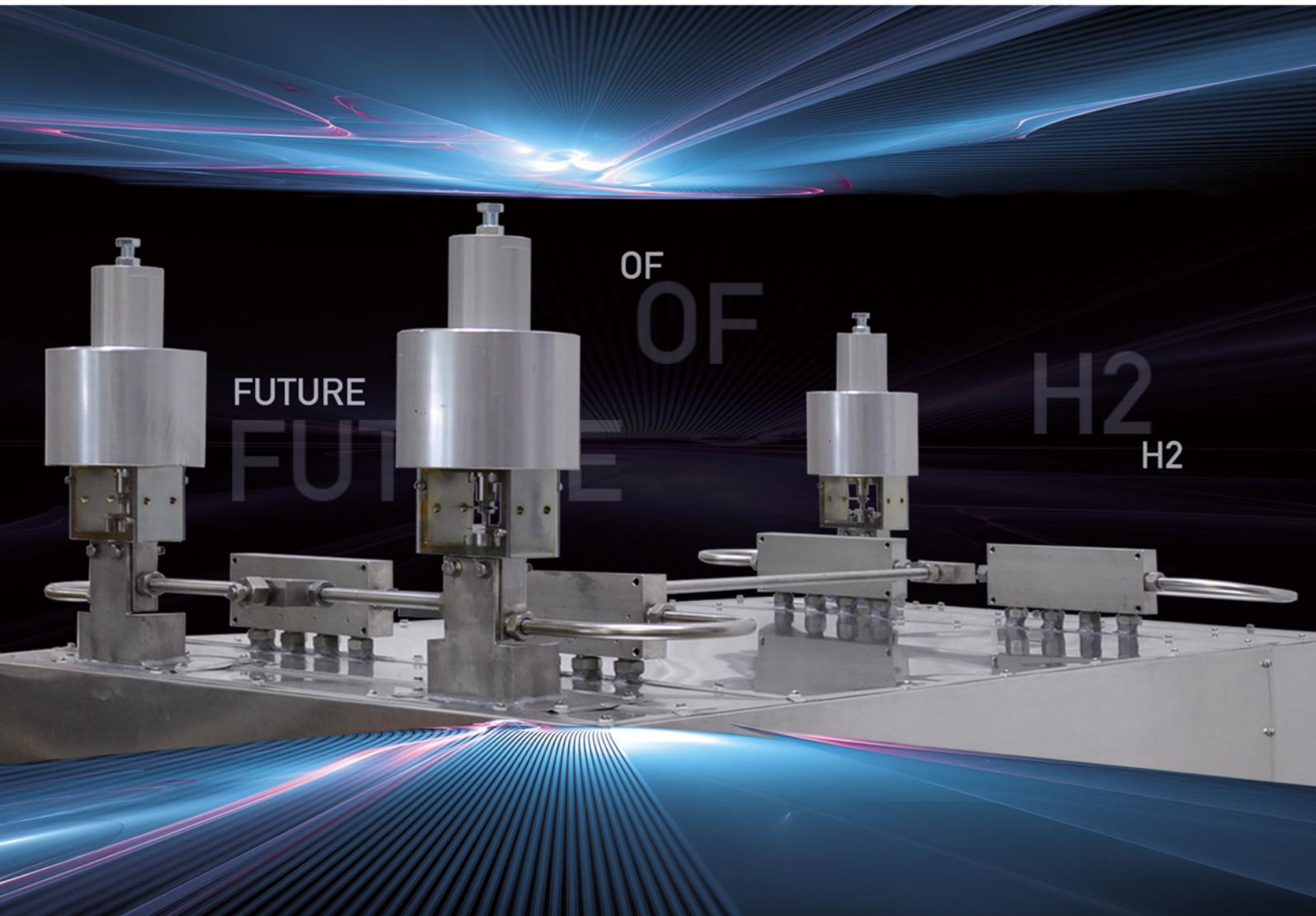
Inhalte der Zeitschrift sowie der Homepage sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nur nach ausdrücklicher Zustimmung des Hydrogeit Verlages vervielfältigt oder anderweitig veröffentlicht werden. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos wird keine Haftung übernommen.

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: Wasserstoffplakat

[Quelle: Liliane L., Kulturaustausch Hamburg-Übersee e.V.]

Editorial-Foto: derBildmacher, Rüdiger Tesch-Zapp



INDIVIDUELLE LÖSUNGEN

H2 Hochdruckkühler – erprobt und in Betrieb seit 2015.

Für die Betankung von Brennstoffzellenfahrzeugen mit gasförmigem Wasserstoff ist es nach SAE Vorgabe erforderlich den Wasserstoff im Rahmen der Betankung herunter zu kühlen. Wir fertigen für diese Anwendung Hochdruck-Kühler mit einem Betriebsdruck von bis zu 1400bar.

Die Kühlung erfolgt über einen Sekundärkreislauf mit einer Wärmeträgerflüssigkeit oder direkt mit einem Kältemittel. Zertifiziert nach PED 2014/68/EU.

Persönlich. Individuell. Kompetent.
Wir freuen uns auf Sie!

FAKTEN SCHNELLCHECK:

- ≡ Massenstrom: 60g/s (216 kg/h) oder 120 g/s (432 kg/h)
- ≡ Gewicht: ca. 1100 kg oder 2200 kg
- ≡ Höchste Flexibilität für den Einsatz verschiedene Kältemittel
- ≡ Hervorragende Kältespeicherwirkung für den Einsatz kleiner, bzw. konstant laufender Kälteanlagen