

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND
BRENNSTOFFZELLEN

H₂zwei

→ GROSSE UMFRAGE UND MARKT-
ÜBERSICHT ÜBER ELEKTROLYSEURE

→ H₂-MOTOREN FÜR MOBILE UND
STATIONÄRE ANWENDUNGEN



9 771862 393005



01022

7. Teil der Regionen-Serie:
HyExpert Emscher-Lippe

MISSION: HYDROGEN

Connecting the Community

Unsere Mission:
WASSERSTOFF



de.linkedin.com/in/silke-frank
twitter.com/Misshydrogen20

www.mission-hydrogen.de

HYDROGEN ONLINE WORKSHOP

3. März 2022

Start: 0 Uhr | 24 Stunden | Digital

- ✓ 70+ Keynotes und Workshops
- ✓ 10,000+ Wasserstoff-Pioniere
- ✓ Interaktive Messestände
- ✓ 100+ weltklasse Experten
- ✓ 150+ Länder
- ✓ 24 Stunden Expertenwissen

SICHERN SIE SICH IHR
GRATIS LIVE TICKET



www.hydrogen-online-workshop.com

NUTZE DEN AUGENBLICK

Liebe Leserinnen und Leser!

Erst der Weltklimagipfel in Schottland, dann die Koalitionsverhandlungen und nun die neue Bundesregierung. Wo stehen wir Anfang 2022?

Die COP26 hat wieder einmal gezeigt, dass derzeit ein Machtkampf stattfindet: Auf der einen Seite stehen die großen, mächtigen Energieversorger, Gas- und Mineralölkonzern, die jahrzehntelang das Geschehen im Energiesektor bestimmt haben, aber Gefahr laufen, Macht zu verlieren. Auf der anderen Seite gewinnen immer mehr – teils kleine – Start-ups beziehungsweise dezentral ausgerichtete New-Technology-Firmen an Einfluss.

Die Akteure, die mit fossilen Energieträgern groß geworden sind, verfügen nach wie vor über gut funktionierende Netzwerke bis in die obersten politischen Entscheidungsebenen sowie mächtige Interessenvertretungen (z. B. BDEW, DVGW, VDA, Zukunft Gas). Hier wird seit einiger Zeit das Lied des Wandels gesungen und gleichzeitig suggeriert, die bestehenden Strukturen (z. B. das Gasnetz) könnten für eine Dekarbonisierung der Energiewirtschaft genutzt werden und seien für diese sogar notwendig. Gleichzeitig werden Horrorszenerarien von Blackouts und Wirtschaftskrisen entworfen, um vor den angeblichen Risiken einer All-electric-World oder eines zu schnellen Wandels zu warnen.

Demgegenüber offerieren die vielen neuen und jungen Firmen eine sauberere, dezentralisierte Welt. Bereits vor zwanzig Jahren war die Erneuerbare-Energien-Branche angetreten, um zentralisierte Strukturen aufzubrechen und eine Energiewende in Bürgerhand zu erwirken. Die überragende Einflussmacht der damals vier großen Energiekonzerne wurde zwar weitestgehend gebrochen. RWE, Vattenfall, E.ON und EnBW haben sich inzwischen komplett umstrukturiert. Aber noch immer bestimmen dieselben Player die Geschicke in der Energieversorgung und beten das Mantra herunter, dass angeblich nur zentralisierte Strukturen eine sichere Energieversorgung gewährleisten könnten.

So verwundert es nicht, dass COP26 insgesamt weniger gebracht hat, als sich viele Umweltverbände und Klimaschützer erhofft hatten (s. S. 8), auch wenn es jetzt immerhin ein paar feste Regeln gibt.

Schon etwas vielversprechender waren da die Koalitionsverhandlungen in Deutschland. Zwar gehen auch bezüglich der Frage, ob die Ziele der Ampelkoalition ambitioniert genug sind, die Meinungen auseinander. Aber zumindest ist der Hauch eines Neuanfangs zu spüren. Durch ihre unaufgeregten Verhandlungen haben es die drei Parteien vermocht, den Eindruck eines Aufbruchs zu vermitteln. Es erscheint immerhin möglich, dass mit der SPD, den Grünen und der FDP ein neuer Politikstil Einzug hält, der mehr von Gemeinsamkeit und weniger von Konkurrenzkampf geprägt ist. Und dies könnte weitreichende Folgen haben:

Der jetzt eingeleitete Gesinnungswandel hin zu einer Aufwertung erneuerbarer Energien könnte neue Potentiale freisetzen – nicht nur in der Politik, denn durch die Sektorenkopplung und die mögliche Energiespeicherung von Solar- und Windstrom in Form von Wasserstoff werden auch im Energiesektor gänzlich neue Strukturen möglich. Eine Dezentralisierung könnte jetzt ganz automatisch kommen, denn die vielen PV- und Windkraftanlagen mit nachgeschal-

teten Elektrolyseuren machen eine regionale oder gar lokale Energieversorgung realisierbar – ohne Transportverluste durch lange Wege.

Dadurch würden viele der überkommenen zentralisierten Strukturen überflüssig. PV-Anlagen und Windparks werden heute schon von regionalen Playern betrieben. Was zunächst kompliziert klingt (H₂-Erzeugung per Elektrolyse), ist heutzutage dank Digitalisierung und neuester Technologien kinderleicht. Kleine, moderne Elektrolyseure bedürfen lediglich eines Wasser- und Stromanschlusses und können innerhalb weniger Minuten in Betrieb genommen sowie per App gesteuert werden.

Größere Elektrolyseure sind zwar etwas komplizierter, aber potentielle Anwender wie beispielsweise Stahlunternehmen verfügen über ausreichend Expertise, um auch diese selbst betreiben zu können. Es stellt sich somit die Frage: Brauchen wir in Zukunft noch Energieversorger, Gas- und Mineralölkonzern?

Mineralölkonzern besitzen bis dato Zugang zu Gasfeldern und Ölquellen – entfällt in Zukunft. Stromkonzern besitzen Kraftwerke – entfällt. Gaseunternehmen besitzen Vertriebsnetze – entfällt.

Ähnlich wie der Medienbereich, wo infolge der Digitalisierung die Daseinsberechtigung von Verlagen infrage gestellt wird, steht auch der Energiesektor vor einer kompletten Umstrukturierung. Dies scheinen die Energiekonzerne verstanden zu haben und genau deswegen werden sie derzeit nicht müde zu betonen, wie wichtig ihre Expertise sei und wie unsicher eine Zukunft ohne sie wäre.

Die Potentiale für eine Dezentralisierung der Energiewirtschaft waren noch nie so groß wie heute. Natürlich bleiben zentrale Strukturen in einigen Belangen weiterhin erforderlich, um all die verschiedenen Energieversorger zu regeln und zu steuern, aber dies ist in digitalen Zeiten sehr viel einfacher realisierbar als noch vor zwanzig Jahren.

Dezentrale Einheiten arbeiten effizient, sind flexibel und können zusammengenommen ebenso sicher und zuverlässig agieren wie Großkraftwerke.

Es obliegt jetzt der neuen Bundesregierung, hier in Deutschland eine nachhaltige, auf erneuerbaren Energien und Wasserstoff basierende Energieversorgung aufzubauen, die dann als Präzedenzfall in die Welt exportiert werden kann. Das Potential ist da, die Chance ist gegeben und zentrale Akteure haben verstanden, dass die Zeit des Zauderns und Haderns vorbei ist. Wenn wir es wirklich ernst meinen mit den Lehren, die wir aus dem Urteil des Karlsruher Verfassungsgerichts zur Generationengerechtigkeit ziehen können, dann sollten wir jetzt diese Gelegenheit nutzen, denn eine weitere werden wir nicht bekommen. ||

Herzlichst



Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

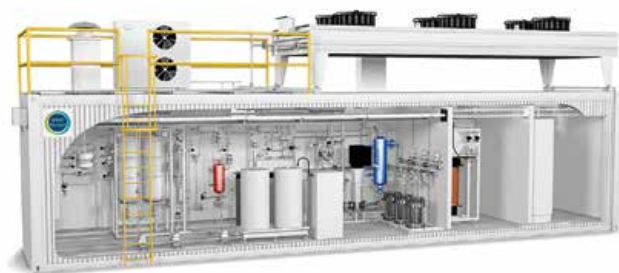


INHALTSVERZEICHNIS

10 Peter Sauber (l.) wurde von Stefan Kaufmann verabschiedet



16 Green Electrolyzer für Stahlwerk in Weißrussland



Quelle: iGas

3 Editorial

6 Meldungen

Neue ZBT-Leitung
 Mineralölbranche formiert sich neu
 Wystrach wird norwegisch
 Wasserstoffmanifest unterzeichnet
 FCH JU wird Clean Hydrogen Partnership
 DWV fordert Fahrplan für Wirtschaftswunder
 DMZ startet Betrieb
 Advent übernimmt FES und SerEnergy

9 Messe

Industrieschau mit Fokus auf Wasserstoff
 Hydrogen Summit in Glasgow
 Messebranche sortiert sich neu
 Messe Stuttgart übernimmt die f-cell
 Neue Bremer H₂-Messe findet Anklang

11 Politik

Politische Instrumente für die Markteinführung
 Scheuer erntet harsche Kritik für Vorgehen bei
 DZM und ITZ

16 Energiespeicherung

Nachhaltiges Wachstum im Elektrolysektor
 Autarke Kleinanlagen auf dem Vormarsch
 Skaleneffekte lassen Elektrolyseurpreise sinken
 Umfrage zur aktuellen Marktsituation
 Große Marktübersicht über Elektrolyseure
 H₂-Produktion an der französischen Atlantikküste
 Grüner Wasserstoff aus Abfall
 Was lässt sich aus Energiesystemstudien schlussfolgern?

34 Elektromobilität

Etablierung einer H₂-Wirtschaft in Baden-Württemberg
 Offroad-Rennen mit Wasserstoff
 Hilft Plug Power der Intralogistikbranche auf die Sprünge
 Viel Zuspruch für IAA Mobility in München
 Regionen-Serie: HyExperts – Region Emscher-Lippe
 H₂-Infrastruktur ist sinnvoll, aber Ausbau stagniert
 Brennstoffzellen im Luxussegment

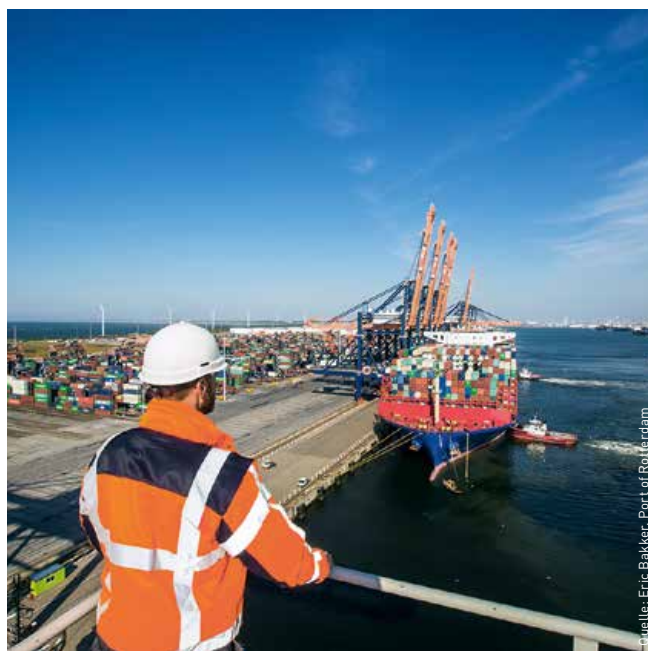
46 Entwicklung

Interview mit Prof. S. Reimelt, Bloom Energy
 Kommt der Einstieg in stationäre H₂-Motoren?

48 H₂-Motoren für stationäre und mobile Anwendungen



62 Rotterdamer Hafen wird Drehkreuz für H₂-Transporte



5

52 Markt

Hochlauf einer weltweiten Wasserstoffwirtschaft
 Ballard – Umsatz- und Gewinnwachstum erwartet
 Bloom – Milliarden-Deal sorgt für Kursexplosion
 Nikola Motors positioniert sich im Weltmarkt
 Plug – Viele Projekte weltweit. Zu viele?
 FuelCell – Kann ExxonMobil den Kurs treiben?
 Burckhardt – Auftragseingang boomt
 Hyzon – Raus aus der Beobachtungsrolle
 Siemens – Immer noch interessantes Einstiegsniveau
 Weichai Power – Kurswende

62 International

Interview mit Stijn van Els, Rotterdamer Hafen
 Die Niederlande stehen bei H₂ in der Poleposition
 Kompass für die Wasserstoffwelt
 Kein H₂-Import aus Marokko
 H₂-Großprojekt in Namibia
 Weitere Kooperation mit Dubai

66 Firmenverzeichnis

75 Terminkalender

75 Impressum

NEUE ZBT-LEITUNG



Abb.: Prof. Harry Hoster [Quelle: JRF]

Seit dem 1. Oktober 2021 verfügt das Zentrum für Brennstoffzellen-Technik Duisburg (ZBT) über eine neue wissenschaftliche Leitung. Prof. Harry Hoster übernimmt zudem den Lehrstuhl für Energietechnik der Universität Duisburg-Essen und folgt damit auf Prof. Angelika Heinzl, die Ende 2020 in den Ruhestand gegangen ist (s. HZwei-Heft Jan. 2021).

Hoster kann auf umfangreiche Erfahrungen im Brennstoffzellensektor verweisen, er war wissenschaftlich aktiv in São Paulo, an der Universität Ulm, an der TU München sowie in Singapur. Zuletzt war er Professor für Physikalische Chemie und Direktor von Energy Lancaster an der Universität Lancaster. Der Physiker erklärte bezüglich des ZBT: „Das Institut besitzt ein hervorragendes Renommee in der Fachwelt und steht mit seinen engagierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern für ausgezeichnete Grundlagen- und Anwendungsforschung in seinen Kernbereichen Wasserstoff, Brennstoffzellen und Batterien.“ ||

MINERALÖLBRANCHE FORMIERT SICH NEU



Angesichts der sich spürbar ändernden Rahmenbedingungen im Energiesektor versuchen die bislang marktbeherrschenden

Akteure, sich der neuen Lage anzupassen. So verkündeten Anfang November 2021 der Mineralölwirtschaftsverband (MWV) und das Institut für Wärme und Mobilität (IWO), dass man fortan im Wirtschaftsverband Fuels und Energie e. V. (en2x) zusammenarbeiten wolle, um – so der Wortlaut – „die Energiewende zu beschleunigen“. en2x steht für energy-to-X, also für die Umwandlung von Primärenergieträgern in jegliche anderen Energieformen.

Zum Vorstandsvorsitzenden wurde Dr. Fabian Ziegler, Vorsitzender der Geschäftsführung von Shell in Deutschland, gewählt. Er erklärte: „Die Zukunft von Fuels und Energie muss treibhausgasneutral sein. Um dieses Ziel zu erreichen, ist ein umfassender Transformationsprozess notwendig, den wir als Verband mitgestalten wollen. [...] Ob CO₂-neutraler Wasserstoff, alternative Kraft- und Brennstoffe, neue Produkte für die chemische Industrie oder Ladestationen für Strom aus erneuerbaren Energien an der Tankstelle: Die derzeitige Mineralölwirtschaft will ihren Kunden neue Angebote unterbreiten – und das Leistungsspektrum nachhaltig erneuern.“

Stellvertretender Vorsitzender ist Wolfgang Langhoff, Vorstandsvorsitzender von BP Europa. Die beiden Hauptgeschäftsführer sind Prof. Christian Küchen, ehemaliger MWV-Geschäftsführer, und Adrian Willig, ehemaliger IWO-Geschäftsführer. ||

WYSTRACH WIRD NORWEGISCH



Abb.: Jochen Wystrach [Quelle: Hexagon Purus]

Die Welle an Firmenübernahmen und Zusammenschlüssen macht auch vor der Wystrach GmbH nicht halt. Der Anbieter von H₂-Speichersystemen tut sich mit Hexagon Purus zusammen. Wie der Familienbetrieb aus dem nordrhein-westfälischen Weeze Ende September 2021 mitteilte, übernimmt das norwegische Unternehmen die 1987 gegründete Firma mit ihren rund 200 Beschäftigten.

Hexagon Purus SA bietet mit seinen weltweit über 180 MitarbeiterInnen emissionsfreie Mobilitätslösungen an, vom Typ-4-Hochdruckbehälter über Kraftstoffspeicher- und Verteilungsanlagen bis hin zu Batteriesätzen und elektrischen Antriebsstranglösungen für Nutzfahrzeuge. Die Produktion faserverstärkter Bauteile wird weiterhin bei der Hexagon Purus GmbH, ehemals Hexagon xperion, am größten Standort von Hexagon Purus SA in Kassel erfolgen, während Wystrach Hauptstandort für die Montage von Wasserstoffsystemen wird.

Jochen Wystrach, Mitgeschäftsführer bei Wystrach und Sohn des Firmengründers, berichtete: „Wir haben uns aktiv auf die Suche begeben und mit Hexagon Purus einen starken, industriell geprägten Mutterkonzern gefunden.“ Sein Geschäftsführerkollege Wolfgang Wolter ergänzte: „Der komplette Markt formiert sich, und wir wollen weiterhin eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und Fertigung von Wasserstoffsystemen spielen.“ Hexagon Purus SA ist Teil von Hexagon Composites ASA, einem börsennotierten norwegischen Konzern mit über 1.000 Mitarbeitern an 23 Standorten. ||

WASSERSTOFFMANIFEST UNTERZEICHNET

Während des Green Hydrogen Forums auf der „The smarter E Europe Restart 2021“ haben der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband (DWV) und Hydrogen Europe gemeinsam mit dem European Fuel Cell Forum am 6. Oktober 2021 das „Wasserstoffmanifest“ veröffentlicht. Darin enthalten sind zwölf an politische EntscheidungsträgerInnen und Regierungen auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene gerichtete Forderungen. Ziel der Autoren ist, die Rolle von Wasserstoff als Wegbereiter einer Kreislaufwirtschaft und einer vollständigen Dekarbonisierung zu fördern – für eine nachhaltige Wasserstoff- und Energiewirtschaft.

So wird beispielsweise gefordert, dass der CO₂-Gehalt von Energieträgern zur neuen Währung für Energiesysteme wird. Darüber hinaus verlangen die UnterzeichnerInnen die Zertifizierung von Wasserstoff als einer globalen Ware sowie die Ernennung eines EU-H₂-Sonderbeauftragten, der die europäische Wasserstoffstrategie und Partnerschaften mit Drittländern vorantreibt. Und es soll ein fester EU-Rechtsrahmen für die Regulierung von Wasserstoffnetzen eingeführt werden.

Im ersten Schritt hatten rund 100 Institutionen unterschrieben. Direkt nach der Präsentation kamen über 100 weitere UnterzeichnerInnen hinzu – darunter Firmen wie Bosch, GE, Viessmann, Nel, ITM Power, John Cockerill, Terega, Haldor Topsoe u. a. ||

→ www.thesmartere.de/green-hydrogen-manifest

FCH JU WIRD CLEAN HYDROGEN PARTNERSHIP

Während der European Hydrogen Week in Brüssel hat die Präsidentin der Europäischen Kommission, Ursula von der Leyen, Anfang Dezember 2021 die Führungsrolle Europas beim Ausbau der Produktion von sauberem Wasserstoff bekräftigt. Sie erklärte den fast 2.000 registrierten TeilnehmerInnen: „Dies ist zweifellos ein globales Unterfangen, aber ich möchte, dass Europa das Rennen anführt.“

Neben zahlreichen Vorträgen und Diskussionsrunden mit hochrangigen Referenten, mehreren EU-Kommissaren und zahlreichen Firmenchefs stand die Gründung der Clean Hydrogen Partnership, die alle Aktivitäten des bestehenden FCH JU übernehmen wird, im Mittelpunkt. Der Europäische Rat nahm am 19. November die entsprechende Gründungsverordnung an. Ziel ist, die Entwicklung und Einführung einer europäischen Wertschöpfungskette für saubere H₂-Technologien zu beschleunigen. Dafür stellt die EU 1 Milliarde Euro für den Zeitraum 2021 bis 2027 zur Verfügung – ergänzt durch private Investitionen in mindestens gleicher Höhe. Zusammen mit der Wasserstoff-Allianz sollen so die Ziele der EU-Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa umgesetzt werden. Der Fokus liegt dabei auf der Herstellung, Verteilung und Speicherung von sauberem Wasserstoff insbesondere in den Sektoren, die auf andere Art schwer zu dekarbonisieren sind (z. B. Schwerindustrie, Schwerlastverkehr). ||



„Wir müssen die Produktion von sauberem Wasserstoff ausbauen, seine Anwendungsmöglichkeiten erweitern und einen positiven

Kreislauf schaffen, in dem sich Angebot und Nachfrage gegenseitig befruchten und die Preise sinken. [...] Sauberer Wasserstoff ist die Energie der nächsten Generation.“

*Ursula von der Leyen,
Präsidentin der Europäischen Kommission*




Wir engagieren uns
nicht nur freitags
für Zukunft

Tag für Tag erschaffen wir Stahl für eine klimafreundliche Zukunft. Stahl von Dillinger und Saarstahl ist bereits Teil der Klimawende. Sie finden unseren Stahl in zahlreichen Windrädern und Pumpkraftwerken weltweit. Wir übernehmen damit heute schon Verantwortung für zukünftige Generationen. Durch den klimafreundlichen Umbau der Stahlproduktion – unter anderem durch die Verwendung von Wasserstoff – und die Entwicklung innovativer Technologien leisten Dillinger und Saarstahl ihren Beitrag zum Erreichen der Klimaziele.

DILLINGER 

www.dillinger.de

 **saarstahl**

www.saarstahl.com

AUFBRUCHSTIMMUNG NACH 25 JAHREN

DWV fordert konkreten Fahrplan für Wirtschaftswunder



Abb.: Gastgeber Olaf Lies, niedersächsischer Umweltminister

Am 26. Oktober 2021 hat der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband (DWV) sein 25-jähriges Verbandsjubiläum in der Vertretung des Landes Niedersachsen in Berlin gefeiert. Ergänzend dazu gab es einen parlamentarischen Abend mit zahl-

reichen prominenten Teilnehmern. In dessen Mittelpunkt stand die nachdrückliche Botschaft an die neue Bundesregierung, dass man als ein Verband, der sich seit 1996 für eine nachhaltige Wasserstoff- und Brennstoffzellenindustrie einsetzt, jetzt endlich einen konkreten Fahrplan für den Hochlauf einer H₂-Wirtschaft erwarte.

Anlässlich der gleichzeitig in Berlin laufenden Koalitionsverhandlungen forderte der Verband ein „schnelles Handeln“ und die Verständigung auf „konkrete Maßnahmen für einen schnellen Markthochlauf“. Die anwesenden VertreterInnen der H₂-Industrie waren sich darüber einig, dass „nur mit

„Die neue Bundesregierung hat es in der Hand, dass ein erneutes deutsches Wirtschaftswunder unseren Bürgerinnen und Bürgern zugutekommt.“

Werner Diwald, DWV-Vorstandsvorsitzender

„Wasserstoff könnte die Ampel im wahrsten Sinne zum Leuchten bringen.“

Jorgo Chatzimarkakis, Generalsekretär Hydrogen Europe

erneuerbaren Energien in Kombination mit Wasserstoff ein investitionssicherer und wirtschaftlich erfolgreicher Umbau der deutschen und auch europäischen Energiewirtschaft gelingen kann“ und forderten die neue Bundesregierung auf, jetzt die erforderlichen regulatorischen Rahmenbedingungen für mehr Planungssicherheit zu schaffen.

Bemerkenswert an diesem Abend war der wiederholte Hinweis verschiedener Vertreter darauf, dass ausreichend Kapital vorhanden und Geld doch nun wirklich nicht das Problem sei. Damit aber diese Finanzmittel investiert würden, bräuchten die Firmen Vertrauen, also Planungssicherheit. Dann werde es am Geld nicht hapern, so die einhellige Meinung.

Der DWV setzt sich für den Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft als Bestandteil einer nachhaltigen Energieversorgung ein. In der Branche werden indessen immer wieder auch andere Herstellungsarten ins Spiel gebracht, auch wenn gleichzeitig gerne beteuert wird, man wolle beim Wasserstoff kein Farbenspiel spielen. ||

INDUSTRIESCHAU MIT H₂-FOKUS



Abb.: Basilios Triantafillos, Global Director Hannover Messe

Die Deutsche Messe AG zeigt sich zuversichtlich, 2022 wieder eine Hannover Messe im Live-Format veranstalten zu können. Bereits im Herbst 2021 machten die Organisatoren klar, dass Wasserstoff während der diesjährigen Industrieschau vom 25. bis 29. April eine

zentrale Rolle spielen wird. So veranstaltete die Deutsche Messe gemeinsam mit Hydrogen + Fuel Cells Europe im November in der niedersächsischen Landesvertretung in Berlin eine Networking-Veranstaltung rund um das Thema Wasserstoff (s. Foto) und kurz zuvor ihre traditionelle Pressekonferenz – dieses Mal mit Ove Petersen, Geschäftsführer von GP Joule, der explizit über den zukünftigen Stellenwert von Wasserstoff informierte.

Zudem ist dieses Mal mit Portugal ein auch für den Wasserstoffsektor äußerst interessantes Partnerland mit von der

Partie. Auf der iberischen Halbinsel soll beispielsweise der Hafen Sines mit einer Elektrolysekapazität von 265 MW im Jahr 2025 und 2,5 GW bis 2030 zum entscheidenden Hub für grünen Wasserstoff im Land werden. ||

→ www.h2fc-fair.com

HYDROGEN SUMMIT IN GLASGOW

Parallel zur COP26 hat am 11. November 2021 in Glasgow der Hydrogen Transition Summit stattgefunden. Seifi Ghasemi, Präsident und CEO von Air Products – Hauptsponsor dieser Konferenz –, erklärte dort: „Klimawandel ist real. Wir müssen die Energieversorgung auf erneuerbare Energien umstellen.“ Ivo Bols, Präsident Europa und Afrika bei Air Products, sagte, dass sein Unternehmen „eine wichtige Rolle in der H₂-Community“ spielen werde. Jean-Pierre Brisson, Jurist und Partner im Anwaltsbüro Latham & Watkins, das insbesondere US-amerikanische Firmen der fossilen Energiebranche in CCS-Fragen beraten hat, plädierte hingegen für blauen Wasserstoff.

Dem entgegnete Chris Goodall, ein unabhängiger Kommentator für neue Technologien, dass der Weg über blauen Wasserstoff vorrangig eine Möglichkeit für konventionelle Energieversorger sei, ihre Macht zu behalten. Er votierte daher deutlich für die direkte Umsetzung einer grünen H₂-Wirtschaft. ||

MESSEBRANCHE SORTIERT SICH NEU

Neue Termine für Energiespeicher- und H₂-Veranstaltungen

Nicht zuletzt pandemiebedingt wird es 2022 einige Veränderungen im Veranstaltungssektor geben. So findet die Energy Storage Europe (ESE) nicht mehr wie gewohnt im Frühjahr in Düsseldorf statt, sondern vom 20. bis 22. September. Zweite Neuerung ist, dass die Energiespeichermesse in diesem Jahr gleichzeitig mit der Weltleitmesse Glasstec als Expo for Decarbonised Industries abgehalten wird. Laut Mitteilung der Messe Düsseldorf soll damit eine „passende Plattform für die industrielle und gewerbliche Dekarbonisierung in Deutschland“ entstehen.



Projektdirektor Gerrit Nawracala erhofft sich, „zielgerichtet die passenden Antworten auf die Herausforderungen und Fragen zu geben, die sich rund um Klimaschutz, Energiekosten und Versorgungssicherheit bei unseren Kunden ergeben“. Unterstützt wird das neue Konzept wie schon das alte vom Bundesverband Energiespeicher Systeme (BVES) und fortan zudem vom Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau (VDMA). Die Verschiebung in den Herbst begründete die Messegesellschaft gegenüber HZwei mit dem benötigten zeitlichen Vorlauf für die Weiterentwicklung und die Planung der neuen Messe. Zudem werde somit eine „Terminkollision“ mit der ISH vermieden.

In die Veranstaltungslücke im Frühjahr rutscht fortan die ees Europe. Unter dem Motto Innovating Energy Storage lädt die Messe München am 11. bis 13. Mai 2022 Hersteller, Projektentwickler, Systemintegratoren, Anwender und Zulieferer aus der Batterie- und Erneuerbare-Energien-Branche ein. Unter dem Dach von The smarter E Europe hatten die ees, die Intersolar, die Power2Drive und die EM-Power gerade erst im Oktober 2021 rund 26.000 BesucherInnen auf das Messegelände der bayerischen Landeshauptstadt locken können. Für 2022 erwarten die beiden Veranstalter, die Solar Promotion GmbH sowie die Freiburg Wirtschaft Touristik und Messe GmbH & Co. KG (FWTM), einen Anstieg der Ausstellerzahlen von 450 auf 480. Insbesondere Speichersysteme und grüner Wasserstoff sollen dann wieder als Kern der Energiewende präsentiert werden.



COMEBACK DER H₂EXPO Der Norden rüstet sich weiter für die sich abzeichnende weltweite Wasserstoffwirtschaft und reaktiviert eine alte Marke: Die H₂Expo kommt zurück. Im

Jahr 2020 hatte die Hamburger Messegesellschaft versucht, mit einem H2Insights-Areal Wasserstofffirmen auf die WindEnergy zu ziehen, was aber nicht wirklich gelungen war. Dann jedoch ergab ein selbst erhobenes Stimmungsbarometer, dass „insgesamt über 55 Prozent die Wahrscheinlichkeit als hoch bis sehr hoch einschätzen, dass die Produktion von grünem Wasserstoff in den nächsten drei Jahren eine wesentliche Rolle für die Windenergie spielen wird“, woraufhin Hamburg nun doch wieder eine Wasserstoffmesse wird präsentieren können.

Die H₂Expo wurde bereits zur Jahrtausendwende mehrere Jahre hintereinander in der Hansestadt abgehalten. Nun kommt sie im Jahr 2022 als H₂ Expo and Conference zurück – und zwar begleitend zur WindEnergy Hamburg vom 27. bis 30. September – nur drei Wochen vor der Hydrogen Technology Expo Europe in Bremen. Unterstützt wird die Projektmanagerin Anja Holinsky, die auch schon vor zehn Jahren die H₂Expo leitete, unter anderem vom Cluster Erneuerbare Energien Hamburg, wo seit dem Jahreswechsel Katja Löwe als Projektleiterin Wasserstoffwirtschaft Norddeutsches Reallabor tätig ist. ||

9

HYDROGEN
FUEL CELLS
EUROPE



Die weltweit einzigartige Messe und der Treffpunkt der Wasserstoff und Brennstoffzellen-Industrie seit 27 Jahren.

- 200 Aussteller und Marktführer auf 5.000m²
- Hohe internationale Beteiligung der Besucher und Aussteller aus 25 Ländern
- 150 Interviews, Diskussionen und Präsentationen in unseren Foren

HANNOVER MESSE 2022
Hydrogen + Fuel Cells EUROPE
25. bis 29. April 2022
Hannover



MESSE STUTTGART ÜBERNIMMT DIE F-CELL

Peter Sauber verabschiedet sich nach mehr als 20 Jahren

Peter Sauber hat das Haus der Wirtschaft noch einmal voll bekommen. Zum Abschluss seiner langjährigen Laufbahn präsentierte der Brennstoffzellenpionier in Stuttgart mit gewohnter Professionalität eine f-cell wie zu den besten Zeiten – und dies wohlgermerkt unter Pandemiebedingungen. Die zur Verfügung stehende Ausstellungsfläche war restlos ausgebucht, hätte somit gerne noch größer sein können, wie Sauber mit Verweis auf seine Warteliste gegenüber HZwei feststellte.

60 Aussteller und mehr als 1.000 motivierte BesucherInnen tummelten sich wieder einmal beim f-cell-Symposium, das am 14. und 15. September 2021 zum letzten Mal von der Peter Sauber Messen und Kongresse GmbH organisiert wurde. Mit vor Ort waren auch VertreterInnen der Landesmesse Stuttgart, die das Veranstaltungskonzept sowie die AgenturmitarbeiterInnen im Oktober 2021 übernommen haben (s. HZwei-Heft Okt. 2021) und bereits emsig an der Vorbereitung der für 2022 geplanten Veranstaltungen arbeiten. Roland Bleinroth, Geschäftsführer der Messe Stuttgart, erklärte: „Die f-cell ist für alle, die eine sichere Energieversorgung, industrielle Anwendungen in Produktionsprozessen und saubere Mobilität im Fokus haben, ein unverzichtbarer Branchentreff, von dem aus Impulse in die ganze Welt gehen.“

Dem Interesse an und auf der f-cell tat dieser hinter den Kulissen ablaufende Veranstalterwechsel keinerlei Abbruch. Ganz im Gegenteil: Die BranchenvertreterInnen freuten sich über die Gelegenheit zum Live-Networking und hörten inte-

ressiert den ReferentInnen zu. So lauschten sie beispielsweise Kurt-Christoph von Knobelsdorff, dem Geschäftsführer der NOW GmbH, der betonte, dass die CO₂-Emissionen im Verkehrssektor bis 2030 halbiert werden müssten und die Bedeutung der Energiespeicherung, insbesondere für die zeitversetzte Nutzung, hervorgehoben werden müsse. Und sie hörten, wie Patrick Schmidt von der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH den Teilnehmern zurief: „Bringt die Sachen raus, um Akzeptanz zu generieren.“

Die zum 21. Mal verliehenen f-cell awards gingen dieses Mal an die Fakultät für Mathematik und Physik der Karls-Universität Prag sowie an die Faun Umwelttechnik GmbH & Co. KG aus Osterholz-Scharmbeck. Die nächste f-cell findet als Konferenz und Fachmesse für Wasserstoff und Brennstoffzellen am 4. und 5. Oktober 2022 auf dem Stuttgarter Messegelände statt. ||

24-STUNDEN-WASSERSTOFF-CHALLENGE

Bei der Wettfahrt, an der dieses Mal 18 wasserstoffbetriebene Pkw teilnahmen, siegte „Weiter mit Wasserstoff“ aus Hessen. Die Gewinner profitierten unter anderem davon, dass ein Verfolger-Team an einem Stopp sämtliche Tankkarten vergaß und umkehren musste, kurz bevor es die nächste Station erreicht hatte. Ein anderes Team fuhr extra 270 km bis zu einer H₂-Tankstelle, konnte dort aber trotz mehrfacher Befüllungsversuche nur 100 Gramm Wasserstoff tanken.

NEUE BREMER H₂-MESSE FINDET ANKLANG



Erstmals hat mit der Hydrogen Technology Conference & Expo eine H₂- und BZ-Messe inklusive Kongress in Bremen stattgefunden. Rund 130 Aussteller nutzten am 20. und 21. Oktober 2021 die Gelegenheit, nach der langen Corona-Pause endlich wieder mit Kunden und Geschäftspartnern in Kontakt zu kommen. Dennoch war die Anzahl der teilnehmenden Institutionen etwas zu klein, um eine Messehalle zu füllen. Zudem fehlten Standnummern, ein Hallenplan war nur in der App zu finden, und die Stände waren meist klein und eher spärlich mit Ausstellungsobjekten bestückt, so dass die Messe improvisiert wirkte. Man wolle zunächst „mal schauen“, was die neue Messe so bringe, war an vielen Ständen zu hören.

Mit Blick auf die starke Konkurrenz im Herbst 2021 war die Beteiligung in der Hansestadt aber rege: Denn Anfang Oktober hatten gerade erst in Rotterdam der World Hydrogen Congress und in München die Intersolar mit der Speicher-messe es stattgefunden – und im Vormonat in Frankfurt am Main die Automechanika sowie die f-cell in Stuttgart.





Die Idee einer auf Wasserstoff spezialisierten Messe lockte nicht nur über hundert internationale Aussteller an, sondern laut Zählung der Veranstalter auch rund 2.500 Besucher. Trotz des freien Eintritts handelte es sich dabei nahezu komplett um Fachpublikum, insbesondere um Kongressteilnehmer der parallel stattfindenden Hydrogen Technology Conference. Vermutlich wegen der nur sparsamen Beschilderung rund um das Messegelände verirrten sich jedoch kaum Zufallsgäste in die Halle. An den Ständen gab es dennoch einen regen Austausch, so dass die Aussteller die hohe Qualität der Gespräche lobten. Der Grundgedanke, der trotz des derzeitigen Booms immer noch kleinen Wasserstoffbranche eine eigene Fachmesse einzuräumen, scheint erfolversprechend zu sein. Man darf somit gespannt sein, wie die Hydrogen Technology Expo 2022 ausfallen wird, wenn vielleicht wieder langfristige Planungen möglich sind. Zumindest überschneidet sie sich am 19. und 20. Oktober nicht mit der f-cell, die für den 4. und 5. Oktober geplant ist. ||

WASSERSTOFF ZIELGERICHTET FÖRDERN

Politische Instrumente für die Markteinführung

Der Thinktank Agora Energiewende hat in einer gemeinsam mit dem Beratungsunternehmen Guidehouse durchgeführten Studie die wichtigsten politischen Instrumente für die Markteinführung von grünem Wasserstoff analysiert. Auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2045 braucht Deutschland bereits im Jahr 2030 rund 60 Terawattstunden CO₂-freien Wasserstoff, größtenteils für den Aufbau einer klimaneutralen Industrie und zur Absicherung der Stromversorgung [Prognos et al. 2021]. Um den Ausbau der Wasserstoffproduktion mithilfe erneuerbarer Energien wirtschaftlich klug zu fördern, sollten finanzielle Mittel vorrangig dorthin fließen, wo unumstritten Zukunftsmärkte für grünen Wasserstoff entstehen. Bislang ist erneuerbarer, grüner Wasserstoff noch nicht wettbewerbsfähig gegenüber fossil erzeugtem Wasserstoff, der zumeist per Dampfreformierung aus Erdgas gewonnen wird.

Auf der Nachfrageseite – so liest man oft – sei der Einsatz von Wasserstoff besonders wichtig für die schwer zu dekarbonisierenden oder zu defossilisierenden Wirtschaftszweige. Allerdings zeigt eine nähere Betrachtung, dass es dabei weniger um die jeweiligen Sektoren als vielmehr um spezifische Anwendungen innerhalb aller Sektoren geht. Zur einfachen Orientierung bietet sich eine Unterteilung in (1) Konsens-Anwendungen, (2) umstrittene sowie (3) nicht empfehlenswerte Wasserstoff-Anwendungen an (s. Abb. 1). Diese Unterteilung fußt auf einer Auswertung internationaler Energieszenarien [vgl. Agora Energiewende 2021].

Grüne Moleküle benötigt?	Industrie 	Verkehr 	Energie-sektor 	Gebäude 
Konsens	→ Reaktionsmittel (Stahl aus Direktreduktion) → Stoffliche Nutzung (Ammoniak, Chemikalien)	→ Langstrecken-Flugverkehr → Langstrecken-Schiffsverkehr	→ Langzeitspeicher zum Back-up variabler erneuerbarer Energien	→ Fernwärme (Residuale Wärmelast*)
Umstritten	→ Hochtemperatur-Wärme	→ Lkw & Busse** → Kurzstrecken-Luftverkehr → Kurzstrecken-Schiffsverkehr → Schienenverkehr***	→ Größe des Bedarfs angesichts anderer Flexibilitäts- und Speicheroptionen	
Nicht empfehlenswert	→ Niedertemperatur-Wärme	→ Pkw → kleinere Nutzfahrzeuge		→ Einzelne Gebäude

* nach Erneuerbaren Energien sind Umgebungs- und Abwärme so weit wie möglich zu nutzen. Besonders relevant für große bestehende Fernwärmesysteme mit hohen Vorlauftemperaturen. Hinweis: Fernwärme wird gemäß dem UNFCCC-GRF-Berichtsformat als Teil des Stromsektors gemeldet.

** Die Serienproduktion von Batterie-Lkw und -Bussen ist derzeit weiter fortgeschritten als die von Brennstoffzellen-Lkw und -Bussen.

*** Je nach Distanz, Nutzungsfrequenz und Energieversorgungsoptionen.

Agora Energiewende (2021)

Abb. 1: Bedarf an grünen Molekülen für Klimaneutralität, zusätzlich zu grünen Elektronen

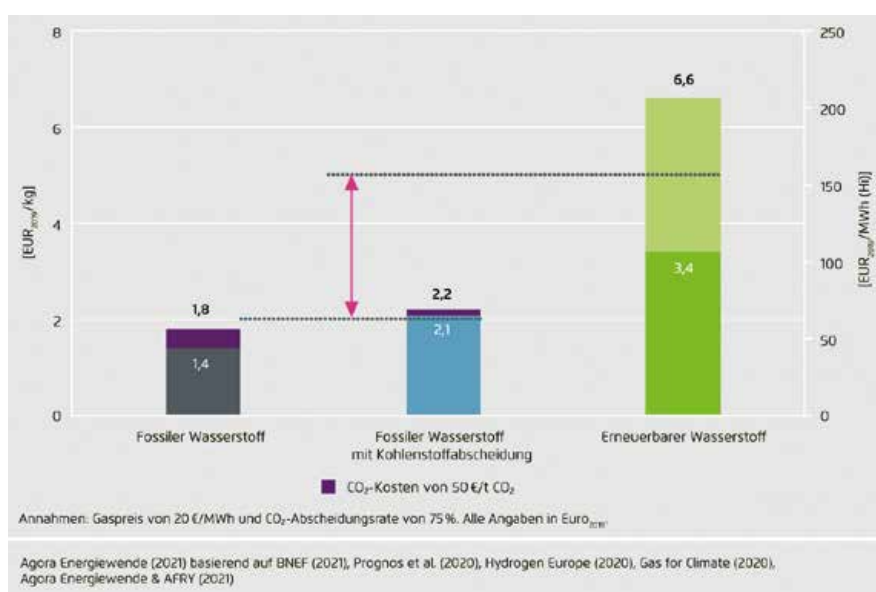


Abb. 2: Kostenlücke bei erneuerbarem Wasserstoff

H₂-KONSSENS-ANWENDUNGEN IN JEDEM SEKTOR Weitgehender Konsens über die Notwendigkeit von Wasserstoff besteht bei Anwendungen, bei denen bestimmte chemische Eigenschaften, eine hohe Energiedichte oder die Speicherbarkeit von Wasserstoff unverzichtbar sind: Das sind Stahl aus Direktreduktion und Ammoniak, aber auch der Langstreckenflug- sowie -schiffsverkehr sowie die Langzeitspeicherung zum Backup erneuerbarer Energien im Stromsystem. Zudem zählt dazu die residuale Wärmelast in Wärmenetzen – also die benötigte Restmenge an Energie, die übrig bleibt, nachdem der Bedarf so weit wie möglich durch erneuerbare Energien, Umgebungs- und Abwärme gedeckt wurde.

