

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND
BRENNSTOFFZELLEN

H₂zwei



→ ENORMES INTERESSE AN H₂-LKW,
ABER MANGELNDE VERFÜGBARKEIT

→ BEKOMMT TIEFKALTER WASSERSTOFF
(LH₂) DOCH NOCH EINE CHANCE?

9. Teil der Regionen-Serie:
HyExperts Fulda





f-cell 2022

4.+5. Oktober 2022 | Messe Stuttgart

Der schärfste Blick auf die Zukunft von Wasserstoff und Brennstoffzellen.

Die f-cell ist die unverzichtbare Plattform für alle, die sich mit Wasserstoff als Energieträger für eine nachhaltige Zukunft beschäftigen.

- Treffpunkt der führenden Köpfe der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Community
- Internationales Netzwerk-Event mit Fachkonferenz & Messe
- Trends, Ideen und Neuheiten der nachhaltigen Energieversorgung und sauberen Mobilität der Zukunft

**Jetzt Ticket
sichern!**

[f-cell.de](https://www.f-cell.de)

[#fcell](https://twitter.com/fcell)

[#fcellaward](https://twitter.com/fcellaward)

ES DARF RUCKELN



Liebe Leserinnen und Leser!

Die Diskussion um die steigenden Energiepreise nimmt immer größere Dimensionen an. Jetzt will Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck dem Bundeskartellamt neue Rechte einräumen. Gegen diese angebliche „Willkür“ läuft prompt nicht nur der Handelsverband Deutschland Sturm.

Die Hitzigkeit, mit der diese Debatte geführt wird, zeigt, worum es dabei wirklich geht: Macht. Angestammte Machtkonstellationen werden gerade infolge des unsäglichen Angriffskrieges Putins gegen die Ukraine durcheinandergewürfelt. Die steigende Inflationsrate stellt bisherige Wirtschaftsweisen grundsätzlich infrage.

Die Bundesregierung versucht Ruhe in die Lage zu bringen, aber die Vertreter von Industrie und Wirtschaft spüren, dass sich derzeit mehr verändert als nur der europäische Leitzins.

Immer mehr Akteuren wird gerade klar, dass Energie bisher viel zu billig war. In Zeiten des Öl- und Gasüberflusses gab es für viele keinen wirklichen Anreiz, sparsam mit den fossilen Energieträgern umzugehen, schließlich wurden bislang Umweltschäden und Schadstoffemissionen kaum in Rechnung gestellt.

Das ändert sich gerade vehement: Europa will unabhängig werden von russischen Energieimporten. Parallel dazu soll die Transition der Energieversorgung vorangetrieben werden. Das bedeutet, dass gleichzeitig der Mobilitätssektor weitestgehend elektrifiziert wird und zudem die Industrie auf erneuerbare Energien umsteigt.

Klar, dass vor diesem Hintergrund Energie nie mehr so billig sein wird wie früher.

Das gilt auch für Wasserstoff: H₂-Kraftstoff wurde bislang in Deutschland zu einem festgelegten Preis abgegeben. Diesen H₂-Kilogrammpreis legte vor vielen Jahren die Clean Energy Partnership fest – zunächst auf 8 Euro, dann auf 9,50 Euro. Auf HZwei-Nachfrage erklärte Kurt-Christoff von Knobelsdorff, Geschäftsführer der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) GmbH, dazu beim Auftakt der Hannover Messe: „Es kann durchaus sein, dass dieser politische Preis erst einmal steigen muss, weil sich der auch im Geleitzug der ganzen anderen Kraftstoffpreise bewegt.“

Und so kam es dann auch: Nur einen Tag später erhöhte H2 Mobility erstmals seit Gründung des Unternehmens den H₂-Preis. Seit dem 7. Juni kostet ein Kilogramm Wasserstoff an allen von diesem Industriekonsortium betreuten Tankstellen einheitlich 12,85 Euro. Nach Unternehmensangaben liegen die Kosten für die Fahrt mit einem H₂-Pkw pro 100 km dennoch „weiterhin unter denen für vergleichbare Fahrten mit konventionellen Kraftstoffen oder mit einem batterieelektrischen Pkw, der eine öffentlich zugängliche Schnelladesäule nutzt“.

Für e-Fuels wurden in Hannover sogar Kraftstoffpreise von 5 Euro pro Liter diskutiert. Diese würden dann allerdings auch nur diejenigen betreffen, die überhaupt e-Fuels nutzen möchten, im Zweifelsfall also die 911er-Fahrer, für die Porsche derzeit in Chile eine Power-to-Gas-Anlage aufbaut.

Für reinen grünen Wasserstoff rechnet Ulrich Vögtle, Vice President von MAN Energy Solutions, langfristig eher mit einem Produktionspreis von 1,50 US-\$ pro Kilogramm bis 2030. Die Hoffnung ist, durch einen raschen Ausbau von

Solar- und Windkraftanlagen ausreichend Ökostrom zu erzeugen, um genügend grünen Wasserstoff für alle Sektoren bereitstellen zu können, so dass die Preise sinken.

Der Wille dazu ist da – sowohl in der Wirtschaft als auch in der Politik: Zahlreiche Großkonzerne haben Milliardeninvestitionen in die Wasserstofftechnik angekündigt (Bosch, MAN, Schaeffler, Siemens – s. S. 8 u. 9). Damit die Investoren Planungssicherheit haben, werden die Rahmenbedingungen derzeit angepasst. Dies führt naturgemäß zu vehementen Reaktionen (s. o.), weil noch nicht alle gut genug auf diese viel zitierte „Zeitenwende“ vorbereitet sind.

Es „ruckelt“, wie Wirtschaftsminister Habeck es formuliert – und das darf es auch. Angesichts der derzeitigen Herausforderungen ist es mehr als verständlich, dass nicht alles glatt läuft. Wäre ja auch verwunderlich, wenn sich niemand aufregen würde, angesichts einer drohenden Hungerkatastrophe infolge von Millionen Tonnen Weizen, die sinnlos in Lagerhallen vergammeln.

Sehr verständlich also, dass die Energiepreise steigen, denn Energie ist ein teures Gut – das wird endlich deutlich. Nicht verständlich ist es hingegen, wenn vor diesem Hintergrund parteipolitische Spielchen betrieben werden. Wenn weltweite Notzeiten ausgenutzt werden, um sich zu profilieren, kann das nur nach hinten losgehen – so wie beim Tankrabatt.

Energie ist wertvoll, deswegen sollte achtsam damit umgegangen werden. Kurzfristige Geschenke für Pendler sind da fehl am Platz. Zudem profitieren am Ende die Falschen davon. Zielführender wäre eine ehrliche Kommunikation und eine soziale Abpufferung.

Sinnvoller wäre ein rascher Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs, anstatt übervolle Regionalzüge zu provozieren, die eher abschrecken, als den Umstieg vom Auto auf die Bahn zu befördern.

Ratsamer wäre es, endlich dem Otto- und Dieselmotor Lebewohl zu sagen, statt sich darüber aufzuregen, dass das EU-Parlament für ein Verbrennerverbot ab 2035 votiert hat.

Lange genug wurde gezaudert und gebremst. Jetzt, in Zeiten des Wandels, in denen ohnehin etliche Veränderungen auf uns zukommen, können wir aktiv mitgestalten, können Altes hinter uns lassen und Neues ausprobieren. Das Neue wird nicht sofort perfekt funktionieren. Das macht aber nichts. Es wird sich einruckeln. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

INHALTSVERZEICHNIS

18 Verkehrsminister Wissing startet zweite HyLand-Runde



22 Weltweite Übersicht von PtX-Vorhaben



3 Editorial

6 Meldungen

Herdan entwickelt jetzt e-Fuel-Projekte
 ITZ Duisburg heißt TrHy
 Lohscheller geht zu Nikola
 Deutsches Zentrum Mobilität gecancelt?
 Changan startet Massenproduktion
 Reuther STC erneut insolvent
 Siemens Energy baut in Berlin
 Hans Sandlaß ist verstorben

9 Messen und Kongresse

Furioses Comeback für H2FC Europe
 Bewegende Zeiten für Rotterdam

12 Hausenergie

Wasserstoffquartiere rechnen sich

14 Verband

Interview mit T. Kasten (DWW) und
 T. Wilhelm (DVGW)

16 Förderung

Fünf von zehn H₂-Reallaboren in Realisierung
 Verkehrsminister Wissing startet zweite
 HyLand-Runde

18 Energiespeicherung

Entwicklung einer LOHC-Brennstoffzelle
 Übersicht über PtX-Aktivitäten
 Wechselrichterhersteller bauen jetzt Gleichrichter

28 Elektromobilität

Enginius gewinnt neu ausgelobten H2Eco Award
 Regionen-Serie: HyExperts Fulda
 H₂-Trucks mieten – nicht kaufen
 Das offene Rennen bei Langstrecken-Lkw
 Cellcentric nimmt wichtige Hürde

28 Wer wird der „Sixt“ für Wasserstoff-Trucks?



42 Entwicklung

Grüner Wasserstoff für emissionsfreien Stahl
Skalierbare Produktion von BZ-Stacks
Transport von LH₂ und Strom in Supraleitern
Wie Standards die Welt verändern

53 Lesecke

Energierévolution jetzt!
Vom Ende der Klimakrise
Eine kurze Geschichte der Menschheit

54 Markt

Kühlen Kopf bewahren und Zeit mitbringen
Bloom – Sehr überzeugender Investor-Day
Ballard – Über 50 % der Börsenbewertung in Bargeld
Nikola Motors – Unternehmensgründer schlägt quer
FuelCell Energy – Wohin geht die Reise?
Siemens Energy – Endlich finaler Schritt bei Gamesa
Weichai Power – Der Kurs der Aktie zieht an
Kann Plug all das liefern, was angekündigt wurde?
Hyzon – Preisträger beim World Hydrogen Summit
Burckhardt – Zahlen sprechen für positive Entwicklung

64 Warum Afrika unterschätzt wird



64 International

Ist Afrika die Lösung für Deutschlands
Energieprobleme?
Finnland noch zögerlich bei eigener
Wasserstoffstrategie

68 Jobbörse

69 Firmenverzeichnis

78 Terminkalender

78 Impressum

HERDAN ENTWICKELT JETZT E-FUEL-PROJEKTE



Abb.: Thorsten Herdan
[Quelle: HIF EMEA]

Thorsten Herdan hat acht Jahre lang für das Bundeswirtschaftsministerium gearbeitet – jetzt wechselt er zu HIF Global. Bis Januar 2022 dauerte das Gastspiel des Maschinenbau-Ingenieurs in der Politik. Mitte Mai ernannte der Entwickler von e-Fuel-Projekten Herdan zum Geschäftsführer von HIF EMEA.

Präsident der neu ins Leben gerufenen Geschäftseinheit ist Armin Schnettler, der

zuvor bei ABB, Siemens sowie Siemens Energy gearbeitet hat und mehr als 18 Jahre als Forschungsdirektor an der RWTH Aachen tätig war. Von Berlin aus sollen die beiden Herren das US-amerikanische Unternehmen fortan auch in Europa, dem Nahen Osten und Afrika vertreten. Das Unternehmen HIF Global, an dem sich Porsche 11,5 Prozent der Anteile gesichert hat, verfügt bereits in Chile, Australien und den USA über hundertprozentige Tochtergesellschaften.

César Norton, Präsident und CEO von HIF Global, erklärte: „HIF EMEA, unter der Leitung von Armin Schnettler und Thorsten Herdan, wird sich darauf konzentrieren, kohlenstoffneutrale strombasierte Kraftstoffe, auch bekannt als e-Fuels, für die EMEA-Region bereitzustellen, um die Dekarbonisierung zu beschleunigen und die Sicherheit der Energieversorgung zu verbessern.“ HIF steht für Highly Innovative Fuels (hochinnovative Kraftstoffe) auf Basis von Wasserstoff.

Thorsten Herdan sagte: „Mit HIF EMEA bereiten wir uns auf die Lieferung von e-Fuels nach Europa im Laufe des Jahres 2022 vor, nachdem wir die gerade im Bau befindliche Haru-Oni-Anlage in Magallanes, Chile (s. Abb. auf S. 4), eingeweiht haben. Die Expansion von e-Fuels in die Märkte Europas, des Nahen Ostens und Afrikas wird Millionen von bestehenden Fahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen mit erneuerbarer Energie versorgen, ohne dass die erforderliche Infrastruktur verändert werden muss.“

Herdans Nachfolger im Bundeswirtschaftsministerium ist Christian Maaß, der bisherige Geschäftsführer des Hamburg Instituts. ||

ITZ DUISBURG HEISST TRHY

Das Zentrum für Brennstoffzellen-Technik Duisburg (ZBT) hat die Hannover Messe als Plattform genutzt, um den Namen des in Nordrhein-Westfalen geplanten Standorts des Innovations- und Technologiezentrums für Wasserstoff (ITZ; s. HZwei-Heft Jan. 2022) bekanntzugeben: TrHy. Zunächst steht ZBT-Abteilungsleiter Joachim Jungsbuth mit einem insgesamt dreiköpfigen Team als Ansprechpartner parat.



Abb.: Der Name TrHy steht laut ZBT-Geschäftsführer Peter Beckhaus für viele wasserstoffbezogene Aspekte: Training, Transfer, Technical Research, Transparency ...

aller Standorte wurde jedoch in der Ampelkoalition entschieden, dass alle Innovationszentren gleich viel Förderung vom Bund erhalten sollen. TrHy mit seiner Zentrale in Duisburg erhält zusätzlich zu den 72,9 Mio. Euro voraussichtlich noch 50 Mio. Euro vom Land Nordrhein-Westfalen.

Zunächst läuft allerdings alles noch unter Fördervorbehalt. Die offizielle TrHy-Gründung mit Satelliten-Standorten in Aachen, Essen, Jülich und Neuss könnte dann diesen Herbst erfolgen. Ziel der insgesamt vier ITZ ist, insbesondere für Start-ups, Gründer sowie kleine und mittelständische Unternehmen der Wasserstoffbranche eine Entwicklungs-, Forschungs- und Testumgebung zu schaffen. ||

LOHSCHELLER GEHT ZU NIKOLA



Abb.: Michael Lohscheller
[Quelle: VinFast]

Der frühere Opel-CEO Michael Lohscheller ist zu Nikola gewechselt. Ende Februar gab der US-amerikanische Nfz-Hersteller bekannt, dass Lohscheller zum Präsidenten des Unternehmens ernannt wurde. Zuvor war der Manager nach nur vier Monaten, in denen er als Geschäftsführer des vietnamesischen Automobilisten VinFast agierte, von diesem Amt zurückgetreten. Davor leitete er

vier Jahre lang die Opel Automobile GmbH.

CEO Mark Russell erklärte: „Michael Lohscheller bringt durchgehende Expertise aus mehreren Jahrzehnten in der Automobilindustrie in unser bereits erfolgreiches Führungsteam bei Nikola ein. Seine Rolle wird sofort von Belang sein, wenn das Nikola Tre BEV in Produktion geht und wir weitere Meilensteine in der Entwicklung des Nikola Tre FCEV erreichen.“

Lohscheller sagte: „Es versteht sich von selbst, dass Wasserstoff-, Brennstoffzellen- und batterieelektrische Zero-Emission-Fahrzeuge die Zukunft der Mobilität sind, und ich bin sehr stolz darauf, Teil eines Unternehmens zu werden, das den Weg für diese globale Transformation ebnet.“ ||

DEUTSCHES ZENTRUM MOBILITÄT GECANCELST?



Abb.: Minister Volker Wissing

Die Zukunft des DZM ist mehr als ungewiss. Auf der Homepage steht derzeit lediglich: „Das Deutsche Zentrum Mobilität der Zukunft (DZM) wird dem Koalitionsvertrag entsprechend neu aufgestellt und erweitert.“

Im Sommer 2021 hatte es mit viel Prominenz aus der bayerischen Landespolitik eine feierliche Gründungszeremonie in München gegeben. Da-

mals, mitten im Wahlkampf für die Bundestagswahl, hieß es, rund 500 Mio. Euro würden vom Bund in dieses Projekt investiert. Das DZM sollte als Dachorganisation für die vier ITZ-Standorte fungieren (s. HZwei-Heft Okt. 2021).

Inzwischen sieht es ganz anders aus: Auf HZwei-Nachfrage hieß es vom Bundesverkehrsministerium: „Das Konzept zum Deutschen Zentrum Mobilität der Zukunft (DZM) wird aktuell überarbeitet. Dieser Prozess findet vorerst innerhalb des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr statt. Da für den Zeitraum der Konzeptüberarbeitung kein Gründungsbüro erforderlich ist, wurde dieses vorübergehend durch eine Kontaktstelle ersetzt.“

Das Handelsblatt hatte zuvor berichtet, der DZM-Gründungsbeirat habe seine Arbeit mittlerweile eingestellt. Weiter hieß es dort, die Versuche des 2021 noch amtierenden Bundesverkehrsministers Andreas Scheuer, das DZM durch die Schaffung einer Art Treuhand-Stiftung vor dem Zugriff künftiger Minister zu schützen, hätten nicht geholfen. Der Nachfolger Volker Wissing habe sich vom DZM distanziert, weil es bisher kein nennenswertes Konzept, allenfalls eine vage Skizze gegeben habe.

Gegenüber HZwei teilte das BMDV jedoch mit: „Weitere Ausführungen zum Inhalt und der Ausrichtung des DZM sind daher erst nach der Überarbeitungsphase möglich. Dementsprechend wurden auch die Haushaltsmittel angepasst.“ Dass alle Tranchen bis 2026 bereits gestrichen worden seien, so wie es laut Handelsblatt die parlamentarische Staatssekretärin beim Bundesminister für Digitales und Verkehr, Daniela Kluckert, mitgeteilt haben soll, bestätigte das BMDV bislang nicht. ||

HANS SANDLASS IST VERSTORBEN

Am 15. April 2022 ist ein langjähriger Vorkämpfer für grünen Wasserstoff von uns gegangen. Dr. Hans Sandlaß setzte sich seit 1983 in der damaligen DDR für die Nutzung regenerativer Energien ein. 1990 gründete er die IEE Ingenieurbüro Energieeinsparung GmbH und engagierte sich frühzeitig für den Einsatz von Wasserstoff. Bis zuletzt mischte er sich immer wieder in die gesellschaftliche und politische Diskussion ein. Dr. Hans Sandlaß verstarb mit 90 Jahren in Berlin. ||

#powerfulDC

POWER BOXEN

#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 Hilfstrafos



www.ips-fest.de

**IPS ORGB
FEST**

Best in Class: Wirkungsgrad, Langlebigkeit, Zuverlässigkeit

HAMBURG ERHÄLT H₂-DEMO-ZENTRUM

Deutschlandweit entstehen immer mehr Standorte, die sich schwerpunktmäßig um Wasserstoff kümmern. Neben Real-laboren (s. S. 16), HyLand-Regionen (s. S. 18) und ITZ-Satelliten (s. S. 6) gibt es auch Zentren, wo die H₂-Forschung und -Entwicklung vorangetrieben wird. Eine zusätzliche Anlaufstelle soll jetzt in Hamburg geschaffen werden: ein Demonstrationszentrum für Sektorkopplungs- und Wasserstofftechnologien. In dem neuen Demo-Zentrum sollen die Kompetenzen des Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz (CC4E) sowie des Fraunhofer IWES gebündelt werden.

Ziel ist, gemeinsam mit weiteren Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft an der Entwicklung und Umsetzung von Wasserstofftechnologien zu forschen, um innerhalb der einzelnen Sektoren eine klimaneutrale und unabhängige Energieversorgung sicherzustellen. Dafür werden aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 5,9 Mio. Euro sowie weitere Mittel vom Land Hamburg bereitgestellt. Prof. Werner Beba, Leiter des CC4E erklärte: „Der globale Wettbewerb um Klimaschutztechnologien hat bereits begonnen. Mit dem Ziel des Erlangens von Technologiesouveränität sollen deutsche Unternehmen eine führende Rolle für modernste Wasserstofftechnologien spielen. [...] Das Demonstrationszentrum zielt durch die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben auf eine Beschleunigung der Energiewende und wirkt gleichzeitig als Konjunkturprogramm für nachhaltige Innovationen der Wirtschaft auf dem Weg zum wirksamen Klimaschutz.“ ||

SIEMENS ENERGY BAUT IN BERLIN



Abb.: Thomas Bagus (l.) wird die industrielle Fertigung in Berlin leiten [Quelle: Siemens Energy]

Die Bundeshauptstadt wird auch für die Wasserstoffbranche immer wichtiger – auch als Industriestandort. So gab die Siemens Energy AG Ende März 2022 bekannt, dass die Fertigung ihrer Elektrolyseure an ihrem Standort an der Huttenstraße in Berlin-Moabit erfolgen wird. Ab 2023 sollen dort Elektrolysekapazitäten im Gigawattmaßstab produziert werden.

Siemens Energy greift dafür auf bestehende Infrastruktur zurück. In einer bereits vorhandenen 2.000 Quadratmeter großen Halle sollen für rund 30 Mio. Euro neue Fertigungslinien für die PEM-Elektrolyseurzellen aufgebaut werden. Die einzelnen Zellen werden dann vor Ort zu Stacks kombiniert, bevor sie im letzten Produktionsschritt am Standort Mülheim zu verfahrenstechnischen Einheiten zusammengesetzt werden. Christian Bruch, Vorstandsvorsitzender von Siemens Energy, erklärte: „Mit unserer neuen Fertigung tragen wir dazu bei, Wasserstoff schneller wettbewerbsfähig zu machen.“ ||

CHANGAN STARTET MASSENPRODUKTION



Changan Automobile hat Anfang Juni 2022 bekanntgegeben, dass es den SL03 in Massenproduktion bauen wird. Unter der Automarke Deep Blue soll der SL03 ab sofort in China für umgerechnet 30.000 US-\$ erhältlich sein. Das E-Auto basiert auf der Plattform EPA1 und wird in drei Ausführungen angeboten: rein elektrisch, mit Range Extender und mit Brennstoffzelle. Mit Wasserstoff soll eine Reichweite von 700 km möglich sein, allerdings ist bislang offen, wann genau das H₂-Modell erhältlich sein wird und wie viele Exemplare davon produziert werden. Technologiepartner des SL03 sind CATL und Huawei. ||

REUTHER STC ERNEUT INSOLVENT

Das Stahlbauunternehmen Reuther STC GmbH aus Fürstentwalde ist erneut pleite. Am 1. Juni 2022 wurde das Insolvenzverfahren eröffnet – zum zweiten Mal. Wie der RBB meldete, sei Reuther bereits „vor der Corona-Pandemie so gut wie pleite“ gewesen, weil 2019 ein 7-Mio.-Euro-Auftrag von Senvion über 15 Türme für Windkraftanlagen aufgrund von dessen Pleite weggebrochen sei. „Wir sind dann zum Gericht gegangen und haben Insolvenz angemeldet“, erinnert sich Vertriebsleiter Christian Klingelstein. Mit Unterstützung aus der Region habe sich die Firma retten können, indem sie ihr Know-how fortan auch für den Bau von Wasserstoffbehältern eingesetzt habe. 165 der zuvor knapp 200 Arbeitsplätze konnten damals erhalten werden.

Das endgültige Aus kam nun infolge des Ukrainekrieges. Das 150 Jahre alte Ostbrandenburger Traditionsunternehmen habe Stahl aus den dortigen Asow-Werken bezogen. Dieser Stahl fehle nun. Man habe zwar nach einem Käufer für das Unternehmen gesucht, aber keinen gefunden, hieß es, weshalb die 160 Mitarbeiter und die Geschäftsführung Anfang Juni ihre Kündigungen erhalten hätten. ||

FURIOSES COMEBACK FÜR H2FC EUROPE

Für die Deutsche Messe sieht es düster aus

Da war sie wieder – die Hannover Messe. Zwar deutlich kleiner als vor der Corona-Pandemie, aber auf Aussteller- wie Besucherseite war die Erleichterung darüber groß, dass die Industrieschau vom 30. Mai bis zum 2. Juni 2022 in Präsenz stattfinden konnte. Sehr lebhaft und quirlig war es zeitweise auf der Hydrogen + Fuel Cells Europe, insbesondere am Dienstag und Mittwoch – ein untrügliches Zeichen dafür, dass Wasserstoff in Zukunft eine überaus wichtige Rolle in der Industrie sowie der Energieversorgung spielen wird. Ansonsten sah es auf dem Hannoveraner Messegelände allerdings ziemlich mau aus.



Abb. 1: Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck im Gespräch mit Ove Petersen, Geschäftsführer von GP Joule

Es begann bereits am Sonntag, als während der Eröffnungszeremonie zur Hannover Messe jeder Redner, auch Bundeskanzler Olaf Scholz, das Wort „Wasserstoff“ in den Mund nahm. Ein deutliches Signal – sowohl aus der Politik als auch aus der Wirtschaft – dafür, dass derzeit kein Weg an Wasserstoff vorbeiführt. Passend dazu stattete Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck dem Stand von GP Joule einen Besuch ab und nahm sich für seine alten Schleswig-Holsteiner Freunde extrem lange Zeit (s. Abb. 1).

Imposant zu sehen war, wie groß in Halle 13 das Areal war, das mit orangefarbenem Teppich – dem Markenzeichen für die Hydrogen + Fuel Cells Europe – ausgelegt war. Die H₂- und BZ-Messe auf der Industriemesse war dieses Mal mit 10.000 m² Bruttofläche fast doppelt so groß wie vor der Pandemie, als sie meist 5.000 bis 6.000 m² umfasste. Dementsprechend gut war dort die Stimmung – sowohl bei den ausstellenden Unternehmen als auch bei den Gästen. Dass auf dem Messegelände in diesem Jahr nur elf Hallen belegt und nicht alle wirklich voll waren, trat dabei in den Hintergrund. Für die Deutsche Messe stellt sich jedoch die Frage, wie es nächstes Jahr weitergehen soll.

Tobias Renz, der nach wie vor mit einem sehr kleinen, aber effizient arbeitenden Team die Wasserstoffmesse wieder mal gewohnt professionell vorbereitet hatte, zeigte sich dementsprechend zufrieden. 220 Aussteller hatte er auf das Hannoveraner Messegelände gelockt, die sich durchweg begeistert zeigten.

„Ist gar nichts los dieses Mal. Das war früher eine richtig große Industriemesse.“

Parkwächter auf dem Hannoveraner Messegelände

HOCHLAUF DER PRODUKTION Gleich auf der Auftaktpressekonzferenz wurde deutlich, wie groß die Summen sind, die in nächster Zeit in den Aufbau von Produktionskapazitäten von H₂-Anlagen investiert werden sollen. So bestätigte Ulrich Vögtle, Vice President von MAN Energy Solutions, dass sein Unternehmen 0,5 Mrd. Euro, insbesondere für die Fertigung von Elektrolyse-Stacks beim 99-prozentigen Tochterunternehmen H-Tec Systems, bereitstellen werde. Er sagte: „Jetzt muss investiert werden, um von der Manufaktur in die großflächige Industrieproduktion zu gehen. [...] Unser Ziel ist, dass wir bis 2025 um die 1.000 MW produzieren und dann um 2030 schon eine Milliarde Euro Umsatz mit Elektrolyseuren machen können.“

Vergleichbare Aussagen waren auch von anderen bedeutenden Industrievertretern zu hören: Bosch hatte bereits Anfang Mai 2022 verkündet, ebenfalls 0,5 Mrd. Euro für Elektrolyseurkomponenten bis Ende des Jahrzehnts investieren zu wollen. Dr. Stefan Hartung, Vorsitzender der Geschäftsführung der Robert Bosch GmbH, hatte erklärt: „Wir wollen den raschen Aufbau einer Produktion von Wasserstoff in Europa mit Bosch-Technik unterstützen.“ Im Fokus steht dabei insbesondere die Entwicklung von Elektrolyseur-Stacks, die Bosch mit Steuergerät, Leistungselektronik und Sensoren ausstatten und so zu Smart-Modulen machen will.

Auch Schaeffler, ebenfalls Aussteller in Halle 13, hat sich als weiterer großer deutscher Automobilzulieferer klar zum Wasserstoff bekannt. Quasi zur Bekräftigung gab das Nürnberger Technologieunternehmen kurz nach der Messe bekannt, gemeinsam mit Symbio, einem Gemeinschaftsunternehmen von Faurecia und Michelin, ein weltweit aktives Joint Venture (50:50) zur Herstellung von metallischen Bipolarplatten gründen zu wollen. Das neue Unternehmen soll unter dem Markennamen Innoplate im französischen Haguenau angesiedelt werden und plant ab 2024 zunächst mit



Abb. 2: Vorstellung des MAX Compression 2.0 durch von Guido Hettwer, Geschäftsleitung Industrial Hydraulics bei der Bosch Rexroth AG

einer Produktion von vier Millionen Bipolarplatten pro Jahr, bis 2030 mit rund 50 Millionen jährlich. Erster Kunde ist Symbio, das einen Auftrag für ein Projekt eines global führenden Autoherstellers erhalten hat.

Trotz all dieser Investitionen dürfte es noch Jahre dauern, bis signifikante H₂-Mengen mithilfe



Abb. 3: Integrierte mobile, autonome Wasserstofftankstelle von BTE Inc.

erneuerbarer Energien erzeugt werden können, weil zunächst Solar- und Windkraftanlagen ausgebaut und dann Elektrolyseure aufgebaut werden müssen. Auf HZwei-Nachfrage sagte Ulrich Vögtle von MAN Energy Solutions: „Wir gehen davon aus, dass ungefähr 2030 der Zeitraum sein wird, wo Sie mit nennenswerten Mengen an grünem Wasserstoff oder erneuerbaren Kraftstoffen rechnen können.“ Dem niedersächsischen Umweltminister Olaf Lies ist das allerdings zu spät. Er sagte gegenüber HZwei, es werde „signifikante Mengen kohlenstoffneutralen Wasserstoff 2025“ geben.

REGE BETEILIGUNG DER KOMPRESSORENHERSTELLER

Interessant zu beobachten ist, dass inzwischen zahlreiche Kompressorenhersteller komplette Tankstellen anbieten. Egal, ob man in Hannover zu den Ständen von Hexagon, Maximator, Neuman & Esser oder pdc ging, überall wurden Komplettlösungen offeriert. Hexagon, das jetzt über 20 Mio. Euro in den Wystrach-Standort investieren will, beabsichtigt zudem eine Erweiterung des Geschäftsfeldes in Richtung Kryogen-Speichertechnik, wie Wystrach-Geschäftsführer Wolter gegenüber HZwei bestätigte. Am 21. April 2022 erwarben die Norweger dafür 40 Prozent an der Cryoshelter GmbH, einem österreichischen Hersteller von LH₂-Tanks.

Die Maximator Hydrogen GmbH nutzte die Industrieschau und stellte gemeinsam mit Bosch Rexroth und Maximator Advanced Technologies eine Geräteentwicklung vor: den MAX Compression 2.0. Dieser zweistufige Kolbenverdichter verfügt über eine spezielle Vorrichtung für einen automatischen Dichtungswechsel. Hierbei handelt es sich um eine Weiterentwicklung der Revolvertechnik, die Maximator bereits 2018 präsentiert hatte (s. HZwei-Heft Juli 2018).

Wegen der erheblichen Belastungen durch hohe Drücke und Temperaturen müssen an H₂-Tankstellen, die solche trockenlaufenden Kompressoren verwenden, in regelmäßigen Abständen die Kolbendichtungen ausgetauscht werden. Damit nicht jedes Mal Techniker rausfahren müssen und Wartungsunterbrechungen den Betriebsablauf stören, konzipierten Maximator und Bosch Rexroth eine Wechselvorrichtung (Automatic Seal Exchange System – ASX).

René Himmelstein erklärte gegenüber HZwei: „Im Vergleich zu ihrem Vorgänger erzielt die MAX Compression

2.0 bei gleichem Bauraum einen bis zu fünfmal höheren Durchsatz.“ Himmelstein ist seit 2002 bei Maximator, seit Januar 2022 ist er Leiter der Unternehmensentwicklung bei Maximator Hydrogen. „Unser Ziel ist, bis 2025 400 Tankstellen für Wasserstoff zu bauen“, so der Mitgründer der Tochterfirma. Bis 2030 sollen weltweit 4.000 mit der Technik des Nordhausener Unternehmens ausgestattet werden. Matthias Kurras, Geschäftsführer der Maximator Hydrogen GmbH, ergänzte, die Wiener Linien würden einer der ersten Pilotkunden sein. In der österreichischen Metropole sollen Stadtbusse ab 2030 ausschließlich mit grünem Wasserstoff fahren.

ZAHLEICHE NEUENTDECKUNGEN Augenfällig war, dass sehr viele bislang kaum nennenswert in Erscheinung getretene Firmen erstmals auf der Hydrogen + Fuel Cells Europe ausstellten. So präsentierte beispielsweise die EVS Hydrogen in Hannover eine Neuheit: Ihr H₂-Verbrennungsmotor basiert auf einem Wankelprinzip, weil die Thermodynamik eines Rotationsmotors besser für Wasserstoff geeignet sei als ein Hubkolbenmotor, so das niederbayerische Unternehmen. Dieser Wankelmotor eigne sich insbesondere „als Dieslersatz“ für KWK-Anwendungen sowie für Baufahrzeuge.

Eine Entdeckung außerhalb des orangefarbenen Bereichs war die mobile Betankungseinheit der BTE Inc. Der Hydrogen Refueler ist eine automatisierte All-in-One-Lösung und verfügt über eine eigene Kühleinheit, einen Verdichter, eine intuitive Benutzeroberfläche, verschiedene Sensoren sowie einen Zapfhahn. Laut Herstellerangaben kann das Gerät „auch ohne Kenntnisse über Wasserdruck und pneumatischen Druck“ verwendet werden. Es könne als Ladegerät für verschiedene Brennstoffzellenanwendungen wie H₂-Drohnen, -Gabelstapler und -Fahrräder eingesetzt werden.

Dass solch flexible Tanklösungen immer weiter an Bedeutung gewinnen, war auch daran zu erkennen, dass noch ein weiterer Anbieter dieses Marktsegment bewarb – nämlich Maximator mit einem zweiachsigen H₂-Anhängen.

Ähnliche Abmaße wie die BTE-Einheit weist das System von EODEV (Energy Observer Developments) auf, al-



Abb. 4: Neben diesem stationären BZ-System gibt es auch noch Hynova für maritime Anwendungen



Abb. 5: Werner Diwald, DWV, mit den Nominierten Clean Logistics SE, Infotec GmbH/Faun Gruppe und eFarming GmbH sowie Arno Reich, Deutsche Messe (v. l.)

lerdings ist GEH_2 ein Stromgenerator (s. Abb. 4) und keine Betankungsstation. Bei EODev handelt es sich um eine Ausgründung, die im März 2019 infolge der Weltumseglung der Energy Observer (s. HZwei-Heft Okt. 2017 und Juli 2019) erfolgte. Die auf diesem Solar- H_2 -Katamaran eingesetzte und erprobte Technik wird jetzt über EODev auf den Markt gebracht. So wie diese Brennstoffzelleneinheit, in der Module des Technologiepartners Toyota zur Anwendung kommen.

Der 88 kW leistende Generator wurde 2021 erstmals präsentiert. Er verfügt neben dem PEM-BZ-System zusätzlich über einen Lithium-Eisenphosphat-Akkumulator mit einer Kapazität von 44 kWh. Bislang wurden bereits 30 Einheiten in den Markt gebracht. Zukünftig sollen es 20 pro Monat werden.

H2ECO AWARD FÜR FAUN Ein Highlight war die Preisverleihung des neu ausgeschriebenen H2Eco Awards. Der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) und die Deutsche Messe AG hatten zusammen diese Ausschreibung für den H_2 -Sektor ins Leben gerufen – quasi als Pendant zum hochdotierten Hermes Award, der seit 2004 während der Hannover Messe verliehen wird. Zum Sieger wurde das Bluepower-Projekt der Faun Gruppe (s. Abb. 5 u. S. 28) gekürt. ||

VIEL LOS IN ROTTERDAM

Ein Who is who der weltweiten Wasserstoffbranche gab sich beim World Hydrogen Summit vom 9. bis 11. Mai 2022 in Rotterdam die Klinke in die Hand: 6.000 Teilnehmer via Streaming und vor Ort sprechen für sich. Allen Beteiligten ist klar, dass die bestehenden Pläne, eine weltweite Wasserstoffwirtschaft aufzubauen, enorme Investitionen erfordern und etliche der bereits bestehenden Pläne massiv ausgebaut werden müssen. Man muss „groß“ denken, und wie es scheint, tut die Welt dies auch.

Beispiel: Die EU hat kürzlich ihr Ziel für den Hochlauf der Elektrolyseurkapazitäten von 1,7 GW pro Jahr auf 17,5 GW pro Jahr in 2025 erweitert. Es geht um die Dekarbonisierung ganzer Industrien, es geht um Energiesicherheit, es geht um den Klimawandel und den Ersatz fossiler Energieträger. Und natürlich geht es auch darum, Abhängigkeiten zu verringern.

All das spielt der Produktion von grünem Wasserstoff in die Hände. Bislang macht grüner Wasserstoff allerdings nur ein bis zwei Prozent der weltweiten Wasserstoffproduktion aus – ein langer Weg, bis in 30 Jahren pro Jahr 500 Mio. Tonnen davon produziert werden können. Grünes Ammoniak liegt preislich inzwischen deutlich unter grauem Wasserstoff. Die Transportkosten dafür fallen angesichts der großen Mengen überschaubar aus. Und es gibt neue technologische Ansätze, Ammoniak kostengünstiger zu produzieren.

Es ging in Rotterdam auch um Planungssicherheit, die die Politik bieten muss, denn die Industrie will investieren, braucht aber klare Vorgaben und auch Anreize. Es ist aber erkennbar, dass die Politik diese Zukunftsmärkte offener und konstruktiv begleiten wird. Auch in Bezug auf den voranschreitenden Fachkräftemangel.

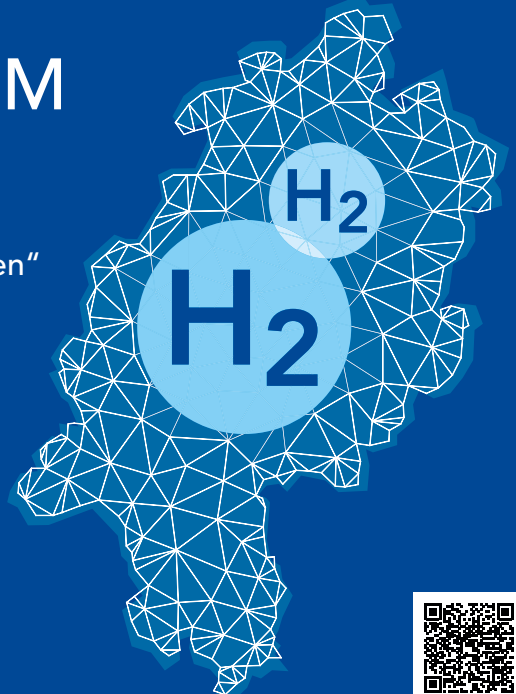
Besondere Beachtung fand die Initiative H2Global, deren Ziel es ist, grünen Wasserstoff aus der ganzen Welt (außerhalb der EU) per subventionierten Preis nach Deutschland zu bringen. Da werden neue Technologien zum Einsatz kommen, die die Effizienz der Produktion von Wasserstoff massiv erhöhen. Da werden viele Kooperationen entstehen. Elektrolyseure werden leistungsstärker und gleichzeitig günstiger im Preis, auch wenn der Wasserstoff aufgrund der Rahmenbedingungen am günstigsten nicht in Europa hergestellt, sondern importiert werden wird. ||

11

BRENNSTOFFZELLENFORUM HESSEN

„Planung und Genehmigung von dezentralen Wasserstoffprojekten“

29. SEPTEMBER 2022
FRANKFURT AM MAIN



H₂-QUARTIERE RECHNEN SICH

Konkretes Bauvorhaben mit Vorbildwirkung



Abb. 1: Das analysierte Wohnquartier des Bauvereins
[Quelle: Bauverein, TIM-Online]

Bislang ist der H₂-Anteil im deutschen Gasnetz verschwindend gering. Derzeit wird nur im Rahmen einzelner, zeitlich befristeter Demonstrationsprojekte die Eignung von bis zu 30 Prozent Wasserstoff erprobt. H₂-Mikronetze, also Netze für Quartiere oder Regionen, in denen 100 Prozent Wasserstoff eingesetzt würde, gibt es noch nicht. Dabei hat Lennart Lohaus kürzlich belegt, dass H₂-basierte Quartierslösungen schon heute wirtschaftlich attraktiv sein können. Im Rahmen seiner Masterarbeit entwickelte er ein Optimierungsmodell zur Auslegung von regenerativen Versorgungslösungen mit dem Energieträger Wasserstoff im Rheinischen Revier.

Wie Lennart Lohaus herausfand, ist eine klimaneutrale Energieversorgung durch ein optimales Zusammenspiel

zwischen regenerativen Energieträgern, Energiewandlern und Speichern bereits heutzutage umsetzbar. Seine Marktrecherchen ergaben, dass es bereits zahlreiche Produkte gibt, die für die stationäre Wasserstoffanwendung geeignet sind.

Zunächst seien grundsätzlich Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen sowie Energiespeicher erforderlich. Während Batterien für die Kurzzeitspeicherung geeignet sind, können große Energiemengen in Form von Wasserstoff über lange Zeiträume gespeichert werden.

Häufig anzutreffende Vorurteile hinsichtlich des angeblich schlechten Wirkungsgrades von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen konnte er widerlegen. Voraussetzung dafür sei jedoch, dass bei den Wasserstoffkomponenten die entstehende Abwärme, die ein ausreichend hohes Temperaturniveau für den Gebäudesektor und weitere Sektoren aufweist, genutzt werde.

ZENTRALISIERTE ENERGIEVERSORGUNG DES QUARTIERS Lohaus belegte zunächst Elektrotechnik im Bachelor-Studiengang und machte anschließend seinen Master in Energiewirtschaft an der Hochschule Osnabrück. Im Interview mit HZwei machte er deutlich, wie wichtig ihm energieeffizientes und nachhaltiges Handeln sei. Aus diesem Grund habe er auch die Weiterbildung zum Energieberater absolviert und sich explizit als Thema seiner Masterarbeit die „Auslegung von regenerativen Versorgungslösungen mit dem Energieträger Wasserstoff“ ausgewählt.

Referenzpunkt seiner Arbeit ist ein konkretes Projekt des lokalen Bauvereins, dem Lohaus nach der Erstellung eines Variantenvergleichs mit anschließender Sensitivitätsanalyse detaillierte Empfehlungen unterbreiten konnte. Im Visier standen dabei 38 Bestandswohnungen, die um 34 Wohneinheiten erweitert werden sollen, um somit Platz für 180 BewohnerInnen bieten zu können. Versorgt werden könnte dieses Quartier zukünftig durch eine Technikzentrale (s. Abb. 3).

Die Marktrecherche des Ingenieurs ergab, dass kommerziell erhältliche Elektrolyseure und auch Brennstoffzellen jeweils einen Gesamtwirkungsgrad von 80 Prozent gewährleisten können. Die H₂-Speicherung könnte wahlweise in Gas-, Flüssigkeits- oder Metallhydridbehältern erfolgen, so dass das gesamte Areal relativ effizient mit Strom und Wärme versorgt werden könnte. Je nach Systemvariante,

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



Abb. 2: Lennart Lohaus
[Quelle: L. Lohaus]

die Lohaus berechnete, belaufen sich die Investitionskosten auf 7,5 bis knapp 11 Mio. Euro.

Lennart Lohaus fasste zusammen: „Auch wenn derzeit die Investitionskosten der Gesamtsysteme im Vergleich zu den fossilen Energiesystemen höher sind, existieren Lösungen, mit denen die Umsetzung einer klimaneutralen Energieversorgung aus ökonomischer Sicht überzeugend ist. Dazu

ist es wichtig, dass die Politik dafür entsprechende Förderungsmaßnahmen und Rahmenbedingungen schafft. Die Einführung einer Förderung für die Kompensation fossiler Energieträger wäre beispielsweise eine gute Möglichkeit.“

Weiter erklärte er: „Bei Projekten, die heute umgesetzt werden, ist mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von 15 bis 25 Jahren für die Anlagentechnik zu rechnen. In Zukunft werden die fossilen Energieträger knapper und die spätere Technikumstellung auf 100 Prozent erneuerbare Energien sehr kostenintensiv. Folglich ist es empfehlenswert, schon heute auf die regenerative Energieversorgung zu setzen.“

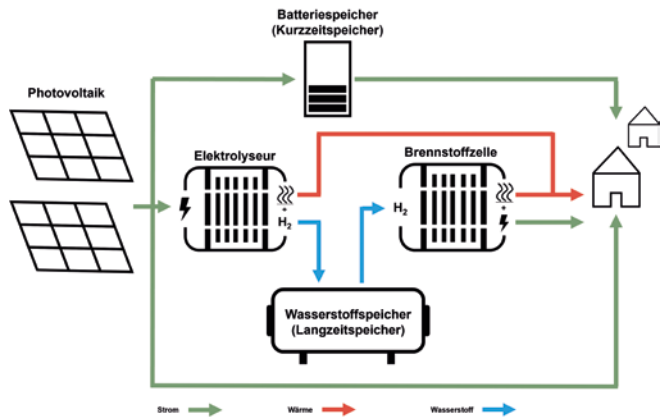


Abb. 3: Technikzentrale mit Energiewandlern und -speichern
[Quelle: L. Lohaus]

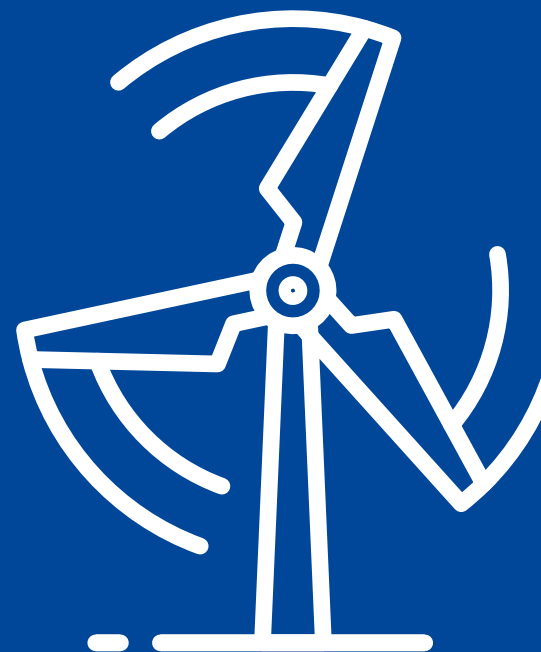
Auch nach seinem Studium will der engagierte Ingenieur weiter an dieser Idee arbeiten. Gemeinsam mit zahlreichen UnterstützerInnen plant er bereits weitere Projekte, um über die umfangreichen Potentiale dieser Technologie zu informieren, weitere Personen dafür zu begeistern und konkrete Vorhaben zu realisieren. ||

Literatur:

- Lohaus, Lennart; Auslegung von regenerativen Versorgungslösungen mit dem Energieträger Wasserstoff, HS Osnabrück, 2021

DIE FACHMESSE FÜR ENERGIESPEICHERSYSTEME UND LÖSUNGEN FÜR DIE DEKARBONISIERUNG IN INDUSTRIE UND GEWERBE

www.decarbXpo.de



SIGNIFIKANTE H₂-MENGEN AUS DEM AUSLAND

Interview mit Thorsten Kasten (DWV) und Tilman Wilhelm (DVGW)

Der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) e. V. wird immer größer und erlangt angesichts der derzeitigen energiepolitischen Herausforderungen immer mehr an Bedeutung. Seit einigen Jahren entwickelt er sich an der Seite des Deutschen Verbands des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) zum zentralen Industrieverband. Um die Zusammenarbeit beider Verbände noch weiter zu verbessern, wählte das DWV-Präsidium im Frühjahr 2021 auf Vorschlag des DVGW Thorsten Kasten zum zweiten Vorstand (s. HZwei-Heft Juli 2021). HZwei sprach während der Hannover Messe mit Kasten über sein erstes Jahr beim DWV und mit Tilman Wilhelm, seit April dieses Jahres neuer Leiter Ordnungspolitik, Presse und Öffentlichkeitsarbeit des DVGW, über die Herausforderungen der Energiewelt.



