

HZwei

- IM HAFEN VON ROTTERDAM ENTSTEHT EIN GROSSES H₂-VERBUNDNETZ
- DIE H₂-INDUSTRIE HOPFT AUF MEHR UNTERSTÜTZUNG SEITENS DER POLITIK



17. Teil der Regionen-Serie:
HyExpert H₂Ostwürttemberg



Wasserstoffmesse des Kreises Düren

Am 12. und 13. September 2024 öffnet der Brückenkopf-Park Jülich seine Tore für die 4. Wasserstoff-Messe des Kreises Düren. Auf der Messe wird sich eine Vielzahl von Ausstellern präsentieren und das Thema Wasserstoff für alle Bürgerinnen und Bürger greifbar machen. Die Messe soll auf Fragen rund um das Thema Wasserstoff Antworten liefern und zudem die Möglichkeit bieten, die Wasserstofftechnologie selbst zu testen.

Datum / Öffnungszeiten:

Donnerstag, 12. September (11 – 18 Uhr)
Freitag, 13. September (10 – 16 Uhr)

Eintritt: Für Messebesucher freier Eintritt.



H2 Messe 2023 (Video)

The poster features a background image of a large blue 'H₂' symbol in a park setting. A green circular badge in the top right corner contains the text: 'Eintritt frei', 'Do. 11 – 18 Uhr', and 'Fr. 10 – 16 Uhr'. Below the image, a blue banner reads 'Brückenkopf-Park Jülich'. The main title is 'Wasserstoff-Messe Kreis Düren' followed by the dates '12. und 13. September 2024'. Below this, it says 'Wasserstoff erleben: Projekte. Entwicklungen. Ziele. Wasserstoff verstehen: Anschaulich. Klar. Für alle.' and 'In der Kulturmuschel im Brückenkopf-Park Jülich Zugang über Aachener Landstraße/Ellbachstraße'. At the bottom, there is a QR code and the text 'Weitere Informationen und Anmeldung unter: www.kreis-dueren.de/wasserstoffmesse'. Logos for 'KREIS DÜREN SEEN & ENTDECKEN', 'Wasserstoff Region Rheinland e.V.', and 'HYDROGEN HUB AACHEN' are at the bottom.

H2-Welt Düren



Öffnungszeiten:

Mo. – Do. 10 – 16 Uhr
Fr. 10 – 13 Uhr

Adresse:

Forum Seen und Entdecken
Moltkestraße 39
52351 Düren



Kontakt:

Kreisverwaltung Düren
Abteilung für Klimaschutz
und Mobilität
amt61@kreis-dueren.de



Gerne vorbeikommen und über Wasserstoff informieren!

Woher kommt Wasserstoff? Wie wird er genutzt? Welche Rolle spielt er für den Kreis Düren?

Diese und weitere Fragen werden auf rund 100 Quadratmetern und in vier großen Stationen ausführlich und kurzweilig beantwortet. Sie spannen den Bogen von der Entstehung des H₂ bis zur Anwendung.

Die Ausstellung richtet sich an Erwachsene und Kinder ab 12 Jahren. Vor allem Schulklassen können hier über dieses kleine, aber starke Element abseits des Unterrichts in der Schule viel lernen.

Der Eintritt ist kostenfrei

WIDERSPRÜCHLICH

Es klingt wirklich paradox: Einerseits verabschiedet die Bundesregierung ein „Wasserstoffbeschleunigungsgesetz“, und andererseits scheint das Bundesverkehrsministerium gerade alles zu tun, um Wasserstoff auszubremsen. Kein Wunder, dass gefühlt die gesamte deutsche Energiewirtschaft derzeit verunsichert ist.



Investitionsentscheidungen werden nach wie vor nicht gefällt, erste Projekte werden gecancelled, der Absatz von Wasserstoff sowie von H₂-Komponenten ist rückläufig. Der Markthochlauf einer in Aussicht gestellten Wasserstoffwirtschaft stockt (s. S. 28). Industrie und Verbände monieren seit Monaten die desolate Situation und wenden sich mit Bittbriefen an die Politik (s. S. 30) – bislang ohne spürbare Wirkung.