Zu den umstrittenen H₂-Anwendungen zählen solche, bei denen der Technologiewettbewerb mit direktelektrischen Anwendungen noch zeigen muss, wo Wasserstoff sich durchsetzen wird, wie beispielsweise bei der Hochtemperaturwärme. Nicht empfehlenswert für den H₂-Einsatz sind Anwendungen im Bereich der Niedertemperaturwärme in Industrie und Gebäuden sowie bei Pkw und kleinen Nutzfahrzeugen, weil hier direktelektrische Lösungen wie Wärmepumpen beziehungsweise batterieelektrische Fahrzeuge erheblich geringere Umwandlungsverluste haben und daher erneuerbaren Strom deutlich effizienter nutzen. Um die Kosten für den H₂-Markthochlauf möglichst gering zu halten, sollte die öffentliche Förderung daher die Konsens-Anwendungen priorisieren. >>

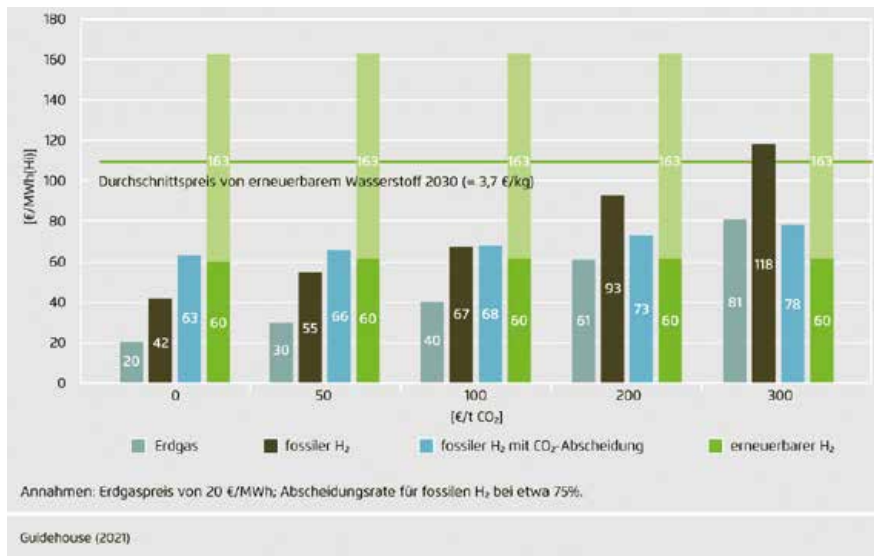


Abb. 3: Wirkung des CO₂-Preises auf die H₂-Produktionskosten in 2030

Förderinstrument für erneuerbaren Wasserstoff	Mrd. €/Jahr	
	Min.	Max.
CCfD für DRI-Stahl (Szenario 1): mit derzeitigen kostenlosen Zuteilungen (2022-2035/2040)	1,1	2,7
CCfD für DRI-Stahl (Szenario 2): mit kontinuierlichem Anstieg des effektiven CO ₂ -Preises von 50€/t (2021) auf 90€/t (2040)	0	1,6
PtL-Quote für Flugverkehr (2025-2030: 10% und 2030-2050 Erhöhung auf 100%).	1,4	1,9
Förderung von mit H ₂ betriebenen KWK-Anlagen	0,3	1,1
H ₂ -Lieferverträge	0,8	5,3
Summe	2,5	11,0

Die Kostenprojektionen für CCfD in Zeile 1 und 2 stellen alternative und sich gegenseitig ausschließende Szenarien für die Entwicklung der europäischen Carbon-Leakage-Politik dar. Hinweis: Guidehouse geht von einer PtL-Quote von nur 5 % aus. Einen umfassenderen Überblick über die politischen Förderinstrumente findet sich im Bericht.

Abb. 4: Finanzierungsbedarf für erneuerbaren H₂ in Deutschland

DIE KOSTENLÜCKE: ETWA DREI EURO JE KILOGRAMM H₂ Der heute verwendete, fossil erzeugte Wasserstoff kostet etwa 1,4 Euro je Kilogramm in der Herstellung (s. Abb. 2). Addiert man hierzu CO₂-Kosten von etwa 50 Euro pro Tonne, kostet Wasserstoff ohne und mit Kohlenstoffabscheidung grob gerundet 2 Euro/kg. Grüner Wasserstoff schlägt dagegen mit 3,4 bis 6,6 Euro/kg zu Buche. Damit besteht eine mittlere Kostenlücke von etwa 3 Euro/kg. Dieser Berechnung liegen Erdgaspreise von 20 Euro je Megawattstunde zugrunde. Auch wenn Erdgas gegenwärtig erheblich mehr kostet, zeigen die Terminkontrakte am Markt eine Preiserwartung von etwa 25 bis 35 Euro/MWh für die Jahre 2023/24.

Obwohl grüner Wasserstoff bisher noch nicht wettbewerbsfähig ist, stehen global bereits etliche Elektrolyseprojekte in der Pipeline – etwa 30 bis 90 Gigawatt. Damit stellt sich die Frage, wie die klaffende Kostenlücke geschlossen werden soll: Hoffen die Projektentwickler auf eine höhere Zahlungsbereitschaft der KundInnen für grünen Wasserstoff oder spekulieren sie darauf, dass die Politik zusätzliche Förderinstrumente einführt? Vieles deutet auf Letzteres hin.

KOSTENSENKUNG DURCH SKALEN- UND LERNEFFEKTE Der Preis für grünen Wasserstoff wird vor allem beeinflusst durch (1) die Stromkosten, also durch die Kosten erneuerbarer Energien, (2) die jährlichen Betriebsstunden des Elektrolyseurs und (3) die Systemkosten bei der Elektrolyse. Während die Erzeugungskosten von Windkraft und Photovoltaik ohnehin immer weiter fallen, sollten Elektrolysesystemkosten – also die Kosten pro Kilowatt installierter Elektrolyseleistung – gezielt gesenkt werden. Das wird nicht automatisch erfolgen, sondern setzt voraus, dass jemand Elektrolyseure installiert und die Lernkurve bezahlt. Für diesen Lernweg brauchen Elektrolyseurhersteller eine stabile H₂-Nachfrage und planbare Projektpipelines, auf deren Grundlage sie in Giga(watt)-Fabriken investieren können.

Um diese Planbarkeit herzustellen, braucht es Förderinstrumente, da grüner Wasserstoff bisher nicht wettbewerbsfähig ist. Der Einsatz von Steuergeldern zur Förderung dieses Erzeugungspfades verlangt gleichzeitig den verantwortungsvollen Umgang mit Investitionen, weshalb grüner Wasserstoff in Konsens-Anwendungen gelenkt werden sollte. Umgekehrt könnte fehlendes Einvernehmen den Markthochlauf von grünem Wasserstoff unnötig verzögern.

DIE ROLLE DER CO₂-PREISE Der Preis für CO₂ wird auf lange Sicht ein wichtiger Pfeiler für die Wirtschaftlichkeit von Wasserstoff sein. Kurz- bis mittelfristig wirkt er aber nur begrenzt. Denn selbst CO₂-Preise von 100 bis 200 Euro/t im EU-Emissionshandelssystem setzen noch keine ausreichenden Anreize für die Erzeugung von grünem Wasserstoff. Der erwartete Durchschnittspreis von grünem Wasserstoff mit 3,7 Euro/kg liegt auch bei hohen CO₂-Preisen vielfach über den Kosten des fossil erzeugten Wasserstoffs, wie die Abbildung 3 zeigt.

Bei den zu erwartenden weiterhin niedrigen CO₂-Preisen werden also noch für einige Zeit zusätzliche Förderinstrumente erforderlich sein. In diesem Zusammenhang fordern einige Akteure eine Wasserstoffquote. Allerdings ist eine allgemeine Quote für grünen Wasserstoff nicht zielgerichtet genug, um diese in den zentral benötigten Anwendungen einzuführen, und bringt weitere Probleme in Bezug auf technologische Umsetzbarkeit, Verteilung und Effizienz mit sich. Daher werden andere Politikinstrumente benötigt.

NACHHALTIGKEIT UND SYSTEMINTEGRATION Diese Förderinstrumente müssen durch Regeln hinsichtlich Nachhaltigkeit und Systemintegration ergänzt werden: Damit Wasserstoff aus Elektrolyse keinen Anstieg der CO₂-Emissionen verursacht, braucht er klare Kriterien für Klimaneutralität, einen strategischen Fahrplan für die Anwendung und muss systemdienlich an geeigneten Standorten hergestellt werden, angesichts von schon heute bestehenden Netzengpässen.

Fest steht, dass für bestimmte Anwendungen in allen Sektoren dringend grüner Wasserstoff benötigt wird, um das Klimaneutralitätsziel zu erreichen. Die neue Bundesregierung wird zur Aufgabe haben, den Ausbau von grünem Wasserstoff in strategischem Vor-

H₂-FÖRDERINSTRUMENTE

Geeignete Instrumente und Rahmenbedingungen für die gezielte Förderung des Einsatzes von grünem Wasserstoff in Konsens-Anwendungen sind:

- Klimaschutzverträge, sogenannte Carbon Contracts for Difference (CCfD), welche die Transformation zu einer klimaneutralen Industrie ermöglichen [Agora Energiewende, FutureCamp et al. 2021]
- Eine Power-to-Liquid-Quote von zehn Prozent im Luftverkehr bis 2030, die signalisiert, dass Europa beabsichtigt, beträchtliche Mengen flüssiger PtL-Kraftstoffe zu importieren
- Gaskraftwerke, die als Back-up der Stromerzeugung aus Erneuerbaren zu 100 Prozent H₂-fähig sind und die residuale Wärmelast der Fernwärme decken
- Skalierbare grüne Leitmärkte, die dabei helfen, einen Business Case für grünen H₂ zu entwickeln
- H₂-Lieferverträge, die den H₂-Produktionswettbewerb zwischen EU und dem Ausland fördern

Um mit diesen Förderinstrumenten den erforderlichen Rahmen für den Markthochlauf von Wasserstoff zu schaffen, werden in Deutschland voraussichtlich zwischen 2,5 und 11 Milliarden Euro pro Jahr für H₂-Konsens-Anwendungen benötigt (s. Abb. 4).

gehen mit dem Ziel rascher Kostensenkungen voranzubringen. Allein über den CO₂-Preis der 2020er-Jahre wird keine stabile Nachfrage nach grünem Wasserstoff entstehen, was die Notwendigkeit eines wasserstoffpolitischen Rahmens unterstreicht.

Ein solcher Rahmen sollte zunächst auf Konsens-Anwendungen abzielen, bei denen Wasserstoff eindeutig benötigt wird. Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie die Entwicklung der notwendigen H₂-Infrastruktur vor dem Hintergrund finanzieller und regulatorischer Risiken zusätzlich vorangetrieben werden könnte. Hier sollte die Gründung einer Wasserstoffinfrastrukturgesellschaft des Bundes in Betracht gezogen werden. [Vgl. Agora Energiewende und Forum New Economy 2021] ||

Quellen:

- Agora Energiewende (2021): 12 Insights on hydrogen
- Agora Energiewende, FutureCamp, Wuppertal Institut und Ecologic Institut (2021): Klimaschutzverträge für die Industrietransformation. Analyse zur Stahlbranche
- Agora Energiewende und Forum New Economy (2021). Öffentliche Finanzierung von Klima- und anderen Zukunftsinvestitionen
- Agora Energiewende und Guidehouse (2021): Making renewable hydrogen cost-competitive: Policy instruments for supporting green H₂
- BBH (2021): Making renewable hydrogen cost-competitive: Legal evaluation of potential policy support instruments. Commissioned by Agora Energiewende
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann



Autor:

Matthias Deutsch
Agora Energiewende, Berlin
→ matthias.deutsch@agora-energiewende.de



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

#powerfulDC

POWERBOXEN

#hydrogen

All Inclusive für jede H₂-Elektrolyse:

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

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



www.ips-fest.de

**IPSORGB
FEST**

Best in Class: Wirkungsgrad, Langlebigkeit, Zuverlässigkeit

VIER SIEGER BEIM ITZ-WETTBEWERB – UND ZWEI VERLIERER

Scheuer erntet harsche Kritik für Vorgehen bei DZM und ITZ

Statt nur eines H₂-Zentrums wird es zukünftig vier Innovations- und Technologiezentren Wasserstofftechnologie (ITZ) geben. Dies hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) Ende September 2021 bekanntgegeben. Aus den 15 Bewerbern waren im April 2021 zunächst drei Finalisten ausgewählt worden (s. HZwei-Heft Apr. 2021): Chemnitz, Duisburg und Pffenhausen. Zudem war für die Region Bremen-Bremerhaven-Stade-Hamburg eine Sonderregelung erdacht worden, um auch deren vielversprechenden Ansatz fördern zu können. Anhand von eigens erstellten Machbarkeitsstudien waren dann die jeweiligen Potentiale abgeschätzt worden, woraufhin sich die Juroren für eine Drei-plus-eins-Strategie entschieden. Die insgesamt vier Standorte werden unter dem Dach des Deutschen Zentrums Mobilität der Zukunft (DZM) angesiedelt sein.



Abb.: Andreas Scheuer

Rede ist von 400 Mio. Euro und etwa 200 Arbeitsplätzen für das DZM. Bezüglich der Ansiedlung in der bayerischen Landeshauptstadt hatte es jedoch Vorbehalte gegeben, weil der Standort nicht ausgeschrieben worden war, sondern damals ein CSU-Bundesminister sein eigenes Bundesland bedacht hatte. Seitens der damaligen Bundesregierung hatte es dazu lediglich geheißen, dies sei „kein vergaberechtlich relevanter Vorgang“ und eine Pflicht zur Durchführung eines wettbewerblichen Verfahrens liege nicht vor.

Ähnlich beim ITZ-Wettbewerb: Zunächst irritierte hier lediglich das allzu siegesgewiss wirkende Auftreten der bayerischen Vertreter während des Bewerbungsverfahrens. So hatte die Wortwahl des zuständigen Bundesverkehrsministers, CSU-Politikers und bayerischen Landtagsabgeordneten des Wahlkreises Passau Andreas Scheuer bei der Pressekonferenz zur Verkündung der Finalisten dafür gesorgt, dass der Eindruck entstanden war, als ob Pffenhausen schon als Gewinner feststehe. Zudem fiel die Antwort auf die Frage der HZwei-Redaktion, wie man Interessenskonflikte im Rahmen des Vergabeverfahrens vermeiden wolle, äußerst knapp und inhaltsleer aus.

CHEMNITZ, DUISBURG, PFFENHAUSEN UND HAMBURG

Letztlich fiel die Entscheidung im ITZ-Wettbewerb sowohl zum Vorteil des Hydrogen and Mobility Innovation Centers (HIC) in Chemnitz als auch zugunsten des Technologie- und Innovationszentrums Wasserstofftechnologien (TIW) in Duisburg sowie des bayerischen Technologie-Anwenderzentrums Wasserstoff (WTAZ) aus – und auch für den Norden, wo ein Technologie-Cluster für Luft- und Schifffahrt an den Standorten Stade, Bremen/Bremerhaven sowie Hamburg entstehen soll. Die Juroren entschieden sich somit für ein mehrgleisiges Verfahren, so wie es auch in der Juli-Ausgabe 2021 der HZwei vorgeschlagen worden war.

Andreas Scheuer sagte damals dazu: „Wir haben uns Gedanken gemacht, wie wir den Norden in seinen Stärken noch stärken können. [...] Wir haben versucht, keinen am Wegesrand zu verlieren, der schon recht weit ist.“ Auf Nachfrage hin beteuerte er, dass auch alle nicht siegreichen Bewerber über zwei andere Töpfe Unterstützung erhielten und somit also nicht leer ausgingen. Die Umsetzung des Gesamtvorhabens soll bis 2025 erfolgen.

Insgesamt stehen für das Gesamtprogramm ITZ 290 Mio. Euro aus dem H₂-Topf der Bundesregierung zur Verfügung. Ein Wermutstropfen ist hier aber, dass sich die vier Standorte das ursprünglich für einen Sieger gedachte Geld teilen müssen – allerdings nicht zu gleichen Teilen. Duisburg bekommt zwar insgesamt 100 Mio. Euro, aber zwei Fünftel davon sind Landesmittel.

Noch gravierender sind die aus dem Verteilungsverfahren resultierenden Einschnitte für Chemnitz: Obwohl das HIC wochenlang als aussichtsreicher Kandidat galt, erhält die

„Ich bin über die Dreistigkeit von Scheuer und Söder ernsthaft schockiert. [...] Nach einer monatelangen Machbarkeitsuntersuchung sollten letzte Woche Donnerstag die Standorte verkündet werden. Die Pressekonferenz wurde jedoch zur Überraschung aller kurzfristig aufgrund neuer Gespräche des bayrischen Ministerpräsidenten mit Verkehrsminister Scheuer verschoben. [...] Eine Woche später sollen nun die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie nicht mehr gelten: Scheuer hat die Mittelvergabe an die drei Standorte und die Verteilung der Forschungsschwerpunkte zugunsten des bayrischen Mitbewerbers verschoben. Noch letzte Woche sollten Sachsen und Chemnitz 90 Millionen Euro für das Wasserstoff-Zentrum bekommen. Jetzt wurde es um ein Drittel gekürzt, um CSU-Interessen zu bedienen. [...] Der Freistaat Bayern profitiert überproportional wie kein zweites Bundesland von Mittelzuweisungen aus dem Verkehrsministerium. Beispielhaft können hier genannt werden: die Standortentscheidung des Deutschen Zentrums für Mobilität der Zukunft in München, das Sonderprogramm Brückensanierung, das Bundesförderprogramm für Breitbandausbau, Vergabe von Straßenbaumitteln, beim Bundesprogramm attraktivere Bahnhöfe etc.“

Detlef Müller, MdB Wahlkreis Chemnitz, gegenüber der Leipziger Zeitung

Mannschaft von Prof. Thomas von Unwerth jetzt nur 60 Mio. Euro, während mehr als ein Drittel der Gelder nach Pfenhausen fließt. Das BMVI stellt „bis Ende 2024 bis zu 290 Millionen Euro zur Verfügung – davon gehen bis zu 100 Millionen Euro nach Niederbayern“, heißt es in der entsprechenden Pressemeldung.

WEITREICHENDER EINFLUSS VON ANDREAS SCHEUER Mitte November 2021 veröffentlichte die WELT dazu einen Bericht unter dem Titel „Wie Minister Scheuer einem bayerischen Dorf eine lukrative Ansiedlung besorgte“. Darin heißt es, Recherchen hätten ergeben, dass „in gleich zwei Evaluierungsrunden seit Anfang des Jahres der Sieger nicht das 5.000-Einwohner-Nest Pfenhausen war – sondern die Bewerbung aus dem sächsischen Chemnitz“. Die Zeitung beruft sich dabei auf interne Unterlagen, die das Verkehrsministerium auf Basis des Informationsfreiheitsgesetzes herausgeben musste.

Wie die HZwei bereits berichtete, waren die NOW GmbH und der Projektträger Jülich (PtJ) für die erste Stufe des Auswahlverfahrens im Rahmen dieses Wettbewerbs zuständig. Pikant daran ist, dass Dr. Julia Reuss, die damalige Lebensgefährtin und seit August 2021 Ehefrau von Andreas Scheuer, bis Ende Juni 2021, also in der Anfangszeit dieses Verfahrens, NOW-Aufsichtsratsvorsitzende war. Gegenüber dem Bayerischen Rundfunk erklärte jedoch ein BMVI-Sprecher, der Aufsichtsrat sei laut Geschäftsordnung und Gesellschaftsvertrag mit dem operativen Geschäft der NOW GmbH nicht befasst, dies habe „auch für den Standortwettbewerb für das Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff“ gegolten.

Laut WELT-Recherche lag Chemnitz bereits in der Vorentscheidung mit 3,55 von 4 möglichen Punkten vorn – vor Duisburg und Pfenhausen mit jeweils 3,45 Punkten. Während an den Standorten in Sachsen und Nordrhein-Westfalen vorrangig Stärken gesehen wurden, bescheinigten die PrüferInnen dem Standort in Bayern auch Schwächen („bisher kaum lokale Wasserstoff-Projekte“).

Im Finale, das von der Beratungsgesellschaft Prognos durchgeführt wurde, landete den Unterlagen zufolge wieder Chemnitz mit 40,9 von 50 möglichen Punkten vorne, gefolgt von Pfenhausen (36,6), Duisburg (36,4) und dem norddeutschen Cluster. Auch die Prognos-Prüfer bemängelten, dass beim süddeutschen Kandidaten mit „vergleichsweise isolierter Position“ eine „regionale Einbindung bestehender Aktivitäten im Bereich Gründungsförderung“ leider „erschwert“ sei. Zudem sei eine Betriebsaufnahme in Pfenhausen erst im Laufe des Jahres 2025 geplant, nicht wie in Chemnitz und Duisburg bereits Anfang 2024. Der bayerische Projektkoordinator Tobias Brunner erklärte dazu allerdings nach der WELT-Kritik gegenüber dem BR: „Wir wollen 2023 erste Einrichtungen in Betrieb nehmen und dann 2025 im Vollbetrieb sein, da liegen wir sehr gut im Rennen. Ich wüsste jetzt nicht, welcher Standort da schneller ist.“

Mitte August empfahlen die Prüfer von Prognos in dem Entwurf eines Zwischenberichts, das Geld breit über das Land zu streuen. Ein Konzept mit mehreren Standorten sei „klar überlegen gegenüber einem Konzept mit nur einem Standort“, schrieben sie und rieten, alle vier Standorte einzubeziehen. So kam es dann auch.

Bezüglich der Höhe der Förderbeträge erklärte das Verkehrsministerium nach Angaben der WELT, allen drei Standorten seien jeweils bis zu 60 Prozent des von ihnen gemeldeten „Bedarfs“ zugebilligt worden – und Pfenhausen habe mit 170 Mio. Euro am meisten angemeldet. In den Unterlagen ist jedoch zu lesen, dass Duisburg Stand April 250 Mio. Euro veranschlagt habe.

Warum dann am Ende doch am meisten Geld nach Bayern floss, bleibt offen. Auch dass sich neben dem bayerischen Ministerpräsidenten Markus Söder und Andreas Scheuer noch jemand Weiteres über das Ergebnis gefreut haben soll, hat ein Geschmäcke: Manfred Weber, der Fraktionsvorsitzende der christdemokratischen EVP-Fraktion im EU-Parlament, der nur zehn Autokilometer vom neuen ITZ-Standort entfernt wohnt.

BR IN DER PRESSESPRECHER-ROLLE Dass das Thema tatsächlich diffizil ist, verdeutlicht ein Kommentar des Bayerischen Rundfunks, der nur einen Tag nach dem WELT-Beitrag erschien. Dort heißt es, man blicke aus Bayern umso gespannter nach Berlin, denn wie viel Geld am Ende tatsächlich fließen werde, hänge „ohnehin von der neuen Ampelkoalition ab“, und alle hofften, „dass die neue Bundesregierung das nationale Zentrum auch stützt“. Dies werde als „Appell, nicht nur in bayerischem Interesse“, verstanden.

Von Berlin aus betrachtet drängt sich hier der Gedanke auf, dass die Aufregung nicht ganz unberechtigt ist – oder warum wird momentan von ministerialer und süddeutscher Seite bewusst versucht, den Konflikt zu entschärfen? Wäre alles sauber, könnte man doch einfach nur informieren. Stattdessen erscheint aber ein eindeutig deeskalierend gemeinter Kommentar bei der Rundfunkanstalt genau desjenigen Bundeslandes, das in der Kritik steht.

Wohlgemerkt ist von den Antragstellern aus Sachsen und Duisburg selbst kaum öffentliche Kritik anlässlich dieser Vorgänge zu vernehmen. Alles in allem scheint da doch die Freude zu überwiegen, dass alle berücksichtigt worden sind und auf diese Weise ein umfangreiches bundesweites H₂-Netzwerk mit jeweils individuellen Themenschwerpunkten aufgebaut werden kann.

DZM SOLL VOR NACHFOLGERN „GESCHÜTZT“ WERDEN Zu guter Letzt berichtete am 17. November allerdings noch das Handelsblatt, dass Andreas Scheuer das DZM „vor seinen Nachfolgern schützen will“. Demnach wolle der scheidende Verkehrsminister das Mobilitätsforschungszentrum in München „zu seiner Stiftung“ machen.

Laut Handelsblatt bestätigte ein Sprecher des Ministeriums derartige Stiftungspläne insofern, als er einräumte, dass „nach derzeitigem Stand“ eine „Stiftung bürgerlichen Rechts“ geplant sei. „Diese Rechtsform ist am besten geeignet, die mit der Gründung des DZM verfolgten Ziele zu erfüllen. Weitere Einzelheiten werden hierzu derzeit erarbeitet und abgestimmt“, heißt es. Die DZM-Geschäftsführerin Julia Schmid erklärte gegenüber dem Handelsblatt, das Zentrum solle losgelöst vom politischen Tagesgeschäft und selbst „Meinungsbildner“ sein, weshalb „neue Wege vorzuschlagen und einzuschlagen“ seien. Weiter stellte sie klar: „Wir sind keine Behörde des BMVI.“

Fest steht bislang laut Handelsblatt, dass im Bundesetat 322,5 Mio. Euro bis 2024 reserviert sind, nachdem bislang 6. Mio. Euro für den Auftakt der Geschäftsstelle bereitgestellt wurden. Zudem sei in den Koalitionsgesprächen bereits besprochen worden, dass das DZM „neu aufgestellt“ werde. ||

HZWEI-SERIE

Dieses Magazin stellt derzeit in einer Serie die verschiedenen Regionen der Reihe nach vor, in denen sich Wasserstoff-Cluster ausbilden. Dies betrifft sowohl die HyLands-Regionen (HyStarter, HyExperts, HyPerformer – s. S. 42) als auch die Regionallabore. Ergänzend dazu werden in den nächsten HZwei-Ausgaben auch die vier ITZ-Standorte vorgestellt.

WIRTSCHAFTSWUNDER WASSERSTOFF

Nachhaltiges Wachstum im Elektrolysektor

Die Herstellung von Wasserstoff gilt inzwischen weltweit als neuer Zukunftsmarkt. Die vielen unterschiedlichen Elektrolyseurhersteller (s. Übersicht auf Seite 24) erfreuen sich derzeit einer bis dato unbekanntem Nachfrage. Zahlreiche neue Akteure drängen auf das Feld, und immer mehr konventionelle Energieversorger schwenken von fossilen Energieträgern zu erneuerbaren Energien um und nehmen H₂-Gas in ihr Portfolio auf. Doch wo genau stehen wir aktuell beim Thema Elektrolyseur und was dürfen wir noch erwarten? Hier ein grober Überblick – ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Der Windkraftanlagenbauer Siemens Gamesa gab Ende 2020 bekannt, mit Green Hydrogen Systems (GHS) zu kooperieren. Deren Elektrolyseur wird im dänischen Brande mit dem Strom einer 3-MW-Windturbine versorgt, um mit diesem Gas im Inselbetrieb einen H₂-Lastwagen von Everfuel betanken zu können. Auch Ørsted greift auf einen Elektrolyseur-Stack von GHS zu (s. Abb. 1), um zwei 3,6-MW-Offshore-Windräder für die Wasserstoffherzeugung nutzen zu können.



Abb. 1: Verschraubungen am Elektrolyseur-Stack
[Quelle: Green Hydrogen Systems]

Der Vorsitzende des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Vereins Werner Diwald geht davon aus, dass bis 2050 eine Elektrolyseleistung von 108 bis 350 GW allein in Deutschland benötigt wird. Um diese zu erreichen, müssten hier ab 2030 jährlich etwa 5 GW aufgebaut werden. Weltweit erwartet er ein Potential von über 78.000 GW.

Während sich die Gesamtkapazität installierter Anlagen bislang noch im dreistelligen Megawattbereich bewegt, soll die Leistung nach offizieller Planung allein in der EU bis 2030 auf 40 GW steigen, dürfte bis dahin aber schon weit aus höher liegen, wenn man heutige Ausbauziele zum Maßstab nimmt. Kürzlich hat die Internationale Energieagentur (IEA) vorgerechnet, dass zu diesem Zeitpunkt weltweit bereits 850 GW Elektrolysekapazität benötigt werden, um Klimaneutralität bis 2045 zu gewährleisten.

EXPONENTIELLES WACHSTUM ERWARTET Die Anlagen werden immer größer: 2017 war der von Siemens in Hamburg-Neuhof installierte 5-MW-PEM-Elektrolyseur der zu dieser Zeit größte seiner Art. Knapp vier Jahre später lag die

Dr. Stefan Kaufmann, Innovationsbeauftragter „Grüner Wasserstoff“ beim BMBF, betonte, heute komme jeder fünfte Elektrolyseur aus Deutschland – ein Marktanteil, den man auch in Zukunft mindestens halten wolle.

Latte bereits bei 20 MW. 2021 erklärte Cummins, einen entsprechend großen PEM-Elektrolyseur, den größten zu dieser Zeit, an einem H₂-Produktionsstandort von Air Liquide in Bécancour in der kanadischen Provinz Québec in Betrieb genommen zu haben. Die Anlage erzeugt 3.000 Tonnen grünen Wasserstoff pro Jahr mithilfe der dort reichlich vorhandenen Wasserkraft.

Für eine weitere Elektrolyseanlage von Siemens erfolgte am 9. Juni 2021 im Energiepark Wunsiedel der Spatenstich. Die Anlieferung des Containers mit einer Anschlussleistung von 8,75 MW erfolgte am 9. November. Ab Sommer 2022 sollen damit 1.350 Tonnen grünen Wasserstoffs jährlich erzeugt werden. Insgesamt plane Bayern, in den nächsten Jahren „eine Milliarde Euro in Wasserstoffprojekte“ zu investieren, so Ministerpräsident Dr. Markus Söder.

Zudem gaben Trianel und die Stadtwerke Hamm bekannt, dass sie im Rahmen ihres Joint Ventures namens Projektgesellschaft Wasserstoffzentrum Hamm GmbH & Co. KG planen, auf dem Gelände des Gaskraftwerks Hamm-Uentrop bis 2024 einen Elektrolyseur mit 20 MW Leistung zu errichten.

Noch größer wird es in Leuna, wo Linde die nach eigenen Angaben „größte PEM-Elektrolyseanlage der Welt“ aufbauen will. Starten wird die 24-MW-Anlage des Joint-Venture-Partners ITM Power mit zertifiziertem Ökostrom. Ab Mitte 2022 sollen mit in der Nähe erzeugten erneuerbaren Energien bis zu 3.200 Tonnen grünen Wasserstoffs pro Jahr hergestellt werden.

Parallel gehen in Hamburg die Arbeiten weiter voran, um bis 2025 im Hafengebiet am Standort des ehemaligen Kohlekraftwerks Moorburg einen 100-MW-Elektrolyseur zu realisieren, so wie es Wirtschaftsminister Michael Westhagemann vorgeschlagen hatte. Die Firmen Vattenfall, Shell und Mitsubishi Heavy Industries (MHI) unterzeichneten dafür Anfang 2021 gemeinsam mit dem kommunalen Energieversorger Wärme Hamburg eine entsprechende Absichtserklärung.

Dreistellig will auch das H24All-Projekt werden: Insgesamt fünfzehn Partner aus Belgien, Dänemark, Deutschland, Norwegen, Spanien und der Türkei verständigten sich darauf, unter dem Green Deal der Europäischen Kommission eine alkalische 100-MW-Elektrolyseanlage an einem Standort des Energieunternehmens Repsol in Europa zu errichten. Ziel ist, die Kosten des aus erneuerbaren Energien gewonnenen Wasserstoffs auf ungefähr 3 Euro/kg_{H₂} zu senken.

ENAPTER ERRICHTET STACK-FABRIK IN SAERBECK Im Oktober 2020 gab der Elektrolyseurhersteller Enapter bekannt, in Saerbeck seinen neuen Produktionsstandort für

die Serienproduktion von Elektrolyseuren aufbauen zu wollen. In Vorbereitung darauf wurde im Februar 2021 zunächst ein Büro mit zehn Mitarbeitern auf dem 82.000 Quadratmeter großen Enapter-Campus bezogen. Im September 2021 erfolgte dann der Spatenstich mit einem Grußwort von Prof. Andreas Pinkwart, Energieminister von Nordrhein-Westfalen. Ziel ist, ab 2023 etwa 10.000 Einheiten der selbst entwickelten AEM-Elektrolyseure pro Monat zu fertigen.

Der nordrhein-westfälische Ort Saerbeck erlangte Bekanntheit als „NRW-Klimakommune“, da er vollständig mit lokal erzeugten erneuerbaren Energien versorgt wird. Enapter-CEO Sebastian-Justus Schmidt wählte diesen Standort nach eingehender Recherche aufgrund der günstigen Rahmenbedingungen sowie der Möglichkeiten zur Kreislaufwirtschaft ganz bewusst aus. Zu Beginn der Bauarbeiten für die Produktionsräume, Lager, Büros und Laboratorien erklärte er: „Unsere gesamte DNA ist auf Geschwindigkeit im Hinblick auf Forschung und Entwicklung sowie Markteinführung ausgerichtet.“ Insgesamt sollen rund 105 Mio. Euro in diesen Standort, an dem voraussichtlich 300 neue Arbeitsplätze entstehen, investiert werden.

Derzeit produziert Enapter seine Stacks nebst Peripherie noch in Pisa. Diese werden dann, beispielsweise von H2 Core Systems, in handliche Racks eingebaut. Uwe Küter, seit Anfang September 2021 bei der H2 Core Systems GmbH, erklärte die Aufgabenteilung zwischen Herstellern und Anlagenbauern: „Enapter entwickelt alles um die Elektrolysemodule herum und verbessert diese ständig, die Anlagen selbst aber bauen seine Partner (Systemintegratoren) weltweit. [...] Der Vertrieb der Anlagen erfolgt über die Partner. Wir erweitern die Elektrolyseure noch und stattdessen die Systeme je nach Kundenwunsch mit anderen Komponenten aus, Brennstoffzelle oder Kompressor oder Supercap usw.“

H2-Core-Geschäftsführer Ulf Jörgensen erklärte gegenüber HZwei, die Hochskalierung sei an ihrem Sitz in Heide bereits in vollem Gange. Die Fertigung der Elektrolyseurschränke benötige lediglich drei Wochen, bevor die Racks dann am Zielort innerhalb von 15 Minuten angeschlossen und per App gesteuert werden können. Jörgensen ist primär geschäftsführender Gesellschafter der TC-Hydraulik GmbH, kommt aus der Fluidtechnik und engagiert sich seit kurzem auch verstärkt im H₂-Sektor. Wasserstoff ist aus seiner Sicht ein Fluid wie viele andere, und den Umgang damit beherrsche sein Unternehmen, so der Dithmarscher.

INEOS WILL ZWEI MILLIARDEN INVESTIEREN

Eines der größten Investments in Elektrolysetechnologie kündigte Ineos Mitte Oktober 2021 an. Das britische Unternehmen, das mit rund 26.000 MitarbeiterInnen nach eigener Darstellung der drittgrößte Chemiekonzern weltweit ist, stellte in Aussicht, mehr als zwei Milliarden Euro für die Produktion von grünem Wasserstoff aufbringen zu wollen. Im Fokus steht dabei das Tochterunternehmen Inovyn, das im November 2020 gegründet wurde und über umfangreiche Erfahrungen in diesem Technologiezweig verfügt. Inovyn ging aus dem Joint Venture hervor, das 2016 mit Solvay gegründet wurde, nachdem Ineos zuvor schon zahlreiche komplette Firmen sowie Unternehmensbereiche von BASF, Norsk Hydro und DEA übernommen hatte. Die Ineos Holdings Ltd. ging 1998 aus dem Mineralölkonzern BP hervor. Laut Pressemeldungen sollen die ersten Anlagen innerhalb der kommenden zehn Jahre in Belgien, Großbritannien sowie Frankreich errichtet werden. Die erste 20-MW-Anlage, die Wasserstoff mithilfe von Wasserkraft erzeugen soll, wird am Ineos-Standort in Rafnes im Süden Norwegens entstehen. Die zweite Anlage, mit einer Leistung von 100 MW, könnte im Chempark in Köln, wo grüner Wasserstoff für die Ammoniak- und eventuell auch für die E-Fuel-Herstellung herangezogen werden soll, errichtet werden. Die erste Stufe des Auswahlverfahrens für die IPCEI-Vorhaben (Important Projects of Common European Interest) hat dieses Projekt erfolgreich überstanden.

„Europa schreitet nach mehr Investitionen in grünen Wasserstoff, und die heutige Ankündigung von Ineos zeigt unsere Entschlossenheit, eine führende Rolle bei diesem wichtigen neuen Kraftstoff zu spielen.“

Jim Ratcliffe, Gründer und Vorstand von Ineos

Relativ neu ist, dass Enapter inzwischen auch den Megawattsektor bedient. Während zuvor vorrangig Kleinsysteme angepeilt wurden, gab das italienisch-deutsche Unternehmen im Juli 2021 bekannt, gemeinsam mit der FH Münster und mit Fördermitteln des Bundesforschungsministeriums die Entwicklung des AEM Multicore im MW-Maßstab voranzutreiben. Beim AEM Multicore (Anion Exchange Membrane, s. Abb. 2) werden 420 Elektrolyse-Stacks miteinander >>



Abb. 2: AEM Multicore [Quelle: Enapter]



Abb. 3: Im März 2020 nahm Asahi Kasei den Betrieb seines 10-MW-Alkali-Elektrolyseurs in Namie, Fukushima, Japan, auf – des größten Single-Stack-Systems der Welt (1.200 Nm³ grüner Wasserstoff pro Stunde) [Quelle: Asahi Kasei]

verbunden, so dass einer dieser Container etwa 450 Kilogramm Wasserstoff pro Tag produzieren kann.

Anja Karliczek, die bis zum 8. Dezember 2021 Bundesministerin für Bildung und Forschung war, erklärte: „Mit der AEM-Elektrolysetechnologie könnten wir das Ziel einer kostengünstigen Produktion von grünem Wasserstoff erreichen.“ Sebastian-Justus Schmidt ergänzte: „Wir werden hier die Produktion unserer Elektrolyseure skalieren und damit den Preis von grünem Wasserstoff senken. Was uns mindestens genauso freut: Wir machen das alles mit hundert Prozent erneuerbarer Energie aus der Region.“

Ende Oktober 2021 vermittelte H2 Core Systems sogleich einen Auftrag über den Kauf eines AEM-Multicore-Systems an Enapter. Der Auftraggeber dieser Megawatt-Anlage, deren Auslieferung für Juni 2023 vorgesehen ist, sei das Braunschweiger Steinbeis-Innovationszentrum siz energie+, hieß es. Standort des Multicore-Systems werde der Forschungsflughafen Braunschweig sein. Gleich darauf kündigte Enapter eine Kapitalerhöhung über mindestens 30 Mio. Euro an.

UMFANGREICHE AKTIVITÄTEN EUROPaweIT Eine große Produktionsanlage für Festoxidelektrolyseure plant Haldor Topsøe. Das dänische Unternehmen will bis 2023 eine Fabrik mit einer Kapazität von 500 Megawatt aufbauen. Perspektivisch soll diese erweiterbar sein auf bis zu 5 Gigawatt pro Jahr. Haldor Topsøe gibt an, seine SOEC-Aggregate besäßen eine Effizienz von mehr als 90 Prozent, da viel Wärme ausgekoppelt werden kann.

In England ist derweil über die Jahre der Standort der Firma ITM Power um ein Vielfaches gewachsen. Der ehema-

WÄRMEAUSKOPPLUNG ALS NEBENGESCHÄFT

Ove Petersen, Geschäftsführer von GP Joule, wies während eines Branchentreffens in Berlin darauf hin, dass die von den Elektrolyseuren erzeugte thermische Energie je nach Anwendungsfall genutzt und teils mit bis zu 5 Cent pro Kilowattstunde berechnet werden könnte. Umgerechnet auf die H₂-Produktionskosten könnte solch eine Wärmeauskopplung dazu führen, dass der Wasserstoffpreis um 1 Euro pro kg günstiger wird.

Im März 2021 investierte Breakthrough Energy Ventures (BEV-E) 22 Mio. US-\$ in das Elektrolyseunternehmen H2Pro. Die in Israel ansässige Firma hat das Ziel ausgegeben, ab Mitte dieses Jahrzehnts grünen Wasserstoff für weniger als einen Dollar pro Kilogramm herstellen zu können.

lige Hauptsitz am alten Flughafen Sheffield (s. HZwei-Heft Jan. 2012) wurde 2020 von einem neuen, 12.500 Quadratmeter großen Produktionsstandort im Norden der Stadt abgelöst. 2020 stieg zudem der italienischer Netzbetreiber Snam mit 33 Mio. Euro bei den Briten ein, quasi als Auftakt „einer kommerziellen und technologischen Zusammenarbeit zur Entwicklung künftiger gemeinsamer Initiativen“, so Snam. Die Rede ist von gemeinsamen Projekten in einer Größenordnung von bis zu 100 Megawatt bis 2025.

Außerdem werden in Frankreich zahlreiche PEM-Elektrolyseure aufgebaut. 2017 verhandelte H2V zunächst mit Nel ASA, um insgesamt sechs H₂-Werke in Les Hauts de France und in der Normandie auszustatten. Als diese Zusammenarbeit aber nicht zustande kam, wandte sich die zur SAMFI-INVEST Group gehörende H2V an Hydrogen Pro. Deren erste H₂-Produktionsanlage soll eine Kapazität von etwa 100 MW haben und aus mehreren Dutzend Elektrolyseuren bestehen. Jean-Marc Leonhardt, CEO von H2V, erklärte gegenüber HZwei, das Projekt H2V Normandie befinde sich im Herbst 2021 in der Genehmigungsphase. Das Projekt H2V59 in Dünkirchen sollte Ende 2021 ebenfalls in diese Phase eintreten. Weitere sollen bis 2025 folgen.

In Japan ist die Toshiba Corporation in diesem Themengebiet aktiv. Schon 2015 engagierten sich die Asiaten in einem großen H₂-Forschungsprojekt in Methil, Schottland, bei dem ihr Wasserstoff-Energiemanagementsystem (H₂ EMS) eingesetzt wurde.

ZAHLEICHE FIRMENÜBERNAHMEN Wie immens groß derzeit das Interesse an der Elektrolysetechnologie ist, beweisen die weiterhin zahlreichen Firmenübernahmen und Investitionen, mithilfe derer sich insbesondere Großkonzerne neu in Stellung zu bringen versuchen. So vollzog MAN Energy Solutions Anfang 2021 die Komplettübernahme von

HOELLER KOOPERIERT MIT AALBERTS

Während der Hydrogen Technology Expo, die am 20. und 21. Oktober 2021 in Bremen stattfand (s. S. 10), gaben die Hoeller Electrolyzer GmbH und die Aalberts Surface Technologies GmbH den Beginn einer umfassenden Kooperation bekannt. Hierbei geht es insbesondere um die Oberflächenbeschichtung, die maßgeblich für die Effizienz der PEM-Elektrolyse-Stacks ist.

H-Tec Systems. Nachdem sich die 100-prozentige Volkswagen-Tochter zwei Jahre zuvor 40 Prozent der Anteile gesichert hatte (s. HZwei-Heft Juli 2019), folgte nun der Rest des ursprünglich in Lübeck, mittlerweile aber in Augsburg beheimateten Elektrolyseurherstellers.

H-Tec hatte vor über zwanzig Jahren als Hersteller von H₂- und BZ-Unterrichtsmaterialien angefangen, hatte dann seine Elektrolysesparte ausgebaut und war von GP Joule übernommen worden. 2018 nahm das norddeutsche Unternehmen seinen neuen Standort in Stapelfeld am Rande von Hamburg in Betrieb und baute die Kapazitäten für die Produktion seiner Elektrolyseure aus.

Bereits 2018 hatte die AVX Interconnect Europe GmbH die Kumatec Sondermaschinenbau & Kunststoffverarbeitung GmbH übernommen (s. HZwei-Heft Okt. 2018). AVX ist eine hundertprozentige Tochter von Kyocera, mit der im April 2021 für das Elektrokomponentengeschäft die neue Marke Kyocera AVX ins Leben gerufen wurde. Ebenfalls vor vier Jahren hatten sich AGFA und De Nora zusammengetan. Der belgische Membranhersteller aus Mortsel und der italienische Elektrodenproduzent aus Mailand starteten damals eine Kooperation, um sich gemeinsam bei der Entwicklung alkalischer Elektrolyseure besser positionieren zu können.

De Nora arbeitet zudem mit der thyssenkrupp Industrial Solutions AG zusammen, die 2020 vollmundig verkündete, sie seien mit ihrer neuen hochautomatisierten Fertigung im industriellen Maßstab „faktisch die ersten Lieferanten, die p.a. 1 GW liefern können“. Im Oktober 2021 hieß es dann seitens thyssenkrupp Uhde Chlorine Engineers (UCE), die Hochskalierung werde im Rahmen des H₂Giga-Projekts mithilfe von fast 8,5 Mio. Euro Fördergeldern vom Bundesforschungsministerium auf eine automatisierte Gigawatt-Serienfertigung erweitert.

Mitte November 2021 sickerte zudem die Nachricht durch, dass das Joint Venture von De Nora und thyssenkrupp Industrial Solutions, die Uhde Chlorine Engineers GmbH, im zweiten Quartal 2022 an die Börse gehen könnte. Potentieller Erlös: 6 Mrd. Euro. Mitte Dezember folgte dann die Mitteilung, der Anlagenbauer habe von Air Products den Auftrag zur Lieferung einer Elektrolyseanlage mit einer Leistung von mehr als 2 Gigawatt für das NEOM-Projekt in Saudi-Arabien (s. HZwei-Heft Juli 2021) erhalten.