HZwei: Sehr geehrter Herr Kasten, Sie sind seit 22. April 2021, neben Werner Diwald, Vorstand des DWV. Wie war Ihr Einstand?

Kasten: Die letzten drei Jahre vor meiner Tätigkeit beim DWV waren geprägt von dem Aufbau neuer Geschäftsfelder bei der VNG AG, unter anderem bei Quartierslösungen, und der Kooperation mit Start-ups – also der Innovations-

szenen – im Hinblick auf die Transformation in der Energiebranche. Dabei konnten wir unter meiner Federführung zahlreiche Erfolge verzeichnen: unter anderem Kooperationen mit Start-ups, die sich auf Pyrolyse zur Wasserstoffherzeugung fokussiert haben. Nach meiner langjährigen Tätigkeit in Energieversorgungsunternehmen sind die Aufgaben in einem Verband wie dem DWV selbstverständlich allgemeiner und vielschichtiger aufgebaut. Als Verantwortlicher für die Themen Infrastruktur und Bildung sowie die allgemeine Verbandsorganisation und -entwicklung bringe ich viele Aspekte aus meinen bisherigen Funktionen sowie mein Wissen über die Transformation der Energiebranche gezielt mit ein.

Was genau ist das Ziel der Kooperationsvereinbarung zwischen DVGW und DWV?

Wilhelm: Beide Verbände gehen davon aus, dass wir in der weiterentwickelten Energieversorgung zu ähnlichen Anteilen wie heute Gasmoleküle brauchen – nur eben zunehmend grün und erneuerbar. Mit dem heutigen Erdgas- und künftigen Wasserstoffnetz vertritt der DVGW einen wesentlichen Teil der Wertschöpfungskette, der – wie die vor- und nachgelagerten Bereiche Erzeugung und Anwendung – jetzt in die Umstellung auf Wasserstoff eingestiegen ist. DWV und DVGW verfolgen die gleichen Ziele, vertreten die gleichen Positionen und arbeiten deshalb zusammen.

Wie gestaltet sich denn die Aufgabenverteilung zwischen den Verbänden?

Wilhelm: Der DVGW ist wissenschaftlich-fachlich sehr stark aufgestellt, nicht zuletzt über die wissenschaftlichen Institute, die zur DVGW-Gruppe gehören. Daraus wird natürlich auch das Fundament für die politische Argumentation hergestellt. Darüber hinaus ist der DVGW als technischer Regelsetzer sehr nah an der Praxis und deshalb eine gute Schleuse zwischen Politik und Industrie.

Kasten: Der Fokus des DWV ist hauptsächlich auf die politische Arbeit ausgerichtet. Unser Hauptaugenmerk liegt dabei auf Themen und Geschäftsfeldern, die darauf abzielen, einen deutschen und europäischen Wasserstoffhochlauf zu etablieren, um die künftige Energieversorgungssicherheit zu gewährleisten.

Der DVGW war ja bislang als Erdgas-Fachverband ein Repräsentant der fossilen Energiewirtschaft. Wofür steht der DVGW heute?

Wilhelm: Die Rolle des DVGW ist seit über 160 Jahren klar: Er steht im Energiebereich für den leitungsgebundenen Transport von Gasmolekülen, setzt die technischen Regeln für ein Netz, das in Deutschland aus über einer halben Million Leitungskilometern besteht, 19 Millionen Haushalte und 1,8 Millionen Gewerbe- und Industriebetriebe mit Energie zum Heizen, für Industrieprozesse und so weiter versorgt. 96 Prozent dieses Netzes sind heute schon so ausgelegt, dass sie reinen, gasförmigen Wasserstoff transportieren können. Und genau in dieser Umstellung der Netze auf den neuen Energieträger Wasserstoff sieht der DVGW eine seiner Hauptaufgaben heute und in Zukunft.

Woran lässt sich belegen, dass der DVGW nicht nur am Werterhalt der Erdgas-Assets interessiert ist, sondern in Richtung grünen Wasserstoffes pusht?



Abb. 2: Tilman Wilhelm [Quelle: DVGW]

Wilhelm: Zunächst einmal sind die Leitungen die Assets, nicht der Inhalt. Die Leitungen erhalten aber natürlich ihren Wert dadurch, dass sie für den Transport eines Energieträgers genutzt werden. Dass dieser Energieträger künftig Wasserstoff sein wird, ist allen völlig klar. Es ist auch klar, dass wir im Zielbild von grünem Wasserstoff sprechen. Zwei konkrete Beispiele, wie der DVGW diese Energie-

zukunft heute schon mitgestaltet: Um in die Umnutzung der heutigen Erdgasnetze einzusteigen, führt der DVGW die Initiative H2vorOrt an, in der regionale Gasverteilnetzbetreiber, die für rund 55 Prozent des deutschen Gasverteilnetzes stehen, derzeit gemeinsam einen datenbasierten Transformationsplan entwerfen und anschließend umsetzen. Darüber hinaus hat der DVGW 2020 aus Vereinsmitteln

ein 15 Millionen Euro starkes Innovationsprogramm Wasserstoff aufgesetzt. Ein exemplarisches Projekt daraus ist die Kooperation mit Avacon, einem Netzbetreiber von E.ON, in dem auf Grundlage der Mittel aus dem DVGW-Innovationsprogramm heute auf einem Netzabschnitt 20 Prozent Wasserstoff eingespeist werden.

[Wie ist denn Ihre Meinung in puncto blauer Wasserstoff? Sollte in diese Technologie investiert werden, wodurch es dann ja gezwungenermaßen zu Lock-in-Effekten kommen würde?](#)

Kasten: Wir haben hier eine klare Position bezüglich der Farbenlehre im DWV: Grüner Wasserstoff wird ein wesentlicher Bestandteil einer künftigen versorgungssicheren und defossilisierten Energiewirtschaft sein. Wasserstoff wird idealerweise aus erneuerbaren Energiequellen, deren Ausbau noch konkretisiert und priorisiert werden muss, hergestellt. Um allerdings in der Aufbauphase hin zu einer grünen H₂-Marktwirtschaft den dringend benötigten Wasserstoffbedarf zu decken, kann auch klimaneutraler Wasserstoff aus anderen Quellen eine temporäre Option sein. Dies zeigt sich auch immer wieder bei den aktuellen europäischen Lösungsansätzen, die wir in dem neuen RePowerEU-Vorschlag der EU-Kommission sehen.

[Kommen wir jetzt zur Politik: Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck hat im Frühjahr das Osterpaket vorgelegt. Wie fiel dazu Ihr Fazit aus? Was war darin gut, was schlecht?](#)

Kasten: Im Osterpaket der Bundesregierung ist bereits festgelegt, dass es Erleichterungen beim Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung geben wird. Das ist gut und stimmt uns positiv für das angekündigte Sommerpaket. Jedoch gibt es noch viele Fragezeichen in der Industrie, insbesondere bei dem Thema Investitionssicherheiten. Hier muss jetzt weiter mit Nachdruck gearbeitet werden. Wir müssen jetzt agieren und nicht noch mehr Zeit verstreichen lassen. Das Ziel sollte sein, noch in diesem Jahr konkrete Maßnahmen zu verabschieden, damit die Industrie kluge und gezielte Investitionen tätigen kann, und dafür braucht es jetzt verlässliche politische Rahmenbedingungen.

[Sie sprachen bereits das Sommerpaket an. Was sind Ihre Wünsche dafür?](#)

Kasten: Spätestens seit dem Krieg Russlands gegen die Ukraine ist das Zieldreieck der Energiepolitik aus Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit aus dem Lot geraten. Mit ihrem Sommerpaket muss die Regierung nun die Chance nutzen, mit technologieoffenen ordnungspolitischen Rahmenbedingungen für den Hochlauf von Wasserstoff und den Ausbau der Infrastruktur wirksame Anreize zu setzen, die eine sichere, bezahlbare und nachhaltige Energieversorgung unter neuen Vorzeichen erwirken. Ideologisch geprägte Debatten wie die kürzlich von Staatssekretär Patrick Graichen angestoßene helfen hier nicht weiter. Um Sicherheit und Bezahlbarkeit unserer Energieversorgung künftig zu gewährleisten, müssen alle Optionen zur Herstellung, zur Beschaffung, zur Speicherung und Verteilung von Wasserstoff konsequent genutzt werden. Dabei müssen definitiv auch erdgasbasierter Wasserstoff sowie die vorhandene Infrastruktur einbezogen werden.

[Können Sie das bitte noch etwas konkretisieren: Was genau sind die dringlichsten Aufgabenfelder beziehungsweise Herausforderungen, die Ihrer Meinung nach jetzt zeitnah angegangen werden müssen?](#)

Kasten: Die Kernbotschaft ist: Wir brauchen klare Regeln beziehungsweise ein verbindliches level playing field bei der

Schaffung und Ausgestaltung der notwendigen Infrastruktur. Dabei gilt es dringend darauf zu achten, Sektoren und Branchen bei der Nutzung des Wasserstoffs nicht von vornherein auszuschließen oder zu benachteiligen. Alle Akteure müssen von Anfang an gemeinsam an einem Strang ziehen. Am Ende, so belegen es auch zahlreiche Studien, werden wir genügend Wasserstoff haben, der die meisten – bisher mit Molekülen versorgten – Endabnehmer erreichen wird.

[Welche sind denn bei Ihnen die konkreten Vorhaben, die Sie angehen möchten? Was konnten Sie eventuell in Ihrem ersten Jahr schon auf den Weg bringen?](#)

Kasten: Das Thema Infrastruktur ist eine der zentralen Fragen, die es zu klären gilt, damit der H₂-Hochlauf überhaupt in Gang kommt. Ohne Netz wird Wasserstoff als edler „Champagner“ versauern. Fakt ist: In der Zukunft wird Wasserstoff in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen. Wir müssen jetzt für das politische Umfeld der entscheidende Taktgeber sein. Die Energiewende und die Erreichung der Klimaziele dürfen nicht daran scheitern, dass Deutschland und Europa ihr vorhandenes Asset, nämlich das Gasnetz der Verteilnetz- und Fernleitungsnetzbetreiber, nicht weiter mit in die Transformation der Energieträger nimmt. Durch die Weiternutzung und Umnutzung der existierenden Infrastruktur können klimaneutrale Moleküle einen großen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Eine entsprechende Fachkommission zur Transformation der Gasinfrastruktur mit verschiedenen Parametern aus den entsprechenden Branchen ist in der Entstehung – von den Erzeugern des Wasserstoffs über die Netz- und Speicherbetreiber bis hin zu Abnehmern der klimaneutralen Moleküle.

[Was planen Sie noch an weiteren Projekten – eventuell gemeinsamen von DVGW und DWV?](#)

Kasten: Die Industrie muss ganz klar in ihrer Prozess- und Wertschöpfungskette CO₂-neutral werden. Das ist das anvisierte Ziel, und davon soll nicht abgerückt werden. Dazu sind verschiedene Puzzlesteine notwendig, wie CO₂-Abscheidung, Wasserstoff in der Produktion und vor allem, die Zulieferwege klimaneutral zu gestalten. Um ein kohärentes Gesamtbild zu schaffen, werden der DWV und der DVGW eine entsprechende Initiative starten und sich gemeinsam dafür einsetzen, dass diese federführend als Brückenbauer zwischen der Industrie und Politik agiert. Dabei soll vor allem auch der Mittelstand immer mit ins Boot geholt werden.

[Letzte Frage: Wann rechnen Sie mit signifikanten Mengen grünen Wasserstoffs bei der Energieversorgung?](#)

Kasten: Die ersten signifikanten Mengen werden uns wahrscheinlich aus dem nicht-europäischen Ausland erreichen. Erste Lieferungen werden 2024 eintreffen. Die eigene Produktion aus Deutschland und aus europäischen Ländern wie Bulgarien, Rumänien, Griechenland, aber auch Portugal und Spanien hängt aktuell davon ab, wie die Rahmenbedingungen in Brüssel gestaltet werden. Wir sind aktuell in einem proaktiven Dialog mit den EU-Institutionen und Ministerien in Deutschland und guter Dinge, dass wir vor dem kommenden Winter die entscheidenden Rahmenbedingungen haben werden. Netze sind vorhanden, und Potentialanalysen haben gezeigt, dass in den genannten Ländern erneuerbare Energien und damit über Elektrolyse erzeugter Wasserstoff zu realisieren sind. Nun gilt es, die erzeugten Moleküle nach Mitteleuropa zu transportieren. Auch dies wird uns gemeinsam gelingen.

[Meine Herren, herzlichen Dank für das Gespräch.](#)

FÜNF VON ZEHN H₂-REALLABOREN IN REALISIERUNG

Viele Akteure favorisieren IPCEI wegen besserer OPEX-Förderung

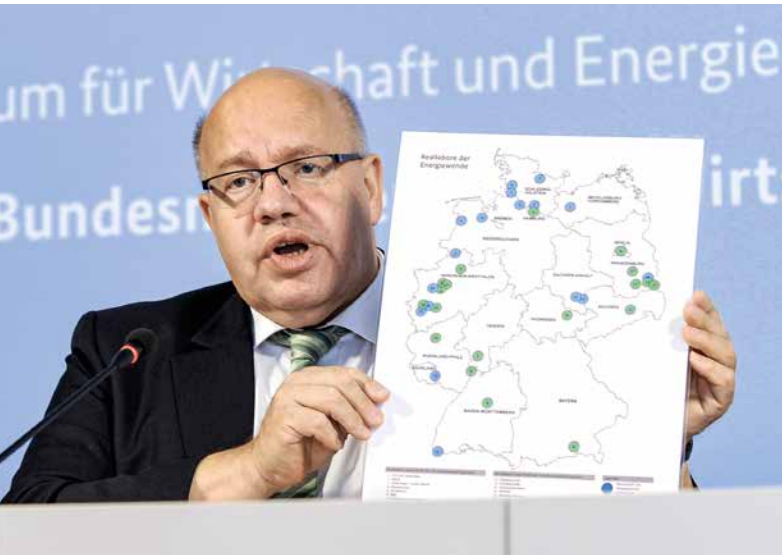


Abb. 1: Der damalige Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier bei der Präsentation der Reallabore 2019 [Quelle: BMWi]

16

Eine ernüchternde Bilanz: Nur fünf der insgesamt zehn H₂-Reallabore befinden sich in Realisierung. Peter Altmaier, der Wirtschaftsminister der alten Bundesregierung, hatte hochtrabend von der Praxisnähe der von ihm geförderten Vorhaben geschwärmt und sie gegen allerlei Kritik verteidigt. Dabei hatte es bereits während des Auswahlprozesses ausreichend Stimmen gegeben, die darauf hingewiesen hatten, dass die Zeit für Demonstrationsprojekte vorbei sei. Doch Altmaier brachte seinen gesamten Einfluss mit ein und setzte sich durch. Heute ist klar, dass mehrere Reallabore aufgrund von zu viel Bürokratie und Auflagen nicht umgesetzt werden.

Insgesamt wählte das damalige Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 20 Vorhaben im Rahmen eines Ideenwettbewerbs aus. Im Zuge des 7. Energieforschungsprogramms sollten in unterschiedlichen Regionen in Deutschland Projekte initiiert werden, die quasi als Keimzelle dienen sollten, um die Energiewende voranzutreiben und darüber die eigenen Klimaschutzziele zu erreichen.

Das damalige Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) verkündete stolz im Sommer 2019, dass insgesamt 90 Vorschläge mit über 500 Akteuren aus Industrie und Forschung eingereicht worden seien. Aus diesen wurden die 20 besten Skizzen ausgewählt – die Hälfte davon befasste sich schwerpunktmäßig mit Wasserstoff, die andere Hälfte mit energieoptimierten Quartieren. Jedes Bundesland (außer Bremen) erhielt mindestens ein Projekt. Jährlich sollten diese Aktivitäten bis 2022 mit bis zu 100 Mio. Euro gefördert werden (s. HZwei-Heft Juli 2019).

Tatsächlich kam es aber anders: Die Mehrzahl der sogenannten „Reallabore der Energiewende“ wurde bislang noch nicht realisiert. Gerade einmal die Hälfte ging 2021 in die Projektphase über, die noch bis 2025 dauert. Nur Westküste100 startete bereits 2020.

ERHEBLICHER BÜROKRATISCHER AUFWAND Bereits während der Ausschreibungsphase hatte es Bedenken gegeben, ob denn die Förderung weiterer Demonstrations- und Forschungsvorhaben noch angebracht sei oder stärker der Markteintritt unterstützt werden solle. Direkt nach der Präsentation der Gewinner wurden zudem Vorbehalte laut, ob denn alle Vorhaben wirklich wie geplant durchgeführt werden könnten.

Lange war unklar, was genau gefördert werden kann. Gleichzeitig war frühzeitig absehbar, dass die förderrechtlichen Anforderungen recht hoch sein würden. Das bestätigten jetzt auch im Nachhinein mehrere Akteure gegenüber HZwei. „Der Aufwand ist erheblich“, „es ist schon ruckelig“ – heißt es von verschiedenen Seiten.

Ein Knackpunkt ist, dass es bei den Reallaboren keine Förderung für Betriebskosten (OPEX) gibt, was immer wieder von zahlreichen Akteuren kritisiert wurde. Aber eine anteilige Übernahme der Investitionskosten (CAPEX-Förderung) reicht häufig nicht aus, um ein Geschäftsmodell

REFLAU

Das Vorhaben „Referenzkraftwerk Lausitz (RefLau) – Schwarze Pumpe“, das im April-Heft der HZwei vorgestellt wurde, basiert zwar auf der ursprünglichen Projektskizze, die beim Ideenwettbewerb „Reallabore der Energiewende“ eingereicht und auch ausgewählt wurde. Bislang zählt es aber nicht zu den fünf in Realisierung befindlichen Reallaboren, da es sich noch in der Genehmigungsphase befindet. Die LEAG zog sich aus diesem Projekt zurück, weil eine 100-%-Förderung der Forschungsaktivitäten nur möglich ist, wenn ausschließlich Hochschuleinrichtungen beteiligt sind.

GREENHYDROCHEM

Das Vorhaben „GreenHydroChem“ wird in der ursprünglichen Version nicht realisiert, aber einige Ideen wurden weitergetragen und in anderen Vorhaben weitergeführt. So fanden einzelne Bestandteile Einzug in Fördervorhaben wie das Hydrogen Lab in Leuna sowie in die Wasserstoff-Leitprojekte H2Wind und H2Mare, wobei Letzteres auch Teil des Norddeutschen Reallabors ist.

HYDROHUB FENNE

Das Vorhaben „Hydrohub Fenne“ wurde zwar beim Ideenwettbewerb ausgewählt, befindet sich aktuell aber nicht in Realisierung. Nach Aussage eines Konsortiumssprechers werde derzeit versucht, das Projekt in ein IPCEI-Programm hineinzubekommen, da die regulatorischen Rahmenbedingungen im Reallabor bislang noch nicht so seien, dass ein finanzielles Engagement in der benötigten Größenordnung seitens der Industriepartner infrage käme. Ursprünglich hatte es geheißen: „Wenn alles läuft, wie wir uns das vorstellen, wird der HydroHub im zweiten Quartal 2023 fertiggestellt.“ Inzwischen wird die Inbetriebnahme für Anfang 2026 erwartet.

dell kreieren zu können. Deshalb orientierten sich einige Unternehmen um.

Zahlreiche Akteure äugen inzwischen verstärkt auf die IPCEI-Vorhaben (Important Project of Common European Interest), bei denen auch eine OPEX-Förderung möglich ist. Einige beteiligten sich in noch anderen Fördervorhaben. Diese Umorientierung führte zwar zu weniger Reallaboren. Das bedeutet aber nicht, dass die den ursprünglichen Projektskizzen zugrunde liegenden Ideen nicht weiterverfolgt werden.

Etliche Vorhaben finden jetzt einfach nur in einem anderen Umfeld statt. Dies bedeutet aber auch, dass die ursprünglich für die Reallabore zugesagten Fördergelder gar nicht in vollem Umfang abgerufen werden. Die einfache Aufsummierung der vom Staat im Vorfeld bewilligten Gelder würde somit den falschen Eindruck erwecken, dass viel mehr Steuermittel aufgewandt werden, als tatsächlich fließen. Nach aktuellem Stand werden für die bislang fünf Reallabore insgesamt 200 Mio. Euro über die gesamte Laufzeit bis 2025 fließen.

Es könnten allerdings noch mehr Mittel benötigt werden, da der „Reallabortopf aufgemacht wurde“, wie es vom Trans4Real (s. u.) hieß. Das bedeutet, dass „durchgehend weitere Projektskizzen im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms eingereicht werden dürfen“. Auf der Homepage des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) heißt es dazu: „Am 1. Juli 2021 hat das BMWK ein neues Förderkonzept für die Reallabore der Energiewende veröffentlicht. Das Konzept ist themenoffen gestaltet und kann somit Reallabore zu allen Forschungsbereichen der BMWK-Förderung im Energieforschungsprogramm umfassen.“

TRANS4REAL – WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG Seit April 2021 begleitet das Transferforschungsprojekt Trans4Real die Reallabore wissenschaftlich, damit die gewonnenen Erkenntnisse anschließend als Handlungsoptionen in die H₂-Roadmap der Bundesregierung einfließen können. Im April 2020 hatte der Projektträger Jülich (PtJ) hierfür einen eigenen Ideenwettbewerb gestartet, an dem sich elf Konsortien beteiligten. Der Zuschlag ging nach München.

Prof. Ulrich Wagner von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) sagte als Sprecher von Trans4Real: „Das



Abb. 2: Prof. Ulrich Wagner, Trans4-Real-Sprecher [Quelle: Trans4Real, Enno Kapitza]

übergreifende Ziel von Trans4Real ist es sicherzustellen, dass die Erkenntnisse aus den Reallaboren zu Sektorkopplung und Wasserstofftechnologien in die Breite getragen und flächendeckend genutzt werden können. In den kommenden fünf Jahren möchten wir die Reallabore der Energiewende untereinander vernetzen und ihre jeweiligen Erkenntnisse zu bestimmten Wasserstofftechnologien und Innovationen im Bereich der Sektorkopplung zusammentragen.

So werden wir verallgemeinerbare Aussagen ableiten, wie eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft in Deutschland etabliert werden kann.“

Simon Pichlmaier, federführend für Wasserstoff und synthetische Energieträger bei Trans4Real, erklärte gegenüber HZwei: „Das regulatorische Lernen ist einer der wichtigsten Punkte.“ Ziel sei, „Ergebnisse und Erkenntnisse in allgemeingültiges Wissen zu überführen“. Dafür brauche es „momentan auf jeden Fall noch Förderung“, damit Handlungsoptionen dargelegt und Genehmigungsverfahren vereinfacht werden können. ||

HZWEI FRAGT – DAS BMWK ANTWORTET

„Die Reallabore der Energiewende sind ein zentrales Element des Energieforschungsprogramms und dienen der Demonstration von mehreren innovativen Energietechnologien in ihrem Zusammenwirken im realen Umfeld und in industrierelevantem Maßstab. Produzenten, Entwickler und Anwender innovativer Technologien sollen in die Lage versetzt werden, diese in einem größeren Umfang als ohne Förderung möglich zu erproben. Dadurch sollen auch Kosteneffekte durch Skalierung generiert und schnellere Fortschritte erzielt werden. Die Projekte leisten einen entscheidenden Beitrag zur technologischen Umsetzung der Energiewende, setzen Forschungsergebnisse in die Praxis um und verhelfen vielversprechenden Ideen Marktreife zu erreichen. Dabei sollen breit angelegte Projekte gefördert werden, mit denen das systemische und sektorenübergreifende Zusammenwirken einzelner Technologien im industrierelevanten Maßstab sowie die Vernetzung verschiedener Prozesse und Infrastrukturen untersucht werden. Die Reallabore der Energiewende haben somit Pioniercharakter für die Transformation des Energiesystems.

Die BMWK-Energieforschung konnte mit diesem neuen Format an der Schwelle zwischen Forschung und Markt einen wichtigen Baustein für große industrielle Investitionsanstrengungen in nachhaltige Technologien legen. Die Förderung hebt dabei umfangreiche Investitionen der Unternehmen und federt das unternehmerische Risiko ab.

Die Reallabore bilden einen wichtigen Baustein, um im Bereich Wasserstoffwirtschaft weitere Impulse zu setzen, die den Markthochlauf in Deutschland ermöglichen. Gleichzeitig gibt es noch Investitionshemmnisse in Bezug auf die Rahmenbedingungen auf EU-Seite. Das BMWK bringt sich aktiv ein, um den europäischen Markthochlauf zu unterstützen und Kriterien zur Anwendung zu bringen, die dem Markthochlauf nicht entgegenstehen.

Im Förderformat Reallabore der Energiewende wurden bislang zehn Reallabore bewilligt. Fünf Reallabore der Energiewende haben einen dezidierten Wasserstoffbezug:

Energiepark Bad Lauchstädt, H2Stahl, H2-Wyhlen, Norddeutsches Reallabor, Westküste100.

In diesem Jahr werden zwei weitere Reallabore starten; eines davon mit Wasserstoffbezug.“

Bundesministerium für Wirtschaft und Klima BMWK

DA, WO WIR SIND, IST GANZ WEIT VORNE

Verkehrsminister Wissing startet zweite HyLand-Runde



Abb. 1: HyStarter und HyExperts der Runde II

Bundesverkehrsminister Dr. Volker Wissing hat am 12. Mai 2022 die nächste Runde des HyLand-Programms gestartet. Vertreter von jeweils 15 HyStarter- und HyExperts-Regionen waren nach Berlin gekommen, um die vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) ausgestellten Förderbescheide in Empfang zu nehmen. Wissing kündigte zudem einen weiteren HyPerformer-Aufruf an – noch für dieses Jahr.

Der Start der zweiten HyLand-Runde bietet Gelegenheit zu einem kurzen Überblick darüber, was bisher geschehen ist und was noch kommen soll: In der ersten HyLand-Runde wurden drei HyPerformer-Regionen mit jeweils bis zu 20 Mio. Euro an Investitionszuschüssen zur Umsetzung bereits bestehender regionaler Wasserstoffkonzepte gefördert. Das Gesamtprojektvolumen betrug 195 Mio. Euro. Die Förderung erfolgt im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP).

Die bisherigen HyExperts erhielten jeweils bis zu 400.000 Euro Förderung, um Beratungs-, Planungs- und andere Dienstleistungen beauftragen zu können und mithilfe dieser ein umsetzungsfähiges Gesamtkonzept für eine regionale Wasserstoffwirtschaft zu erstellen. Die HyStarter wurden jeweils ein Jahr lang fachlich und organisatorisch bei der Ent-

„Mit dem regionalen Ansatz von HyLand bringen wir Wasserstoff in die Fläche und helfen 30 weiteren Regionen dabei, Konzepte für eine lokale Wasserstoffwirtschaft zu erarbeiten. Insbesondere freut es mich, dass wir auch in der Kategorie HyPerformer eine zweite Runde verkünden und somit in Zukunft weitere Regionen durch Investitionszuschüsse bei der Umsetzung ihrer Wasserstoffkonzepte unterstützen können.“

Dr. Volker Wissing,
Bundesminister für Digitales und Verkehr

„Mangelnde Fahrzeugverfügbarkeit erschwert insbesondere bei Lkws neben den Kosten die Initiation eines Absatzmarktes.“

Eva Stede, HyWays for Future

wicklung eines regional zugeschnittenen Wasserstoffkonzepts und bei der Bildung eines Netzwerks mit dem Fokus auf Verkehrsanwendungen unterstützt.

Seitens der Organisatoren hieß es, die verfolgten Ansätze bildeten „die gesamte Wertschöpfungskette von Wasserstoff im Verkehrssektor in einer Region ab, von der Erzeugung über die Speicher- und Verteilungsinfrastruktur bis zu den vielseitigen Verkehrsanwendungen (Busse, kommunale Nutzfahrzeuge, Lkw, Pkw, etc.)“.

Kurt-Christoph von Knobelsdorff, Geschäftsführer der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie NOW GmbH, sagte dazu in seiner Begrüßungsrede: „HyLand ist Blaupause und Graswurzelarbeit gleichzeitig.“ Weiter verglich er die HyLand-Regionen mit den Hydrogen Valleys, die derzeit auf EU-Ebene etabliert werden. Den Teilnehmenden rief er zu, sie könnten mit Fug und Recht sagen: „Da, wo wir sind, ist ganz weit vorne!“

GNADENLOS ÜBERZEICHNET Die Nachfrage für den zweiten Aufschlag war ähnlich hoch wie bereits in der ersten Runde (s. HZwei-Heft Jan. 2020), in der letztlich sehr viel mehr „Sieger“ gekürt worden waren als ursprünglich anvisiert. So gab es damals 13 statt der geplanten fünf HyExperts und drei statt nur eines HyPerformers. Für neun HyStarter-Plätze gab es 2019 138 Bewerber. Jetzt, für diese zweite Auflage, wurden 116 Bewerbungen eingereicht (s. HZwei-Heft Juli 2021), aus den insgesamt je 15 HyStarter und HyExperts ausgewählt wurden. Fünf dieser HyExperts waren zuvor HyStarter und gehen nun in die nächste Entwicklungsstufe.

Ausgesprochen viel Lob für die komplikationslose Zusammenarbeit und gute Unterstützung ging in Anwesenheit des Bundesministers an den Projektträger Jülich (PtJ). Koordiniert wird das Programm „HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland“ weiterhin von der NOW GmbH.

ES FEHLEN DIE FAHRZEUGE Das große Manko war und ist jedoch, dass bislang nicht annähernd ausreichend Fahrzeuge zur Verfügung stehen. Dies wurde auch während der Eröffnungszeremonie zur zweiten Runde mehr als deutlich. Das eigentliche Ziel des Fördermittelgebers, möglichst viele H₂-Fahrzeuge auf die Straße zu bringen, kann somit gar nicht erreicht werden. Anzukreiden ist dies jedoch nicht der Bundesregierung, sondern der Automobilindustrie, die viel zu spät und nicht vehement genug auf Elektrifizierung gesetzt hat.

Extrem lange Lieferzeiten gibt es sowohl bei wasserstoff- als auch bei batteriebetriebenen Fahrzeugen. Bei H₂-Nfz kommt erschwerend hinzu, dass auch die Infrastruktur noch nicht annähernd ausreichend vorhanden ist. Ein an HyLand beteiligter Akteur brachte es gegenüber HZwei auf den Punkt: „Es scheitert an der Fahrzeugverfügbarkeit. HyLand wird daher nicht so viele Fahrzeuge, sondern eher Tankstellen hervorbringen.“ Die Antwort auf die Frage, warum das Angebot so dürftig sei, ist einfach: „Wegen der OEMs.“

Zwar haben sich fast alle Automobil- und auch einige Nutzfahrzeugaufbauer jahrelang ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im H₂-Sektor mit Steuergeldern fördern lassen, marktreife Produkte sind dabei aber bislang kaum herausgekommen. Brennstoffzellen-Lkw sind daher nur in minimaler Stückzahl zu bekommen (s. S. 28). Für BZ-Busse gibt es zwar inzwischen potentielle Anbieter, aber nur mit extrem langen Lieferzeiten.

Dies führt dazu, dass die HyPerformer-Regionen der ersten Ausschreibungsrunde weit hinter dem zurückliegen, was eigentlich anvisiert worden war. Eigentlich sollten die Fördermillionen dazu führen, dass in diesen drei Gebieten H₂-Fahrzeuge in Betrieb gebracht werden, aber mangels Angeboten läuft bislang so gut wie nichts.

Aus der HyPerformer-Region Nordwest hieß es ursprünglich recht verheißungsvoll: „HyWays for Future dient als Marktaktivierungsprogramm für die verkehrsseitige Etablierung grünen Wasserstoffs in der Metropolregion Nordwest und dabei als Wegbereiter für eine sektoren- sowie grenzübergreifende Wasserstoffgesellschaft. Ziel ist die Erschließung des Verkehrssektors als Absatzmarkt.“ Inzwischen heißt es nur noch: „Die Anträge sind gestellt. Wir wissen, wo es hingehen soll.“ Dafür, dass die Projektlaufzeit (2020 bis 2023) schon zu fast drei Viertel um ist und 64,2 Mio. Euro bereitstanden, ist dies eine recht magere Ausbeute.

Die Akteure der zweiten HyLand-Runde haben somit bessere Chancen, vielleicht doch noch während der Projektlaufzeit entsprechende Fahrzeuge zu bekommen. Dass es sich mit dem Start der zweiten HyPerformer-Runde verzögern würde, war absehbar. Kurt-Christoph von Knobelsdorff hatte bereits im November 2020 angedeutet, dass ein zweiter Durchlauf erst dann durchgeführt werde, wenn die HyExperts so weit seien, dass sie sich für HyPerformer bewerben können.

HÖHERE FÖRDERQUOTE FÜR HYPERFORMER Positiv dürfte sich auswirken, dass die Rahmenbedingungen für HyPerformer verbessert werden sollen: So soll die Förderquote nicht mehr 40 Prozent der Mehrkosten betragen, sondern voraussichtlich auf 80 Prozent angehoben werden.

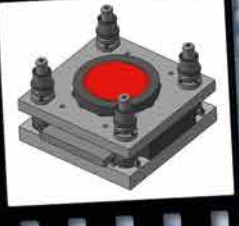
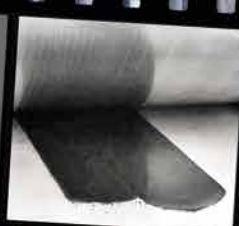
Abschließend stellte NOW-Chef von Knobelsdorff erfreut fest, dass durch HyLand „Umsetzungskompetenz“ generiert werde. Zudem stellte er – zunächst noch recht vage – in Aussicht, dass es in Zukunft einen „Bund der H₂-Regionen“ geben könnte. Solch ein Zusammenschluss könnte das gesammelte Wissen und die Erfahrungen bündeln und dann vielleicht sogar mittels eines Sitzes im Nationalen Wasserstoffrat auf politischer Ebene einbringen, so seine Idee. ||

REGIONEN-SERIE IN DER HZWEI

Um einen Eindruck zu vermitteln, was konkret in den zahlreichen Wasserstoffregionen, die es mittlerweile in Deutschland gibt, passiert, veröffentlicht der Hydrogeit Verlag eine Regionen-Serie. In jeder HZwei stellt sich eine Region der Leserschaft selbst vor – sowohl HyLand-Vorhaben als auch Reallabore. Siehe dazu auch Seite 16 und 30.

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

LOHC ALS HOFFNUNGSTRÄGER?

Entwicklung einer LOHC-Brennstoffzelle



Abb. 1: Demoanlage von Hydrogenious für Wasserstoffspeicherung und -transport in Finnland [Quelle: HySTOC]

20

Ein Start-up aus Erlangen forciert die Entwicklung eines flüssigen organischen Wasserstoffträgers. Mit verschiedenen Konzernen wie Bilfinger und Schaeffler versucht das Technologieunternehmen, die innovative Lösung für grünen Wasserstoff weltweit wirtschaftlicher zu machen. Ende 2023 soll die bisher größte Speicher- und Freisetzungsanlage im Chemiapark Dormagen bei Köln entstehen. Jährlich soll sie 1.800 Tonnen Wasserstoff erzeugen und einlagern können. Bedarf ist reichlich vorhanden.

Der Automobil- und Industrielieferer Schaeffler spricht von einem Meilenstein für seine Wasserstoffstrategie. „Die Wasserstofftechnologie spielt für eine CO₂-neutrale, nachhaltige Mobilität inklusive Energieversorgung eine entscheidende Rolle und ist für Schaeffler von strategisch wichtiger Bedeutung“, bestätigt Uwe Wagner, Vorstand für Forschung und Entwicklung.

Schaeffler arbeitet mit der Firma Hydrogenious LOHC Technologies und dem Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HIERN) zusammen. Die Partnerschaft soll die Entwicklung einer H₂-Brennstoffzelle forcieren. Der Clou: Die Brennstoffzelle soll einen flüssigen organischen Wasserstoffträger nutzen: LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier). Nach eigenen Angaben will Schaeffler seine Kompetenz bei der Industrialisierung und das Know-how für Material-, Umformungs- und Oberflächentechnologie in die neue Allianz einbringen.

Die Ausgangssituation: Wasserstoff wird in der Regel gasförmig bei hohem Druck von 700 bar oder in flüssiger Form und bei extrem niedrigen Temperaturen von minus 253 °C in Spezialbehältern gespeichert und transportiert. Beide Wege sind technisch aufwendig und teuer. LOHC bieten hier eine reizvolle Alternative. „Die direkte Nutzung von LOHC in Brennstoffzellen zur Stromerzeugung macht die Handhabung von Wasserstoff als Gas unnötig“, beschreibt Daniel Teichmann, CEO und Gründer von Hydrogenious. Diese Technologie erlaube daher eine besonders günstige und sichere Versorgung von mobilen und stationären Energieverbrauchern.

SCHAEFFLER TREIBT LOHC-TECHNOLOGIE VORAN Die Allianz profitiert dabei von umfangreichen Vorleistungen in der Forschung, die Hydrogenious und HIERN erbracht haben. Diese halten zudem einige Patente. Dann kommt Schaeffler ins Spiel: Der Konzern entwickelt gemeinsam mit HIERN eine entsprechende Brennstoffzellentechnologie für den direkten Einsatz von im LOHC gebundenen Wasserstoff. Dafür muss der Aufbau der Brennstoffzellen angepasst werden:

Schaeffler fertigt hierfür beispielsweise die Bipolarplatten. Das Know-how für die nötigen Katalysatoren und Membranen liegt hingegen bei den Forschern am HIERN.

Im entwickelten Verfahren von Hydrogenious kommt Benzyltoluol zum Einsatz. Dabei handelt es sich um eine ölarartige organische Substanz, die den Wasserstoff chemisch bindet und diesen bei normalen Umgebungsbedingungen transportierbar macht. Anders als in der klassischen Ausführung ist in einer LOHC-Brennstoffzelle sowie in der Versorgungskette kein molekularer Wasserstoff vorhanden. Das flüssige Trägermaterial kann so mehrfach genutzt werden. Das macht die Lösung besonders nachhaltig.

„Mit ihren Eigenschaften ermöglicht die auf Benzyltoluol setzende LOHC-Technologie eine sichere und kostengünstige Wasserstoffinfrastruktur“, sagt Professor Tim Hosenfeldt, Leiter für Forschung, Innovation und Zentrale Technologien beim Schaeffler-Konzern. Die Nutzung von LOHC in Brennstoffzellen sieht er eindeutig ergänzend zu den klassischen Wasserstofftechnologien.

EU-PROJEKT HYSTOC Hydrogenious LOHC Technologies hat auch beim 2018 gestarteten Vorhaben HySTOC mitgearbeitet. Der Projektname steht für „Hydrogen Supply and Transportation using liquid Organic Hydrogen Carriers“. Ziel des EU-Projekts war es, eine effiziente H₂-Wertschöpfungskette von der Erzeugung bis zur Nutzung in Finnland (s. auch S. 66) aufzubauen und zu testen, um länderübergreifend daraus zu lernen.

Die containerbasierten LOHC-Systeme der Firma haben den Praxistest nun überstanden: „Aus unserem LOHC-Material wurden rund zwei Tonnen Wasserstoff gespeichert und freigesetzt“, resümiert Stefan Naser, Chief Operating Officer bei Hydrogenious. Damit hätten wertvolle Ergebnisse aus dem Demonstrationsprojekt gezogen werden können, die für eine weitere Skalierung wichtig seien, um künftig größere Systeme zu bauen.

Besonders wichtig war die letzte Phase des EU-Projekts, die vor gut einem Jahr begann: Das Gasunterneh-

men Woikoski Oy nahm die StorageBox 10 von Hydrogenious im Frühjahr 2021 in der H₂-Produktionsstätte in Kokkola in Betrieb – bei minus 23 °C. Woikoski produzierte den Wasserstoff und speicherte diesen im flüssigen Trägermaterial. Mehr als 2.000 Stunden wurde das System betrieben und die Qualität des freigesetzten Wasserstoffs wissenschaftlich getestet. Die beteiligte staatliche Gesellschaft VTT mit Sitz im finnischen Espoo erzielte demnach zufriedenstellende Ergebnisse hinsichtlich der Anforderungen an die Reinheit und des Anlagenbetriebs.

Der Transport von Wasserstoff in der LOHC-Flüssigkeit wurde zwischen den Teststandorten Kokkola und Espoo über eine Entfernung von 500 km nachgewiesen. Die Analyse der H₂-Qualität ergab, dass im Durchschnitt die einschlägigen Grenzwerte der ISO-Norm erfüllt wurden. Damit wurde ein zentrales Ziel des HySTOC-Projekts erfüllt.

Dabei zeigte sich auch die positive Wirkung einer sogenannten Druckwechseladsorption des Projektpartners HyGear, eines Dienstleisters für Industriegase. Diese sorgt dafür, dass der aus dem LOHC freigesetzte Wasserstoff so gereinigt wird, dass er den H₂-Standards entspricht, damit Autos oder Lastwagen mit Brennstoffzellenmotoren den Kraftstoff nutzen können. Der gereinigte Wasserstoff erfüllt demnach diese Reinheitsspezifikation.

Während des Vollbetriebs der ReleaseBox 10 wurde zudem eine Wasserstoffausbeute von mehr als 90 Prozent gemessen. Insbesondere der Einsatz eines neuen LOHC-Materials war damit ein Erfolg. Denn das Material eignet sich noch besser für kalte Umgebungen und verfügt über eine verbesserte H₂-Freisetzungsrate.

BILFINGER ALS PARTNER AN BORD Ein weiterer strategischer Partner von Hydrogenious ist der Konzern Bilfinger. Beide kooperieren seit Ende 2021, um grünen Wasserstoff in großem Maßstab und europaweit wirtschaftlich verfügbar zu machen. Dabei sollen die schlüsselfertige Anlage mit Speicher- und Freisetzungsanlagen sowie die Installation, der Betrieb und die Instandhaltung aus einer Hand angeboten werden. Bilfinger war demnach der Wunschpartner, bestätigt Daniel Teichmann von Hydrogenious.

Für 2023/24 ist der Baubeginn für eine LOHC-Speicheranlage in industriellem Maßstab im Chemiepark Dormagen geplant. Diese wird nach Unternehmensangaben die weltweit größte Anlage für H₂-Einspeicherung in LOHC. Sie soll jährlich rund 1.800 Tonnen erzeugen und einlagern. Bei dem Projekt wird Bilfinger bei der technischen Projektierung sowie der Beantragung von Genehmigungen im Chemiepark unterstützen.

Auch MAN Energy Solutions und das niederländische Unternehmen Frames Group sind an dem Anlagenbau beteiligt. Das mit H₂ verbundene Trägeröl soll auf Lkw verladen und via Straße zu LOHC-Freigabeanlagen und Wasserstoffabnehmern in Europa, beispielsweise nach Rotterdam, transportiert werden.

MEHR H₂-EXPORTE IN DEN NAHEN OSTEN Zusätzlich ist das Start-up Hydrogenious Ende 2021 ein Joint Venture mit dem Unternehmen Emirates Specialized Contracting & Oilfield Services (ESCO) aus den Vereinigten Arabischen Emiraten eingegangen. ESCO mit Sitz in Abu Dhabi sei ein optimaler Anbieter für Lösungen im Nahen Osten, um die Speicherung und den Transport von Wasserstoff zu realisieren, frohlocken die Erlangener.

Das Portfolio des neuen Gemeinschaftsunternehmens umfasst den Bau schlüsselfertiger Hydrierungs- und Dehydrierungsanlagen sowie Betriebs- und Wartungsdienstlei-



Abb. 2: Modell der geplanten LOHC-Anlage in Dormagen, die 1.800 Tonnen H₂ pro Jahr erzeugen soll [Quelle: Hydrogenious]

stungen. Um den H₂-Markthochlauf zu beschleunigen, wird das Joint Venture gemeinsame Benchmark-Projekte mit regionalen Partnern entwickeln. Hydrogenious LOHC Emirate wolle kostengünstigen sauberen Wasserstoff vor Ort beziehen und effiziente LOHC-basierte Lieferketten weltweit aufbauen, sagt Andreas Lehmann, Chefstrategie und CEO bei Hydrogenious. Deutschland bleibt jedoch laut Lehmann ein Schlüsselmarkt. Weitere potentielle Märkte seien mit Japan und Südkorea bereits im Blick des Unternehmens. ||

21

MESSTECHNIK FÜR DIE INDUSTRIE



MERKMALE

- monolithische, schweißnahtlose Edelstahlmesszelle (316 L)
- vakuumdicht, elastomerfrei
- langzeitstabil mit hoher Genauigkeit

NUTZEN

- leckagefrei
- keine Materialermüdung durch Versprödung
- für harte Umgebungsbedingungen und kritische Medien geeignet

APPLIKATION

Druckmessumformer (4 bar bis 1000 bar) für H₂ geeignet in:

- Upstream – H₂-Produktion
- Midstream – Speicherung, Transport und Verteilung
- Downstream – Verbrauch in mobilen und stationären Anlagen



PRIGNITZ
MIKROSYSTEMTECHNIK

Margarethenstraße 61
19322 Wittenberge/Elbe
info@prignitz-mst.de

PtX-RETROSPEKTIVE UND -PERSPEKTIVE

Übersicht über PtX-Aktivitäten in Deutschland und Europa

Das Fortschreiten der PtX-Technologien innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte, begonnen in Deutschland, scheint sich zu einer Erfolgsgeschichte mit aktuell über 900 Projekten weltweit zu entwickeln. Derzeit ist ein Übergang von kleinen Pilotprojekten im Labormaßstab hin zum großkommerziellen Einsatz zu beobachten. Bisherige und auch zukünftige PtX-Aktivitäten werden von der LBST begleitet und analysiert.