Die Ergebnisse der Europa-Wahl befeuern diese Unsicherheit noch, indem diejenigen Kräfte an Zuspruch gewonnen haben, die aus energietechnischer und klimapolitischer Sicht wahrlich nicht innovativ, sondern rückschrittlich agieren: Die CDU/CSU fällt der aus den eigenen Reihen stammenden EU-Präsidentin Ursula von der Leyen in den Rücken und will das bereits vereinbarte Ende des Verbrennungsmotors zurücknehmen – will also mal wieder einen Ausstieg aus einem Ausstieg, was bereits bei der Kernenergie eine jahrelange Hängepartie nach sich zog.

Die AfD, die trotz der jüngsten Starkregen-Ereignisse nichts von einer Klimakrise wissen will, fährt Rekordwerte ein. Immer mehr Bundesbürger negieren nach wie vor das, was immer offensichtlicher wird: Die Extremwetter-Ereignisse nehmen drastisch zu, was wissenschaftlich erwiesen eine direkte Folge der Klimaerwärmung ist. Insbesondere dort, wo nationale und rechte Kräfte Gegenmaßnahmen blockiert haben, gab es Tote und immense Schäden.

Die Stimmung im Land, und auch in Europa, wird immer konservativer, obwohl genau dieses Festhalten an alten, vermeintlich bewährten Praktiken die momentanen Krisen weiter befeuert, statt davor zu schützen. Etwas nicht wahrhaben zu wollen, es zu ignorieren und weiter so zu agieren wie bisher, ist allerdings genau das Falsche, egal wie laut man brüllt oder wie beharrlich man daran festhält.

Das Gute ist, dass die progressiven, also die fortschrittlichen Kräfte sich trotz allem nicht entmutigen lassen. Diejenigen, die an demokratische Werte glauben und sich für konstruktive Maßnahmen beim Kampf gegen die Klimakrise einsetzen, versuchen trotz aller Hemmnisse zuversichtlich weiterzumachen. Und wenn man sich die Klimapolitik der vergangenen Jahre anguckt, lässt sich feststellen, dass durchaus viel erreicht wurde.

Allein der Fakt, dass es den European Green Deal gibt und sich die höchsten politischen Repräsentanten Europas für einen ökologischen und wirtschaftlichen Transformationsprozess ausgesprochen haben, ist ein Riesenerfolg, der

beweist, dass Veränderung möglich ist. Immerhin befinden wir uns aktuell nicht mehr auf einem Kurs in Richtung einer 3,5-°C-Erwärmung. Dank der bisherigen Maßnahmen konnte rund 1 °C gut gemacht werden. Damit sind wir zwar immer noch weit vom 1,5-°C-Ziel entfernt, aber immerhin schon auf einem besseren Weg als zuvor.

Auch politisch konnte einiges erreicht werden: So erzielten die nicht-demokratischen Kräfte „nur“ ein Sechstel der Stimmen – nicht wie befürchtet mehr als ein Fünftel. Gründe genug, um die Hoffnung nicht zu verlieren.

Es heißt immer so schön: Wir leben in bewegten Zeiten. Herausforderungen gibt es immer zu meistern – manchmal kleinere, mitunter auch größere. Sicherlich zählt die aktuelle Phase eher zu den krisenbehafteten Zeiten, die von größeren Unsicherheiten geprägt sind. Dies beeinflusst die Bürger*innen ebenso wie die Wirtschaft.

Aber ebenso wenig, wie es im Privaten empfehlenswert ist, einfach keine Nachrichten zu gucken und immer so weiterzumachen wie bisher, ist es ratsam für die Industrie, bis zum Sankt-Nimmerleins-Tag zu warten, bis bessere Rahmenbedingungen herrschen.

Und auch die Politikerinnen und Politiker dürften sich der Erkenntnis stellen, dass die Zeit simpler Lösungen definitiv vorbei ist. Es ist relativ einfach zu sagen, ich fasse das Thema „Tempolimit“ nicht an. Es ist einfach, über eine nicht ganz optimale Vorgehensweise bei der Einführung eines Heizungsgesetzes zu mosern. Wir brauchen jetzt aber keine einfachen Lösungen.