Martina Merz, Vorstandsvorsitzende der thyssenkrupp AG, erklärte: „Wir sehen in den letzten Monaten eine deutliche Verschiebung in den Projektgrößen in Richtung meh-

„Plug baut ein Wasserstoff-Ökosystem auf, indem es systematisch ergänzende Stärken und Fähigkeiten durch wichtige Akquisitionen, Joint Ventures und andere Partnerschaften hinzufügt. [...] Partnerschaften mit Renault, SK, Acciona, Fortescue Future Industries, Airbus und Lhyfe ermöglichen den Zugang zu neuen Märkten und deren Größenordnung.“

Plug Power, Pressemeldung

rerer hundert Megawatt bis Gigawatt, so dass eine großvolumige und automatisierte Serienfertigung bereits heute der Marktnachfrage entspricht. Für diese Größenordnungen ist ein einfaches Upscaling nicht machbar, sondern es müssen disruptive Ansätze angewendet werden, die im Rahmen dieses Projektes entwickelt und in einzelnen Schritten getestet und optimiert werden.“

Um den Bau neuer H₂-Anlagen kostengünstig zu gestalten, produziert thyssenkrupp vorgefertigte Standardmodule, von denen eines pro Stunde bis zu 4.000 Kubikmeter Wasserstoff produzieren kann. Diese Module ließen sich vergleichsweise einfach transportieren, installieren und zu verschiedenen Anlagengrößen bis zu mehreren hundert Megawatt bzw. Gigawatt zusammenschalten, so der Anlagenbauer.

Eine kleine Firmenodyssee hat Diamond Lite hinter sich. Nachdem das schweizerische Unternehmen jahrelang als europäische Filiale von Proton OnSite fungierte, war es 2017 von Alpiq übernommen worden. Der in Lausanne ansässige Energiedienstleister trennte sich jedoch 2018 von der kompletten Kraftanlagen Gruppe, der Alpiq die Elektrolyseursparte zugeordnet hatte. Neuer Eigentümer ist Bouygues Construction.

Währenddessen einverleibt sich der US-amerikanische BZ-Hersteller Plug Power nach und nach immer mehr Unternehmen und baut damit sein Portfolio in beträchtlichem Maße weiter aus. Nachdem das New Yorker Unternehmen bereits mit der Übernahme von Giner ELX in den Elektrolysektor vorgestoßen ist, gründete es im Oktober 2021 wie angekündigt zusammen mit SK E&S ein Joint Venture, um gemeinsam BZ-Systeme, H₂-Tankstellen und Elektrolyseure für den asiatischen Markt anzubieten. Das zur SK Group gehörende südkoreanische Unternehmen hält an diesem Firmenzusammenschluss 51 Prozent.

Diese Mehrheitsbeteiligung soll gewährleisten, dass bis 2024 in einem „wichtigen Ballungsgebiet in Südkorea“ eine Gigafabrik für Brennstoffzellen- und Elektrolysesysteme errichtet wird, von der dann sowohl inländische als auch andere asiatische Märkte beliefert werden sollen. (s. auch S. 57)

Nur einen Monat später akquirierten die Amerikaner auch noch die Frames Group. Die Übernahme des >>



Abb. 4: Module für die alkalische Wasserelektrolyse (AWE) bei thyssenkrupp [Quelle: thyssenkrupp]



Abb. 5: Andreas Frömmel präsentierte beim Marktplatz Zulieferer Marktkennzahlen (s. Tab. 1)

niederländischen Systemintegrators kann als Bekenntnis von Plug verstanden werden, zukünftig eigene Kapazitäten in Europa aufbauen zu wollen.

SUNFIRE SCHLUCKT IHT Sunfire erwarb im Januar 2021 zu hundert Prozent das schweizerische Unternehmen IHT Industrie Haute Technologie SA. Die in Monthey ansässige Firma entwickelt seit 70 Jahren alkalische Druckelektrolyseure, während die sächsische Sunfire GmbH an Festoxidelektrolyseuren arbeitet. Durch die Übernahme weitet das Dresdner Unternehmen somit sein Portfolio deutlich aus.

Nils Aldag, CEO von Sunfire, erklärte: „Mit dem von IHT entwickelten alkalischen Druckelektrolyseur haben wir uns für die ausgereifteste und zuverlässigste Technologie entschieden, die derzeit auf dem Markt erhältlich ist. Der Unternehmenskauf ist ein wesentlicher Bestandteil unserer Wachstumsstrategie, um unsere globale Marktposition als einer der weltweit führenden Elektrolyseanbieter zu stärken und weiter auszubauen.“ Franco Nodari, Geschäftsführer von IHT, nannte den Zusammenschluss „Teil einer großen Mission“.

Tab.: Jährliche weltweite Produktionskapazität für Elektrolyseurleistung

	2021	2025
Cummins	100 MW/Jahr	1.000 MW/Jahr
ITM Power	50 MW/Jahr	1.500 MW/Jahr
John Cockerill	350 MW/Jahr	2.500 MW/Jahr
McPhy	100 MW/Jahr	1.800 MW/Jahr
Nel	200 MW/Jahr	2.200 MW/Jahr
Plug Power	??? MW/Jahr	3.000 MW/Jahr
Siemens Energy	10 MW/Jahr	1.000 MW/Jahr
Sunfire	47 MW/Jahr	1.500 MW/Jahr
thyssenkrupp	1.000 MW/Jahr	6.000 MW/Jahr
Neue Akteure	0 MW/Jahr	1.700 MW/Jahr
Insgesamt	1,85 GW/Jahr	19,2 GW/Jahr

Quelle: Sunfire, Marktplatz Zulieferer 2021, eigene Recherche

WELTRAUMTECHNOLOGIE VON AIRBUS

Von besonderem Interesse dürfte die Herangehensweise von Airbus sein. Der Flugzeugbauer hat einen 100-bar-Elektrolyseur entwickelt, der sowohl für terrestrische als auch für Anwendungen im Weltraum konzipiert wurde. Ein erstes 10-bar-System wurde bereits 2017 auf die Raumstation IS gebracht, um dort für die lebenserhaltenden Maßnahmen und die Sauerstoffversorgung der Astronauten zu sorgen. Bei dieser Technologie handelt es sich um einen alkalischen Elektrolyseur, der auch unter Extrembedingungen wie der Schwerelosigkeit funktioniert und zudem sehr leicht ist und über eine hohe Energiedichte verfügt. Diese Expertise soll fortan auch auf der Erde eingesetzt werden, beispielsweise bei der Heimenergieversorgung oder bei mobilen Systemen.

Anfang Dezember 2021 gab das inzwischen über 270 MitarbeiterInnen beschäftigende Unternehmen zudem bekannt, dass es mit dem brandenburgischen Windkraftprojektierer Enertrag kooperieren werde. Gemeinsam wollen die beiden ostdeutschen Firmen ein Elektrolysetestfeld errichten. In dem in Prenzlau geplanten Wasserstoffzentrum sollen verschiedene Elektrolyseure mit einer Gesamtleistung von 15 MW errichtet, getestet und betrieben werden. Sunfire selbst will einen Druck-Alkali-Elektrolyseur (S+-Modell mit 10 MW) beisteuern.

Im Oktober gaben die Dresdner dann bekannt, bis 2023 eine neue Produktionsstätte errichten zu wollen. Laut Aldag ist es jetzt an der Zeit, die „Potentiale voll auszuschöpfen“. Er erklärte: „Deshalb werden wir unsere jährliche Produktionskapazität von Alkali-Elektrolyseuren von derzeit 40 MW pro Jahr bis zum Jahr 2023 auf mindestens 500 MW pro Jahr ausweiten.“ Aufgrund der enormen Nachfrage sei zudem „eine weitere Skalierung auf mindestens 1 GW pro Jahr“ anvisiert – voraussichtlich in Deutschland.

Während der NOW-Veranstaltung Marktplatz Zulieferer in Berlin skizzierte Andreas Frömmel, Vice President Sales and Marketing bei Sunfire, wie der derzeitige und der zu erwartende Bedarf im Elektrolysesektor aussieht (s. Abb. 5 und Tab. 1 – basierend auf Zahlen von FCH JU, Hydrogen Europe, McKinsey sowie eigenen Recherchen von Sunfire). Demnach besteht in den Jahren 2021 bis 2024 eine Produktionslücke von 3,45 GW pro Jahr, bis die erwartete beziehungsweise erhoffte Hochskalierung der Fertigungskapazitäten ab 2025 eine Produktion von jährlich etwa 20 GW ermöglichen könnte.

Für die von Sunfire geplanten Vorhaben flossen den Sachsen im Herbst 2021 109 Mio. Euro zu. Laut Nils Aldag hat noch nie „ein Unternehmen, das sich mit grünem Wasserstoff befasst und nicht börsennotiert ist, so viele Investorengelder eingesammelt“. Als einen zukünftigen Game-Changer sieht Sunfire die SOEC-Technik, die nach 2023 insbesondere für die Dekarbonisierung der Industrie (z. B. Stahl, Zement) Anwendung finden werde.

Prof. Martin Wietschel vom Fraunhofer ISI äußerte indes während des dena-Kongresses im November 2021 Zweifel daran, dass solch eine Hochskalierung überhaupt zu schaffen ist. Er merkte in Bezug auf das EU-Ziel von 80 GW bis 2030 an (40 GW in Europa, 40 GW Importe), dass ein Zubau von durchschnittlich 9 GW pro Jahr weitaus mehr wäre, als zu den besten Zeiten der Solar- oder Windindustrie erreicht

worden sei. Dem gegenüber steht, dass ein Unternehmen wie Nel inzwischen nach eigenen Angaben bereits über 3.500 Aggregate – gemeinsam mit Proton OnSite, das die Skandinavier 2017 übernommen haben – installiert hat, so dass ausreichend Erfahrungen für eine weitere Hochskalierung vorhanden sein sollten.

Die Politik scheint das in diesem Technologiezweig steckende Potential inzwischen erkannt zu haben. So ebnete die alte Bundesregierung noch Mitte September 2021 beispielsweise den Weg für eine zukünftige Wasserstoffherzeugung auf See. Mit einer entsprechenden Verordnung, die Anfang Oktober in Kraft trat, wird die Möglichkeit geschaffen, die H₂-Produktion aus Offshore-Windparks zu erproben. Der damalige Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier erklärte dazu: „Die Herstellung von grünem Wasserstoff auf See ist ein echtes Zukunftsthema mit hohem Innovationspotential. Die Offshore-Wasserstoffherzeugung kann einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Industriestandorts Deutschland leisten.“ ||

FEST-GRUPPE WÄCHST

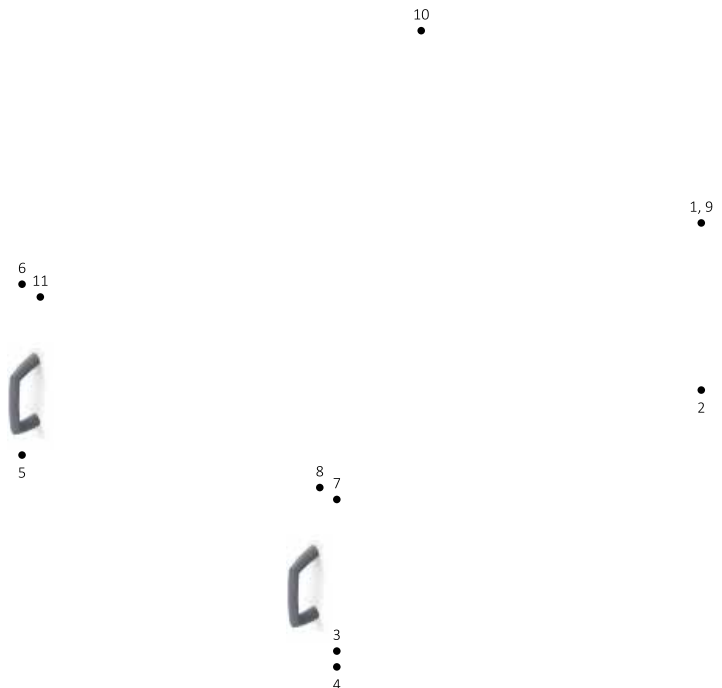
Anfang 2021 hat die iGas energy GmbH einen Elektrolyseur in einem Weißblechwerk in Weißbrusland in Betrieb genommen. Der Green Electrolyzer erzeugt 100 Nm³ Wasserstoff pro Stunde für die dortige Haubenglühe. Mittlerweile konzentriert sich das Stolberger Unternehmen auf die Weiterentwicklung der Elektrolyseurtechnik. Wie der Geschäftsführer Karl-Heinz Lentz gegenüber HZwei bestätigte, hat sich die mit zehn MitarbeiterInnen relativ kleine Firma mit der Fest GmbH zusammengetan, um die zahlreichen Anfragen angemessen bearbeiten zu können.

Das in Goslar beheimatete Unternehmen Fest gehört gemeinsam mit dem Wechselrichterhersteller IPS-Fest GmbH zur Fest-Gruppe, die wiederum Teil der Schmidt-Kranz-Group, zu der unter anderem auch Maximator zählt, ist. Derzeit bereitet Fest die Installation eines PEM-Elektrolyseurs bei Infraser vor. Die aus zwei 40'-Containern bestehende Anlage (2 x 2,5 MW) soll im ersten Quartal 2022 ausgeliefert werden und zum Jahresende 2022 Brennstoffzellenzüge von Alstom im Frankfurter Raum mit Wasserstoff versorgen.



Abb. 6: Innenansicht des 500-kW-Green-Electrolyzers [Quelle: iGas]

Connect the dots!



ZUNEHMENDE DEZENTRALISIERUNG

Autarke Kleinanlagen auf dem Vormarsch

Bislang ist das Energieversorgungssystem in Deutschland und Europa zentralistisch aufgebaut. Große Kraftwerke erzeugen Strom und Wärme, die dann über Strom- oder Fernwärmeleitungen verteilt werden. Mit dem Aufschwung der Solar- und Windenergieerzeugung vor rund zwanzig Jahren verbanden etliche Akteure die Hoffnung auf eine Dezentralisierung, die aber in vielen Belangen enttäuscht wurde. Dezentral angesiedelte Erzeugungssysteme sind zwar mehr geworden, aber einen grundlegenden Wandel hat es noch nicht gegeben.

Zum Bereich der Wasserstoffherzeugung gibt es unterschiedliche Stimmen. So hatte eine Studie des Forschungszentrums Jülich 2017 ergeben, dass Elektrolyseure eher zentral im Norden Deutschlands, dort wo Platz ist und große Windparks stehen, installiert werden sollten. Prof. Detlef Stolten vom FZ Jülich legte damals den „zentralen Fokus“ auf dieses Konzept. Auch Nikolas Iwan von H2 Mobility erklärte zu der Zeit, er habe „Zweifel, ob eine dezentrale Wasserstoffherzeugung sinnvoll ist“.

Mittlerweile ist klar, dass der Stromtrassenausbau so langsam vorangeht, dass Alternativlösungen benötigt werden. Dementsprechend rücken lokale und regionale Konzepte zunehmend ins Blickfeld. Dass eine auf Solar- oder Windstrom basierende dezentrale Energieversorgung auf Gebäudeebene funktioniert, wurde beispielsweise in Brütten bei Zürich gezeigt. In dem dortigen Mehrfamilienhaus, das die schweizerische Umwelt Arena Spreitenbach gebaut hat, wurden verschiedenste innovative Technologien eingesetzt (s. HZwei-Heft Jul. 2018).

Die EMV New Line GmbH, die damals über eine Kooperation mit Proton Motor an diesem Vorhaben beteiligt war, bietet mittlerweile eine eigene Lösung für energieautarke Häuser ohne Stromanschluss an. Ihre Insellösung beinhaltet für jede Leistungsgröße bis in den MW-Bereich einen Elektrolyseur inklusive Verdichter mit entsprechender H₂-Sicherheitstechnik sowie eine Brennstoffzelle nebst Batteriepuffer, Steuerungstechnik und der zugehörigen Software.

Nach Aussage von EMV war Brütten der Einstieg in diese Technologiesparte. Aus Pilsting, wo die GmbH ihren Sitz hat, hieß es dazu gegenüber HZwei: „Wir haben inzwischen eine Autarkie für mehrere Einfamilienhäuser realisiert und unsere Firma ebenso netzunabhängig ausgerüstet. [...] Bis vor wenigen Wochen haben wir zum Teil drei Besuchergruppen pro Woche bei uns im Haus gehabt, welche unser autarkes System besichtigt haben. Die vielen Nachfragen übersteigen unsere Kapazitäten bei weitem, und wir konzentrieren uns daher nur noch auf wesentliche Projekte. Derzeit arbeiten wir an einer MW-H₂-Tankstelle für ein Busunternehmen, für welches wir 450 kg_{H₂}/24 h produzieren, sowie an einer Energiezentrale für ein Neubaugebiet mit 130 Einfamilienhäusern.“

EMV-Geschäftsführer Bajog erklärte, er habe aus dem Brüttener Projekt gelernt, dass es nicht zielführend sei, sich als Anbieter ausschließlich auf die Brennstoffzelle zu konzentrieren. Das sei, als würde „VW seinen Kunden nur den Motor anbieten und alles um das Fahrzeug herum soll sich der Kunde selbst suchen und zusammensetzen“. Er beschloss

daher, selbst tätig zu werden und das zu entwickeln, was für einen Energiewandel erforderlich ist, um eine Gesamtlösung anbieten zu können.

Derzeit arbeitet EMV an einem 19“-Einschubsystem, bestehend aus einem 2,4-kW-Elektrolyseur, einer 2,5-kW-Brennstoffzelle, einem Batteriepuffer mit 12 kWh plus insgesamt zehn 50-l-H₂-Behältern (335 kWh), die einen Vier-Personen-Haushalt mit einem Strom-Jahres-Eigenverbrauch von 6.600 kWh über 365 Tage komplett autark versorgen können. Eine erste Anlage wurde im September 2020 von Bajog electronic in einem Einfamilienhaus mit 200 m² Wohnfläche installiert. Die PV-Anlage mit 20 kW_{peak} produziert auch bei bedecktem Himmel ausreichend Strom (2,1 bis 3,2 kWh), um den Akku aufladen und die eigene Wasserstoffproduktion sichern zu können. Wie Bajog mitteilte, sollen derartige Anlagen auf Anfrage von Bürgermeistern und Gemeinderäten aus Niederbayern in geplanten Neubaugebieten eingesetzt werden. So wie es später auch die schwimmende Wasserstofffabrik tun soll. ||

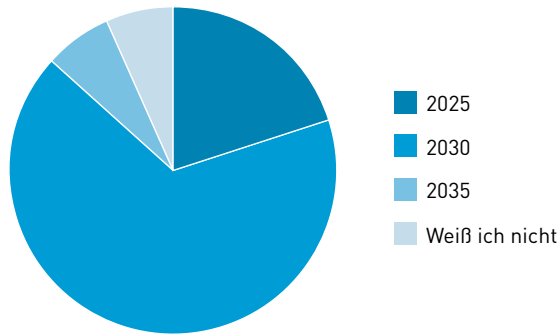
BTU COTTBUS SETZT AUF KLEINWINDANLAGEN

Auch am Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP wird an Kleinsystemen gearbeitet. Gemeinsam mit der BTU Cottbus sowie der EAB Gebäudetechnik Luckau GmbH entwickeln die IAP-Wissenschaftler kleine Windräder, die als Stromquelle für die Elektrolyse verwendet werden können. Prof. Holger Seidlitz, Fachgebietsleiter für polymerbasierten Leichtbau an der BTU Cottbus, erklärte: „Das Windrad wird so klein ausgelegt sein, dass sich auch Privatleute eine solche Anlage in den Garten stellen können.“ Das Besondere ist, dass das neuartige Design einen Betrieb auch bei schwachem Wind ermöglicht. „Wir haben das Design der Rotorblätter daran angepasst und ihre Masse im Vergleich zu herkömmlichen Kleinwindanlagen um rund 30 Prozent verringert“, ergänzte Marcello Ambrosio vom Fraunhofer IAP. Die ersten Freilandtests sollen demnächst erfolgen.



Abb.: Prototyp der Mini-Windkraftanlage von Fraunhofer IAP, BTU und EAB [Quelle: Fraunhofer IAP]

SKALENEFFEKTE LASSEN ELEKTROLYSEURPREISE SINKEN



Wann erwarten Sie, dass grüner Wasserstoff gegenüber fossilem Wasserstoff wettbewerbsfähig sein wird (ohne Berücksichtigung der Kosten für den Wasserstofftransport)?

Wir haben die Anbieter von Elektrolyseuren um ihre Einschätzung zu verschiedenen Marktfragen gebeten, die wir hier in anonymisierter Form veröffentlichen. An dieser Umfrage haben 15 Unternehmen teilgenommen.

Die Auswertung der Antworten hat ergeben, dass die Preise für Elektrolyseure, Stacks und Komplettsysteme bei zwei Dritteln der Hersteller in den vergangenen 24 Monaten um bis zu 20 Prozent gesunken sind. Für die nächsten zwölf Monate rechnet die Hälfte damit, dass die Geräte um weitere zehn Prozent günstiger werden. Fünf Hersteller rechnen sogar mit bis zu 20 Prozent niedrigeren Preisen. Das ist eine ähnliche Entwicklung wie in der Photovoltaik in den 2000er und 2010er Jahren.

Fast übereinstimmend geben die Anbieter an, die Skalierung der Produktion sei der wesentliche Grund für die sinkenden Preise. Das passt zu den Angaben in unserer Marktübersicht: Die allermeisten Elektrolyseure werden mittlerweile in Serie gefertigt, aber nur wenige Hersteller geben an, eine Massenproduktion erreicht zu haben.

Die Teilnehmer der Umfrage rechnen überwiegend damit, dass grüner Wasserstoff zwischen 2025 und 2030 mit dem grauen Wasserstoff, der aus Erdgas erzeugt wird, preislich mithalten kann. Hierbei ist allerdings nur die Produktion eingerechnet, nicht der Transport, der je nach Entfernung und Transportweg einen nennenswerten Anteil am Preis ausmachen kann. Doch womöglich sind die Strecken gar nicht so lang. Der Großteil, elf der fünfzehn Unternehmen, sieht seinen Absatzmarkt vornehmlich in Europa. ||

UMFRAGE ÜBER ELEKTRO- LYSEURE

Für diese Marktübersicht haben wir insgesamt 29 Unternehmen aus dem In- und Ausland, die Elektrolyse-Stacks, Elektrolyseure oder komplette Anlagen zur elektrolytischen Wasserstofferzeugung anbieten, angeschrieben. 16 davon haben unseren Online-Fragebogen ausgefüllt. Die Unternehmen durften dabei bis zu fünf Produkte angeben. Neben den technischen Daten der Produkte fragten wir auch nach Weiterentwicklungen der letzten Jahre und Einschätzungen zum Markt (s. nebenstehender Artikel). Wegen Doppelungen bei Stack- und Systemanbietern haben es schließlich 14 in diese Übersicht, die keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, geschafft.

Unser Ziel ist es, diese Marktübersicht, die auf einer ersten Umfrage von vor vier Jahren basiert (s. HZwei-Heft Apr. 2017) kontinuierlich zu erweitern und zu verbessern. Wir freuen uns daher über Hinweise auf weitere Anbieter. ||

23

Kein Durchkommen für Wasserstoff

Frenzelit-Dichtungen nachweislich
geeignet für Wasserstoffanwendungen

Mit dem neuen Prüfstand wird das Leckageverhalten der Dichtungswerkstoffe ermittelt und gibt Rückschlüsse auf ihren Beitrag zur Emissionsreduzierung.

Frenzelit
creating hightech solutions

DICHTUNGEN
ISOLATIONEN
KOMPENSATOREN



MARKTÜBERSICHT ELEKTROLYSEURE 2021

PRODUKTINFORMATIONEN

	Firma	Gerät	Stack / Elektrolyseur / System*	Typ	Marktstatus	Markteinführung	Hauptanwendung
	Airbus DS	ALPHA	Stack	alkalisch	in Entwicklung	2022	Luft- & Raumfahrt, Industrie, Mobilität, Kraftwerk
	AVX/ Kumatec Hydrogen	PEM-40-100 PEM-100-25 PEM-40-1000 PEM-40-500	System	PEM	Serienprodukt	k. A.	Industrie, Hausenergie, Mobilität, Kraftwerk
	Elogen	ELYTE10 50 100 200 1000	Elektrolyseur	PEM	Serienprodukt	2011 2021 2018 2020 2021	Kraftwerk
	Enapter	AEM Electrolyser 2.1	Elektrolyseur	AEM	Serienprodukt	2020	Hausenergie
		AEM Multicore	Elektrolyseur	AEM	in Entwicklung	2022	Mobilität
	Fest / Green H2-Systems	green Elektrolyseur gEL200 gEL400 gEL600	System	PEM	Serienprodukt	2020	alle
		green Elektrolyseur gEL800 gEL1000	System	PEM	Serienprodukt	2021	alle
	Green Hydrogen Systems	A-Serie: A30 A60 A90	System	alkalisch	Serienprodukt	2017	Mobilität, Industrie, e-Fuels
		X-Serie: X1200 6MW	System	alkalisch	vorbestellbar (für 2023)	2022	Industrie, Kraftwerk, e-Fuels

Quellen: Herstellerangaben, alphabetische Anordnung

*: Stack / Elektrolyseur = Stack + Balance of Plant / System = Elektrolyseur + Wasseraufbereitung + Gastrocknung
fettgedruckte Produktnummern bezeichnen das abgebildete Modell

BETRIEBSBEREICH		ABMASSE			EINGANGSGRÖSSEN			WASSERBEDARF		WASSERSTOFFPRODUKTION		
Min. Last (%)	Max. Last (%)	Höhe (mm)	Breite (mm)	Tiefe (mm)	kWh _{el} / m ³ H ₂	AC/DC	Spannung (V)	l/m ³ H ₂	Voraussetzung	m ³ /h (pro Einheit)	Reinheit (% vol)	Druck (bar)
25	150	240	180	180	4,3	40 A DC	48	0,8	~ 80 °C	0,44	~ 98, > 99 [H ₂]	100
10	100	k. A.	k. A.	k. A.	5,7 5,9 5,5 5,5	AC (3 phasig)	400	k. A.	Leitungswasser	20 5 200 100	99,999 (5.0)	40 100 40 40
10 5 5 2,5 5	100	k. A.	k. A.	k. A.	5,4 4,9 4,9 4,9 5,0	AC (3 phasig)	400	3,0 1,99 1,99 1,99 1,99	Leitungswasser	10 50 100 200 1000	99,999 (5.0)	30
60	100	307	482	634	4,8	AC (1 phasig)	200 - 240	0,8	Leitfähigkeit < 20 µS/cm	0,5	99,9 (99,999 mit optionalem Trockner)	bis zu 35
3	105	k. A.	k. A.	k. A.	4,8	AC (3 phasig)	3 x 400	0,9	Leitfähigkeit < 20 µS/cm	210	99,9 (99,999 mit optionalem Trockner)	bis zu 35
10	100	3.000	12.000	5.000	5,0	AC (3 phasig)	Mittelspannungs	1,4	Leitungswasser, anderes	200 400 600	5.0 und ISO 14687	40
10	100	3.000	1.800	5.000	5,0	k. A.	Mittelspannungs	1,4	Leitungswasser, anderes	1000	5.0 und ISO 14687	40
16	100	3.000	3.000	2.000	4,7	AC (3 phasig)	400	0,9	Leitungswasser	30 60 90	99,9999 (6.0)	35
16	100	2340	2280	12030	4,5	AC (3 phasig)	10000-33000	1,0	Leitungswasser	1200	99,999 (5.0)	35

PRODUKTINFORMATIONEN

	Firma	Gerät	Stack / Elektrolyseur / System*	Typ	Marktstatus	Markteinführung	Hauptanwendung
	H2 Core Systems	Indoor HydroCab	System	AEM	Serienprodukt	2021	Hausenergie
		Outdoor HydroCab	System	AEM	Serienprodukt	2021	netzfern
		AEM HydroCluster	System	AEM	Serienprodukt	2021	Kraftwerk
	Hoeller Elektrolyseur	Prometheus S	Stack	PEM	Demonstration / Pilot	2022	Mobilität
	H-TEC SystemS	PEM Electrolyser ME100/350	System	PEM	Serienprodukt	2017	alles (exklusive Hausenergie)
		PEM Electrolyser ME450/1400	System	PEM	Serienprodukt	2019	alles (exklusive Hausenergie)
	Hydrogen Pro	Hydrogen Pro	System	alkalisch	kundenspezifisch	2013	Industrie
	Nel Hydrogen	M Series	System	PEM	Serienprodukt	2020	Industrie, Mobilität
	Plug Power	1 MW Elektrolyseur System	System	PEM	Massenproduktion	2021	Industrie
		5 MW Elektrolyseur System	System	PEM	Massenproduktion	2022	Industrie
	Sunfire	HyLink alkaline	System	alkalisch	Massenproduktion	2021	Industrie
		HyLink SOEC	Elektrolyseur	SOEC	kundenspezifisch	2020	Industrie
	thyssenkrupp	alkaline Water Electrolysis	Elektrolyseur	alkalisch	Serienprodukt	2019	Industrie

BETRIEBS- BEREICH		ABMASSE			EINGANGSGRÖSSEN			WASSERBEDARF		WASSERSTOFFPRODUKTION		
Min. Last (%)	Max. Last (%)	Höhe (mm)	Breite (mm)	Tiefe (mm)	kWh _{el} / m ³ H ₂	AC/DC	Span- nung (V)	l/m ³ H ₂	Voraus- setzung	m ³ /h (pro Einheit)	Reinheit (% vol)	Druck (bar)
12	100	2.200	800	800	4,8	AC (3 phasig)	400	0,8	Leitungs- wasser	0,5 - 2,5	99,999 (5.0)	35
12	100	2.200	800	1.200	4,8	AC (3 phasig)	400	0,8	Leitungs- wasser	2,5	99,999 (5.0)	35
1	100	2.896	2.438	5.000	4,8	AC (3 phasig)	400	0,8	Leitungs- wasser	30	99,999 (5.0)	35
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	4,8	DC	384	k.A.	< 0,1 µS/ cm	16	99,999 (5.0)	40
32	100	3.000	6.100	5.000	4,9	AC (3 phasig)	400	1,9	Leitungs- wasser	46,3	99,999 (5.0)	15-30
20	100	4.000	13.200	5.000	4,8	AC (3 phasig)	400	1,24	Leitungs- wasser	210	99,999 (5.0)	15-30
40	100	2.300	8.950	2.300	4,6	DC	MV/HV	0,9	Reinheit < 2 µS	2200	99,999 (5.0)	15
1	100	k.A.	k.A.	k.A.	4,5	AC (3 phasig)	480	1,44	Leitungs- wasser	250 - 5000	99,9995 mit Trockner	30
10	100	2.400	2.400	5.000	4,6	AC (3 phasig)	Mittel- span- nungs	1,4	Leitungs- wasser, anderes	200	99,9999 (6.0)	40
2	100	5.000	5.000	5.000	4,6	AC (3 phasig)	400	1,0	Leitungs- wasser	1000	99,9999 (6.0)	40
20	100	2.600	11.200	2.600	4,7	AC (3 phasig)	20000	0,825	Leitungs- wasser	2,23	99,999 (5.0)	30
5	100	2.610	3.000	1.450	2,7	AC (3 phasig)	20000	k.A.	Leitungs- wasser	750	99,999 (5.0)	atmos- phärisch
10	100	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	DC	bis zu 110000	1,0	ISO 3696, Typ 2	4000	99,9	1,3



Abb. 1: Versuchsanlage: Schwimmendes Windrad und Forschungsplattform [Quelle: Lhyfe]

Thema: Energiespeicherung | Autorin: Eva Augsten

ABENTEUER AUF SEE

H₂-Produktion an der französischen Atlantikküste

Das auf die Produktion von grünem Wasserstoff spezialisierte Unternehmen Lhyfe will im großen Stil den nachhaltigen Rohstoff auf dem Meer erzeugen. Denn dort gebe es das größte Potenzial, so die Franzosen. Noch vorhandene Leitungen und Plattformen ehemaliger Öl- und Gasfelder könnten dabei helfen. Im Spätsommer 2022 soll eine Testanlage vor der französischen Atlantikküste ihren Betrieb aufnehmen.

Weit draußen auf dem Atlantik locken große Möglichkeiten. Der Wind bläst ungebremst – stetig und kräftig. Dort ließen sich Windparks bauen, die rund um die Uhr viele Gigawattstunden elektrischer Energie erzeugen. Und mit dieser Energie könnte man viele Gigatonnen grünen Wasserstoff produzieren. Luc Gararé, bei Lhyfe für das internationale Geschäft zuständig, ist überzeugt: „Das Potenzial, grünen Wasserstoff in großem Maßstab auf See zu produzieren, ist enorm.“

Doch noch ist es nicht so weit. Das junge H₂-Unternehmen Lhyfe macht sozusagen noch Trockenübungen. In Bouin, südwestlich von Nantes, erzeugt Lhyfe seit dem 1. Oktober 2021 rund 300 kg Wasserstoff täglich an Land. Der dortige Elektrolyseur von Nel nutzt dafür Strom aus drei nahegelegenen Windmühlen und Wasser aus dem Meer – so wie es später auch die schwimmende Wasserstofffabrik tun soll.

Ein Stück weiter nördlich, in Le Croisic, soll dann im Spätsommer 2022 der erste Offshore-Elektrolyseur in See stechen. Dann soll es ein Modell von Plug Power sein. Vor Le Croisic erprobt die Ingenieurschule Centrale Nantes neue maritime Technologien: Eine Windenergieanlage steht auf einer schwimmenden Plattform auf dem Atlantik. In der Nähe treibt wie ein gelbes Ufo die Forschungsstation auf dem Meer (s. Abb. 1), die ihren Strom selbst aus Solarenergie und Wellenkraft erzeugt. Darin soll die Offshore-Elektrolyse ihre Seetauglichkeit und Zuverlässigkeit beweisen und zunächst 440 kg Wasserstoff täglich produzieren. „Die Komponenten sind schon bestellt“, sagt Gararé.

FOSSILE INFRASTRUKTUREN UMNUTZEN Schon seit Jahren rücken Windparks immer weiter ins offene Meer vor. Noch beschränken Wassertiefe und die Entfernung zum Landanschluss die Offshore-Windenergie auf küstennahe Gebiete. Doch mit dem Aufkommen schwimmender Fundamente wird der Bau von Windparks auch in immer tieferen Seegebieten möglich. Und was die Anschlusskosten angeht, könnte die Umwandlung der Energie in Wasserstoff einen Durchbruch bringen. „Eine Pipeline ist um einiges günstiger als ein Stromkabel. Die spezifischen Kosten liegen bei etwa einem Achtel“, sagt Elektrotechnik-Ingenieur Gararé.

Hinzu komme, dass sich bestimmte Elektrolysestandorte ohne den Bau neuer Pipelines erschließen ließen. Wo es aufgegebene Öl- und Gasfelder gibt, liegen häufig noch Leitungen am Meeresgrund, die sich mithilfe von speziellen Schläuchen womöglich für Wasserstoff ertüchtigen ließen. Auch Plattformen ließen sich weiter nutzen, glaubt Gararé.

Besonders interessant findet er die Nordsee vor der niederländischen Küste. Spätestens zum Ende des Jahrzehnts wollen die Niederlande die Förderung des niederkalorischen L-Gases beenden. Dann wird eine Gasinfrastruktur frei, die sich durch die ganzen Niederlande bis hinüber ins Ruhrgebiet zieht.

Auf diese Weise könnten zahlreiche Industriekunden beliefert werden. „Zunächst ist Wasserstoff vor allem als Prozessgas für die Industrie interessant“, sagt der ehemalige Nel-Manager. Grünes Gas soll zum Beispiel genutzt werden, um Stahl oder Floatglas zu härten. Für die Erzeugung von Prozesswärme sei es allerdings bislang im Vergleich zu Erdgas etwa um den Faktor fünf teurer.

Damit sich die Elektrolyse auf See lohne, müsse der CO₂-Preis auf etwa 200 Euro steigen, erklärt Gararé. Zugleich müsse der Strom aus Offshore-Windparks noch billiger werden. „Eine Vier oder noch besser eine Drei am Anfang“ brauche es für eine konkurrenzfähige Wasserstoffherzeugung, glaubt er.

SALZ, WIND UND WELLEN Doch um dieses Potenzial zu heben, muss die Elektrolyseanlage erst mal beweisen, dass sie auch dem Salzwasser und den bis zu zwanzig Meter hohen Wellen auf dem Atlantik gewachsen ist. „Die Belastung durch die Wellen haben wir mit einer Kombination von Labortests und Simulationen untersucht – so ähnlich, wie es die Autoindustrie auch macht“, erklärt der aus der Solarbranche stammende Belgier. Lhyfe hat die Technik zudem nicht nur selbst bewertet, sondern auch den Dienstleister DNV mit einer Risikoanalyse beauftragt.

Doch wie es wirklich läuft, wird erst der Praxistest zeigen. Das betrifft sowohl den Elektrolyseur als auch dessen Betriebsweise. „Wir brauchten eine kompakte Anlage für unser Demonstrationsprojekt und haben uns deswegen für einen PEM-Elektrolyseur entschieden“, sagt Gararé. Ob die PEM-Elektrolyse auch in Bezug auf die flexible Fahrweise einen Vorteil bringt, da ist er jedoch skeptisch. „Die Elektrolyse ist nicht der Flaschenhals bei der Flexibilität – das ist eher der Kompressor.“ Hier könnte womöglich eine Druckelektrolyse weiterhelfen. Eine andere Möglichkeit wäre, die Anlage um eine Batterie zu ergänzen und so auf der Stromseite Schwankungen abzupuffern. Ob sich das lohnt, wird sich aber erst noch zeigen müssen.

SAUERSTOFF FÜR DAS MEER

Lhyfe plant europaweit rund 60 Projekte, bei denen unterschiedliche Modelle verschiedener Hersteller zum Einsatz kommen sollen (Nel, Green Hydrogen Systems etc.), die dann 10 Tonnen Wasserstoff pro Tag erzeugen sollen. Diese Menge, so der Unternehmensgründer Matthieu Guesné, würde genügen, um eine Stadt wie den Lhyfe-Heimatort Nantes (0,6 Mio. Einwohner) mit ausreichend Wasserstoff zu versorgen. Anfang Dezember 2021 meldete die Deutsche Bahn, dass sie ab 2024 grünen Wasserstoff für ihr H2goesRail-Projekt von Lhyfe beziehen werde. Dafür soll in Tübingen ein eigener Elektrolyseur von Green Hydrogen Systems mit einer jährlichen Produktionskapazität von rund 30.000 kg_{H₂} für die Betankung eines H₂-Zugs installiert werden.

Eine Besonderheit bei den schwimmenden H₂-Produktionsanlagen von Lhyfe ist, dass man den erzeugten Sauerstoff an das Meer abgeben, also quasi in das Salzwasser einspeisen möchte. Mit dieser Idee sammelte das Unternehmen im Sommer 2021 insgesamt 50 Mio. Euro von Investoren wie SWEN Capital Partners und Banque des Territoires ein. Bislang wurden mit diesem Geld vorrangig viele junge Menschen eingestellt und schöne Pressefotos gemacht. Welche Pläne dann tatsächlich realisiert werden, wird die Zukunft zeigen. (sg)

GROSSE PLÄNE IN EUROPA Auf jeden Fall scheint man bei Lhyfe aber recht optimistisch zu sein, dass sich der Elektrolyseur von Plug Power bewährt. Die Unternehmen haben gemeinsam angekündigt, bis 2025 in Europa an Land und auf See dezentrale Elektrolyseure mit einer Gesamtkapazität von 300 MW zu installieren. Mit dem Wasserstoff wollen sie Kunden aus Industrie und Mobilitätssektor mit beliefern. Obendrein arbeiten sie gemeinsam an einer 1-GW-Wasserstoffproduktion. Mehr verrät Lhyfe zu diesem Projekt allerdings noch nicht – außer, dass es in Europa angesiedelt sein soll. Bis die Partner gemeinsam in Nordamerika aktiv werden, kann es noch etwas dauern.

Vorher steht aber noch der Test in Le Croisic an. Die Installation ist dabei recht unkompliziert. Die Forschungsplattform wird dafür einfach in den Hafen geschleppt. Dort kann dann der Elektrolyseur eingebaut werden, der mitsamt der Wasseraufbereitung und der übrigen Peripherie in einem 40-Fuß-Container vormontiert ist. Ab dem späten Sommer oder frühen Herbst 2022 soll dann die Offshore-Wasserstoffherzeugung anlaufen – wenn auch zunächst einmal im ganz kleinen Stil. ||

29

HYDROGEN IS OUR PASSION -

from production
to consumer.



GRÜNER WASSERSTOFF AUS ABFALL

Verschiedene Ansätze zur Nutzung von Bioenergie

Multitalent Wasserstoff. Er soll vor allem helfen, Industrieprozesse, Wärmeversorgung und auch den Verkehrssektor klimaneutral zu machen – und dafür muss das H_2 selbst grün sein. Allerdings ist der Bedarf größer als das Angebot. Neben Wind- und Solarstromanlagen kann aber auch Biomasse aus Abfällen oder Klärschlamm für die Herstellung von grünem Gas genutzt werden. Es gibt hierzulande bereits einige vielversprechende Ansätze und Projekte, die auch der kriselnden Biogasbranche wieder Auftrieb geben könnten.

Aus Abfällen wie Klärschlamm und Plastikmüll kann grüner Wasserstoff entstehen – der von der Bundesregierung gern und so oft gezogene Joker für die Energiewende. Das innovative Verfahren eines Start-ups aus Augsburg sieht dafür zwei Stufen vor: In der ersten Phase werden bei diesem Prozess Ausgangsstoffe wie Klärschlamm in Heißgas umgewandelt. Danach wird aus diesem Gas und Plastikmüll gasförmiges H_2 gewonnen. Letztere Stufe kann auch eigenständig betrieben und somit an eine bestehende Biogasanlage angedockt werden.

GREEN HYDROGEN TECHNOLOGY

Sehr bald schon soll das Verfahren der Firma Green Hydrogen Technology auch in der Praxis erprobt werden. Der nächste Schritt auf dem Weg zur Serienreife ist der Bau einer Versuchsanlage im österreichischen Leoben. Das Gießen der Betonbodenplatte im November 2021 markierte den Baubeginn. Im Mai soll die Einrichtung der zwölf Meter hohen Anlage mit einer Gesamtfläche von etwa 150 Quadratmetern abgeschlossen sein. Im Juni 2022 könnte dort dann erstmals Wasserstoff aus Plastikmüll erzeugt werden. Errichtet wird die Anlage von Spezialisten der Firma R&R Beth aus dem thüringischen Bad Lobenstein.

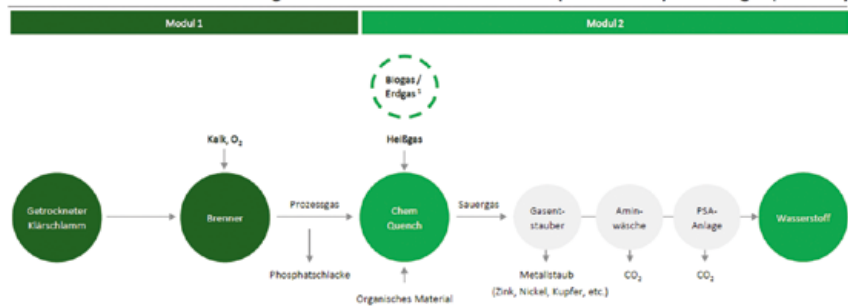
Sobald der TÜV die Zusammensetzung des gewonnenen Wasserstoffs zertifiziert hat, wird Green Hydrogen Technology nach eigenen Angaben in die Vermarktung der Stufe-2-Anlagen gehen: Sie will dann insbesondere Kommunen und Industrie ansprechen. „Besonders interessant ist die Technologie für Kunden, die bereits eine Biogasanlage betreiben oder Zugang zu Biogas haben. Sie benötigen nur die Stufe 2 unserer Anlage. Statt des Heißgases aus Klärschlamm wird dann das Biogas als Ausgangsstoff verwendet“, erklärt Jean Wiech, Finanzchef bei dem Augsburger Start-up.

Die bisherigen Entwicklungskosten für das Verfahren liegen bei rund drei Millionen Euro, die das Unternehmen selbst aufbrachte. Das Geschäftsmodell von Green Hydrogen Technology sieht vor, dass das Unternehmen entweder Co-Betreiber der Anlagen wird oder Lizenzen zur Nutzung der patentierten Technologie an Firmen oder Gemeinden als alleinige Betreiber vergibt. Die Nachfrage nach grünem Wasserstoff dürfte künftig weiter steigen, da viele Industriebereiche ihren CO_2 -Ausstoß signifikant senken müssen.