Abb. 1: PtX-Landschaft in Deutschland (Anlagen in Betrieb und in Bau) [Quellen: LBST]

Mit der Kopplung von Strom, Gas und Transport im Rahmen der Energiewende entsteht eine neue technische Infrastruktur, in der das Power-to-X-Konzept (PtX) als Sektorenkopplungstechnologie einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung der Wirtschaft leisten kann. Unter dem Begriff PtX werden Anlagenkonzepte verstanden, die elektrische Energie zu Wasserstoff und bei Bedarf unter Hinzufügung von Kohlenstoff weiter zu gasförmigen oder flüssigen Kohlenwasserstoffen synthetisieren.

Seit 2011 verfolgt die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST) die Entwicklung entsprechender PtX-Aktivitäten und unterhält eine Datenbank, in der mittlerweile über 900 Projekte weltweit erfasst sind. Waren anfangs nur kleinere Anlagen mit Elektrolyseleistungen im Kilowatt-Bereich für Forschungszwecke aufgeführt, so werden heute Projekte mit elektrischen Leistungen von mehreren Megawatt (MW) realisiert. Noch größere Anlagen im Gigawatt-Bereich befinden sich aktuell international in verschiedenen Vorbereitungsstufen. Treiber hierfür sind der steigende Druck, Treibhausgasemissionen zu reduzieren, umfassende öffentliche wie private Finanzmittel und nicht zuletzt auch der durch den Ukraine-Konflikt zusätzlich angefachte Bedarf nach einer Diversifizierung der Energieversorgung.

STANDORT DEUTSCHLAND Mit Stand April 2022 befanden sich allein in Deutschland rund 200 Forschungs- und Demonstrationsanlagen in verschiedenen Stadien der Umsetzung (von „Ankündigung“ über „Planung“ bis „Bau und Betrieb“). Die gesamte installierte elektrische Leistung der PtX-Anlagen in der Bundesrepublik beträgt derzeit knapp 55 MW. Zum Vergleich: Im Mai 2012 lag die Gesamtleistung bei unter 50 kW. Das entspricht einer Vertausendfachung innerhalb von zehn Jahren.

Die größte Wasserstoffelektrolyseanlage in Deutschland, die mit einer Polymer-Elektrolyt-Membran-Technologie (PEM) ausgestattet ist, hat eine Leistung von 10 MW und wurde im Rahmen des Projektes REFHYNE Mitte 2021 in Betrieb genommen. Die von ITM Power gebaute und von Shell betriebene Anlage produziert 1.300 Tonnen Wasserstoff pro Jahr für die Rheinland Raffinerie in Wesseling. Basierend auf diesen Erfahrungen entwickelt ITM Power derzeit ein Design für eine 100-MW-PEM-Anlage.

Weitere Spitzenreiter nach installierter Leistung in Deutschland sind der 10 MW leistende alkalische Elektrolyseur von Sunfire, der 2023 in Lingen installiert werden soll, sowie der 20-MW-PEM-Elektrolyseur Traiblazer in Oberhausen, der von Air Liquide gebaut wird und dessen Inbetriebnahme ebenfalls für 2023 geplant ist.

Die nachfolgende Karte zeigt die Verteilung von insgesamt mehr als 60 Anlagen über Deutschland, die sich aktuell entweder bereits in Betrieb oder in Bau befinden.

So finden sich mittlerweile in nahezu jedem Bundesland Anlagen, die nach dem Sektorenkopplungsprinzip arbeiten, erneuerbare Gase produzieren und speichern. Mit gleich zwei aktuellen Großprojekten in Bau (10 MW in Zerbst und 24 MW in Leuna) nimmt Sachsen-Anhalt eine Vorreiterrolle in der erneuerbaren Wasserstoffproduktion in Deutschland ein. Insgesamt befinden sich aktuell 14 Großprojekte mit ca. 100 MW Elektrolyseleistung in der Bauphase, die in den nächsten zwei Jahren in Betrieb gehen sollen.

Bedingt durch Veränderungen im Energiesektor wächst parallel dazu die Gesamtleistung der angekündigten PtX-

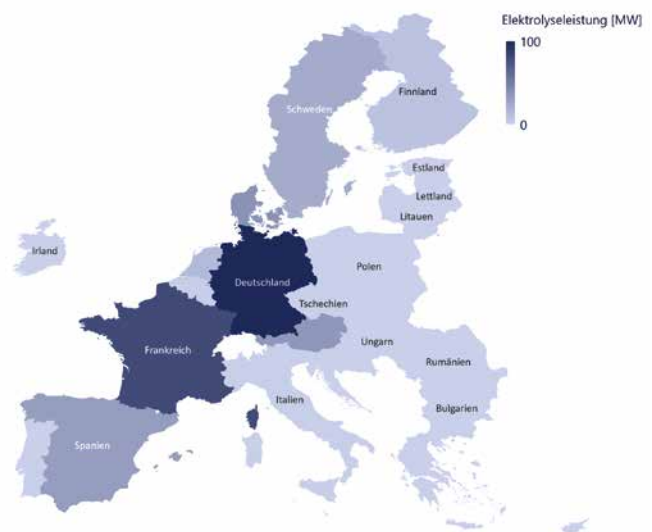


Abb. 2: PtX-Landschaft in EU-27 (Anlagen in Betrieb und in Bau)

Projekte weiter an. Die ersten Projektabsichten beziehungsweise Projektskizzen von Erzeugungsanlagen für die Produktion von grünem Wasserstoff sind in der LBST-Datenbank mitberücksichtigt. Insgesamt mehr als 4 GW „angekündigte“ Elektrolyseleistung sind aktuell in Verbindung mit PtX zur Inbetriebnahme bis 2030 in Deutschland aufgeführt.

Dies spiegelt einerseits eine steigende Dynamik wider. Andererseits erreichen nicht alle angekündigten Projekte ihre Umsetzungsphase. Finanzierungszusagen bzw. Betriebsgenehmigungen können Jahre in Anspruch nehmen. Beispielsweise beabsichtigten die Projektpartner Gasunie Deutschland, TenneT und Thyssengas mit dem Projekt Element Eins den Bau einer PtG-Anlage der 100-MW-Klasse mit einem geplanten H₂-Produktionsstart für 2022. Der 2019 eingereichte Investitionsantrag wurde jedoch von der Bundesnetzagentur im Jahr 2021 abgelehnt (s. HZwei-Heft Apr. 2021). So haben sich die ursprünglichen Planungen verzögert. Aktuell wird das Projekt Element Eins mit dem Clean Hydrogen Coastline Projekt zusammengeführt. Das anvisierte Ziel ist, bis zum Jahr 2026 in einer ersten Ausbaustufe 200 MW H₂-Produktionskapazität nahe Bremen ins Energiesystem zu integrieren.

EINFLUSSFAKTOR RAHMENBEDINGUNGEN Eine Auswertung der PtX-Datenbank der LBST zeigt, dass die überwiegende Zahl an Großprojekten, sowohl in Deutschland als auch europaweit, abhängig von einer Zusage öffentlicher Förderung ist. Unter anderem haben sich zahlreiche Unternehmenskonsortien für eine Notifizierung im Rahmen der Important Projects of Common European Interest (IPCEI) für Wasserstoff beworben, die eine hohe nationale Förderung ermöglichen. Größere Vorhaben sind beispielsweise:

- HYTechHafen Rostock, DE: Aufbau und Betrieb eines 100-MW-Elektrolyseurs zur Erzeugung von grünem Ammoniak. Langfristig sollen Wasserstoffherstellungskapazitäten von bis zu 1 GW geschaffen werden.
- GreenMotionSteel, Duisburg, DE: 120-MW-Wasserelektrolyseanlage für die klimaneutrale Stahlerzeugung
- Wasserstoff für Maasvlakte, NL: 500-MW-Produktionsanlage für grünen Wasserstoff aus Strom von Nordsee-Windparks mit Anbindung an die nationale Wasserstoffpipeline
- Green Fuels for DK: Aufbau einer Elektrolyseanlage mit einer Gesamtkapazität von bis zu 1,3 GW vor 2030

Der IPCEI-Prozess erfordert eine enge länderübergreifende Zusammenarbeit der Projektpartner. Es wurden auf der EU-Ebene über 400 Projekte aus 18 EU-Staaten, darunter Belgien, Frankreich, Italien, Polen, Portugal und Schweden, registriert. Im Laufe des Jahres 2022 werden die Zuwendungsbescheide erwartet und abhängig davon die endgültigen Investitionsentscheidungen getroffen.

PtX IN EUROPA Die LBST-Datenbank enthält knapp 600 europaweite PtX-Aktivitäten. Eine breite Mehrheit der europäischen Länder beteiligt sich an diesen Projekten. Was die Anzahl der Projekte angeht, hat Deutschland den höchsten Anteil an realisierten Projekten. Die dadurch hierzulande gewonnenen Kompetenzen in den Bereichen PtX-Technologie und Anlagenbetriebsführung werden bei Aufbau und Betrieb von Anlagen grenzübergreifend erfolgreich eingesetzt.

Die links dargestellte Karte (s. Abb. 2) gibt einen Überblick über die Verteilung der 150 europäischen PtX-Anlagen, die sich entweder bereits in Betrieb oder kurz vor der Fertigstellung befinden. Deren installierte Elektrolysekapazität beträgt rund 90 MW, weitere knapp 300 MW sind bis Ende 2024 avisiert. 14 Anlagen haben eine Elektrolysekapazität zwischen 5 und 10 MW und 9 Anlagen liegen bereits im Bereich 12 bis 50 MW. Die meisten Anlagen im MW-Bereich wurden in den letzten zwei bis drei Jahren in Betrieb genommen bzw. sollen bis 2023/24 in Betrieb genommen werden.

Die EU-weit größte PEM-Elektrolyseanlage mit einer Leistung von 50 MW soll Ende 2023 in Dänemark von Siemens Energy realisiert werden. Der Betreiber European Energy plant die Produktion von E-Methanol mit der Reederei Maersk als Ankerkunden.

Auch die alkalische Elektrolysetechnologie wird in Großprojekten eingesetzt. Beispielsweise errichtet P2X Solutions eine Produktionsanlage für grünen Wasserstoff in Harjavalta, Finnland (s. auch S. 66). Der alkalische Druckelektrolyseur hat eine Leistung von 20 MW und soll 2023 von Sunfire geliefert werden. Im Rahmen von HySynergy soll noch im Laufe des Jahres 2022 ein 20 MW leistender alkalischer Elektrolyseur von Nel in Betrieb gehen. In einer zweiten Phase ist geplant, die Anlage auf 300 MW zu erweitern. >>

Komprimierte Wasserstoffkompetenz

Trafag ist der Hersteller von Druck-Sensoren, die in sämtlichen Anwendungen der Wasserstoff-Technologie zum Einsatz kommen. Gute Gründe für Trafag Produkte sind Robustheit, Zuverlässigkeit, Stabilität und Einbaugröße. Entscheidende Parameter für Unternehmen, die mit H₂ arbeiten.

NHT 8250

Wasserstoff-Drucktransmitter



EXNT 8292

Wasserstoff-Drucktransmitter für Ex-Zone 0, 1



EHI 8280

Wasserstoff-Drucktransmitter für Ex-Zone 2



Deutschland

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

Österreich

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

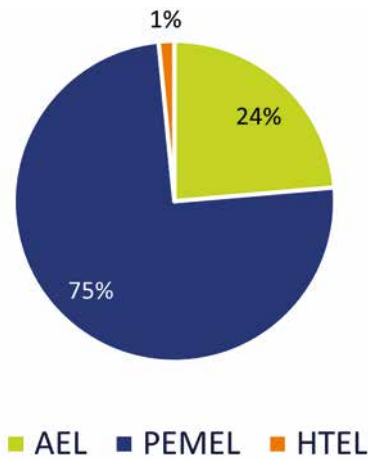


Abb. 3: Aufteilung der eingesetzten Elektrolysetechnologien in deutschen PtX-Anlagen (April 2022)

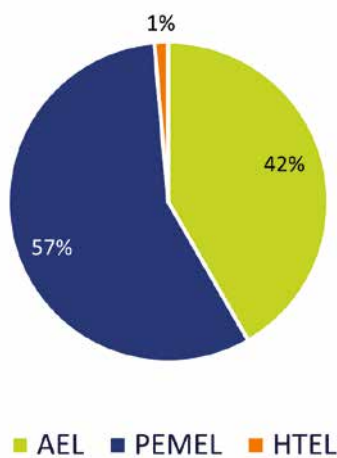


Abb. 4: Aufteilung der eingesetzten Elektrolysetechnologien in PtX-Anlagen in EU-27 (April 2022)

ELEKTROLYSEUR ALS SCHLÜSSELKOMPONENTE Sowohl die PEM- als auch die alkalische Elektrolyse (AEL) haben sich als einsatzfähige Technologien für die großtechnische Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbarem Strom erwiesen. Werden die installierten und sich in Bau befindlichen PtX-Anlagen betrachtet, so überwiegt in Europa aktuell die PEMEL (205 MW) gegenüber der AEL (150 MW). Die prozentuale Aufteilung der eingesetzten Elektrolysetechnologien in PtX in Deutschland und der EU ist Abbildung 3 zu entnehmen. Bei mehreren angekündigten PtX-Vorhaben mit Elektrolyseleistungen im zweistelligen GW-Bereich ist die Technologieentscheidung noch nicht gefallen.

Wirft man aber einen Blick in Richtung China, so scheint sich dort die alkalische Technologie gegenüber der PEM durchgesetzt zu haben. Eine 150-MW-AEL-Anlage startete Ende 2021 die Wasserstoffproduktion (Baofeng Energy), und eine weitere AEL-Anlage mit über 200 MW Kapazität befindet sich im Bau (Sinopec-Projekt).

Eine in der frühen Kommerzialisierungsphase befindliche Technologie stellt die Hochtemperaturelektrolyse (HTEL) mit einem Festoxid als Elektrolyt dar. Sie wird derzeit in acht Projekten innerhalb der EU getestet. Diese Technologie wurde noch nicht in großem Maßstab eingesetzt. Die Eingangsleistung der in Europa installierten HT-Elektrolyseure reicht von 5 kW bis 1 MW, die Gesamtleistung liegt bei knapp 5 MW. Der größte 1-MW-Hochtemperaturelektrolyseur wird seit Juni 2021 im Rahmen des e-CO₂MET-Projekts im Hydrogen Lab Leuna getestet.

Aktuell ist in Deutschland kein Aufbau signifikanter HTEL-Leistungen angekündigt. Allerdings sind einige Aktivitäten außerhalb Deutschlands zu verzeichnen: So soll beispielsweise in den Niederlanden Mitte 2022 ein 2,7-MW-Hochtemperaturelektrolyseur in Betrieb gehen, um die Produktion von grünem Wasserstoff für Raffinerieprozesse zu demonstrieren (MULTIPLHY). 2023 soll die Konstruktion einer 20-MW-HTEL in Norwegen starten (Norsk e-fuel). In den meisten analysierten Projekten mit Hochtemperaturelektrolyse wird die Technologie des deutschen Herstellers Sunfire eingesetzt.

ERNEUERBARER STROM ALS ENERGIEQUELLE FÜR PtX

Um grünen Wasserstoff herzustellen, müssen erneuerbare Energiequellen zur Bereitstellung von Strom eingesetzt werden. In den meisten Anlagen werden Windkraft, Photovoltaik, Wasserkraft oder perspektivisch auch eine Kombination daraus eingesetzt. Derzeit wird verstärkt über die Herstellung (offshore) von Wasserstoff in Verbindung mit der Offshore-Windkraft nachgedacht. Großmaßstäbliche Vorhaben wurden bereits angekündigt, beispielsweise die AquaVentus-Initiative mit 10 GW Erzeugungsleistung für Wasserstoff aus Offshore-Windenergie im europäischen Nordseeraum bis zum Jahr 2035. Noch wurden aber keine größeren Anlagen zur Wasserstofferzeugung aus Offshore-Windkraft realisiert.

Die nächsten Projekte, die sich auf einen in die Offshore-Windenergieproduktion integrierten Elektrolyseur konzentrieren, starten im einstelligen MW-Bereich (H2Mare, OYSTER, PosHydon). Schwimmende Wind- und Photovoltaiktechnologien für Offshore-Wasserstofferzeugung sollen im spanischen Forschungsprojekt OCEANH2 oder auch an der französischen Atlantikküste im Lhyfe-Projekt „Offshore renewable hydrogen“ untersucht werden. Die Zukunft verspricht auch bei der Integration intermittierender Energien vielfältiger zu werden. ||

Literatur: [LBST Power-to-X Datenbank](#)

AutorInnen:

Tetyana Raksha

→ tetyana.raksha@lbst.de

Luis A. Martinez B.

→ luis.martinez@lbst.de

beide Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST), Ottobrunn/München



VOLKER BLANDOW IST VERSTORBEN

Ein langjähriges Mitglied der H₂-Community ist im Mai 2022 nach schwerer Krankheit gestorben: Volker Blandow. Der ehemalige Mitarbeiter der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (s. auch Bericht auf S. 42) hat einen wesentlichen Beitrag dazu geleistet, dass sich die LBST als Wasserstoffagentur weit über die Grenzen Deutschlands hinaus einen Namen gemacht hat. Mit seinem großen Wissensschatz und seiner Gewissenhaftigkeit hat er elementar dabei geholfen, die Energiewende sowie die jetzt stattfindende Transformation in Richtung einer Wasserstoffgesellschaft voranzubringen. Vonseiten der verschiedenen Institutionen, für die Blandow in den vergangenen Jahren so emsig gearbeitet hat, kamen zahlreiche Beileidsbekundungen – sei es von LBST, Green City AG oder TÜV Süd. Volker Blandow hinterlässt eine große Lücke.

Gemeinsam in die Zukunft – Neles ist jetzt ein Teil von Valmet



Neles fusionierte am 1. April 2022 mit Valmet und bildet nun den Geschäftsbereich "Flow Control" von Valmet. Damit erweitert sich das bereits umfangreiche Portfolio von Valmet um den Bereich der Durchflussregelung mit branchenführenden Ventilen. Dazu zählen Lösungen zur Ventilautomatisierung und zugehörige Services, sowie die renommierten Produkte Neles, Neles Easyflow, Jamesbury, Stonel, Valvcon, und Flowrox.

Nach der Fusion ist Valmet ein noch stärkeres, weltweit führendes Unternehmen mit einem einzigartigen und wettbewerbsfähigen Angebot an Prozesstechnologien, Services, Automatisierungssystemen und Lösungen zur Durchflussregelung für die Prozessindustrie.

Unser weltweites Team von rund 17.000 Fachkräften setzt sich tagtäglich dafür ein Ihre Effizienz weiter zu steigern.

Weitere Informationen finden Sie auf valmet.com/flowcontrol



PHOTOVOLTAIKFIRMEN ENTDECKEN WASSERSTOFF

Wechselrichterhersteller bauen jetzt Gleichrichter



Abb. 1: 40-Fuß-Station: MVPS 40 mit zwei Elektrolyseur-Konvertern (EC-UP) – Leistung bis 8 MVA [Quelle: SMA Sunbelt Energy GmbH]

26

Damit ein Elektrolyseur mit Strom aus dem Netz arbeiten kann, braucht er einen Gleichrichter. Gleichrichter funktionieren im Grunde wie ein Photovoltaik-Wechselrichter – nur eben umgekehrt. Etliche Firmen aus der Solarbranche sind mittlerweile in diesem Geschäftsfeld aktiv. Positiver Nebeneffekt: Ihre Technologie ist von Hause aus netzfreundlich.

10 Gigawatt Elektrolyseleistung sollen bis 2030 allein in Deutschland ans Netz gehen. Das ist eine Herausforderung für die Hersteller sämtlicher Komponenten. Von der Wasseraufbereitung über die Membranen bis zu den Druckflaschen gilt es nun, die Produktion schnell zu skalieren. Gleichrichter standen öffentlich bisher kaum im Fokus. Womöglich hängt das damit zusammen, dass die Elektrolyse im Physikbuch etwa so erklärt wird: Gleichstrom und Wasser gehen rein, Wasserstoff kommt raus. Dass aus der Steckdose gar kein Gleichstrom kommt, wird in dieser Kurzform vernachlässigt.

SOLARWECHSELRICHTER RÜCKWÄRTS GEDACHT Für die Hersteller von Photovoltaik-Wechselrichtern tut sich damit ein neuer Markt auf. „Im Grunde ist ein Gleichrichter wie ein Wechselrichter – nur umgekehrt“, sagt Iñigo Uriarte vom spanischen Hersteller Ingeteam. Fabian Jochem, Head of Strategy bei SMA, erklärt: „Es sind natürlich einige Anpassungen sowohl bei der Hardware als auch bei der Software nötig. Wir nutzen aber die gleiche Plattform wie bei unseren Wechselrichterlösungen.“

Auch der österreichische Wechselrichterhersteller Fronius fertigt Gleichrichter für die Elektrolyse. Das bringt für die PV-Unternehmen einen großen Vorteil mit sich: Sie können gleich mit in großen Stückzahlen gefertigten Geräten in den relativ jungen Markt einsteigen. Zum Vergleich: Die installierte Photovoltaikleistung soll in Deutschland von heute rund 60 auf 200 Gigawatt bis 2030 wachsen, also im Schnitt um 18 Gigawatt pro Jahr. Das bietet viel Potenzial für Synergien, auch in der Produktion der entsprechenden Leistungs-

elektronik. Umgekehrt heißt es aber auch, dass Photovoltaik und Wasserstoff um dieselben Rohstoffe und Wertschöpfungsketten konkurrieren.

Die Ökostrom- und die Wasserstoffbranche wachsen aber ohnehin immer enger zusammen, wie sich vom 11. bis 13. Mai 2022 auf der Messe The smarter E in München zeigte. Diese Gemeinschaftsveranstaltung ist aus der Solarmesse Intersolar hervorgegangen und umfasst mittlerweile auch die Themen Stromspeicher, Elektromobilität und Energiedienstleistungen. Auch Wasserstofftechnologien fanden sich in verschiedenster Weise an den Ständen der Solar- und Speicherfirmen wieder.

BLINDSTROMKOMPENSATION ALS NEBENEFFEKT Die PV-Wechselrichter bringen dabei nicht nur Skaleneffekte, sondern auch eine technische Änderung mit in die neue Gleichrichteranwendung: Viele Jahre nutzte man vor allem Gleichrichter auf Basis von Thyristoren, um den Wechselstrom aus dem Netz in Gleichstrom mit der jeweils benötigten Spannung umzuwandeln. Die Thyristortechnik ist etabliert, robust und vergleichsweise günstig in der Anschaffung. Doch sie hat einen Nachteil: Sie erzeugt Blindleistung im Wechselstromkreis.

Damit diese keinen negativen Einfluss auf das Stromnetz hat, muss sie kompensiert werden. Das würde jedoch die Kosten für den erzeugten Wasserstoff signifikant erhöhen. Die Solarwechselrichter bauen auf der IGBT-Technik auf. Diese ist zwar in der Investition teurer, kann dafür aber Blindleistung aktiv kompensieren.

Der Elektronikspezialist AEG setzt nicht auf die IGBT-Technik, sondern hat noch eine eigene Variante von Gleichrichtern entwickelt – eine Art Hybrid aus Thyristor- und IGBT-Technik. Während die IGBT-Technik zunächst die Spannung stark reduziert und dann wieder etwas erhöht, setzt der Hybrid von AEG auf eine stufenweise Senkung der Spannung. Das begrenzt die Stromstärke auf der Gleichstromseite auf das Nötigste. Damit wiederum sinken die

Verluste und auch die nötigen Leitungsdurchmesser – und somit die Kosten. Sowohl in ihrer Investition als auch in ihren Fähigkeiten liege die Hybridtechnik zwischen IGBT und Thyristoren, erklärt Andreas Becker. „Sie kompensiert keine fremde Blindleistung, erzeugt aber auch keine eigene“, sagt der AEG-Produktmanager.

Ob eine gezielte Kompensation von „fremder“ Blindleistung einen Zusatznutzen bringt, kommt auf den Anwendungsfall an. Sind bei einem Industriebetrieb zum Beispiel starke Motoren oder andere Geräte im Einsatz, die zu hoher Blindleistung führen, schlägt sich diese auf der Stromrechnung gesondert nieder. Senken lassen sich diese Kosten durch eine entsprechende Kompensation der Blindleistung direkt im Betrieb. Ein IGBT-Gleichrichter kann diese Aufgabe gleich miterledigen. Wo es nichts zu kompensieren gibt, erfüllt auch ein Hybridgleichrichter den Umformungsjob. Theoretisch könnte es auch interessant werden, die Blindleistungskompensation als Dienstleistung für Netzbetreiber anzubieten. Bisher steht das nach Angabe mehrerer Hersteller aber nicht auf dem Plan.

DEZENTRALE H₂-KONZEPTE FÜR GEWERBE UND KOMMUNEN Solar-Wechselrichter werden in allen Leistungsgrößen gefertigt. Somit können auch Gleichrichter mit verschiedenen Leistungen angeboten werden. Allerdings entfällt im Vergleich zur Photovoltaik die Kilowatt-Klasse, da sich dieses Leistungsspektrum zu einem Großteil des Jahres auch mit Batteriesystemen bedienen lässt. Allein das Berliner Unternehmen Home Power Solutions (hps) ist bislang mit seinem Picea-System in diesen Markt aktiv.

In der Größenordnung gewerblicher und kleiner industrieller Anlagen ist deutlich mehr los: So geht mit den Geräten von AEG zum Beispiel gerade eine Reihe von Projekten im ein- bis unteren zweistelligen Megawattbereich in die Umsetzung. Im kommenden Jahr soll in Frankreich ein 100-MW-Projekt folgen. „Für dieses Jahr haben wir Bestellungen für rund 80 Module“, sagt Becker. Ein Modul stellt – je nach Ausgangsspannung – eine Leistung um 500 kW zur Verfügung.

Von dem modularen Aufbau verspricht sich AEG zwei Vorteile: Zum einen lassen sich mit einem Gerät verschiedene Größen abdecken, was die Stückzahlen erhöht und die



Abb. 2: Rund 65.000 Messegäste strömten zu The smarter E in die Münchener Messehallen mit über 1.300 ausstellenden Unternehmen aus 46 Ländern. Das sind ein Drittel mehr Besucher als bei der letzten regulären Veranstaltung im Jahr 2019. [Foto: Eva Augsten]

Kosten senkt. Zum anderen lassen sich die vielen kleinen Geräte abwechselnd in jeweils hoher Auslastung betreiben. So kann man den mäßig effizienten Teillastbetrieb vermeiden.

Eher ungewöhnlich ist das Angebot des österreichischen Elektronikunternehmens Fronius, das komplette eigene Wasserstofflösungen anbietet. In dessen Solhub ist vom Gleichrichter bis zum Flaschenbündel alles enthalten, was man braucht, um Energie in Form von Wasserstoff zu speichern. Gedacht ist die Lösung vor allem für Kommunen oder mittlere Gewerbebetriebe, die damit zum Beispiel eine eigene Wasserstofftankstelle betreiben wollen.

Ingeteam und SMA setzen hingegen auf größere Projekte, zum Beispiel in Kombination mit Photovoltaikanlagen im Kraftwerksmaßstab. Sie verkaufen ihre Gleichrichter an Elektrolyseurhersteller, die wiederum ihr Komplettsystem für die Projektabwickler – also die EPC-Unternehmen (Engineering, Procurement and Construction) – konfigurieren. „Es ist gut möglich, dass die EPCs in Zukunft auch die Komponenten direkt beziehen. Womöglich werden es dann gar nicht mehr die Photovoltaik-EPCs sein, sondern eher Unternehmen aus dem Anlagenbau oder der Gasindustrie“, prognostiziert SMA-Mann Fabian Jochem. ||

27

H₂O
KONFERENZ

Grüne Wasserstoff-
Wirtschaft in den Regionen

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

JETZT
TICKET
BUCHEN

Veranstalter:

NOW
NOW-GMBH.DE

**WASSERSTOFF
WIRTSCHAFT.SH**
Landeskoordinierungsstelle

CEP
clean energy partnership

**MESSE
HUSUM
CONGRESS**

watt_2.0
Starko Leisnig, Starko Regio

www.watt20.de

NEUE MARKE FÜR H₂-KOMMUNALFAHRZEUGE

Enginius gewinnt neu ausgelobten H2Eco Award

Der Auftakt für Enginius hätte kaum besser ausfallen können: Am 16. Mai 2022 stellte die Faun Umwelttechnik GmbH & Co. KG ihre neue Marke in Bremen der Öffentlichkeit vor, und nur zwei Wochen später heimste der niedersächsische Fahrzeughersteller während der Hannover Messe den erstmals verliehenen H2Eco Award ein (s. S. 11). Parallel dazu sorgte die Tochtergesellschaft der Faun Gruppe auch auf der IFAT 2022, der Weltleitmesse für Umwelttechnologien, vom 30. Mai bis 3. Juni in München für Aufsehen.



Abb. 1: Dr. Johannes F. Kirchhoff bei der Enginius-Präsentation in Bremen – im Hintergrund der Citypower

„Ist das noch ein Faun?“ Mit dieser Frage begrüßte Dr. Johannes F. Kirchhoff, geschäftsführender Gesellschafter der Kirchhoff Gruppe, die zahlreichen Mitarbeitenden und Gäste, die zur Präsentation der neuen Marke an den Faun-Standort ganz im Osten der Hansestadt gekommen waren.

„Nein, das ist etwas anderes.“ Gemeint war damit der schräg hinter Kirchhoff stehende, nagelneue Enginius-Lkw. Das sei kein Faun-Abfallsammelfahrzeug, sondern etwas, das einen neuen Namen, eine neue Marke verdient habe, so der Maschinenbau-Ingenieur.

ERST DER BLUEPOWER, DANN DER CITYPOWER Als einer der ersten Anbieter von Kommunalfahrzeugen beabsichtigt die zur Kirchhoff Gruppe gehörende Faun Gruppe, Lastkraftwagen mit Wasserstoffantrieb in Serie zu bauen. Dafür beziehen die Hanseaten Econic-Gleiter von Daimler Trucks. Gleiter sind sozusagen die Rohversionen eines Lastwagens – ohne Antriebseinheit. Entwicklungsleiter Georg Sandkühler erklärte: „Die Fahrzeuge kommen so, wie wir sie brauchen. Wir schmeißen nichts weg.“

Je nach Kundenwunsch können ein bis drei 30-kW-Brennstoffzellensysteme von Hydrogenics und zwei bis vier

südkoreanische Wasserstofftanks installiert werden. Jeder 700-bar-Druckbehälter fasst 103 Liter – rund vier Kilogramm Wasserstoff. Vier Tanks ermöglichen eine Reichweite von rund 240 Kilometer.

„Der erste Schubs zum Anfahren kommt aus der Batterie. Die sitzt unterm Führerhaus“, führte Sandkühler aus. Als Kapazität der Batterie gab er 85 kWh an, er fügte aber hinzu, dies sei der End-of-Life-Wert. Im Neuzustand speichere sie deutlich mehr Strom. Die Energieversorgung läuft auf 700-Volt-Basis, da der erforderliche Kabelquerschnitt sinke, je höher die Spannung sei.

Auf HZwei-Nachfrage zur Produktionskapazität sagte der Leiter der Entwicklung, zunächst seien 300 bis 350 Exemplare des dreiachsigen Bluepowers pro Jahr geplant. Der Stückpreis ist mit 650.000 bis 950.000 Euro mehr als doppelt so hoch wie der für ein konventionelles Fahrzeug. Als zweites Modell plant Faun den etwas kleineren, zweiachsigen Citypower, der auf dem Atego von Daimler Trucks basiert und derzeit noch ganz am Anfang der Entwicklung steht. Ein Prototyp ist ab 2023 geplant.

Dr. Johannes F. Kirchhoff sagte im Gespräch mit HZwei: „Das höhere Capex können wir durch das niedrigere Opex ausgleichen.“ Da seiner Erfahrung nach der Kunde „mit dem ganzen Kram nichts zu tun haben“ will, bietet er ein umfangreiches Service-Paket bis hin zur H₂-Tankstelle. Letztlich rechne sich die Anschaffung bereits innerhalb weniger Jahre. „Über die Mengenbündelung kriege ich das hin“, so der Firmenchef. Infolge des regelmäßigen Absatzes rechne sich selbst die dazugehörige H₂-Infrastruktur.

LANGJÄHRIGE ERFAHRUNG Über ausreichend Erfahrung mit Wasserstoff verfügt das norddeutsche Unternehmen: Vor mehr als sechzehn Jahren begann Faun bereits mit ersten Arbeiten – damals noch mit einem Brennstoffzellensystem von Heliocentris für die Abfallsammeleinheit eines Müllwagens der Berliner Stadtreinigung (BSR; s. HZwei-Hefte Jan. 2010 und Okt. 2010).



Abb. 2: Georg Sandkühler erläuterte, welche Komponenten in den Gleiter eingebaut werden

Seitdem ist viel passiert: Wie die mehr als 2.000 Mitarbeitende beschaffende Firma mitteilte, sind bereits „in zahlreichen Städten wie Berlin, Duisburg, Bochum und Brüssel wasserstoffbetriebene Abfallsammelfahrzeuge unterwegs, die nicht nur helfen, Abfall und Reststoffe zu beseitigen, sondern gleichzeitig die Luft in den Städten sauber

„Wir wollen mit Enginius bis 2030 europäischer Marktführer für wasserstoffbetriebene Lastkraftwagen auf der Kurz- und Mittelstrecke werden.“

Patrick Hermanspann, CEO der Faun Gruppe

und die Lärmbelastung niedrig halten“. Im Juni 2021 hatte Faun im Beisein des damaligen Bundesverkehrsministers Andreas Scheuer zwei H₂-Müllwagen an die BSR übergeben. Insgesamt soll deren Stückzahl noch auf zwölf steigen.

Um die Produktionskapazitäten sukzessive hochfahren zu können, hat sich Faun unter anderem in dem Projekt Clean Hydrogen Coastline mit Industriepartnern wie ArcelorMittal Bremen, EWE, Gasunie, swb und TenneT im Nordwesten Deutschlands zusammengetan. Für dieses Vorhaben sollen Gesamtinvestitionen von bis zu 1,3 Mrd. Euro getätigt werden. Das Ziel ist, die Fertigung so zu erweitern, dass bis zum Jahr 2026 bis zu 12.000 Fahrzeuge in Betrieb gebracht werden können.

Der Bedarf an marktreifen H₂-Lastwagen ist groß. Auf den im August 2021 gestarteten Förderaufruf der NOW für Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben hin, waren Anträge im Wert von rund 250 Mio. Euro eingegangen. Ein weiterer Aufruf startete am 29. Juni 2022. Bis 2024 sollen insgesamt 1,6 Mrd. Euro für klimaschonende Nutzfahrzeuge und 5 Mrd. Euro für Infrastruktur investiert werden.

„Ein paar batterieelektrische Lkw zu bauen ist einfach; Hunderte zu schaffen, ist nahezu unmöglich. Ein paar Brennstoffzellen-Lkw zu bauen, ist schwierig; Hunderte zu hinzubekommen ist ein Kinderspiel.“

Craig Knight, CEO Hyzon Motors

WELTWEITES ENORMES INTERESSE AN H₂-LKW Wie groß weltweit das Interesse an H₂-Nutzfahrzeugen ist, zeigt auch die Vielzahl von neuen Playern, Kooperationen und Projekten. So gründeten im November 2021 mehr als 30 rheinland-pfälzische Unternehmen das Netzwerk HyCoVe (Hydrogen-based Commercial Vehicles), um gemeinsam die Entwicklung und Erprobung von H₂-Nutzfahrzeugen voranzubringen.

Landeswirtschaftsministerin Daniela Schmitt erklärte anlässlich der Gründungsfeier: „Rheinland-Pfalz ist ein Land der Nutzfahrzeugindustrie. Sie gehört zu den strukturbestimmenden Branchen des Landes und ist eine entscheidende Säule für Wertschöpfung, Beschäftigung und Innovation. Mit HyCoVe bündeln wir laufende Aktivitäten und ergänzen sie zielgerichtet, um die erfolgreiche Anwendung von Wasserstofftechnologien in der Praxis zu ermöglichen.“ Als Ziel gab sie heraus, ihr Bundesland zum führenden Standort für wasserstoffbetriebene Lkw und Busse sowie Land- und Baumaschinen in Deutschland zu machen.

Ein weiteres Netzwerk ist H2Accelerate. Mitglieder dieser europäischen Interessengemeinschaft sind Linde, Shell, OMV, TotalEnergies sowie Daimler, Volvo und Iveco. Ziel dieser Partnerschaft ist, wasserstoffbetriebene Schwerlastfahrzeuge auf die Straßen zu bringen. Parallel dazu plant Shell, entsprechende Tankstellen in Betrieb zu nehmen. Bis 2024 will der Mineralölkonzern zwischen Rotterdam, Köln und Hamburg mehrere Stationen errichten. Der Plan sieht vor, entlang dieses Korridors bis zum Jahr 2030 über 150 H₂-Stationen zu verfügen.

Die OMV testet zudem gemeinsam mit Hödlmayr die Nutzung alternativer Antriebstechnologien im Schwerverkehr. Hödlmayr will dafür in den nächsten Jahren seine Fahrzeugflotte mit Brennstoffzellen-Lkw ausstatten. CFO Robert Horvath erklärte: „Wir gehen derzeit davon aus, dass im Lkw-Bereich der Wasserstoff die zukunftsträchtigste Variante wird. Die batterieelektrische Mobilität stößt bei uns aufgrund der schweren Lasten und langen Strecken rasch an ihre Grenzen.“

Daimler entwickelt währenddessen zusammen mit Volvo seine LH₂-Trucks weiter. Zudem nahmen die Schwaben ein-



Abb. 3: Loop Energy präsentierte sein T505-System auf der Hannover Messe

schneidende Umstrukturierungsmaßnahmen vor. Ende 2021 vollzog der Stuttgarter Konzern die bereits angekündigte Abspaltung der Nfz- von der Pkw-Sparte. Die Nfz-Sparte verfügte bislang über mehr als 100.000 Mitarbeitende und bezeichnet sich selbst als Weltmarktführer für Nutzfahrzeuge. Daimler-Truck-Chef Martin Daum erklärte:

„In unseren Fa-

briken, in denen Getriebe, Motoren und Achsen hergestellt werden, können 30 bis 40 Prozent der Aufgaben und damit der Stellen wegfallen.“ Das Auto- und Van-Geschäft läuft seitdem unter dem Namen Mercedes-Benz Group AG.

Die Tanks für den flüssigen Wasserstoff könnten beispielsweise von Faurecia kommen, das im Oktober 2021 eine Kooperationsvereinbarung mit Air Liquide unterzeichnete. Gemeinsam wollen die Unternehmen die Entwicklung und Herstellung von Flüssigwasserstoffspeichern, insbesondere für den Schwerlastbereich, vorantreiben.

Ein weiterer Anbieter im H₂-Segment ist Tevva. Der britische Entwickler elektrisch betriebener Nutzfahrzeuge bestellte im April 2022 BZ-Systeme bei Loop Energy. Die 50 kW leistenden T505-Module (s. Abb. 3) sollen als Range Extender für 7,5-Tonner eingesetzt werden. Die Energie für die Gesamtreichweite von 500 Kilometern soll zur einen Hälfte im Batteriepack und zur anderen im Wasserstofftank gespeichert werden.

Traton, ein Lkw-Tochterunternehmen des Mitbewerbers Volkswagen, setzt hingegen für Langstreckenfahrten auf batterieelektrischen Antrieb und plant bis 2026 eine Investition von 2,6 Mrd. Euro in diese Technik. Wasserstoff könne lediglich in gewissen Nischen eine Ergänzung sein, erklärte Traton-Chef Christian Levin gegenüber der Zeitung Die Welt.

UMRÜSTUNG VON BESTANDSFahrZEUGEN In Richtung Umrüstungslösungen orientiert sich neben Clean Logistics (s. S. 11) beispielsweise auch Proton Motor. Der bayerische Brennstoffzellenhersteller startete im November 2021 eine Kooperation mit dem Engineering-Dienstleister Lauer & Weiss, einem Stuttgarter Unternehmen, das eigens die Green Power Systems GmbH gründete, um bei Kundenprojekten zukünftige als Systemintegrator agieren zu können.

„Oft fällt es Kunden schwer, das richtige Brennstoffzellensystem in Abhängigkeit zur Batterieleistungsfähigkeit und im Einklang mit dem Gesamtfahrzeugkonzept zu dimensionieren. Dieses Problem soll unsere professionelle Zusammenarbeit lösen“, erläuterte Proton-Motor-Vertriebler Matteo Schmid. Walter Bollinger, Mitglied der Geschäftsführung bei Lauer & Weiss, ergänzte: „Wir forcieren bei Green Power Systems Umrüstungen von basiselektrischen Hochvoltfahrzeugen mit Batterien oder diversen alternativen Range-Extendern wie Biogas und LNG sowie auch komplette Brennstoffzellenfahrzeuge.“ ||

EINSATZ VON WASSERSTOFF IN DER LOGISTIK

Regionen-Serie: HyExperts Fulda



Abb. 1: Christoph Burkard (v. l.), Caroline Schäfer von der Landesstelle Wasserstoff der LEA und Matthias von der Malsburg, ebenfalls LEA Hessen [Quelle: Region Fulda]

Große Freude am 12. Mai 2022 im Konferenzhotel Titanic in der Berliner Chausseestraße: Die NOW GmbH übergibt Medienwirksam zusammen mit Bundesverkehrsminister Volker Wissing die Förderbescheide für die neuen HyStarter-Regionen und die Teilnehmer der zweiten Runde des HyExperts-Programms (s. auch S. 18). Auch schon vor gut zwei Jahren stand ein Vertreter der Region Fulda, Projektkoordinator Martin Thaler, in Berlin auf der Bühne, um als Gewinner der ersten Runde des HyExperts-Wettbewerbs aus den Händen des damaligen Bundesverkehrsministers Andreas Scheuer eine Förderung in Höhe von 300.000 Euro entgegenzunehmen. Was ist in der Zwischenzeit geschehen? Was ist das Besondere an der Wasserstoff-Region Fulda?

1.000 Brennstoffzellen-Lkw inklusive Service- und Betankungsoptionen für Nah- und Fernverkehr sowie Busanwendungen sollten bis 2026 in Osthessen und den daran angrenzenden Regionen auf die Straße kommen, so das ambitionierte Ziel der Fuldaer HyExperts-Akteure. Im Rahmen der Untersuchungen wurden die logistischen Verkehrsströme in der Region, mögliche Standorte für regenerative Energiequellen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff, Tankstellenstandorte und der Aufbau eines zentralen Managements analysiert. Gleichzeitig wurden auch erste Modelle für Brennstoffzellen-Lkw vorgestellt.

Das erste Zwischenergebnis dieser Analyse war, dass vier Tankstellenstandorte für Wasserstoff im Landkreis Fulda infrage kommen: Hünfeld-Michelsrombach, Fulda-Nord, Eichenzell und Flieden. Ein Stufenplan sieht für 2023 Planung und Aufbau der ersten beiden Tankstellen und die Inbetriebnahme von 20 bis 40 Fahrzeugen vor. Bis zum Jahr 2026 soll die Zielmarke von 1.000 Fahrzeugen mit 10 bis 15 Tankstellen erreicht werden. Angeregt wird zudem die Einrichtung einer zentralen Informations- und Koordinierungsstelle für das Thema Wasserstoff in der Region Fulda.

Zehn Monate nach Ende der Studie ist natürlich noch keine Tankstelle gebaut und fährt auch noch kein Wasserstoff-Lkw. Aber mit dem letzten Fördercall im Januar 2022 haben drei Investoren Fördermittel für Tankstellen in Hünfeld-Michelsrombach, Fulda-Nord und Eichenzell beantragt. Dafür, dass die Anträge nicht in Konkurrenz zueinander stehen, sorgte ein Arbeitskreis unter Führung der Region Fulda Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH. Alle Anträge sind mit einem verbindenden Mantelpapier versehen und referenzieren so aufeinander. Auf diese Weise soll den Logistikern für ihre H₂-Fahrzeuge ein Maximum an Versorgungssicherheit gegeben werden.

Unter dem Strich stehen die eingereichten Förderanträge für die Erzeugung von 500 Tonnen grünem Wasserstoff und für 30 bis 50 Tankvorgänge täglich an drei Wasserstofftankstellen. Können alle geplanten Vorhaben verwirklicht werden, sind die Planvorgaben der HyWheels-Studie für 2023/2024 exakt erfüllt.

ZENTRALE KOORDINIERUNGSSTELLE WURDE EINGERICHTET Zudem wurde eine zentrale Informations- und Koordinierungsstelle bei der Region Fulda Wirtschaftsförderungsgesellschaft, die gemeinsam von den Gesellschaftern Stadt Fulda, Landkreis Fulda und Industrie- und Handelskammer Fulda betrieben wird, eingerichtet. Hier werden nicht nur Anfragen rund um das Thema Wasserstoff beantwortet, sondern auch die Fäden eines wachsenden aktiven H₂-Netzwerks gezogen. Mittlerweile sprechen wir von dem H₂-Cluster Region Fulda.

Das Besondere am Fuldaer H₂-Cluster sei, dass es in sich zwei Handlungsstränge vereinige, die unabhängig voneinander entstanden sind und beide der Bottom-up-Logik folgten. Der erste Bottom-up-Ansatz startete bereits 2015 mit einer Initiative der heimischen Logistikwirtschaft und mündete in die HyExperts-Studie. Fast alle Mitglieder des H₂-Clusters Region Fulda haben hier bereits mitgearbeitet.