Was wir brauchen, sind mutige Entscheidungen, sind Veränderungen, sind Maßnahmen, die eine gute Chance haben, dass sie uns sowohl gesellschaftlich als auch wirtschaftlich und klimapolitisch voranbringen. Was wir brauchen, sind Menschen, die jetzt bereit sind, in die Verantwortung zu gehen, auch auf die Gefahr hin, dass es nicht einfach wird und auch nicht alles gleich beim ersten Mal klappt.

Denn nicht zu handeln ist nicht länger eine Option. •

Herzlichst

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'S. Geitmann'.

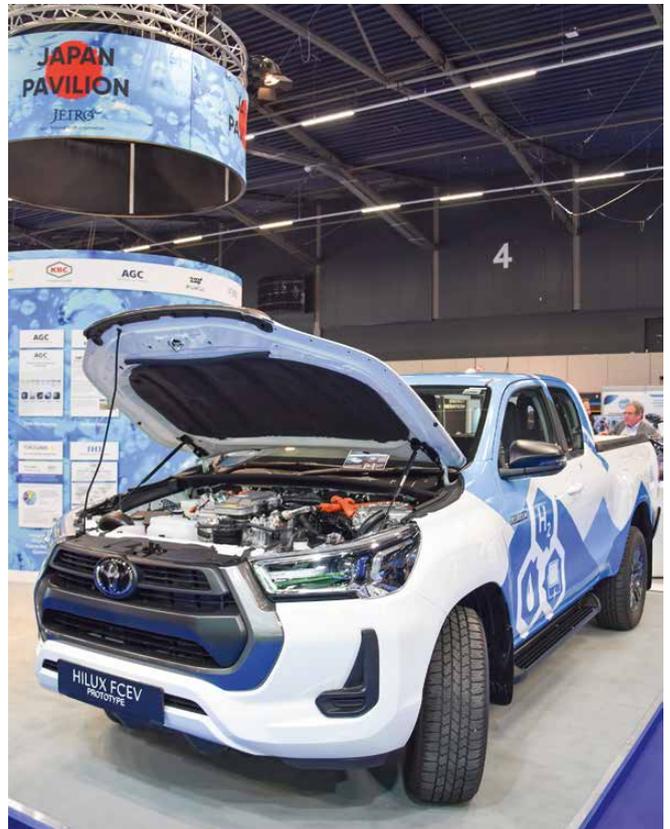
Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

INHALTSVERZEICHNIS

11 Bundeskanzler Scholz auf der Hannover Messe



18 Der H₂-Hilux auf der World Hydrogen Exhibition



4

3 Editorial

6 Meldungen

- Größte H₂-Produktion der Schweiz
- Wissing unterzeichnet Berliner Erklärung
- Wystrach-Umfirmierung
- Ausreichend Wasser in Brandenburg
- Enertrag baut bei Magdeburg
- Wir trauern um Sven Jösting

11 Messen und Kongresse

- Kanzler Scholz besucht Hydrogen + Fuel Cells Europe
- STEP-Interview: Nachhaltiger Messebetrieb
- Rotterdam etabliert sich als H₂-Drehkreuz

20 Energiespeicherung

- Port of Rotterdam wird grün und blau
- LOHC könnten H₂-Importe vereinfachen
- H₂-Erzeugung auf schwimmenden Offshore-WEAs

28 Politik

- Industrie kritisiert aktuelle H₂-Förderpolitik
- Interview mit der Clean Energy Partnership
- Bewegung in der europäischen H₂-Förderlandschaft