Das Potenzial für Biomasse bestätigen auch diverse Wissenschaftsinstitute: „Neben pyrolytischen Herstellungsverfahren aus Biomasse und Gärresten sind die Wasserstoffgewinnung aus Abwässern (via Plasmalyse), die Umwandlung organischer Abfallstoffe sowie die Reformierung von Biogas vielversprechend“, schreibt das ZSW Baden-Württemberg gemein-

30

Verfahrensschritte zur Herstellung von Wasserstoff aus Klärschlamm (Modul 1 & 2) oder Biogas (Modul 2)



*Biogas als Input wird nur beim alleinigen Betrieb von Modul 2 benötigt

Abb. 1: Prozessablauf: Aus Trockenschlamm wird grünes und sehr reines H_2

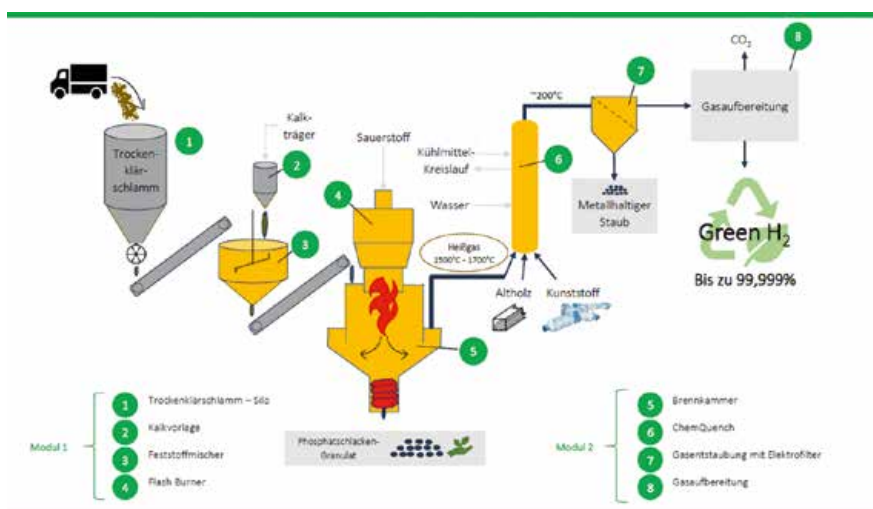


Abb. 2: Ausgangsstoffe wie Klärschlamm werden in Heißgas umgewandelt (Modul 1). Danach wird aus diesem Gas und Plastikmüll gasförmiges H_2 (Modul 2).
[Quellen: Green Hydrogen Technology]

sam mit dem Fraunhofer IAO und dem DLR in der Studie „Wasserstoff- und Brennstoffzellenstrategie für die Region Stuttgart“.

BAVARIAHYDRO Eine weitere H₂-Produktionsanlage baut Green Hydrogen Technology im bayerischen Kelheim. Beim Projekt Donau H2UB wird ebenfalls grüner Wasserstoff gewonnen. Bis Herbst 2022 soll die dortige Anlage in Betrieb gehen. Die Investitionen liegen im zweistelligen Millionenbereich, wie BavariaHydro mitteilt. „Wir werden Gülle von regionalen Bauern, Klärschlamm aus dem städtischen Klärwerk sowie Bioabfälle als Energieträger verwenden, um über den Umweg der Biogas-Erzeugung grünen Wasserstoff aus Biomethan zu produzieren“, erklärt Giorgio Karhausen, Leiter für Strategie und Projektentwicklung bei BavariaHydro.

Mit der innovativen Technologie verfolgt BavariaHydro einen doppelten Nachhaltigkeitsansatz: Zum einen werde laut Giorgio Karhausen die Energiegewinnung aus nachhaltigen Quellen fokussiert, um den CO₂-Ausstoß im Verkehr maßgeblich zu senken. Zum anderen werde zugleich der Abfall reduziert, weil Abfälle wie Gülle, Biomüll und Klärschlamm verwendet würden. Für die wissenschaftliche Begleitung nimmt die Stadt Kelheim als Wasserstoffregion am HyLand-Programm des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur teil. „Ein Kilogramm Wasserstoff entspricht etwa drei Litern Kraftstoff. Ein Linienbus verbraucht im Schnitt pro 100 Kilometer rund 53 Liter Kraftstoff“, erklärt Karhausen. Ein mit Wasserstoff betriebener Bus könne dieselbe Strecke mit rund 7 bis 8 Kilogramm Wasserstoff schaffen, rechnet er vor.

MAINOVA Mit dem Projekt MH2Regio betritt Frankfurt am Main Neuland. Bei diesem Vorhaben soll ausschließlich Grünstrom für die H₂-Erzeugung per Elektrolyse genutzt werden. Dafür soll rund um die Main-Metropole eine Infrastruktur für grünen Wasserstoff entstehen. Auf diese Weise soll die Verkehrswende im ÖPNV sowie Schwerlast- und Güterverkehr gelingen.

Beteiligt an diesem Projekt sind neben dem kommunalen Energieversorger Mainova auch der städtische Abfallentsorger FES sowie das gemeinsam betriebene Müllheizkraftwerk, das das grüne H₂-Gas liefern soll. Dafür wird bei der Müllverbrennung thermische Energie erzeugt, die über einen Wasserdampfkreislauf zu zwei Dampfturbinen gelangt. Die Turbinen erzeugen Strom für das Netz und für die H₂-Produktion. Da der biogene Anteil im verbrannten Abfall aus Holz und biologischen Abfällen rund 50 Prozent beträgt, gilt der so erzeugte Strom als grüner Strom und wird auch entsprechend zertifiziert.

BTX ENERGY An der Hochschule Hof hat das Start-up BtX Energy ein Verfahren entwickelt, das aus Biomasse hochwertigen Wasserstoff machen soll. Neben dem Vertrieb schlüsselfertiger Anlagen zur Dampfreformierung von Biogas möchte die junge Firma für die Region Hof ein Gesamtkonzept zur regionalen Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff erstellen. Dahinter steckt der Ingenieur Andy Gradel, der sich in seiner Doktorarbeit mit dem Thema beschäftigt hat. „Die Produktionskosten je Kilogramm Wasserstoff können dabei sogar deutlich niedriger ausfallen als bei der Elektrolyse“, hofft Gradel.

Neben der Weiterentwicklung eines Holzvergasers bis zur Marktreife will er vor allem H₂-Produktionsstätten für



Abb. 3: Firmengründer Andy Gradel (2. v. l.) präsentiert eine schlüsselfertige Anlage zur Dampfreformierung von Biogas [Foto: BtX Energy]

Biogasanlagen auf den Markt bringen. Immerhin droht der Biogasbranche in den kommenden Jahrzehnten ein kompletter Rückbau, wenn die EEG-Einspeisevergütung nach 20 Jahren Betrieb ausläuft. „Während sich die meisten Akteure im Energiemarkt auf die Elektrolyse aus regenerativem Überschussstrom konzentrieren, werden durch die neue Technik schlüsselfertige Anlagen zur Dampfreformierung von Biogas möglich“, sagt Professor Tobias Plesing von der Hochschule Hof. Der kriselnden Biogasbranche könne das enorm helfen.

Die erste Anlage zur Demonstration der Funktionsweise und Wirtschaftlichkeit ist bereits im Bau. „Überall, wo Wasserstoff die Energiewende vorantreiben kann, können die Landwirtschaft, die Bioabfallverwertungsbranche sowie viele weitere Akteure ihren Beitrag leisten: dezentral, sofort umsetzbar, rund um die Uhr auf Vollast und aufgrund der direkten stofflichen Umwandlung mit bestehend hohem Wirkungsgrad. Wir wollen dabei unterstützen“, sagt BtX-Energy-Gründer Gradel.

ELECTROCHAEA Auch das Unternehmen Electrochaea, ebenfalls aus Bayern, will dabei helfen, den Wärme- und Verkehrssektor zu dekarbonisieren (s. HZwei-Heft Okt. 2018). Die Firma aus Planegg bei München hat soeben das US-Erdölunternehmen Baker Hughes als Anteilseigner (15 Prozent) gewonnen. Ihre Technologie ermöglicht die Produktion von kohlenstoffarmem synthetischem Erdgas (SNG) aus abgeschiedenem CO₂ und grünem Wasserstoff.

Zusammen wollen die Unternehmen die Technologie skalieren und den Bau von größeren Anlagen beschleunigen. Baker Hughes besitzt bereits eine Technologie zur Kohlenstoffabscheidung, die auf Biomasse-, Müllverbrennungs- oder auch Industrieanlagen zugeschnitten ist. Die US-Amerikaner wollen auf diesem Wege neue Energiebereiche wie die Nutzung von Kohlenstoffdioxid (CCU: Carbon Capture and Utilization, dt.: CO₂-Abscheidung) erschließen. Das CO₂ kann dabei aus vielfältigen Quellen wie Biogas, Fermentationsabgasen oder aus Kraftwerken sowie Industrieanlagen stammen.

„Die Bereitstellung von synthetischem Erdgas im Netzmaßstab wäre eine bemerkenswerte Entwicklung für Energieverbraucher“, sagt Mich Hein, Geschäftsführer von Electrochaea. Kunden könnten so die Kohlenstoffbelastung durch die bestehende Gasinfrastruktur verringern, so Hein. ||

METASTUDIE WASSERSTOFF

Was lässt sich aus Energiesystemstudien schlussfolgern?

Im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats haben die drei Fraunhofer-Institute ISI, ISE und IEG in einer Metastudie die potentielle Nachfrage nach Wasserstoff sowie Wasserstoffderivaten bis 2050 analysiert. Hierzu wurden aktuelle Systemstudien für die EU und für Deutschland mit Szenarien für einen ambitionierten Klimaschutz analysiert. Die ausgewerteten Studien haben eine (stark techno-ökonomische) Systemsicht aus einer Energieperspektive heraus. Nicht alle Aspekte eines Transformationspfades (z. B. heimische Arbeitsplätze und Wertschöpfung, bestehende Regulierung, beschlossene Fördermaßnahmen etc.) werden dabei berücksichtigt. Diese Studien arbeiten mit Szenarien, die keine Vorhersagen darstellen, sondern die möglichen Entwicklungen und techno-ökonomische Pfade unter verschiedenen Annahmen abbilden.

Als ein wesentlicher Faktor für die Nachfrage nach Wasserstoff und H₂-Derivaten kann angesehen werden, dass das Treibhausgas (THG)-Minderungsniveau einen hohen Einfluss hat. Mit dem Ambitionslevel steigt in der Regel der Bedarf nach H₂ und Derivaten. In der Mehrzahl der Studien wird eine Nachfrage in einem größeren Umfang erst bei THG-Zielen von mehr als 80 Prozent und dann stark ansteigend gesehen.

Carbon Capture and Storage (CCS) wird nur in wenigen nationalen Studien als relevant erachtet. In einigen der EU-Studien spielt allerdings diese Technologie in manchen Szenarien eine etwas wichtigere Rolle. Die mögliche Rolle von CCS als Game-Changer für die H₂-Nachfrage sollte deshalb aufmerksam beobachtet und weiter analysiert werden.

In den meisten 95%-Minderungsszenarien bzw. treibhausgasneutralen Szenarien ergibt sich langfristig (bis 2050) ein relevanter Bedarf an Wasserstoff und Derivaten, mit in der Regel höheren Syntheseproduktbedarfen. Sie sind somit wichtige Bausteine einer ambitionierten Klimapolitik.

Was die Herkunft betrifft, lässt sich festhalten, dass der Bedarf, insbesondere von Syntheseprodukten, 2040 und 2050, teilweise schon 2030, vielen Studien gemäß überwiegend (> 50 %) aus ausländischen Quellen gedeckt wird. Hieraus lässt sich folgern, dass rechtzeitig mit der Entwicklung von Strategien und der Umsetzung von großmaßstäblicher H₂-Erzeugung inklusive der Transport- und Verteilinfrastruktur gestartet werden sollte.

Im Jahr 2030 liegt die in den Systemstudien bzw. Szenarien erwartete Nachfrage nach H₂- und Syntheseprodukten durchschnittlich lediglich bei 80 TWh, da zumeist die neuen, ambitionierteren Klimaschutzziele aus dem Green Deal oder der Novelle des Klimaschutzgesetzes noch nicht berücksichtigt wurden. Der tatsächliche Bedarf wird wohl deutlich unterschätzt. Für 2050 werden zwischen 400 und etwa 800 TWh erwartet. Alle Szenarien gehen damit von einem deutlich geringeren Bedarf an Wasserstoff und Syntheseprodukten als bei heutigen fossilen Brennstoffen aus (Endenergiebedarf 2020: 2.500 TWh, 2030: 2.100 bis 2.500 TWh, 2050: 1.400 bis 2.100 TWh).

Daraus folgt, dass Wasserstoff und dessen Derivate notwendig für die Energiewende, aber gleichzeitig wertvolle Energieträger und Chemikalien sind. Dies wird auch daran ersichtlich, dass ihre Kosten – wenn sie in den Studien ausgewiesen werden – deutlich über denen heutiger konventioneller Energieträger liegen.

32

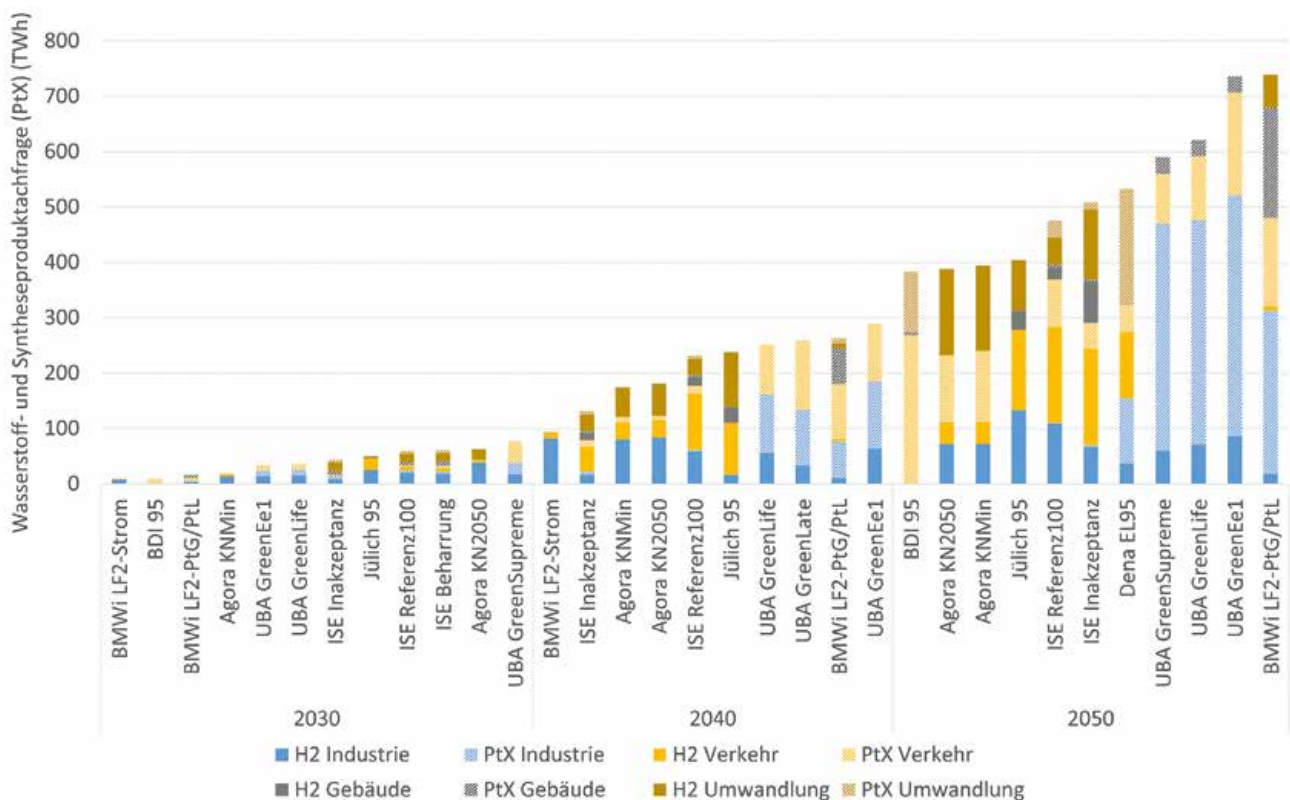


Abb. 1: Übersicht über Wasserstoff- und Syntheseproduktnachfrage (PtX) in den verschiedenen Sektoren

POTENTIELLE BEDARFE VERSCHIEDENER SEKTOREN Der Verkehr weist in vielen Studien einen sehr hohen Bedarf auf (2050: 150 bis 300 TWh). 2030 ist die Nachfrage noch gering und wird dann eher bei den Syntheseprodukten gesehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die THG-Emissionen schnell gemindert werden müssen und damit verbunden alternative Kraftstoffen für den Fahrzeugbestand notwendig sind. Ein unbestritten hoher Bedarf wird im internationalen Flug- und Schiffsverkehr gesehen (Syntheseprodukte inkl. biogene Kraftstoffe liegen 2050 bei 150 bis 200 TWh). Dieses Anwendungsfeld ist als No-regret-Strategie einzuordnen. Man sollte hier die Weichen frühzeitig stellen und Anreizsysteme für einen marktbasierten Hochlauf einführen.

Zunehmend wird in einem Teil der Studien eine größere Rolle von Wasserstoff im Schwerlastverkehr gesehen, auch schon kurzfristig (2030). Allerdings existiert eine Konkurrenzsituation mit der Direktstromnutzung durch Oberleitungs- und/oder Batterie-Lkw. Aufgrund der hohen Relevanz der Treibhausgasemissionen sollte in den nächsten drei bis vier Jahren entschieden werden, welche der alternativen Lösungen umgesetzt werden sollen, weil u. a. der Infrastrukturaufbau Zeit benötigt.

Bei Pkw und leichten Lkw ist eine starke Spreizung in den Ergebnissen bezüglich der Relevanz von Wasserstoff zu erkennen. Wenn Studien hier einen H₂-Einsatz sehen, dann in größerem Umfang erst nach 2030. Allerdings gibt es in wichtigen Exportländern der Automobilindustrie (insbesondere Japan, Korea, China) teilweise ambitioniertere Markteinführungsszenarien für H₂-basierte Mobilitätslösungen für die Straße, die in Strategieüberlegungen einfließen sollten.

Der potentielle Bedarf an Wasserstoff und Syntheseprodukten in der Industrie wird ebenfalls zumeist als hoch eingeschätzt (2050: H₂, Syntheseprodukte, biogene Brennstoffe bis zu 500 TWh). In vielen Studien wird bereits für 2030 ein relevanter H₂-Bedarf von bis zu knapp 50 TWh gesehen. Die Einsatzbereiche, die fast überall als relevant und als No-regret-Strategie eingeordnet werden, sind:

- H₂-Direktreduktion von Eisenerz zur Stahlherstellung
- Ammoniaksynthese
- Ethylen (meist über Methanol-to-Olefins-Route)

Die stoffliche Nutzung, gerade in den treibhausgasintensiven Industriesektoren, ist in den nächsten Jahren weiter voranzubringen, damit sie mittel- und langfristig großflächig umgesetzt werden kann; dies hängt auch mit den langen Investitionszyklen in den entsprechenden Industriebranchen zusammen.

Die energetische Nutzung in der Industrie wird in den Studien bzw. Szenarien deutlich unterschiedlich bewertet und teilweise als weniger relevant angesehen. Dies liegt u. a. an der bestehenden Konkurrenz zum Stromeinsatz, gerade bei niedrigen und mittleren Temperaturniveaus. Bei der energetischen Nutzung, gerade im höheren Temperaturbereich, herrscht noch Unklarheit darüber, welche Alternativen hier vielversprechend sind. Hier sollte in den nächsten Jahren Klarheit geschaffen werden.

Die Gebäudewärme weist in manchen Studien einen relevanten potentiellen Bedarf auf, allerdings mit großen Schwankungsbreiten (bis 2050 H₂, Syntheseprodukte, biogene Brennstoffe bis zu 200 TWh). Hier herrscht Konkurrenzdruck, der u. a. durch die Kombination aus Energieeinsparmaßnahmen und Wärmepumpen oder Wärmenetzen verursacht wird. Ein möglicher Bedarf wird in den Studien eher längerfristig gesehen. Ob eine Mischlösung aus Wärmepumpen/Wärmenetzen/Wärmedämmung einerseits und Gasen andererseits sinnvoll ist, bleibt wegen der Notwendigkeit paralleler Infrastrukturen noch zu klären.

NO-REGRET-REGEL

Der Einsatz von Wasserstoff und/oder Syntheseprodukten wird hierbei aufgrund fehlender wirtschaftlicher technologischer Alternativen als unbedingt notwendig angesehen. Aber auch in Anwendungsfeldern, für die das nicht gilt, können sie künftig eine wichtige Rolle spielen, weil sie beispielsweise wirtschaftlicher sind oder eher akzeptiert werden als Konkurrenzoptionen. Hierbei ist die Bewertung nicht eindeutig, da die ausgewerteten Systemstudien teilweise unterschiedliche Ergebnisse hervorbringen und darüber hinaus zahlreiche Konkurrenztechnologien existieren, die teilweise als sinnvoller eingestuft werden.

Im Umwandlungssektor (Strom- und Wärmeerzeugung, Raffinerien) wird zumeist ein eher etwas geringerer H₂- und Syntheseproduktbedarf im Vergleich zum Verkehr und der Industrie ausgewiesen. Im Jahr 2050 liegt dieser zwischen 50 und 150 TWh.

Bei der Stromerzeugung spielt das Thema der Rückverstromung eine wichtige Rolle. Hier bildet sich ein Konsens heraus, dass die Spitzenlastabdeckung langfristig über Wasserstoff erfolgt, aber in der Regel wird kein oder nur ein geringerer Zubau bis 2030 (bis zu 20 TWh) in den Studien bzw. Szenarien identifiziert. H₂-KWK-Anlagen werden immer dann relevant, wenn die H₂-Kosten niedrig werden. Bei einer stärkeren Direktelektrifizierung benötigt man mehr Flexibilitätsmaßnahmen im Umwandlungssektor. Eine Umsetzung im größeren Maßstab erscheint auf der Basis der Studien- und Szenarienauswertung aber erst nach 2030 erforderlich. Es ist jedoch sinnvoll, heute schon Anreize für H₂-Readiness bei neu zu errichtenden Anlagen zu prüfen, um für die Zukunft entsprechend vorbereitet zu sein.

Die künftige Rolle der Raffinerien wird in den meisten Studien nicht genauer beschrieben, wahrscheinlich weil die modellhafte Abbildung und Bewertung herausfordernd sind. Auch stellt sich hier die Frage, wie bei einem prognostizierten Rückgang der Raffineriekapazitäten aufgrund einer Verringerung konventioneller Brenn- und Kraftstoffe andere wichtige Raffinerieprodukte für den nichtenergetischen Verbrauch bereitgestellt werden können. Allerdings bietet sich der frühe Einsatz von Elektrolysewasserstoff als Ersatz für den heutigen fossilen Wasserstoff bei Raffinerien an. Er wird deshalb als No-regret-Strategie bewertet. Bestimmte konventionelle Raffinerieprodukte wie Benzin oder Diesel werden künftig wahrscheinlich weniger nachgefragt werden, andere Produkte werden noch benötigt. Allerdings handelt es sich um komplexe Produktionssysteme mit Kuppelprodukten, so dass der Transformationspfad herausfordernd ist.

Zentrale Parameter für die kostengünstige Produktion grünen Wasserstoffs sind die Verfügbarkeit und die Kosten von regenerativ erzeugtem Strom, die Investitionen für die Elektrolyseure, deren Volllaststunden und kostengünstige Transportoptionen bzw. Infrastrukturen. Künftig wird man in einem relevanten Umfang Elektrolyseurkapazitäten benötigen. Um den künftigen Bedarf an Wasserstoff und Syntheseprodukten zu decken, sollte die Elektrolysetechnologie deshalb weiter in den Markt gebracht werden. An inländischen Installationskapazitäten wird in den meisten Studien bzw. Szenarien bis 2030 eine Kapazität von über 5 GW gesehen. Die Bandbreite bis 2040 beträgt 10 bis 35 GW, bis 2050 43 bis 63 GW. Hierbei sollte beachtet werden, dass Planung und Bau von derartigen Anlagen einen ausreichenden zeitlichen Vorlauf benötigen.

Bei Syntheseprodukten kommen Investitionen in die weiteren Umwandlungsanlagen sowie Kosten für CO₂ >>

(Gewinnung, Transport) hinzu. CO₂-Quellen sind deshalb notwendig. Zudem sollten Technologien zur nachhaltigen CO₂-Gewinnung (Biomasse, Direct Air Capture) weiterentwickelt und in den Markt gebracht werden (No-regret-Strategie).

Aus den H₂-Bedarfen und den Importanteilen lässt sich ableiten, dass der Aufbau eines europäischen H₂-Netzes Sinn ergibt. Da der Aufbau eines Pipelinenetzes sehr zeit- und kapitalintensiv ist, sollte zeitnah in die Planung und Umsetzung eingestiegen werden.

Die Frage alternativer Erzeugungspfade auf fossiler Basis wie Dampfreformierung bzw. Pyrolyse von Erdgas zu blauem und türkisfarbenem Wasserstoff wird in den Systemstudien kaum behandelt. Man findet hierzu deshalb nur wenige Aussagen. Sie könnten aber künftig durchaus eine relevante Rolle spielen, weil nach jetzigem Kenntnisstand zumindest der blaue Wasserstoff relevant günstiger sein könnte als grüner. Allerdings sind hier noch einige Fragen offen, z. B. nach der Akzeptanz einer solchen Lösung, der möglichen Begrenztheit der CO₂-Speicherpotentiale, den Vorkettenemissionen bei Erdgas sowie dem Zeitbedarf für den Aufbau einer Infrastruktur. Die potentielle Rolle von blauem Wasserstoff sollte deshalb vertiefend analysiert werden. Dies sollte eher kurzfristig erfolgen, da er eventuell nur als Übergangslösung in Betracht kommen könnte. ||

sionen bei Erdgas sowie dem Zeitbedarf für den Aufbau einer Infrastruktur. Die potentielle Rolle von blauem Wasserstoff sollte deshalb vertiefend analysiert werden. Dies sollte eher kurzfristig erfolgen, da er eventuell nur als Übergangslösung in Betracht kommen könnte. ||

Autoren:



Prof. Martin Wietschel
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe
→ Martin.Wietschel@isi.fraunhofer.de

Prof. Christopher Hebling
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
→ hebling@ise.fhg.de

Thema: Elektromobilität | AutorInnen: Manuel Schaloske, Lena Geiger |

SEKTORENÜBERGREIFENDES DACH FÜR H₂-EINSATZ

H2BW – Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg

34

Wie kann Wasserstoff als Energieträger verstärkt Anwendung finden? Welche Möglichkeiten gibt es für regionale Unternehmen und wo wird Unterstützung angeboten? Um diese und weitere Fragen zu beantworten und so zur Etablierung einer lokalen Wasserstoffwirtschaft beizutragen, hat das Land Baden-Württemberg die Plattform H2BW ins Leben gerufen. Seit Frühjahr 2021 werden unter dem Dach dieser Plattform regionale Kompetenzen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie gebündelt und sollen so künftig weiter gefördert werden.

Die Anwendung von Wasserstoff und Brennstoffzellen wird seit Jahren in Baden-Württemberg erprobt, entwickelt und weiter erforscht. Zahlreiche Akteure im Land sind bereits heute im Bereich der H₂- und BZ-Technologie aktiv und begründen das hohe wirtschaftliche Potenzial, welches die im Jahr 2020 veröffentlichte Studie „Potenziale der Wasserstoff- und Brennstoffzellenindustrie in Baden-Württemberg“ identifiziert hat. Die Rahmenbedingungen zum Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft sind demnach prinzipiell gegeben. Damit diese jedoch genutzt und weiter ausgebaut werden können, verfolgt

Baden-Württemberg eine landeseigene Wasserstoffstrategie, in deren Zentrum die Vernetzung und Bündelung lokaler H₂-Aktivitäten steht.

INITIATIVE DER LANDESPOLITIK Im Dezember 2020 wurde die H₂-Roadmap Baden-Württemberg veröffentlicht.

Anhand von 29 Maßnahmen gibt diese die strategischen Schritte vor, die nötig sind, um das Land zu einem führenden Standort der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie etablieren zu können. Hierzu fand ein umfassender Beteiligungsprozess statt, in den mehr als 300 Stakeholder aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden und Politik eingebunden waren. Um die Einzelmaßnahmen zu koordinieren und deren Umsetzung sicherzustellen, sollte anschließend eine zentrale Institution geschaffen werden, die zugleich ein gemeinsames Dach für die vielseitigen Wasserstoffaktivitäten im Land bildet – sektorenübergreifend und zentral.

Zu diesem Zweck hat die Landesregierung am 1. März 2021 die Plattform H2BW ins Leben gerufen. Rechtlich nicht selbstständig, ist diese bei der e-mobil BW, der Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive, angesiedelt und wird durch diese koordiniert. Im ersten Schritt zur Umsetzung der H2-Roadmap umfasst das Themenspektrum der Plattform H2BW die gesamte Wasserstoffwertschöpfungskette über alle relevanten Sektoren hinweg (s. Abb. 1). Daher ist das Aufgabengebiet auf diesen Anspruch zugeschnitten und umfasst im Wesentlichen fünf Kernbereiche.

ÖFFENTLICHKEITSARBEIT UND WISSENSTRANSFER In analogen wie digitalen Formaten ist die Plattform H2BW inzwischen präsent. Ziel ist es, sowohl für Branchenerfahrene als auch für Newcomer zentrale Anlaufstelle zu sein, über Fragen rund um H₂- und BZ-Technologie aufzuklären und Chancen und Möglichkeiten in der Wasserstoffwirtschaft aufzuzeigen.

NETZWERKARBEIT Mit dem Cluster Brennstoffzelle BW verfügt die Plattform H2BW über ein effektives Netzwerk-Tool, zu dessen Partnern aus der Branche weitere Akteure aus allen Sektoren hinzukommen sollen. Seit die Plattform H2BW ihre Arbeit aufgenommen hat, konnten bereits mehr als 40 neue Partner hinzugewonnen werden. Zudem

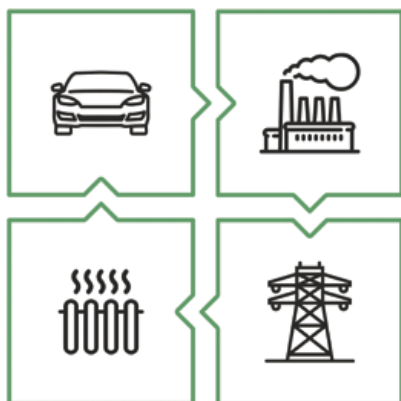


Abb. 1: Sektorkopplung ist leitendes Motiv der Plattform H2BW



Abb. 2: Die Aufgabenfelder der Plattform H2BW
[Quellen: Plattform H2BW]

steht die Plattform im Austausch mit weiteren regionalen und nationalen Netzwerken und Institutionen. Wichtiges Vorhaben ist es, diese Vernetzungsaktivitäten weiter auszubauen und Anlaufstelle für Initiativen außerhalb der Landesgrenzen zu sein.

FÖRDERUNG Für eine erfolgreiche Umsetzung können die Maßnahmen der Roadmap durch Förderprogramme unterstützt werden, welche durch die Plattform H2BW begleitet oder initiiert werden. Mit den jüngsten Förderausschreibungen Zukunftsprogramm Wasserstoff ZPH2 und den EFRE-Modellregionen für grünen Wasserstoff werden Projekte der Erprobung und Anwendung des Energieträgers Wasserstoff unterstützt. In Abstimmung mit dem Umweltministerium und dem Projektträger Karlsruhe wird die Plattform H2BW künftig die Ausgestaltung und Umsetzung weiterer Fördermaßnahmen vorantreiben.

BEGLEITFORSCHUNG Ergebnisse solcher Projekte werden mittels Begleitforschung evaluiert und eingeordnet. So kön-

nen potenzielle Hemmnisse durch die Plattform frühzeitig erkannt und an die zuständigen Fachministerien kommuniziert werden.

POLITIKBERATUNG Darauf aufbauend besteht eine wesentliche Aufgabe der Plattform H2BW darin, die gewonnenen Erkenntnisse an die Entscheidungsträger im Land weiterzugeben und eine Beratung der öffentlichen Hand anzubieten. Dazu zählt auch die Umsetzung europäischer Richtlinien bis hin zur strategischen Weiterentwicklung der H₂-Roadmap (s. Abb. 2).

Die Plattform H2BW zeigt beispielhaft, wie regionale Einzelaktivitäten durch eine zentrale Dachorganisation zur Umsetzung einer übergeordneten Strategie beitragen können. Als wesentliche Anlaufstelle für baden-württembergische Akteure und alle Interessierten, die sich als Unternehmen, wissenschaftliche Einrichtung oder Institution der öffentlichen Hand im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie engagieren möchten, vereint die Plattform baden-württembergische Kompetenzen im Bereich der H₂- und BZ-Technologie. Darüber hinaus fungiert die Plattform H2BW auch für Akteure außerhalb der Landesgrenzen als die Adresse für alle Belange rund um Wasserstoff in Baden-Württemberg. ||

→ www.plattform-h2bw.de

AutorInnen:



Dr. Manuel Schaloske

→ manuel.schaloske@e-mobilbw.de

Lena Geiger

→ lena.geiger@e-mobilbw.de
beide e-mobil BW GmbH,
Stuttgart

35

OFFROAD-RENNEN MIT H₂

Zur Erprobung neuer Technologien müssen häufig spektakuläre Rennwettbewerbe herhalten. Aber nicht nur die Formel 1 oder Formel E wirken als Versuchsfeld und Innovationsstreiber, auch Offroad-Wettfahrten dienen der Erprobung neuartiger Techniken.

So beteiligen sich mittlerweile mit Lewis Hamilton und Nico Rosberg zwei Formel-1-Fahrer an der elektrischen Offroad-Rennserie Extreme E – wenn auch „nur“ als Team-Eigentümer. Das Besondere ist, dass die vollelektrischen SUVs hier mithilfe von Ladelösungen von AFC Energy, die über eine Brennstoffzelle inklusive Pufferbatterie verfügen, mit Strom versorgt werden. Alejandro Agag, Gründer und CEO von Extreme E, erklärte: „Das Aufladen mittels H₂-Brennstoffzellen ist in der Welt des Motorsports wirklich bahnbrechend, und Extreme E ist die erste Veranstaltung ihrer Art, die diese Technologie nutzt. Das Gerät von AFC Energy bietet eine durchgängig emissionsfreie Lösung für den Betrieb unserer Elektrofahrzeuge, und ich hoffe, dass es andere Organisationen dazu inspiriert, nachhaltige und emissionsarme Alternativen für ihre Veranstaltungen zu erforschen.“

Für Schlagzeilen sorgte auch die Präsentation des H2 Racing Truck von Gaussin im November 2021. Der französische Hersteller elektrisch betriebener Fahrzeuge für den Güterverkehr plant, mit diesem Renn-Lkw bei Langstre-

cken-Rallyes (z. B. Dakar-Rallye) anzutreten. Das Fahrzeug soll bereits 2022 in Serie gebaut werden. Der H2 Racing basiert auf einem leichtgewichtigen Fahrzeugunterbau, der neben der elektrischen Antriebseinheit (2 E-Motoren mit jeweils 300 kW) auch die 380-kW-Brennstoffzelle nebst 80 kg Wasserstoff sowie ein 82-kWh-Akkupaket beinhaltet. Der Lastwagen verfügt über Allradantrieb und soll eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h erreichen können. Die außergewöhnliche Formgestaltung stammt von Star-Designer Pininfarina. ||



Abb.: H2 Racing Truck von Gaussin [Quelle: Gaussin]

CIN KOMMT NICHT AUS DEM KNICK

Hilft Plug Power der deutschen Intralogistikbranche auf die Sprünge?



Abb. 1: Die Calvera Industrial Group baut in Spanien spezielle Betankungsstationen, die täglich 120 BZ-Gabelstapler versorgen können [Quelle: Calvera]

Flurförderzeuge gibt es mit Diesel-, Flüssiggas- und Elektroantrieb. Seit einigen Jahren ist es auch möglich, neben Akkumulatoren als Stromspeicher für E-Stapler oder -Hubwagen auf einen Wasserstofftank nebst Brennstoffzelle zurückzugreifen. In Nordamerika wurde dies auch schon zigtausendfach gemacht – in Europa aber verharret die Anzahl der wasserstoffbetriebenen Exemplare im dreistelligen Bereich. Jetzt plant Plug Power die Errichtung einer Europazentrale in Nordrhein-Westfalen – ein Startsignal für die Hochskalierung von Brennstoffzellenstaplern in der Europäischen Union?

Am 5. Oktober 2021 trafen sich die Mitglieder des Firmenkonsortiums Clean Intralogistics Net (CIN) zu einem Hybrid-Symposium, teils live, teils virtuell. Richtig viel Neues gab es jedoch nicht zu berichten, die Vorträge erinnerten stark an die der vorausgegangenen Veranstaltungen – als wenn die letzten Jahre spurlos an diesem Konsortium vorbeigegangen wären.

Die inzwischen 14 Mitgliedsunternehmen des 2016 von der NOW gegründeten Firmenzusammenschlusses präsentierten vornehmlich sich selbst, denn wirklich interessante Neuigkeiten schien es nicht zu geben – keine spektakulären Projekte, keine rapide steigenden Absatzzahlen oder weltbewegenden technischen Durchbrüche, nichts, was auch nur im Entferntesten an eine Aufbruchstimmung, wie sie ansonsten derzeit im H₂-Sektor zu spüren ist, erinnern könnte.

HOFFEN AUF HILFE VON ÜBERSEE Dabei hat es durchaus eine Weiterentwicklung gegeben: So stieg die Anzahl der weltweit in Betrieb befindlichen Flurförderzeuge mit H₂-Antrieb von rund 21.000 Ende 2018 auf rund 40.000 Ende 2021. Allerdings spielte Europa hierbei nur eine marginale Rolle, auch wenn sich die Zahl der BZ-Stapler und -Hubwagen in diesem Zeitraum immerhin verdoppelte – aber eben auf niedrigem Niveau: von 300 auf 600.

Entsprechend nüchtern stellte Kai Hesse, einer der Sprecher des Branchenverbundes, das Netzwerk sowie die Aktivitäten seines Geldgebers Toyota Material Handling Deutschland vor, obwohl Toyota sowohl in Asien als auch in den USA durchaus interessante Projekte durchführt. In ähnlicher Weise präsentierte sein Stellvertreter Dr. Thomas Irrenhauser seinen Brötchengeber, die BMW Group,

sowie die Demonstrationsprojekte im BMW-Werk in Leipzig. Obwohl das Programm des Symposiums abwechslungsreich war und gekonnt von Tobias König, dem Verantwortlichen für Flurförderzeuge bei der Nationalen Organisation für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW), moderiert wurde, blieb der Eindruck, dass allein die US-Amerikaner für mehr Schwung sorgen können.

Tatsächlich etwas zu berichten hatte anscheinend nur Tim Schultz von Plug Power Europe. Während die anderen Teilnehmer vornehmlich über die Vergangenheit sprachen, führte Schultz aus der Perspektive eines börsennotierten nordamerikanischen Unternehmens aus, worum es prinzipiell geht und wo es hingehen könnte, und skizzierte, wie ein inzwischen weltweit 1.800 Mitarbeiter beschäftigender Brennstoffzellenhersteller denkt und handelt.

PLUG POWER KOMMT NACH DUISBURG

Das US-amerikanische Unternehmen hat sich über die Jahre hinweg vom reinen Hersteller von BZ-Staplern zu einem All-in-one-Anbieter entwickelt. Der im Bundesstaat New York ansässige Konzern bietet nicht nur Flurförderzeuge vom 24-V-Niederhubwagen bis zum 80-V-5-Tonner an, sondern offeriert auch die Betankungsinfrastruktur und – seit der Übernahme des Elektrolyseurherstellers Giner ELX – sogar die dafür benötigten Wasserstoffherzeugungsanlagen.

Anwenderseitig ging Plug Power im Juni 2021 ein Joint Venture mit Renault ein. Mit Hyvia gelang somit der Zugang zum gesamten Fahrzeugsegment. Und selbst stationäre BZ-Systeme sollen zukünftig zum Portfolio gehören. Im Oktober 2021 startete ein weiteres Joint Venture, und zwar mit SK E&S, Teil der südkoreanischen SK Group. Hierbei geht es um die Nutzung von Wasserstoff auf den asiatischen Märkten, wo man gemeinsam Brennstoffzellensysteme, H₂-Tankstellen, Elektrolyseure und grünen Wasserstoff anbietet.

Um nach und nach auch den europäischen Markt zu erschließen, will Plug 2022 einen europäischen Stützpunkt in Duisburg eröffnen. Schultz kündigte bereits an, rund 60 Mitarbei-

ter für das 6.500 m² große Innovationszentrum mit Entwicklungslabors und Versand- und Logistikzentrum einstellen zu wollen. Die Plug Power Germany GmbH sei bereits gegründet worden.

Auf HZwei-Nachfrage, ob sein Mutterunternehmen denn in Deutschland ein großes Potential sehe, bestätigte er: „Ja, wir sehen ein starkes Wachstum.“ Mit Blick auf die nationalen Wasserstoffstrategien der benachbarten Länder erklärte er zudem: „Wir sehen, dass das Thema jetzt auf der politischen Agenda ist.“ Noch deutlicher wurde Andy Marsh, CEO von Plug Power, Ende November: „Plug Power beabsichtigt, eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von grünem Wasserstoff in Europa zu spielen und einen signifikanten Beitrag zur europäischen Wasserstoffstrategie zu leisten. Die Einrichtung einer Zentrale im Duisburger Hafen unterstützt unser ehrgeiziges Ziel, den Aufbau eines globalen Ökosystems für grünen Wasserstoff anzuführen.“

Am 14. Oktober 2021 hatte Plug Power in einem mehrstündigen Online-Symposium gezeigt, wie breitgefächert sein Portfolio ist. Nach eigenen Angaben hat das Unternehmen inzwischen mehr als 400.000 Brennstoffzellensysteme installiert sowie 110 Tankstellen entwickelt und gebaut, die mehr als 40 Tonnen Wasserstoff pro Tag (tpd = tons per day) abgeben können. In den nächsten Monaten sollen zwei Standorte in Nordamerika aufgebaut werden, die jeweils 15 tpd produzieren können. Dabei wird die erste Fabrik voraussichtlich 100 Mio. US-\$, die zweite dann „nur“ noch 75 Mio. US-\$ kosten. Anschließend ist der Aufbau einer 40-tpd-Anlage beplant. Bis Ende 2022 sollen insgesamt vier Fabriken in Betrieb sein. Bis 2025 will Plug 500 tpd in Nordamerika produzieren.

BZ-Flurförderzeuge (FFZ) verbrauchen 1 kg_{H₂} pro Tag, leichte Nutzfahrzeuge benötigen rund 6 und große Trucks etwa 50 kg_{H₂} täglich. Allein der Plug-Kunde Amazon hatte bis Ende 2021 rund 52.000 BZ-Systeme und mehr als 165 H₂-Betankungsstationen installiert, zahlreiche davon produziert in der 2,5-GW-Gigafactory für Brennstoffzellen und Elektrolyseure in Rochester, die mit Strom aus Wasserkraft von den Niagarafällen betrieben wird.

Kurz vor besagtem Symposium hatte Andy Marsh mit Dr. Andrew Forrest, Chef von Fortescue Future Industries Pty Ltd (FFI), eine Absichtserklärung für ein 50:50-Joint-Venture zum Bau einer 2-GW-Gigafactory in Queens-

land, Australien, unterzeichnet. In diesem Zusammenhang soll Marsh Forrest vorgeschlagen haben (sinngemäß), man solle zusammen Brennstoffzellen und Elektrolyseure in Australien bauen, um gemeinsam die Welt zu dominieren („dominate the world together“).

Darüber hinaus erwarb Plug Power mit Applied Cryo Technologies einen US-amerikanischen Dienstleister für verflüssigten Wasserstoff. ACT bietet Technologien, Ausrüstung und Dienstleistungen für den Transport, die Lagerung und den Vertrieb von verflüssigtem Wasserstoff, Sauerstoff, Argon, Stickstoff und anderen kryogenen Gasen an.