Der zweite Bottom-up-Ansatz stammt aus der Engineering-Industrie: Das Fuldaer Engineering-Unternehmen EDAG hatte sich parallel zur HyExperts-Studie in dem damaligen BMVI-Wettbewerb als Innovations- und Technologiezentrum Wasserstofftechnologie (ITZ, s. HZwei-Heft Jan. 2022 und Juli 2021) beworben und die Wirtschaftsförderung der Region Fulda um Unterstützung gebeten. Daraus entstand ein Arbeitskreis, der sich konkret mit dem Aufbau einer H₂-Tankstelle in Fulda-Nord in unmittelbarer Nähe des EDAG-Firmensitzes beschäftigte. Leider bekam am Ende keine der hessischen Bewerbungen einen Zuschlag. Geblieben ist der Schwung des Arbeitskreises, der in das H₂-Cluster Region Fulda hinübergerettet werden konnte.

ENGE ZUSAMMENARBEIT IM NETZWERK ALS ERFOLGSFAKTOR Das Management des H₂-Clusters Region Fulda wird von der Region Fulda GmbH ohne zusätzliches Personal, quasi mit Bordmitteln, verwirklicht. Hilfe kommt von Oliver Eich von der LEA LandesEnergieAgentur Hessen, die das H₂-Cluster Region Fulda nicht nur mit Fachwissen und überregionalen Kontakten, sondern auch finanziell unterstützt. Darüber hinaus haben sich die Fuldaer auch innerhalb der Region NordOstHessen und des Regierungsbezirks Kassel vernetzt, wo aktuell ein HyExperts-Projekt der zweiten Generation gestartet wurde. Ein wesentlicher Schlüssel zum Erfolg ist das Engagement eines externen Fachberaters, der das Projektmanagement für das H₂-Cluster steuert: Dr. Volker Strubel mit seinem Unternehmen Innovationgreen aus Denzlingen bei Freiburg.

MACHBARKEITSSTUDIE ZUR BESCHAFFUNG VON BZ-LKW Was dem H₂-Cluster Region Fulda jetzt noch fehlt, sind die Brennstoffzellen-Lkw. Mehr als 60 Exemplare des Hyundai Xcient fahren zwar bereits in der Schweiz, in Deutschland werden jedoch nur Demofahrzeuge eingesetzt. Wasserstoffbetriebene Sattelzugmaschinen – Fehlanzeige. Aus diesem Grund startete das H₂-Cluster Region Fulda im Januar 2022 im Rahmen der KSNI-Förderung eine Machbarkeitsstudie für die Beschaffung von Brennstoffzellen-Lkw in Zusammenarbeit mit der LEA und dem Kölner Ingenieurbüro EMCEL.

Vorläufiger Höhepunkt war am 22. März 2022 der Tag des Brennstoffzellenfahrzeugs im Technologiepark Fulda-West. Caroline Schäfer von der LEA Hessen, die diesen Tag mitorganisiert hatte, freute sich: „Mehr als 80 Teilnehmer konnten den Hyundai Xcient probe(mit)fahren und die beiden Pkw-Modelle Hyundai Nexo und Toyota Mirai selbst ausprobieren. Endlich die Technik einmal live zu erleben, war unser aller Ziel an diesem Tag. Und wie man sieht, die Resonanz fällt bei allen Beteiligten überaus positiv aus.“

In getrennten Veranstaltungen stellten sich in den Folgewochen zudem Vertreter von Hyundai und Clean Logistics, die Diesel-Sattelzugmaschinen auf Brennstoffzellenantrieb umrüsten, den Fragen der Logistiker des H₂-Clusters. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden die Spediteure so weit begleitet, dass sie mit dem nächsten KSNI-Fördercall in diesem Sommer Mittel für die Bestellung von Brennstoffzellen-Lkw beantragen können. Die Bewilligung der Förderanträge vorausgesetzt, könnten dann auch die im Feinkonzept der HyExperts-Studie anvisierten 20 bis 40 H₂-Lkw für 2023/24 verwirklicht – also auf die Straße gebracht – werden.

ZIEL: ETABLIERUNG EINER REGIONALEN WERTSCHÖPFUNGSKETTE Bei allen Anstrengungen hat das H₂-Cluster Region Fulda als klares Ziel die komplette regionale Wertschöpfungskette von der regenerativen Energieerzeugung über die Produktion von grünem Wasserstoff bis hin zur Versorgung der Brennstoffzellen-Lkw der heimischen Spediteure mit einem Tankstellen- und Servicenetz vor Ort. Schon jetzt wird daran gedacht, auch den ÖPNV mit einzubeziehen, nicht nur die Stadt- und Überlandbusse, sondern auch die nichtelektrifizierte Vogelsbergbahn und Rhönbahn sowie eine Fuldaer City-Bahn, für die aktuell eine Machbarkeitsstudie erstellt wird. Und warum das alles? Unsere Motivation ist klar: Wir fördern die für uns wichtigen Branchen Logistik und Engineering und schaffen gleichzeitig die Grundlagen für die Verbesserung der Lebensqualität, des höchsten Gutes in unserer Region. ||

Autor:

Christoph Burkard

Region Fulda Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH

– christoph.burkard@region-fulda.de

H₂
HYDROGEN

Rohrverschraubungen
für Wasserstoff-
Anwendungen

H₂-Lok

TYPE APPROVED PRODUCT
DNV-GL
DNVGL.COM/AF

Eigene Produktion

Klemm-Keilringverschraubungen

schwer
fittings

www.schwer.com

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

H₂-TRUCKS MIETEN – NICHT KAUFEN

Hylane, H2 Delivery und Next Mobility wollen „Sixt“ für H₂-Lkw werden

Dass Automobilhersteller eigene Carsharing-Unternehmen betreiben, ist hinlänglich bekannt. Aber dass ein Versicherungsunternehmen wasserstoffbetriebene Lkw vermietet, ist neu. In der Tat muten die Pläne der hylane GmbH, eines Tochterunternehmens des Versicherers DEVK (historisch von „Deutsche Eisenbahn-Versicherungskasse“), auf den ersten Blick ungewöhnlich an. Im Rahmen ihrer Pressekonferenz am 11. April 2022 machten die beteiligten Partner aber deutlich, dass ungewöhnliche Zeiten mitunter auch ungewöhnliche Maßnahmen erforderlich machen. Gleiches gilt für die Vertriebsmarke H2 Delivery, die bereits im Dezember 2021 für ihr Mietkonzept warb.



Abb. 1: Insgesamt sollen bis 2023 deutschlandweit 44 dieser H₂-Trucks über hylane vermietet werden [Quelle: hylane]

Um die Verkehrswende voranzutreiben, gründete die DEVK 2021 die hylane GmbH. Das Tochterunternehmen soll als Anbieter für klimafreundliche Mobilität ausschließlich klimafreundliche Fahrzeuge vermieten. Im Mittelpunkt stehen dabei wasserstoffbetriebene Lkw mit unterschiedlichen Auf- und Einbauten – später dann auch Transporter und Busse.

Ziel ist, potentiellen Nutzern größtmöglichen Komfort anzubieten, ohne dass diese ins Risiko gehen müssen. Dafür bestellte hylane 44 Sattelzugmaschinen und Motorwagen von vier verschiedenen Herstellern. Diese sollen den Kunden zukünftig in einem sogenannten Pay-per-use-Modell, bei dem nur die tatsächlich gefahrenen Kilometer bezahlt werden müssen, bereitgestellt werden. Seitens des Kölner Unternehmens hieß es dazu: „Das Risiko für technische Ausfälle liegt dadurch nicht bei den Nutzern, sondern bei hylane. Alle Leistungen (außer Fahrer und Treibstoff) sind in der Miete enthalten.“

Die hylane-Geschäftsführerin Sara Schiffer erklärte während der Pressekonferenz: „Mietverträge für die ersten Fahrzeuge haben wir bereits geschlossen. Erster Kunde ist der globale Logistikdienstleister DB Schenker.“

ZUNÄCHST FÜNF FAHRZEUGE AN VIER STANDORTEN Die ersten fünf Fahrzeuge sollen zum Jahresende 2022 bereitgestellt werden, voraussichtlich Hyundai-Motorwagen mit Koffer. Später sollen auch Fahrzeuge von Hyzon Motors ins Repertoire aufgenommen werden. Zudem ist der Einsatz

von Sattelzugmaschinen von Daimler Truck geplant, die bei Clean Logistics Technology auf H₂-Antrieb umgerüstet werden. Darüber hinaus sollen Wechselbrückenwagen von MAN Truck & Bus als Umbaulösung der Firma Framo eTrucks mit Brennstoffzelle der Robert Bosch GmbH angeboten werden.

Teils weisen diese Fahrzeuge eine Überlänge von 60 cm auf, weil die H₂-Tanks hinter den Führerhäusern angeordnet werden. Diese Überlänge ist genehmigungspflichtig, weshalb sich die DEVK um die entsprechenden Zulassungen kümmert.

Die ersten vier Standorte, an denen diese Fahrzeuge zum Einsatz kommen werden, sollen Hamburg, München, Stuttgart sowie das Ruhrgebiet sein. Dort existieren bereits erste Wasserstofftankstellen, auch wenn die meisten der bestehenden Stationen nicht für Nutzfahrzeuge ausgelegt sind. Deswegen will sich hylane auch um die Infrastruktur kümmern. Schiffer erklärte dazu: „Wir möchten weitere H₂-Standorte aufbauen und sprechen dafür mit der Line AG.“ Hinsichtlich der Klimabilanz sagte sie: „Perspektivisch wird der Wasserstoff grün sein, aber nicht gleich zu Anfang.“

Zudem möchte das Start-up weitere Fahrzeuge und Hersteller in das Vorhaben mit aufnehmen, um möglichst rasch ein breitgefächertes Angebot machen zu können. Bis dato ist geplant, die Lkw-Zahl bis zum Frühjahr 2023 auf 44 zu erhöhen, allein 18 davon kommen von Hyzon. CEO Craig Knight sagte: „Hyzon ist sich dessen bewusst, dass die Kunden, wie bei jeder neuen Technologie, die Möglichkeit haben müssen, unser BZ-Elektrofahrzeug in ihrem regulären Betrieb zu nutzen. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen sind wir zuversichtlich, dass Flottenbesitzer, sobald sie unsere Fahrzeuge kennengelernt haben, motiviert sein werden, ihren Übergang zu emissionsfreien Fahrzeugen zu beschleunigen.“

Dirk Graszt, Geschäftsführer von Clean Logistics SE, stellte in Aussicht, dass hylane europaweit „ab 2024 in den vierstelligen Bereich“ kommen werde. Der Bedarf sei vorhanden, weil „die Maut in den nächsten Jahren weiter erhöht werden wird“.

hylane geht davon aus, dass H₂-Lkw dank der staatlichen Förderung schon heute wettbewerbsfähig sind. So habe man berechnet, dass die finanziellen Belastungen für Miete und Kraftstoff niedriger als bei einem vergleichbaren Dieselfahrzeug seien – bei einer angenommenen jährlichen Fahrleistung von 160.000 km und 96 Monaten Mietdauer und Wasserstoffkosten von 4 Euro pro Kilogramm.

Zunächst gilt für Neukunden eine Mietdauer von 24 Monaten, auf Nachfrage sollen aber auch kürzere Zeiten ermöglicht werden. Das Investitionsvolumen allein für die Fahrzeuge wird auf 24 Mio. Euro beziffert, weil der Kaufpreis „ungefähr bei dem Sechs- bis Siebenfachen eines konventionellen Dieselfahrzeugs“ liege.

Die 1886 gegründete DEVK kommt aus dem Schienenwesen. Über die Jahrzehnte entwickelte sich das Kölner Unternehmen zu einem großen Autoversicherer. Drei Viertel der Geschäfte der von Mitgliedern getragenen Gesellschaft liegen heute nicht mehr im Eisenbahnsektor, 20 Prozent werden im internationalen Bereich bzw. mit Rückversicherungen gemacht.



„Nfz und insbesondere der schwere Güterverkehr verursachen derzeit etwa ein Drittel der Treibhausgasemissionen im deutschen Verkehrssektor.“

Abb. 2: Sara Schiffer, Gründerin und Geschäftsführerin hylane, Vorstandsreferentin DEVK [Quelle: hylane]

Nach eigener Aussage steht für hylane „klimaschonende Mobilität“ im Mittelpunkt. So wird unter anderem gemeinsam mit Bosch an einem Recycling-Verfahren für die Brennstoffzellen gearbeitet.

ROADSHOW VON H2 DELIVERY Ein derartiges Pay-per-use-Modell hatte einige Monate zuvor auch die H₂ Greenpower & Logistics GmbH vorgestellt. Der geschäftsführende Gesellschafter Dr. Ludger Hellenthal zeigte im Dezember 2021 im Rahmen einer Roadshow durch 13 Städte und sieben Bundesländer in Berlin auf dem EUREF-Campus einen H₂-Truck von Hyundai und verkündete, eine ganze Flotte derartiger Lastwagen als Mietfahrzeuge anbieten zu wollen. Sein Unternehmen solle das „Sixt für den Lkw-Sektor“ werden, so Hellenthal.

Mit von der Partie waren bei dem Pressetermin auch Nikolas Iwan, Geschäftsführer der vor Ort ansässigen H2

Mobility Deutschland GmbH & Co. KG, sowie Reinhardt Müller, Geschäftsführer der EUREF AG. Auf dem EUREF-Campus mit dem großen Gasometer mitten in Berlin machte H2 Green Power & Logistics am 7. Dezember Station im Rahmen der Deutschlandtour, und hier wurden auch der Hyundai Xcient Fuel Cell sowie das Vertriebsformat „H2 Delivery“ vorgestellt.

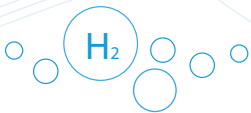
Bis dahin war der Brennstoffzellen-Lkw in Europa lediglich für den schweizerischen Markt vorgesehen gewesen. Hellenthal will ihn jetzt aber auch nach Deutschland holen. Beat Hirschi, CEO der Hyundai Hydrogen Mobility AG, erklärte dazu: „Wir freuen uns auf die Partnerschaft mit H2 Green Power & Logistics und deren Vertriebsmarke H2 Delivery.“

Erste Gespräche für dieses Vorhaben hatte der aus der Immobilienbranche stammende Investor im August 2020 aufgenommen. Die Idee dahinter ist allerdings inzwischen schon zehn Jahre alt.

Im Rahmen von H2 Delivery sollen typenoffen verschiedene Nutzfahrzeuge – auch Vans und Busse – angeboten und mit grünem Wasserstoff versorgt werden. Auf seiner Roadshow hatte Ludger Hellenthal 300 potentielle Kunden getroffen, von denen 50 kurzfristig ernsthaftes Interesse zeigten. Seitens der Bundesregierung werden insgesamt 1,6 Mrd. Euro zur Förderung von leichten und schweren Nutzfahrzeugen mit alternativen, klimaschonenden Antrieben und dazugehöriger Tank- und Ladeinfrastruktur investiert.

GRÜNER WASSERSTOFF FÜR 350-BAR-TANKSTELLEN
Der benötigte Wasserstoff soll durchweg mithilfe erneuerbarer Energien erzeugt werden. Dafür plant die in Münster >>

33



Wasserstoff für eine grüne Zukunft!

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



Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

Mitgliedschaft

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

Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV)

Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

Telefon +49 030 62959482
Telefax +49 030 62959483

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



@DWV_H2

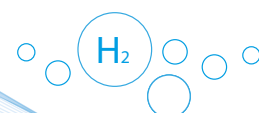




Abb. 3: Vertragsunterzeichnung durch Müller und Dr. Hellenthal (r.) in Berlin für die Nutzung des im Bau befindlichen EUREF-Campus in Düsseldorf

34

möglichkeiten mit H₂, CNG, LNG und auch Schnellladestrom, und dort ist auch die eigens gegründete H2 Delivery Truck Pool GmbH & Co. KG beheimatet. Zudem ist H2 GreenPowerLog auch im Bereich des H₂-Imports über Wilhelmshaven engagiert und hat 2021 den Zuschlag für die Belieferung des Binnenschiffs Elektra mit grünem Wasserstoff erhalten, wie Dr. Hellenthal gegenüber HZwei bestätigte.

Nikolas Iwan sagte: „Zurzeit ergänzen wir unser öffentliches Wasserstofftankstellennetz bedarfsgerecht um die 350-bar-Option, um auch Lkw wie den Hyundai Xcient mit Wasserstoff zu versorgen, so auch die 2018 eröffnete Tankstelle des Autohofs Magdeburg in Kooperation mit H2 GreenPowerLog. Die Inbetriebnahme ist im dritten Quartal 2022 rechtzeitig zum Eintreffen der ersten Hyundai Xcient Trucks aus Südkorea vorgesehen.“

NEXT MOBILITY ACCELERATOR Ein weiteres Konsortium ist Next Mobility Accelerator. Darin kooperieren die beiden niederbayerischen Firmen MaierKorduletsch Gruppe und Paul Nutzfahrzeuge mit Shell Deutschland. Gemeinsam präsentierten die Konsortialpartner am 2. Juni 2022 bei der PIN21 Clean Trucking Conference einen eigenen Brennstoffzellen-Lkw, der auf einem Mercedes-Benz Atego (Gesamtgewicht: 24 t) basiert. Ein Prototyp davon war vergangenen Herbst auf dem ITS World Congress in Hamburg vorgestellt worden.

Die Arbeitsteilung sieht vor, dass Paul Nutzfahrzeuge für den Einbau des Antriebsstrangs in den Daimler-Gleiter (Atego-Chassis ohne Motor) verantwortlich zeichnet, inklusive Service und Wartung. MaierKorduletsch errichtet die H₂-Tankstelle für die ersten Trucks und Shell übernimmt die Belieferung mit grünem Wasserstoff. Der Betrieb soll dann – ebenso wie bei hylane und H2 Delivery – auf Pay-per-Use-Basis erfolgen.

beheimatete Gesellschaft unter anderem den Aufbau von Photovoltaikanlagen, die auf Kiesseen schwimmen. Die H₂-Betankung kann dann an Betriebsstellen erfolgen, die quasi „auf dem Zaun“ gebaut werden, so dass sie sowohl vom Betriebsgelände als auch von öffentlicher Seite zugänglich sind.

Eine erste Tankstelle steht bereits im unternehmenseigenen Industrie- und Gewerbepark Mittelbe dem Autohof Magdeburg, wo H2 Mobility Deutschland 2018 einen Standort errichtete. Dort gibt es Betankungs-

HYUNDAI XCIENT FUEL CELL

Der H₂-Lkw verfügt über zwei 95-kW-Brennstoffzellen, die von Hyundai in Großserie produziert werden – auch für deren Pkw-Modell Nexo sowie stationäre Systeme –, sowie eine Hochvoltbatterie. Im Laufe dieses Jahres soll ein neuer Stromgenerator zum Einsatz kommen, der dann mehr als 200 kW leistet.

Bei der Antriebseinheit handelt es sich um einen 350-kW-Motor mit einem Allison-Automatikgetriebe. Die sieben Drucktanks fassen jeweils 5 kg Wasserstoff bei 350 bar und ermöglichen eine Reichweite von 550 km (leer) beziehungsweise 400 km (mit Anhänger). Seit 2019 hat Hyundai 49 Exemplare des Xcient Fuel Cell auf die Straße gebracht, die inzwischen insgesamt rund 3,5 Mio. km zurückgelegt haben. Die Resonanz sei durchweg positiv, heißt es von Hyundai. Speziell die Fahrer freuten sich, dass sie abends nicht nach Diesel rüchen. Bis Ende 2022 sollen rund 50 dieser 36-Tonner unterwegs sein, 2023 soll die Stückzahl dreistellig werden, so Hellenthal.

Gebrüder Weiss, ein schweizerischer Transport- und Logistikdienstleister, zog im März 2022 eine positive Bilanz für seinen in Altenrhein stationierten Hyundai Xcient Fuel Cell, der täglich im Stückgutverkehr eingesetzt wird. Nach einem Jahr und 70.000 Kilometern ohne CO₂-Emissionen beschloss das Unternehmen den Einsatz weiterer H₂-Lkw in Österreich und Deutschland. Dessen Leiter Qualitäts- und Umweltmanagement Peter Waldenberger sagte: „Die Anschaffung war eine lohnende Investition in den ressourcenschonenden Straßengüterverkehr. Der Lkw kommt bei den Fahrern und vor allem auch den Kunden gut an.“

Erster Abnehmer von 25 Exemplaren ist Shell, wofür das Bundesverkehrsministerium zum Jahresende 2021 die Förderzusage erteilte (4,7 Mio. Euro). Bis zum Jahr 2025 planen die Akteure mit 2.500 Brennstoffzellen-Lkw und bis zu 50 Wasserstofftankstellen, bis 2030 mit 10.000 FCHV und 150 H₂-Stationen.

Der elektrische Zentralantrieb (max. 300 kW) kommt von Voith, die Brennstoffzelle von Toyota, die Batterie von Impact (60 kWh) und das Tanksystem von Paul, Hanwha Solutions und Anleg. Die Systemintegration übernimmt pepper motion. Heraus kommt dann der PH2P®-Truck, ein Elektrolastwagen mit 24 t Gesamtgewicht inklusive Anhänger und 500 km Reichweite, der dann später mit verschiedenen Aufbauvarianten angeboten werden soll.



Abb. 4: Thomas Patzer, Hyundai-Entwicklungsingenieur und Wasserstoff-Cowboy, fuhr den 36-Tonner bei der Roadshow

Die Vorserienmodelle 1 bis 25 wurden bereits an den Konsortialpartner Shell verkauft und werden bis Ende 2022 an regionale Kunden aus dem Raum Passau ausgeliefert. Laut Bernhard Wasner, Geschäftsführer der Paul Group, ist der Einsatzbereich der Verteilerverkehr (back to base), also Fahrzeuge, die abends immer wieder zurück zur Basis kommen.

Die Nummer eins sicherte sich gleich MaierKorduletsch. Passend dazu überreichte Paul während der Präsentationszeremonie einen überdimensionierten Schlüssel für dieses Fahrzeug zunächst an Constanze Weinkum von Shell Hydrogen, die diesen Schlüssel dann an den freudestrahlenden Lorenz Maier, Geschäftsführer von MaierKorduletsch, weiterreichte.

Die erste eigene H₂-Tankstelle auf dem Gelände der Paul Group in Passau-Sperrwies will Shell mit MaierKorduletsch in den nächsten Monaten aufbauen. Wie Lorenz Maier erläuterte, soll der Mobilitäts-Hub zwei Dispenser für die 350-bar-Betankung bekommen. Damit sollen dann zehn Lkw mit 25 kg_{H2} pro Stunde betankt werden können. Der dafür benötigte Wasserstoff wird mit 380-bar-Drucktrailern angeliefert, wobei jeder Container 1 t_{H2} fasst. Dieses Gas wird dann mit zwei Kompressoren von Maximator bis auf 1.000 bar verdichtet. Zusätzlich gibt es noch einen stationären Mitteldruckspeicher für 400 kg_{H2}.

2026 soll dann an dem neuen Autobahnanschluss A3/A94 in Pocking ein weiterer Mobility Hub im dortigen Gewerbegebiet entstehen – mit Photovoltaik-Anlagen auf den gesamten Dachflächen und einer H₂-Kapazität von bis zu 5.000 kg_{H2} pro Tag. ||



Abb. 5: Der bayerische Wirtschaftsminister Hubert Aiwanger im PH2P® [Quelle: Paul Group]

„Mit dem Pay-per-Use-Modell soll den Kunden die Hürde genommen werden, diese Fahrzeuge in Betrieb zu nehmen. [...] Wir wollen Beweispunkte schaffen für die Funktionalität.“

Constanze Weinkum, Shell Hydrogen

35

Baden-Württemberg wird Wasserstoffland!



Plattform
H2BW 

Für eine erfolgreiche Energiewende in Baden-Württemberg ist Wasserstoff eine zentrale Komponente. Zahlreiche Akteure im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie bereiten schon heute den Weg des Landes hin zur Etablierung einer zukunftsfähigen Wasserstoffwirtschaft – sektorenübergreifend und entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Mit der Plattform H2BW bringen wir alle Akteure unter einem Dach zusammen und machen sichtbar, welche Aktivitäten geplant, gestartet und bis zum Erfolg geführt werden. Dieses Know-How bündeln wir im Cluster Brennstoffzelle BW und ermöglichen die Vernetzung innerhalb Baden-Württembergs sowie über die Landesgrenzen hinaus.



H2BW Film ansehen

DAS OFFENE RENNEN BEI LANGSTRECKEN-LKW

Die Potenziale von Hochdruckgas, Flüssigwasserstoff und Kryogas



Abb. 1: Betankt werden soll das Kryogas-Speichersystem an solch einer Versuchstankstelle [Quelle: Cryomotive]

36

Gasförmiger oder flüssiger Wasserstoff? Diese Frage stellt sich bei der Betankung schwerer Nutzfahrzeuge. Dem Antriebssystem ist es egal, denn die Brennstoffzelle kann sowohl flüssigen als auch gasförmigen Wasserstoff verarbeiten. Anders sieht es bei der Infrastruktur aus. Experten sind sich einig, dass die Tankstellenbetreiber aus wirtschaftlicher Sicht nicht alle Technologien auf Dauer unterstützen können. Eine Alternative ist Kryogas, das sich sowohl durch die Kühlung von Druckgas auf tiefkalte Temperaturen als auch durch die direkte Verdichtung von LH_2 erzeugen lässt. Entsprechende Aktivitäten, etwa im Projekt CryoTRUCK oder bei der Salzburger Aluminium Group (SAG), zielen auf ein Tanksystem ab, das eine Reichweite von rund 1.000 km erlaubt.

Die heute gängigste Speicherform für Wasserstoff in Fahrzeugen ist die Wasserstoff-Hochdruckgasspeicherung (CGH_2) bei 700 bar. Dr. Tobias Brunner sagt, trotz dieses hohen Drucks erreiche das Gas bei Umgebungstemperatur

ZWEI WEGE ZUR ERZEUGUNG VON KRYOGAS

Die CCH_2 -Produktion lässt sich sowohl auf eine gasförmige als auch eine flüssige Verteil- und Tankstelleninfrastruktur aufsetzen.

- Mittels einer Krypumpen kann CCH_2 an einer Tankstelle mit LH_2 -Belieferung durch direkte Verdichtung von LH_2 mit weniger als 0,5 kWh/kg Pumpenergie erzeugt werden.
- CGH_2 , das zukünftig über Pipelines oder wie heute schon im Trailer angeliefert und an der Tankstelle über einen Hochdruckverdichter komprimiert wird, kann mit einem Kryogas-Kühler auf rund -200 °C heruntergekühlt werden. Dies ist mit deutlich geringerem Energieverbrauch und zu geringeren Kosten möglich als eine vollständige Verflüssigung, wobei sich durch die Kombination aus niedriger Temperatur und Druck eine ebenso hohe Dichte wie bei flüssigem Wasserstoff erzielen lässt.

nicht die notwendige Dichte für eine Speicherung von 80 kg Wasserstoff in den heute verfügbaren Bauräumen von Langstrecken-Lkw. Laut dem Geschäftsführer von Cryomotive führt der hohe Speicherdruck zudem zu hohen Kosten für die Carbonfaser-Tankarmierung. Zusätzlich sei für Druckerzeugung und Vorkühlung während der Betankung ein erheblicher Energiebedarf zu decken.

Eine Alternative für Nutzfahrzeuge ist die Speicherung von Flüssigwasserstoff (LH_2) in vakuumisolierten Niederdruckbehältern. Diese haben den Vorteil der hohen physikalischen Dichte, die mit der Verflüssigung des Wasserstoffs einhergeht. Negativ zu Buche schlägt der Energieaufwand bei der LH_2 -Erzeugung für die Abkühlung des Wasserstoffgases auf tiefkalte Temperaturen von rund -250 °C . Hinzu kommen die Verdampfungsgefahr und damit einhergehende H_2 -Verluste bei der Erwärmung. Um diese sogenannten Boil-off-Effekte zu vermeiden, ist ein hoher Isolationsaufwand vonnöten.

Das heißt: Beide heute verfügbaren Fahrzeugspeichertechniken für Wasserstoff, Hochdruckgas und Flüssigwasserstoff sind mit technischen Herausforderungen verbunden. Eine Alternative stellt sogenanntes Kryogas dar. Dabei handelt es sich um ein tiefkaltes kryogenes Gas mit einem Druck von bis zu 400 bar und Temperaturen zwischen -240 bis -100 °C . Dieses lässt sich auf zwei Wegen herstellen: durch Kühlung von Druckgas auf tiefkalte Temperaturen oder durch die direkte Verdichtung von LH_2 . „Kryogas vereint die Vorteile von gasförmigem und flüssigem Wasserstoff und vermeidet gleichzeitig die meisten Nachteile“, sagt Cryomotive-Chef Brunner.

1.000 KM REICHWEITE PRO TANKFÜLLUNG In dem Konsortium CryoTRUCK entwickelt sein Unternehmen mit Sitz in Taufkirchen bei München gemeinsam mit dem Nutzfahrzeughersteller MAN Truck & Bus, dem Lkw- und Busumrüster Clean Logistics, dem Testexperten IABG und der Technischen Universität München einen Kryogas-Wasserstoffgastank mit Betankungssystem für H_2 -Lkw im Fernverkehr. Ziel sind 1.000 km Reichweite pro Tankfüllung und eine Betankungszeit von rund zehn Minuten.

Brunner ist von der Technologie überzeugt: „Neben der sehr hohen Speicherdichte werden Komponenten leichter,

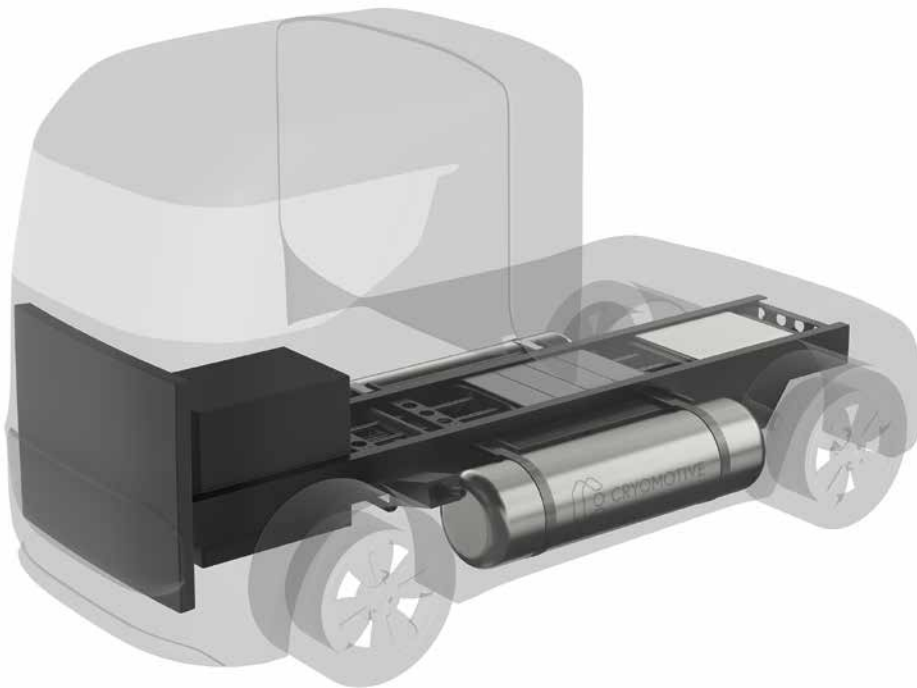


Abb. 2: Die kompakte Bauform ermöglicht die Installation von zwei Behältern entlang des Rahmens eines Lkw, wo sich heute die Dieseltanks befinden [Quelle: Cryomotive]

kompakter, sicherer und robuster im Betrieb. Kryogasspeicher können schneller, mit weniger Energieaufwand, verlustfrei und zu geringeren Kosten betankt werden.“ Deshalb eignet sich diese nach seiner Einschätzung besonders für Langstrecken-Nfz, aber auch für Sonderfahrzeuge wie Minentransporter, Muldenkipper und Kleinflugzeuge (Urban Air Mobility).

Konkret benennt Cryomotive folgende Vorteile von Cryo-compressed Hydrogen (CCH₂) für den Einsatz in Langstreckennutzfahrzeugen:

- Nahezu die doppelte physikalische Dichte von 700-bar-H₂-Hochdruckgas. Die bereits hohe Dichte von LH₂ wird um bis zu 20 % übertroffen.
- Das Kryogas kann weder beim Betanken noch bei der Speicherung an Bord verdampfen.
- Ein Mindestdruckniveau von 10 bis 15 bar kann ein Brennstoffzellensystem mit hoher Leistungsdichte oder einen aufgeladenen H₂-Verbrennungsmotor versorgen.
- Betankung mit sehr hohen Durchflussmengen von bis zu 800 kg/h ohne energieintensive Vorkühlung.

Bislang wurde im CryoTRUCK-Projekt ein Systemdesign für die ersten Prototyp-Tanksysteme aus zwei verbundenen Behältern mit rund 80 kg Speicherkapazität (das entspricht etwa 2.600 kWh chemische Speicherenergie, s. Abb. 2) erarbeitet. Die weitere Komponentenentwicklung läuft. Dies gilt nach Angaben des Cryomotive-Chefs auch für die erste Generation der Kryogas-Tankstelle, deren Auslegung gestartet ist.

Und auch die nächsten Projektschritte stehen schon fest: So sind in diesem und im kommenden Jahr erste Prototyp-tests der Komponenten vorgesehen, die Systemtests sollen 2024 starten. Für das Jahr rechnet Brunner auch mit dem Einbau und der Inbetriebnahme der Tanksysteme in einem Lkw. Die Tankstelleninbetriebnahme (s. Abb. 1) und Lkw-Versuchsträgertests stehen in der ersten Jahreshälfte 2025 auf dem Programm.

ERPROBUNG BEREITS VOR JAHREN BEI BMW Bezüglich der zu bewältigenden Herausforderungen sieht Brunner keine „grundsätzlichen Technologie-Showstopper“. Die Technolo-

gie sei schließlich im Pkw-Bereich bei BMW bereits vor Jahren erprobt worden. Relevante Anforderungen beim Einsatz im Lkw seien geringer als beim Pkw-Einsatz. Zudem gibt der Geschäftsführer des Start-ups zu bedenken, dass die Technologie beim Einsatz in Nutzfahrzeugen erheblich größere Vorteile habe als im Pkw, wo nur kleine Speicherkapazitäten >>

37

Sven Geitmann, Eva Augsten

WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

DIE TECHNIK VON GESTERN, HEUTE UND MORGEN



Mit einem Vorwort von Prof. Volker Quaschnig

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

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

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



Abb. 3: Tobias Brunner [Quelle: Cryomotive]

benötigt würden. Nachzuweisen ist jedoch noch die Integration eines Kryogas-Tanksystems aus mehreren Behältern in große Nutzfahrzeuge. Sicher ist Brunner hingegen, dass sich die Kostenziele erreichen lassen.

Um dies zu gewährleisten, sieht das Entwicklungskonzept eine möglichst zeitnahe Prototyperprobung sowie eine konsequente Umsetzung von Design-to-Manufacturing and Design-to-Cost bereits in der Prototypentwicklung vor. Brunner ist dabei von der H₂-Zukunft im Schwerlastverkehr überzeugt: „Durch die steigenden Energie-, und Rohstoffpreise verschiebt sich das Kräfteverhältnis zwischen Batterie- und H₂-Brennstoffzellenantrieb weiter zugunsten von Wasserstoff, da dieser in Off-Peak-Zeiten und global hergestellt und verteilt werden kann.“ Den Markt für H₂-Lkw in der EU schätzt er bis 2030 auf bis zu 100.000 Fahrzeuge.

SAG ENTWICKELT LKW-KRYOTANKSYSTEM FÜR LH₂

Ähnlich optimistisch ist man bei der Salzburger Aluminium Group (SAG). „Als Treibstoff im Schwerlastverkehr ist Wasserstoff sehr gut geeignet. Insbesondere Reichweite und Betankungszeit sind vergleichbar mit Diesel-Lkw. Zwei Faktoren, die für die Wirtschaftlichkeit im Fernverkehr von großer Bedeutung sind“, sagt Thomas Stepan. Der Cryoengineer im R&D-Team bei SAG geht davon aus, dass LH₂-Trucks bis spätestens 2025 auf der Straße sein werden.

Das österreichische Familienunternehmen mit weltweit rund 1.100 Mitarbeitern entwickelt derzeit ein Lkw-Kryotanksystem für LH₂. Als Prototyp für das Tanksystem (s. Abb. 2) wird ein doppelwandiger, vakuumisolierter Edeltank verwendet, der eine höchstmögliche Kapazität im bestehenden Bauraum bieten soll. Ein spezielles Ventilsystem, das für die extrem niedrigen Temperaturen ausgelegt ist, soll eine sichere Betankung und zuverlässige Versorgung der Brennstoffzelle mit Wasserstoff ermöglichen.

Die Entwicklung des LH₂-Tanks läuft inzwischen seit etwa drei Jahren. Im vierten Quartal 2021 wurde der erste zertifizierungsfähige Prototyp intensiv mit LH₂ getestet. Im Moment laufen Versuche zur Integration am Fahrzeug und Antriebsstrang. Das Fazit fällt positiv aus: „Die bisherigen Ergebnisse sind vielversprechend und bieten eine gute Basis zur weiteren Optimierung des Tankdesigns“, berichtet Stepan.

Als nächster Schritt bis Ende 2022 steht eine uneingeschränkte Zulassung für den Betrieb auf europäischen Straßen an. Danach konzentriert sich SAG auf die Industrialisierung und Standardisierung des Fertigungsprozesses, die für eine Serienproduktion im Automotive-Bereich erforderlich sind. Zudem muss der Tank einer ausführlichen Produktvalidierung zur Absicherung der geforderten Lebensdauer unterzogen werden. Dazu ist es laut dem H₂-Experten unerlässlich, den Tank auch in Kundenhand im regulären Straßenbetrieb ausgiebig zu testen. Dies ist im Zeitraum von 2023 bis 2025 vorgesehen. Danach folgt der Aufbau der Serienfertigung.

EXZELLENT VAKUUMISOLATION GEGEN H₂-BOIL-OFF

SAG vertraut auf seine langjährige Erfahrung mit der Serienproduktion von LNG-Kryotanks. Dennoch kennt der Cryoengineer die neuen Herausforderungen genau: „Die nochmals deutlich geringere Speichertemperatur von LH₂ erhöht die Anforderungen an die Komponenten des Tanks beträchtlich“, konstatiert Stepan, und auch die Materialkompatibilität mit Wasserstoff sei ein Thema. Als weitere große Herausforderung benennt er die Vermeidung von H₂-Boil-off-Effekten. Dies erfordere eine exzellente Vakuumisolation sowie ein hochspezialisiertes Tankdesign, etwa in puncto Leitungsführung.

Die wohl größte Aufgabe ist jedoch, die LH₂-Kryotanktechnologie praxistauglich und vor allem wirtschaftlich konkurrenzfähig zu gestalten und dabei den Anspruch der Kunden an maximale Leistung, Funktionalität und Kapazität zu erfüllen. Wie man diese Ziele erreichen will, erläutert Stepan am Beispiel Materialkompatibilität:

Aufgrund der geringen Speichertemperatur sowie der Gefahr von H₂-Versprödung sei hochlegierter Edelstahl der am besten geeignete Werkstoff für die LH₂-Tankproduktion. Nachteilig seien dagegen vor allem der Preis sowie das Gewicht der Konstruktion. „Um eine entsprechende Balance zwischen den diametralen Anforderungen an das Tankdesign zu finden, ist es wichtig, mit dem Kunden genau abgestimmt zu sein“, weiß der H₂-Experte. Dies gelte ebenso für die Zusammenarbeit mit den zahlreichen hochspezialisierten Zulieferunternehmen, um eine reibungslose Integration der verschiedenen Komponenten in das Tanksystem zu ermöglichen. „Teamwork, über das eigene Unternehmen hinaus, ist wohl unser wichtigstes Konzept zur Lösung der vor uns liegenden Herausforderungen“, konstatiert er.

STUDIE ZU UNTERSCHIEDLICHEN VERSORGUNGSDRÜCKEN

In einem nächsten Entwicklungsschritt forscht ein SAG-Expertenteam aktuell an Speicherlösungen, die mit unterschiedlichen Versorgungsdrücken funktionieren und für den Einsatz im Lkw sowohl mit Brennstoffzelle als auch Verbrennungsmotor einsetzbar sind. In einer Kompatibilitätsstudie haben die Fachleute die technischen Erfordernisse zusammengefasst. Hintergrund ist, dass verschiedene H₂-Antriebskonzepte nach unterschiedlichen Versorgungsdrücken verlangen. Diese reichen von weniger als 10 bar bei batteriebetriebenen Brennstoffzellen bis zu 300 bar bei der Hochdruck-Direkteinspritzung in einer Verbrennungskraftmaschine.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass für die direkte Wasserstoffversorgung aus dem LH₂-Tank der nominale Arbeitsdruck der PEM-Brennstoffzelle oder des H₂-Verbrennungsmotors so gering wie möglich sein und unter 15 bar liegen sollte, um so das Gewicht des Tanks zu minimieren sowie ausreichend Speicherkapazität und Holdtime gewährleisten zu können.

Für die Hochdruckanwendung bis 300 bar ist die gasförmige Komprimierung am Fahrzeug laut Studie ineffizient und nicht praktikabel. In diesem Fall erscheint der Einsatz einer Kryopumpe sinnvoll. Eine solche Pumpe sei zurzeit jedoch noch nicht verfügbar und Gegenstand der angewandten Forschung, heißt es in der Studie weiter.

ERGÄNZUNG ZUR 350-BAR-CGH₂-TANKTECHNIK Auch beim Münchner Unternehmen Cryomotive beschäftigt man sich mit den weiteren Entwicklungen der Betankungstechnologien. Dort geht man fest davon aus, dass sich die 350-bar-CGH₂-Tanktechnik für den Verteilverkehr weiter etabliert und mittelfristig durch eine langstreckentaugliche Speicher- und Betankungstechnik ergänzt wird. Geschäftsführer Brunner betont jedoch: „Für die Langstreckenanwendung ist 350 bar CGH₂ nicht wirtschaftlich. Und 700-bar-CGH₂ scheint aus Kostengründen betankungsseitig nicht wirtschaftlich.“

Nach seiner Einschätzung sind sLH₂ (subcooled Liquid Hydrogen) und CcH₂ die vielversprechendsten Optionen für eine ergänzende Technologie im Langstreckenumfeld. sLH₂

basiert nicht nur auf tiefkaltem und somit flüssigem Wasserstoff, sondern auch auf ein im Vergleich zum Umgebungsdruck höherem Druckniveau. Auf dieses Verfahren scheinen Daimler und Linde zu setzen. Bei beiden Verfahren liegt die große Herausforderung in der Umsetzung einer ausreichend schnellen und verlustfreien Betankung und in den damit einhergehenden Kosten. „Deshalb sehen wir für CcH₂ hervorragende Chancen im zukünftigen Wettbewerbsumfeld“, so Brunner.

Und wie stellt sich die Kostenseite dar? Laut dem Cryomotive-Geschäftsführer ist und bleibt 350 bar CGH₂ die günstigste Option für den Verteil-Lkw-Verkehr. Bei zukünftigem grünem LH₂ werden dagegen Kosten und Verfügbarkeit entscheidend sein. „Solange grünes LH₂ nicht für deutlich unter 10 Euro pro kg an der Tankstelle anbietbar ist, bleibt unter Umständen ein erheblicher Nachteil gegenüber CGH₂“, hat Brunner ausgemacht. Als CGH₂-Alternative könne auch Kryogas durch Cryo-Cooling aus CGH₂ günstiger bleiben als LH₂. Angesichts dieser vielen Variablen lässt sich sein Fazit gut nachvollziehen: „Die Suche nach der Tank- und Betankungstechnologie für Langstrecken-Lkw ist offen.“ ||

„EINE KONKRETE ENTSCHEIDUNG IST DRINGEND NÖTIG“
HZwei im Gespräch mit Thomas Stepan, Kryo-Experte im R&D-Team bei SAG über die Alternativen bei der Betankung von Langstrecken-Lkw:



Abb. 4: Thomas Stepan
[Quelle: SAG Innovation]

Wie schätzen Sie die Chancen von Flüssigwasserstoff im Vergleich zur Alternative Hochdruckgasspeicherung ein?

Stepan: Die kryogene Speicherung von Wasserstoff macht überall dort Sinn, wo die Vorteile dieser Speicherlösung, allen voran höhere Energiedichte und geringere Kosten, die Nachteile in der Anwendung, etwa H₂-Verlust bei langen Standzeiten, überwiegen. Der Einsatz von Flüssigwasserstoff ist somit prädestiniert für

kostengetriebene Anwendungen mit hohem Energiebedarf, deren Betriebszyklen kaum Leerlauf aufweisen. Der zusätzliche Energieaufwand und die höheren Kosten, die bei der Verflüssigung von Wasserstoff anfallen, können zudem dort gerechtfertigt werden, wo höhere Energiedichte zu einer entscheidenden Kostenreduktion führt, etwa bei Langstreckentransporten.

Welche Chancen sehen Sie für Kryogas als Quasi-Verbindungsglied der beiden Technologien?

Kryogas bietet eine Möglichkeit, die Energiedichte des Speichersystems im Vergleich zu LH₂ weiter zu erhöhen. Ebenso ist Wasserstoffverlust durch Boil-off ein deutlich kleinerer Faktor, da der Druckbehälter bis zu 350 bar konzipiert ist. Demgegenüber stehen die kombinierten Anforderungen des Systems hinsichtlich Wärmeisolation sowie Hochdruckanwendung. Einen vakuumtauglichen Hochdruckbehälter mit den Anforderungen an vorwiegend mobile Anwendungen zu vereinen stellt eine große Herausforderung dar.

Wie fällt der Kostenvergleich der verschiedenen Technologien nach Ihrer Einschätzung aus?

Die relativen Kosten von Gas- und Flüssigwasserstoffspeichern wurden von Maschinen- und Fahrzeugspezialisten von CNH abgeschätzt. Dabei schneidet das LH₂-System deutlich besser ab. Natürlich muss man für eine gesamtheitliche Betrachtung auch den Kostenbedarf zur Herstellung des gespeicherten Mediums sowie den Transport berücksichtigen. Einstimmigkeit besteht im Zielpreis: Ab einem Preis von 4 bis 5 Euro pro kg_{H₂} wird sich ein wasserstoffbetriebener Lkw mit denselben Kosten betreiben lassen wie die derzeitigen Dieselfahrzeuge.

Was bedeutet die Existenz verschiedener Alternativen für das H₂-Tankstellennetz? Inwieweit ist es sinnvoll und ökonomisch umsetzbar, auf verschiedene Technologien bei der Betankung von Schwerlast-Lkw zu setzen?