35 Elektromobilität

- Regionen-Serie: HyExpert H2Ostwürttemberg

38 Entwicklung

- Online-Marktplatz bringt Angebot & Nachfrage zusammen

20 Diese Rohre des Hydrogen Backbones dürften inzwischen bereits in der Erde liegen



57 In Norwegen startet großskalige Brennstoffzellenproduktion



Quelle: Hannover-Messe

5

40 Markt

- Kostenindizes für grünen Wasserstoff
- THG-Quotenhandel für grünen Wasserstoff
- Warum die Wasserstoffaktien noch weiter sinken könnten
 - Powertap Hydrogen Capital Corp.
 - Enapter AG
 - thyssenkrupp nucera AG
 - Plug Power Inc.
 - Nel ASA
 - Everfuel A/S
 - McPhy Energy SA
 - PowerCell Sweden AB
 - ITM Power PLC
 - Weichai Power Co.
 - Proton Motor Power Systems PLC
 - Verbund AG

53 International

- Gigawattfertigung in Norwegen geplant

57 Firmenverzeichnis

67 Terminkalender

67 Impressum



Abb.: Die neue Anlage im Kanton Graubünden [Quelle: Axpo]

6 GRÖSSTE H₂-PRODUKTION DER SCHWEIZ

Der Energiekonzern Axpo und das Unternehmen Rhienergie haben die erste H₂-Produktionsanlage für grünen Wasserstoff im Kanton Graubünden im Osten der Schweiz gestartet. Die Anlage mit 2,5 Megawatt Leistung produziert jährlich bis zu 350 Tonnen Wasserstoff und liegt direkt neben dem Wasserkraftwerk Reichenau in Domat/Ems. Nach Angaben von Axpo ist sie die größte Anlage dieser Art in der Schweiz.

Mit dem produzierten Wasserstoff werden jährlich bis zu 1,5 Millionen Liter Diesel eingespart. Der Wasserstoff wird direkt in der Anlage verdichtet. So kann das grüne Gas künftig an Tankstellen und Industriekunden geliefert werden. Die H₂-Anlage ist direkt ans Wasserkraftwerk Reichenau angeschlossen, an dem Axpo eine Mehrheitsbeteiligung besitzt. Mit seinem Anschluss an ein Flusswasserkraftwerk ist die Anlage ein Pionierprojekt von Axpo und gleichzeitig die erste Anlage im Kanton Graubünden. Christian Capaul, CEO von Rhienergie, beschreibt die neue Anlage als Leuchtturmprojekt. •

WISSING UNTERZEICHNET BERLINER ERKLÄRUNG

E-Fuels werden – unabhängig von ihrer umstrittenen Eignung für den Pkw-Sektor – zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors unabdingbar sein. Der Bundesminister für Digitales und Verkehr, Dr. Volker Wissing, verfolgt daher weiter seinen Kurs zum Hochlauf von E-Fuels. Am 4. Juni 2024 untermauerte er seine Marschrichtung, indem er in

Berlin zum 2. International E-Fuels Dialogue 2024 einlud und dort eine „Berliner Erklärung“ vorlegte. Nach Ausführungen des BMDV ging es dabei um eine „Verständigung zu Technologieoffenheit, gemeinsamer Forschung und Entwicklung und einheitlichen Standards“.

Wissing erklärte: „E-Fuels sind neben batterieelektrischem Antrieb und Wasserstoff eine wichtige Option für den klimafreundlichen Verkehr der Zukunft – in der Luft, zu Wasser und auch auf der Straße. [...] Wir wollen Forschung und Entwicklung sowie den Aufbau von Produktionsanlagen fördern. Dafür möchten wir auch private Investitionen anreizen. Den Ausbau der erneuerbaren Energien werden wir weiter vorantreiben.“



Abb.: Unterzeichnung der Berliner Erklärung durch Bundesverkehrsminister Volker Wissing, den litauischen Minister für Verkehr und Kommunikation Marius Skudis und den japanischen Parlamentarischen Vizeminister für Wirtschaft, Handel und Industrie Taku Ishii (v. r.) [Quelle: BMDV]