In Deutschland greift bislang unter anderem die Mercedes-Benz AG bei ihrem Düsseldorfer Demonstrationsvorhaben auf Gendrive-Systeme von Plug Power, die in Stapler von Linde eingebaut sind, zurück. Während der Praxisphase dieses Projekts, die von Juni 2020 bis Juli 2022 dauert, wurden insgesamt zehn BZ-Stapler in unterschiedlichen Gewichtsklassen mit 24-, 48- und 80-Volt-Systemen angeschafft und werden nun erprobt. Die 48-V-Brennstoffzellensysteme >>

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

VORTEILE VON BRENNSTOFFZELLEN IM LOGISTIKBEREICH

- H₂-Systeme können länger eingesetzt werden als Batteriesysteme.
- Ein BZ-Gabelstapler ist in fünf Minuten aufgetankt und danach sofort einsatzbereit. Die Ladedauer einer Batterie beträgt etwa acht Stunden.
- Lagerfläche, die für die Aufladung und Wartung von Akku-Systemen reserviert werden muss, kann eingespart werden.

zeigten nach den Ausführungen von Matthias Kromm und Wolfgang Radtke, beide von Daimler, allerdings Probleme mit zu hohen Wärme- und Geräuschemissionen. So werde der Oberschenkel des Staplerführers unakzeptabel warm. Es seien bereits Maßnahmen ergriffen worden, um die Lärmentwicklung von bis zu 90 Dezibel zu reduzieren, nachdem die Geräuschemissionen deutlich über dem vom Hersteller angegebenen Wert von 74 Dezibel gelegen hätten.

FFZ70 WURDE ABGESCHLOSSEN In Deutschland gilt immer noch das sächsische BMW-Werk als Maß aller Dinge: Zunächst lief dort das Demonstrationsprojekt H2IntraDrive mit elf Staplern und Schleppern (Laufzeit 2013 bis 2015; s. HZwei-Hefte Jan. 2014). Das Nachfolgeprogramm FFZ70 (04/2017 bis 03/2021; s. HZwei-Hefte Jan. 2016) mit 70 H₂-betriebenen Flurförderzeugen wurde im Herbst 2021 abgeschlossen. Inzwischen fahren in den verschiedenen Produktionshallen des BMW-Werks 118 BZ-Fahrzeuge, die auf vier H₂-Tankstellen zurückgreifen können und durchschnittlich 50 kg grünen Wasserstoff pro Tag verbrauchen. Insgesamt entsprechen die dortigen BZ-Flurförderzeuge rund 20 Prozent der europäischen H₂-Flotte.

Dass diese Zahlen nur einen Bruchteil dessen darstellen, was der nordamerikanische Markt zu bieten hat, wurde auf dem CIN-Symposium nur auf ausdrückliche Nachfrage durch Zuschauer thematisiert. Auf einer der Folien von CIN-Sprecher Kai Hesse war aber deutlich erkennbar, dass der „Leitmarkt USA“ aufgrund von Steuervergünstigungen (Investment Tax Credits) über 35.000 BZ-Flurförderzeuge groß ist. Tim Schultz bestätigte, dass die ITC in den USA sehr geholfen und wesentlich dazu beigetragen hätten, dass es wirtschaftlich geworden sei, die Flotten zu erneuern. Und er erklärte: „Vielleicht können wir da ein bisschen was ler-

nen aus den USA.“ Leicht resigniert räumte er ein: „Vielleicht ist der Amerikaner etwas flexibler. Es bedarf hier etwas an Mut.“ Und mit der spürbaren Intention, motiviert und motivierend zu klingen, fügte er noch hinzu: „Das Risiko ist überschaubar.“

Deutschland fördert den Flurförderzeugsektor zwar ebenfalls, scheint aber keinerlei Strategie für die Initiierung eines Marktes zu haben. Während die japanische Strategie ganz klar vorgibt, bis 2025 10.000 BZ-FFZ in die Lager- und Produktionshallen zu bringen, hofft man in der Bundesrepublik auf eine Marktaktivierung durch das Nationale Innovationsprogramm für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Das NIP II läuft bereits seit 2017. Zusammen mit den Aufwendungen für das NIP I wurden schon knapp 20 Mio. Euro für Intralogistikanwendungen ausgeschüttet – inklusive zwei Aufrufen zur Marktaktivierung. Nur haben diese Gelder und Maßnahmen bislang wenig erkennbare Erfolge gezeitigt. Die bisherige Bilanz liegt bei gerade mal 197 geplanten Exemplaren.

Dabei sind die potentiellen Anwendungsgebiete vielfältig, sei es in der Automobil- oder Lebensmittelindustrie, in Warenhäusern oder Industrieparks, in Häfen oder an Flughäfen, im Versandhandel oder im Logistiksektor. Es mangelt auch nicht an großen Namen potentieller Akteure. Dennoch ist nicht erkennbar, dass hierzulande über Demonstrationsprojekte hinaus merkliches Interesse an einem Austausch der bestehenden Flurförderzeugflotte bestünde.

STANDARDISIERUNG KOMMT NICHT VORAN Auf die Frage seitens HZwei, was denn für eine beschleunigte Hochskalierung erforderlich sei, nannten die CIN-Mitglieder einhellig als wesentliches Element die Standardisierung. Dieser Punkt steht im Flurförderzeuggbereich allerdings schon seit mehreren Jahren auf der Agenda, jedoch sind die Fortschritte nur mäßig. Die NOW arbeitet seit 2019 an einem Industriestandard, um Flurförderzeuge H₂-ready zu machen. Es gibt auch innerhalb des CIN eine Arbeitsgruppe zu dem Thema, die von Kai Hesse geführt wird. Dennoch existieren bislang beispielsweise noch keine verifizierten Betankungsprotokolle, wie sie im Pkw-Bereich vorhanden sind.

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hatte 2019 und 2020 jeweils 4 Mio. Euro bereitgestellt, auch um Standards zu definieren. Aber anscheinend sind immer noch etliche Fragen offen. Abgesehen davon, dass zudem die Kosten nach wie vor zu hoch sind. Weshalb Tim Schultz vorschlug, Förderanreize zu setzen, um den Infrastrukturaufbau zu erleichtern und den H₂-Preis zu reduzieren. Bislang ist grüner Wasserstoff mit 10 Euro pro Kilogramm vergleichsweise teuer. Angepeilt wird ein Preisniveau von 4 bis 5 Euro. Um Wasserstoff zukünftig gegenüber fossilen Energieträgern besserzustellen, votierten während des Symposiums einige Vertreter offen für eine Anhebung der CO₂-Besteuerung.

Eine merkliche Kostenreduktion erhoffen sich die CIN-Mitglieder von Symbiosen, die durch die Mehrfachnutzung der Infrastruktur entstehen könnten. Indem H₂-Speicher und Dispenser nicht nur von Flurförderzeugen, sondern auch von Lkw und Bussen genutzt würden, kämen die anfänglich hohen Investitionskosten schneller in den Bereich der Wirtschaftlichkeit. Diese Fahrzeuge nutzen zwar alle 350-bar-Tanks, allerdings liegt die Abgabemenge bei Flurförderzeugen mit 0,6 bis 1,8 kg_{H₂} pro Betankung relativ niedrig. Nutz- oder Schienenfahrzeuge benötigen demgegenüber 5 bis 100 kg_{H₂} pro Betankung.

INTERNATIONAL NEWSLETTER

ON HYDROGEN AND FUEL CELLS



H₂international
E-JOURNAL ON HYDROGEN AND FUEL CELLS
www.h2-international.com

EUROPÄISCHER PLAYER

HZwei fragte Ralf Glaser, Chief Communication Officer bei 1886Ventures, was aus seiner Sicht die Hemmnisse sind, die hiesige Unternehmen vom Wechsel auf BZ-Stapler abhalten, und was geändert werden müsste, damit es in Europa zu einer Hochskalierung bei BZ-FFZ kommen könne. Seine Antwort:

„Die mittleren und großen Industrien in Deutschland und Europa haben sich ambitionierte Ziele zur CO₂-Neutralität gesteckt. Die Brennstoffzellentechnologie wird dabei eine wichtige Rolle spielen – unter anderem in der Intralogistik. Das können wir aktuell schon sehr gut in den USA oder auch Japan beobachten. Ein Industrieland wie Deutschland wird hier zeitnah nachziehen. Das bestätigen auch unsere Gespräche mit interessierten Vertretern der verschiedensten Industriezweige in Deutschland.“



Abb. 2: Das Globe-XLP80-Aggregat [Quelle: Globe]

Dennoch ist die BZ-Technologie derzeit in der Initialbeschaffung für die Betreiber, im Vergleich zu konventionellen Technologien, wirtschaftlich im Nachteil. Das liegt, aus unserer Erfahrung, an den höheren Anschaffungskosten sowie der oftmals bereits abbeschriebenen Infrastruktur der konventionellen Antriebe. Wie dieses Gap überwunden werden kann, zeigt uns auch der US-amerikanische Markt. Die Förderanreize für einen Umstieg sind hier deutlich ausgeprägter als in Deutschland. Außerdem ist der administrative Aufwand, um in Deutschland eine Förderung zu beziehen, aus unserer Sicht noch zu hoch.

Und doch gibt es positive Entwicklungen, welche uns zuversichtlich stimmen, dass die BZ-Technologie eine echte Alternative für die Intralogistik wird. Zusätzlich zur staatlichen Förderung wird die CO₂-Besteuerung dafür sorgen, dass grüne Technologien attraktiver werden. Zum anderen erwarten wir einen zusätzlichen Schub, sobald die Kosten für grünen Wasserstoff unter die Grenze von 5 Euro pro kg fallen werden.“

1886Ventures fungierte jahrelang unter dem Namen Lab1886 als Innovationsschmiede der Daimler AG. Seit Dezember 2020 halten die Schwaben als strategischer Partner nur noch eine Minderheitsbeteiligung von zehn Prozent. Die Mehrheit von 80 Prozent übernahm die RB-Capital GmbH. Weitere zehn Prozent hält die Software-Firma GFT Technologies SE. Das von Steven Oji mitgegründete Start-up Globe Fuel Cell Systems fokussiert sich auf den Bereich Intralogistik-Fahrzeuge. Dafür konzipierte das Unternehmen das GLOBE-Aggregat XLP 80 mit einer Leistung von bis zu 50 kW. Die derzeit noch recht unbekannt und vergleichsweise kleine Ideenschmiede positioniert sich damit schon mal als Alternative zu Plug Power in Europa. Gegenüber HZwei erklärte Oji: „Wir sehen eine Chance für einen europäischen Player.“

39

Hinzu kommt, dass Stapler nicht ohne weiteres an H₂-Tankstellen für Busse befüllt werden können, weil allein schon der Prüfstoß, der das System zu Beginn des Betankungsvorgangs auf Dichtigkeit überprüft, den FFZ-Behälter voll machen würde. Die mögliche Schnittmenge von Pkw und FFZ dürfte ebenfalls recht klein sein, da H₂-Personenautos 700 bar als Speicherdruck verwenden. Vor diesem Hintergrund kann es fast schon als Erfolg betrachtet werden, dass sich die maßgeblichen Player inzwischen auf 350 bar im Flurförderzeugsektor verständigt haben. Schultz bestätigte jedenfalls, dass sich dieses Druckniveau angesichts der Schichtdauer in den Betrieben bewährt habe und ausreichend sei.

DRITTER FÖRDERAUFRUF ZUR MARKTAKTIVIERUNG

Die NOW hofft indes auf einen weiteren, den dritten, Förderaufruf zur Marktaktivierung von Flurförderzeugflotten mit Brennstoffzellenantrieb. Nach aktuellem Stand könnte dieser 2022 erfolgen. Die Förderung von Fahrzeugen sowie dazugehöriger Infrastruktur besteht darin, dass 40 Prozent der Mehrkosten gegenüber konventioneller Technologie beigesteuert werden, allerdings nur als Investitionskostenförderung, nicht für Betriebskosten.

Diesen Marktaktivierungsprogrammen dürfte immerhin z. B. geschuldet sein, dass der Staplerhersteller Jungheinrich, ergänzend zu den rund 100 bestehenden Exemplaren,

200 zusätzliche BZ-Stapler mit Plug Power und Air Liquide in Betrieb nehmen will.

Währenddessen gab der südkoreanische Fahrzeugbauer Hyundai bekannt, dass er sich auch im Flurfördersektor engagiert. Im Herbst 2020 vermeldete Hyundai Mobis, zusammen mit der Hyundai Motor Company und Hyundai Construction Equipment mittelgroße bis große BZ-Gabelstapler entwickeln und bis 2023 kommerzialisieren zu wollen. Hyundai Mobis, die als Tochtergesellschaft der Hyundai Motor Company für die Massenproduktion von Brennstoffzellensystemen verantwortlich ist, erklärte dazu: „Da das für Automobile verwendete H₂-Brennstoffzellensystem nicht auf einen H₂-BZ-Gabelstapler übertragen werden konnte, entwickelte Hyundai Mobis ein maßgeschneidertes System dafür.“ ||

VIEL ZUSPRUCH BEI DER PREMIERE

IAA Mobility fand erstmals in München statt



Abb. 1: Die Veranstalter brachten die Messe dorthin, wo Mobilität vor allem stattfindet: in die Innenstadt [Quelle: IAA Mobility]

40

Bei den Ausstellern kam insbesondere das zweigeteilte Messekonzept gut an: Neben den Hallen auf dem Messegelände wurde auch die Münchener Innenstadt als Ausstellungsfläche genutzt. Im Bereich des Brennstoffzellenantriebs zeigten insbesondere die Zulieferer Neuigkeiten. Sie haben hier ein großes Marktpotenzial ausgemacht und gehen davon aus, dass die Technologie über den Nutzfahrzeugsektor auch in den Pkw-Bereich vordringen wird.

Die Mischung macht's – könnte man sagen, wenn man den Restart einer der weltweit bedeutendsten Automobilmessen, der IAA Mobility, charakterisieren will. Seit 1951 war Frankfurt am Main alle zwei Jahre als Standort der Internationalen Automobil-Ausstellung gesetzt. Doch die weitreichenden Transformationsprozesse in der Automobilindustrie haben den Veranstaltungsort genauso hinweggefegt wie Teile des bisherigen Geschäftsmodells der Branche. Das wurde einem als Besucher gleich beim Betreten der Messehallen klar. Anstatt von glitzernden Boliden wurde man etwa in der Halle B1 von einer Start-up-Area inklusive Lounge begrüßt.

Neben Elektroautos waren auf den Ständen der insgesamt 774 Aussteller auch E-Fahrräder, E-Scooter, Mobilitätsdienstleistungen und Stadtplanungstools zu finden. „Hier in München haben wir zusammen präsentiert und diskutiert, was in Zukunft zusammen gedacht werden muss“, sagte Hildegard Müller, Präsidentin des Verbandes der Automobilindustrie (VDA), der die IAA Mobility in diesem Jahr erstmals gemeinsam mit der Messe München veranstaltete. Die Mischung war dabei vielseitig angelegt: Autohersteller waren mit insgesamt 98 Ausstellungsflächen vertreten, dazu kamen 75 Fahrradmarken, 152 Zuliefer- und Tech-Unternehmen sowie 78 Start-ups.

Die Veranstalter brachten zudem die Messe dorthin, wo Mobilität vor allem stattfindet: in die Innenstadt. Eine Blue Lane, auf der ausschließlich emissionsfreie Fahrzeuge getestet werden konnten, verband das Messegelände mit einer belegten Präsentationsfläche von 195.000 m² mit dem Ausstellungsbereich in der Münchener City (65.000 m²). An dem

einen oder anderen zu wichtigen Stand und an den Open Spaces in der Innenstadt kam hier und da Kritik von BürgerInnen und KommunalpolitikerInnen. Deswegen sollten im Rahmen der geplanten Veranstaltungen 2023 und 2025 die Flächen stärker reguliert werden, vermeldeten die damit befassten Ausschüsse des Münchner Stadtrats.

Bei den vorgestellten Fahrzeugen dominierte eindeutig der Elektroantrieb (Verbrenner waren mit wenigen Ausnahmen auf eine Sonderfläche begrenzt), und hier vor allem rein batterieelektrische Fahrzeuge (BEV). Bei der Suche nach Neuentwicklungen im Bereich des BZ-Antriebs wurde man vor allem auf den Ständen von Zulieferern fündig.

„MESSE MIT INTERNATIONALER STRAHLKRAFT“ Bei den Ausstellern kam das Messekonzept gut an. „Als Leitmarkt für Fahrzeuge und Mobilitätslösungen braucht Deutschland eine Messe wie die IAA mit internationaler Strahlkraft – auch wenn pandemiebedingt insbesondere die Zahl internationaler Besucher in diesem Jahr gering ausgefallen ist“, sagte Dr. Achim Moritz von der Robert Bosch GmbH. Man stehe voll und ganz hinter diesem Konzept und begrüße ausdrücklich die stärkere Öffnung in Richtung Bürger und Endverbraucher mit Test-, Mitmach- und Dialogangeboten, betonte der Produktmanager Fuel Cell Mobility Solutions bei dem Automobilzulieferer. Für ihn persönlich sei es beeindruckend gewesen, welchen Stellenwert auf der ganzen Messe Elektrifizierung und Nachhaltigkeit im Verkehr bekommen hätten.

WASSERSTOFF ALS ZUKUNFTSTHEMA BEI SCHAEFFLER

Auch bei der Schaeffler-Gruppe bewertete man die Messe als „vollen Erfolg“. Das große Interesse der Besucher habe gezeigt, dass Schaeffler auf dem richtigen Weg sei, um ein Pionier für nachhaltige Mobilität zu werden. Mit den Sparten Industrie und Automotive Technologies sei man optimal aufgestellt, um das Thema Wasserstoff ganzheitlich anzugehen. Die Lösungen von Schaeffler könnten dabei sowohl in der Nutzung von Wasserstoff durch Brennstoffzellen als auch in der H₂-Produktion mittels Elektrolyse eingesetzt werden. Als Automobil- und Industrielieferer profitiere man von der spartenübergreifenden Zusammenarbeit und der Nutzung von Synergien bei der Entwicklung und Produktion von Technologien für die H₂-Industrie. Denn bei Design und Produktion kämen über alle H₂-Anwendungen ähnliche Verfahren und Materialien zum Einsatz, für die verwandte elektrochemische Prinzipien gälten.

Das börsennotierte Unternehmen betrachtet Wasserstoff als einzigartige Wachstumschance. Aus diesem Grund entsteht derzeit am Standort Herzogenaurach, dem Hauptsitz der Schaeffler-Gruppe, ein Kompetenzzentrum für H₂-Technologie. Bei den Einsatzgebieten stehen sowohl Nutzfahrzeuge als auch Pkw-Anwendungen und zunehmend Lösungen im Bereich Bahn und Flurförderzeuge im Fokus.

Darüber hinaus engagieren sich die Franken in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit rund 500 Mio. Euro geförderten Leitprojekt H2Giga. Schaeffler ist Konsortialführer des Teilvorhabens „Stack Scale up – Industrialisierung PEM-Elektrolyse“. Dort treiben neun Partner aus Industrie und Forschung die Ent-

wicklung neuer Stack-Technologien und großserientauglicher Produktionsverfahren für Kernkomponenten der Niedertemperatur-Elektrolyse voran. Zudem ist Schaeffler Lenkungsmitglied (Steering Member) im Hydrogen Council mit Sitz in Belgien.

Schaeffler erwartet, dass im Jahr 2030 weltweit knapp ein Prozent aller Fahrzeuge mit Wasserstoff betrieben werden. Das wären etwa eine Million Fahrzeuge, die Bipolarplatten oder Aggregate benötigen. „Generell erweitern wir unseren bisherigen Fokus über Komponenten hinaus und entwickeln Produkte aus unserem Systemverständnis heraus“, heißt es aus Herzogenaurach hinsichtlich der Strategie.

Auf der IAA zeigte das Familienunternehmen, das weltweit rund 83.900 MitarbeiterInnen beschäftigt und 2020 rund 12,6 Mrd. Euro Umsatz erwirtschaftete, mit dem Rolling Chassis eine skalierbare und flexible Plattform für neue, fahrerlose Mobilitätslösungen. Seine Steer-by-Wire-Technologie bezeichnet Schaeffler als eine Schlüsseltechnologie für das autonome Fahren.



Abb. 2: Schaeffler zeigte einen BZ-Stack mit seinen metallischen Bipolarplatten [Quelle: Schaeffler]

KOMPONENTEN FÜR FILTRATION

Beim Zulieferer Mahle freute man sich vor allem über das große Interesse der BesucherInnen im Open Space der IAA Mobility. Dort sei erlebbar geworden, wie sehr das Thema Mobilität heute schon die breite Öffentlichkeit bewege. Auf der Messe standen

im Bereich Brennstoffzellen vor allem Komponenten für Filtration und Befeuchtung im Vordergrund. „Mit unseren Lösungen rund um den Ab- und Zuluftstrang machen wir Brennstoffzellen bezahlbar und robust. Besonders profitieren wir hier von unserem breiten Know-how in den Bereichen Filtration und Thermomanagement“, teilte das Unternehmen mit. Beide Bereiche seien essenziell für den betriebssicheren und wirtschaftlichen Einsatz von Brennstoffzellen. Die Exponate seien häufig der Einstiegspunkt in viele konstruktive Gespräche gewesen, die geholfen hätten, die Bedürfnisse der Kunden noch besser zu verstehen.

Bei dem Technologiekonzern arbeiten allein an den Stuttgarter Standorten, wo auch ein 1.400 m² großes H₂-Prüfzentrum steht, bereits rund 100 Beschäftigte an Projekten rund um das Thema Wasserstoff. Nach Meinung des Zulieferers rückt vor allem im Bereich Nutzfahrzeuge das Thema Brennstoffzelle zunehmend ins Bewusstsein der Kunden. Doch die Schwaben erproben Wasserstoff nicht nur in Brennstoffzellen, sondern auch in Verbrennungsmotoren. Laut Mahle ist dies eine Brückentechnologie, die „im Transportsektor einen schnellen und wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten kann“.

Im Bereich Brennstoffzellen arbeitet man daran, die „komplette Balance-of-Plant-Seite“ anzubieten. Subsysteme sollen dabei zunehmend modular aufgebaut werden und damit in eine Einheit zusammenrücken. „Die Währung für die kommenden Jahre ist neben dem Preis vor allem die Langlebigkeit und Zuverlässigkeit der Produkte“, heißt es seitens Mahle. Als größte interne Herausforderung in wirtschaftlich

schwierigen Zeiten sieht man die Transformation des Business Case hin zu kleineren Serien und flexibleren Kostenmodellen – beispielsweise bei der Umlage von Entwicklung und Investitionen auf sehr viele Kunden ohne kalkulatorische Sicherheiten.

Vor kurzem hat der Zulieferer eine innovative Innenbeschichtung für Brennstoffzellenkühler vorgestellt. Dabei handelt es sich um eine hauchdünne, keramische Haut auf der inneren Aluminiumoberfläche des Aggregats, die dafür sorgt, dass das Kühlmittel weitestgehend frei von schädlichen Ioneneinträgen bleibt und somit langfristig seine nichtleitenden Eigenschaften behält.

INDUSTRIALISIERUNG DER BRENNSTOFFZELLENPRODUKTION

Bosch präsentierte vor Ort sein gesamtes Brennstoffzellenportfolio – vom Stack über einen elektrischen Luftverdichter sowie ein Wasserstoffdosierventil bis hin zum dazugehörigen Steuergerät. Die Resonanz zeigt laut Produktmanager Dr. Achim Moritz einmal mehr, dass die Brennstoffzelle auch im Pkw-Segment ein Thema sei – nicht nur im Nutzfahrzeug. „Sie besitzt ein hohes Marktpotenzial und ist reif für die Industrialisierung. Bereits kommendes Jahr starten wir mit der Serienproduktion“, kündigte er an. Nach seiner Einschätzung wird der Bedarf an wasserstoffbasierten Antrieben in den kommenden Jahren insbesondere bei Nutzfahrzeugen stark steigen. Bosch geht davon aus, dass 2030 weltweit rund jedes achte neu zugelassene Nutzfahrzeug über sechs Tonnen eine Brennstoffzelle an Bord haben wird. Über leichte Nutzfahrzeuge werde die Brennstoffzelle ihren Weg verstärkt auch in den Pkw finden.

„Wir arbeiten mit Hochdruck an der Industrialisierung unseres Brennstoffzellen-Portfolios. Dabei können wir mit dem Fuel-Cell-Power-Module unseren Kunden sowohl eine Systemlösung als auch einzelne Komponenten anbieten“, betonte Moritz. Darüber hinaus stelle man sich im Bereich Wasserstoff noch breiter auf und biete jetzt in Zusammenarbeit mit OMB Saleri auch Komponenten für H₂-Tanksysteme an. Dazu zählen beispielsweise Ventile und Druckregler. „Auch hier wollen wir die Produkte zusammen mit unserem Partner reif für die Großserie machen“, erläuterte der Produktmanager. Das Marktvolumen für grünen Wasserstoff in der EU taxiert Bosch bis 2030 auf nahezu 40 Mrd. Euro – mit jährlichen Wachstumsraten um 65 Prozent. Bis 2024 will Bosch insgesamt eine Milliarde Euro in die BZ-Technologie investieren.

POTENZIALE BEI LEICHTEN NUTZFAHRZEUGEN

Als Komplettanbieter im Bereich Brennstoffzelle sieht sich auch der Automobilzulieferer Faurecia. Mit dem gemeinsam mit Michelin in dem Joint Venture Symbio entwickelten Portfolio decke man 75 Prozent des H₂-Antriebsstrangs ab – vom Speicher bis zum Stack –, berichtete das Unternehmen auf der IAA Mobility. Die BZ-Technologie eigne sich besonders für die intensive Nutzung in leichten Nutzfahrzeugen, die eine größere Reichweite und eine schnellere Betankung benötigten. Damit ließen sich Stillstandszeiten minimieren. Hersteller und Betreiber von Fahrzeugflotten würden zunehmend die Vorteile und unterschiedlichen Konfigurationen von BZ-Elektrofahrzeugen entdecken, vom Range-Extender bis zum vollständigen Brennstoffzellenantrieb.

In München präsentierte Faurecia unter anderem sein Dual-Power-System, wobei das Brennstoffzellensystem in den gleichen Bauraum passt wie eine vollelektrische Batteriekonfiguration. Das mache die Umstellung einfacher und kosteneffizienter für die Hersteller, da sich dieselbe Fertigungsplattform für die Montage der Fahrzeuge nutzen lasse. ||

WASSERSTOFFMOBILITÄT IM FOKUS

Regionen-Serie: HyExperts – Region Emscher-Lippe

Die Emscher-Lippe-Region liegt im Herzen Nordrhein-Westfalens und besteht aus dem Kreis Recklinghausen und den kreisfreien Städten Bottrop und Gelsenkirchen. Die beiden Flüsse Emscher und Lippe sind dabei namensgebend. Hier leben fast 1 Mio. Menschen auf einer Fläche von rund 966 km². Die Region gehört zu den am dichtesten besiedelten Gebieten in Deutschland. Geprägt wird sie durch eine Struktur aus Großstädten, Mittelzentren und ländlichen Gebieten. Die dort ansässigen Unternehmen sind vor allem kleine und mittlere Betriebe, aber auch Global Player – eine charakteristische Mischung für NRW.



Abb. 1: v.l.n.r.: Bodo Klimpel (Landrat Kreis Recklinghausen), Karin Welge (Oberbürgermeisterin Gelsenkirchen), Dr. Hanno Butsch (BBHC), Sabine Wißmann (Wirtschaftsförderung Bottrop), Peter Haumann (Kreisverwaltung Recklinghausen) [Quelle Mucha/RDN]

Der Strukturwandel in dieser ehemaligen Montanregion hat den Ausbau von Zukunftsenergien ausgelöst. Von Vorteil waren dabei die jahrzehntelangen Erfahrungen der Unternehmen aus der Chemiebranche im industriellen Umgang mit Wasserstoff, auf die aufgebaut werden konnte. So haben sich einige Betriebe zu Pionieren der H₂-Produktion und -Verarbeitung entwickelt. Das Anwenderzentrum h2herthen beispielsweise richtet schon seit 2013 als kommunales Technologiezentrum einen Fokus auf dieses Thema. Und Cummins Inc. (Hydrogenics GmbH) produziert in Herten Brennstoffzellensysteme, die in schienengebundenen Transportsystemen, Bussen, Lkw sowie in stationären Anwendungen eingesetzt werden können.

Die Region hat auch für Wasserstoffmobilität Vorbildcharakter. So wurde die seit 2018 bestehende öffentliche H₂-Station an der Zeche Ewald in Herten für eine Betankung von größeren BZ-Nutzfahrzeugen mit 350 bar erweitert. Die Abfallentsorgungs-Gesellschaft Ruhrgebiet mbH (AGR) setzt aktuell ein ambitioniertes Projekt zur Errichtung eines Elektrolyseurs und einer H₂-Tankstelle um. Das Vorhaben mit hoher Strahlkraft ermöglicht die Umstellung der Fahrzeugflotten auf regionalen Wasserstoff. Weitere Entsorgungsbetriebe planen den Betrieb von H₂-Fahrzeugen. Für den Einsatz im ÖPNV wird die Vestische Straßenbahnen GmbH 2023 fünf Brennstoffzellenbusse beschaffen.

Mit der Initiative GETH2 wird zudem ein Nukleus für eine H₂-Infrastruktur vom Norden bis in die Mitte Deutschlands realisiert, der in einem ersten Schritt grünen Wasserstoff nach Marl und Gelsenkirchen und damit in die Emscher-Lippe-Region bringt. Es gibt darüber hinaus weitere Leuchttürme in der gesamten Wertschöpfungskette: von Erzeugung, Speicherung, Transport und Nutzung bis hin zu Demonstratoren.

Damit aber ist der Strukturwandel nach der Schließung von Zechen und Kohlekraftwerken längst noch nicht abgeschlossen. Weitere Maßnahmen, die daraus resultierenden wirtschaftsstrukturellen und energetischen Konsequenzen betreffend, sind erforderlich. Gleichzeitig müssen die gestiegenen Anforderungen durch den notwendigen Klimaschutz beachtet werden.

ZIEL Mit der Umsetzungsstudie „HyExperts Region Emscher-Lippe“ sollten die vorhandenen Kompetenzen und das daraus entstandene einmalige Gefüge von lokalen Akteuren für die Bereitstellung und Nutzung von Wasserstoff in der Mobilität konzentriert und alles in ein Gesamtkonzept für Wasserstoffmobilität überführt werden. Dabei standen zwei wesentliche Ziele im Fokus:

1. Klimaschutz: Reduktion der CO₂-Emissionen durch den Einsatz von H₂-Technologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette
2. Regionale Wertschöpfung: Für die vom Strukturwandel stark betroffene Region Emscher-Lippe muss eine regionale Wertschöpfung entwickelt werden, die alle Bereiche der neuen Technologie umfasst.

Durch den Kontrast zwischen urbanem und ländlichem Raum mit unterschiedlicher Bevölkerungsdichte und Anforderungen für die Infrastruktur bietet die Emscher-Lippe-Region optimale Voraussetzungen, die technische Umsetzbarkeit von Wasserstoffmobilitätskonzepten zu demonstrieren und die Region als Nukleus für praktikable Wasserstoffmobilität zu etablieren.

Das HyExperts-Umsetzungskonzept mit dem Fokus auf Wasserstoffmobilität ist damit ein weiterer Baustein der Wasserstoffstrategie und der im Sommer 2021 veröffentlichten Wasserstoff-Roadmap für die Region.

UMSETZUNG Während des zwölfmonatigen Projektzeitraumes (Sept. 2020 bis Sept. 2021) wurden die Potentiale für Wasserstoffbedarf im Verkehrssektor und für die H₂-Erzeugung ermittelt, um Bedarf und Nachfrage gegenüberzustellen und Ableitungen für die Verteilung von Wasserstoff in der Region zu formulieren. Bestehende Akteure, Vorhaben und Projektansätze wurden identifiziert, ausgewertet und in strukturierte Steckbriefe überführt. Diese dienen der Sichtbarkeit einzelner Projekte für mögliche Geschäftspartner und ermöglichen eine schnelle Anknüpfung anderer Vorhaben durch die Angaben „Ich biete ...“ und „Ich suche ...“.

Basierend auf den vorgestellten Analysen sowie Abstimmungen mit den Akteuren wurden Herausforderungen und Chancen für die Region auf dem Weg zu einer vernetzten

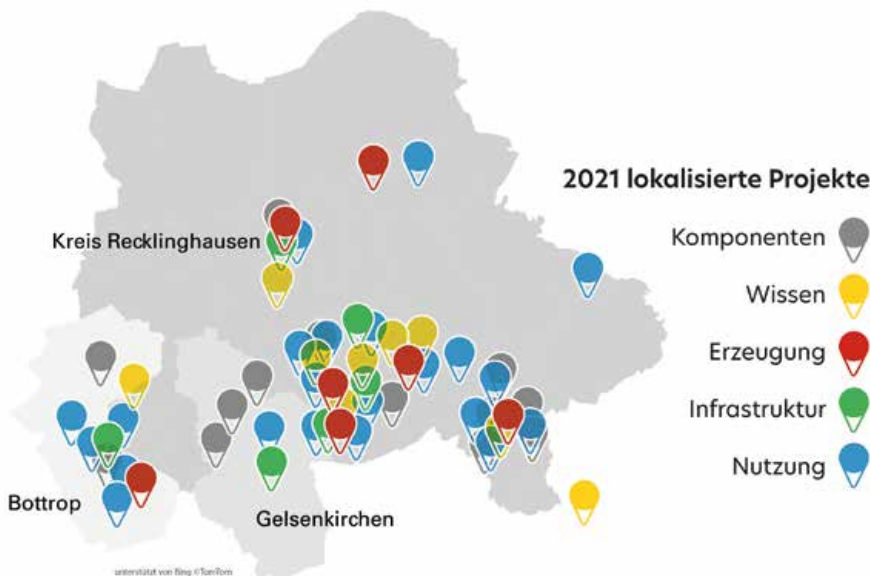


Abb. 2: Projektkarte [Quelle: HyExperts Region Emscher-Lippe]

Wasserstoffwirtschaft abgeleitet. Diese mündeten in Handlungsempfehlungen und Beschreibungen, wie die Region den Durchbruch der Wasserstoffmobilität forcieren kann.

ERGEBNISSE Insgesamt wurden 65 Projekte und Aktivitäten aller Wertschöpfungsstufen identifiziert: Erzeugung von Wasserstoff, Verteilung und Betankung, Nutzung, aber auch Entwicklung von Komponenten und Wissen. Eine große Zahl an Projekten aus den Bereichen Erzeugung und Wissen bestätigt ein fundiertes Wasserstoff-Know-how in der Region.

Produziert werden kann Wasserstoff in der Region auf sehr unterschiedliche Weise: Die Projekte umfassen Technologien von der Biogasreformierung über die Elektrolyse und Thermolyse bis hin zur Nutzung von Beiproduktwasserstoff aus der Industrie. Einige Projektansätze sind bereits weit fortgeschritten und sehen eine Umsetzung innerhalb der nächsten ein bis zwei Jahre vor. Die derzeitig von den Akteuren in der Region angenommenen Erzeugungsmengen liegen bei jährlich 3.268 t Wasserstoff und damit deutlich über den anvisierten H₂-Erzeugungspotentialen in Höhe von fast 2.500 t für das Jahr 2030. Das in der Potentialanalyse ermittelte H₂-Erzeugungspotenzial aus erneuerbaren Energien (Wind und PV) könnte ein Baustein sein, um weitere Projekte zu initiieren.

Unter Berücksichtigung der Bedarfe im Verkehr fällt in der Region kurz- bis mittelfristig ein Erzeugungüberschuss von 550 t bis 2.850 t Wasserstoff pro Jahr an. Das sichert die Versorgung der absehbar vorhandenen Fahrzeuge und kann Anreize für den Betrieb weiterer wasserstoffbetriebener Fahrzeuge schaffen.

Das Tankstellennetz wird ausgeweitet: Neben der schon in Betrieb befindlichen H₂-Mobility-Tankstelle in Herten sind sechs weitere Standorte in der Planung, darunter vier öffentliche und zwei Betriebshoftankstellen für den ÖPNV.

Für den Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität wurden mehr als 30 Vorhaben und Projektansätze identifiziert. Dabei stehen besonders die BZ-Abfallsammelfahrzeuge und -Busse für den Einsatz im ÖPNV im Mittelpunkt. In allen drei Gebietskörperschaften sind schon heute in der Wertschöpfungsstufe „Komponenten“ lokale Akteure zu finden, insbesondere Anbieter von Brennstoffzellen-Pkw, die häufig mehrere Niederlassungen für den Vertrieb von entsprechenden Fahrzeugen haben. Allerdings besteht noch das Problem der Verfügbarkeit solcher Fahrzeuge.

Konzepte zur Aus- und Weiterbildung von zukünftigen Fachkräften werden weiter ausgebaut. So bietet zum Beispiel die Vestische Innung des Kfz-Gewerbes Recklinghausen und Gelsenkirchen schon heute die überbetriebliche Ausbildung in der Hochvolt- und Wasserstoff-Technik an.

AUSBLICK Im nächsten Schritt soll für die Entwicklung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft die Verknüpfung der Projekte entlang der definierten Wertschöpfungskette erfolgen, wobei zur Unterstützung dieses Prozesses und der beteiligten Akteure auf den bestehenden Strukturen aufgebaut werden kann. Der dazu gegründete „H₂-Anwenderkreis“ wird die Projektansätze je nach Fortschritt individuell unterstützen und Synergien zwischen den Aktivitäten und Wertschöpfungsstufen

heben. Er richtet sich sektorenübergreifend an alle regionalen Akteure in jeder Wertschöpfungsstufe.

Akteure sollen bedarfsgerecht unterstützt werden, um Projekte effizient umsetzen und Erfahrungen weitergeben zu können. Der Anwenderkreis gliedert sich in zwei Stufen: „H₂-Anwender“ und „Startplatz Wasserstoff“. Welcher Stufe ein Projekt zugeordnet wird, entscheidet der sogenannte Projektfiter.

Die Aufgabe der Einrichtung, Umsetzung und Weiterentwicklung des H₂-Anwenderkreises hat die Wasserstoffkoordination bei der WiN übernommen. So haben bereits erste Treffen von H₂-Anwendern stattgefunden, um die Beteiligten aus HyExperts auch nach Abschluss der Studie zu unterstützen und zu begleiten. Mit weiteren interessierten Akteuren – auch außerhalb der Region – soll ein Konzept für die Bewerbung als HyPerformer entwickelt werden. Denn auch dies ist das Ziel der Region: die nächste Stufe im Rahmen des HyLand-Programms zu nehmen und sich als HyPerformer-Region aufzustellen und zu etablieren. ||

Das HyExperts-Projekt Region Emscher-Lippe mit den Städten Bottrop und Gelsenkirchen hat unter Federführung des Kreises Recklinghausen eine Umsetzungsstudie für Wasserstofftechnologien auf den Weg gebracht. Der Fokus wurde zusammen mit den strategischen Partnern Wirtschaftsförderernetzwerk Emscher-Lippe (WiN) sowie dem h2-netzwerk-ruhr e. V. insbesondere auf das Thema Mobilität gelegt. Das Dienstleistungskonsortium mit Becker Büttner Held Consulting AG, Emcel GmbH und motum GmbH wurde mit der Erarbeitung beauftragt. Das Konzept wurde im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP 2) mit insgesamt 300.000 Euro durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert, von der NOW GmbH koordiniert und durch den Projektträger Jülich (PtJ) umgesetzt.

→ www.regioklima.de/klimaschutz/wasserstoff

Autorin:
Dr. Uta Willim
Kreis Recklinghausen
→ u.willim@kreis-re.de

MODERNISIERUNG VOR ABBAU

H₂-Infrastruktur ist sinnvoll, aber Ausbau stagniert

Der Zubau neuer Wasserstofftankstellen geht immer weiter voran. Und dennoch hat Deutschland immer noch nicht die Marke von 100 H₂-Stationen erreicht. Wie kann das sein? Der Grund für diese scheinbare Stagnation ist der Ab- und Umbau einiger alter Standorte. Zahlreiche Tankstellen, die vor etlichen Jahren im Rahmen der ersten Stufe des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie als Demonstrationsanlagen errichtet wurden, sind in die Jahre gekommen, so dass sich ihr Weiterbetrieb mitunter nicht mehr lohnt und sie deswegen zurückgebaut oder – mehr oder weniger aufwändig – modernisiert werden müssen.



Abb. 1: Eröffnete im März 2021 mit erheblichem zeitlichem Verzug: Die H₂-Tankstelle in Neuruppin war Nr. 92.

Das erklärte Ziel, in Deutschland 100 Standorte zur Betankung mit Wasserstoff vorweisen zu können, sollte eigentlich Ende 2018 erreicht sein – dann hieß es, Mitte 2020. Für 2021 kam die Ansage, es sollten jährlich 10 bis 15 neue Standorte dazukommen. Dies war auch so, nur wurden einige Stationen im vergangenen Jahr abgebaut beziehungsweise deaktiviert, so dass es am Jahresende nur 91 gab – ähnlich wie ein Jahr zuvor (Februar 2021: 90).

Im NIP I galt die Devise, dass Forschung und Entwicklung gefördert werden sollten, weshalb jedes Demonstrationsvorhaben technologisch einmalig sein musste. Die damals aufgebauten H₂-Stationen waren deswegen alle unterschiedlich und dienten der Erprobung verschiedener Technologien. Und so werden nun diejenigen Komponenten, die sich im Rahmen dieses Feldtests nicht bewähren konnten, abgebaut oder ersetzt.

GROSSE UMBAUMASSNAHMEN ERFORDERLICH Jetzt, im NIP II, geht es um den Markthochlauf. Hierbei soll bewährte Technik hochskaliert und der Preis dadurch reduziert werden. Der Bedarf an zusätzlichen Standorten für H₂-Pkw ist allerdings momentan noch überschaubar, da die Anzahl solcher Fahrzeuge aufgrund des mangelnden Angebots und der

langen Lieferzeiten nur langsam steigt. Aus dem Grund fokussiert sich H2 Mobility derzeit auf den Aufbau von mittelgroßen H₂-Tankstellen für Nutzfahrzeuge. Parallel erfolgen Modernisierungsmaßnahmen, auch, um ältere Modelle auf 350 bar zu erweitern.

Seitens H2 Mobility hieß es dazu: „Der Standort bleibt also derselbe, und wir verwenden die meisten Komponenten wieder. Nur veraltete/defekte Technik wird ausgetauscht. Ausnahme ist der Sachsendamm: Das ist der einzige ‚echte‘ Rückbau, denn der Standort wird zum Tempelhofer Weg verlegt.“ Auf die Frage, warum die Gesamtzahl stagniere, hieß es: „Da es sich um große Umbauten handelt und man einige Monate nicht tanken kann, nehmen wir die HRS aus der Karte und machen sie wieder blau.“ Blau steht auf der H2.Live-Karte für „in Realisierung“.

Betankungsstationen für Busse und Lkw haben einen sehr viel höheren Kraftstoffdurchsatz, müssen daher größer dimensioniert werden als bisher, damit sie in kürzerer Zeit mehr Wasserstoff fördern können. Dementsprechend müssen die Verdichter leistungsstärker sein, was zu höheren Kosten führt (ca. 1,5 Mio. Euro statt 1,1 bis 1,5 Mio. Euro). Zu einem immer größeren Problem könnte diesbezüglich der Platzbedarf werden, da insbesondere in Großstädten die Quadratmeterpreise immens ansteigen. Während nach

MEHRGLEISIGER INFRASTRUKTURAUSBAU

Kurt-Christoph von Knobelsdorff, der Geschäftsführer der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, sagte während einer Veranstaltung in Berlin: „Wir brauchen zwei Infrastrukturen.“ Die These, dass Fördergelder für die Ladeinfrastruktur von E-Autos frei würden, wenn der Aufbau der H₂-Stationen nicht weiter unterstützt werde, hält er für falsch. Seiner Meinung nach liegen die Summen der bereitgestellten Mittel um Größenordnungen auseinander, so dass eine Umschichtung kaum spürbar wäre.

Er rechnete vor, dass bis Herbst 2021 in Deutschland rund 56 Mio. Euro an Fördergeldern für 43 Wasserstofftankstellen investiert worden seien. Demgegenüber habe das Programm zur Installation von Wallboxen 800 Mio. Euro verschlungen. Die Anzahl der mit jeweils 900 Euro bezuschussten Ladekästen lag zwar mit insgesamt 900.000 sehr viel höher, allerdings werden diese in der Regel nur von einem einzigen E-Auto genutzt, während die H₂-Stationen öffentlich zugänglich sind und – sollte es denn dereinst mehr BZ-Autos geben – dort sehr viel mehr Menschen tanken können. Ende November wurden weitere 320 Mio. Euro für gewerblich genutzte Wallboxen bereitgestellt.

Und wir haben und hatten ja bereits mehrere Infrastrukturen: Neben Tankstellen für Benzin und Diesel gibt es länderübergreifend ein Netz von Erd- (CNG) und Flüssiggasstationen (LPG), teilweise auch Stationen für Flüssigerdgas (LNG) und Biokraftstoffe.

Im Koalitionsvertrag der neuen Ampel-Regierung heißt es dazu, der Aufbau einer Wasserstoffnetzinfrastruktur solle finanziell gefördert werden.