Gerade in der Übergangsphase werden wir beide Speichersysteme und somit auch Betankungsalternativen am Schwerlast-Lkw sehen. In weiterer Folge wird sich die technologisch überlegene, aber vor allem kosteneffizientere Variante durchsetzen. Aus ökonomischer Sicht macht es keinen Sinn, zweigleisig zu fahren. Für den Durchbruch von Wasserstoff als Treibstoff ist es daher immens wichtig, dass von politischer Seite rasch die Weichen gestellt werden für den Aufbau einer Tankstelleninfrastruktur – zumindest einmal an den Hauptverkehrsstrecken.

Welche Signale empfangen Sie aus Politik und Wirtschaft hinsichtlich einer Entscheidung?

Eine konkrete Entscheidung ist dringend nötig. Es wäre wichtig, ähnlich wie bei der E-Mobilität, generell mehr Anreize zu schaffen, auf nachhaltige Energieträger umzusteigen. Zur Umstellung der Infrastruktur werden in beiden Fällen große Investitionen nötig sein. Zusätzlich zu den ohnehin großen Risiken solcher Projekte führen fehlende Rahmenbedingungen aus der Politik zu weiteren Verzögerungen und somit zu weiter steigendem CO₂-Ausstoß.

Wann wird es hier aus Ihrer Sicht zu einer Entscheidung kommen müssen?

Die gesetzten Ziele zur Limitierung der Erderwärmung sind schon heute kaum einzuhalten. Insofern sollten solche Grundsatzentscheidungen besser heute als morgen beschlossen werden.



Abb. 1: So soll der neue Firmenstandort von Cellcentric einmal aussehen, mit ökologisch gestalteten Grünflächen, unter anderem auf den Fabrikdächern [Quellen: Cellcentric]

CELLCENTRIC NIMMT WICHTIGE HÜRDE

Brennstoffzellen für den Schwerlastverkehr und stationäre Anwendungen

Nach einem positiven Bürgerentscheid scheint der Weg frei für die angekündigte Großserienproduktion von Brennstoffzellen bei Cellcentric im schwäbischen Weilheim an der Teck. Das 50:50-Joint-Venture von Daimler Truck und Volvo will im Laufe des kommenden Jahres mit dem Bau starten. Beim Aufbau einer hochautomatisierten Fertigung sei man „schon sehr weit gekommen“, hieß es gegenüber HZwei.

70 Prozent der 8.100 wahlberechtigten Einwohner der südöstlich der Landeshauptstadt Stuttgart gelegenen Stadt im Landkreis Esslingen stimmten für die Ausweisung des entsprechenden Gewerbegebiets. Die Wahlbeteiligung war mit 60,7 Prozent recht hoch. Der Ministerpräsident Baden-Württembergs, Winfried Kretschmann, hatte sich für die neue Fabrik besonders eingesetzt. Entsprechend freute sich der Grünen-Politiker über das Ergebnis. Insbesondere von der hohen Wahlbeteiligung erwartet er sich jetzt viel Rückenwind.

Die Gemeinde erhofft sich von der Ansiedlung im Gebiet Rosenloh Entwicklungschancen, insbesondere für ortsansässige Betriebe. Dies entspricht auch dem Ansinnen von Cellcentric. Das Unternehmen will nach eigenen Angaben nicht nur Nachhaltigkeit für die Mobilität von morgen entwickeln und produzieren, sondern auch Mehrwert vor Ort schaffen. Geplant sind bis zu 450 zusätzliche Arbeitsplätze.

Nachhaltigkeit soll auch bei der neuen Fabrik nicht zu kurz kommen. Ökologisch gestaltete Grünflächen, unter anderem auf den Dächern, sollen für den Ausgleich des Flä-

chenverlusts sorgen. Zudem ist die Nutzung von Abwärme aus der grünen Wasserstoffproduktion, die für die Testverfahren der Brennstoffzellensysteme benötigt wird, im Gewerbegebiet Rosenloh und in angrenzenden Gebieten geplant. Die H₂-Produktion erfolgt allerdings nicht durch Cellcentric selbst, wie das Unternehmen mitteilt. Die benötigte Infrastruktur wird durch einen externen Dritten aufgebaut, von dem man den Wasserstoff sowie überschüssige Wärme bezieht.

DAIMLER TRUCK UND VOLVO BLEIBEN WETTBEWERBER

Unter der Voraussetzung, dass dann alle Genehmigungen vorliegen, ist der Baubeginn im Laufe des Jahres 2023 geplant, berichtet CEO Dr. Matthias Jurytko auf HZwei-Nachfrage (s. Abb. 2). Bei der Gründung des Gemeinschaftsunternehmens vor rund einem Jahr kündigten Daimler Truck und Volvo an, in etwa drei Jahren mit der Kundenerprobung von Brennstoffzellen-Lkw zu beginnen und in der zweiten Hälfte dieses Jahrzehnts die Serienproduktion aufzunehmen. Dabei legen die beiden Nutzfahrzeughersteller Wert darauf zu betonen, dass alle fahrzeugbezogenen Aktivitäten der Unternehmen unabhängig voneinander stattfinden und man Wettbewerber bleibe. Dies gelte für das gesamte Fahrzeug- und Produktportfolio, insbesondere für die Brennstoffzellenintegration in die Fahrzeuge.

Laut Jurytko befindet man sich aktuell in der Prototypenerstellung für Nutzfahrzeuge sowie für das Unternehmen Rolls-Royce Power Systems, das die bei Cellcentric gefertigten BZ-Systeme in seinen Anwendungen einsetzen



Abb. 2: Dr. Matthias Jurytko, CEO von Cellcentric: „Die Herausforderung ist, hochautomatisierte Anlagen zu entwickeln, die die strengen Anforderungen erfüllen und minimale Taktzeiten ermöglichen.“

will. „Wir kooperieren mit Rolls-Royce für stationäre Brennstoffzellengeneratoren als CO₂-neutrale Notstromaggregate für sicherheitskritische Einrichtungen wie Rechenzentren“, erläutert der Cellcentric-CEO. Diese Generatoren sollen eine emissionsfreie Alternative zu Dieselmotoren sein, die derzeit als Notstromaggregate oder zur Abdeckung von Spitzenlasten eingesetzt werden.

AUFBAU EINER VOR-SERIENFERTIGUNG BIS ENDE 2022

Am Cellcentric-Standort

im Esslinger Stadtteil Pliensauvorstadt soll bis Ende 2022 eine Vorserienfertigung aufgebaut werden. „Dort finden die Serienfertigungsprozesse in einem kleineren Maßstab bereits Anwendung“, berichtet Jurytko. „Im nächsten

Schritt gilt es dann, die Großserienproduktion am neuen Standort zusammenzuziehen und das Know-how dorthin zu überführen.“

Eine noch zu bewältigende Aufgabe ist insbesondere die benötigte große Anzahl an Zellen, die zu Stacks gebündelt werden. Der CEO beschreibt die aktuelle Situation so: „Aktuell befinden wir uns in einer halbautomatisierten Produktion. Um die benötigte Menge an Brennstoffzellen herzustellen, wird eine vollautomatisierte Fertigung benötigt.“ Die Herausforderung sei, hochautomatisierte Anlagen zu entwickeln, die die strengen Anforderungen erfüllen und minimale Taktzeiten ermöglichen, was wiederum Einfluss auf die Kosten habe. Doch der Firmenchef ist optimistisch: „Wir arbeiten mit Hochdruck an diesem Thema und sind schon sehr weit gekommen.“

Positiv gestimmt ist er auch, was das Haupteinsatzgebiet der produzierten Stacks betrifft: den Bereich des Schwerlastverkehrs. Neben der hohen Energiedichte des Wasserstoffs spreche auch das geringe Gewicht der Brennstoffzelle und die kurze Betankungszeit für die Verwendung des Brennstoffzellenantriebs. Dessen Qualitäten seien vergleichbar mit denen des herkömmlichen Dieselantriebs. ||

Die Zukunft beginnt jetzt!

- Klimarevolution
- Mobilität der Zukunft
- Ressourcen
- New Work
- Supply Chain
- Food for Future
- Ethisch investieren
- Digitalisierung
- Gesellschaft im Aufbruch

Lesen Sie dies und mehr im Entscheidermagazin für nachhaltiges Wirtschaften und CSR.

Forum
Nachhaltig Wirtschaften



Jetzt für 7,50 EUR unter
www.forum-csr.net/das_magazin
Auch als e-Magazin oder PDF.
Tel +49 (0)89 / 74 66 11 - 0
Mail abo@forum-csr.net



GRÜNER WASSERSTOFF FÜR EINE EMISSIONS-FREIE STAHLERZEUGUNG

Erkenntnisse aus einer Metastudie der LBST

Grüner Wasserstoff ist die Zukunft der deutschen Stahlindustrie, die gegenwärtig durch die Herausforderungen des Klimaschutzes und des zunehmenden internationalen Wettbewerbs vor großen Veränderungen steht. Durch die H₂-basierte Stahlerzeugung mittels Direktreduktion (DR) können einerseits die Treibhausgasemissionen (THG) im Stahlsektor nahezu vermieden und andererseits die Innovationsstärke der deutschen Industrie erneut unter Beweis gestellt werden. In diesem Zusammenhang beschäftigt sich eine neue Analyse der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST) in Form einer Metastudie im Auftrag des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbands (DWV) und in Zusammenarbeit mit der Fachkommission HySteel mit der Rolle von grünem Wasserstoff im Stahlsektor.

Die Kernaufgabe der Studie bestand in einer detaillierten Diskussion der folgenden Fragestellungen: Wie kann sich der H₂-Bedarf der Stahlindustrie in Deutschland bis 2045 entwickeln? Was sind die technischen, ökonomischen und ökologischen Parameter einer nachhaltigen Rohstahl-Wertschöpfungskette in Deutschland? Hierfür wurden entsprechende Studien der letzten Jahre ausgewertet und zusätzlich technisch und strategisch vertiefende Gespräche mit Vertretern der Fachkommission HySteel geführt.

TECHNOLOGIEPFADE FÜR DIE STAHLHERSTELLUNG Die Rohstahlproduktion in Deutschland erfolgt heute mithilfe der integrierten Stein- bzw. Kokskohle-basierten Erschmelzung von Roheisen im konventionellen Hochofen (Blast Furnace, BF) mit anschließender Sauerstoff-Aufblaskonversion Basic Oxygen Furnace (BOF) zur Einstellung des Kohlenstoffgehalts. Dabei geht ein Großteil der untersuchten Studien davon aus, dass die jährliche Rohstahlproduktion in Deutschland ihr Niveau von etwa 40 Megatonnen (Mt) Rohstahl halten wird. Die Stahlproduktion war damit im Jahr 2018 für etwa sieben Prozent der deutschen CO₂-Emissionen verantwortlich.

Eine Abkehr von (Koks-)Kohle und der Einsatz von (grünem) Wasserstoff als Reduktionsmittel sind daher langfristig unumgänglich. Kurzfristig stellt auch die Direktreduktion von Eisenerz mithilfe von Erdgas (CH₄-DR) eine Option zur THG-Emissions-Reduktion dar. Im Jahr 2019 wurde so weltweit bereits ein großer Teil der rund 108 Mt DRI (Eisenschwamm) hergestellt.

Die Weiterverarbeitung des so hergestellten Eisenschwamms zu Rohstahl erfolgt in geeigneten Schmelzaggregate (heute hauptsächlich Elektrolichtbogenöfen, EAF). Um jedoch die Klimaschutzziele bis 2045 zu erreichen, muss die Rohstahlerzeugung mithilfe grünen Wasserstoffs (H₂-DR) erfolgen, mit Weiterverarbeitung des Eisenschwamms im elektrischen Lichtbogenofen unter Verwendung erneuerbaren Stroms.

Die deutsche Stahlindustrie (Rohstahlproduktion und Anlagenbau) hat sich auf diese alternative, voll integrierte Prozesstechnik bereits durch die Entwicklung unterschiedlicher Varianten mit zum Teil hochinnovativen integrierten Konzepten eingestellt. Die sukzessive Ablösung der konventionellen BF-BOF-Route kann sich bis 2045 in drei Phasen entwickeln (s. Abb. 1): Weichenstellung bis 2030 mit ersten Pilotanlagen für CH₄- und H₂-DR, Konsolidierung des Marktes bis 2040 und Entstehung eines etablierten Marktes für grünen Stahl bis 2045/50. Bereits ab 2025 sollen so mehr als 1 Mt_{Rohstahl}/a in Pilotanlagen CO₂-reduziert bzw. -frei industriell produziert werden.

Neben diesen drei Hauptproduktionsrouten wurde alternativ auch der Import von im Ausland hergestelltem Eisenschwamm (aus CH₄- oder H₂-DRI) als weitere Variante mitbetrachtet. Hierbei wäre jedoch eine hocheffiziente Weiterverarbeitung von Eisenschwamm zu Rohstahl in einem integrierten Prozess in Deutschland nicht möglich. Diese Verfahrensänderung würde zu Energieverlusten führen und möglicherweise in einer heute nicht absehbaren Qualitätsänderung des Rohstahls resultieren. Zudem deuten die Studien darauf hin, dass künftig auch die Rezyklierungs-

42

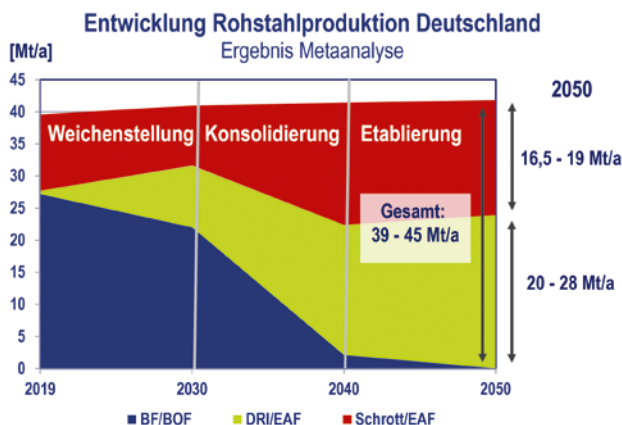


Abb. 1: Mögliche Entwicklung der deutschen Rohstahlproduktion bis 2050 [Quelle: LBST]

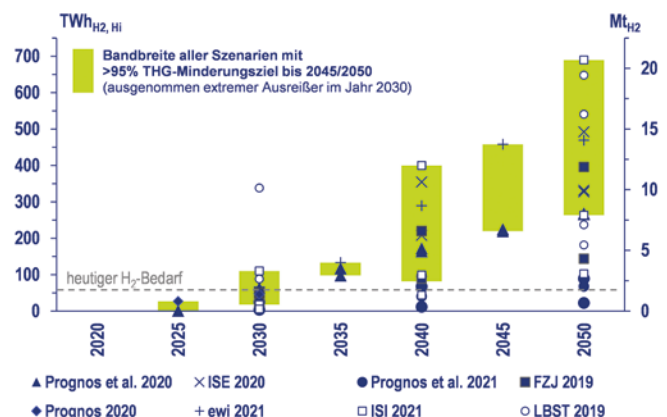


Abb. 2: Entwicklung des grünen Wasserstoffbedarfs in Deutschland in den untersuchten Studien [Quelle: Literaturanalysen LBST]

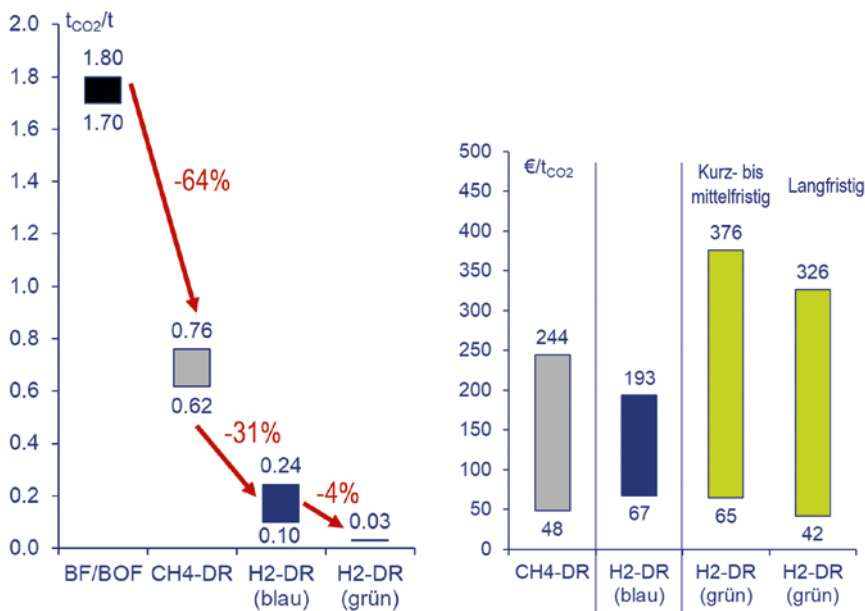


Abb. 3: Vergleich der spezifischen CO₂-Emissionen (links) sowie der CO₂-Vermeidungskosten (rechts) für die unterschiedlichen Technologiepfade zur Stahlerzeugung [Quelle: LBST]

rate im Rahmen der Sekundärroute zunehmen wird, die durch den verstärkten Zusatz von Schrott zum Roheisen im EAF von heute etwa 30 Prozent auf 50 Prozent oder mehr anwachsen dürfte.

BEDARFSENTWICKLUNG UND VERSORGUNG MIT GRÜNEM WASSERSTOFF Die Entwicklung der zukünftigen Wasserstoffwirtschaft in Deutschland ist getrieben durch den hohen Druck zur THG-Emissions-Reduktion in allen Sektoren. Dabei schlägt sich insbesondere die Verschärfung der deutschen und europäischen Klimaschutzziele innerhalb der letzten Jahre auch in den Analysen zur künftigen Energieversorgung Deutschlands nieder. Abbildung 2 zeigt eine Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich des jeweils prognostizierten Bedarfs für grünen Wasserstoff in Deutschland. Demnach wird sich die H₂-Nachfrage bis 2050 von heute ca. 50 TWh auf 300 bis 700 TWh vervielfachen.

Dabei haben der Industriesektor und insbesondere die Stahlindustrie eine große Bedeutung für die Transformation in der Frühphase bis 2030. Zusammengefasst ergibt sich in den Studien eine H₂-Gesamtnachfrage (energetisch und stofflich) für den Eisen- und Stahlsektor von bis zu 34 TWh/a (2030) bzw. von ca. 70 bis 100 TWh/a (2050). Das entspricht kurzfristig einem Anteil von 20 bis 40 Prozent am H₂-Gesamtbedarf, der langfristig durch einen steigenden H₂-Bedarf in anderen Sektoren auf etwa 8 bis 16 Prozent zurückgeht.

Hinsichtlich der Herkunft des Wasserstoffs gehen nahezu alle untersuchten Studien davon aus, dass Deutschland für die Deckung eines überwiegenden Teils des Wasserstoffbedarfs auch zukünftig auf Energieimporte angewiesen sein wird. Neben der ausreichenden Verfügbarkeit erneuerbaren Stroms werden im Wesentlichen die Bereitstellungskosten (inkl. der erforderlichen Transport- und Verteilungskosten) für die zukünftige Versorgungsstruktur verantwortlich sein. Optimistische Analysen zu möglichen Kostensenkungen bis zum Jahr 2030 beschreiben in Einzelfällen geringe Bereitstellungskosten von unter 2,5 €/kg.

WASSERSTOFF ALS WESENTLICHER KOSTENTREIBER Die heutigen Kosten für konventionell hergestellten Stahl (Hochofen- und Elektrostahlroute) liegen in einer Bandbreite von 390 bis 450 €/t Rohstahl und hängen in hohem Maße von Rohstoff- und Energiekosten ab, die einen Anteil von 60 bis 80 Prozent an den gesamten Produktionskosten ausmachen. Während bei der CH₄-DR ähnlich der BF/BOF-Route bis heute ebenfalls die Eisenerzkosten die Produktionskosten stark beeinflussen, dürften insbesondere in der Einführungsphase von H₂-DR die hohen Wasserstoffpreise dominieren.

Im Fall der H₂-DR betragen die Mehrkosten der Rohstahlproduktion bei einem spezifischen Wasserstoffbedarf von 70 kg_{H₂}/t_{Rohstahl} und H₂-Preisen von 1 bis 7 €/kg_{H₂} entsprechend ca. 70 bis 490 €/t_{Rohstahl}. Umgelegt auf die Anschaffungs-

kosten eines Mittelklasse-Pkw ergäbe dies jedoch nur einen Preisaufschlag von etwa einem Prozent und im Falle einer Onshore-Windenergieanlage von lediglich zwei Prozent.

Der Investitionsbedarf für eine sukzessive Umstellung der deutschen Hochöfen auf Direktreduktionstechnik wird in diversen Studien auf 10 bzw. 30 Mrd. € geschätzt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die konventionellen Hochöfen ohnehin in den kommenden Jahren das Ende ihrer Lebensdauer erreichen werden und so ein günstiges Zeitfenster für neue Investitionen in H₂-DR-Anlagen entsteht.

Abbildung 3 stellt die spezifischen CO₂-Emissionen sowie die dazugehörige Bandbreite der CO₂-Vermeidungskosten der unterschiedlichen Technologiepfade dar. Im Vergleich zur konventionellen Hochofenroute kann bereits mit CH₄-DR eine Minderung der Emissionen um über 60 Prozent erreicht werden. Ein echter Klimaschutzeffekt von mehr als 90 Prozent wird jedoch erst mit H₂-DR erreicht.

Die große Bandbreite der CO₂-Vermeidungskosten ist vor allem auf die insbesondere aktuell unsicheren Erdgas- und Wasserstoffpreise zurückzuführen. Vor allem bei sehr hohen Gaspreisen und fallenden Produktionskosten für grünen Wasserstoff kann die Stahlerzeugung auf dessen Basis deutlich günstiger werden als die Direktreduktion mit Erdgas bzw. blauem H₂, langfristig sogar unter 70 €/t_{CO₂}.

GRÜNER WASSERSTOFF IST EINE „NO-REGRET-OPTION“ Bei der Gesamteinordnung der Ergebnisse zeigt sich, dass in der kurz- bis mittelfristigen Perspektive bis 2030 vor allem die konventionelle Hochofenroute und CH₄-DR aufgrund der jeweiligen technischen Reife und guten Wirtschaftlichkeit als Hauptpfade zur Verfügung stehen werden (s. Abb. 4). Während durch CH₄-DR bereits deutliche CO₂-Minderungspotenziale auch in der Übergangsphase erzielt werden können, ist dies für die konventionelle Hochofenroute begrenzt. H₂-DR ist hingegen in der ersten Phase noch nicht technisch ausgereift und muss sich im Hinblick auf die Verfügbarkeit des grünen Wasserstoffs in ausreichenden Mengen und zu günstigen Preisen noch beweisen.

In der langfristigen Perspektive kann die konventionelle Hochofenroute sowohl ökologisch wie ökonomisch keine Bedeutung mehr haben. Auch die erdgasbasierte DR wird >>

Technologiepfad	Technische Reife		Beitrag zum Klimaschutz		Wirtschaftlichkeit		Industriepolitische Bedeutung		Rolle bis 2045
1. Kom. Hochofenroute (Referenz)	++	++	--	--	++	--	+	--	X Hohe CO ₂ -Emissionen, Ressourcenlast
2. Erdgas-DR									
2.1 Erdgas-Import	++	++	+	--	+	-	+	-	(✓) Weiterhin CO ₂ -Emissionen, Umstellung auf H ₂ -DR nötig
2.2 Import DRI / Eisenschwamm	++	++	+	--	-	-	--	--	X Weiterhin CO ₂ -Emissionen, industriepolitisch ungeklärt
3. H ₂ -DR									
3.1 Heim. H ₂ -Produktion (grün)	+	++	++	++	--	+	++	++	✓ CO ₂ -frei und hohe Wertschöpfung in DE
3.2 Import grüner H ₂	o	++	++	++	--	++	+	+	✓ CO ₂ -frei und geringe EE-Mengenrestriktionen
3.3 Import blauer H ₂	o	++	+	-	-	+	+	o	(✓) CO ₂ -Restemissionen, nur Übergangstechnologie
3.4 Import DRI / Eisenschwamm (grün/blau)	+ / o	++	++ / +	+ / -	--	+	--	o	(✓) Prinzipiell möglich, aber industriepolitisch ungeklärt

grau: bis 2030 blau: bis 2045 ++ sehr hoch + hoch o neutral - gering -- sehr gering X langfristiges „No Go“ (✓) Brückentechnologie / Rolle zu klären ✓ langfristige Option

Abb. 4: Einordnung und Rolle der Technologiepfade in der kurzfristigen (grau) und langfristigen Perspektive (blau)

langfristig aufgrund der Restemissionen und der damit verbundenen Kosten aus der CO₂-Bepreisung abgelöst werden müssen. Als relevanter Technologiepfad verbleibt damit langfristig die DR auf Basis grünen Wasserstoffs. Dagegen zeigen sowohl die Stahlproduktion mit blauem Wasserstoff als auch der Import von DRI aus ökologischer wie auch industriepolitischer Sicht langfristig Schwächen.

FAZIT Insgesamt zeigt die Metaanalyse, dass sich die Stahlbranche der Art und der Konsequenzen der grundlegenden Innovationserfordernisse bei der Rohstahlherstellung bewusst ist und dass es einer konzertierten Kraftanstrengung der Wirtschaft gemeinsam mit der Politik bedarf, um diese Umstellung unter verlässlichen Rahmenbedingungen zu bewerkstelligen. Dabei hilft, dass die DR-Technologie prinzipiell international kommerzialisiert ist und sich der deutsche Anlagenbau rechtzeitig um die Entwicklungsrechte bemüht hat. Als eine „No-regret-Option“ ist die Stahlindustrie als großer Abnehmer für Wasserstoff einer der wesentlichen Treiber für den erforderlichen Markthochlauf sowie den Infrastrukturausbau in Deutschland.

Dies liegt zum einen an den – auch im Vergleich zu anderen Sektoren – heute nicht absehbaren Alternativen bei der Umstellung auf eine emissionsfreie Stahlerzeugung. Hinzu kommen die großen Abnahmemengen an wenigen Standorten, die den kosteneffizienten Anschluss an ein H₂-Transportnetz im frühen Stadium ermöglichen. Zum anderen sollten aus gesamtwirtschaftlicher Sicht insbesondere auch die hohen spezifischen CO₂-Vermeidungspotenziale bei der Umstellung der Hochofenroute berücksichtigt werden, gerade im Falle möglicher Versorgungsengpässe für emissionsarmen Wasserstoff während einer frühen Phase des Markthochlaufs. Die Weichen für die zukünftige Ausgestaltung der Technologie zur Direktreduktion im Stahlsektor und Versorgung mit grünem Wasserstoff sollten noch heute gestellt werden. ||

Hinweis: Die vorliegende Studie wurde im Zeitraum zwischen Oktober 2021 und Februar 2022 als Metaanalyse der relevanten Literatur erstellt. Der seit dem 24. Februar andauernde Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine markiert einen Paradigmenwechsel in der deutschen und europäischen Sicherheits-, Energie- und Industriepolitik. Vor diesem Hintergrund müssen auch einige der in der Studie vorgestellten Ergebnisse neu eingeordnet werden, insbesondere hinsichtlich der Rolle der erdgasbasierten Transformationspfade der Stahlerzeugung, d. h. erdgasbasierter Direktreduktion (CH₄-DR) und der Nutzung von blauem Wasserstoff als „Brückentechnologien“. Folglich gewinnt eine beschleunigte Umstellung der heimischen Stahlproduktion auf inländische Direktreduktion auf Basis grünen Wasserstoffs zusätzlich an Bedeutung. Diese stellt langfristig die einzige nachhaltige Option für eine emissionsfreie und sichere Stahlproduktion mit entsprechender nationaler Wertschöpfung dar.

Die Studie, gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU – jetzt BMUV), wurde vom HySteel-Cluster des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbands (DWV) im August 2021 beauftragt und im März 2022 abgeschlossen.

Literatur

- Metastudie zu den technischen, technologischen und wirtschaftlichen Parametern für die Umstellung der deutschen Stahlindustrie auf eine emissionsarme Stahlproduktion auf Basis von grünem Wasserstoff, Feb. 2020, www.dwv-info.de/wp-content/uploads/2015/06/2022-03-30-HySteel-LBST_Emissionsfreie_Stahlerzeugung.pdf
- [ewi 2021] Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Klimaneutralität 2045, Okt. 2021. www.ewi.uni-koeln.de/de/publikationen/dena-ls2/.
- [FZJ 2019] Forschungszentrum Jülich (FZJ): Wege für die Energiewende – Kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050, 2019. <https://juser.fz-juelich.de/record/877960>.
- [ISE 2020] FhG ISE: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem: Update unter einer Zielvorgabe von 65 % CO₂-Reduktion in 2030 und 100% in 2050, Dez. 2020.
- [ISI 2021] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland, Dez. 2021.
- [LBST 2019] Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST): Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen. Mai 2019. <https://lbst.de/publikationen/wasserstoffstudie-nrw/>.
- [Prognos 2020] Prognos: Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger. Mai 2020.
- [Prognos et al. 2020] Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut: Klimaneutrales Deutschland. Feb. 2021.
- [Prognos et al. 2021] Prognos, Fhg-ISI, GWS, IINAS: Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Feb./Mai 2021.

Autoren:

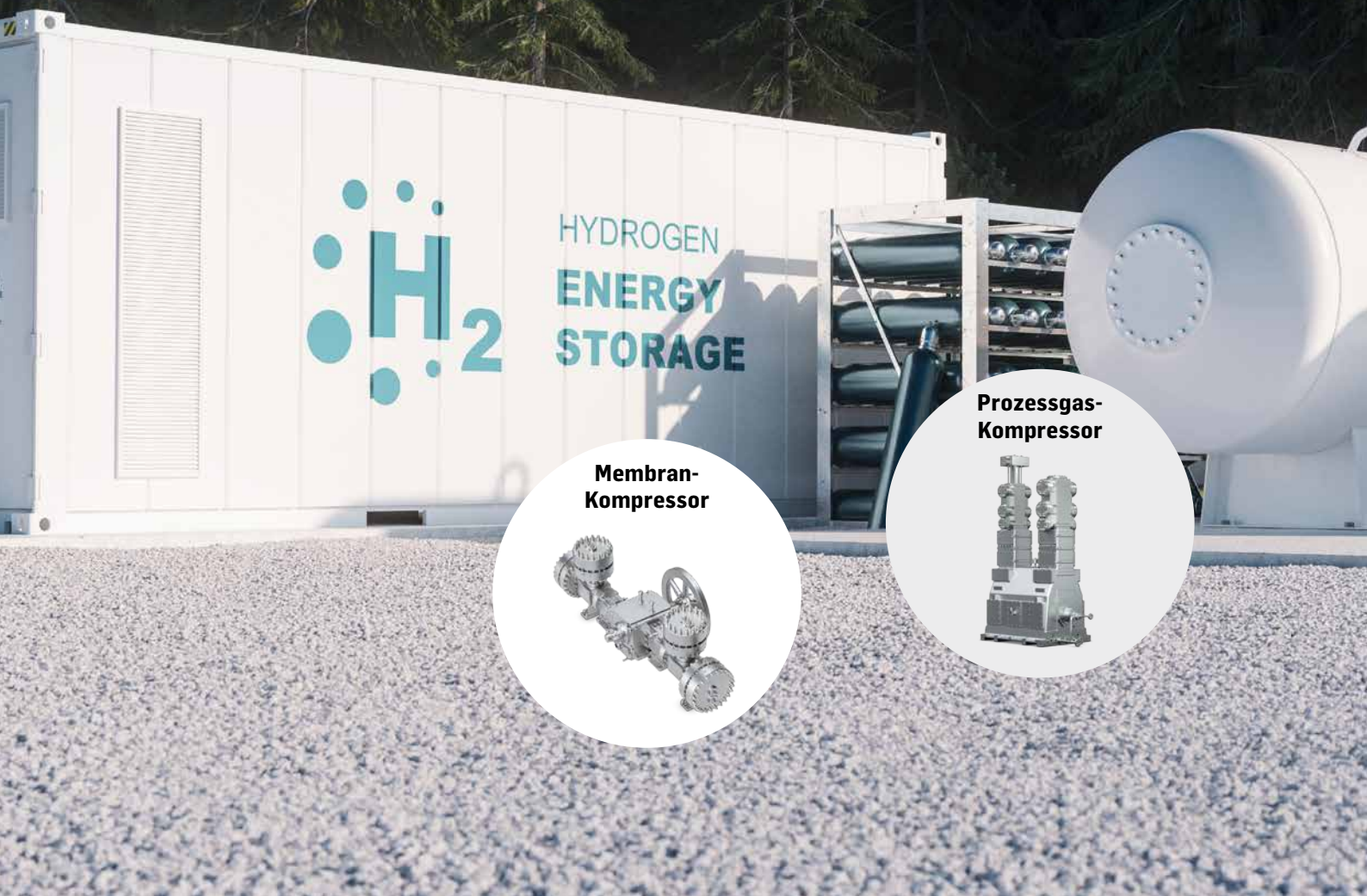


Dr. Jan Michalski, Christopher Kutz beide Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn
→ Jan.Michalski@lbst.de

Dr. Ulrich Bünger, Selbstständiger Berater Erneuerbare Energien, Dießen am Ammersee

Dr. Michael Ball, Selbstständiger Berater Wasserstoff-Energietechnik, Den Haag

HOHE WASSERSTOFF-REINHEIT UND TIEFER ENERGIEVERBRAUCH



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

Mehr erfahren: burckhardtcompression.com/hydrogen

Compressors for a Lifetime™

 **Burckhardt
Compression**

SKALIERBARE PRODUKTION VON BZ-STACKS

H₂SkaProMo – Entwicklung von Montagesystemen für Brennstoffzellen

Aufgrund des steigenden Bedarfs an Wasserstofftechnologien gilt es Produktionskapazitäten aus der Automobil-, Ausrüster- und Zulieferindustrie auszurichten und an die neuen Bedarfe anzupassen. Hierfür ist der Aufbau von Kompetenzen, Verfahren und Technologien, insbesondere im Bereich der Schlüsseltechnologie von H₂-Erzeugern und -verbrauchern, essentiell, da deren wirtschaftliche Produktion langfristig einen Vorteil im globalen Wettbewerb darstellt [Deu19]. Im Rahmen des Verbundprojekts H₂SkaProMo wird deshalb das Ziel verfolgt, hinsichtlich des Automatisierungsgrades einfach skalierbare Montagesysteme für die manuelle, die teilautomatisierte und die vollautomatisierte Produktion von Brennstoffzellen-Stacks zu entwickeln.

Um die von der Bundesregierung gesetzten Klimaziele durch den Einsatz von Wasserstofftechnologien zu erreichen, bedarf es in hohem Maße Entwicklungsarbeit in den Feldern H₂-Erzeugung, -Transport und -Verbrauch [Bun20]. Die Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff kann derzeit noch nicht wirtschaftlich abgebildet werden. Ein großes Potenzial zur Kostensenkung liegt in der vollautomatisierten Produktion von Brennstoffzellen in einer hohen Stückzahl und in der Nutzung von Skaleneffekten [And19].

Der aktuell geringe Bedarf an Brennstoffzellen führt jedoch zu einer noch geringen Auslastung der vollautomatisierten Produktionssysteme, wodurch deren Amortisationszeiten im nichtwirtschaftlichen Bereich liegen [Uwe]. Da eine kurzfristig schwankende und mittelfristig stark steigende Nachfrage nach Brennstoffzellen und damit auch BZ-Stacks zu erwarten ist, müssen Montagesysteme entwickelt werden, welche hinsichtlich der Ausbringungsmenge und der Amortisationszeit auf einfache Weise skalierbar sind.

Neben dieser Problematik sind zudem zukünftige Weiterentwicklungen des Produkts zu erwarten, welche nicht nur die Geometrie von Einzelkomponenten und das Gesamtsystem betreffen, sondern auch die verwendeten Ma-

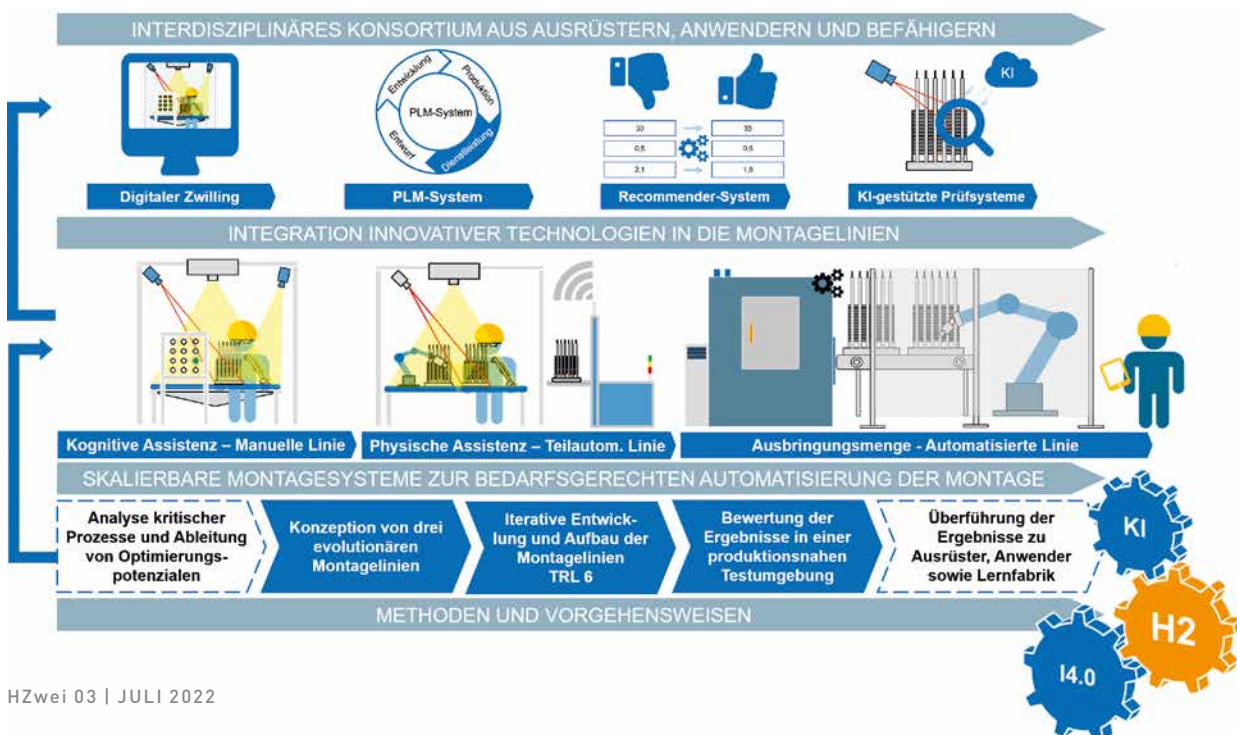
terialien und die gesamte Systemarchitektur beeinflussen. Dies erschwert eine einfache Rekonfiguration und damit eine Verwendung der Montagesysteme in folgenden Produktgenerationen. Notwendig ist demnach die Entwicklung von Montagesystemen, die nicht nur der geforderten Skalierbarkeit gerecht werden, sondern auch die Themen Wandlungsfähigkeit und Rekonfigurierbarkeit adressieren.

Betrachtet man den Faktor Mensch, so werden die Einzelprozesse bei der Montage von Brennstoffzellen häufig von hochqualifizierten Fachkräften durchgeführt, die aufgrund der hohen Produktvarianz, der komplexen Prozessschritte [Sch06] und der hohen qualitativen Anforderungen an das Produkt unter einer erheblichen Belastung stehen. Somit muss die Auslegung der Montagesysteme bis zu einem gewissen Automatisierungsgrad menschenzentriert erfolgen. Dies beinhaltet die Betrachtung und Einbeziehung sowohl kognitiver als auch physischer Assistenzsysteme. So kann nicht nur eine entsprechende geistige und körperliche Entlastung erzielt, sondern gleichzeitig auch die Einbindung von Mitarbeitern wechselnder Kompetenzlevel ermöglicht werden.

Vor allem im Hinblick auf den demografischen Wandel und den Transfer von Arbeitskräften mit jahrzehntelanger Expertise aus der konventionellen Antriebsindustrie ergibt sich hier eine hohe Relevanz. Gleichzeitig muss trotz unterschiedlicher Kompetenzlevel der hohen geforderten Produktqualität Rechnung getragen werden. Möglich wird dies über die gezielte Nutzung des digitalen Zwillings für prädiktive Qualitätsprüfungen.

ZIELE DES PROJEKTS Die übergeordnete Zielsetzung von H₂SkaProMo besteht darin, mittels skalierbarer, stufenweise automatisierbarer und wandlungsfähiger Montagestationen die Produktion von Brennstoffzellen-Stacks wirtschaftlich und konkurrenzfähig abzubilden. Dazu werden drei Ausbaustufen einer wandlungsfähigen cyber-physischen Montagelinie entwickelt, welche die Prozesse Vereinzeln, Stapeln,

46



Komprimieren, Verpressen, Finalisieren und Nacharbeit abdecken. Diese Technoliedemonstratoren werden am ZeMA in Saarbrücken und die Prozesse der Dichtheits- und Lastprüfung am Umwelt-Campus in Birkenfeld ausgestellt.

Der Fokus des Projektes liegt auf der einfachen Skalierbarkeit, welche durch einen modularen Aufbau des Montagesystems und standardisierte Schnittstellen ermöglicht wird. Zur Adressierung der Montage von Produkten mit hoher Varianz wird eine manuelle Ausbaustufe entwickelt. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität, was den Anforderungen einer Vorserienproduktion gerecht wird. Zudem werden in dieser Ausbaustufe Systeme zur kognitiven Entlastung der Mitarbeiter, wie beispielsweise eine optische Werkerführung und Motion-Tracking-Systeme, eingesetzt, so dass eine Entlastung des Mitarbeiters in der variantenreichen Montage ermöglicht wird. Die Komponentenqualität sowie der aktuelle Verbauzustand werden mittels KI-gestützter Prüfalgorithmen kontinuierlich erfasst, so dass eine Rückmeldung über fehlerhafte Komponenten rechtzeitig erfolgen kann.

Mit teilautomatisierten Montageprozessen wird die steigende und auch volatile Nachfrage bedient. Es wird eine wirtschaftliche und dennoch flexible Kleinserienproduktion ermöglicht. Vereinzeln, Stapeln und die Demontage sind Beispiele für kritische Prozesse, die hier optimal durch eine Mensch-Roboter-Kollaboration zu ergänzen sind. Überwachungssysteme in Kombination mit einer intelligenten Steuerung sollen dabei potenzielle Berührungen zwischen Mensch und Roboter frühzeitig erkennen und eine Bahn- oder Geschwindigkeitsänderung zum Schutz des Mitarbeiters auslösen. Bionische Handling-Technologien runden den Einsatz der Greifhilfen ab und reduzieren den Einsatz des energieintensiven Mediums Druckluft.

Durch automatisierte Montageprozesse wird die Massenproduktion unter höchsten Qualitätsansprüchen und geringsten Taktzeiten durchführbar. Ziel ist es, eine Stapelfrequenz von MEA und Bipolarplatte größer 1 Hz zu realisieren. Da der Einsatz von Robotern zur Handhabung bei zukünftig geforderten Stapelgeschwindigkeiten wegen physikalischer Beschränkungen bei Beschleunigungs- und Abbremsvorgängen nicht zielführend ist, wird in der Vollautomatisierung zum Stapeln ein Ansatz mittels kontinuierlicher Antriebsbewegungen gewählt.

Um die unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen Automatisierungsstufen zu adressieren, werden aktuelle Forschungsthemen wie der digitale Zwilling, kognitive und physische Assistenzsysteme sowie eine vollumfängliche und prädiktive Qualitätsüberwachung in die Betrachtung miteinbezogen. Dies stellt die Entwicklung von zukunftsfähigen Konzepten sicher.

Der Aufbau der prototypischen Demonstratoren führt zur Betrachtung weiterer Themenstellungen wie der technischen Sauberkeit der Einzelprozesse und der Implementierung einer proaktiven Qualitätssicherung mithilfe eines produktionsbegleitenden digitalen Zwillings. Die Konzeption und Entwicklung der Linien erfolgt auf Grundlage aktuell existierender Prozesse. Im Projekt wird mit einem ganzheitlichen Ansatz gearbeitet, der die wechselseitige Beziehung von Produkt, Prozess und Betriebsmittel beachtet und ebenfalls eine montage- und demontagerechte Produktgestaltung adressiert.

VORGEHEN IM PROJEKT Zur Erreichung der Projektziele arbeiten Anwender (Schaeffler, HYDAC), Forscher (Fraunhofer IZFP, ZeMA, Kompetenzzentrum Brennstoffzelle der Hochschule Trier, Universität des Saarlandes) und Ausrüster (XENON, URT Utz, Munzinger Maschinenbau, INNOCISE,

SUSI&James) zusammen daran, geeignete Schlüsseltechnologien zu erforschen und zu entwickeln. Diese werden anschließend in Versuchsaufbauten in einer produktionsnahen Umgebung und in die industrielle Einsatzumgebung überführt.

Zu Beginn des Projekts werden Anforderungen an das Datenmodell des digitalen Zwillings und an die Produktionssysteme definiert, welche aus dem Produkt sowie den aktuell bestehenden Industrieprozessen inklusive der eingesetzten Betriebsmittel resultieren. Auf dieser Grundlage werden manuelle, standardisierte Basismodule entwickelt, die mit den notwendigen Prozessmodulen und Assistenzsystemen kombiniert werden. Parallel erfolgt die Konzeption der kontinuierlichen Antriebstechnik für die Vollautomatisierung. Nach Aufbau der Demonstratoren findet eine Transferphase mit Unterstützung der assoziierten Partner in ihrem weitreichenden Netzwerk sowohl regional als auch überregional statt.

Neben der unternehmensspezifischen Verwertung der Projektergebnisse soll mithilfe dieses Projekts ein Entwicklungskorridor geschaffen werden, der Wasserstofftechnologien greifbar macht und einen möglichst einfachen Transfer der Montagesysteme in die Industrie ermöglicht. Aus diesem Grund werden die Demonstratoren nach Projektabschluss in eine Open Lab Factory integriert, in der sie Ausrüstern, Anwendern und Forschungseinrichtungen für Testzwecke und zum Wissensaufbau zur Verfügung stehen. Eine Einbindung der Demonstratoren in Lehrveranstaltungen der Universität des Saarlandes ist bereits vorgesehen.