Dr. Marius Skuodis, Minister für Verkehr und Kommunikation in Litauen, sagte: „Mit seinem großen Potenzial für erneuerbare Energien kann Litauen zum Produzenten von Wasserstoff und verwandten synthetischen Kraftstoffen werden.“ Taku Ishii, Parlamentarischer Vizeminister für Wirtschaft, Handel und Industrie in Japan, ergänzte: „Zur Erreichung einer CO₂-neutralen Gesellschaft spielt das Konzept des ‚dreifachen Durchbruchs‘ – die gleichzeitige Realisierung von Dekarbonisierung, Wirtschaftswachstum und Energiesicherheit – eine Schlüsselrolle. E-Fuels können in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag zum dreifachen Durchbruch leisten.“

Die nächste Ausgabe des E-Fuels Dialogue wird im Sommer 2025 in Tanger in Marokko stattfinden. •

ILA IN BERLIN

E-Fuels waren auch während der Internationalen Luft- und Raumfahrtausstellung (ILA) vom 5. bis 9. Juni 2024 in der Hauptstadt ein zentrales Thema. In diesem Rahmen wies der ehemalige Mineralölverband und heutige Wirtschaftsverband Fuels und Energie en2x darauf hin, dass es „ab dem nächsten Jahr eine Beimischungsvorgabe der EU für Sustainable Aviation Fuels (SAF)“ gibt. Hauptgeschäftsführer Prof. Christian Küchen erklärte: „Quoten allein reichen jedoch nicht, um die jetzt notwendigen Investitionen in die SAF-Produktion auszulösen. Die E-SAF-Quote der EU wird 2035 bereits auf fünf Prozent angestiegen sein. Es ist derzeit nicht zu erkennen, dass die dafür erforderlichen Anlagen zeitgerecht zur Verfügung stehen werden.“

Einen entsprechenden Forderungskatalog mit zehn Maßnahmen übergab der Verband während der ILA an die Beauftragte der Bundesregierung für die Deutsche Luft- und Raumfahrt Dr. Anna Christmann sowie den Parlamentarischen Staatssekretär beim Bundesverkehrsminister Oliver Luksic.

WYSTRACH-UMFIRMIERUNG

Der lang andauernde Übergangsprozess der Firma Wystrach kommt allmählich zum Ende. Wie der Speicherhersteller im April 2024 bekanntgab, wurde jetzt die Umbenennung der ehemaligen Wystrach GmbH in Hexagon Purus Weeze GmbH vollzogen. Damit kommt der im September 2021 begonnene Integrationsprozess des nordrhein-westfälischen Unternehmens in die norwegische Hexagon-Purus-Familie zu seinem vorläufigen Abschluss. Während dieses fast dreijährigen Umfirmierungsprozesses erfolgte unter anderem auch die Eröffnung einer neuen Produktionshalle mit deutlich höheren Kapazitäten für den Bau von Wasserstoffspeichern und -tanksystemen. •

AUSREICHEND WASSER IN BRANDENBURG



Abb. 1: Prof. Jörg Steinbach

Über die Ressource Wasser wird in Brandenburg nicht erst seit dem Bau der Tesla-Fabrik in Grünheide bei Berlin viel diskutiert. Auch die heimische Wasserstoffwirtschaft hat einen hohen Bedarf. Eine aktuelle Studie gibt nun Entwarnung: Das Bundesland hat genügend Wasser, so die Kernaussage.

In der Machbarkeitsstudie zum H₂-Startnetz wurde ein Wasserbedarf (in Trinkwasserqualität) von jährlich etwa 8 Mio. m³ für optimierte Elektrolyseanlagen bis zu etwa 37 Mio. m³



**DVGW
KON24
GRESS**

🌐 www.dvgw-kongress.de/2024

Der DVGW Kongress 2024
17. – 18. September, Berlin

**PROGRAMM
IST ONLINE**

*für die
vom Fach*

#DVGWKON24

für Anlagen mit offenen Kühlsystemen und Verdunstungskühlung angenommen. Der vermutliche Wasserbedarf zur Erschließung der heimischen Wasserstoffpotenziale würde demnach rund einem bis sechs Prozent der heutigen Wassergewinnung Brandenburgs (Vergleichsjahr 2019) entsprechen, heißt es im Fazit der Studie.