Angaben des Gaseunternehmens Linde in München derzeit etwa 4.000 Euro pro m² bezahlt werden müssen, sind es in Tokio inzwischen rund 300.000 Euro pro m².

Der Zubau dieser zunächst mittelgroß dimensionierten Tankstellen verläuft folglich langsamer als die Errichtung von 700-bar-Stationen für Pkw, obwohl Nutzfahrzeuge „nur“ mit 350 bar betankt werden. Das ursprüngliche Ziel von H2 Mobility, bis 2023 in Deutschland an 400 Standorten Wasserstoff anbieten zu können, dürfte damit nicht mehr erreichbar sein.

Im November 2021 erklärten allerdings Daimler Truck und TotalEnergies (ehemals Total) an, dass sie sich ebenfalls in diesem Bereich zu engagieren. Bei der Kooperation der beiden Firmen geht es vornehmlich um die Wasserstoffbeschaffung sowie die Belieferung der Tankstellen. So erklärte TotalEnergies, man wolle bis 2030 direkt oder indirekt bis zu 150 H₂-Tankstellen in Deutschland, den Niederlanden, Belgien, Luxemburg und Frankreich betreiben.

H₂-STATION FÜR BZ-ZÜGE Am Aufbau einer der bislang größten H₂-Tankstellen Deutschlands wird seit Sommer 2020 in Bremervörde gearbeitet. Und zwar sollen an diesem Standort zukünftig die Wasserstoffzüge von Alstom versorgt werden. Ab 2022 soll die Flotte auf insgesamt 14 Regionalzüge, die jeweils über eine Reichweite von 1.000 Kilometern verfügen, aufgestockt werden. Um diesen hohen H₂-Bedarf abdecken zu können, wird die Station über eine Kapazität von rund 1.600 kg_{H₂} pro Tag verfügen und damit nominell eine der größten Wasserstofftankstellen der Welt sein. Bislang fand dort eine mobile Betankungslösung Anwendung, um während der achtzehnmonatigen Testphase der beiden schon vorhandenen BZ-Züge sowie der Erprobungszeit ausreichend Treibstoff bereitstellen zu können.

Alstom warb in diesem Zusammenhang damit, dass der Schienenverkehr mittelfristig als Großkunde für eine hohe Absatzrate sorgen könne, wovon dann auch der Straßenverkehr profitiere, weil auf diese Weise der Tankstellenbetrieb wirtschaftlicher und der Kraftstoffpreis sinken werde. Züge benötigen pro Tag im Durchschnitt rund 300-mal so viel Wasserstoff wie Pkw und 8-mal so viel wie Busse.

HUNDERT PROZENT GRÜN Aber nicht nur der Tankstellenbetreiber H2 Mobility, der seit 2020 auch vier der fünf Wasserstofftankstellen in Österreich unterhält, baut H₂-Stationen. Auch GP Joule nahm im Herbst 2021 zwei eigene Stationen für H₂-Busse in Betrieb. Im Gegensatz zum Unternehmensverbund H2 Mobility greift allerdings die eFarming GmbH & Co. KG, die für die Standorte in Niebüll und Husum verantwortlich ist, ausschließlich auf grünen Wasserstoff zurück.

Das Gleiche gilt für die Windpark Ellhöft GmbH & Co. KG. Windkraftpionier Reinhard Christiansen, der Ende 2021 eine eigene Station an seinem Windpark direkt an der dänischen Grenze errichten ließ, hatte bereits im Vorfeld gegenüber HZwei erklärt: „Wir freuen uns mächtig drauf, in absehbarer Zeit unsere Hyundai-Nexo-Fahrzeuge an einer Tankstelle tanken zu können, wo die Kette zu 100 Prozent grün ist.“ Christiansen sagte weiter: „Ellhöft ist kürzlich nach zwanzig Jahren aus der EEG-Förderung gefallen. Ohne unser Windgas-Projekt hätten wir den funktionstüchtigen Windpark abbauen müssen, womit er für die Energiewende verloren gegangen wäre. Wir müssen im Kampf gegen die Klimakrise aber jede grüne Kilowattstunde nutzen.“

Auch die Schweiz bekam Ende November eine grüne H₂-Station hinzu, nämlich in Müntschemier im Kanton Bern.

Und zwar ließ die Schwab-Guillod AG von der Maximator GmbH eine eigene Wasserstofftankstelle bauen, die auch für andere Personenwagen und Nutzfahrzeuge öffentlich zugänglich ist. Das mittelständische Schweizer Unternehmen aus dem Berner Seeland liefert Früchte und Gemüse seit Dezember 2020 mit einem Hyundai XCIENT Fuel Cell aus. Hans-Jörg Vock von H2 Energy, die beratend bei der Planung involviert waren, bestätigte gegenüber HZwei: „Es wird grüner Wasserstoff vertankt, der an Flusskraftwerken produziert wird. Und das ganze Ökosystem funktioniert ohne Subventionen für H₂-Produktion und Tankstellen.“ ||

In der Schweiz verkündete im September 2021 Rolf Häusermann, er wolle mit seinem im Juli 2021 gegründeten Unternehmen H2 Energy Solutions GmbH „wesentlich dazu beitragen“ den „Aufbau einer schweizweiten Tankstelleninfrastruktur für die Betankung von Personenwagen und LKWs mit Wasserstoff“ voranzutreiben. Als Referenz führte der gelernte Elektromonteur und Servicetechniker an, er habe 1992 die Firma Petrol-Service Euringer & Häusermann GmbH gegründet, die in den 1990er-Jahren 300 Tankstellen saniert habe. Diese Gesellschaft wurde allerdings bereits vor Jahren ebenso liquidiert wie die Freeway 26 GmbH, die Häusermann ebenfalls geführt hatte. Über ein offizielles Büro oder eine Geschäftsadresse verfügt er nach eigener Aussage bislang nicht. Da es Verwechslungen mit der ebenfalls in der Schweiz ansässigen H2 Energy AG gab, benannte Häusermann die Gesellschaft nach seinen Worten inzwischen in H2 Solutions GmbH um. Ansonsten gebe es keinerlei Bezug zu H2 Energy.

45

BRENNSTOFFZELLEN IM LUXUSSEGMENT

Unterstützung für die H₂-Fraktion kam 2021 von ungewohnter Seite: Der britische Hersteller von Luxusautomobilen Jaguar meldete vergangenen Juni, seine Marke Land Rover entwickle einen Prototyp eines wasserstoffbetriebenen Defender-Modells. CEO Thierry Bolloré hatte im Rahmen seiner „Reimagine“-Strategie eine Dekarbonisierung aller Fahrzeugmodelle bis 2036 angekündigt. Die erste vollelektrische Version eines Geländewagens soll allerdings erst 2024 auf den Markt kommen. Nick Rogers, Chef der JLR-Produktentwicklung, erklärte gegenüber vision mobility: „Es ist wirklich sehr, sehr wichtig: Wir glauben fest daran, dass Wasserstoff eine Berechtigung hat und Chancen bietet, insbesondere in größeren Fahrzeugen.“

Ähnliche Kunde kommt auch aus Russland. Dort zeigte Aurus, ebenfalls ein Produzent von Luxusfahrzeugen, während eines Wirtschaftsforums im September 2021 das Modell einer wasserstoffbetriebenen Nobelkarosse. Wie ein SNA-Reporter mitteilte, soll der Aurus Hydrogen über eine Reichweite von 600 Kilometern verfügen. Gemäß der Aussage von Denus Manturow vom Ministerium für Industrie und Handel könnte dieses vom Russia Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute (NAMI) entwickelte Modell in einigen Jahren in Serienproduktion gehen. Zunächst soll es jedoch eine Hybridlösung geben. ||

BLOOM EXPANDIERT NACH EUROPA

Interview mit Prof. Stephan Reimelt, Deutschland-Chef Bloom Energy

Das enorme Interesse an der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik hat den börsennotierten Unternehmen in diesem Bereich viel Aufmerksamkeit beschert. Für Brennstoffzellenhersteller wie Bloom Energy ist es jedoch schwer, von der Aufbruchstimmung in der H₂-Branche auch wirklich zu profitieren, weil ihre Anlagen zunächst noch auf fossile Gase angewiesen sind. Über die Herausforderungen bei der dezentralen Energieversorgung mit Brennstoffzellenkraftwerken sprach HZwei mit Prof. Stephan Reimelt, dem Leiter für Geschäftsfeldentwicklung bei Bloom Energy in Deutschland.



Abb.: Prof. Stephan Reimelt
[Quelle: Bloom]

HZwei: Sehr geehrter Prof. Reimelt, Sie sind im April 2021 zu Bloom Energy gekommen. Wie kam es dazu, dass Sie zum Deutschland-Chef eines US-amerikanischen Brennstoffzellenherstellers geworden sind?

Reimelt: Bevor ich zu Bloom Energy kam, war ich der CEO von GE Deutschland. Eine Reihe ehemaliger GE-Führungskräfte sind Teil des Führungs- und Managementteams von Bloom, da-

runter der frühere GE-CEO Jeff Immelt, der im Vorstand von Bloom Energy tätig ist, und Greg Cameron, der bei GE eine Reihe von leitenden Funktionen innehatte. Bloom hat sich an mich gewandt, um zu fragen, ob ich daran interessiert wäre, die nächste Wachstumsphase des Unternehmens zu leiten, während das Unternehmen in neue internationale Märkte expandiert.

Sie waren zuvor als CEO für die DACH-Region und als Präsident bei General Electric tätig. Welche Parallelen sehen Sie zwischen Ihrer bisherigen und Ihrer neuen Tätigkeit?

Bloom Energy und GE sind beide zukunftsweisende Energieunternehmen. Beide haben die gleichen Ziele, mit ihrer Erfahrung innovative Energielösungen zu präsentieren und anzubieten.

Wie sind Ihre ersten Erfahrungen bei Bloom?

Wir müssen Energie neu denken mit neuen Verfahren und Produkten, um den weltweiten Herausforderungen gerecht zu werden. Die Nachfrage nach Blooms Technologie wächst. Wir erzielen Quartal für Quartal Rekordumsatz. Wir sehen Nachfrage von vielen Organisationen in Europa. Wir haben damit begonnen, unsere hocheffizienten Hochtemperatur-Festoxidelektrolyseure international auszuliefern. Wir machen große Fortschritte auf unserem Technologiefahrplan, um unsere neuen Produkte auf den Markt zu bringen. Es ist eine unglaubliche Zeit, jetzt Teil des Bloom-Teams zu sein.

Als Mitglied der internationalen Geschäftsführung zählt auch die Expansion der Unternehmensaktivitäten nach Deutschland zu Ihren Aufgaben. Welchen Ansatz verfolgen Sie, um das zu erreichen? Unser Ziel ist klar: Wir bringen saubere, zuverlässige und kostengünstige Energie. Wir möchten hocheffiziente Energie auf den lokalen Markt bringen. Es ist wichtig, dass der öffentliche wie auch der private Sektor zusammenarbeiten, um die Energieherausforderungen zu lösen. Ein partnerschaftliches Ökosystem ist ebenfalls wichtig – Zusammenarbeiten erschließt Lösungen für die dringendsten Energieprobleme der Welt. Wir arbeiten mit potentiellen Partnern an Energielösungen für den deutschen Markt. In Bezug auf Stromverfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Nachhaltigkeit und Kosten gibt es eine Menge Möglichkeiten und Herausforderungen, und genau damit beschäftigt sich Bloom.

Wo sehen Sie zukünftig für Bloom Energy – räumlich betrachtet – das Hauptbetätigungsfeld?

Bloom Energy ist der weltweit führende Anbieter von stationärer Brennstoffzellentechnologie, und wir expandieren mit unserer Elektrolyseurtechnologie auch in die Wasserstoffproduktion. Unsere Energieserver sind brennstoffflexibel, so dass Unternehmen eine kohlenstoffarme Brennstoffquelle nutzen können. Bloom hat eine starke Präsenz in Korea und auch in anderen Märkten wie Indien und Japan. Es ist spannend, Teil dieser Reise zu sein, während Bloom nach Europa expandiert. Wir führen mehrere Diskussionen in Europa, Südostasien und Südasien für Partnerschaften, Projekte und Pilotvorhaben. Wir freuen uns darauf, in den kommenden Monaten weitere Details zu diesen Projekten und Partnerschaften bekanntzugeben.

Nach meiner Vorstellung sind solche dezentrale Energieversorgungssysteme insbesondere in Regionen mit mangelhafter Netzabdeckung sinnvoll. In Europa gelten die Stromnetze ja gemeinhin als recht sicher, mit einer hohen Abdeckung. Kämen Ihre Bloom Boxes demnach hierzulande vorrangig als Ersatz für Dieselaggregate bei der Notstromversorgung infrage oder sind sie tatsächlich nur für den Dauerbetrieb ausgelegt?

Beim Thema Energie ist es wichtig, sowohl die Ursachen als auch die Folgen des Klimawandels anzugehen. Eine saubere und gleichzeitig zuverlässige Energieversorgung sollte gemeinsam gedacht werden, nicht unabhängig voneinander. Wir brauchen einen pragmatischen Ansatz, der die CO₂-Emissionen und die Abhängigkeit von kohlenstoffreichen Kraftstoffen reduziert. Auf unserem Weg zu Netto-Null müssen wir sicherstellen, dass der Energiebedarf der Welt gedeckt werden kann. Sonne und Wind machen nur 1,4 Prozent des gesamten globalen Energiemixes aus. Bis 2030 wird der weltweite Energiebedarf voraussichtlich um etwa zehn Prozent höher sein als das Niveau vor der Covid-Pandemie. Der Nachfrageanstieg entspricht 714 Prozent der derzeitigen Wind- und Solarenergiekapazität.

Die Herausforderungen, die sich durch die Transformation und den zusätzlichen Energiebedarf ergeben, führen dazu, dass wir noch fokussierter das Thema Energiesicherheit im Auge behalten müssen. Während der COP26-Konferenz erklärte der EU Climate Chief, dass diese Transformation auch

die Infrastruktur massiv beeinflussen wird. Deswegen sind wir der Partner für Net Zero und für resiliente, planbare und Zero-Carbon-Lösungen.

[Die Solid Oxid Fuel Cell \(SOFC\) kann ja mit unterschiedlichen Energieträgern betrieben werden. Wo sehen Sie die Zukunft?](#)

Wasserstoff ist attraktiv, weil er aus verschiedenen Ressourcen hergestellt werden kann, von fossilen Brennstoffen bis hin zu Wind oder Sonnenlicht, und auch von überall importiert werden kann. Aber ein vollständig ausgebildeter Wasserstoffmarkt ist noch Jahre entfernt, insbesondere grüner Wasserstoff, und wird Billionen von Dollar kosten. Der Weg zu Netto-Null wird lang sein, und heute sind viele praktische Lösungen erforderlich, die uns auf diesem Weg helfen können. Bloom-Energy-Server sind kraftstoffflexibel und bereit, sich zukünftig an Biogas- und Wasserstoffkraftstoffe anzupassen.

[Wie versuchen Sie sich denn von diesen fossilen Industriezweigen abzuheben?](#)

Ich habe das gerade in der Frage angesprochen: Um eine Wasserstoffindustrie zu entwickeln, müssen wir noch einen größeren Fokus auf die wettbewerbsfähige Produktion von Wasserstoff legen. Wir brauchen folgenden Ansatz:

1. Es muss eine Politik für das Wachstum der Wasserstoffwirtschaft geben.
2. Wir müssen sicherstellen, dass Wasserstoff so effizient wie möglich genutzt werden kann.
3. Wir müssen uns auf die Dekarbonisierung des Industriesektors konzentrieren.
4. Wir müssen Wasserstoff wettbewerbsfähig machen.
5. Wir brauchen realistische Lösungen.

[Ihre Bloom-Energy-Server sind bislang vorrangig für stationäre Anwendungen bekannt. Jetzt heißt es, Bloom wolle auch BZ-Systeme für maritime Anwendungen entwickeln. Wie weit sind Sie da bis heute? Gibt es bereits erste Demonstrationsprojekte?](#)

Im Jahr 2020 haben wir unsere Zusammenarbeit mit Samsung Heavy Industries (SHI) angekündigt, die unsere Technologie nutzen, um Schiffe anzutreiben. Wir haben kürzlich das Erreichen von zwei wichtigen Meilensteinen angekündigt. In Verbindung mit Samsung Heavy Industries haben wir die Genehmigung AiP (approval in principal) für das Design eines brennstoffzellenbetriebenen Frachtschiffes erhalten – mit Flüssigerdgas (LNG) als Kraftstoff. Auch in den USA haben wir vom American Bureau of Shipping die entsprechende Bestätigung erhalten. Dieses sind Beispiele für Blooms technologische Führerschaft.

Wir haben eine starke Pipeline aus maritimen Projekten, Partnerschaften und Kooperationen, die derzeit diskutiert werden, und freuen uns darauf, in den kommenden Monaten weitere Informationen über diese Schifffahrtsentwicklungen auszutauschen.

[Wie man hört, haben es auch Mitbewerber nicht ganz leicht. Zu Ihren Aufgabenfeldern, Herr Reimelt, zählt auch, die Marktposition von Bloom zu verbessern. Wie wollen Sie das erreichen?](#)

Es gibt kein Unternehmen oder Land, das die Klimakrise und die Energieherausforderungen dieser Welt allein lösen kann. Es wird keine einfache Lösung geben. Wir brauchen eine internationale Zusammenarbeit, auch zwischen Regierung und Privatwirtschaft. Wir glauben an feste Partnerschaften, um ein Ecosystem zu entwickeln, was nachhaltig und innovativ ist. Wir sitzen in einem Boot. Es braucht ein synchrones und kooperatives Zusammenarbeiten, um die Ziele einer globalen, wettbewerbsfähigen Wasserstoffindus-

trie zu erreichen. Wir betrachten Partnerschaften und Kooperationen als Schlüssel zur Erschließung des Potentials einer Netto-Null-Energie-Zukunft. Bloom Energy arbeitet mit vielen branchenführenden Organisationen, um die globale Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen und zu stärken.

[Kommen wir jetzt zu Ihrem zweiten Betätigungsfeld: der Elektrolyse. Die SOEC-Technik \(Solid Oxid Electrolyser Cell\) gilt bislang als noch zu teuer und nicht so ausgereift wie die PEM- beziehungsweise alkalische Elektrolyse. Wo stehen Sie mit Ihrer Technik heute?](#)

Blooms Hochtemperatur-Elektrolyseur (SOEC) produziert bis zu 45 Prozent effizienter Wasserstoff als PEM- und alkalische Elektrolyseure, die bei niedrigen Temperaturen arbeiten. Der Elektrolyseur von Bloom arbeitet bei hohen Temperaturen, deshalb benötigt unsere Technologie viel weniger Energie, um Wassermoleküle aufzubrechen und Wasserstoff zu produzieren. Strom macht fast 80 Prozent der Kosten der Wasserstoffherzeugung aus Elektrolyse aus. Durch den geringeren Stromverbrauch wird die Wasserstoffproduktion wirtschaftlicher. Zusätzlich benutzen wir auch die Abwärme als thermische Energie, um die Produktion von grünem Wasserstoff weiter zu verbessern.

Das ist der Schlüssel zur Erschließung der Wasserstoffwirtschaft. Wir müssen die Kosten der Wasserstoffproduktion senken, um Wasserstoff im Maßstab wirtschaftlich rentabel zu machen. Hierbei leisten wir einen großen Beitrag dadurch, dass wir den Energieverbrauch deutlich durch unsere Hoch-Temperatur-Elektrolyse senken.

[Stimmt es, dass Sie bis 2025 1 GW Elektrolyseleistung installieren wollen?](#)

Ja, wir haben uns ambitionierte Ziele gesteckt und kommen mit einem kommerziellen Produkt nächstes Jahr auf den Markt. Erste Testanlagen sind in Betrieb. Das Ziel ist ambitioniert mit 1 GW.

[Können Sie uns auch noch etwas über Ihre Aktivitäten im Bereich Carbon-Capture berichten? Gibt es dazu bereits konkrete Pläne?](#)

Hier haben wir erste Anlagen gebaut und dabei festgestellt, dass unser CO₂ extrem rein und gut geeignet zur Wiederverwendung ist, zum Beispiel für den Lebensmittelbereich. Auch hier arbeiten wir an einer standardisierten Zukunftslösung.

[Kurz noch zu SK ecoplant: Wird sich Bloom Energy jetzt verstärkt in Südkorea engagieren? Was dürfen wir dort erwarten?](#)

SK ecoplant ist ein hervorragender Partner, seit wir vor drei Jahren unser erstes Joint-Venture gegründet haben. Südkorea konzentriert sich stark darauf, eine wasserstoff- und brennstoffzellenbetriebene Wirtschaft zu ermöglichen. Zu unserer erweiterten Partnerschaft gehören:

1. SK ecoplant bezieht mindestens 500 MW Strom von Bloom Energy. Das entspricht 4,5 Milliarden US-Dollar an Geräten und zukünftigen Serviceumsätzen.
2. Wir entwickeln ein innovatives Wasserstoff-Center in den USA und in Südkorea, um den globalen Herausforderungen weiter gerecht zu werden. Dieses zeigt auch unsere globale Wachstumsstrategie im Bereich der Brennstoffzelle und unseres Elektrolyseurs und unser ungeteiltes Kommitment zum Ziel Net-Zero.
3. SK ecoplant strebt eine Eigenkapitalinvestition von ca. 500 Millionen US-Dollar in Bloom an.
4. Geschäftsausweitung in globalen Märkten.

Autor: Sven Geitmann

KOMMT DAS AUS FÜR VERBRENNER ...

... und/oder ein Einstieg in stationäre H₂-Motoren?



Abb. 1: Solche Großmotoren können heute schon mit bis zu 25 Prozent Wasserstoff betrieben werden [Quelle: MAN]

Alle Welt redet über das bevorstehende Ende der Verbrennungsmotoren, über mögliche Verbote benzin- und dieselbetriebener Aggregate. Aber was ist mit Wasserstoffmotoren, insbesondere solchen im stationären Einsatzbereich? Im deutschsprachigen Raum sind in diesem Sektor vor allem Unternehmen wie 2G sowie Innio aktiv, weltweit forcieren auch Konzerne wie Wärtsilä und MAN diesen Technologiepfad.

Gasmotoren sind schon lange im stationären Bereich im Einsatz. Bislang werden die meisten als Blockheizkraftwerk (BHKW) eingesetzten Systeme allerdings mit Erd- oder Biogas betrieben. Wasserstoffanwendungen gibt es bislang nur vereinzelt.

Im März 2021 meldete der österreichische Motorenbauer Innio Jenbacher, erste Tests seien erfolgreich verlaufen, weshalb die Erprobung gemeinsam mit HanseWerk Natur, einem norddeutschen Wärmeversorger, fortgeführt werde. Nachdem Innio zunächst einen 12-Zylinder-Motor an seinem Sitz in der Tiroler Gemeinde Jenbach erfolgreich erprobt hatte, rüstete das Unternehmen den 16-Zylinder-Gasmotor von HanseWerk Natur um. Das 1-MW-Aggregat, das in einem BHKW in Hamburg-Othmarschen eingesetzt wird, versorgt dort 30 Wohngebäude, eine Sport- und eine Kindertagesstätte sowie das Freizeitzentrum Othmarschen Park mit Nahwärme – insgesamt 13.000 MWh jährlich.

Dennis Binder, Projektleiter bei HanseWerk Natur, erklärte: „Unser BHKW lief während des Testes mit verschiedenen Mischverhältnissen aus Erdgas und H₂. Auch der Betrieb mit 100 Prozent Wasserstoff war – unter Einhaltung höchster Sicherheitsanforderungen – erfolgreich.“ Der technische Geschäftsführer Thomas Baade ergänzte: „Wir haben demonstriert, wie ein BHKW mit grünem Wasserstoff betrieben und für eine klimafreundliche Wärme- und Stromversorgung genutzt werden kann. Die Kosten für den Umbau beziehungsweise die Nachrüstung bestehender Anlagen für den H₂-Betrieb sind überschaubar.“ Er räumte allerdings ein, dass die Brennstoffkosten „derzeit noch zu hoch für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb“ sind.

Nach eigenen Angaben verfügt Innio Jenbacher inzwischen über fünf Baureihen, die mit einem hohen Wasserstoffanteil von bis zu 100 Prozent betrieben werden können. Laut Dr. Klaus Payrhuber, Strategic Product Development Manager bei dem Unternehmen, können die Kunden seit Januar 2022 frei wählen, ob der von ihnen ausgewählte Motor H₂-ready sein soll. Bis die Leistungsdaten von H₂-Motoren



Abb. 2: Christian Grotholt mit Preis für den zweiten Platz beim Umweltwirtschaftspreis.NRW 2020 [Quelle: 2G]

denen von Erdgasaggregaten entsprechen, wird es allerdings voraussichtlich bis 2030 dauern, so Payrhuber.

Auch die Firma 2G ist seit längerem in diesem Sektor aktiv und installierte bereits 2013 ein System an der Total-Tankstelle am Flughafen Berlin-Brandenburg (s. HZwei-Heft Jan. 2013 und Juli 2014). Seit 2019 betreibt 2G mit Siemens ein H₂-BHKW in Haßfurt (s. HZwei-Heft Jan. 2020) sowie eines in Dubai. Ein 115-kW-H₂-Blockheizkraftwerk ging im April 2020 in Rostock-Laage bei Apex in Betrieb (s. HZwei-Heft Juli 2020 und Abb. 2).

Für Christian Grotholt, CEO der 2G Energy AG (s. Abb. 2), sind wasserstofffähige BHKW „wichtig für Klimaschutz und Kapitalerhalt“. Dementsprechend heißt es in einem White Paper, das das Hecker Unternehmen im März 2021 herausgebracht hat: „Eine heute installierte Erdgas-KWK-Anlage von 2G kann jederzeit auf den Betrieb mit Wasserstoff umgerüstet werden, so dass ‚Stranded Investments‘ vermieden werden.“ Zudem bestätigte ein 2G-Sprecher gegenüber HZwei: „Glücklicherweise nimmt das Thema, wenn auch langsam, Fahrt auf, so dass wir erst kürzlich zwei weitere Wasserstoffaufträge erhalten haben.“

H₂-EINSATZ IM KRAFTWERKSSEKTOR Der finnische Wärtsilä-Konzern arbeitet an stationären Gasmotoren für den Megawatt-Sektor. Nachdem es 2020 hieß, die Aggregate des Typs 34SG seien mit einer Mischung aus bis zu 60 Prozent Wasserstoff und 40 Prozent Erdgas erfolgreich getestet worden, gehen derzeit die Entwicklungsarbeiten in Richtung 100 Prozent H₂-Gas weiter voran.

Ein erster Anwender dieser Technologie ist Keppel Offshore & Marine's (Keppel O&M), das im Dezember 2020 bei Wärtsilä zwei 34SG-Aggregate, die mit einem Wasserstoff-Erdgas-Gemisch betrieben werden können, bestellt hat. Zum Einsatz kommen sollen diese auf dem Floating Living Lab (FLL), einem schwimmenden Offshore-Teststand in Singapur. Zunächst seien zwar nur drei Prozent Beimischung

WTZ ROSSLAU GGMBH

Das Wissenschaftlich-Technische Zentrum Roßlau (WTZ) arbeitet ebenfalls an einem stationären Wasserstoffmotor, aber bei seinem H₂ DI Zero handelt es sich um einen Kreislaufmotor (s. HZwei-Heft Apr. 2020). Der Teamleiter Manuel Cech erklärte gegenüber HZwei: „Unser 20-kW-BHKW ist ein Demonstrator, welcher die Machbarkeit zeigt und bewiesen hat, dass der Argon-Power-Cycle funktioniert und einen deutlich höheren Wirkungsgrad hat.“ Grundsätzlich eigne sich dieses Konzept auch für Großmotoren, allerdings seien zunächst noch einige Grundlagenforschungen erforderlich, bevor mit einem Partner über eine Vermarktung gesprochen werden könne, so Cech.

zum Erdgas möglich, hieß es, aber nach einigen Modifikationen der Gasmotoren sollen bis zu 25 Prozent Wasserstoff realisierbar sein, so Wärtsilä.

Im Juli 2021 hieß es seitens des Technologiekonzerns, man habe mit der Erprobung von Balancer-Modellen mit reinem Wasserstoffantrieb im Motorenlabor in Vaasa begonnen und erwarte, bis 2025 ein zu 100 Prozent wasserstoffbetriebenes Motoren- und Kraftwerkskonzept zur Verfügung stellen zu können.

Im Dezember 2021 gab Caterpillar Energy Solutions bekannt, dass seine MWM-Aggregate, die einen Leistungsbe- reich von 400 kW bis 4,5 MW abdecken, für einen Wasserstoffanteil von bis zu 25 Prozent geeignet seien. Dies beträfe die stationären Gasmotorenmodelle der Baureihen TCG 3016, TCG 3020, TCG 2032 und TCG 2032B, für die auch Nachrüstsätze angeboten werden sollen. Das Mannheimer Unternehmen Caterpillar Energy Solutions geht auf die Gründung einer Werkstätte durch Carl Benz im Jahr 1871 zurück und gehört inzwischen zum US-amerikanischen Konzern Caterpillar Inc. >>

Abb. 3: Aufbau des Wasserstoffkraftwerks mit einem H₂-BHKW von 2G bei Apex





Abb. 4: So sieht Wärtsilä die Zukunft
[Quelle: Wärtsilä Energy Business]

„Die Welt ist auf dem Weg zu einer 100-prozentigen Dekarbonisierung, und Wärtsilä unterstützt diesen Trend weiterhin mit seiner Forschung und Entwicklung rund um zukünftige Brennstoffe wie Wasserstoff. Der Markt für wasserstoffbetriebene Kraftwerke wird zusammen mit den Vorschriften zur Beschränkung der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen.“

Marco Wiren,
Präsident von Wärtsilä Energy Business

100 PROZENT H₂ AB 2025 Das Unternehmen MAN Energy Solutions, das bis 2018 unter MAN Diesel & Turbo SE firmierte, engagiert sich ebenfalls immer mehr im Wasserstoffsektor. So meldete der Augsburger Maschinenbauer, dass seine gasbetriebenen Viertaktmotoren (Modelle 35/44G TS, 51/60G und 51/60G TS) H₂-ready seien – soll heißen, sie können im stationären Betrieb bislang mit einem Wasserstoffanteil im Gasgemisch von bis zu 25 Volumenprozent betrieben werden. Mithilfe einer adaptiven Verbrennungssteuerung (adaptive combustion control – ACC) soll ein effizienter Betrieb möglich sein, bei dem vollautomatisch auf variierende Wasserstoffanteile im Erdgas reagiert wird. Nach Unternehmensangaben ist ein Upgrade von im Feld befindlichen Gasmotoren beziehungsweise die Nachrüstung mit ACC-Sensoren problemlos möglich. Bis 2025 sollen die Aggregate dann auch für den Betrieb mit hundert Prozent Wasserstoff ertüchtigt werden.

Dr. Gunnar Stiesch, Leiter Motorenentwicklung bei MAN Energy Solutions, sagte: „Flexible und dezentrale Gaskraftwerke spielen für eine sichere Stromversorgung auf dem Weg zu hundert Prozent erneuerbarer Energie eine entscheidende Rolle.“ Er mahnte jedoch auch, dass grüner Wasserstoff „noch ein knappes Gut“ sei. Sein Unternehmen arbeite aber an Zukunftskonzepten, die „H₂-Anteile von bis zu hun-

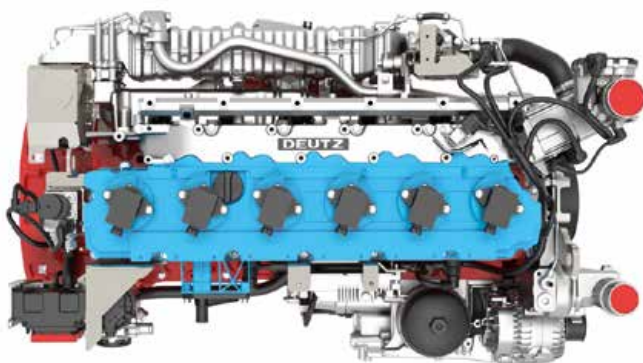


Abb. 5: Der TCG 7.8 H2 soll zunächst Anfang 2022 in einem Praxistest im stationären Betrieb erprobt werden [Quelle: Deutz]

dert Prozent“ möglich machen würden, sobald Wasserstoff in großen Mengen verfügbar sei.

Sein Kollege Marc Grünwald kündigte für 2024 zudem Ammoniakmotoren an (s. auch Ammoniak-Berichte im letzten sowie im nächsten HZwei-Heft). Außerdem setzt er sich für den Einsatz von flüssigem Erdgas (LNG), das mithilfe von Wasserstoff und CO₂ aus Biogasanlagen erzeugt wurde, ein, um diesen flüssigen Kraftstoff im Mobilitätssektor, insbesondere in Schiffsmotoren, einsetzen und somit frühzeitig maritime Anwendungen dekarbonisieren zu können.

MAN treibt die Entwicklung von H₂-Motoren – sowohl für stationäre als auch mobile Anwendungen – insbesondere auf seinem Wasserstoff-Campus in Nürnberg voran. Seit Herbst 2020 ist das dortige Dieselmotorenwerk auch für HochschulwissenschaftlerInnen und Studierende der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und der Technischen Hochschule Nürnberg (THN) geöffnet, um gemeinsam in den Laboren sowie auf den Prüfständen die Erforschung der H₂-Technologie voranzutreiben. FAU-Präsident Prof. Joachim Hornegger erklärte: „Unsere Gesellschaft braucht neue, nachhaltige Formen der Mobilität – nur wenn Wissenschaft und Industrie eng zusammenarbeiten, kann eine solche Verkehrswende gelingen.“

Zwei weitere Akteure, die an H₂-Motoren für den Einsatz im Gebäude- und Verkehrssektor forschen, sind die belgischen Motorenbauer ABC und CMB. Gemeinsam arbeiten sie in ihrem Joint Venture BeHydro in Gent an einem Dual-Motor für Lokomotiven, Schiffe und Stromgeneratoren, der mit Wasserstoff oder Diesel eine Leistung von 1 Megawatt bringt. Darüber hinaus arbeitet auch das britische Unternehmen ULEMCo an H₂-Dual-Motoren.

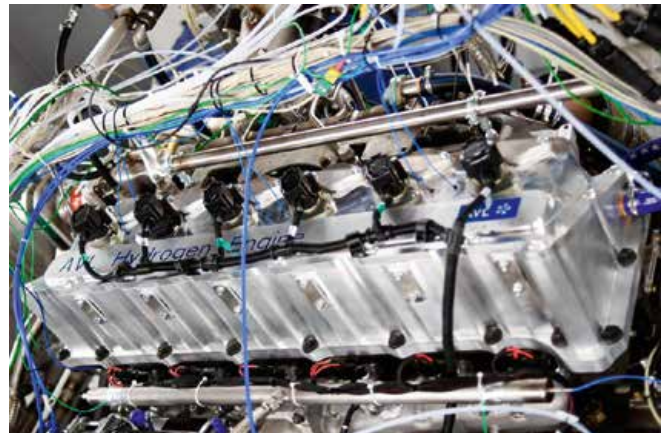


Abb. 6: Ehemaliger Erdgasmotor läuft jetzt mit Wasserstoff
[Quelle: AVL]

H₂-MOTOREN AUCH IM MOBILITÄTSEKTOR Im Oktober 2021 flatterte eine Meldung auf den Tisch, dass in China die Guangzhou Automobile Group (GAC) ein eigenes H₂-Aggregat für mobile Anwendungen entwickelt. Es handelt sich dabei um einen Dreizylindermotor, der nach Unternehmensangaben über einen ungewöhnlich hohen thermischen Wirkungsgrad von mehr als 44 Prozent verfügen soll. Dass GAC an Wasserstoff interessiert ist, bewies der Automobilbauer im August 2020, indem er mit dem Aion LX Fuel Cell einen Brennstoffzellen-Pkw vorstellte.

Im deutschsprachigen Raum forscht insbesondere Keyou an H₂-Motoren, die vorrangig in Lkw zur Anwendung kommen sollen (s. HZwei-Heft Apr. 2017). Seit 2019 arbeitet das Unternehmen mit der Deutz AG zusammen (s. HZwei-Heft Juli 2019). Im August 2021 meldete Deutz, das Modell TCG 7.8 H2 sei „reif für den Markt“. Dies hört sich nach Kommerziali-

sierung an, bedeutet zunächst aber nur, dass der H₂-Motor die von der EU vorgegebenen CO₂-Grenzwert für „Zero Emission“ erfüllt. Eine Serienproduktion ist erst für 2024 vorgesehen.

Chief Technology Officer Dr. Markus Müller erklärte: „Der sechszyindrige TCG 7.8 H2 baut auf einem bestehenden Motorkonzept auf. Er läuft nicht nur CO₂-neutral, sondern auch sehr leise und liefert bereits 200 kW Leistung. Der Motor eignet sich grundsätzlich für alle heutigen Deutz-Anwendungen, dürfte aber aufgrund der zur Verfügung stehenden Infrastruktur erst mal in den Bereichen stationäre Anlagen und Generatoren sowie Schienenverkehr eingesetzt werden.“

Um sich exklusive Vertriebs- und Servicerechte zu sichern, stieg Deutz im Oktober 2021 mit zehn Prozent bei dem dänischen Hersteller von methanolbetriebenen Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen Blue World Technologies ein. Dr. Frank Hiller, Vorstandsvorsitzender der Deutz AG, erklärte dazu: „Brennstoffzellen, die mit ‚grünem‘ Methanol betrieben werden, bieten hier eine ideale Lösung. Deutz geht damit konsequent den Weg hin zu neuen Technologien jenseits des klassischen Motors, die auch im Off-Highway-Bereich und bei stationären Anwendungen eine klimaneutrale Mobilität und Anwendung ermöglichen.“

In Österreich ist AVL in diesem Sektor aktiv und beteuerte im Februar 2021, an einem H₂-Motor zu arbeiten, der speziell auf den Einsatz in Schwerlastfahrzeugen mit mehr als 3,5 Tonnen Nutzlast zugeschnitten sei. Die Entwicklungsarbeiten werden seit 2019 gemeinsam mit dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz an einem ehemaligen 12,8-l-Erdgasmotor, der dereinst 350 kW leisten soll, durchgeführt.

FRAGEZEICHEN BEI dynaCERT Und dann ist da noch dynaCERT. Das kanadische Unternehmen sorgt immer wieder mit verheißungsvoll klingenden Meldungen für Aufsehen, auch oder gerade in Anlegerplattformen im Internet. Da die Aktien von dynaCERT an der Börse gehandelt werden, profitiert die in Toronto beheimatete Firma vom derzeitigen großen Interesse an allem, was mit Wasserstoff zu tun hat.

Statt auf H₂-Motoren setzt Firmenchef Jim Payne auf seinen HydraGEN (s. Abb. 7). Hierbei handelt es sich um ein Zusatzaggregat, das in Nutzfahrzeuge eingebaut wird, um den Verbrennungsvorgang der Dieselmotoren zu verbessern und die Emissionen zu reduzieren, so das Versprechen. Erforderlich sei lediglich der Einbau dieses kompakten Kastens (Preis: 8.000 Euro), wodurch weder die Fahrzeuggarantie beeinträchtigt noch eine komplizierte Installation erforderlich werde. Der HydraGEN erzeugt dann per Elektrolyse Wasserstoff und Sauerstoff, die anschließend in den Ansaugkanal des Motors eingeleitet werden.



Abb. 7: Das HydraGEN-Aggregat während der IAA Nutzfahrzeuge 2018 in Hannover

Im August 2019 meldeten die Nordamerikaner, „nach 26-monatiger Prüf- und Testphase die Allgemeine Betriebs-erlaubnis durch das deutsche Kraftfahrt-Bundesamt für die innovative Wasserstoff-Technologie ‚HydraGEN‘ erhalten“ zu haben und bescheinigten ihrer eigenen Technologie daraufhin „Milliardenpotenzial“. Zudem wirbt dynaCERT damit, dass bei Tests laut TÜV Nord der Kraftstoffverbrauch um 9 Prozent reduziert, der CO₂-Ausstoss um 9 Prozent, die NO_x-Emissionen um 88 Prozent und zudem die Feinstaubbelastung um 55 Prozent reduziert wurden.

Nach eigenen Angaben arbeitet das dynaCERT-Team seit Anfang 2018 daran, ein weltweites Händler- und Vertriebsnetz aufzubauen. Unter anderem präsentierten die Kanadier ihre Technik gemeinsam mit ihrem Tochterunternehmen, der in Lahr ansässigen dynaCERT GmbH, auf der IAA Nutzfahrzeuge 2018 (s. Abb. 7) sowie der Hannover Messe 2019 und auf weiteren Ausstellungen in Deutschland.

Zu einer Pressemeldung von dynaCERT aus dem Jahr 2019, laut der der damalige Head Engineer des TÜV Süd in Lahr, Michael Mayer, „nach viermaliger Überwachung der strengen und erfolgreich absolvierten Tests beim TÜV Süd“ die Seiten gewechselt habe und seitdem als Vertriebsmanager von dynaCERT in Deutschland arbeite, erklärte ein TÜV-Süd-Sprecher gegenüber HZwei, der Münchener Überwachungsverein habe bisher „noch nichts für dynaCERT gemacht“. ||

Quelle:

□ White Paper: KWK – Rückgrat im globalen Energiemix, 26. März 2021

51

Bipolar-Folien

für eine neue Generation von Brennstoffzellen und Redox-Flow-Batterien

Alle Vorteile im Überblick

- Hohe elektrische Leitfähigkeit durch eine Materialdicke von 80 % leitfähigem Material
- Baugrößenreduzierung und Gewichtsersparnis für die gesamte Brennstoffzelle dank einer dünnen Materialstärke der Graphitfolie von ca. 0,5 – 0,7 mm
- Beschleunigung des Produktionsprozesses durch Direktabnahme des Folienmaterials von der Rolle
- Sicherstellung einer dauerhaften Korrosionsbeständigkeit
- Effektive Senkung der Material- und Produktionskosten

Eisenhuth GmbH & Co. KG

Tel.: +49 (0) 5522 – 90670

info@eisenhuth.de

www.eisenhuth.de

HOCHLAUF EINER WELTWEITEN H₂-WIRTSCHAFT

Aktienanalyse von Sven Jösting

Anfang 2021 haben wir noch einen regelrechten Hype um Wasserstoffaktien gesehen. Anschließend kam es dann zu einer kräftigen Gegenreaktion. Ich nenne dies eine gesunde Bereinigung einer kurzfristigen Übertreibung, die aber nun deutlich sichtbar ihren Boden findet und 2022 in einen stabilen langfristigen Aufwärtstrend dieser Aktien führen wird, auch wenn es jüngst wieder zu einem Rückgang kam. Dennoch lassen die derzeit weltweit ausgerufenen Pläne zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft förmlich eine Goldgräberstimmung entstehen. Nicht nur die vielen Konferenzen, Strategien und Projekte, sondern die konkreten Vorhaben vieler Länder und Unternehmen, sich dem Klimawandel technologisch entgegenzustellen, bestimmen das Bild.

Große Kapitalsammelstellen, also institutionelle Großanleger wie BlackRock, wollen massiv in den Themenkomplex Wasserstoff investieren, so dass bei den hier genannten Unternehmen und Aktienkursen peu à peu eine Art Floor gelegt wird, der die Basis für mittel- bis langfristig feste Kurse zur Folge haben dürfte. Temporäre Rückschläge sind da nicht unnormale. Da benötigt man halt die wichtigsten Grundeigenschaften eines professionellen Anlegers, nämlich Zeit und Geduld.

Der Hochlauf dieser Industrie geht nicht von heute auf morgen, ist perspektivisch indes völlig sicher. Es müssen erst einmal Produktionskapazitäten aufgebaut werden, um der Nachfrage aller Komponenten begegnen zu können – sei es für die Elektrolyseure unterschiedlicher Bauart oder die vielen verschiedenen Brennstoffzellen-Stacks für unterschiedliche Einsatzfelder und Produkte, angefangen bei Bussen, Lkw und anderen Nutzfahrzeugen über den Einsatz in Schiffen und Schienenfahrzeugen

bis hin zum Einsatz in Flugzeugen und Drohnen, aber auch in Pkw. BZ-Autos werden zwar nicht gleich morgen, aber mit zunehmender Wahrscheinlichkeit in fünf bis zehn Jahren kommen, weil Unternehmen wie Toyota und Hyundai vortreten und auch diesen Markt klar für die Zukunft adressiert haben. Parallel geht es um den Aufbau der H₂-Transportkapazitäten, sei es über Pipelines oder per Schiff – via grünes Methanol und Ammoniak oder flüssiges H₂ – und natürlich über die notwendige Infrastruktur, also H₂-Tankstellen mit unterschiedlichem Druckniveau je nach Einsatzfahrzeug.