Das Projekt H₂SkaProMo mit einer Laufzeit von 36 Monaten ist im Dezember 2021 gestartet. ||

→ www.h2skapromo.de

Literatur

- [1] Deutscher Bundestag/Wissenschaftliche Dienste, Antriebsarten und ihre möglichen Auswirkungen auf die Beschäftigung in der Automobilindustrie, Sachstand WD 5 - 3000 - 109/19, 2019.
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Die Nationale Wasserstoffstrategie, Die Bundesregierung, Berlin, 2020.
- [3] Burkert, A.; Im Bann der Brennstoffzelle, 1.10.2019. [Online]. www.springerprofessional.de/brennstoffzelle/betriebsstoffe/im-bann-der-brennstoffzelle/17200808. [Zugriff: 10.01.2021].
- [4] Weichenhain, U.; Lange, S.; u. a., Potenziale der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Industrie in Baden-Württemberg, Roland Berger GmbH, München, 2020.
- [5] Schlauf, T.; Kukla, C.; EASYCELL Designoptimierung von PEM-Brennstoffzellen, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2006.

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Rainer Müller

Lennard Margies, M.Sc.

→ l.margies@zema.de

Fabian Klaus, M.Sc.

alle vom ZeMA – Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gemeinnützige GmbH, Saarbrücken



DIE HOCHEFFIZIENTE HYBRIDE ENERGIEPIPELINE

Transport von LH₂ und Strom in Hochtemperatur-Supraleitern

Allgemein bekannt ist die sich stetig verstärkende Notwendigkeit des Energie-transportes von Nord nach Süd innerhalb Deutschlands. Die rasch auszubauenden Erzeugungskapazitäten für erneuerbare Energie aus Wind in der Nordsee und die Anlandung von Flüssig-Erdgas (LNG) bzw. Wasserstoff an den deutschen Seehäfen – ob nun als internationaler Import oder offshore erzeugt – erhöhen diese Notwendigkeit weiter.

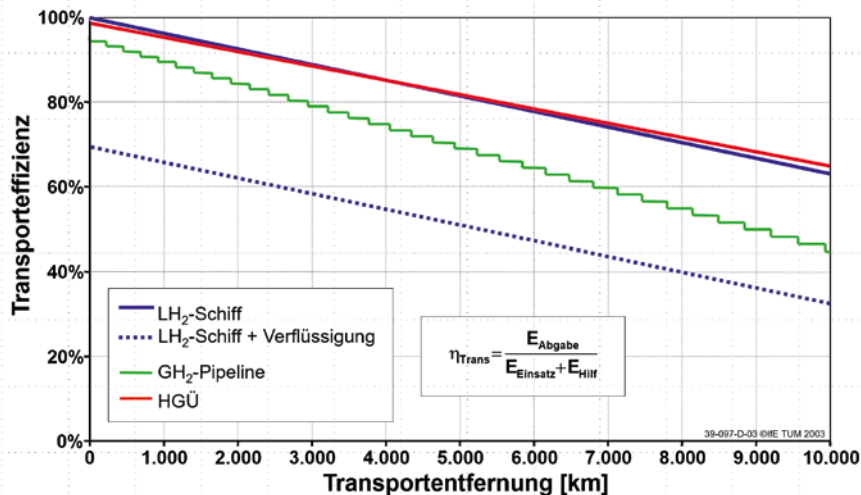


Abb. 1: Transporteffizienz verschiedener Optionen über Langstrecken [Quelle: [1]]

Der interkontinentale, großmaßstäbliche Transport von Wasserstoff wird –ähnlich wie bei LNG – mit Flüssigwasserstoff (LH₂) erfolgen. Erste Schiffrouten dafür sind bereits zwischen Japan und Australien etabliert. Mangels einer eigenen Tankerklasse ist die Suiso Frontier als „LNG-Tanker“ registriert.

Der Verflüssigungsaufwand für Wasserstoff am Herstellort entspricht – unter Berücksichtigung der aktuellen Wirkungsgrade existierender Anlagen – etwa 20 bis 30 Prozent der enthaltenen Energie (Heizwert) des LH₂. Ähnlich wie bei LNG vor der Einspeisung in die Gasnetze könnte auch bei der Erwärmung von LH₂ von der Siedetemperatur 21 K bis zur Raumtemperatur eine Energie von etwa 1,24 kWh/kg zugeführt werden. Bei einem Heizwert von 33,3 kWh/kg für H₂ entspricht das einem relativen Anteil von 3,72 % on top.

Es wäre sinnvoll, diese Energie nicht wie bei LNG in Regasifizierungsanlagen am Anlandehafen über Wärmetauscher aus der Umgebung aufzuwenden, sondern die beigestellte hochwertige „Gratiskälte“ weiter bis zum Verbraucher zu verteilen. Der Wasserstoff sollte so lange wie möglich in seiner flüssigen Form LH₂ bleiben.

Da die Transportrichtungen von großmaßstäblicher elektrischer Energie und chemischer Energie (LH₂) übereinstimmen (die späteren regionalen Verteilwege mögen differieren), erscheint es sinnvoll, gemeinsame Trassen zu nutzen. Das kann gegebenenfalls sowohl die Genehmigungsverfahren beschleunigen als auch die gesellschaftliche Akzeptanz erhöhen.

HTS ALS EFFIZIENTES BINDEGLIED Der Langstreckentransport von elektrischer Energie erfolgt am effizientesten mittels HGÜ-Technik – also mit Gleichstrom (s. Abb. 1). HGÜ-Leitungen mit großen Spannungen erlauben kleine Ströme und damit auch reduzierte ohmsche Leitungsverluste, auch wenn diese bereits reduzierten Leitungsverluste absolut nicht zu vernachlässigen sind. Die großen Spannungen wiederum erfordern große Isolationsabstände und setzen der maximalen Übertragungsleistung Grenzen – unabhängig davon, ob es sich um eine Freileitung oder ein Erdkabel handelt.

In einer gemeinsamen Trasse für elektrische Energie und für LH₂ bei Verwendung von Hochtemperatur-Supraleitern (HTS) treffen mehrere Aspekte vorteilhaft zusammen:

1. Bei Gleichstromtransport leiten die HTS den Strom verlustfrei, sofern sie unterhalb der sogenannten kritischen Temperatur (typisch 92 K) betrieben werden.
2. Der verlustfreie Stromtransport erlaubt den kompakten Energie-transport bei gleichbleibender oder geringerer Spannung und bei größeren Strömen.
3. Bei der Temperatur von LH₂ (21 K) leiten die HTS nicht nur verlustfrei, sondern sie ermöglichen durch den großen Abstand zur kritischen Temperatur auch eine große Leistungssteigerung (um ca. einen Faktor 7 in der Stromtragfähigkeit) und weitere Leistungsreserven für eine hohe Betriebssicherheit.

Die Kombination von LH₂-Transport, elektrischem Energietransport und der Nutzung der HTS auf dem LH₂-Temperaturniveau erlaubt eine effiziente und kompakte gemeinsame Pipeline.

Die konstruktive Ausgestaltung dieser Pipeline kann dabei sehr einfach gehalten werden, da die Betriebstemperatur von 21 K im Vergleich zu üblichen kryotechnischen Anlagen (meist um 4 K) relativ hoch ist. Damit können komplexe kryotechnische Maßnahmen (wie z. B. Strahlungsschilde oder verschiedene thermische Schilde und Anker) entfallen. Die verbleibende geringe eindringende Restwärme aus der Umgebung wird über den LH₂ leicht kompensiert.

EIN ERSTES KONZEPT Der Querschnitt der Pipeline (s. Abb. 2) besteht

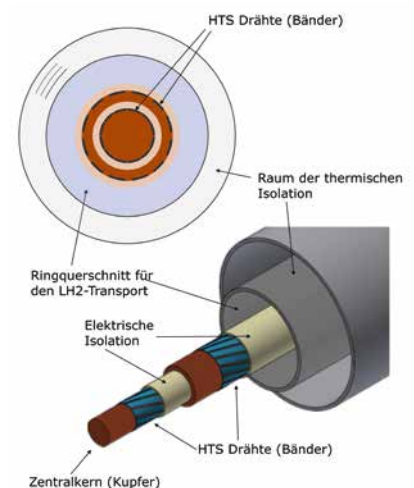


Abb. 2: Schematischer Aufbau einer kombinierten Pipeline [Quelle: KIT ITEP]

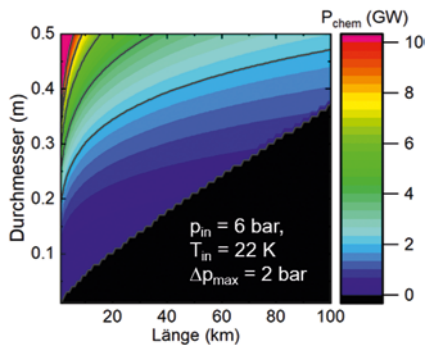


Abb. 3: Beispielrechnung der chemischen Übertragungsleistung P_{chem} in Abhängigkeit von Durchmesser und Länge der Pipeline für die genannten Rahmenwerte [Quelle: KIT ITEP]

aus einem Außenrohr, in dem sich in einem Isolationsvakuum und umkleidet mit einer sogenannten Multilagenisolation (MLI) zur Reduzierung des Eintrags von äußerer Strahlungswärme das eigentliche, ringförmige Transportrohr für LH_2 befindet. In direktem thermischem Kontakt befinden sich die Drähte (Bandleiter), die den verlustfreien Stromtransport übernehmen.

In der ersten Versuchspipeline (bestimmt durch die aktuellen Rahmenbedingungen der Testplattform beim KIT ITEP) wird entsprechend einem Strom von 10 kA und einer Spannung von ± 10 kV eine elektrische Energie von 200 MW übertragen. Die Übertragungskapazität für chemische Energie in Form von LH_2 ergibt sich aus einer Kombination von inneren Reibungsverlusten, Druckabfall und Temperaturanstieg über der Länge und aus dem Strömungsdurchmesser.

Bei einem Außendurchmesser von etwa 180 mm und einem Massenfluss von 1,66 kg/s ergibt sich eine Übertragungsleistung von ebenfalls 200 MW (s. Abb. 3). Weitere Berechnungen zeigen, dass in einem Gesamtdurchmesser von weniger als 0,5 m sowohl einige GW chemischer Energie als auch einige GW elektrischer Energie über große Längen übertragen werden können.

Vorteilhaft bei solchen Pipelines ist eine segmentierte Ausführung mit glatten Rohren anstatt mit Wellrohren, wie diese sonst bei flexiblen Kabeln üblich sind [2]. Diese hybride Pipeline ist extern nahezu „unsichtbar“, also ohne thermische oder elektromagnetische Auswirkungen auf die Umwelt.

ERHÖHTE EFFIZIENZ BEI DEN ENDANWENDERN Wird der Flüssigwasserstoff erst in der Endanwendung (z. B. in Brennstoffzellen, bei großen Fahrzeugen wie Lkw, Zügen, Schiffen und Flugzeugen oder in industriellen Applikationen) in den gasförmigen

Zustand überführt, so steht die Gratiskälte zur Kühlung der Komponenten bereit (s. Abb. 4).

Bei einem idealen Wirkungsgrad von 100 Prozent stünde für die Anwendung eine Kälteleistung von 3,7 kW zur Verfügung. Für den Wirkungsgrad von 60 Prozent für eine Brennstoffzelle würden aber schon 6,2 kW Kühlleistung, also 6,2 % der Anwendungsleistung, bereitstehen. Für einen konventionellen Antriebsstrang mit einer Effizienz von beispielsweise 95 % wäre somit kein dediziertes weiteres Kühlsystem mehr nötig.

Würde man den konventionellen Antriebsstrang (teilweise) mit HTS-Komponenten realisieren, so wären völlig neue, kompakte und leistungsstarke Anwendungen durch die Nutzung von LH_2 bis in die Endanwendung möglich. Beispielsweise benötigt der HTS-Rotor bei einem Motor der 380-kW-Klasse eine Kühlleistung von maximal 30 W. Der gesamte Kühlbedarf der Maschine liegt bei 11,6 kW [4] und kann leicht – z. B. bei elektrischer Versorgung durch eine Brennstoffzelle – über die LH_2 -Kälte gedeckt werden. Diesbezügliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu Antriebssträngen werden sowohl in AppLHy! als auch bei Luftfahrtunternehmen durchgeführt.

EIN GAME-CHANGER Die Idee, kombinierte Kryo-Übertragungsleitungen zu verwenden, ist nicht neu [5]. Auch wurden einige Studien zur Wirtschaftlichkeit des Transportes von H_2 durch reine LH_2 -Pipelines durchgeführt [6,7]. Diesen Arbeiten gemein ist allerdings erstens, dass der Sekundärnutzen der beigestellten Kälte nur als Aufwand, nicht als Nutzen berücksichtigt wurde, zweitens, dass die Kosten der LH_2 -Pipeline unvorteilhaft linear mit der Transportdistanz ansteigen, und drittens, dass der Raum der Vakuumisolation kostentreibend wirkt. Die >>

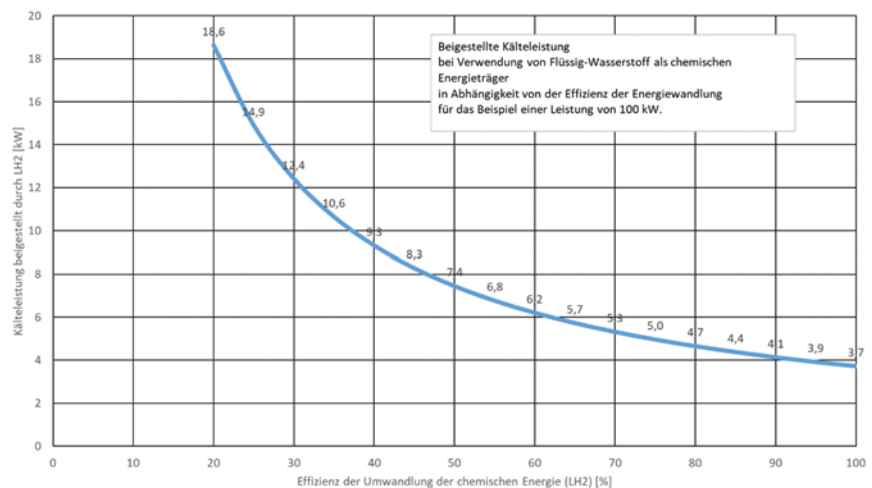


Abb.4: Beigestellte Kälteleistung bei Umwandlung des LH_2 erst in der Endanwendung, abhängig von der Effizienz der Endapplikation [Quelle: KIT ITEP]

UMSETZUNG

Im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie fördert das BMBF unter anderem das Leitprojekt TransHyDE [3], dessen Forschungsprojekt AppLHy! mit 13 Verbundpartnern vom Karlsruhe Institut für Technologie, Institut für Technische Physik (KIT ITEP) koordiniert wird. In AppLHy!, das noch bis April 2025 läuft, wird nicht nur eine Verflüssigungsanlage für Wasserstoff konzipiert und errichtet sowie Behälterstrategien und -technologien entwickelt, sondern auch Fragen zur Sicherheit, zu Materialaspekten, zur Integration in die Elektrotechnik (Umrichter, Motoren/Generatoren, Transformatoren) beantwortet und eine Teststrecke für hybride Energie-Pipelines errichtet. Letztere erlaubt die Erforschung und Demonstration von verschiedenen Pipeline-Konstellationen auf einer Kurzstrecke.

Aufgrund der Erfahrungen, die schon bei supraleitenden Kabeln und Übertragungsstrecken für elektrische Verteilnetze und zur Stromversorgung von Magneten (u. a. für die Fusion) gewonnen wurden, ist mit raschen Fortschritten zu rechnen, so dass sich an das oben genannte Forschungsprojekt gegebenenfalls eine Umsetzungsphase anschließen kann. Mit ersten Interessenten wurden bereits Gespräche geführt. Auch das KIT selbst beabsichtigt einen weiteren Ausbau der Forschungsaktivitäten im Bereich LH_2 und elektrischer Energietechnik mit einer Öffnung für weitere Akteure.

hier vorgestellte hybride Energiepipeline neutralisiert diese Prämissen.

Auch der Aspekt der Vakuumisolation lässt sich – ähnlich wie bei LNG-Speichern und -Leitungen – durch eine thermische Isolation mittels Perlit oder sogenannte Microspheres im Verbund mit vergrößerten radialen thermischen Isolationsabständen (die aufgrund der geringeren elektrischen Isolationsabstände ermöglicht werden) in weiteren Entwicklungen lösen.

ZUSAMMENFASSUNG In dem Forschungsprojekt AppLHy! des Leitprojekts TransHyDE wird u. a. eine kompakte und effiziente hybride Energiepipeline entwickelt. Diese hybride Pipeline erlaubt den gleichzeitigen großmaßstäblichen Transport von chemischer Energie in Form von Wasserstoff und von elektrischer Energie über Hochtemperatur-Supraleiter. Da die Transportrichtungen beider Vektoren identisch sind, lassen sich so erhebliche Vorteile bzgl. Trassenbreiten, Effizienz, Kosten und Nutzen für die Endanwender (hohe Energiedichte des LH₂, beigestellte Kälte) realisieren. ||

Literatur

- [1] T. Hamacher in Töpler, J. und Lehmann, J. (Hrsg) – Wasserstoff und Brennstoffzellen – Technologien und Marktperspektiven, Springer Vieweg, 2017

- [2] KIT Presseinformation 012/2012: Weltweit längstes Supraleiterkabel, www.kit.edu/kit/pi_2012_8761.php
- [3] www.wasserstoff-leitprojekte.de
- [4] Frank, M., et al. (2003). Long-term operational experience with first siemens 400 kW HTS machine in diverse configurations. IEEE Transactions on Applied Superconductivity 13(2): 2120-2123.
- [5] W. J. R. Bartlit, F. J. Edeskuty and E. F. Hammel, (1972) – Multiple use of cryogenic fluid transmission lines, Proc. ICEC4, pp. 177-180
- [6] Nitsch, J. – Die Erzeugung chemischer Energieträger mittels regenerativer Energiequellen, Forschungsbericht DLR, DLR-FB 76-32, 1976
- [7] Reuß, M. et al. – Hydrogen Road Transport Analysis in the Energy System: A Case Study for Germany through 2050, Energies, 14(2021)3166.



AutorInnen:

Prof. Dr. Tabea Arndt

→ Tabea.Arndt@kit.edu

Dr. Michael J. Wolf

Mira Wehr

alle vom Karlsruhe Institut für Technologie,
Institut für Technische Physik

Thema: Entwicklung | Autoren: Thomas Jungmann, Alexander Dyck |

50 WIE STANDARDS DIE WELT VERÄNDERN

Zwanzig Jahre Brennstoffzellen-Normung

Die Bedeutung von Wasserstoff und Brennstoffzellen wächst sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene derzeit stark. Nicht nur die Vielzahl von nationalen Roadmaps, sondern auch die wachsende Zahl von Firmen, die mit vielversprechenden Produkten am Markt teilnehmen, verdeutlichen, wie hoch der Reifegrad der Technologie mittlerweile ist. Um als sicher geltende Produkte möglichst vielen regionalen Märkten anbieten zu können, ist es unabdingbar, weltweit anerkannte Normen, Richtlinien und harmonisierte Standards zu etablieren.

Im Englischen als Regulations, Codes and Standards (RCS) bezeichnete Themen werden in den internationalen Normungsorganisationen IEC und ISO seit vielen Jahren von einer großen Anzahl ehrenamtlich tätiger Fachleute vorangetrieben. In der IEC, der Internationalen Elektrotechnischen Kommission, sind alle Aufgaben rund um die Brennstoffzellentechnologien und deren Systeme mit elektrischem Fokus angesiedelt.

ZUSTÄNDIGKEITEN Die ISO, die Internationale Standardisierungsorganisation, beheimatet alle Fragestellungen zum Thema der Wasserstofftechnologien, deren Schwerpunkt auf der Sicherheit im Systembetrieb und der Systemkomponenten mit dem Fokus auf die Gasprozessentechnik liegt. Letzteres umfasst allgemeine Inhalte, bei denen Wasserstoff in einem Energiesystem eingesetzt oder erzeugt wird, aber auch spezifische Anwendungen der H₂-Technologien mit deren spezifischen Anforderungen wie die H₂-Qualität oder die Definitionen von einheitlichen Betankungsprotokollen oder die Festlegung der Einfüllstutzen an Fahrzeugen.

Häufig entwickeln sich Normungsinitiativen aus nationalen Produktentwicklungsstrategien. Ziel der Normungsar-

beit ist es dennoch, diese national basierten Wünsche und Forderungen möglichst international und mit größtmöglichem Konsens harmonisiert anwendbar zu gestalten. Diese Normungsaktivitäten werden dann gemäß den jeweiligen nationalen Regelungen auf Landesebene übertragen und angewandt.

Jedes Land hat sogenannte Spiegelgremien, die das Bindeglied in den ausländischen Raum darstellen. In Europa gibt es ein länderübergreifendes Gremium, welches die nationalen Bestrebungen bündelt und versucht, einen Konsens der nationalen Industrie auf internationaler Ebene als Mehrwert in der „community“ zu etablieren. Es gibt aber auch eine Vielzahl von nationalen Gremien, die die direkten Spiegelgremien zu den entsprechenden technischen Komitees in IEC und ISO darstellen.

Für die Brennstoffzellentechnologien ist international das Gremium IEC TC 105 zuständig, welches in Deutschland das nationale Spiegelkomitee K 384 in der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) repräsentiert [1]. Für die Themen der Wasserstofftechnologien ist in der ISO das Technische Komitee TC 197 zuständig, welches auf nationaler Ebene im Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) vom Normenausschuss Gastechnik des DIN, dem NA 032 (NAGas), repräsentiert wird [2] (s. Abb. 1).

Der Scope zeigt immer auf, mit welchen Themen sich die Gremien befassen. Auch in den Normen selbst gibt es diese Definitionen für Produktklassen und ihren bestimmungsmäßigen Gebrauch und Einsatzzweck. Sie geben immer den ersten Hinweis darauf, ob beispielsweise das betrachtete Produkt oder Kennzahlen entsprechend dieser Norm geprüft oder ermittelt werden können und ob es dem angedachten bestimmungsmäßigen Gebrauch entspricht.

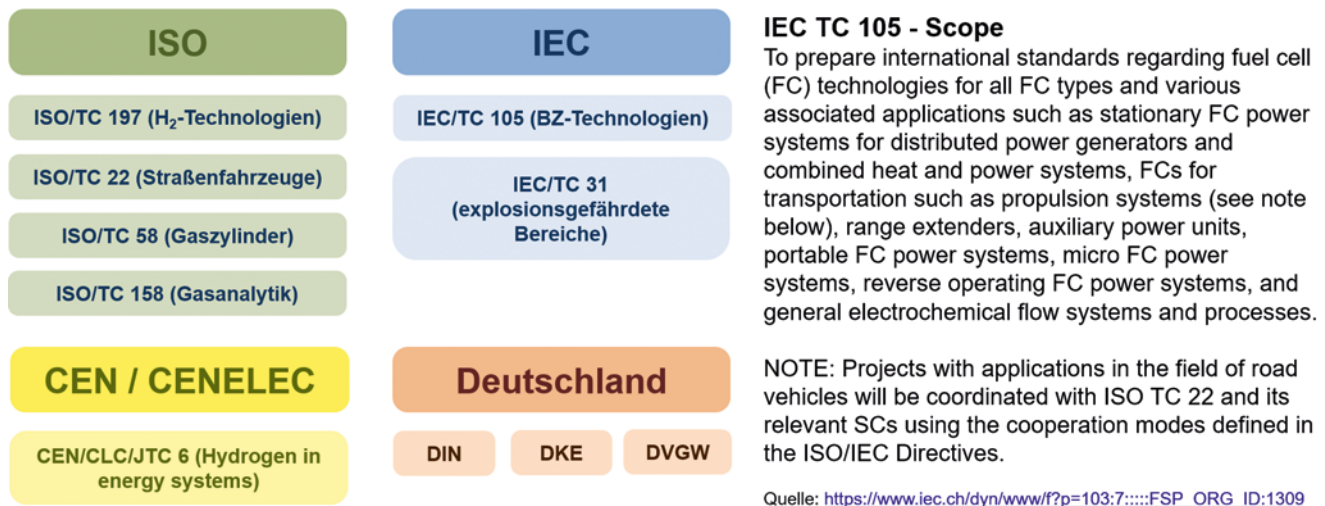


Abb. 1: Zusammenhänge der Normungsgremien im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sowie die beispielhafte Definition des Anwendungsbereiches des internationalen Technischen Komitees IEC TC 105 der Brennstoffzellentechnologien [Quelle: DLR]

Die zunehmende Bedeutung der Normung für Anwendungen im Wasserstoff- und Brennstoffzellenbereich spiegelt sich in der wachsenden Zahl der sich in diesen Normungsgremien beteiligenden Industrieunternehmen wider. Diese Unternehmen haben die Bedeutung für die Wertschöpfung der Produkte auch innerhalb der Betriebe erkannt und bringen ihre Erfahrungen aus der Produktentwicklung und der Anwendung der bestehenden Normen in die Gremienarbeit ein. Sie tragen so wesentlich zur Weiterentwicklung und vor allem zur Harmonisierung der Normen bei, damit diese auch in Zukunft den aktuellen Stand der Technik widerspiegeln und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit validiert und weiterentwickelt werden.

HISTORIE DER BZ-NORMUNG Der Startschuss fiel vor zwanzig Jahren mit der Entwicklung einer Normenfamilie für Brennstoffzellen [3]. Dabei wurde neben der Definition von Begriffen bereits in der ersten Generation auch eine Norm für die Sicherheit von Brennstoffzellenmodulen entwickelt. Hierbei wurden weitsichtig neben einem oder mehreren Brennstoffzellenstapeln auch mögliche Zusatzkomponenten zur Systemintegration berücksichtigt. Des Weiteren beschränkte sich diese Norm, die in der ersten Generation die Bezeichnung DIN IEC 62282-2 hatte, nicht auf einen bestimmten Brennstoffzellentyp oder eine Leistungsklasse. Somit lassen sich die definierten Prüfverfahren auf ein breites Spektrum anwenden und ermöglichen einem großen Anwenderkreis die Nutzung.

Neben der bereits genannten Norm für die Brennstoffzellenmodule sowie den Begriffsbestimmungen wurden ebenfalls ab 2002 in der Normenfamilie DIN IEC 62282 die stationären Brennstoffzellen als Energieerzeugungseinrichtungen festgeschrieben. In der ersten Version DIN IEC 62282-3-2 wurden Prüfverfahren zur Ermittlung von Leistungskennwerten definiert.

Seitdem sind viele weitere Normen zur Familie der Brennstoffzellentechnologien hinzugekommen. Eine entsprechende thematische Übersicht findet sich in Abbildung 2. Darin ist erkennbar, dass in den letzten zwanzig Jahren Technologie- und Anwendungsfelder spezifisch weiterentwickelt und klassifiziert wurden.

So gibt es für jede Art der dazugehörigen Produktgruppen eine Beschreibung der Sicherheitsaspekte, die das in den Anwendungsbereich fallende Produkt oder die Produktgruppe

mindestens erfüllen muss. Dies wird ergänzt durch standardisierte Installationsanweisungen. Zusätzlich werden Leistungskennwertprüfungen produkt(gruppen)spezifisch definiert und in international anerkannten Normen niedergeschrieben.

Aus der Abbildung 2 ist weiterhin erkennbar, dass ursprünglich geplante Detaillierungen nicht weiterverfolgt werden. Ebenfalls ersichtlich ist die Überführung der begrifflichen Definitionen der Brennstoffzellentechnologien in das internationale elektrotechnische Vokabular, in welches die Norm 62282-1 eingearbeitet wurde. Die Begriffe sind nun alle unter der Bezeichnung IEC 60050-485 auffindbar. Damit wurde 2020 ein weiterer Schritt hin zu einer noch größeren normativen Akzeptanz dieses Themas getan.

WIE STANDARDS DIE WELT VERÄNDERN Es ist von großem Vorteil, auf eine gemeinsame Terminologie zurückgreifen zu können, um Missverständnisse in der Zuordnung schon im Vorfeld zu vermeiden. Die Struktur der Normung im TC 105 wurde 2021 als Clusterung in Anwendungsfelder angepasst und etabliert. Die bisherige Struktur der Dokumente bleibt bis zur Revision erhalten.

Selbst so eine „Kleinigkeit“ wie die Treibstoffqualität von Wasserstoff für die BZ-Anwendung wird idealerweise im Vorfeld definiert und kostengünstig prüfbar beschrieben. Nur so lassen sich Systemdesign und Produktkosten sowie der Preis für die Treibstoffbereitstellung sauber abgestimmt dem Markt, zum Beispiel an der Tankstelle, bereitstellen. >>

Die Autoren dieses Beitrags sind in dem nationalen Spiegelgremium des DKE und internationalen Normungsgremien des TC 105 tätig: Dr. Alexander Dyck vertritt als langjähriger Vorsitzender des K 384 häufig auch als gewählter deutscher Sprecher auf den internationalen Sitzungen die deutschen Interessen im jährlichen Treffen des IEC TC 105 für Brennstoffzellen und ist der Ansprechpartner für einige Systemtypen im Portfolio der Normen-Familie. Thomas Jungmann arbeitet in den Arbeitsgruppen zum Brennstoffzellenmodul und zu den (PEM)-Einzelzellcharakterisierungen mit und ist ebenfalls im K 384 engagiert. Daher wird in diesem Beitrag der Fokus auf die Brennstoffzellentechnologien gelegt.

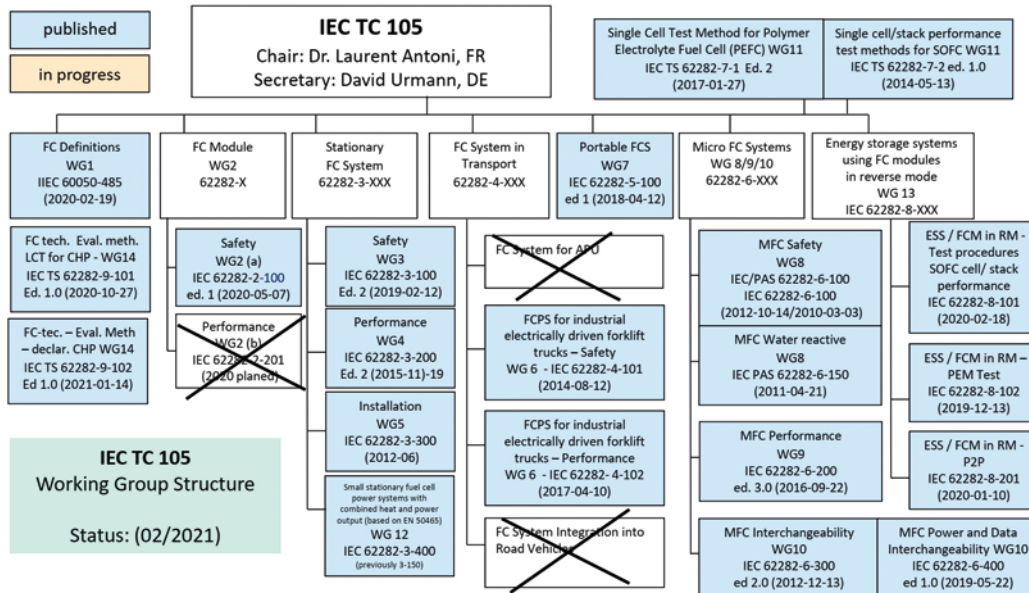


Abb. 2: Übersicht der Normen im Bereich der Brennstoffzellentechnologien bis 2020 in der alten, themenorientierten Struktur
[Quelle: Alexander Dyck]

Zusätzlich zu den genannten Aktivitäten auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologien gibt es, speziell in Deutschland, eine Vielzahl von engagierten Fachleuten, die das Thema der Normung im Bereich von Wasserstoff und Brennstoffzellen weiter vorantreiben. Speziell im Bereich Wasserstofftechnologie ist hier die NOW GmbH mit ihrer Mitarbeiterin Elena Hof zu nennen, die im ISO TC 197 aktuell den Vorsitz des nationalen Spiegelgremiums hat.

EMPFEHLUNGEN ZUR AKTIVEN MITGESTALTUNG Mit diesem Beitrag möchten die beiden Autoren weiter für die Festbeschreibung des aktuellen Standes der Technik im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sensibilisieren. In diesen Ausführungen ist aber auch erkennbar, dass es in der Normenfamilie noch Lücken gibt, die – sofern daran ein wirtschaftliches und technologisches Interesse besteht – in der nahen Zukunft geschlossen werden sollten. Darin sind auch übergreifende Themen, wie Möglichkeiten zur qualifizierten Normung von Komponenten, die für einen Wasserstoffbetrieb geeignet sein sollen, miteingeschlossen. Nur so wird es weiter möglich sein, eigene Produkte auch normgerecht und normgeprüft auf Basis international anerkannter Standards am Markt zu etablieren.

Für die weitere Literatur wird auch die Normungsroadmap der NOW [4] und die neue VDE-Studie „Brennstoffzellensysteme in der Elektromobilität“ [5] zur Vertiefung des Themas empfohlen. Dieses Jahr hat die NOW eine Webseite veröffentlicht, nämlich <https://rcs.now-gmbh.de>, auf der eine durchsuchbare Übersicht zum Thema zur Verfügung steht, um auf das Thema aufmerksam zu machen und für eine aktive Mitarbeit zu werben. ||

Literatur

- [1] www.dke.de/de/ueber-uns/dke-organisation-auftrag/dke-fachbereiche/dke-gremium?id=1000666&type=dke%7Cgremium (am 31.05.2022)
- [2] www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nagas/internationale-gremien/wdc-grem:din21:54742640 (am 31.05.2022)
- [3] www.elektropraktiker.de/ep-2003-10-738-741.pdf?eID=tx_na_wsecured1&fallD=6419&hash=cebe4be5e0a7d1f4d5c331f671ede6 (am 31.05.2022)
- [4] www.now-gmbh.de/aktuelles/pressemitteilungen/now-broschuere-die-deutsche-h-rcs-roadmap-2025/ [12/2018], (am 09.06.2022)

ZULASSUNG – ZERTIFIZIERUNG – NORMUNG

Neben den Arbeiten in den genannten Normungsgremien leisten die Autoren dieses Berichts seit mehr als zehn Jahren auch einen Beitrag zur Diskussion der Thematik auf nationaler Ebene. Dafür wurde gemeinsam mit dem ZBT in Duisburg eine Workshopreihe ins Leben gerufen. Das interessierte Fachpublikum wird angesprochen, und aktuelle Themen rund um die Bereiche Zulassung, Zertifizierung und Normung werden diskutiert. Dabei wird ein besonderer Fokus auf Erfahrungsberichte aus der Industrie gelegt. Dies ist ein Grundstein für eine kontinuierliche Fortentwicklung der bestehenden Normen. Nach zwei Jahren in einem Online-Format findet der 12. ZZN Workshop in dieser Serie am 14. und 15. Februar 2023 in Präsenz in Oldenburg am DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme statt.

- [5] www.vde.com/resource/blob/2183368/e34926df8c-c761d18714556c1319c17a/vde-studie--brennstoffzellensysteme-in-der-elektromobilitaet--1--data.pdf [Mai 2022], (am 09.06.2022)

Autoren:



Thomas Jungmann
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
ISE Freiburg

→ thomas.jungmann@ise.fraunhofer.de



Dr. Alexander Dyck
DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme
Oldenburg

→ alexander.dyck@dlr.de

EINE KURZE GESCHICHTE DER MENSCHHEIT



[Quelle: Pantheon Verlag]

Man muss nicht geschichtlich interessiert zu sein, um in dieses Buch regelrecht hineingezogen zu werden. „Eine kurze Geschichte der Menschheit“ ist kein Historienroman und auch kein langweiliges Geschichtsbuch. Die Abhandlung von Yuval Noah Harari erklärt vielmehr sachlich fundiert, warum wir Menschen so handeln, wie wir handeln.

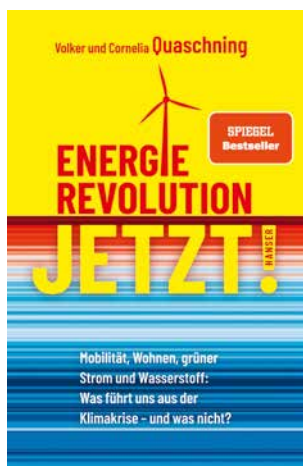
Nicht ohne Grund ist dieses Werk ein international gefeierter Bestseller, denn Harari versteht es, auf sehr unterhaltsame Weise die gesamte

menschliche Entwicklung nicht nur darzulegen, sondern amüsant zu erzählen. Obwohl bereits 2015 erschienen, hat es nichts an Aktualität verloren. Es bietet heute sogar mehr denn je Antworten auf die akuten Fragen unserer Zeit.

14,99 Euro für 528 Seiten, die sich lohnen – sowohl finanziell als auch ideell, auch wenn es dort nicht explizit um Wasserstoff geht. Und wem dieses Buch, das bereits in 40 Sprachen übersetzt wurde, gefallen hat, dem dürften auch die anderen Werke dieses israelischen Professors für Geschichte gefallen. ||

□ Harari, Yuval Noah; *Eine kurze Geschichte der Menschheit*, Pantheon Verlag, 2015

ENERGIEREVOLUTION JETZT!



[Quelle: Hanser]

Prof. Volker Quaschnig war schon als „Energieprofessor“ bekannt, bevor es die Fridays-for-Future-Initiative gab. Aber mit deren Wirken ist er nochmals mehr in den Fokus gerückt, nicht nur weil er die Scientists for Future mitgründete, die maßgeblich die SchülerInnen und StudentInnen unterstützen.

Als Professor für Regenerative Energiesysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin steht er seit vielen Jahren mitten im Thema und bemüht sich auch

über seine akademische Tätigkeit hinaus, die Allgemeinheit sachkundig über erneuerbare Energien, Klimawandel und Umweltschutz zu informieren.

Gemeinsam mit seiner Ehefrau, mit der er auch den Podcast „Das ist eine gute Frage“ gestaltet, hat er Anfang des Jahres ein neues Buch herausgebracht, das einen hervorragenden Überblick über die gesamte Thematik bietet. Die Quaschnings sprechen darin statt von einer Energiewende von einer „Ener-

gierevolution“, die jetzt erforderlich sei, um die Welt vor einer Klimakrise zu bewahren. Sie machen unzweifelhaft klar, dass selbst bei Einhaltung der nationalen Ziele aller Länder ein Temperaturanstieg von gut 3 °C unausweichlich ist.

Auf anschauliche und teilweise recht persönliche Art stellt das Ehepaar beispielsweise heraus, dass die Produktion klimaneutraler Produkte insbesondere für die deutsche Industrie ein Zukunftsmarkt ist, weil die Stückkosten kommerzieller Massenwaren anderswo ohnehin niedriger liegen. Durch eine weitere Umorientierung weg von fossilen hin zu erneuerbaren Energien würden zudem qualifizierte Arbeitsplätze geschaffen, die mit umgeschulten Arbeitskräften aus der konventionellen Energiewirtschaft besetzt werden könnten.

Cornelia und Volker Quaschnig räumen auch mit diversen Mythen auf, insbesondere beim Themenkomplex Kernenergie. Und sie erklären leicht verständlich, warum Wasserstoff vornehmlich für die Industrie sowie für die Luft- und Schifffahrt vorgehalten werden sollte. Dieses klimaneutral gedruckte Buch kann daher nur wärmstens empfohlen werden – sowohl Technikern, Wissenschaftlern oder Politikern als auch Otto Normalverbraucher. 20 Euro sind für die 288 sehr informativen und gut zu lesenden Seiten sehr gut angelegtes Geld, das sich nach der Lektüre mehrfach auszahlen dürfte. ||

□ Quaschnig, Volker und Cornelia; *Energierevolution jetzt! Mobilität, Wohnen, grüner Strom und Wasserstoff*, Carl Hanser Verlag, ISBN 978-3-446-27301-6, 2022

VOM ENDE DER KLIMAKRISE



[Quelle: Tropen Verlag]

Dieses Buch trägt den mehrdeutigen Untertitel „Eine Geschichte unserer Zukunft“ und bietet einen umfassenden Überblick über die größten Probleme der Klimakrise. Sowohl geschichtliche als auch gesellschaftspolitische Zusammenhänge werden anschaulich erläutert, ohne die Lesenden mit allzu ausführlichen Schilderungen historischer Hintergründe zu ermüden. Luisa Neubauer und Alexander Repenning mischen auf unterhaltsame Weise Anekdoten, Fakten und Analysen und berichten

dabei auch über sich selbst sowie ihre Beweggründe dafür, dass sie sich so vehement gegen ein „Weiter so“ engagieren.

Die Klimaaktivistin Neubauer, die sich seit Beginn der Fridays-for-Future-Streiks als Sprecherin der Bewegung etabliert hat, und der Soziologe Repenning schrecken nicht davor zurück, angebliche Vorreiter wie Prof. Ernst Ulrich von Weizsäcker oder Prof. Klaus Töpfer – respektvoll – zu kritisieren.

Das Taschenbuch wiederholt dabei keinesfalls bereits viel beschriebene Sachverhalte, sondern wartet mit vielen neuen Aspekten und Sichtweisen auf – sehr zu empfehlen! ||

□ Neubauer, Luisa; Repenning, Alexander; *Vom Ende der Klimakrise – Eine Geschichte unserer Zukunft*, Tropen Verlag, 2. Auflage, 2020, ISBN 9-783608-504798

KÜHLEN KOPF BEWAHREN UND ZEIT MITBRINGEN

Aktienanalyse von Sven Jösting

Unabhängig von den vielen guten Nachrichten und Entwicklungen rund um Wasserstoff muss es natürlich auch eine kritische Betrachtung der Aspekte geben, die beispielsweise dem schnellen Aufbau von Produktionskapazitäten im Wege stehen oder diesen verzögern können. Neben nachteiligen Einflüssen durch teils falsch verstandene oder kontraproduktiver Regulatorik (EU/Deutschland) zählen zu diesen Aspekten auch der Fachkräftemangel, die Lieferkettenprobleme sowie die Finanzierung.

Beim Thema Finanzierung sei als Beispiel das australische Unternehmen Fortescue Metals Group des Milliardärs Andrew Forrest erwähnt, dessen Wasserstoffambitionen gut und gerne ein Invest in Höhe von über 150 Mrd. US-\$ notwendig machen. Diese Summe könnte selbst ihn überfordern. Zudem lässt sich Wasserstoff in den geplanten Mengen nicht ohne weiteres produzieren, wenn nicht zeitnah ausreichende Elektrolyseurkapazitäten (PEM, SOFC und alkalisch) geschaffen werden. Zudem muss der H₂-Transport gewährleistet und Pipelines sowie neue Schiffstypen in großer Stückzahl gebaut werden. Das geht alles nicht über Nacht.

Die Börse bewertet zwar die Zukunft, schließlich stellt sie einen Antizipationsmechanismus dar, aber allzu weit voraus schauen die meisten Aktionäre nicht. Shortseller, also Anleger, die auf fallende Kurse setzen, verfolgen ihre eigenen Interessen, z. B. das, Unsicherheit zu stiften – wenn auch nur temporär, aber leider häufig vehement und wirkungsvoll, wie sich an den aktuell doch sehr schwachen Börsenkursen der hier besprochenen Unternehmen der Branche gut ablesen lässt.

An der Börse haben, zumindest temporär, auch Player, die den Wasserstoff- und Brennstoffzellensektor zu torpedieren versuchen, Mitsprachemöglichkeiten, wodurch sie schnelles Geld verdienen. Das können Hedgefonds sein oder ihnen nahestehende Shortseller, deren Ziel es ist, Aktien dieser Thematik unter Druck zu bringen, um über fallende Kurse Tradinggewinne zu realisieren. Diese werden kraft ihrer einsetzbaren Kapitalmengen auch – eben temporär – Recht bekommen und Kurse oder ganze Branchen abwerten. Aber am Ende zählen die hard facts und die Perspektiven, und die könnten nicht besser sein.

Beispiel: Wenn ein Unternehmenswert während einer Session um 500 Mio. US-\$ bei einem Tagesumsatz von gerade einmal 20 bis 30 Mio. US-\$ fällt, kann man wahrlich nicht von Verkaufsdruck sprechen. Da muss man als Anleger dann durch, auch wenn es schmerzt, dass die Aktien dieses so bedeutenden Zukunftsthemas so arg unter Druck gebracht werden, mit mehr oder weniger kruden Argumenten, basierend nur auf Quartalsergebnissen und Handelsstrategien. Aber das geht vorüber, denn die Unternehmen werden meines Erachtens über die Zeit liefern, was sie ankündigen und selbst prognostizieren. Deshalb ist es ratsam, Warren Buffett in seiner Denke zu folgen und strategisch und langfristig zu investieren.

Fragen Sie sich einfach selbst: Ist Wasserstoff (in diversen Farben) der neue Zukunftstrend in Sachen Energie und Nachhaltigkeit? Geht Dekarbonisierung ohne Wasserstoff? Könnte der Batterie durch Brennstoffzellen und Wasserstoff Konkurrenz in vielen Feldern entstehen? Wie sind die Unternehmen aufgestellt (Bilanzverhältnisse, Auftragsbestände u. v. a.)? Welches Unternehmen der Branche hat das richtige Produkt und Geschäftsmodell für den zukünftigen H₂-Markt und verdient damit nachhaltig immer mehr Geld?

ENTSCHEIDEN COMPUTER ÜBER DIE KURSENTWICKLUNG?