Landeswirtschaftsminister Prof. Jörg Steinbach gesteht dabei ein, dass Wasser für die Wasserstoffwirtschaft ein Schlüsselement und zugleich nicht immer und überall verfügbar sei. Wichtig sei deshalb, dass die Wasserverfügbarkeit immer einer individuellen Prüfung vor Ort bedürfe. „Bei begrenzter Ressource kommt zum Beispiel die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung vor der Wasserstoffproduktion“, erklärt der Minister.

Die Studie soll veranschaulichen, dass die Energiewende auch eine Wasserwende erfordert, erklärte Studienleiter Martin Zerta von der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik. „Der Strukturwandel hin zu erneuerbarem Wasserstoff bietet auch die Chance, heutige und zukünftige Wasserentnahmen und -nutzungen zu optimieren.“ Dazu zählen zum Beispiel auch Potenziale der Abwassernutzung. Hier könnte Brandenburg gezielt Synergien von Sauerstoff, Abwasser und auch Abwärme nutzen, so Zerta.

Die Studie „Wasserverbrauch im Kontext der Wasserstoffproduktion im Land Brandenburg“ wurde vom brandenburgischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie beauftragt und von einem Konsortium aus der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, der DHI WASY GmbH und der Water Science Policy gUG erstellt. •

ENERTRAG BAUT BEI MAGDEBURG

Trotz herausfordernden Zeiten gibt es auch Meldungen über neue H₂-Projekte. So erfolgte beispielsweise Mitte Mai 2024 der Spatenstich für einen 10-MW-Elektrolyseur in der Region Magdeburg. In Osterweddingen will das uckermärkische Energieunternehmen Enertrag grünen Wasserstoff erzeugen, und zwar aus Windstrom von eigenen Anlagen.

Ein Teil der zunächst rund 900 Tonnen pro Jahr soll in die Wasserstoffpipeline von Ontras eingespeist werden. Darüber hinaus soll der geplante Wasserstoff-Mobilitäts-Hub versorgt werden, an dem unter anderem H₂-Lkw von Keyou zum Einsatz kommen werden. Auch Ryze Power will Wasserstoff abnehmen, um damit seine Baumaschinen zu betreiben.

Enertrag-Vorstandsmitglied Dr. Tobias Bischof-Niemz erklärte: „Wasserstoff ist ein unverzichtbarer Baustein für die Energiewende und bietet Lösungen zur Dekarbonisierung verschiedener Sektoren, von der Schwerindustrie bis zum Fernlastverkehr. Durch die direkte Verknüpfung mit unseren nahegelegenen Wind- und Solarparks wird dieser Elektrolyseur nicht nur grünen Wasserstoff produzieren, sondern auch weitere industrielle Ansiedlungen in der Region fördern und die lokale Wertschöpfung erhöhen.“

Der Elektrolyseur wird im örtlichen Industriepark errichtet, nur knapp zwei Kilometer von der geplanten Intel-Chipfabrik entfernt. Wie Enertrag mitteilte, wird er systemdienstlich betrieben, um Schwankungen bei der Erzeugung von Strom aus Wind und Sonne auszugleichen und so das Stromnetz zu entlasten. •

Abb.: Spatenstich in Osterweddingen: (v. l.) Dr. P. Agoston, Enertrag; Landrat M. Stichnoth; Minister Prof. A. Willingmann; Bürgermeister J. Methner; Dr. T. Bischof-Niemz u. Dr. M. Ludwig (beide Enertrag) [Quelle: Enertrag / Irini Sakkas]



Recruiting
Days
26+27 Sep

Driving the energy transition. Together!