Wer in Einzeltitel investiert, ist natürlich auch an den individuellen Kursschwankungen beteiligt, und die Kurse werden sich immer unterschiedlicher entwickeln – je nachdem, wie sich die betreffenden Unternehmen positionieren und Nachrichten (Unternehmenszahlen, Aufträge, Kooperationen, technologische Durchbrüche, Beteiligungen, Fusionen u. v. a.) liefern. Ein Fonds, der den Themenkomplex perfekt abbildet, ist für konservative Anleger das sinnvollere Investment. Wenn man sich da aber eine gute Mischung zulegt, findet damit nicht nur eine Risikostreuung wie in einem Fonds statt, sondern man bildet auch die unterschiedlichen BZ- und H₂-Themenfelder besser ab.

Da wir es hier eindeutig mit einem neuen Megatrend zu tun haben, wird man in den kommenden Jahren mit diesen Investments große Freude haben, so meine Überzeugung. Der Investorenlegende Warren Buffett folgend, sollte man die Unternehmen, in die man investiert, gut kennen. Deshalb finden Sie hier viele Hintergründe, Analysen und Meinungen wie auch Interpretationen und Informationsquellen, damit Sie die Unternehmen selbst gut bewerten und sich Ihre eigene Meinung bilden können.

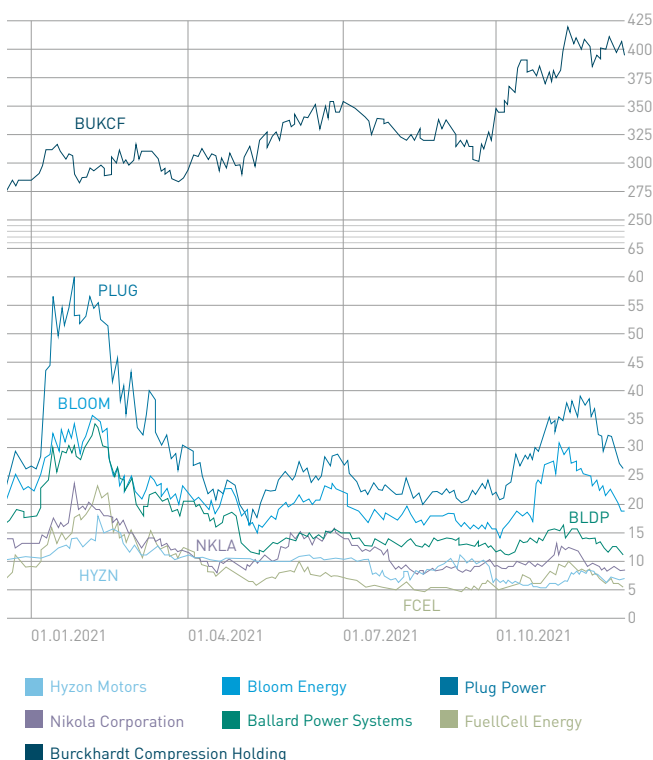


Abb. 1: Aktienkursverlauf der besprochenen Unternehmen
[Quelle: www.wallstreet-online.de] Kurse vom 15. Dezember 2021

BALLARD POWER – HOHES WACHSTUM ERWARTET

Ballard Power als der eindeutige Marktführer in Sachen PEM-Brennstoffzelle arbeitet geräuschlos an der Positionierung des Unternehmens in diversen BZ-Märkten. Da werden Kapazitäten für Stacks auf- und ausgebaut, da wird massiv in F&E investiert, da finden Joint Ventures statt und viele Prototypenentwicklungen zusammen mit strategischen Partnern. Zudem wird an neuen Einsatzfeldern wie der Elektrolyse und begleitenden Technologien gearbeitet – mit dem Ziel, Produkte abzuliefern, die leistungs- und wettbewerbsfähig sind, kostengünstiger werden, lange Einsatzzeiten haben und über eine kompakte Bauweise verfügen. All dies ist die Basis für zukünftige Aufträge und natürlich den Übergang in den nachhaltig und stark steigenden Gewinn. Die Börse antizipiert all dies in den Aktienkursen, lange bevor die Fakten auf dem Tisch liegen. Erinnern Sie sich an Kurse von Ballard bei 1, 2, 3 US-\$. Das liegt erst zwei Jahre zurück.

China hat indessen Großes vor. Dort befasst man sich nicht mit der hier in Deutschland unsinnigen und wenig ziel führenden Diskussion über die Farben des Wasserstoffs, denn es wird auch um den blauen und gelben gehen, bis man zum

Ziel, dem grünen Wasserstoff, gelangt. Dort sollen in den kommenden drei Jahren über 100.000 Nfz mit Wasserstoff fahren, insgesamt 1 Mio. Kfz (inkl. Pkw) bis zum Jahr 2030. Allein Sinopec (staatlicher Ölkonzern) plant 1.000 H₂-Tankstellen bis 2025, und die Megacity Peking selbst will 1.500 H₂-Stationen auf den Weg bringen, so dass ich die Prognose wage, dass es in China im Jahr 2030 insgesamt 5.000 H₂-Tankstellen geben könnte und ein Mehrfaches bis zum Jahr 2040.

Einzelne Provinzen preschen vor und sind mit Ballard und dessen Joint-Venture-Partner Weichai im Gespräch, denn die Zentralregierung hat bislang noch keine Zahlen bezüglich dessen genannt, wie man den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft mit Fördergeldern (Subsidies) unterstützen will. Derweil ist das Joint Venture nach eigener Aussage dabei, die dort produzierten Stacks und Module zu optimieren und das Sourcing der vielen Komponenten zu verbessern. Das läuft 2022 alles sehr gut, so CEO Randy MacEwen in der Telefonkonferenz.

2023 könnte dann das Jahr werden, ab dem sich für Ballard sehr hohe und weiter steigende Auftragsbestände und ein überdurchschnittlich hohes Umsatz- und Gewinnwachstum erwarten lassen – und das nachhaltig und langfristig. Behalten Sie diese Perspektive unbedingt im Auge. In bestimmten Bereichen ist eine deutliche Beschleunigung bereits sichtbar: Bislang hat Ballard circa 150 BZ-Busse in Europa im Einsatz. Kürzlich kam ein Einzelauftrag über 40 Module rein. Laut Aussage des CEO ist nun zu erwarten, dass es losgeht mit Einzelaufträgen für Bus-Stacks, bei denen es zukünftig um 100 oder gar 1.000 Exemplare gehen wird.

Beispiel: Allein Kalifornien plant bis 2025, dass 50 Prozent des Transitverkehrs mit Bussen auf der Langstrecke emissionsfrei laufen sollen. Das spielt der Brennstoffzelle eindeutig auch gegenüber der batterieelektrischen Mobilität in die Hände. Und: Immer mehr strategisch perfekt passende Partner werden dafür ins Boot geholt, wie z. B. Mahle, Linamar, CP, Hexagon Purus, Quantron, Siemens, ABB und Norled.

AUDI-PROGRAMM GEHT ZU ENDE Ich sehe es als einen (sehr) großen Fehler von Audi an, das Segment Brennstoffzellen in Pkw zu vernachlässigen, aber das ist nur meine persönliche Meinung. VW-Chef Herbert Diess setzt ausschließlich auf die Batterie in der Mobilität – nur bei Schiffen sieht er die Brennstoffzelle im Vorteil. Das Entwicklungsprogramm mit Audi wird im August 2022 auslaufen. Die VW-Tochter wird hier erst einmal nicht weitermachen. MacEwen erklärte: „Daher erwarte ich in naher Zukunft keine Entwicklungen auf dem Pkw-Markt mit Audi.“

Ich habe dazu meine eigene Interpretation, die – in case – für Sprengstoff sorgen könnte: Was wäre, wenn ein anderer Kfz-Konzern auf den Zug aufspringt und das umsetzt, was Audi aus meiner Sicht verpasst – oder sogar verschläft? Ballard hat ja bei BZ-Pkw ein sehr gutes Know-how und entsprechende Technologie. Zudem haben sich die Nordamerikaner von Audi die Rechte für den Einsatz in Autos zurückgeben lassen. Ich wäre da nicht überrascht, einen anderen Konzern als Partner zu sehen – eventuell sogar Apple, die die Gunst der Stunde nutzen könnten.

BETEILIGUNG AN FORSEE POWER Der französische Batteriespezialist Forsee Power hat Ballard als strategischen Partner und Großaktionär gewinnen können. Beide haben viele gemeinsame Kunden, seien es Bus- oder Nfz-Hersteller, aber auch im Schienenverkehr, laut MacEwen „eine sehr starke Position auf dem Eisenbahnmarkt“. Zusammen wollen Forsee und Ballard an der Integration von Batterie und BZ arbeiten, um diese Technologie den Kunden via One-Stop-Shopping als Gesamtlösung für Nfz anbieten zu können.

ÜBERNAHME VON ARCOLA ENERGY IN UK 40 Mio. Euro (Mix aus Bargeld, Aktien und Milestone-Payments) lässt sich Ballard die Übernahme des britischen Systemintegrators Arcola Energy kosten. Beide arbeiten bereits zehn Jahre lang erfolgreich zusammen. Circa 80 Mitarbeiter stoßen nun hinzu. Arcola verfüge, so die Pressemitteilung, über besonderes Know-how bei der Integration von Brennstoffzellensystemen in Nfz und Schienenfahrzeugen und zähle zu den am stärksten wachsenden H₂-Unternehmen im Lande. Somit die perfekte strategische Akquisition zu einem guten Kurs.

MULTI-MW-KRAFTWERK MIT HDF ENERGY Zusammen mit HDF Energy (Hydrogen de France) entwickelt Ballard das erste weltweite Multi-Megawatt-Wasserstoff-Kraftwerk in Französisch-Guyana mit dem Titel CEOG Renewable. Via regenerative Energie gewonnener Wasserstoff soll dort zum Einsatz kommen. Mit einer Investitionssumme von 200 Mio. US-\$ wird zudem ein Solarpark mit einer anschließenden Wasserstoffproduktion (Elektrolyse) und einem Kurzzeitspeicher in Form einer Batterie als Puffer entwickelt. 10.000 Haushalte können damit emissionsfrei mit sauberer Energie versorgt werden. Ballard liefert die FCgen-LCS-Stacks. HDF plant darüber hinaus, In einer Produktionsstätte in Bordeaux weitere derartige Vorhaben zu entwickeln, um dieses erste Projekt als Blaupause verwenden zu können.

PARTNERSCHAFT MIT SIEMENS MOBILITY Bislang hat Siemens Mobility einen Auftrag in Höhe von 3 Mrd. US-\$ für 73 Züge erhalten – weitere 140 Züge gelten als Option. Nun hieß es, dass weitere Aufträge für die US-amerikanische Amtrak erwartet werden. Der Infrastrukturplan der Regierung Biden stellt dafür Mittel zur Verfügung. Auch wenn dies anfangs eventuell zunächst als Hybridversion oder batterieelektrisch läuft, so ist hiermit eindeutig die Perspektive verbunden, dass die Brennstoffzelle und damit Wasserstoff in den nächsten Zugenerationen im wahrsten Sinne des Wortes zum Zuge kommen. Forsee Power (s. oben) bietet sich als perfekter Batterielieferant an – übrigens auch für Alstom, die ja mit der Cummins ebenfalls Brennstoffzellensysteme für Züge liefern. Und Ballard liefert dann die BZ-Stacks für die Loks.

FORSCHUNGSPROJEKT FÜR BACKUP-POWER-SYSTEM In Rechenzentren werden bislang Dieselmotoren für die unterbrechungsfreie Stromversorgung vorgehalten. Hier sollen nun die PEM-BZ-Brennstoffzellen von Ballard hinzugezogen werden. Rechenzentren benötigen nicht nur Unmenge an Energie (hier ist Bloom Energy perfekt positioniert, s. Abb. 2 und Interview auf S. 46). Es muss auch sichergestellt sein, dass es zu keinem Stromausfall kommt, da dies für zahlreiche Unternehmen einem Super-GAU gleichkäme. Ballard hat hier einiges zu bieten. Mit Microsoft und Caterpillar starten die Kanadier einen dreijährigen Testlauf in einigen Datenzentren, was vom Department of Energy (DOE) finanziell unterstützt wird. Für Ballard ein weiterer Markt mit sehr großem Wachstumspotential.

Fazit: Ballard positioniert sich durch eine Reihe von Kooperationen, strategischen Partnerschaften und Akquisitionen u. a., um zu einem späteren Zeitpunkt (2023 ff.) als perfekter Partner für die Integration der Brennstoffzellensysteme in verschiedenen Produkten und Märkten und auch Kapazitäten richtig aufgestellt zu sein. Somit ist der Hochlauf in den Auftragsbüchern für die Stacks und Komponenten nur eine Frage der Zeit. Randy MacEwen sagte dazu: „Wir stellen den Kunden in den Mittelpunkt unserer Strategie und unserer Investitionen.“ >>

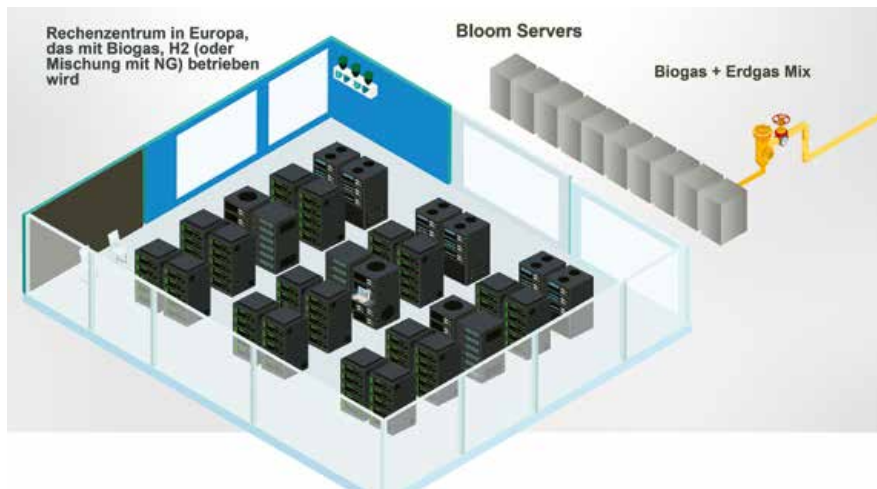


Abb. 2: Solche Rechenzentren sind bereits in Bearbeitung [Quelle: Bloom]

BLOOM ENERGY – MILLIARDEN-DEAL SORGT FÜR KURSEXPLOSION

Bloom Energy konnte den südkoreanischen Kunden und langjährigen Unternehmenspartner SK ecoplant als Aktionär gewinnen und dank der guten bestehenden Zusammenarbeit gar einen Auftrag im Volumen von 4,5 Mrd. US-\$ (Hard- und Software wie auch Serviceverträge) für vorerst 500 MW für sich verbuchen. Dieser Auftrag soll indes nur der Anfang sein, also weiteres Potential haben. SK ecoplant als Teil der SK Group ist der größte Energiekonzern Südkoreas und plant Multi-Milliarden-Investitionen in den Komplex Brennstoffzelle und Wasserstoff. Man spricht von 25 Mrd. US-\$.

Dieses Investment passt zur Strategie Südkoreas, sich hier zum weltweiten Vorreiter zu machen: Bis 2040 sollen über 6 Mio. Fahrzeuge mit Wasserstoff auf den dortigen Straßen fahren. 15 GW via Wasserstoff sind das erklärte Ziel bis 2040, wie auch 1.200 H₂-Tankstellen. SK plant allein 1.600 seiner über 3.000 Tankstellen mit Wasserstoffzapfsäulen auszustatten. Da SK zudem in diversen weiteren Märkten aktiv ist, kann sich Bloom viele weitere gute Entwicklungen ausmalen.

Beide Unternehmen wollen beispielsweise zwei Forschungslabore – in den USA und in Südkorea – auf den Weg bringen, die mit externen Partnern das eigene Know-how durch neue Geschäftsmodelle verbessern und ausbauen. Da spielt auch die Elektrolysetechnologie von Bloom, die ab 2022 in den Markt kommt und als sehr leistungsfähig gilt, eine maßgebliche Rolle.

SK ecoplant wird zudem größter Einzelaktionär bei Bloom Energy: Bis zu 15 Prozent am Grundkapital werden die Asiaten halten. Eine erste Tranche dieses mit 500 Mio. US-\$ geplanten und ausgewiesenen Investments in Höhe von 255 Mio. US-\$ ist im Dezember 2021 geflossen.

Zwischenergebnis all dieser Entwicklungen war ein Kursanstieg der Aktie von Bloom von 18 bis auf 37 US-\$, der dann aber wieder einen Rückgang auf 24 US-\$ sah. Damit wieder ein idealer Kurs für Neu- und Zukäufe. Vielleicht haben wir es sogar mit einer 50%-Reaktion zu tun, die oft nach einem sehr starken Kursanstieg eintritt und die Hälfte des Kursgewinns wieder abgibt, da kurzfristig handelnde Anleger (Day-Trader) ihre Gewinne sichern. Danach geht es perspektivisch aber wohl wieder aufwärts, zumal die Nachrichten ausgesprochen positiv sind.

Diese Entwicklung werden auch die Shortseller gespürt und ausgenutzt haben. Die hatten noch zum Zeitpunkt der Bekanntgabe des SK-Deals über 18,4 Mio. Aktien leer verkauft und den Short Interest nun auf 14,4 Mio. >>

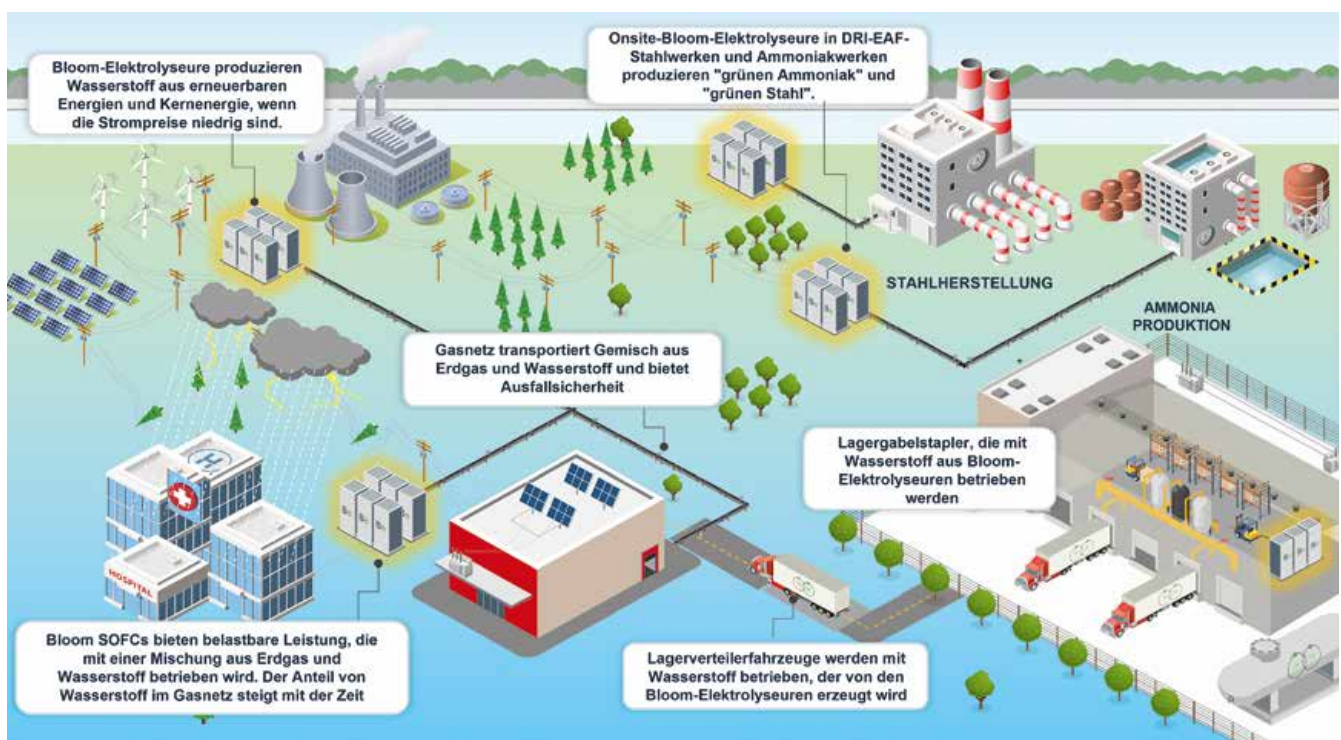


Abb. 3: Energieversorgungskonzept von Bloom [Quelle: Bloom]



f-cell 2022

Wasserstoff und Brennstoffzellen – Live-Event!
Seit über 20 Jahren der internationale Branchentreffpunkt

- Hochkarätige Konferenz
- Internationale Fachmesse
- Spannende Workshops
- Netzwerken & Matchmaking

Standplätze auf den Messen
in Deutschland und Kanada
sind noch verfügbar –
Buchen Sie jetzt Ihren Standplatz!



f-cell.de | @fcell_Germany
hyfcell.com | @hyfcell_Canada



The 4th Annual International
Hydrogen & Fuel Cell Event
Edmonton (Alberta) Kanada
25.+26. Mai 2022

Aktien gesenkt, also eingedeckt. Jetzt könnten die Perspektiven nach meiner Meinung besser nicht sein.

ZAHLEN UND AUSBLICK Das dritte Quartal fiel aus verschiedenen Gründen mäßig aus, wobei der Umsatz um 11,4 Prozent auf 207,2 Mio. US-\$ anstieg. Allerdings wurden Umsätze in Höhe von 20 Mio. US-\$ in das vierte Quartal verschoben, und der Umsatz um 14,2 Mio. US-\$ muss rechnerisch bereinigt werden, da dieser im dritten Quartal 2020 als außerordentlicher Umsatz verbucht worden ist. Der Non-GAAP-Verlust betrug im dritten Quartal 2021 22,9 Mio. US-\$. Wichtiger ist indes der Ausblick, wonach Bloom massiv die Kapazitäten der Energieserver 5.0 und 7.5 wie auch die für Elektrolyseure ausbaut.

Es waren zwar Lieferkettenprobleme auszumachen wie auch steigende Rohstoffpreise und höhere allgemeine Kosten, allerdings stuft Bloom diese negativen Effekte als temporär ein. Der Bargeldbestand betrug zum 30. September gut 320 Mio. US-\$. 255 Mio. US-\$ kommen ja als erste Tranche der Beteiligung von SK ecoplant dazu. Der Umsatz werde indes nun weniger stark steigen, heißt es, was vor allem damit zu tun habe, dass Bloom verstärkt Aufträge u. a. für Installationen an Subunternehmer abgibt, da dieses Geschäft weniger margenstark sei. Bloom verzichtet also auf Umsatz zugunsten der Marge, so dass das Ziel, circa 1 Mrd. US-\$ Umsatz in 2021 zu erzielen, nicht erreicht bzw. knapp verfehlt würde. Mir ist indes Gewinnmarge viel wichtiger als Umsatz.

56

INFRASTRUKTURPLAN DER US-REGIERUNG BIDEN Der mit 1,1 Billionen US-\$ ausgewiesene und genehmigte Plan der Regierung Biden, die marode Infrastruktur in vielen Teilen des Landes zu modernisieren, hat positive Auswirkungen für Bloom wie auch für die gesamte H₂-Branche. Es soll nicht nur in die Stromnetze und deren Sicherheit – Bloom baut ja netzunabhängige BZ-Kraftwerke – investiert, sondern zudem soll auch der Preis für grünen Wasserstoff subventioniert werden, so dass dieser dann mit 3 US-\$ pro kg wettbewerbsfähig gegenüber Erdgas wird. Außerdem gehen 9 Mrd. US-\$ in die F&E, damit grüner Wasserstoff in fünf Jahren für unter 2 US-\$ pro kg (langfristig sogar 1 US-\$/kg) produziert werden kann. Mehrfach positiv für Bloom.

SPRUNG NACH EUROPA VIA UK In England plant Bloom Energy die Partnerschaft mit den Unternehmen Conrad Energy und Electricity North West. Conrad ist der Generalunternehmer sowie Finanzier, während Electricity North West für Service und Installation zuständig ist. Bloom liefert seine Energy-Server sowie Service. Via PPAs (Power Purchase Agreements) soll der Strom aus den BZ-Kraftwerken von Bloom vertrieben werden. Beide Partner verfügen über einen großen Kundstamm sowie Know-how. Seitens Electricity North West hieß

es dazu: „Wir wollen im Vereinigten Königreich im Wettlauf um die Verringerung der Kohlenstoffemissionen führend sein und unseren Kunden helfen, Energiekostensicherheit zu erreichen und sich gleichzeitig auf die Wasserstoffwirtschaft vorzubereiten. Mit diesem Technologieangebot können wir alle drei Ziele auf einen Schlag erreichen.“

Für mich steht fest, dass es nur eine Frage der Zeit ist, bis Bloom auch in anderen europäischen Ländern mit Partnern vor Ort Kooperationen eingeht, um seine Technologie auch dort zum Einsatz zu bringen. Das Venture in Großbritannien soll bereits in Kürze über Aufträge verfügen, so Blooms Mitteilung.

Fazit: Für mich ist Bloom Energy das am besten aufgestellte BZ-Unternehmen mit bestätigtem Geschäftsmodell, Technologie und einem positiven Frontrunner-Image mit sehr hohem Wachstumspotential. Vielleicht wird Bloom das erste Unternehmen der Branche, das nachhaltig in die Gewinnzone kommt. Der gerade wieder erfolgte Kursrückgang ist eine Chance für den Neueinstieg wie auch für eine Aufstockung für Anleger, die sich zwei bis drei Jahre Zeit geben, das Investment einzugehen.

NIKOLA MOTORS POSITIONIERT SICH IM WELTMARKT

Auf den ersten Blick scheint die Nachricht negativ zu sein: Nikola Motors hat sich bereit erklärt, der amerikanischen Börsenaufsicht SEC für das Fehlverhalten des Gründers und ehemaligen Vorstandsvorsitzenden Trevor Milton 125 Mio. US-\$ zu zahlen. Auf der anderen Seite plant Nikola aber, sich dieses Geld zurückzuholen, da Milton wohl noch einen Aktienanteil von zehn Prozent und mehr an Nikola hält, obwohl er wohl einige Aktien verkauft und an Verwandte übertragen hat. Nikola kann diese Aktien zwar nicht einfach einziehen, vielleicht aber einfrieren, bis man sich geeinigt hat.

Die Meldung (SEC-Filling), dass Trevor Milton in den vergangenen Monaten Aktien im Wert von 317 Mio. US-\$ registriert und verkauft haben soll (der jüngste Kursrückgang lässt sich damit auch zum Teil erklären), steht einer Einigung meines Erachtens nicht im Wege, wenn Teile dieses Geldes an Nikola zurückfließen, aber das ist nur meine Theorie – ohne Obligo.

Der Free-Float, also die Zahl der frei-handelbaren Aktien, wird somit zunehmen, was den Shortsellern recht sein kann, haben diese doch gut 60 Mio. Aktien leer verkauft (Stand: November 2021), was etwa 30 Prozent dieses Free-Floats entspricht. Kritiker mögen einwenden, dass die Einigung mit der SEC mancher Sammelklage (Class Action Suit) Auftrieb geben könnte, da darin eine Art Eingeständnis gesehen werden kann. Auch hier argumentiere ich mit den Aktien, die Milton eventuell noch direkt hält, und dass man sicherlich einen Weg findet, dieses Kapitel zu beenden – aber das ist meine eigene Theorie, ohne Obligo.

Nikola selbst setzt unaufgeregt seinen Businessplan um, was sich in diversen Kooperationen sowie dem Ausbau der Fabrik in Coolidge ausdrückt. Mit TC Energy, einem großen kanadischen Gaspipelinekonzern, plant Nikola, grünen Wasserstoff im Umfang von 150 Tonnen am Tag zu produzieren. Es gab neue Aufträge für batterieelektrische wie auch wasserstoffbetriebene Lkw, und jüngste Meldungen besagen, dass inzwischen das Firmenhauptquartier in Phoenix für 25 Mio. US-\$ erworben wurde.



Abb. 4: Nikola-Firmensitz in Phoenix, Arizona [Quelle: Nikola]



Abb. 5: Hyvia-Transporter von Renault und Plug [Quelle: Hyvia]

Außerdem bereitet Nikola den Ausbau des Servicenetzes weiter vor und agiert ähnlich wie Daimler Truck, die mit dem französischen Mineralölkonzern Total ein Netz von 150 H₂-Tankstellen in Europa auf den Weg bringen wollen. Parallel plant der schwäbische Fahrzeugbauer mit dem britischen Mineralölunternehmen BP 25 H₂-Tankstellen in Großbritannien, um auch dort das Henne-Ei-Problem selbst zu lösen, denn kein Logistiker wird BZ-Lkw ordern, wenn er den Treibstoff nicht kaufen kann und dieser nicht flächendeckend erhältlich ist.

FINANZIERUNG GESICHERT Eine Gemeinschaft von institutionellen Anlegern (3i und Tumim Stone Capital) hat durch zwei Finanzierungsprogramme Nikola bis zu 600 Mio. US-\$ via Aktienkauf zugesagt. Nikola kann Aktien ausgeben und

bei diesen Großinvestoren nach eigenem Ermessen, Zeitpunkt und Preis betreffend, platzieren. Ich sehe da einen sehr geschickten Schachzug dieser Investoren, finanzieren sie doch nicht nur die Umsetzung des Businessplans, sondern erlangen peu à peu auch einen großen Einfluss auf Nikola. Ich wage die Prognose, dass diese Anleger noch viel mehr Kapital als die bekannten 600 Mio. US-\$ in die Hand nehmen werden, um Nikola zum Erfolg und zum Durchbruch zu verhelfen. Am Ende des Tages halten diese dann – so meine Vermutung – 15, 20, 25 Prozent und mehr an Nikola und können dieses Aktienpaket später mit einem schönen Paketaufschlag an einen strategischen Investor weiterreichen. Also eine perfekte Win-win-Situation – in case.

PLUG POWER – VIELE PROJEKTE WELTWEIT. ZU VIELE?

Plug Power profitiert davon, dass verschiedene Analysten das Unternehmen für 2023/24 als einen Frontrunner in der amerikanischen Wasserstoffwirtschaft sehen, der durch den Aufbau von eigener Elektrolysekapazität zur Produktion von grünem Wasserstoff perspektivisch sehr gut aufgestellt sein dürfte. In neun Jahren sollen gar 9 Mrd. US-\$ Umsatz möglich sein. Bis dahin soll ein Wasserstoffpreis von 1 US-\$ pro kg erreichbar sein, so Evercore-Analyst James West.

Die Kursziele für die Aktie liegen zwischen 42 und gar über 70 US-\$. Klar ist, dass Plug vom gerade in den USA verabschiedeten Infrastrukturprogramm profitieren wird, da viel Geld in die F&E fließt, den Preis für grünen >>

57

ees[®]
electrical energy storage

Europas größte und internationalste Fachmesse
für Batterien und Energiespeichersysteme
MESSE MÜNCHEN

11–13
MAI
2022
www.ees-europe.com

MIT GREEN HYDROGEN FORUM & EXPO

- Von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren bis zu Power-to-Gas
- Grüner Wasserstoff als Schlüssel für ein klimaneutrales Wirtschaftssystem
- Für Zulieferer, Projektierer, Hersteller, Produktentwickler, Händler und Installateure
- Treffen Sie 50.000+ Energieexperten und 1.450 Aussteller auf vier parallelen Fachmessen

Wasserstoff subventioniert (hydrogen tax-subsidies/Production-tax-credit) und den Aufbau der H₂-Wirtschaft wie auch entsprechende Anwendungen fördert. Plug hat zudem noch über 4 Mrd. US-\$ auf der Bank, die die Wachstumsprognosen untermauern. Somit sollte 2022 ein Umsatz von 900 bis 925 Mio. US-\$ statt 825 bis 850 Mio. US-\$ möglich sein.

Auf der anderen Seite erscheint mir die Abhängigkeit von einzelnen Großkunden wie Amazon immer noch viel zu hoch. Da kommen zwar hohe Billings rein (Aufträge für die Umwandlung von Gabelstaplern), allerdings lassen diese keine ausreichende Gewinnmarge erkennen. Manche Stacks werden ausgetauscht, wovon wohl immer noch Ballard Power profitiert, da diese ja Plug in den ersten Jahren die Stacks geliefert haben, bevor Plug Power selbst in die Produktion in sogenannten Gigafactories einstieg (s. letztes Quartalsergebnis bei Ballard).

Interessante Nachrichten wie über die Planung einer Machbarkeitsstudie für den Einsatz in der Luftfahrtindustrie zusammen mit Airbus sind sicherlich sehr positiv einzuschätzen – aber Aufträge werden nicht gleich morgen kommen, so meine Einschätzung. Klar positiv ist die Meldung, dass Plug Power und der Ölkonzern Phillips 66 ein Joint Venture für den Ausbau einer H₂-Infrastruktur planen. Fazit: Mit circa 24 Mrd. US-\$ ist Plug völlig ausreichend bewertet und nimmt bereits viele positive Entwicklungen im Kurs vorweg. Die Aktie wird bei einer weiterhin zu erwartenden positiven Stimmung gegenüber dem ganzen Marktsegment der H₂- und BZ-Aktien mitlaufen. Ich bleibe zurückhaltend, weil mir manches Wording aus dem Unternehmen zu ballonhaft erscheint. Meine Vision, wonach sich Plug bei Nikola Motors und auch bei Hyzon Motors beteiligen sollte, bleibt bestehen. Über diesen Weg könnte sich Plug im Bereich Nfz (neben der Partnerschaft mit Renault bei Transportern) positionieren wie auch die H₂-Infrastruktur gemeinsam mit den Partnern aufbauen – aber das ist nur eine strategische, mehrfach hier geäußerte Überlegung von mir.

58

FUELCELL ENERGY – KANN EXXONMOBIL DEN KURS TREIBEN?

Mit ExxonMobil ist FuelCell Energy bereits gut in Sachen Carbon Capture im Geschäft. Nun hat ExxonMobil einen Sechsjahresplan veröffentlicht, nach dem der Konzern 15 Mrd. US-\$ in diesen Themenkomplex investieren will. Meines Erachtens entsteht dadurch für FuelCell Energy das Potential für manchen Ergänzungs- und Großauftrag.

Die Börsenbewertung von FuelCell Energy liegt mit über 3,5 Mrd. US-\$ zwar ähnlich wie die von Bloom Energy mit 4,5 Mrd. US-\$. Erstere erreichen allerdings circa 100 Mio. Umsatz, während Bloom nächstes Jahr die 1-Mrd.-\$-Schwelle überschreitet und in die Gewinnzone kommen könnte, so die Prognose. Klar ist auch: Die Aktie von FuelCell Energy ist beliebt bei Trading-Plattformen wie Reddit und Robinhood, was sich an Tagesumsätzen von bis zu über 100 Mio. Aktien klar widerspiegelt. Auf der anderen Seite muss man anerkennen, dass die Bilanz von FuelCell Energy mit einer Liquidität von wohl über 400 Mio. US-\$ als gesund angesehen werden kann.

Für Trader geeignet, Langfristanleger sollten eher in Bloom investieren, zumal beide Unternehmen zum Teil ähnliche Geschäftsfelder bedienen und natürlich an diesem Megatrend wie auch durch die Pläne der US-Regierung Biden profitieren.

WIKIFOLIO BZVISION – BODENBILDUNG LÄUFT

Das Wikifolio BZVision hat sich spiegelbildlich zu dem allgemeinen Verhalten der Aktien aus dem Bereich der Brennstoffzelle und Wasserstoff entwickelt. Über 50 Prozent p. a. beträgt indes immer noch das Plus, obwohl es zu einem scharfen Rückgang Anfang 2021 kam und das Investment in Verkaufsoptionsscheine auf Tesla arg gelitten hat, nachdem der Kurs des E-Autobauers auf über 1.200 US-\$ bzw. der Marktwert auf 1,1 Billionen US-\$ anzog. Verkaufsoptionen auf Tesla habe ich erneut ins Depot gekauft – einerseits als Sicherheit bzw. Absicherung gegenüber der allgemeinen Börsenentwicklung und andererseits als Spekulation auf stark fallende Kurse bei Tesla.

Im Oktober 2021 hat der CEO und charismatische Unternehmer Elon Musk seine circa 63 Millionen Follower [Twitter] gefragt, ob er denn Aktien verkaufen sollte, und diese erteilten ihm mehrheitlich (57 % der an der Umfrage Beteiligten) die Absolution zu verkaufen. 10 Mrd. US-\$ mögen da bereits auf sein Privatkonto geflossen sein. Vorstandskollegen haben es im nachgetan und 1 Mrd. US-\$ realisiert. Für mich ein Warnsignal.

Kurzum: Etwa fünf Prozent des Depots sind nun erneut in Verkaufsoptionen auf Tesla investiert: Emittent: Société Générale. Laufzeit: 16.09.2022. Basispreis: 1.000 US-\$. Verhältnis: 1:100, d. h. pro 100 Optionscheine bezieht sich dies auf jeweils eine Aktie. Der Kauf erfolgte bei circa 1,40 Euro/Schein und notiert bei 1,90 Euro zum Zeitpunkt dieses Berichtes. Ansonsten wurden ein paar Ballard-Aktien verkauft und in den Zukauf von Bloom Energy und Nikola Motors reinvestiert, um eine bessere Gewichtung der Einzeltitel darzustellen. Sollte das Investment in Tesla-Verkaufsoptionen Früchte tragen, dann geht der Gegenwert in Ballard, Bloom und Nikola und ergänzend in Weichai Power.

BURCKHARDT COMPRESSION – AUFTRAGSEINGANG BOOMT

Die Aktie dieses Marktführers in Sachen Verdichtung hat sich nach der erstmaligen Erwähnung hier im HZwei-Magazin trefflich im Kurs entwickelt: von ca. 300 auf über 400 SFR. Burckhardt Compression profitiert von einem Auftragsboom für Kompressoren, aber auch vom Servicegeschäft. Im ersten Halbjahr 2021 konnte hier eine beachtliche Steigerung der Auftragsgänge in Höhe von circa 80 Prozent auf 450 Mio. SFR erzielt werden. Für das laufende zweite Halbjahr wird eine „starke Zunahme der Aktivitäten im Bereich Wasserstoffmobilität und Energie“ erwartet.

Fazit: Das Unternehmen wird seinen Weg gehen und vom Hochlauf der H₂-Wirtschaft in der Welt profitieren, wobei man auch in China aktiv ist – hier erfolgte eine Akquisition schon vor einiger Zeit. Ich kann mir das Unternehmen gut als Übernahmekandidaten für ein Großunternehmen vorstellen, welches als globaler Player das Know-how von Burckhardt Compression perfekt in die eigene Produktwelt in Sachen Wasserstoff integrieren könnte. Als kleine Beimischung weiterhin geeignet.

HYZON MOTORS – RAUS AUS DER BEOBACHTUNGSRolle

Hyzon Motors, der in Singapur gegründete Hersteller von wasserstoffgetriebenen Nfz (Börsengang via SPAC in New York), ist im Kurs arg gedrückt worden, nachdem ein Hedgefonds (Shortseller?) namens Blue Orca Vorwürfe lanciert hat, wonach u. a. ein Auftrag für 20 Hyzon Trucks nicht von dem genannten Kunden Hiringa Energy stamme, sondern von einem anderen. Zudem wurde auch ein Abkommen über 400 Lkw (Absichtserklärung) für einen chinesischen Kunden infrage gestellt. Parallel haben sich eine Reihe von Anwaltssozialitäten Sammelklagen (Class Action Suits) angeschlossen, deren Ziel und Sinn mir nicht nachvollziehbar erscheint. Wollte da jemand günstige Einstiegskurse oder fallende Kurse via Shortselling initiieren?

Der Kurs ging jedenfalls von 10 US-\$ bis auf 5 US-\$ runter. Das Unternehmen setzt indes seinen Businessplan (vergleichbar mit Nikola Motors) unaufgeregt um. So entstehen Produktionsstandorte in Asien, in Europa sowie in den USA. Für 62 Trucks gab Shanghai Hydrogen Hongyun Automotive den Auftrag. Mit TC Energy hat man ein Abkommen für die Lieferung von Wasserstoff abgeschlossen (auch Nikola hat dies ja mit TC Energy vereinbart), um gemeinsam H₂-Tankstellen wie auch den Wasserstoff zu liefern. Mit Zhangjiagang Haili Terminal Co, einer Tochter des weltweit viertgrößten Stahlkonzerns Sha Steel Group, plant man ein gemeinsames Pilotprojekt. >>



Abb. 6: Die Ark Energy Corp., eine australische Tochtergesellschaft von Korea Zinc Co. Ltd., sicherte sich fünf Schwerlastwagen von Hyzon Motors [Quelle: Ark Energy]

59



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 Brennstoffstellen-Verband (DWV)

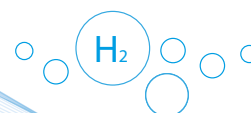
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

Telefon +49 030 62959482
Telefax +49 030 62959483

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



@DWV_H2



Mit Itochu plant man den Einsatz der BZ-Systeme von Hyzon in Minenfahrzeugen. Und der Partner Hiringa in Neuseeland erhielt ein Invest des japanischen Mitsui-Konzerns für den Aufbau einer H₂-Infrastruktur. Zudem kommt aus Australien die Meldung, dass Prototypen von schweren Lkw von Hyzon für Ark Energy in Queensland durch zwei staatliche Stellen gefördert werden.

Bis Jahresende sollen insgesamt 85 Fahrzeuge ausgeliefert werden und damit in den USA, Europa, Australien und Asien auf den Straßen fahren. Die Produktionsstätten u. a. in Rochester, NY/USA, und in den Niederlanden befänden sich planmäßig im Aufbau, heißt es. Auf der Bank verfügt Hyzon per 30. September 2021 über Barmittel in Höhe von circa 500 Mio. US-\$. Circa 247,5 Mio. Aktien wurden bis zu diesem Termin ausgegeben, wodurch das Unternehmen mit unter 2 Mrd. US-\$ bewertet wird.

Fazit: Hyzon setzt auf die in 20 Jahren gewonnene Erfahrung in Brennstoffzellentechnologien und im Wasserstoffmanagement für den Einsatz in Nfz. Die Asiaten sind somit neben Nikola ein interessanter Player in diesem Sektor, der vor allem von der Brennstoffzelle und Wasserstoff im Schwerlastverkehr profitiert (laut McKinsey werden schwere Lkw bis zum Jahr 2050 zu über 70 % mit Wasserstoff fahren). Als spekulatives Investment interessant, auch wenn Sammelklagen noch für Unsicherheit sorgen und auch Kosten verunsichern. Diese müssen ja letztendlich vom eigenen Aktionär bezahlt werden, so dass manche Sammelklage hinterfragt werden sollte und einer Art Abmahnung entspricht, so mein Gefühl.

60

SIEMENS ENERGY – INTERESSANTES EINSTIEGSNIVEAU

Liest man über all die Großprojekte in Sachen Wasserstoff, die da auf den Weg gebracht werden, kommt man unschwer an Siemens Energy vorbei. Aufträge wie jüngst im Wert von 700 Mio. Euro sollten an der Tagesordnung sein. Auch die Probleme der Windkrafttochter Gamesa sehen lösbar aus, da der Markt unabhängig von kurzfristigen Problemen (Preiserhöhungen bei Rohstoffen und Zulieferteilen) stark wächst. Hier würde ich dem Unternehmen den Vorschlag machen, Windanlagen in bestehende Projekte und Angebote via PPA von vornherein zu integrieren. Dann könnte man eine Anlage aus einer anderen Ertragsicht und Marge sehen.



Abb. 7: Der PEM-Hydrolyseur Silyzer 200 in Werlte
[Quelle: Siemens Energy]

Siemens Energy wird meines Erachtens gerade angesichts der riesigen Pläne von Ländern des arabischen Raums als großer, erfahrener Player gesehen, der manchen Großauftrag erhalten wird. Für die USA gilt dasselbe. Auch dort ist der Konzern stark vertreten.

Der Verlust für das Geschäftsjahr per Ende September in Höhe von 500 Mio. Euro (673 Mio. Euro Verlust als Sondereffekt) zeigt aber den Trend auf, wenn man diese Zahlen mit der Vorjahreszeit und dem Verlust in Höhe von 1,9 Mrd. Euro (mit hohen außerordentlichen Aufwendungen) vergleicht. Siemens Energy setzt auf eine nachhaltig erzielbare operative Gewinnmarge von drei bis fünf Prozent und kann sich darüber freuen, dass das Konzept seiner Wasserstofffabrik „H2ready“ vom TÜV Süd zertifiziert worden ist – das erste Projekt seiner Art als Blaupause für mehr.