Seit einiger Zeit gibt es zudem das Robot- und Momentum-Trading. Da entscheiden Computerprogramme und künstliche Intelligenz (KI) über Kursentwicklungen innerhalb von Millisekunden. Da werden Rahmenbedingungen ausgewertet, wenn trotz wenig Handelsvolumen und weniger Käufer einige negative Nachrichten reinkommen, und dann entscheiden Computer, wie zu handeln ist, um einen Aktienkurs zu drücken (aber auch ansteigen zu lassen) mit mehr oder weniger verfügbarem Eigenkapital (Leverage = Hebel). Mit solch einem Phänomen haben wir es meines Erachtens bei den BZ-Aktien zu tun – ohne Obligo, aber es fühlt sich so an. Gesund ist das nicht, aber an der Börse eben auch eine Realität. Klar ist für mich, dass an der Börse Wasserstoff und die Brennstoffzelle in all ihren Ein-

54

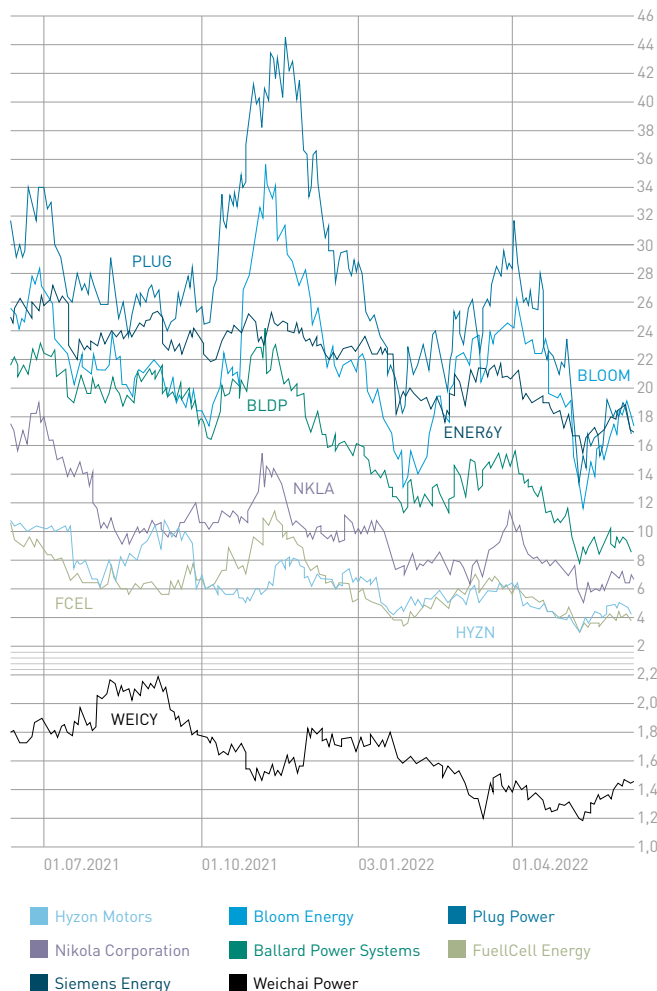


Abb. 1: Aktienkursverlauf der besprochenen Unternehmen
[Quelle: www.wallstreet-online.de] Kurse vom 13. Juni 2022



Abb. 2: 250-kW-Anlage bei NBC [Quelle: Bloom]

satzfeldern einen neuen Zukunftstrend begründen und sich dies in steigenden Kursen der betreffenden Aktien zeigen wird. Die Zeit um 2018/19 wird sich wiederholen, als es eine Seitwärtsbewegung gab, die in stark steigenden Notierungen in den Folgejahren mündete. 2023/24 und die folgenden Jahre werden da – gefühlt – den Durchbruch bringen, deshalb einsammeln, verbilligen und liegen lassen.

BLOOM ENERGY – SEHR ÜBERZEUGENDER INVESTOR-DAY

Die Zukunftsaussichten sind bei Bloom unverändert voll intakt (über 30 % Wachstum p. a.) und lassen einen sehr positiven Ausblick zu: 2022 über 1,1 Mrd. US-\$ Umsatz, cash-flow-positiv, Bruttogewinnmarge von 24 % und auf dem Weg in die Gewinnzone bei stark zunehmendem Auftragsbestand und neuen ergänzenden Wirkungsfeldern (z. B. Elektrolyse). Das erste Quartal war mit einem Umsatz von 201 Mio. US-\$ und einem Verlustausweis in Höhe von 78,4 Mio. US-\$ (darin enthalten 26,3 Mio. US-\$ Stock-based Compensation) bzw. minus 0,44 US-\$ pro Aktie (GAAP) auf den ersten Blick enttäuschend. Große Materiallieferungen an den Großkunden SK ecoplant in Südkorea waren hierfür ein Grund.

Das Unternehmen hat immer wieder selbst gesagt, dass sich das richtige Wachstum erst im zweiten Halbjahr ergibt und im Verhältnis von nun 30 zu 70 statt 40 zu 60 ausfallen soll. Das heißt, 30 Prozent der Umsätze werden wohl im ersten Halbjahr generiert und 70 Prozent dann im zweiten. Erinnern Sie sich an 2021, wo das vierte Quartal mit einem sehr hohen Wachstum zu einem guten Gesamtjahr führte? Dies liegt daran, dass Bloom bei den vielen BZ-Projekten erst einmal die Genehmigungsverfahren, ausgedrückt in acceptances, absolvieren muss, bevor es zu den konkreten Umsetzungen kommt und die Abrechnung erfolgt. Da verschiebt sich vieles von einem ins andere Quartal, aber die Höhe der acceptances selbst liefert bereits die Sicherheit der

Umsetzung. Da ist Bloom auf dem richtigen Weg und geht diesen auch wie prognostiziert.

Hinzu kommt der massive Ausbau der Kapazitäten, welcher sich in der jährlichen Energiemenge ausdrücken lässt, die neu installiert wird. Diese wird step by step 2023 bei über einem Gigawatt pro Jahr liegen und 2022 via Invest in Höhe von 150 Mio. US-\$ von 280 auf 580 MW steigen. Die Payback-Phase der Investition soll sich in einem Jahr amortisieren. Die Gewinnmarge dürfte sich mit zunehmendem Volumen an Energie im Jahresverlauf erhöhen.

EINFLÜSSE AUF DEN BÖRSENKURS Jüngst war die indische Finanzministerin in der Zentrale von Bloom zu Besuch. CEO K. R. Sridhar betonte dabei, dass Bloom viele Zulieferteile aus Indien bezieht und vor Ort mit Projekten aktiv ist. Ich kann mir ausgesprochen gut vorstellen, dass ein indischer Großkonzern wie Adani oder Reliance, die ja beide massiv in den Themenkomplex Wasserstoff investieren wollen (jeweils über 70 Mrd. US-\$), bei Bloom einsteigen könnte und/oder Aufträge für BZ-Kraftwerke an Bloom vergibt. Eine Spekulation von mir, aber durchaus realistisch. Hinzu kommt, dass sich Bloom mit solchen Aktionären nicht nur neue Großkunden aufbaut, sondern auch mehr Sicherheit gewinnt, nicht übernommen zu werden und den Geographiemix der Aktivitäten perfekt ausbaut (Globalisierung).

ALLGEMEINE TAKES AUS DER KONFERENZ Investoren und Behörden werden zukünftig immer mehr darauf achten, wie sich ein Unternehmen dem Klimawandel stellt. Es geht um die Art von Energie, den Bezug, die Produktion und die Verfügbarkeit wie auch den Oberbegriff der Dekarbonisierung. Es geht aber auch um Sicherheit, Stichwort „Cybersecurity“. Hier kann Bloom natürlich stark auftreten, sind die Brennstoffzellenkraftwerke doch als Microgrids von den öffentlichen Netzen unabhängig und sicher. Ein Stromausfall kann katastrophale Folgen haben. Hier geht es auch um die Kosten. Bloom hat da die passenden technologischen Antworten.

Zudem geht es um den Übergang von Kohle zu Erdgas bis hin zu Wasserstoff – idealerweise am Ende des Tages >>

zu grünem Wasserstoff. Und auch hier sind Technologien gefordert, die beispielsweise aus Biogas, Müll oder Abwasser sauberen Wasserstoff produzieren können. Bloom bietet da auch Technologie an, die das aus der Gas- und Ölproduktion entweichende Methan umweltfreundlich in Nutzenergie umwandelt und damit gefährliche Emissionen unschädlich macht. Würde diese weltweit zum Einsatz kommen und würden so 75 Prozent der Methanemissionen der fossilen Energieträgerförderung umgewandelt werden, dann könnten 60 Prozent aller Kohlekraftwerke abgestellt werden, so ein Statement von Bloom Energy.

INVESTOR DAY ERFÜLLT VOLL DIE ERWARTUNGEN Der Vorstand konnte am 25. Mai 2022 beim Investor Day explizit klarstellen, worin die starken quartalsmäßigen Schwankungen ihre Ursache haben und warum das Wachstum im Jahresverlauf und auch die Gewinnmargen im Endeffekt für ein gutes Gesamtjahr sorgen werden und die Perspektiven glänzend sind. Viel wesentlicher ist aber die Geschichte, die das Unternehmen auf dem Event präsentierte:

Bloom arbeitet mit BZ-Technologien, die ursprünglich für die Mars-Erkundung zum Einsatz kommen sollten. Es geht via SOFC-Energieservern um die Produktion sauberer, sicherer Energie, gepaart mit dem Ziel der Dekarbonisierung: 24/7 Zero-Carbon-Power. Die Architektur der Server ist modular, kann also in jeder Form skaliert und den Kundenwünschen entsprechend angepasst werden. Man kann es mit dem Clustern von Computer-Servern vergleichen und die Energie wie in einer Cloud produzieren lassen. Es geht auch darum, grünen Wasserstoff zu nutzen, ihn aber auch zu produzieren. Bis zu dessen Verfügbarkeit können von LNG über Biogas bis hin zu Erdgas alle diese Energieträger für die Stacks zum Einsatz kommen. Aus chemischer Energie wird elektrische und umgekehrt. Damit ist höchste Flexibilität beim Hochfahren der Systeme gegeben.

Jeder Stack innerhalb der Server – vergleichbar einem Microchip – kann in real time überwacht und gesteuert werden, was höchste Effizienz ermöglicht: better, cheaper, faster. Damit lässt sich dann Strom zu günstigen Preisen produzieren – und dies gut kalkulierbar. So kann die nächste Generation an Energieservern (Produktionsstätte im Bau) der Typenbezeichnung 7.5 bereits eine um über 50 Prozent höhere Leistung gegenüber dem Vorgängermodell 5.0 erzielen – auf gleicher Fläche bzw. mit gleichem Platzbedarf.

2022 werden 580 MW an Energieleistung aufgebaut, 2023 soll es bereits 1 GW pro Jahr werden. Die Payback-Phase liegt bei unter einem Jahr. Die Lebensdauer der Stacks wird von aktuell 5,6 Jahren auf sechs Jahre ausgedehnt und im nächsten Schritt sieben Jahre erreichen, bevor ein Austausch notwendig wird.

Ein Vorteil dieser Technologie ist, dass für die SOFC-Brennstoffzellen keine seltenen Erden oder Platin benötigt werden. BZ-Kraftwerke von Bloom hätten zudem eine wesentlich höhere Effizienz als Gaskraftwerke, heißt es. So verwundert es nicht, dass drei Viertel aller Neuaufträge von Bestandskunden kommen. Auf diese Weise erzielte Bloom bei stationären Brennstoffzellensystemen einen aktuellen Marktanteil von 80 Prozent in den USA – aber auch in Südkorea.

Sorge vor dem Diebstahl geistigen Eigentums habe Bloom nicht, so der CEO Sridhar auf die Frage eines Analysten. Aktuell bestehen circa 352 Patente. Viele weitere seien in der Phase der Genehmigung. Man habe da einen Profi an Bord, der für die IP-Sicherheit schon bei INTEL verantwortlich zeichnete. Ein Re-Engineering der Technologien des

Unternehmens sei aus vielerlei Gründen nicht möglich, was eine besondere Stärke des Unternehmens sei.

Beim Thema Elektrolyse befindet sich Bloom in einer führenden Position, was den Effizienzvergleich mit der alkalischen und der PEM-Elektrolyse anbetrifft, wobei die SOFC-Elektrolyse von Bloom in 75 Prozent der Märkte zum Einsatz kommen kann (Stahl, Zement u. v. a.). Mittels hoher Umgebungstemperatur ließe sich mit vergleichsweise weniger Strom relativ viel Wasserstoff produzieren. Dieses Verhältnis ist von Bedeutung, da 75 Prozent der Kosten der H₂-Produktion auf Strom entfallen.

Einen sehr spannenden Einblick gab Bloom in den maritimen Bereich: Da gibt es ein Kreuzfahrtschiff von MSC, welches mit einem SOFC-System von Bloom ausgestattet ist und Ende des Jahres zu seinem Einsatz kommen soll. Erst soll es mit LNG, aber später dann auch mit grünem Wasserstoff betrieben werden. Da sieht sich Bloom auch mit Samsung Heavy auf gutem Wege für Frachtschiffe aller Art, um Schweröl durch LNG, Wasserstoff, Methanol oder Ammoniak (grünen) zu ersetzen. Das Testing sei auf gutem Wege. Klar ist, dass die Emissionen bei der Verwendung von Schweröl immer weiter reglementiert werden. Viele Häfen haben bereits strikte Verordnungen erlassen. Auch LNG-Vessel und Tankschiffe werden BZ-Systeme bekommen. Größere Aufträge werden hierzu bereits ab Anfang 2023 erwartet.

SouthernCaliforniaGas (20 Mio. Kunden) arbeitet sehr eng mit Bloom zusammen und hat schon diverse BZ-Kraftwerke des Unternehmens im Einsatz. Man plant, 20 GW an Energieleistung via Wasserstoff aufzubauen. Das Angeles-Link-Projekt ist das größte seiner Art in den USA. Der Energieversorger arbeitet mit Bloom auch bei Forschungsprojekten zusammen, um Wasserstoff in den Gasnetzen (Blending) zu transportieren. SoCalGas plant, 20 Mrd. US-\$ zu investieren, und es liegt nah, dass Bloom manchen Großauftrag erhalten wird – so meine Erwartung.

Die Abkürzung PPA steht für Power Purchasing Agreement und bedeutet, dass Bloom an bestimmte Kunden nicht die Energieserver (Hardware) verkauft, sondern langfristig den damit produzierten sauberen, CO₂-freien Strom. Und dann verkauft das Unternehmen diese Energieleistung via PPAs an Investoren, um damit Liquidität zu erzielen. Nun plant man wohl – ohne Obligo – PPAs zurückzukaufen. Ein gewichtiger Grund: Mit den neuen Servern (7.5) lässt sich der Strom wesentlich günstiger produzieren, so dass PPAs in der Hand von Bloom selbst eine höhere Rendite versprechen.

Neben der Ausweitung der Aktivitäten auf diverse weitere US-Bundestaaten ist Bloom zudem aktiv dabei, vor allem in Asien (s. sk ecoplant), aber auch in Europa seine Aktivitäten auszubauen. Tim Schweikert, ehemals Chef Marine bei GE, sprach von „sehr vielen Aktivitäten“ auch in Deutschland.

10-MW-Projekt mit LSB Industries Mit LSB Industries plant Bloom ein Elektrolyseurprojekt mit einem Volumen von 10 MW für die Produktion von grünem Ammoniak. Immerhin sprechen wir hier über 13.000 metrische Tonnen pro Jahr. Die SOFC-Elektrolyse von Bloom soll hier den Ausschlag gegeben haben, mit dem Ziel, sehr kostengünstig Wasserstoff zu produzieren. ThyssenKrupp ist hierbei ein Technologiepartner. Dieses Projekt in Pryor, Oklahoma, wird aller Vorrausicht nach staatliche Fördermittel erhalten. Damit entsteht ein erstes Vorzeigeprojekt, zumal grünes Ammoniak als wichtiges Medium für den Transport für Wasserstoff angesehen wird – neben dem Einsatz als Düngemittel.

Zudem kooperiert Bloom mit Westinghouse. In über 50 Prozent aller Kernkraftwerke der Welt ist Westinghouse mit dabei und kann auf über 130 Jahre Erfahrung zurückblicken. Mittels der SOFC-Elektrolyse von Bloom soll die bei der Erzeugung von Dampf via Kernenergie entstehende Hitze für die Produktion von rotem/rosafarbenem Wasserstoff zum Einsatz kommen. Das ist auch ein sehr großer Markt für CO₂-freien Wasserstoff, auch wenn man die Kernenergie kritisch sehen mag.

FAZIT Man kann es mit den Worten des CEO Sridhar sinngemäß so formulieren: Wir wissen, wo wir in ein paar Jahren stehen werden. Welches Unternehmen kann dies schon von sich behaupten? Bei aktuell schon über 8,5 Mrd. US-\$ Auftragsbestand ist aber solch eine Gewissheit nachvollziehbar. Allerdings dürfte das zweite Quartal noch für eine „zu erwartende“ Enttäuschung sorgen, wie dies ja bereits beschrieben ist. Shortseller (aktuell wieder 18 Millionen leer verkaufte Aktien) werden die Veröffentlichung dieser Zahlen im Juli eventuell wieder zu instrumentalisieren wissen, um den Kurs wieder stark zu drücken. Eine mögliche Strategie: Wer eh nachkaufen will, legt Kauflimits für tiefere Aktienkurse für den Monat Juli in den Markt, um sogenannte Abstauberkurse zu erlangen, sollte es durch die Veröffentlichung der Zahlen für das zweite Quartal zu größeren Kursausschlägen nach unten kommen. Das kann passieren, muss es aber bei guten News nicht unbedingt. Ansonsten sollte man die Aktie von Bloom als Schlüsselinvestment in Sachen Wasserstoff und Brennstoffzelle verstehen und mittel- bis langfristig im Depot belassen. Mein Ziel sind 100 US-\$ in drei Jahren.

BALLARD POWER – ÜBER 50 PROZENT DER BÖRSENBEWERTUNG IN BARGELD

Es ist leider so: Es gibt viele Trader und Shortseller, aber auch manche Analysten, die nicht die Perspektive eines Unternehmens in den Fokus stellen, sondern Quartalsergebnisse als Basis für die Einstufung nehmen – eine sehr kurzfristige Einstellung, aber natürlich mit (kurzfristiger) Auswirkung auf die Kursentwicklung der Aktie. Dies sehen wir auch bei Ballard, das betreffend ich oft höre, dass der Umsatz in keinem Verhältnis zur Börsenbewertung stehe und das Unternehmen immer noch Verluste einfahre.



Abb. 3: Der neue Wasserstoffzug von Siemens [Quelle: Siemens]

Was hier vergessen wird: Ballard positioniert sich in vielen Märkten (Schiene, Schiff, Lkw, Bus, auch stationäre Energieversorgung) via Brennstoffzelle. Da gibt es viele Prototypen, Kleinserien und Pilotprojekte. Allen ist gemeinsam, dass sich daraus riesige Märkte entwickeln und Ballard sich selbst technologisch als Frontrunner sieht. Aus einem Auftrag für zehn Bus-Stacks werden dann schnell 100 oder gar 1.000 mit entsprechender Skalierung und Gewinnmarge. Dass da erst das Invest in die Produktionskapazitäten notwendig ist, sehr viel Geld in die Optimierung gesteckt wird und man sich positionieren wie auch Pilotprojekte zum erfolgreichen Abschluss bringen muss, bevor es in Großserien geht, liegt auf der Hand. Dies aber dauert und muss eher in Jahren gesehen werden als in einzelnen Quartalen. Da ist Geduld beim Anleger gefordert und auch ein gewisser Optimismus, gepaart mit Durchhaltevermögen bei fallenden Kursen.

Die Belohnung ist dann am Ende des Tages in einer Börsenbewertung sichtbar, die den Perspektiven Rechnung trägt. Es locken hohe Auftragszuwächse und natürlich ein nachhaltig stark steigender Unternehmensgewinn. Ballard setzt seine Pläne unaufgeregt um – und kann dies mit über 1,1 Mrd. US-\$ auf der Bank (mehr als 50 Prozent der Börsenbewertung) aus eigener Kraft locker finanzieren. Das erste Quartal in Zahlen: Pro Aktie ein Minus von 0,14 US-\$, 21 Mio. Umsatz, Auftragsbestand auf Jahresbasis bei circa 100 Mio. US-\$, neue Bestellungen im Quartal über 27,8 Mio. US-\$.

H₂-ZUG MIREO PLUS H VON SIEMENS Ich wage die Prognose, dass es in einigen Märkten wie bei Bussen nun langsam losgeht, bis es sogar zu einem Boom kommen wird, wenn weltweit Busse mit Brennstoffzelle und Wasserstoff ausgestattet werden. Nach den Bussen folgen Lkw und Heavy-Duty-Fahrzeuge wie Minen-Trucks, Schienenfahrzeuge, Schiffe und neben Backup-Power-Systemen für Rechenzentren >>

Weiterbildung für die Energiewende

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

- Fachkraft Wasserstoff – Befähigte Person nach TRBS 1203
- Wasserstofferzeugung
- Wasserstoff-Praxistag
- NEU: Gasanlagen in Fahrzeugen (Stufen E, 1E, 2E und 3E nach DGUV-FBHM-099)

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



WBZU – Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien,
Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm, Tel. 0731 1425 7522, info@wbzu.de, www.wbzu.de



Handwerkskammer
Ulm

vor allem stationäre BZ-Energiesysteme. Ballard ist da überall vorne mit dabei, wie gerade auch an einer Vielzahl von Meldungen ablesbar ist:

Mit Siemens Mobility ist nach dreieinhalb Jahren gemeinsamer Entwicklung der erste wasserstoffbetriebene Zug Mireo Plus H der Öffentlichkeit vorgestellt worden (s. Abb. 3). Nun folgen Praxistests, bis es in die Großserie geht. Die Bundesbahn plant seinen Einsatz erst einmal in Bayern. Der Tankvorgang dauert mit Wasserstoff nicht länger als mit Diesel, und der Wasserstoff soll dezentral regenerativ erzeugt werden. Ein gigantischer Zukunftsmarkt für Ballard. Siemens hat bereits sieben Züge im Orderbuch – es könnten mehrere Hundert werden. Die Reichweite dieses Zuges liegt bei 800 km mit einer Geschwindigkeit von 160 km/h.

Zudem plant Canadian Pacific, weitere zwei Lokomotiven mit der Brennstoffzelle umrüsten zu lassen – Ballard inside. Dadurch sollen drei verschiedene Lokvarianten umgerüstet und getestet werden. Aus einem solchen Piloten werden dann Großaufträge, mit dem Ziel, dass perspektivisch alle Loks mit Wasserstoff statt Diesel fahren.

ZAHLREICHE AKTIVITÄTEN Anglo American, der süd-afrikanisch-englische Rohstoffgigant, hat kürzlich einen 290-Tonnen-Monster-Truck in Betrieb genommen, der mit Wasserstoff betrieben wird – Ballard inside. 3.000 Liter Diesel pro Tag werden nun durch Wasserstoff ersetzt. Perspektivisch sollen 40 dieser Giganten auf Wasserstoff umgerüstet werden. Eine Steilvorlage auch für andere Unternehmen der Branche.

Mit Partner Linamar hat Ballard auf der Nfz-Fachmesse ACT Expo in Kalifornien ein Hydrogen Class 2 Chassis für einen RAM 2500 Truck vorgestellt. Da wird der Lkw-Markt für die Brennstoffzelle adressiert. Währenddessen meldet Wrightbus in England 1 Mio. gefahrene Kilometer mit der Brennstoffzelle von Ballard in seinen Bussen. Ballard ist in 17 EU-Ländern mit BZ-Projekten befasst und in sechs US-Bundesstaaten aktiv. Ein kürzlich von der US-Regierung benanntes Förderprogramm in Höhe von 1,1 Mrd. US-\$ setzt vor allem auf die Brennstoffzelle in Bussen.

Mit der südkoreanischen Doosan-Gruppe Doosan Fuel Cell arbeitet Ballard nun für den Einsatz seiner BZ-Stacks in unterschiedlichen Anwendungen zusammen – mit Bussen fängt man an. Doosan sieht Vorteile in der PEM-BZ von Ballard gegenüber der SOFC-BZ, die in anderen Anwendungen zum Einsatz kommt. Nach umfangreichen Marktanalysen wurde Ballard als Partner ausgewählt. Ein Ritterschlag und ein Beweis für die Qualität, die Ballard liefert.

DNV hat das erste BZ-System in einem Schiff – Ballard inside – zertifiziert: FCwave. Damit bescheinigt DNV die Sicherheit der BZ-Systeme, Laufzeit, Performance – all das als Grundlage für den Einsatz im großen Maßstab in der Dekarbonisierung der Schifffahrt. FCwave wird auch im Bereich von stationären Energiesystemen immer mehr zum Einsatz kommen. Diesen Markt bewerte ich als einen der größten BZ-Märkte für Ballard.

Mehr Beweis für die Qualität und das Standing von Ballard als einem führenden PEM-BZ-Hersteller braucht es nicht. Nun müssen aber Großaufträge her, um die Serienproduktion zu starten, aber das wird kommen und meines Erachtens noch in diesem Kalenderjahr seinen Anfang nehmen – in der Umsetzung dann aber erst 2023 und den Folgejahren.

Natürlich gibt es auch bei Ballard negative Auswirkungen im Lieferkettenbereich. Vor dem Hochlauf bedarf es noch mancher Entschlackung in der Regulatorik sowie weiterer Förderprogramme. Aber der positive Weg ist klar auszuma-

chen, auch wenn der Durchbruch (Inflection-Point) noch etwas auf sich warten lässt. Dass der Hochlauf kommen wird, steht für mich außer Frage. Die aktuell sehr stark gedrückten Aktienkurse sind daher gut für Neu- wie auch Zukäufe geeignet, wenn man etwa ein oder zwei Jahre Zeit mitbringt.

Eine gute Nachricht zum Schluss: Die Regionalverkehr Köln GmbH (RVK) hat hundert wasserstoffbetriebene Busse in Auftrag gegeben (40 fest und 60 optional). Geliefert werden die Busse von den Ballard-Kunden Wrightbus und Solaris, so dass letztlich die BZ-Stacks alle von Ballard kommen werden.

NIKOLA MOTORS – UNTERNEHMENSGRÜNDER SCHLÄGT QUER



Abb. 4: Der batterieelektrisch betriebene Nikola Tre BEV [Quelle: Nikola]

Der Ausbau des Unternehmens verläuft nach Plan. Prototypen werden ausgeliefert, um Kunden die Möglichkeit zu geben, sich mit den Fahrzeugen (batterieelektrische und wasserstoffbetriebene) vertraut zu machen. Erste Erfolge können gemeldet werden: So wurden bereits zehn mobile Stromladestationen MCT (Mobile Charging Trailers) ausgeliefert (1,9 Mio. US-\$ Umsatz), mit denen batterieelektrische Lkw in hundert Minuten geladen werden können.

Zehn Tre-BEV wurden bereits ausgeliefert, 40 insgesamt produziert. Alle dienen zu Testzwecken bei Kunden und Vertriebspartnerunternehmen. TTSI hat bereits Strecken über 11.000 Meilen mit den Trucks im Tageseinsatz zurückgelegt. Zehn Tre wurden für das Förderprogramm in Kalifornien bestätigt – immerhin 150.000 US-\$ pro Lkw an Zuschüssen. Für 134 Lkw wurde diese Förderung allein seit Ende März beantragt. 510 Tre-BEV stehen nun in den Auftragsbüchern – damit volle Auslastung der aktuellen Kapazität bis Jahresende, wenn alle ausgeliefert sind.

Mit dem wasserstoffbetriebenen Tre-FCEV (FCEV = fuel cell electric vehicle) führt Großkunde Anheuser-Busch bereits Testläufe durch und hat im Tagesbetrieb schon 12.000 Meilen damit zurückgelegt. 19 Testfahrzeuge sollen auf die Straße kommen. Ab dem zweiten Halbjahr 2023 beginnt dann die Serienproduktion. Als Absichtserklärung (Letter of Intent) hat Nikola bereits 1.010 Lkw in den Büchern.

Zudem baut Nikola die ersten H₂-Tankstellen auf (Be-fülldauer unter 20 Minuten) und setzt auf die Eigenproduktion von Wasserstoff, denn das Unternehmen will nicht nur Trucks verkaufen, sondern auch am Energieträger verdienen. 60 Tonnen Wasserstoff am Tag liefert TC-Energy, nächstes Ziel sind 150 Tonnen am Tag, wobei Nikola selbst

auch in die Produktion (Waste-to-Hydrogen) investiert.

Mittlerweile ist Nikola in 27 US-Bundesstaaten mit 127 Standorten (Vertriebspartner) vertreten. Der Kapazitätsaufbau läuft nach Plan: 2.500 Einheiten können nun pro Jahr aus Coolidge geliefert werden – erst batterieelektrische und dann ab 2023 auch wasserstoffbetriebene. 2023 soll die Kapazität dann bereits auf 20.000 Einheiten erhöht werden können.

Zu den Zahlen für das zweite Quartal: Der Quartalsverlust betrug 152,9 Mio. US-\$. Indes war darin ein Betrag in Höhe von 44,8 Mio. US-\$ an Stock-based Compensation enthalten, also kein operativer Verlustanteil. Und Rechtskosten in Höhe von 14,1 Mio. US-\$ aus dem Rechtsstreit mit dem ehemaligen Vorstandschef Milton. Hier besteht noch die Chance, dass Nikola den Betrag zurückerhält, den man der SEC (US-Börsenaufsicht) in einem Vergleich zahlen wird.

Gut 385 Mio. US-\$ an Bargeld waren bis Ende des ersten Quartals auf dem Konto. Weitere 409 Mio. US-\$ gelten als abrufbares Kapital via Aktienaussgabe (3i/Tumim), so dass 794 Mio. US-\$ verfügbar sind. Eine jüngst aufgelegte Finanzierung via Wandelanleihe in Höhe von 200 Mio. US-\$ kommt hinzu. Aller Voraussicht nach wird es weitere Kapitalaufnahmen via Aktienaussgabe geben, um alle Ziele (Produktionskapazitäten) für 2023 zu erreichen, was kein Problem darstellen sollte, wenn die Aktionäre zustimmen.

Die Zusammenarbeit mit Iveco läuft nicht nur gut, sondern lässt vermuten, dass man sogar enger kooperiert. Nikola wird die im Rahmen dieses Joint Ventures in Ulm gebauten Lkw mit seinem Branding via Iveco verkaufen lassen. Man plant, forschungsseitig enger zusammenzuarbeiten, so der Wortlaut einer Pressemitteilung. Deutet sich da an, dass Iveco womöglich ein stärkeres Engagement in Nikola eingeht?

Angesichts des arg gedrückten Börsenkurses bei Nikola würde ich anstelle Iveco via Kapitalerhöhung die Beteiligung an Nikola von 6,7 % (letzter Stand) massiv erhöhen. Dies hätte mehrere Folgen: Die Eigenkapitalausstattung von Nikola wäre – in case – noch besser, und die Börse würde dies als Vertrauensbeweis mit höheren Kursen zum Ausdruck bringen. Nikola könnte dann bei höheren Kursen weniger Aktien im Tausch ausgeben.

Die Hauptversammlung wurde auf Ende Juni verschoben. Schuld ist Trevor

Milton, der die notwendige Stimmenmehrheit (HV-Mehrheit der Stimmrechte) torpedierte. Es ging um ein genehmigtes Kapital, ausgedrückt in potentiell neu auszugebenden 200 Millionen Aktien (Anhebung von 600 auf 800 Millionen). Aktuell sind 420 Mio. ausgegeben. Nun hat Firmengründer Milton Einspruch erhoben – er selbst hält noch – direkt wie indirekt über die Familie – circa 90 Mio. Aktien. Er sieht in dieser Maßnahme eine potentielle Verwässerung seines Anteils, sollte Nikola weitere Aktien ausgeben, was indes in der Natur der Sache liegt, da Nikola besser via Eigenkapital (Aktien) sein Wachstum finanzieren sollte als über Kredite. Für mich ein Nebenschauplatz, der die Entwicklung von Nikola nicht beeinflussen wird.

GRUNDLAGE FÜR EINEN SHORT SQUEEZE? Nikola Motors geht den Weg, erst einmal die Produktionskapazitäten für batterieelektrische Lkw und später (2023) auch für wasserstoffbetriebene aufzubauen. Ausgedrückt in den Erwartungen der Analysten sollen es in diesem ersten Jahr der Produktion 110 Mio. US-\$ Umsatz werden, aber schon 630 Mio. US-\$ in 2023 – mit ähnlichen Steigerungen in >>

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

den Folgejahren. Die Gruppe der Shortseller teilt diese Erwartung nicht. Der Stand des Short Interests erreicht beachtliche 92 Millionen Aktien im Juni – nach 70 Millionen leer verkaufter Aktien im Mai. Könnten sich diese auf fallende Kurse setzenden Anleger verrechnen? Was wäre, wenn Nikola Großaufträge einnehmen kann, die – eine Vision von mir – auch mal 1.000 oder gar 10.000 Lkw umfassen?

In vielen Ländern sorgt nicht nur die Vorgabe von Emissionswerten bei Nfz für großen Druck bei Unternehmen wie auch Logistikern, ihre Fahrzeugflotten klimafreundlich umzubauen. Ein heute vergebener Auftrag kann ohnehin erst in den Folgejahren umgesetzt werden. Für mich ist Amazon so ein Kandidat, der mal eben für 100.000 Kleintransporter mit Batterie den Auftrag gab und sicherlich bei Lkw für die Langstrecke nachziehen wird. Natürlich wird dann ein Unternehmen wie Nikola nicht allein einen solchen Auftrag erhalten, aber am Markt gibt es bislang erst wenige Anbieter, die startklar (H₂-ready) sind. Zudem setzt Nikola darauf, die Energielieferung – Strom bei den batterieelektrischen und Wasserstoff bei den Brennstoffzellen-Nfz – selbst anzubieten, was sich in einem eigens entwickelten mobilen Stromladegerät ausdrückt, aber eben auch in der eigenen Wasserstoffproduktion zusammen mit Partnern wie TC Energy. Nun plant auch Walmart, den Nikola Tre BEV in Testreihen in Kalifornien einzusetzen. Kommt da mehr?

Zudem winken staatliche Zuschüsse in Höhe von 150.000 US-\$ pro Fahrzeug in Bundesstaaten wie Kalifornien und New York. In NY wurde Nikola erst kürzlich für die Fördersumme für seinen batterieelektrischen Lkw zugelassen (185.000 US-\$), wobei noch viele weitere dazukommen werden und auch in der EU solche Förderung gut denkbar ist. Bezogen auf die Shortseller kann dies – in case – bedeuten, dass diese die leer verkauften Aktien bei steigenden Kursen an der Börse zurückkaufen (müssen), um entweder noch bestehende Buchgewinne zu realisieren oder Verluste zu verhindern.

Ein Short Squeeze wäre dann wie eine Kursexplosion zu sehen, wo die Börse bei guten Nachrichten den Kurs der Aktie stark nach oben treibt und die Shortseller arg unter Druck bringen kann. So könnten es gerade die Shortseller sein, die für gute Kurse sorgen, zumal es auch institutionelle Anleger (Hedgafonds) gibt, die gerne Shortseller unter Druck zu bringen versuchen.

Ich setze auf so ein Szenario, da sich Nikola genau in diese Richtung bewegt, also tendenziell gute Nachrichten (Aufträge, Kooperationen) erwarten lässt, die den Börsenkurs wieder nach oben treiben. Dann kann eine solche Aktie auch schnell von 7 US-\$ auf über 15 US-\$ steigen – innerhalb weniger Tage. Die aktuell niedrigen Kurse sind eh gut für Zu- und Neuinvestments, wenn man auf den Bereich Nfz an der Börse setzen will und Zeit mitbringt.

Fazit: Alles auf dem richtigen Weg, aber der Aktienkurs notiert „noch“ auf Tiefstniveau. Eine Grundbedingung für dieses spekulative Investment, da es ein Start-up ist, ist die Zeit. Ein bis drei Jahre sollte man haben.

FUELCELL ENERGY – WOHIN GEHT DIE REISE?

FuelCell Energy hätte eigentlich einen Quartalsumsatz von über 30 Mio. US-\$ im zweiten Quartal per 30. April (Fiskaljahr) generieren sollen, aber es waren dann nur circa 16 Mio. US-\$ bei einem Verlustausweis in Höhe von circa

31 Mio. US-\$ beziehungsweise minus 0,08 US-\$ pro Aktie. Der Vorstand sieht sich dennoch auf einem guten Wege, bis 2025 einen Umsatz von 300 Mio. US-\$ und 1 Mrd. US-\$ bis 2030 zu erreichen. Der Auftragsbestand lag fast unverändert bei circa 1,3 Mrd. US-\$. Auf der Bank liegen beachtliche 490 Mio. US-\$, was mehreren Aktienplatzierungen (64 Mio. neue Aktien) geschuldet ist – im Verhältnis zum Börsenwert von 1,4 Mrd. US-\$ damit eine gesunde Basis, auch wenn sich die Frage stellt, wie diese Aktienplatzierungen begründet wurden.

Zu den Projekten stellen sich viele Fragen hinsichtlich der Zeitabläufe, in denen man Anlagen an Kunden abgeliefert haben will. Die Kooperation mit ExxonMobil in Bezug auf die Carbon-Capture-Technologie läuft zwar weiter, allerdings wird hier keine Perspektive aufgezeichnet, wie man damit Geld verdienen wird (Marge? Potential?).

Fazit: Für mich sind Unternehmen wie Bloom Energy (vergleichbar hinsichtlich der BZ-Kraftwerksanwendung, wenn auch andere Technologie) mit ihrem Geschäftsmodell klarer aufgestellt. FuelCell Energy wird ausgedrückt in der Aktie ein Tradingwert bleiben, da Neobroker und Handelsplattformen hier stark kurstreibend aktiv sind, was sich an den hohen Tagesumsätzen ablesen lässt. Wer hier hochspekulativ auf Trading setzt, wird die teilweise sehr hohen Tagesschwankungen für sich zu nutzen wissen, da gerade nachrichtentrieben eine hohe Volatilität gegeben ist. Ansonsten ausreichend gut bewertet.

SIEMENS ENERGY – ENDLICH FINALER SCHRITT BEI SIEMENS GAMESA

Nun ist es doch noch zu dem finalen Schritt bei der verlustreichen Siemens Gamesa gekommen: Siemens Energy wird die 67,1%-Tochtergesellschaft, wie zu erwarten war, voll integrieren. Die Mutter kauft für 18,05 Euro pro Aktie die restlichen Aktien via Übernahmeangebot auf. Als Zwischenfinanzierung wurde ein Kredit in Höhe von 4 Mrd. Euro aufgenommen, wobei dieser sicherlich durch die Ausgabe eigener Aktien – man spricht von bis zu 2,5 Mrd. Euro – refinanziert wird. Nun kann – wie es so schön in einigen Kommentaren heißt – durchgegriffen werden, da wohl nicht alle Zahlen bei der Tochter so transparent waren und nun manche Kalkulation überdacht wird.

Das Heben von Synergien steht nun im Vordergrund. Damit kann die gemeinsame Einkaufskraft für Rohstoffe und Materialien sicherlich gestärkt werden (Kostensenkungspotentiale), was aber auch personell Reduzierungen mit sich bringen kann, also eine schlankere Personalstruktur. 30 Prozent der Managementpositionen sollen wegfallen, was bei Übernahmen und Integrationsprozessen immer gemacht wird, um schlanker in der Hierarchie und der konzerninternen Zusammenarbeit zu werden, insbesondere über kürzere Entscheidungswege.

Kostensenkungen (Synergien) in Höhe von 300 Mio. Euro im Jahr sollen gut möglich sein. Wichtiger indes ist für mich die Erwartung, dass die verschiedenen Unternehmensbereiche stärker echte Synergien, unter anderem im Bereich Wasserstoff, heben können. Ein Beispiel: Ein Kunde kann dann neben der Windanlage, offshore oder onshore, gleich den Elektrolyseur dazu kaufen, der den Wasserstoff via



Abb. 5: Gamesa-Konzept einer zukünftigen Energieversorgung
[Quelle: Gamesa]

Windenergie produziert – mit allen weiteren Möglichkeiten der Energiegewinnung (Strom, Wärme), wie es das von Siemens Energy entwickelte H₂-Fabrik-Konzept vorsieht: One-Stop-Shopping – alles aus einer Hand.

Letztlich kann dann wieder gutes Geld verdient werden, was dann wiederum für die Börse die Grundlage ist, die Aktie wieder höher notieren zu lassen und vom Großaktionär Siemens (hält 30 % an Siemens Energy, will diesen Anteil aber abgeben) unabhängig zu werden. Die Börse teilt da meine Meinung, wie der Kursanstieg der vergangenen Tage als Reaktion auf die erfolgte Maßnahme sichtbar macht.

Fazit: Angesichts der riesigen Märkte für sichere, CO₂-freie Energie wird Siemens Energy seinen Weg gehen. Die zu erwartende Gewinnung von Großaufträgen aus der ganzen Welt wird die Kursentwicklung treiben. Zudem wird Siemens Energy da besonders auf die Gewinnmarge bei den Projekten achten und hierbei Gamesa einbeziehen. In Sachen Wasserstoff stehen wir ja erst am Anfang eines neuen Megatrends. Zudem wollen sich große Kapitalsammelstellen wie BlackRock (hat bereits bei Siemens Energy investiert) verstärkt in den Bereichen an der Börse beteiligen, die im großen Feld Nachhaltigkeit unterwegs sind. Siemens Energy gehört dazu. Auch ein „buy on bad news“ lässt sich hier als Strategie ansetzen.

WEICHAİ POWER – DER KURS DER AKTIE ZIEHT AN

Die Aktie von Weichai Power konnte sich dem negativen Trend der Aktien aus dem Bereich Brennstoffzelle nicht entziehen. Sie litt unter dem Lockdown in China, aber nun sind wieder stark nach oben gerichtete Kurse auszumachen.

Das Unternehmen ist an der Börse gegenüber Unternehmen wie dem US-amerikanischen Cummins Engine (15 Mrd. US-\$ Bewertung gegenüber circa 30 Mrd. US-\$) zu niedrig bewertet, handelt es sich doch bei beiden um die jeweiligen Marktführer für Dieselmotoren, die nun

verstärkt in den Themenkomplex Wasserstoff und Brennstoffzellen einsteigen. Weichai hat immerhin einen Marktanteil in Höhe von 30,7 Prozent bei schweren Lkw (heavy duty trucks) in China, einem zukünftig sehr wichtigen Markt für die Brennstoffzelle. Zudem ist der Konzern an Ballard Power beteiligt (gemeinsame BZ-Stack-Produktion in China im Verhältnis 51:49) und stark im Bereich schwerer Nutzfahrzeuge (Nummer eins bei Bulldozern, Kränen) tätig. Bushersteller gehören ebenso zum Konzern wie der Gabelstaplerhersteller Kion (10 Mrd. Euro Umsatz mit über 500 Mio. Euro Gewinn). Da der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in China kommen wird, ist Weichai als ein Schlüsselinvestment anzusehen.

KANN PLUG ALL DAS LIEFERN, WAS ANGEKÜNDIGT WURDE?

Gewaltige Nachrichten erreichen uns zu Plug Power: Da vergibt H₂ Energy Europe einen Auftrag über eine Elektrolysekapazität in Höhe von 1 GW an Plug. In Dänemark soll ein Komplex gebaut und der regenerative Strom via Windkraft generiert werden. Ziel ist die Produktion von 100.000 Tonnen grünen Wasserstoffs pro Jahr, der vor allem in wasserstoffbetriebenen Lkw zum Einsatz kommen soll, von denen damit 15.000 am Tag versorgt werden können.

Das schweizerische Unternehmen H₂ Energy hat sich mit dem US-amerikanischen Ölkonzern Phillips66 verbunden. Es sollen 250 H₂-Tankstellen in Dänemark, Deutschland und Österreich gebaut werden. Zusätzlich sollen BZ-Lkw angeschafft werden. Der Bau der Anlage soll 2024, die Wasserstoffproduktion 2025 beginnen. In Belgien im Hafen Antwerpen soll eine 100 MW-Elektrolysekapazität aufgebaut werden. Unklar ist bislang, ob das Aufträge sind, die man bewerten kann (Invest/Auftragsvolumen) oder ob Plug da selbst Mitbetreiber ist und selbst investieren wird. Weitere Projekte sind in Ägypten (100 MW) und in Australien (1 GW), hier mit dem Milliardär Forrest von Fortescue, geplant. Da kommt mir vieles sehr, zu sehr, „giga“ vor.

Zum ersten Quartal: Der Verlustausweis für dieses in Höhe von 156,5 Mio. US-\$ fiel beachtlich aus, wobei klar >>

61



Abb. 6: Die Plug-Tochter Hyvia war auch in Hannover vertreten

ist, dass Plug sehr viel investieren muss, um die ehrgeizigen Ziele zu erreichen. Der Umsatz stieg auch beachtlich auf 140,8 Mio. US-\$ an (über 90 % Plus gegenüber dem Vorjahreszeitraum). Pro Aktie ein Minus von 0,27 US-\$ (0,11 US-\$ höher als erwartet – Konsens der Analysten). Der hohe Erdgaspreis als Basis für den Wasserstoff, den Plug wohl noch selbst einkauft, hat da erhöhte Kosten verursacht. Bis zum Jahresende soll die eigene Wasserstoffproduktion aber 70 Tonnen am Tag erreichen (ein Drittel der aktuellen Kosten). Im Plan liegt der Aufbau einer Elektrolysekapazität von 1 GW.

Am Rande: Die Honorare des Vorstandes (inklusive Optionsrechten) lagen in 2021 bei beachtlichen 52 Mio. US-\$ nach 13,6 Mio. US-\$ in 2020 und 3,7 Mio. US-\$ in 2019. Für ein Unternehmen mit so hohen Verlusten eine relativ großzügige Vergütung, bezogen auf den Umsatz, die zu hinterfragen ist.

Fazit: Investmentbanken sehen die Aktie bei 21 US-\$ (nach 27 \$ – Trust Securities) bis 45 US-\$ (Evercore ISI). Das Unternehmen hat sich PR- und IR-mäßig (IR = Investor Relations) sehr gut positioniert und hat eine große Fanggemeinde, so dass die Aktie im Themenfeld Wasserstoff eine gute Sichtbarkeit erreicht. Nur die zu erwartenden sehr hohen Investitionen werden die Kapitaldecke schmelzen lassen und logische Verluste zur Folge haben, bevor Plug mit Wasserstoff Geld verdient. Das sollte man bei einem Invest berücksichtigen. Weitere Aktiengaben für die diversen Projekte sind sehr gut vorstellbar. Dafür braucht man höhere Kurse in der Aktie – in case.

62

HYZON MOTORS – PREISTRÄGER BEIM WORLD HYDROGEN SUMMIT IN ROTTERDAM

Hyzon Motors konnte das erste Quartal mit einem niedrigeren Verlustausweis in Höhe von minus 0,03 US-\$ pro Aktie abschließen. Der Bargeldbestand lag am Quartalsende bei circa 407 Mio. US-\$. Diesen sollte man in Relation zur Börsenbewertung mit circa 1 Mrd. US-\$ bewerten. Der

Aufbau der Kapazitäten geht planmäßig vonstatten. 10 bis 15 Lkw für Testzwecke bei Kunden werden bis Jahresende ausgeliefert. Insgesamt sollen 2022 circa 300 bis 400 Nfz geliefert werden. Da sei man an diversen Kunden, u. a. in China, dran, heißt es.

Was die eigene Wasserstoffproduktion angeht, so setzt das Unternehmen vor allem auf Waste-to-Hydrogen-Projekte mit Partnern, aber auch Pipelinekonzernen wie TC Energy. Und: In Europa hat man die Beteiligung an Hyzon Motors Europe B.V. von 50,5 auf 75 % aufgestockt – ein sicherlich richtiger Schritt und letztendlich dann auch die Basis für die Vollübernahme.

Ein Meilenstein konnte zwischenzeitlich erreicht werden: In den USA wurde die Produktion der eigenen Brennstoffzellen-Stacks und -MEA aufgenommen. Hyzon wird zudem neben der eigenen Produktion von wasserstoffbetriebenen Nfz auf das Repowering von bestehenden Diesel-Lkw setzen. Deren Chassis sind verfügbar, während für neue Chassis gar Warte- bzw. Lieferzeiten von bis zu 16 Monaten auszumachen sind. Hyzon wird sein Brennstoffzellensystem in Lkw einbauen beziehungsweise das alte Dieselmotorensystem durch dieses austauschen. Man kann dies mit dem deutschen Unternehmen Clean Logistics vergleichen, das den gleichen Weg des Repowering geht. Zusammen mit dem Partner Fontaine Modification wird das Programm Repower bei Hyzon umgesetzt.

Neben Nikola Motors die perfekte Ergänzung in Sachen H₂-Nfz. Dieser Markt wächst gewaltig, unter anderem aufgrund von gesetzlichen Regelungen zu Schadstoffemissionen, wie man auch an diversen Kooperationen großer Lkw-Hersteller wie Daimler Truck in den USA mit Cummins Engine, Toyota und Kenworth oder hier in Deutschland mit Cellcentric (Daimler/Volvo) unschwer erkennen kann. Hyzon hat dabei den Vorteil, ein eigens entwickeltes Brennstoffzellensystem und Wasserstoffmanagement wie auch H₂-Produktion inhouse als One-Stop-Partner anbieten zu können. Vorstellbar, dass Hyzon – ähnlich wie Nikola mit Iveco – auch strategische Partner gewinnen könnte.

Die aktuelle Börsenbewertung steht in völligem Missverhältnis zu den Perspektiven des Unternehmens und dem von ihm adressierten Weltmarkt. Auf dem Wasserstoffweltkongress in Rotterdam wurde Hyzon für seine Technologie und sein Geschäftsmodell ausgezeichnet – ein gutes Zeichen und eine Bestätigung der bisherigen Einschätzung.



Abb. 7: Preisverleihung des Hydrogen-Transport-Awards beim World Hydrogen Summit an Hyzon [Quelle: World Hydrogen Summit]

BURCKHARDT COMPRESSION – ZAHLEN SPRECHEN FÜR EINE WEI- TERHIN POSITIVE ENTWICKLUNG

Es ist jetzt über ein Jahr her, dass Burckhardt Compression hier besprochen wurde. Zwischenzeitlich kam es zu einer Kurserhöhung von 300 SFR bis auf über 500 SFR, wobei es erst kürzlich zu einer Reaktion (Gewinnmitnahmen?) kam. Vom Zahlenwerk und den Perspektiven her wird die Aktie weiterhin ihren Weg gehen: Der Auftragseingang stieg kräftig um 44,3 Prozent gegenüber dem Vorjahr auf circa 1 Mrd. SFR an. Der Umsatz betrug 2021 650,7 Mio. SFR und soll dieses Jahr (Plan) 720 bis 760 Mio. SFR erreichen können und damit das ursprüngliche Ziel von 700 Mio. SFR gut hinter sich lassen. Die Aktionäre können sich freuen, werden sie doch eine geplante Dividendenerhöhung um 15,4 % auf 7,50 SFR sehen, wenn dem Vorschlag des Vorstandes gefolgt wird. Basis ist ein auf 14,82 SFR von 13 SFR gestiegener Gewinn pro Aktie, was damit einer beachtlichen Ausschüttungsquote von fast 50 Prozent entspricht. Vor allem aus Märkten, die mit Wasserstoff zu tun haben, werden große Wachstumchancen erwartet. Mit 242,9 Mio. SFR Eigenkapital und damit einer Quote von 29 Prozent ist das Unternehmen gut aufgestellt.

Fazit: Angesichts der enormen Wachstumsperspektiven der Märkte, die Burckhardt Compression technologisch anspricht (Wasserstoff als ein Treiber), ist dieser Wert als Depotbeimischung weiterhin interessant, da von einem stetigen gesunden Wachstum ausgegangen werden kann. Es handelt sich indes um einen marktengen Titel (Börse Schweiz), der in Sachen Wasserstoff als Langfristinvestment eingestuft werden kann. ||

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.

63



HYDROGEN
DIALOGUE ²⁰/₂₂
SUMMIT & EXPO

**WASSERSTOFF – UNSERE
VERBINDUNG FÜR DIE ZUKUNFT**

21.-22. September 2022, Messezentrum Nürnberg und digital



Jetzt Ticket sichern und dabei sein,
wenn die Branche vorangeht.

KANN AFRIKA DEUTSCHLANDS ENERGIEPROBLEME LÖSEN?

Warum unser Nachbarkontinent noch immer unterschätzt wird



Abb. 1: Hafen Barra do Dande in Angola, wo ein H₂-Projekt gebaut werden könnte [Quelle: Lars Schneider]

64

Während Wirtschaftsminister Robert Habeck nach Katar und Norwegen reist, um Deutschland unabhängiger von russischen Energielieferungen zu machen, zieht es Vertreter der italienischen Regierung nach Algerien, Angola und in den Kongo. Nicht nur als Lieferant von Erdgas, sondern auch als Partner für neue Wasserstoffprojekte wird Afrika von der Bundesregierung noch unterschätzt.

Die Fachwelt ist sich einig: Deutschland wird auf Dauer Energie importieren müssen. Bei über 60 Prozent liegt derzeit der Anteil der eingeführten Energie. Der Rest wird hier vor Ort erzeugt. Aktuell importieren wir vor allem Öl, Kohle oder Erdgas. Allein der Ausbau erneuerbarer Energie in der Bundesrepublik wird nicht ausreichen, um diese riesigen Mengen zu ersetzen. Entscheidend ist also, dass wir auch künftig grüne Energie im Ausland zukaufen können.

Die Debatte darüber hat mit der steigenden Aufmerksamkeit für Wasserstoff an Fahrt gewonnen. Erstmals scheint eine Lösung dafür in Sicht, grünen Strom auch über weitere Distanzen zu transportieren. Doch was ist zu unternehmen, um die Versorgung mit Energie auch im postfossilen Zeitalter sicherzustellen?

Zunächst einmal können wir aus dem internationalen Erdgasgeschäft lernen: Wenn Minister Habeck derzeit die Welt bereist, um LNG-Mengen zu beschaffen, dann bekommt er meist zu hören, dass in der Regel 80 bis 90 Prozent der Gasmengen in Form von langfristigen Abnahmeverträgen bereits vor Baubeginn verkauft sein müssen, damit neue LNG-Verflüssigungsanlagen gebaut werden können. Das ist eine Anforderung der Banken, die solche Vorhaben meist mit zweistelligen Milliardenbeträgen vorfinanzieren sollen und die eine Garantie benötigen, dass die LNG-Mengen auch sicher und unabhängig von der aktuellen Weltkonjunktur abgenommen werden.

Es bleiben also nur wenige Prozente freier Mengen, die am Spotmarkt kurzfristig gehandelt werden können. Und das stellt nun das Hauptproblem für die deutsche LNG-Versorgung dar: Wer größere Mengen regelmäßig beziehen und

sich nicht auf kurzfristige Börsenentwicklungen verlassen möchte, muss langfristige Abnahmeverpflichtungen eingehen. Das aber hat Deutschland bislang für LNG weitgehend unterlassen und sich auf Verträge mit Russland, Norwegen und den Niederlanden konzentriert.

H₂-VERSORGUNG ERFORDERT NEUE PARTNERSCHAFTEN

Ein ähnliches Problem besteht auch bei der langfristigen und stabilen Beschaffung grüner Energie: Neue Wasserstoffprojekte werden nur dann gebaut, wenn Abnehmer entsprechende Verträge unterzeichnen. Die derzeit diskutierten Importterminals für grünes Methanol oder Ammoniak werden leerstehen, wenn es keine konsequente Beschaffungsstrategie gibt. In vielen potentiellen Partnerländern werden wirtschaftliche Entscheidungen durch politische Entscheidungen getroffen, wobei auch die politische Agenda eine Rolle spielt. Deutschland wird sich mit seinen Bemühungen nur durchsetzen können, wenn die Bundesregierung eine nennenswerte eigenständige „Wasserstoffaußenpolitik“ betreibt, die sich nicht auf die Flankierung von unternehmerischen Projekten bei Staatsbesuchen oder auf AHK-Beratungstagen beschränkt, wie das bislang oft der Fall ist.

Dabei kommt der Auswahl geeigneter Partnerländer eine besonders wichtige Rolle zu. Wichtig sind dabei natürlich vor allem die technischen Gegebenheiten. Die Erzeugung von Wasserstoff aus Erneuerbare-Energie-Anlagen ist selbst in der aktuellen Hochpreisumgebung für Öl und Gas nur wirtschaftlich darstellbar, wenn der grüne Strom für weniger als zwei bis drei Cent pro Kilowattstunde generiert werden kann. Das setzt zunächst die Konzentration auf Länder voraus, die über gute Sonneneinstrahlung und Windverhältnisse verfügen. Im Prinzip ist beides zugleich notwendig, da sich eine Elektrolyseanlage nur wirtschaftlich und wettbewerbsfähig betreiben lässt, wenn sie möglichst rund um die Uhr laufen kann, also wenn Windkraft einspringen kann, wenn die Sonne untergeht. Batteriespeicher sind viel zu teuer. Daher sollte eine Fokussierung unserer Bemühungen auf Länder erfolgen, die sowohl Wind- als auch Solaranlagen ermöglichen können. Hinzu kommen die Verfügbarkeit von ausreichend Wasser für den Elektrolyseprozess und der Zugang zu Exportinfrastruktur – also die Lage am Meer und die Existenz notwendiger Verladeterminals.

WIRD AFRIKA UNS MIT GRÜNER ENERGIE VERSORGEN?

Eine Studie des Bundesforschungsministeriums kommt zu dem Ergebnis, dass allein Westafrika ausreichende Potentiale bereitstellen könne, um den Wasserstoffbedarf der Welt zu decken [1]. Diese Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu genießen: Ausreichend gute Sonneneinstrahlung ist nämlich vor allem im Norden Westafrikas zu finden, gute Windstandorte lediglich im Süden in Küstennähe. Beide Erzeugungsarten zusammenzubringen erfordert aktuell große Investitionen in Stromnetze und Pipelines.

Allerdings gibt es eine Reihe von Ländern, die alle technischen Anforderungen schon heute vereinen: Sonnen- und Windwerte, Zugang zu Wasser und zu Exportinfrastruktur.



Abb. 2: Prof. Stefan Liebing im Gespräch mit Mulu Solomon, Botschafterin von Äthiopien [Quelle: Afrikaverein/Fabian Hammerl]

Häufig genannt werden hier Ägypten, Algerien, Marokko, Mauretanien, Namibia und Südafrika.

Neben den technisch-wirtschaftlichen Kriterien spielen aber auch Fragen der Investitionssicherheit und der Finanzierbarkeit von Projekten eine Rolle. Und hier genießt Afrika weiterhin einen eher schlechten Ruf. Das ist nicht immer in Übereinstimmung mit der Realität vor Ort, sondern häufig einem veralteten Klischee geschuldet, das in vielen Vorstandsbüros aber noch immer hartnäckig vorherrscht.

Dabei ist der Fachwelt mittlerweile klar: Auch wenn die Coronakrise für kurzfristige Rückschritte gesorgt hat, so liegen in Afrika einige der wachstumsstärksten Länder der Welt, aber auch viele Staaten, die sicher und stabil sind, Korruption bekämpfen und sich wacker um eine Verbesserung ihrer Infrastruktur bemühen.

Trotz aller Vorbehalte ist die deutsche Wirtschaft weiter als gedacht: In Namibia hat ein Konsortium um das deutsche Unternehmen Enertrag kürzlich den Zuschlag bekommen, für bis zu 9 Mrd. Dollar in die Erzeugung von grünem Ammoniak zu investieren. In Angola sind die Unternehmen Gauff (Nürnberg) und Conjuncta (Hamburg) exklusive Partner des staatlichen Ölkonzerns Sonangol bei einem ersten Wasserstoffprojekt. In Ägypten, Marokko und Südafrika sind weitere deutsche Entwickler und Anlagenbauer aktiv.

Während deutsche Unternehmen derzeit in Afrika vorn sind, ist erstaunlich, dass diese Position nur einigen wenigen Mittelständlern zu verdanken ist. Platz wäre auf dem Kontinent noch für Dutzende weiterer H₂-Investoren aus Deutschland.

PROJEKTE WERDEN POLITISCHER Aber viele dieser Unternehmen, die dafür infrage kämen, müssten sich umstellen. Die Besonderheit an Afrika ist, dass wirtschaftliche Projekte viel politischer sind als in den weiter entwickelten Staaten etwa in Europa oder Nordamerika, wo der deutsche Mittelstand traditionell stark unterwegs ist. Wer in Afrika erfolgreich investieren will, muss verstehen, dass über die Vergabe vieler Projekte anhand politischer Agenden entschieden wird – und dass die Gegenspieler oft Staatsunternehmen aus anderen Ländern sind, die starke Unterstützung durch ihre Regierungen genießen. Das bedeutet, dass die Projektentwicklung solche politischen Konstellationen und Fragestellungen stärker einbeziehen muss. Und dass es ohne starke Begleitung durch die Bundesregierung nicht gehen wird.

Die Bundesregierung hat daher „Wasserstoffpartnerschaften“ mit Angola, Marokko, Namibia, Nigeria, Südafrika und Tunesien abgeschlossen. Sechs von 21 Partnerländern

liegen damit in Afrika [2]. Leider gehen die inhaltlichen Programme dieser Zusammenarbeit oft an den wichtigsten Problemen vorbei. Deutsche Unternehmen wissen in der Regel, wo die technisch-wirtschaftlichen Voraussetzungen für eine Investition gegeben sind. Beratung dazu benötigen sie selten.

Eng wird es dagegen häufig, wenn es um die politische Absicherung geht, um die Herstellung von Chancengleichheit im Wettbewerb mit ausländischen Regierungen und vor allem um die Ermöglichung der Finanzierung. Die Idee der H₂-Global-Stiftung, die von der Bundesregierung garantierte Abnahmeverträge zeichnen wird, ist ein Schritt in die richtige Richtung, um Banken mehr Sicherheit zu geben. Und dennoch ist es für Banken in Europa weiterhin schwierig, Vorhaben in als exotisch wahrgenommenen afrikanischen Ländern zu finanzieren. Das liegt nicht nur, aber auch an der verschärften Bankenregulierung.

Statt Beratungstage und H₂-Empfänge in Afrika anzubieten, sollte sich die Bundesregierung daher darauf konzentrieren, konkrete Projekte durch ihr ganzes politisches Gewicht und vor allem durch Finanzierungsgarantien und Bürgschaften zu unterstützen, die es privaten Banken ermöglichen, Wasserstoffprojekte zu finanzieren.

AFRIKA KANN EINEN WICHTIGEN BEITRAG LEISTEN

Wenn es gelingt, eine solch enge Verschränkung zwischen Politik und Unternehmen bei der gemeinsamen Realisierung von Wasserstoffprojekten zur Versorgung Deutschlands mit grüner Energie zu schaffen, dann hätte Afrika aufgrund seiner positiven technischen Gegebenheiten und der geographischen Nähe zu Deutschland die Chance, einen viel größeren Beitrag als heute zur deutschen Energieversorgung zu leisten. Derzeit entsteht in Afrika eine Gruppe von Ländern, die aufgrund der guten Sonnen- und Windverhältnisse die neuen Energieexportchampions der Welt werden und so viele traditionelle OPEC-Länder ablösen könnten.

Deutsche Wirtschaft und Politik scheinen die Bedeutung der Region noch immer zu unterschätzen. Während sich Italien bereits freie LNG-Mengen gesichert hat, ist eine Reise des deutschen Wirtschaftsministers noch nicht geplant. Nicht nur kurzfristig bei der LNG-Versorgung kann Afrika unterstützen, sondern eben vor allem mittelfristig als Partner für bilaterale Lieferbeziehungen für grüne Energie.

Die Frage ist allerdings, ob Deutschland agil genug ist, diese Chance zu ergreifen. Noch könnte es gelingen, grüne Energie für uns zu sichern und zugleich einen attraktiven Wachstumssektor für die deutsche Wirtschaft zu erschließen. Es könnte aber auch sein, dass wir wegen zu zögerlicher Außenwirtschaftspolitik die Chance vergeben, in einem innovativen Sektor zu Weltmarktführern zu werden. Ein ganz neuer Ansatz einer interessengeleiteten Außenpolitik für grünen Wasserstoff – das wäre eine Zeitenwende, die diesen Namen auch verdient. ||

Literatur

- [1] Potenzialatlas Wasserstoff: Afrika könnte Energieversorger der Welt werden – BMBF
- [2] BMWK, One-Stop-Shop – Wasserstoff – Internationale Wasserstoffzusammenarbeit



Autor:

Prof. Dr. Stefan Liebing

Honorarprofessor am Afrikazentrum der Hochschule Flensburg

Geschäftsführer der Conjuncta GmbH

Vorsitzender des Afrika-Vereins der deutschen Wirtschaft e.V. → info@conjuncta.com

DEUTSCHE H₂-TECHNIK IM HOHEN NORDEN

Finnland noch zögerlich bei eigener Wasserstoffstrategie



Abb. 1: Geplanter P2X-Solutions-Standort in Finnland
[Quelle: P2X Solutions]

Die Voraussetzungen dieses skandinavischen Landes für eine Wasserstoffwirtschaft sind im Vergleich zu vielen mitteleuropäischen Ländern gut: Finnland hat ausreichend Erneuerbare-Energie-Kapazitäten, enorme Wasserressourcen und wettbewerbsfähige Strompreise. Der finnische Strommix bestand im Jahr 2021 vor allem aus Kernenergie (mit einem hohen Anteil von 35,6 %) und Wasserkraft, die mit 22,5 Prozent fast ein Viertel beitrug. Die Windkraft war mit 12,5 Prozent die dritt wichtigste Stromquelle, gleich dahinter kam mit 10,3 Prozent die Biomasse. Hinzu kommen ein hochentwickeltes und zuverlässiges Energieübertragungsnetz und technologisches und digitales Know-how, also Faktoren, die die Stromerzeugung in Finnland besonders effizient und günstig machen.

Die aktuellen Anfragen an den nationalen Netzbetreiber Fingrid zu Windkraftnetzanschlüssen belaufen sich auf knapp 100 GW an zusätzlicher Leistung. Darüber hinaus sind öffentlich bekannte Projekte derzeit in verschiedenen Stadien mit insgesamt 21 GW zusätzlicher Kapazität geplant. Finnlands gesamte Stromerzeugungskapazität (alle Erzeugungsformen) lag im Jahr 2020 bei rund 16 GW. Die Wachstumsprognose ist also vielversprechend, gerade auch deshalb, weil Onshore-Windkraft und die Biomasse große Entwicklungssprünge gemacht haben.

Besonders viel Potenzial sieht man im Ausbau der Offshore-Windkraft. Aktuell ist dieser Bereich in Finnland noch nicht relevant, allerdings spricht die finnische Windkraftbranche von 31 neuen Offshore-Farmen, die in der Zukunft an den Küsten Finnlands entstehen könnten. Die ersten Ausschreibungen für die Offshore-Windenergie sollen laut der finnischen Regierung in den Jahren 2023 und 2024 möglich sein.

„Im Januar 2021 wurden die ersten Genehmigungen für Forschungen im Bereich der Offshore-Windenergie in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) Finnlands erteilt. Wpd Finland Oy erhielt den Zuschlag für das Gebiet westlich von Jakobstad. Kurz zuvor hatte bereits OX2 Finland Oy die Freigabe für Forschungsarbeiten in diesem Areal erhalten. Zusätzlich wurden Letzterem noch Forschungsarbeiten

westlich von Hailuoto genehmigt“, hieß es dazu bei Germany Trade and Invest im Januar 2022. Wpd Finland Oy engagiert sich ansonsten umfangreich im Bereich der Onshore-Windkraft. Das Unternehmen investiert unter anderem auch in Windkraftanlagen im hohen Norden Finnlands und hat mit dem Windpark Nuolivaara das erste Bauprojekt in Lappland jenseits des Polarkreises realisiert.

Eine verheißungsvolle Entwicklung zeigt sich auch bei der Biomasse. Im vergangenen Jahr waren in Finnland etwa 110 Biogasanlagen in Betrieb. Zwanzig neue Anlagenbauprojekte befinden sich in der Umsetzung. Hier wird die Herstellung von synthetischem Gas in Betracht gezogen. Synthetisches Gas wird durch die Kombination von Wasserstoff und Kohlendioxid hergestellt. Aktuell werden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für diese Option durchgeführt.

RÜCKZUG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN Trotz einiger wichtiger Initiativen, die zur Entwicklung von Clustern in der Wasserstoffindustrie beitragen, ist die Haltung Finnlands zur Wasserstoffherstellung und zur Nutzung des Treibstoffs zögerlich und vorsichtig. Es fehlt nicht an technologischem Engagement und guter Koordination zwischen den Wirtschaftsunternehmen und den Forschungszentren. Die politischen Zielsetzungen jedoch sind nicht gerade von einer entschlossenen Haltung geprägt. Stattdessen scheint die finnische Strategie zu sein, die Kommerzialisierung der Wasserstofftechnologie abzuwarten.

„Die in der Klima- und Energiestrategie vorgestellte Wasserstoffstrategie entspricht noch nicht den Bedürfnissen der finnischen Wirtschaft“, kritisiert der Vorsitzende der Climate Leadership Coalition Tuuli Kaskinen.

Die Regierung von Premierministerin Sanna Marin formulierte 2019 das Ziel eines klimaneutralen Finnland im Jahr 2035. Der Rückzug aus den fossilen Energieträgern hat sich seit der Invasion Russlands in der Ukraine und dem kürzlich erfolgten Stopp der Gaslieferungen aus Russland beschleunigt. In der finnischen Energie- und Klimastrategie findet sich aber dennoch nur wenig zum Thema Wasserstoff.

Wichtig ist diese Technologie allerdings im Zusammenhang mit der Industrie. „Die Nutzung von emissionsfreiem Wasserstoff und Elektrokräften soll vor allem für die Industrie, den Verkehrssektor und das Energiesystem in Finnland anvisiert werden. Für Wasserstoff, der mithilfe der Elektrolyse erzeugt wird, sind für 2025 mindestens 200 MW und für 2030 mindestens 1000 MW angesetzt“, heißt es in dem Regierungspapier zur Energie- und Klimastrategie. Bei genauerer Betrachtung wird hier jedoch der Einsatz des Wasserstoffs auf die Industrie und den Schwerlastverkehr beschränkt.

Bezüglich des Einsatzes von Wasserstoff im Verkehrswesen setzt die finnische Regierung auf Vorhaben im Schwerlastverkehr. „Pilotprojekte sollen den Einsatz von Wasserstoff im Verkehrswesen, insbesondere im schweren Straßen- und Seeverkehr, erproben.“

H₂-PRODUKTION STEHT NOCH AM ANFANG Die Produktion von grünem Wasserstoff mithilfe der Windkraft und der Solaranlagen steht in Finnland erst am Anfang. Mit dem



Abb. 2: Der zum Einsatz kommende alkalische Elektrolyseur
[Quelle: Sunfire]

ersten so produzierten Wasserstoff wird erst für 2024 gerechnet. Das erste Pilotprojekt ist mit einer Leistung von 20 MW relativ klein. Die geringe Größenordnung zeigt sich auch bei der geplanten Beschäftigungszahl, die auf höchstens 20 geschätzt wird.

Die erste Elektrolyseanlage Finnlands baut P2X Solutions Oy zusammen mit der deutschen Sunfire GmbH in Harjavalta unweit von Turku. „Das Projekt ist das erste industrielle Projekt für grünen Wasserstoff in Finnland. Sein Fortschritt ist damit auch ein großer Sprung für unsere finnische Wasserstoffwirtschaft“, teilte die Abgeordnete des finnischen Parlaments Eeva Kalli in einer Pressemitteilung mit.

Grüner Wasserstoff wird in dieser Anlage, die das Wasser des Flusses Kokemäenjoki verwendet, mit emissionsfreier Windkraft hergestellt. Der Wasserstoff soll anschließend an die Industrie verkauft werden. Hier soll H₂-Gas zu synthetischem Methan verarbeitet werden, das als Kraftstoff für schwere Fahrzeuge und Spezialmaschinen wie Muldenkipper verwendet werden kann.

„Mit unserer Investition in Harjavalta erschließen wir uns den finnischen Markt für grünen Wasserstoff und machen einen Schritt in Richtung einer emissionsfreien Wohlfahrtsgesellschaft. Das erwartete Angebot an grünem Wasserstoff

und erneuerbaren synthetischen Kraftstoffen wird eine neue Nachfrage nach diesen schaffen. Ein funktionierender Wasserstoffmarkt wird Industrie und Verkehr den Weg hin zu einer emissionsfreien Energie- und Rohstoffwirtschaft ermöglichen“, sagte Herkko Plit von P2X Solutions den finnischen Medien.

Experten weisen darauf hin, dass neben der Verwendung von Wasserstoff in der Industrie und im Verkehr der finnische Wärmesektor mehr Beachtung finden sollte. Finnland ist das kälteste Land in Europa, was zu dem höchsten jährlichen Heizwärmebedarf von allen europäischen Ländern führt. Die Versorgung mit Wärme erfolgt im urbanen Raum über Fernwärmenetze, die wiederum Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung verteilen. So bietet es sich an, erzeugte Wärme für die saubere H₂-Anwendung zu nutzen. Dies würde die Wirtschaftlichkeit der Produktion von Wasserstoff erhöhen und zur weiteren Dekarbonisierung des Heizsystems beitragen.

FINNISCHE WASSERSTOFFINITIATIVE Das Hydrogen Cluster Finland ist das prominenteste Beispiel finnischer Wasserstoffaktivität. Es handelt sich um ein Netzwerk aus Unternehmen und Industrieverbänden, das den Informationsaustausch, die Zusammenarbeit sowie die Entwicklung einer H₂-Wirtschaft in Finnland fördert. Zu den Netzwerkmitgliedern gehören nicht nur prominente finnischen Konzerne wie Fortum und Gasgrid Finland Oy, sondern auch internationale Größen der Wasserstoffwirtschaft wie Linde. Mit dabei sind auch für die finnische Wirtschaft besonders wichtige Unternehmen wie Metsä und Wärtsilä.

Die Erwartungen der Wirtschaft an die entstehende Wasserstoffindustrie sind ausgesprochen hoch. Es wird davon ausgegangen, dass 10.000 hochwertige neue Arbeitsplätze in der finnischen H₂-Wertschöpfungskette geschaffen werden können. Die Wirtschaftsunternehmen erhoffen sich, dass der CO₂-Fußabdruck finnischer Exporte vorteilhafter ausfallen wird, so dass die Ausfuhren steigen, obwohl finnische Güter meistens nicht besonders preisgünstig zu haben sind. ||

Von einem weiteren finnischen Projekt können Sie auf Seite 20 nachlesen.

67



Fachmesse für Sanitär,
Heizung, Klima und digitales
Gebäudemanagement

06.-09.09.2022

TREFFPUNKT ENERGIEWENDE

Vier Tage für unsere Zukunft: Die SHK-Branche trifft sich in Essen.

- ✓ Präsenz zeigen: Überzeugen Sie Ihre Kunden persönlich auf der SHK ESSEN
- ✓ Top-Themen: Energieeffizienz, Ressourcenschonung und Digitalisierung
- ✓ Perfekter Standort: inmitten einer pulsierenden Wirtschaftsregion mit der Nähe zu Benelux und Frankreich

www.shkessen.de | #shkessen | [in](#) [f](#) [v](#) [i](#)

MESSE
ESSEN

Wir suchen Sie als

PRODUKTMANAGER (M|W|D)

mit Projektleitungsaufgaben im Bereich Messtechnik für Batterie- und Brennstoffzellensysteme



Unser Angebot

SMART TESTSOLUTIONS ist einer der führenden Anbieter von Messtechnik für Brennstoffzellen, Batterien und Elektrolyseure. Unser Unternehmenssitz ist Stuttgart.

Für die Entwicklung innovativer Methoden zur elektrochemischen Charakterisierung von Batterie- und Brennstoffzellenkomponenten suchen wir einen Produktmanager (m/w/d).

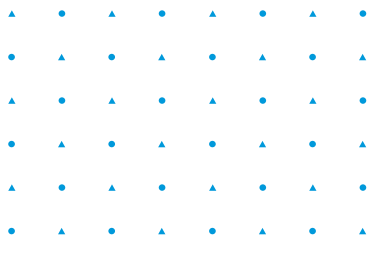
In dieser Position arbeiten Sie mit namhaften internationalen Konzernen aus der Automobil-, Luftfahrt- und Schiffbauindustrie zusammen.

Ihr Profil

- Ingenieur- oder Naturwissenschaftliches Diplom- oder Masterstudium, bevorzugt in den Fachrichtungen Physik, Chemie, Verfahrenstechnik, Chemieingenieurwesen, Maschinenbau, Elektrotechnik oder vergleichbar
- Mehrjährige Berufserfahrung im vergleichbaren Umfeld
- Erfahrungen mit elektrochemischen Messverfahren und der Betreuung geförderter Konsortialprojekte
- Organisations- und Koordinationsvermögen

Wir wünschen uns eine Persönlichkeit, die gerne im internationalen Kundenumfeld tätig ist und über die dafür notwendige interkulturelle Kompetenz verfügt.

Nähere Informationen unter www.tinyurl.com/smart-ts
Kontakt: karriere@smart-ts.de



FIRMENVERZEICHNIS

ANLAGENBAU



info@h2coresystems.com www.h2coresystems.com

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



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

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



XENON Automatisierungstechnik GmbH, Pforzheimer Str. 16,

01189 Dresden, Tel. 0351-40209-240, Fax -109, www.xenon-automation.com

ARMATUREN, REGLER, VENTILE



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



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 Gasttechnologie, 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 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



Schwer Fittings, Hersteller von Edelstahl Rohrverbindungen, Verschraubungen, Fittings, Armaturen und kompletten Rohrleitungen.

Tel. +49 7424-98250, info@schwer.com, www.schwer.com



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 Wasser-

mann 28a, 50829 Köln, Tel. 0221-292695-0, Fax -229, email@emcel.com, www.emcel.com

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

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



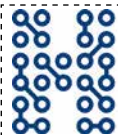
Griesemann Gruppe, Studien, Basic- &

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

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



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

**HydroHub**

HydroHub – eine Initiative von Unternehmen der TÜV NORD GROUP für technische H₂ Beratung/

Engineering, Munscheidstr. 14, 45886 Gelsenkirchen, Tel. 0201-8252026, wasserstoff@hydrohub.de, hydrohub.de

**infraser**
höchst

Infraser GmbH & Co. Höchst KG, Konzeptentwicklung,

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



LIFTE H2 GmbH, Projektentwicklung, Bessemerstr. 22, 12103 Berlin, www.lifteh2.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, Donnerschwer Str. 89/91, 26123 Oldenburg, Tel. 0441-85051, info@planet-energie.de

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

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



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



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

Tel. 08151-9969400, www.white-energy.eu

BESCHICHTUNG

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

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

BETANKUNGSTECHNIK

Kälte- und Systemtechnik GmbH, Kälteanlagen zur Kühlung von Wasserstoff

gemäß SAE, Heavy Duty Betankung, Strassfeld 5, 3441 Freundorf, Österreich, Tel. +43-2274-44109, office@kustec.at, www.kustec.at

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



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

BIPOLARPLATTEN

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



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

Harz, Tel. 05522-9067-14, Fax -44, www.eisenhuth.de



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

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



SITEC Industrietechnologie GmbH, Prototypen, Serienfertigung,

Produktionsanlagen für Ihre Bipolarplatten, Stack-Baugruppen und Balance of Plant,

info@sitec-technology.de, www.sitec-technology.de

BRENNSTOFF- UND LUFTVERSORGUNG

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

info@buschcleanair.com, www.buschcleanair.com



Celeroton AG, hochkompakte Turbo-Kompressoren für die

Luftversorgung von Brennstoffzellen, Industriestr. 22, 8604 Volketswil, Schweiz, Tel. +41-44-25052-20, info@celeroton.com, www.celeroton.com



sera ComPress GmbH, sera-Str. 1, 34369 Immenhausen, Tel. 05673-999-04, Fax-05,

info-compress@sera-web.com, www.sera-web.com

BRENNSTOFFZELLEN

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



SFC Energy AG, EFOY Brennstoffzellen,
Eugen-Sänger-Ring 7, 85649 Brunnthal,
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

DICHTUNGEN



**Eisenhuth GmbH & Co.
KG**, Friedrich-Ebert-Str.
203, 37520 Osterode am
Harz, Tel. 05522-9067-14, Fax -44, www.eisenhuth.de

ELEKTROLYSEURE



**Asahi Kasei
Europe GmbH**,

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



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



Empowering a sustainable world

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



Enapter

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

Via di lavoria 56G, 56040 Crespina Lorenzana (PI), Italien,
Tel. +39-50644281, +49-30-921008130, www.enapter.com



GINERELX

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



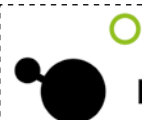
**green electrolyzer
engineering
contracting
& services**

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



THE STACK COMPANY

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



Hydrogen is now.

H-TEC SYSTEMS

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



ITM Power GmbH,
Energy Storage –
Clean Fuel,

Am Mühlgraben 6, 35410 Hungen, Tel. 06402-5197321,
info-itmgmbh@itm-power.com, www.itm-power.com



Driving
clean energy
forward

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



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



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



sunfire

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



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

ELEKTRONIK

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



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



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



INTELLIGENCE IN DRIVES

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

ENERGIESPEICHERUNG



18299 Rostock-Laage, Tel. 0381-799902-0, info@apex-energy.de, www.apex-group.de

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



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



Tel. 04671-6074-0, Fax -199, www.gp-joule.de

GP JOULE Hydrogen GmbH, Trust your energy, Cecilienkoog 16, 25821 Reußenköge,



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

ENGINEERING



Engineering, Munscheidstr. 14, 45886 Gelsenkirchen, Tel. 0201-8252026, wasserstoff@hydrohub.de, hydrohub.de

HydroHub – eine Initiative von Unternehmen der TÜV NORD GROUP für technische H₂ Beratung/



Schaeffler Engineering GmbH, H₂-Prüfstände, Software und Steuergerätelösungen für H₂-Motoren, Gewerbestr. 14, 58791 Werdohl, Tel. 02392-809-0, Fax -100, www.schaeffler-engineering.com

SEGULA 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



GRAEBENER
Bipolar Plate Technologies

Gräbener Maschinenteknik GmbH & Co. KG, Fertigungsanlagen für das Formen, Schneiden und Schweißen metallischer Bipolarplatten, Tel. 02737-989-0, info@graebener.com, www.graebener.com



MARTIN LOTTER
Fertigungstechnik für Hochleistungswerkstoffe

Martin 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

72

EINTRAG IM HZWEI-FIRMENVERZEICHNIS

Basiseintrag: Kontaktdaten des Unternehmens

- in allen vier Print- und Digital-Ausgaben
- online unter www.hzwei.info/firmen
- ca. 150 Zeichen, Rubrik ist frei wählbar
- inkl. HZwei Jahres-Abonnement als Beleg
- inkl. Abonnement des Hydrogeit-Newsletters
- inkl. Verlinkung zur Unternehmens-Homepage
- Kosten: 120 Euro im Jahr (zzgl. MwSt.)

Premiumeintrag: Einbindung des Logos

- in allen vier Print- und Digital-Ausgaben
- online unter www.hzwei.info/firmen
- alle Leistungen des Basiseintrags
- zzgl. Logo-Einbindung im monatlich erscheinenden Hydrogeit-Newsletter (10.000 Abonnenten) inkl. Verlinkung
- Kosten: 520 Euro im Jahr (zzgl. MwSt.)

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

Bitte per Post, E-Mail oder Fax senden an: Hydrogeit Verlag | Gartenweg 5 | 16727 Oberkrämer | Fax: 033055-21320

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG



DBI DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Karl-Heine-Str. 109/111, 04229 Leipzig, 0341-2457-113, www.dbi-gut.de

DLR Institut für Technische Thermodynamik, Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart, Tel. 0711-6862-346, Fax -747, www.dlr.de/tt



FES FES GmbH Fahrzeug-Entwicklung Sachsen, Crimmitschauer Str. 59, 08058 Zwickau, Tel. 0375-5660-0, Fax -222, info@fes-aes.de, www.fes-aes.de




Fraunhofer ISE Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg/Br., Tel. 0761-4588-5208, Fax -9000, www.h2-ise.de

Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES, Postkamp 12, 30159 Hannover, Tel. 0471-14290-456, www.iwes.fraunhofer.de

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

Fraunhofer-Institut für Mikroelektronik und Mikrosysteme IMM, Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz, Tel. 06131-9900, info@imm.fraunhofer.de, www.imm.fraunhofer.de



gwi Gas- und Wärme-Institut Essen e.V., Hafenstr. 101, 45356 Essen, Tel. 0201-3618-0, www.gwi-essen.de



Hycenta HyCentA Research GmbH, Infieldgasse 15, A-8010 Graz, Tel. +43-316-873-9501, office@hycenta.at, www.hycenta.at



iauv IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr, Carnotstr. 1, 10587 Berlin, Tel. 030-39978-0, Fax -9926, www.iav.com



WENGER Wenger Engineering GmbH, Forschungszentrum für Thermodynamik, CFD-Simulation & H₂-Technik, Einsteinstr. 55, 89077 Ulm, Tel. 0731-790605-0, Fax -99, mail@wenger-engineering.com, www.wenger-engineering.com



ZBT Zentrum für Brennstoffzellen-Technik ZBT gGmbH, Carl-Benz-Str. 201, 47057 Duisburg, Tel. 0203-7598-0, Fax -2222, info@zbt.de, www.zbt.de

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

GAS-DIFFUSIONS-LAGEN (GDL)



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




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

INFRASTRUKTUR

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

KOMMUNIKATION & MARKETING



MISSION: HYDROGEN Mission Hydrogen GmbH, Lise-Meitner-Str. 20, 71364 Winnenden, Tel. 07195-904390-0, 0162-2109822, www.mission-hydrogen.de



mummert – creating relations, Uta Mummert, deutsch-französische Kommunikationsdienstleistungen – Medien, Messen, Marketing, Ecksteinstr. 18, 04277 Leipzig, Tel. 0177/4811408, info@mummert.fr, www.mummert.fr

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

KOMPRESSOREN



AERZEN Aerzener Maschinenfabrik GmbH, Schraubenverdichter und Gebläse für Prozessgase, Reherweg 28, 31855 Aerzen, Tel. 05154-810, processgas@aerzen.com, www.aerzen.com



Burckhardt Compression Burckhardt Compression AG, Franz-Burckhardt-Str. 5, 8404 Winterthur, Schweiz, Tel. +41-52-2625330, www.burckhardtcompression.com



HDtech HD-tech Hochdrucktechnik GmbH & Co. KG, Neustadter Ring 5, 38855 Wernigerode, Tel. 03943-26780-0, Fax -20, www.h-d-tech.de



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



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



**J.P. Sauer & Sohn Maschi-
nenbau GmbH**, Brauner
Berg 15, 24159 Kiel,
Tel. 0431-3940-0,
sales@sauercompressors.de, www.sauercompressors.com

MEMBRANEN



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 Re-
don, Tel. +33-680-282140, www.chemours.de, www.nafion.de



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

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING



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



S++ Simulation Services, Ralf
Kraume, Waldstr. 5, 82418 Mur-
nau-Westried, Tel. 08841-672147-0,
ralf.kraume@splusplus.com,
www.splusplus.com

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 Wasserstoff-
sensoren 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



**Plattform H2BW c/o
e-mobil BW GmbH**,
Leuschnerstr. 45, 70176 Stuttgart,
Tel. 0711-892385-0, Fax -49,
h2bw@e-mobilbw.de, www.plattform-h2bw.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-Gastechnology GmbH,
Albrecht-Thaer-Ring 9,
30938 Burgwedel,
Tel. 05139-9855-0, Fax -33,
www.jag.de



MACEAS GmbH, Experten für Dicht-
heitsprüfung und Automatisierung,
Königstr. 2, 26676 Barßel-Harkebrügge,
Tel. 04497-9269-90, Fax -18,
www.maceas.com



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



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



SL Tech2 GmbH, H₂-Umwelt-
simulation, -Sicherheitsprü-
fungen, -Leckageprüfungen,
-Druckzyklisierung, -Dienst-
leistungen, Hohenneuffenstr. 21, 73230 Kirchheim u. Teck,
Tel. 07021-993968-0, www.sl-tech2.de



Sonplas GmbH, Sachsen-
ring 57, 94315 Straubing,
Tel. 09421-9275-0, Fax -199,
www.sonplas.de



TesTneT Engineering GmbH,
Eschenallee 11, 85445 Oberding und
9669 201 St, Langley City, BC V1M
3E7, Canada, Tel. 089-23710939,
info@h2-test.net, www.h2-test.net



Zeltwanger, Dichtheits- und Funktionsprüfung, auto-
matisierte Laserapplikations- und Montageanlagen,
Maltschachstr. 32, 72144 Dußlingen, Tel. 07071-3663-106,
a.nobel@zeltwanger.de, www.zeltwanger.de

RECHTSBERATUNG

Becker Büttner Held, Rechtsanwälte – Wirtschaftsprüfer –
Steuerberater, Magazinstr. 15-16, 10179 Berlin,
Tel. 030- 6112840-0, Fax -99, www.bbh-online.de

REFORMIERUNG



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

SICHERHEIT



HydroHub – eine Initiati-
ve von Unternehmen der
TÜV NORD GROUP für
technische H₂ Beratung/
Engineering, Munscheidstr. 14, 45886 Gelsenkirchen,
Tel. 0201-8252026, wasserstoff@hydrohub.de, hydrohub.de



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

SPEICHERTECHNIK

Ballonbau Wörner GmbH, flexible Gasspeicher, Flughafen-
str. 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.hexagonpurus.com



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



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



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

75



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

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



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

TANKSTELLEN



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

TECHNISCHER SERVICE



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

TECHNOLOGIEZENTREN

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



H2Herten,
Wasserstoff-
Kompetenz-Zentrum,
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

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

VERANSTALTER



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



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

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

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



Landesmesse Stuttgart GmbH –
f-cell Stuttgart, f-cell Canada,
f-cell China,
www.messe-stuttgart.de,
<https://www.messe-stuttgart.de/f-cell/aussteller/f-cell-weltweit>



HANNOVER MESSE 2023,
17.-21. April,
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., Konradinallee 9,
65189 Wiesbaden, Tel. 0611-95017-8959,
info@h2bz-hessen.de, www.h2bz-hessen.de

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



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.norgren.com



Dr.-Ing. K. Busch GmbH, Schauinslandstr. 1, 79689 Maulburg, 07622-682-0, info@busch.de, www.buschvacuum.com

EDUR Pumpenfabrik Eduard Redlien GmbH & Co. KG, Spezialist für Kreisel- und Mehrphasenpumpen, Edisonstr. 33, 24145 Kiel, Tel. 0431-689868, info@edur.de, www.edur.com

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, Kryo-Komponenten und Spezialventile, 8344 Baeretswil, Schweiz, Tel. +41-43-833434-3, Fax -9, info@weka-ag.ch, www.weka-ag.ch

Firmen-Einträge können jederzeit problemlos bei der HZwei-Redaktion beantragt werden.

INTERNATIONAL NEWSLETTER

ON HYDROGEN AND FUEL CELLS



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

TERMINKALENDER

Alle Angaben unter Vorbehalt

JULI**EFCF – European SOFC & SOE Forum**

5. bis 8. Juli, in Luzern, Schweiz

www.efcf.com

AUGUST**14. Branchentag Windenergie NRW**

10. bis 11. August 2022, Wissenschaftspark Gelsenkirchen

www.nrw-windenergie.de

SEPTEMBER**SHK ESSEN**

6. bis 9. September 2022, online

www.shkessen.de/branchentreff/

Beyondgas

13. bis 15. September 2022, in Oldenburg

www.beyondgas.de

H2.0-Konferenz 2022

14. September 2022, im Nordsee-Congress-Centrum der Messe Husum

www.wattzweipunktnull.de

23. Forum neue Energiewelt

14. bis 15. September 2022 im Festsaal Kreuzberg

www.forum-neue-energiewelt.de

Energy Storage Europe (ESE)

20. bis 22. September, Düsseldorf

www.decarbexpo.de

Hydrogen Dialogue

21. bis 22. September 2022, im Nürnberger Messezentrum

www.hydrogendialogue.com

H2 Expo and Conference

27. bis 30. September, Hamburg

www.windenergyhamburg.com

3. Germany-Korea Hydrogen Conference

29. September, Berlin

OKTOBER**f-cell at Messe Stuttgart**

4. bis 5. Oktober 2022, Stuttgart, Germany

www.f-cell.de

eMove360° Hydrogen & Fuel Cell Conference 2022**eMove360° Europe 2022 goes Berlin**

5. bis 7. Oktober 2022, Halle 25 & Stand 27, Messe Berlin

www.emove360.com

Hydrogen Technology Expo Europe

19. bis 20. Oktober 2022, Messe Bremen

www.hydrogen-worldexpo.com

Hydrogen Technology Conference & Expo

19. bis 20. Oktober, Bremen

www.hydrogen-worldexpo.com

IMPRESSUM**HZwei**

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND
BRENNSTOFFZELLEN
HZwei

ISSN 1862-393X

Jahrgang 22. (2022) / Heft 3, Juli 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: H₂-Lkw von Ingenius

[Foto: S. Geitmann, Collage: H. Hiersig]



Weidmüller 

Lösungen für Wasserstoff

Aktivieren Sie mit uns die Power der neuen Energie

Unser Know-how für die Industrialisierung und Digitalisierung

- Produkte, Systeme und Lösungen von der elektrischen Verbindungstechnik bis zur Cloud
- Profitieren Sie von unserer langjährigen Erfahrung und Kompetenz in der Industrialisierung von Lösungen für erneuerbare Energien
- Sicherer Anlagenbetrieb durch unsere Zertifizierungskompetenz in allen Bereichen (z.B. Ex, IECEx)



Mehr Informationen:
www.weidmueller.de/wasserstoff

**HYDROGEN
ONLINE
CONFERENCE
2022**

**The World's
Largest Online
Hydrogen Event**

November 8, 2022

24 Hours Non-Stop | 100% FREE



JOIN NOW!