Das Unternehmen wird von dem enormen Wachstum in allen Bereichen der H₂-Wirtschaft und regenerativer Energien als One-Stop-Shopping-Partner profitieren, der Gesamtlösungen anbietet, was saubere Energie und deren Produktion und Verarbeitung bzw. Nutzung anbelangt. Allein die Multi-100-Mrd.-Investitionspläne arabischer Länder wie Saudi-Arabien, U.A.E und Qatar spielen Siemens Energy in die Hände. Als Kauf einzustufen. Anlagehorizont: mittelfristig – zwei bis drei Jahre mit dem Ziel, den bisherigen Höchstkurs zu überschreiten.

WEICHAİ POWER – KURSWENDE

Ging es in den vergangenen Monaten stetig nach unten im Kurs von Weichai Power, so kam es in den vergangenen Wochen zu einem starken, spürbaren Kursaufschwung in Höhe von über 35 Prozent. Weichai als führender Produzent von Dieselmotoren in China ist das perfekte Pendant zum amerikanischen Cummins, das sehr aggressiv das Thema Wasserstoff und Brennstoffzelle ausbaut und damit die Zukunftsstrategie auch von Weichai deckt. Die Akquisition der kanadischen Hydrogenics war bei Cummins der Einstieg in die H₂-Welt; bei Weichai war es die Beteiligung an Ballard Power (aktuell wohl circa 15%) und die gemeinsame Produktion von Nfz-Stacks in einem Joint Venture (51:49).

Fazit: Weichai Power ist für mich mit über 20 Mrd. Euro Jahresumsatz und gutem Gewinn ein Seismograph in Sachen Brennstoffzelle in China und als Blue Chip der Branche einzustufen. Das Joint Venture mit Ballard könnte mal an die Börse gehen. Allein die Beteiligungen an Kion wie auch an Ceres Power und an Ballard haben einen Wert in Höhe von über 5 Mrd. Euro. ||

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.

HOHE WASSERSTOFF-REINHEIT UND TIEFER ENERGIEVERBRAUCH

 HYDROGEN
ENERGY
STORAGE

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 (450 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

Compressors for a Lifetime™

 **Burckhardt
Compression**

INITIATIVE FÜR H₂-EXPORTE NACH DEUTSCHLAND

Interview mit Stijn van Els, Direktor des Rotterdamer Hafens

Rotterdam verfügt über den größten Hafen Europas, der auch für die deutsche H₂-Strategie eine Schlüsselrolle spielt. Seit Januar 2020 arbeitet Stijn van Els dort als Director Commercial Delivery beim Hafen, der zu rund 70 Prozent der Gemeinde Rotterdam und zu 30 Prozent dem niederländischen Staat gehört. Der Niederländer, der bereits an der Hochschule Deutsch gelernt hat, fing nach seinem Physikstudium in Delft als Diplomingenieur bei Shell an. In 30 Jahren hat er in aller Welt gearbeitet, unter anderem in Hamburg als Chef von Shell Deutschland. HZwei sprach mit ihm über die Rolle des Hafens für die europäische H₂-Wirtschaft.



Abb. 1: Blick auf den Rotterdamer Hafen
[Quelle: Danny Cornelissen, Port of Rotterdam]

HZwei: Rotterdam ist das Drehkreuz für Energieimporte in Europa. Wie ist der Hafen in die H₂-Gesamtstrategie der Niederlande eingebunden?

Van Els: Die Aufgabe des Hafens Rotterdam wird es sein, Wasserstoff aus Ländern, in denen mehr und länger die Sonne scheint beziehungsweise der Wind weht, zu importieren. Die Niederlande sind, wie auch Deutschland, Importeur von Energie, sei es bei Gas, LNG oder Erdöl. Das wird sich auch in Zukunft nicht so einfach ändern lassen, weil das Potential der lokalen Produktion von Wasserstoff naturgemäß beschränkt ist. Diesen Import zu ermöglichen – im Übrigen auch für Deutschland – wird unsere Aufgabe sein. Nur der Energieträger wird sich künftig ändern, aber die Verteilung des grünen Wasserstoffs oder auch von grünem LNG oder Ammoniak wird weiter nötig sein. Zur Wahrheit gehört aber auch, dass es sich bis 2030 vermehrt um blaues H₂ handeln wird.

Wie viel H₂ wird derzeit im Hafen pro Jahr produziert?

Ungefähr 1 Mio. Tonnen H₂ werden derzeit aus Erdgasreformierung gewonnen. Das entspricht einer elektrischen Leistung von 10 bis 15 Gigawatt. 2050 sollen 20 Mio. Tonnen H₂ verarbeitet werden, 90 Prozent importiert. Zum Vergleich: Derzeit verarbeiten wir jedes Jahr rund 100 Mio. Tonnen Rohöl im Hafen. Rotterdam ist der größte Energiehafen in Europa, hier kommen rund 14 Prozent der benötigten Energie aller Sektoren für ganz Europa an. Es geht also um Strom, Wärme und Mobilität. Bis 2050 soll diese Energie fast komplett aus regenerativen Quellen kommen – so sieht es der New Green Deal der EU vor.

Wie steht es um die Akzeptanz für die Energiewende und grünes H₂?

Bei Umfragen auf dem Papier ist die Akzeptanz sehr hoch. Bei der Umsetzung und Implementierung sieht es anders aus. Das geht nicht immer so schnell, wie wir uns das als Hafenbetreiber Rotterdams wünschen würden. Immerhin reden wir hierzulande nicht mehr nur, sondern wir sind nun in einem Umsetzungsmodus angekommen. Die Politik möchte das weiter beschleunigen, aber Stand Ende Oktober 2021 sind wir auch in Holland noch mitten in den Koalitionsverhandlungen, die sich schon über ein halbes Jahr hinziehen.

Der Energiekonzern Shell will eine 200-MW-Elektrolyseanlage im Industriehafen Maasvlakte II bei Rotterdam bauen. Was bedeutet das für den Hafen Rotterdam und die künftige strategische Ausrichtung?

Es gibt verschiedene Pläne. Die Anlage von Shell wird wahrscheinlich der erste große Elektrolyseur sein, aber auch BP und andere Unternehmen wollen investieren. Grund ist unter anderem der geplante Ausbau der Offshore-Windenergie in den Niederlanden auf 50 GW elektrischer Leistung. Dieser Strom soll auch in Elektrolyseure fließen, um grünes H₂ zu produzieren. Das kann einerseits als flexibler Strompuffer dienen und andererseits als Power-to-X auch für Wärme und als Treibstoff genutzt oder weiterverarbeitet werden. Im Energiepark von Rotterdam wollen wir bis 2030 Elektrolyseure mit insgesamt 2 GW installieren. Die erste Anlage soll 2025 in Betrieb gehen.

Werden Sie als Hafenbetreiber auch in die H₂-Infrastruktur investieren?

In Elektrolyse selbst werden wir nicht investieren, das machen private Unternehmen. Wir sind eine öffentliche Behörde, aber wir sind Eigentümer der Flächen und vermieten diese. Die Einnahmen werden wir auch in die H₂-Infrastruktur im Hafen investieren. Unter anderem ist eine neue, 40 Kilometer lange Pipeline zwischen Maasvlakte und Pernis geplant, die mehrere große H₂-Verbraucher versorgen wird.

Welche Pläne, Vorgaben und Strategien haben Sie als Hafenbetreiber, um bis 2050 klimaneutral zu werden?

Der sogenannte niederländische Klimaakkord für 2030 gilt auch für uns. Der sieht die Reduzierung der CO₂-Emissionen um 49 Prozent vor, wozu wir als Industriestandort besonders effizient etwas beitragen können: Die dichte Konzentration der Industrie macht es möglich, bis zu 40 Prozent der gesamten nationalen CO₂-Einsparungen der Niederlande allein im Hafen von Rotterdam zu erreichen, weil die großen Verbraucher im Vergleich zu den normalen Haushalten viel mehr Emissionen verursachen. Zudem setzen wir gerade ein CCUS-Projekt um. Es geht dabei um die Nutzung oder die unterirdische Speicherung, kurz CCUS für neudeutsch Carbon Capture Utilisation and Storage, von CO₂.

CCS ist ein umstrittenes Thema, mit oder ohne CO₂-Nutzung. In Deutschland sind diese Pläne seit Jahren vom Tisch. Vattenfall hat sein Pilotprojekt beendet.

Der Koalitionsvertrag und das Klimaabkommen in Holland unterstreichen die Bedeutung von CCUS für die Energiewende. Wir, also der Hafenbetreiber, sowie Gasunie und der Staatskonzern EBN entwickeln das Projekt, um CO₂ aus

der Industrie im Hafen zu transportieren und in leeren Gasfeldern unter der Nordsee zu speichern. Mitte 2022 könnte der Bau des Projekts starten, ab 2024 soll die Anlage in Betrieb gehen. Die Abscheidung soll bei den Wasserstoffproduzenten und Raffinerien im Hafen erfolgen. Die vier Unternehmen Air Liquide, Air Products, ExxonMobil und Shell sind ebenfalls Projektpartner.

Wie werden die Projekte und der Ausbau der erneuerbaren Energien gefördert?

Die Förderung ist bei uns anders organisiert als in Deutschland. Das Regime nennt sich SDE++. Es handelt sich neu deutsch um einen Contract for Difference. Die CO₂-Einsparungen werden durch den Preis für ein Zertifikat am EU-Emissionshandel kompensiert. Darunter fallen neben Wind- und Solarparks auch CCS-Projekte und viele andere CO₂-Reduktionstechnologien. Eine garantierte Einspeisevergütung wie das EEG für Ökostromanlagen in Deutschland haben wir nicht.

Produzieren Sie im Hafen selbst auch Ökostrom oder Ökowärme?

Es gibt Pläne für 350 Megawatt Windkraft, die wir im Hafengebiet errichten wollen. Zudem nutzen wir heute schon einen Teil der Abwärme aus der Industrie zum Heizen. Es gibt genug Abwärme, um 600.000 Häuser zu heizen. Für die Dächer bietet sich natürlich Photovoltaik an. Wir planen, mehr als 100 MW zu installieren.

Gibt es für die H₂-Infrastruktur eine Zusammenarbeit mit Deutschland?

Es wird an vielen Stellen gearbeitet. Der Rotterdamer Hafen ist unter anderem Mitglied der deutsch-australischen HySupply-Studie, nicht so die norddeutschen Seehäfen. Die Initiative will deutsche H₂-Importe aus Australien fördern. Dann gibt es den geplanten Delta-Korridor. Das ist eine Pipeline, die den Hafen Rotterdam, den Industriepark Chemelot Limburg bei Maastricht und Nordrhein-Westfalen verbinden soll. Sie wird neben H₂ auch CO₂, Propylen und LPG transportieren. Ein Vorteil: Der größte Teil der Trasse deckt sich in der Lage mit einer bereits bestehenden Pipeline, die seit den 1960ern jährlich Dutzende Millionen Tonnen Rohstoffe wie Öl und Gas zwischen Rotterdam und NRW transportiert.

Das erleichtert den Bau und die Planung. Wie sieht die aktuelle Planung für den Aufbau des europäischen Wasserstoffbackbones aus?

Soweit ich weiß, gibt es noch keinen konkreten Plan für den Aufbau eines europäischen Wasserstoffnetzes. Der Delta-Korridor, der Nordrhein-Westfalen mit Rotterdam und dem Industriestandort Geleen verbinden soll, soll ab 2026 betriebsbereit sein und ist wahrscheinlich eine der ersten neuen grenzüberschreitenden Wasserstoffpipelines. Es gibt zwar bereits private grenzüberschreitende Pipelines für relativ kleine Mengen Wasserstoff in Europa, aber mit den erwarteten Importen in Nordwesteuropa und der Produktion in südlichen Ländern wie Portugal und Spanien sind weitere Initiativen für Pipelines zu erwarten. Die Unternehmen, die das europäische Erdgasnetz betreiben, erwägen die Wiederverwendung dieses Netzes, aber wir glauben, dass die Kapazität des Erdgasnetzes zu gering ist, um den Bedarf zu decken. Wasserstoff ist nicht nur ein Ersatz für Erdgas, sondern auch für einen großen Teil der derzeit verwendeten Ölprodukte und Kohle. Die EU sollte diese neuen internationalen Wasserstoffpipelines fördern, denn sie sind notwendig, um die Klimaziele der EU und der einzelnen Länder zu erreichen.



Abb. 2: Stijn van Els
[Quelle: Port of Rotterdam]

Und wie sieht die Infrastruktur für Rohöl-Transporte nach Deutschland Stand heute aus?

Es gibt zwei Pipelinesysteme mit einer Gesamtlänge von 457 Kilometern für den Rohöltransport von Rotterdam zu Raffinerien in Westdeutschland. Die Anlage hat eine Transportkapazität von rund 25 Mio. Tonnen Rohöl pro Jahr sowie 10 Mio. Tonnen anderer Produkte.

Sie haben den niederländischen Klimaakkord bereits angesprochen. Wie viel grünes H₂ könnten die Niederlande bereitstellen?

Das Ziel sind 20 Mio. Tonnen H₂ 2050, wovon 2 Mio. Tonnen lokal produziert und 18 Mio. Tonnen importiert werden sollen. Ich rechne damit, dass von diesem Volumen 12 Mio. Tonnen nach Deutschland weitertransportiert werden. Um die steigende Nachfrage nach Wasserstoff sicher bedienen zu können, hat Rotterdam Partnerschaften mit verschiedenen Ländern geschlossen: darunter Portugal, Island, Marokko, Oman sowie Australien, Chile, Brasilien, Norwegen und Kanada. Diese Importfunktion des Hafens sichert auch die zukünftige Position Rotterdams als Energiehafen Nordwesteuropas. Im Übrigen würde sich die Menge bei grünem Ammoniak im Vergleich zu H₂ um den Faktor 7 erhöhen, um dieselbe Energiemenge zu haben. Dann reden wir über ein Importvolumen von 140 Mio. Tonnen. Das wäre aber immer noch weniger, als wir heute verarbeiten. Aktuell gehen 200 Mio. Tonnen Öl durch unseren Hafen.

Wie stehen Sie zu blauem H₂? Grünes H₂ wäre doch besser für das Klima?

Die Diskussion um die Farbe wird leider immer etwas zu vereinfacht geführt. Hier sind wir mitten in der europäischen Diskussion um die Zertifizierung, darum, was grüner Wasserstoff eigentlich ist. Die Franzosen werben für CO₂-armen Wasserstoff aus Atomenergie. Wichtig ist aus meiner Sicht, dass bei jeder Tonne H₂ ausgewiesen wird, wie groß der CO₂-Fußabdruck ist. Das wäre transparent und ein echter Fortschritt. In einer von uns beauftragenden Studie wird so eine H₂-Börse mit CO₂-Rucksack vorgeschlagen. Derzeit gibt es ja noch keinen Preis für grünes H₂ – das muss sich ändern.

Wo werden wir die ersten kommerziellen Märkte für Wasserstoff sehen?

In der Mobilität für Lkw, beispielsweise in der Schweiz, sehen wir das heute schon, weil es die Zero-Emissions-Auflagen in Umweltschutzgebieten in den Alpen so fordern. Ich sehe Märkte auch zeitnah in der Stahlproduktion, um die Heizöfen von Kohle auf grünes H₂ umzustellen. In der Chemieindustrie wird das ebenfalls kommen. Der Treiber dabei ist die Erneuerbare-Energien-Richtlinie RED II der EU. Aus unserer Sicht sollte die gesamte Wertschöpfungskette für die Importe und die Infrastruktur berücksichtigt werden. Als Hafenbetreiber moderieren wir auch den Austausch zwischen allen Beteiligten – das gleicht manchmal einem schwierigen Balanceakt.

Interviewer: Niels Hendrik Petersen

NADELÖHR ROTTERDAM

Die Niederlande stehen bei Wasserstoff in der Poleposition



Abb. 1: Die Hafenbehörde plant unter anderem eine neue, 40 Kilometer lange H₂-Pipeline [Quelle: Eric Bakker, Port of Rotterdam]

Im März 2022 sollen erstmals ein Weltwasserstoffgipfel und eine Weltwasserstoffausstellung in Rotterdam stattfinden. Die Region mit dem größten Hafen Europas will künftig ein Knotenpunkt für Wasserstoff sein – das ist jedenfalls das Ziel der niederländischen Energiestrategie. Den weltweiten Handel mit H₂-Gas sieht die Regierung als Chance. Ein paneuropäisches Pipelineprojekt muss dem nicht entgegenstehen.

Da die H₂-Erzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland bis 2030 nicht ausreichen wird, setzt die Bundesregierung auch auf umfangreiche Importe aus wind- und sonnenreichen Regionen. Im Süden Chiles beispielsweise hat Siemens Energy bereits das Wasserstoff/PtX-Projekt Haru Oni entwickelt. Aus aus Windstrom hergestelltem H₂ und aus der Luft abgeschiedenem CO₂ wird hier schon ein klimaneutraler Kraftstoff produziert.

Wissenschaftler vom Institut der deutschen Wirtschaft (IW), vom Fraunhofer UMSICHT und vom Wuppertal Institut empfehlen der neuen Bundesregierung dringend, alle Vorhaben im Zusammenhang mit Wasserstoff höher zu priorisieren. „Dabei sollten wir uns aber nicht zu stark von einzelnen Herstellungsländern abhängig machen, sondern unser Importportfolio von Anfang an breit aufstellen“, fordert Malte Küper vom IW. Hier sei zudem ein gemeinsames europäisches Vorgehen wichtig – besonders, um weltweite Standards bei der Nachhaltigkeit zu setzen, sagt Küper.

Deutschland und die Niederlande haben schon dementprechende Gespräche über grenzüberschreitende H₂-Netze geführt. Der Hafen von Rotterdam spielt dabei in jedem Falle eine wichtige Rolle. Er ist zudem Teil des bilateralen Kooperationsprojekts HySupply zwischen Deutschland und Australien, um H₂-Importe über Rotterdam per Pipeline in die Bundesrepublik zu befördern. „Unter anderem diesen Import zu ermöglichen, wird unsere Aufgabe sein“, sagt Stijn van Els im HZwei-Interview (s. S. 62). Er ist Direktor Commercial Delivery beim Hafen in Rotterdam.

Die Versorgung mit den Energieträgern Öl und Erdgas werde sich künftig ändern, aber die Verteilung des grünen Wasserstoffs oder auch von grünem LNG oder Ammoniak werde weiter nötig sein. „Zur Wahrheit gehört aber auch, dass es sich bis 2030 vermehrt um blaues H₂ handeln wird“, meint van Els.

EINE H₂-WERTSCHÖPFUNGSKETTE VON WELTRANG „Darüber hinaus ist es für die Häfen, und insbesondere für den Rotterdamer Hafen, aus strategischer Sicht von entscheidender Bedeutung, die derzeitige Drehscheibenfunktion innerhalb der internationalen Energieflüsse beizubehalten“, beschreibt die niederländische Regierung ihre H₂-Strategie. Weiter heißt es dort: „Wasserstoff hat das Potenzial, ein weltweit gehandeltes Gut zu werden.“ Der Hafen von Rotterdam ist dabei von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Für die geplanten H₂-Importe ist er das Nadelöhr, wenn auch ein ziemlich großes: Rotterdam ist der größte Energiehafen in Europa. Rund 14 Prozent der benötigten Energie für Strom, Wärme und Mobilität kommen hier an.

Rotterdam will künftig ein H₂-Hub sein. Die niederländische Provinz Zuid-Holland, die Stadt sowie der Hafen von Rotterdam haben mit dem Rat für nachhaltige Energie (SEC) beschlossen, hier fortan jährlich einen Weltwasserstoffgipfel und eine Weltwasserstoffausstellung auszurichten. Das SEC organisiert jedes Jahr drei dieser Gipfeltreffen und Ausstellungen: eine in Asien, eine in Amerika und eine in Europa. Rotterdam wurde nun vom SEC als Standort in Europa für die kommenden Jahre ausgewählt. Vom 8. bis 10. März 2022 geht es in Rotterdam los.

Gipfel und Ausstellung sollen die internationale Plattform sein, um die Einführung einer globalen Wasserstoffwirtschaft im Einklang mit den Klimazielen für 2030 und 2050 sicherzustellen. Zu den Plänen gehört die Entwicklung einer H₂-Wertschöpfungskette von Weltrang mit Projekten wie der Produktion von grünem und blauem Wasserstoff in großem Maßstab, mit Importen und Infrastrukturmaßnahmen, die alle derzeit im Rotterdamer Hafen in Angriff genommen werden. Die Niederlande selbst wollen bis 2050 klimaneutral sein. Bis 2030 sollen die CO₂-Emissionen um 49 Prozent reduziert werden.

23 GASNETZBETREIBER HABEN EINEN PLAN Die Studie „Fit for 55 Package and Gas for Climate“ der Initiative European Hydrogen Backbone vom November 2021 schätzt den H₂-Bedarf in der EU und den UK-Ländern bis 2050 auf 2.300 TWh pro Jahr. Zum Vergleich: Das entspricht rund 45 Prozent des Erdgasverbrauchs eben dieser Regionen im Jahr 2019 und etwa 20 bis 25 Prozent des künftigen Energiebedarfs in 2050.

Der vorgeschlagene Infrastrukturpfad bis 2040 für einen European Hydrogen Backbone (EHB) ist eine Vision von 23 europäischen Netzbetreibern mit Gasfernleitungen aus insgesamt 21 Ländern. Demnach könnte der EHB bis 2030 aus einem zunächst 11.600 km langen Pipelinennetz bestehen. Die H₂-Infrastruktur könnte dann nach und nach zu einem gesamteuropäischen Netzwerk mit einer Länge von 39.700 km bis 2040 ausgebaut werden. Bisher ist das ein Vorschlag, eine Vision, konkret sind die Pläne noch nicht.

Dabei kann sich ein H₂-Pipelinennetz, das die 19 EU-Staaten und UK verbindet, durchaus rechnen: H₂-Pipelines sind mit 11 bis 21 Eurocent pro Kilogramm und je 1.000 km die kosteneffizienteste Option für den Langstrecken- und Volumentransport. „Damit übertreffen sie den Schiffstransport für alle zumutbaren Entfernungen – zumindest innerhalb Europas und angrenzender Regionen“, heißt es in der Fit-for-55-Studie. Unterstellt werden dabei künftige Produktionskosten von ein bis zwei Euro pro kg H₂.

Backbone hin oder her: H₂-Importe aus Chile und Australien werden künftig via Schiff transportiert werden müssen – und sehr wahrscheinlich im Hafen von Rotterdam gelöscht werden. ||

KOMPASS FÜR DIE H₂-WELT

Der europäische Wasserstoffverband Hydrogen Europe hat im Oktober 2021 den Clean Hydrogen Monitor 2021 vorgestellt. Dabei handelt es sich um die zweite Ausgabe dieser kostenpflichtigen Übersicht, einer umfassenden Sammlung von Daten und Analysen rund um H₂-Anwendungen in Europa.

Jorgo Chatzimarkakis bezeichnete den Monitor, der für 299 Euro bei Hydrogen Europe erworben werden kann, als „Kompass für die Wasserstoffwelt“. Der Geschäftsführer von Hydrogen Europe führte während der Präsentation aus, dass beispielsweise der Ertrag einer Photovoltaikanlage in Chile, Namibia oder Marokko rund doppelt so hoch ist wie in Mitteleuropa. In Nordafrika erwirtschaftete eine 1-kW_{peak}-Anlage etwa 2.190 kWh, während es in den EU-Ländern durchschnittlich 1.051 kWh seien. Wird dieser Solarstrom in sonnenreichen Regionen für die Wasserstoffproduktion genutzt und das Gas anschließend nach Deutschland transportiert, um es dort in Brennstoffzellenautos einzusetzen, steht für den Antrieb dieselbe Energiemenge zur Verfügung, wie wenn ein Batterieauto mit Strom aus einer deutschen PV-Anlage angetrieben wird.

Gemäß der Analyse liegt die H₂-Produktionskapazität in der EU derzeit bei 10,5 Mio. t jährlich, wobei insbesondere Deutschland (2 Mio. t_{H2}), die Niederlande (1,6 Mio. t_{H2}) und Polen (2 Mio. t_{H2}) die wesentlichen Mengen beisteuern. Vornehmlich wird das H₂-Gas bislang noch mit thermischen Verfahren (95,5 %; z. B. per Dampfreformierung von Erdgas) hergestellt, 3,9 Prozent entfallen auf die Nebenproduktion und nur 0,1 Prozent auf Power-to-Hydrogen.

Dies erstaunt insofern nicht, da die Elektrolysekapazität 2021 „nur“ 135 MW betrug – nach 90 bzw. 100 MW 2019 bzw. 2020. Das Ziel der EU, bis 2030 rund 40 GW zu erreichen, könnte allerdings übertroffen werden. Derzeit wird bis dahin mit 118 GW gerechnet. So wollen allein die Niederlande 11 GW, Spanien 7,3 GW, Griechenland 5,4 GW und Deutschland 5,3 GW zubauen. Um dies zu erreichen, werden beträchtliche Fördersummen von den Regierungen investiert: Frankreich: 14,3 Mrd. Euro, Spanien: 9,4 Mrd. Euro, Deutschland: 7,9 Mrd. Euro, Italien: 7,8 Mrd. Euro, Rumänien: 5,1 Mrd. Euro. ||

KEIN H₂-IMPORT AUS MAROKKO

2020 hatte es noch geheißsen, günstiger grüner Wasserstoff könne problemlos aus Marokko importiert werden. Das nordafrikanische Land biete Sonnenenergie im Überfluss,

sei über Gibraltar gut mit Europa verknüpft und sei zudem politisch vergleichsweise stabil. Seit Sommer 2021 gilt das so nicht mehr. Die Sonne scheint dort zwar immer noch, aber die diplomatischen Kontakte wurden eingefroren.

Weil keine Einigkeit darüber herrscht, wem die West-Sahara gehört, gerieten zuletzt die Regierungen Deutschlands und Marokkos aneinander. Während das afrikanische Königshaus den westlichen Teil der Wüste als eigenes Hoheitsgebiet bezeichnet, besteht die Bundesregierung darauf, dass die UN diese bis dato offene Frage zunächst klären müsse, bevor dort Energieanlagen installiert werden könnten.

Der ehemalige Bundesentwicklungsminister Dr. Gerd Müller hatte im Juni 2020 eine Vereinbarung mit der marokkanischen Botschafterin Zohour Alaoui unterzeichnet, die vorsah, in dem nordwestafrikanischen Staat eine Solarwasserstoff-Industrie aufzubauen. Mithilfe der dortigen Solarenergie sowie mit deutschen Elektrolyseuren sollte großindustriell Wasserstoff erzeugt werden, der dann – in welcher Form auch immer – nach Deutschland exportiert werden sollte.

Gemäß der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung stehen zwei Mrd. Euro für derlei Vorhaben im Ausland zur Verfügung. Kritiker mahnen immer wieder, dass eine Abhängigkeit von ölexportierenden Ländern nicht abgelöst werden dürfe von einer Abhängigkeit von H₂-exportierenden Ländern. Außerdem wurde wiederholt vor Kooperationen mit politisch instabilen Regionen gewarnt.

Ob oder wann es wieder einen konstruktiven, freundlichen diplomatischen Kontakt geben wird, ist derzeit nicht absehbar. ||

H₂-GROSSPROJEKT IN NAMIBIA

Im November 2021 hat die Regierung Namibias eine Absichtserklärung veröffentlicht, gemäß der Hyphen Hydrogen Energy der bevorzugte Bieter für die Entwicklung eines Wasserstoffprojekts im Tsau-Khaeb-Nationalpark sein soll (Investitionsvolumen 9,4 Mrd. US-\$ für die Produktion von jährlich 300.000 Tonnen grünem Wasserstoff, Aufbau von 3 GW Elektrolyseleistung sowie 5 GW Windkraft- und PV-Leistung bis Ende des Jahrzehnts). Hyphen ist ein Joint Venture zwischen der Nicholas Holdings Limited und Enertrag South Africa (Pty) Ltd., einem Tochterunternehmen der deutschen Enertrag AG. Dieses Projekt ist Teil des H2Global-Programms (s. HZwei-Heft Okt. 2021). ||

WEITERE KOOPERATION MIT DUBAI

Trotz zweifelhafter Erfahrungen mit Staaten der MENA-Region (Middle East and North Africa) haben im November 2021 die deutsche Bundesregierung und die Vereinigten Arabischen Emirate eine Absichtserklärung mit dem Ziel der Gründung einer emiratisch-deutschen Taskforce für Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe unterzeichnet. Andreas Feicht, ehemaliger Staatssekretär des Bundeswirtschaftsministers, und Suhail Al Mazrouei, Energieminister der VAE, besiegelten in Dubai eine engere Zusammenarbeit beider Länder im Bereich grüner Wasserstoff. Vorausgegangen war dieser Vereinbarung ein erstes gemeinsames Elektrolyseurpilotprojekt von Siemens Energy und der Dubai Electricity & Water Authority (DEWA) im Mai 2021. ||

FIRMENVERZEICHNIS

ANLAGENBAU



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

info@h2coresystems.com www.h2coresystems.com



Griesemann Gruppe, Engineering |

Anlagenbau | Industrieservices | Blitzschutz, Industriestr. 73, 50389 Wesseling, Tel. 02232-708-0, kontakt@griesemann-gruppe.de, www.griesemann-gruppe.de



MACEAS GmbH, Königstr. 2, 26676 Barßel-Harkebrügge, Tel. 04497-9269-90, Fax -18, www.maceas.com



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



GSR Ventiltechnik GmbH & Co. KG, Im Meisenfeld 1, 32602 Vlotho, Tel. 05228-779-0, info@ventiltechnik.de, www.ventiltechnik.de



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

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



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



Ihre Spezialisten für elektromagnetische Aktorik und Sensorik

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

NOVA SWISS

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

VOSS Fluid GmbH, Einbaufertige Hochdruck- und Niederdruckleitungen, Verschraubungen, Sonderprozesse, Lüdenscheider Str. 52-54, 51688 Wipperfürth, Tel. 02267-63-0, www.voss-fluid.net

BERATUNG & PLANUNG



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



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, email@emcel.com, www.emcel.com

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



Griesemann Gruppe, Studien | Basic- & Detail-Engineering | Realisierung, Industriestr. 73, 50389 Wesseling, Tel. 02232-708-0, kontakt@griesemann-gruppe.de, www.griesemann-gruppe.de

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
INGENIEURBÜRO FÜR VERFAHRENSTECHNIK

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



Infraserv GmbH & Co. Höchst KG, Konzeptentwicklung, Studien, Consulting, Industriepark Höchst, 65926 Frankfurt am Main, Tel. 069-30581022, www.infraserv.com



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 GmbH, Zum Landesteg 14, 82343 Pöcking-Possenhofen,

Tel. 089-7168029-00, 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



Gebr. Becker GmbH, Hölker Feld 29-31, 42279 Wuppertal,

Tel. 0202-697-255, Fax -38255, info@becker-international.com, www.becker-international.com



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



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

Empowering a sustainable world www.elogenh2.com



Asahi Kasei Europe GmbH, Am Seestern 4, 40547 Düsseldorf, Tel 0211-8822-030, 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



Enapter srl, Pisa, Berlin, Chiang
Mai, Via di lavoria 56G, 56040
Crespina Lorenzana (PI), Italien,
Tel. +39-5064-4281, 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



GINER ELX

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
Holzafen 17b, 23966
Wismar, Tel. 03841-38901-0, www.hoeller-electrolyzer.com



Hydrogen is now.

H-TEC SYSTEMS

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



Kraftanlagen
München

A member of Bouygues Construction

**Kraftanlagen München
GmbH**, Ridlerstr. 31 c, 80339
München, Tel. 089-62370,
www.kraftanlagen.com

McPhy Energy Deutschland GmbH, Schmiedestr. 2, 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



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

ENERGIESPEICHERUNG



APEX Energy Teterow GmbH,
Energiespeicherung und System-
lösungen, Hans-Adam-Allee 1,
18299 Rostock-Laage, Tel. 0381-799902-0, Fax -123,
info@apex-energy.de, www.apex-energy.de



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



GP JOULE 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 Engineering 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 Rüsselsheim am Main, Herr H. Sötje, Tel. 0151-12183180,
Hauke.Soetje@segulagr.com, www.segulatechnologies.com

Silica Verfahrenstechnik GmbH – Innovatives Engineering mit Leidenschaft,

Wasserstofftechnologie seit über 80 Jahren! Wittestr. 24,
13509 Berlin, Tel. 030-43573-5, sales@silica.de, www.silica.de

FERTIGUNGSTECHNIK



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.comMARTIN 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, Unternehmensbeteiligungen und Risikokapital, Pelzerstr. 5, 20095 Hamburg,
Tel. 040-6094550-0, www.notos-group.com

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

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/ttFES GmbH Fahrzeug-
Entwicklung Sachsen,
Crimmitschauer Str. 59,08058 Zwickau, Tel. 0375-5660-0, Fax -222,
info@fes-aes.de, www.fes-aes.deFraunhofer-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.deHyCentA Research GmbH,
Inffeldgasse 15, A-8010 Graz,
Tel. +43-316-873-9501,
office@hycenta.at, www.hycenta.atIAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr,
Carnotstr. 1, 10587 Berlin, Tel. 030-39978-0, Fax -9926, www.iav.comWENGER
Engineering GmbHWenger Engineering GmbH, Forschungs-
und Entwicklungszentrum 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 Brennstoffzellen-
Technik 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)



Metallic Lightweight Construction

MeliCon GmbH, GDL-Komponenten in Titan und Edelstahl,
metallische Filtermedien, Por-schestr. 6, 41836 Hückelhoven, Tel. 02433-44674-0, Fax -22,
www.melicon.de

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 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, Über-
setzungen Deutsch – Englisch, Bristol, Großbritannien,
Tel. +44-1454-416796, hello@TheHydrogenTranslator.com,
www.TheHydrogenTranslator.com

KOMPRESSOREN



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

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING

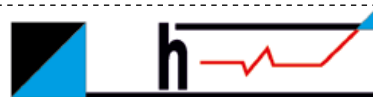


DiLiCo engineering GmbH,
Lorenzweg 43, 39124 Mag-
deburg, Tel. 0391-505859-86,
info@dilico.de, www.dilico.de

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 Innovation
Corp. Canada,
Europäische Vertretung:**

Dr. Lutz Consulting GmbH, Kahlenbergstr. 44,
66849 Landstuhl, Tel. 06371-914914,
tlutz@greenlighteurope.com, www.greenlightinnovation.com



JA-Gastechology GmbH,
Albrecht-Thaer-Ring 9,
30938 Burgwedel,
Tel. 05139-9855-011, Fax -33,
www.jag.de

MAXIMATOR®
Maximum Pressure.

Hochdrucktechnik • Prüftechnik • Hydraulik • Pneumatik

Maximator GmbH,
H₂-Hochdrucktechnik,
Prüftechnik, Hydraulik,
Pneumatik, Dienstleistungen,
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.de

TESTNET
ENGINEERING

TesTneT 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,
Maltachachstr. 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

WS Reformer GmbH

WS 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.de



Hexagon Purus GmbH,
Otto-Hahn-Str. 5,
34123 Kassel, Tel. 0561-58549-0,
www.hexagonxperion.com

hydrogenious
LOHC TECHNOLOGIES

Hydrogenious Technologies
GmbH, Weidenweg 13,
91058 Erlangen, Tel. 09131-
12640-220, Fax -29,
www.hydrogenious.net

KESSELS
H₂ STORAGE AND TRANSPORT
SOLUTIONS

Kessels Prüfwerk GmbH & Co.
KG, Lehmkuhlenweg 13,
41065 Mönchengladbach,
Tel. 02161-65907-0, Fax -68, www.kessels-pruefwerke.de

McPhy Energy Deutschland GmbH,

Schmiedestr. 2, 15745 Wildau,
Tel. 03375-497210-0, Fax -9,
www.mcphy.com

NPROXX

Nprox B.V., Business Trade
Center Heerlen, Vogt 21,
6422 RK Heerlen, Niederlande, +31-45-7820564,
contact@nprox.com, www.nprox.com



Reuther STC GmbH, Fabrik-
str. 8, 15517 Fürstenwalde,
Tel. 03361-694-0, Fax -852,
www.reuther-stc.com



Wystrach 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.com



inhouse 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-Gos-
sen-Str. 100, 91052

Erlangen, Ansprechpartner: Frau Gemmer-Berkbilek,
Tel. 09131-90095221, www.framatome.com

McPhy Energy Deutschland GmbH,

Schmiedestr. 2, 15745 Wildau,
Tel. 03375-497210-0, Fax -9,
www.mcphy.com

TECHNISCHER SERVICE



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

TECHNOLOGIEZENTREN

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



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

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

TESTSTÄNDE



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



NOFFZ Technologies GmbH, Tempelsweg 24 A, 47918 Toenisvorst,

Tel. 02151-99878 0, info@noffz.com, www.noffz.com

VERANSTALTER



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

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



Landesmesse Stuttgart GmbH, **f-cell at Messe Stuttgart**, Messapiaza 1, 70629 Stuttgart, Tel. 0711-18560-2727, www.f-cell.de



Landesmesse Stuttgart GmbH, **f-cell Canada at Edmonton Convention Centre**, 9797 Jasper Ave, Edmonton, Alberta T5J 1N9, Kanada, Tel. 0711-18560-2727, www.hyfcell.com



Nanjing Stuttgart Joint Exhibition Ltd, **f-cell China at Shanghai Automobile Exhibition Center**, Shanghai, China, Tel. +86-25-85286211, www.f-cell.com.cn



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

VEREINE & VERBÄNDE



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

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



Wasserstoff Region Rheinland e.V.

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



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



Industriegaseverband e.V., Französische

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

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



Tyczka Hydrogen GmbH, Partner für die Versorgung mit grünem Wasserstoff, Blumenstr. 5, 82538 Geretsried, 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 Energietechnologien 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, Anlagenbau, H₂- & Ventiltechnik, 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.imi-precision.com/de



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, Keramische Elektrolyte, Festoxidzellen, Glasfolien, Koppeplatz 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, Kryogen-Komponenten und Spezialventile, 8344 Baeretswil, Schweiz, Tel. +41-43-833434-3, Fax -9, info@weka-ag.ch, www.weka-ag.ch

HZWEI NEWSLETTER

DER INFO-SERVICE FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

Kostenloser, monatlich erscheinender Newsletter mit aktuellen Meldungen, Terminen, Kommentaren und Freikarten

www.hzwei.info/hzwei-newsletter

TERMINKALENDER

Alle Angaben unter Vorbehalt

JANUAR**Kraftstoff der Zukunft**

Internationaler Fachkongress für erneuerbare Mobilität

24. bis 25. Januar 2022, in Berlin

www.kraftstoffe-der-zukunft.com

MÄRZ**HOW – Mission Hydrogen**

Hydrogen Online Workshop

am 3. März 2022 – online

www.hydrogen-online-workshop.com

APRIL**H2 Forum BERLIN**

Green Hydrogen Society – Gigawatt Scaling

for EU's CO₂ neutrality

4. bis 5. April 2022 – Estrel Berlin and virtual

<https://www.h2-forum.eu>

Hannover Messe

Hydrogen + Fuel Cells Europe

25. bis 29. April, Hannover

www.hannover-messe.de, www.h2fc-fair.com

MAI**The Smarter E**

electrical energy storage ees

Konferenz: 10. bis 11. Mai, ICM München

Messe: 11. bis 13. Mai, Messe München

www.ees-europe.com

Powerfuel Week 2022

14. bis 22. Mai 2022, Verkehrshaus der Schweiz, Luzern

www.powerfuel.ch

European Hydrogen Energy Conference (EHEC)

18. bis 20. Mai 2022, in Madrid, Spanien

www.ehec.info

Wasserstoff und Brennstoffzelle

17. bis 18. Mai 2022, Essen und online

www.hdt.de

f-cell Canada 2022

25. bis 26. Mai 2022, Edmonton, Alberta, Kanada

www.hyfcell.com

2. FC³ – Fuel Cell Conference Chemnitz

Saubere Antriebe. Effizient Produziert.

31. Mai und 1. Juni 2022 in Chemnitz

www.hzwo.eu

JUNI**Beyondgas**

21. bis 23. Juni 2022, in Oldenburg

www.beyondgas.de

14. Branchentag Windenergie NRW

22. bis 23. Juni 2022, in Gelsenkirchen

www.nrw-windenergie.de

IMPRESSUM**HZwei**

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND
BRENNSTOFFZELLEN

HZwei

ISSN 1862-393X

Jahrgang 22. (2022) / Heft 1, Januar 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 FSC 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: Elektrolyseur-Stack [Quelle: Green Hydrogen Systems]

Editorial-Foto: derBildmacher, Rüdiger Tesch-Zapp

Lösungen für die H₂ Wirtschaft mit Elektrolyseuren und Kompressoren



COMPRESSORS

The H₂ Experts



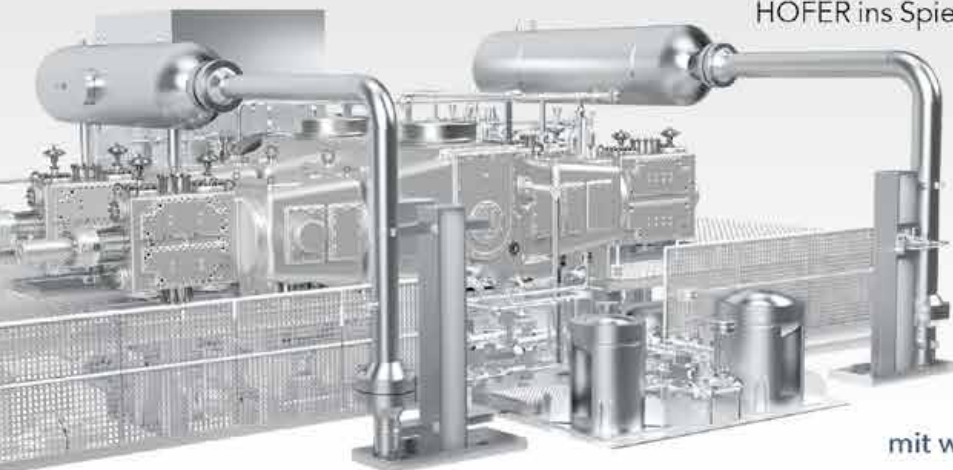
Energiewende mit Kompressoren

Seit mehr als 80 Jahren bedient NEUMAN & ESSER mit API 618 konformen Kompressoranlagen Prozesse in Raffinerien, der petrochemischen und chemischen Industrie. So verfügt NEA über ein umfassendes Know-how bei der Verdichtung von Prozessgasen, insbesondere H₂ und H₂ Mischgase. Dieses Portfolio ist bestens geeignet, die gegenwärtige Transformation des auf fossilen Brennstoffen basierenden Öl & Gas Sektors zu einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft mit grünem Wasserstoff zu unterstützen. Die Umwandlung von Energiesystemen auf Basis von Power-to-Gas benötigt energieeffiziente Kolben- und Membranverdichter. Hier kommen die bewährten Technologien von NEUMAN & ESSER und HOFER ins Spiel. Sie sind die passende Lösung, um die

Flexibilität der Nachfrage und die Energiesicherheit mit grünen Gasen sicherzustellen.

NEUMAN & ESSER:

Agile. Solution. Experts.



Lesen Sie den
NEUMAN & ESSER Blog
mit wertvollen Informationen
neuman-esser.com



H₂



Hydrogen is now.

Gemeinsam machen wir die Energiewende möglich – mit grünem Wasserstoff, erzeugt durch Elektrolyseure von H-TEC SYSTEMS. Profitieren Sie von kompakter Technologie, hoher Leistungsdichte und niedrigen Betriebskosten bei der industriellen Nutzung von Wasserstoff.



PEM-Elektrolyseur ME100/350

- Ihr Einstieg in die industrielle Wasserstoffproduktion
- Nominallast: 225 kW
- Wasserstoffproduktion: 100 kg/d



PEM-Elektrolyseur ME450/1400

- Eine Turn-Key-Lösung mit Skalierbarkeit
- Nominallast: 1MW
- Wasserstoffproduktion: 450 kg/d

[h-tec.com](https://www.h-tec.com)

H-TEC SYSTEMS GmbH
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg
Germany
+49 (0)821 507697-0
info@h-tec.com



Mehr zu unseren Elektrolyseuren