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

- Meet up with 1,500 exhibiting companies from 40 countries across 10 halls
- Visit the first-rate conference programme on 4 stages in the halls free of charge
- Get in touch with the key decision makers of the international wind energy sector
- Two days dedicated to recruiting – for career starters, specialists and career changers

Organised by:



Global Partner:



European Partner:



Partners:



windenergyhamburg.com



GRÜNER WASSERSTOFF FÜR IHR UNTERNEHMEN

**Wir beliefern Sie mit grünem
Wasserstoff - regional und aus
erneuerbaren Energiequellen**

- für die Nutzung in industriellen Prozessen
- als klimaneutraler Ersatz für die Erdgasverbrennung
- oder als nachhaltiger Treibstoff für die Mobilität

Sprechen Sie uns an!

www.gp-joule.de/wasserstoff
hydrogen@gp-joule.de

GP JOULE
TRUST YOUR ENERGY.

WIR TRAUERN UM SVEN JÖSTING

Eben war er noch unter uns – jetzt nicht mehr. Sven Jösting ist am Abend des 10. Mai 2024 plötzlich von uns gegangen. Der Hydrogeit Verlag, das HZwei-Team und mit uns die H₂-Community wurden völlig überrascht von der traurigen Nachricht, dass der sympathische Börsenexperte nicht länger unter uns weilt. **Autor:** Sven Geitmann

10



Abb. 1: Sven Jösting auf einer der letzten Veranstaltungen in Hamburg
[Quelle: M. Paterna]

Kurz vorher war er noch in gewohnt lockerer Manier auf Veranstaltungen zu sehen gewesen – so, wie er uns immer in Erinnerung bleiben wird.

Mit Sven Jösting verliert die HZwei einen wertvollen Kollegen, der seit ziemlich genau zehn Jahren als freier Mitarbeiter für jede Ausgabe detaillierte und umfassende Berichte über börsennotierte Unternehmen beisteuerte. Er hat unser Magazin auf etlichen Events vertreten und mit seiner Begeisterung für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie viele Menschen angesteckt.

Über die vielen Jahre hat sich Sven im deutschen Magazin HZwei und im englischen e-Journal H₂-international sowie online ein großes Fan-Publikum erschrieben, das ihn ebenso vermissen wird wie wir. Zu seiner fundierten Expertise über Aktien kam mit der Zeit ein immer umfassenderes Fachwissen über die technischen Details und wirtschaftlichen Zusammenhänge, so dass seine Heftbeiträge zuletzt um die zehn Seiten lang waren.

AUSGEWIESENER AKTIENEXPERTE Trotz einer Vorliebe für nordamerikanische Börsenunternehmen ließ er immer

Zunächst war es eine Verwunderung, dass der quirlige Hamburger ein paar Tage nichts von sich hören ließ, zu fest vereinbarten Terminen nicht erschien. Kurze Zeit später kam zu den aufkeimenden Sorgen die Nachricht, Jösting sei in einem Krankenhaus. Dann ging es sehr schnell, und es wurde deutlich, dass es nicht gut aussah – bis es dann hieß, er sei verstorben.

wieder auch andere Perspektiven einfließen – sei es von seinen Reisen nach China und Indien oder aus Interviews mit verschiedenen Branchengrößen. Insbesondere über seinen „Spiel-Account“ BZvision veranschaulichte er gut nachvollziehbar, welche Handlungsoptionen möglich waren. Durch seinen engagierten, persönlichen Schreibstil, der für einen Korrekturleser mitunter durchaus eine Herausforderung war, hatten seine Texte stets etwas Lebhaftes – ganz anders als die ansonsten häufig recht nüchternen Börsenberichte anderer Analysten.

Auch wenn Svens begeisterte Art dem einen oder anderen Anleger mitunter vielleicht etwas zu optimistisch vorgekommen sein mag, dürfte er gerade dadurch wesentlich zum Hochlauf der derzeit im Wachsen begriffenen H₂-Wirtschaft beigetragen haben.

Mit Sven Jösting verlieren wir einen Visionär, der stets heiter und aufgeweckt an die Potentiale der H₂- und BZ-Technik glaubte und nicht müde wurde, seine Begeisterung mit anderen zu teilen. Er hinterlässt eine große Lücke, die wir nicht einfach so werden schließen können. Umso größer ist unsere Motivation, die von ihm immer wieder beschriebenen Potentiale zu heben. Schade, dass er nicht mehr miterleben kann, wie sich die Wasserstoffwirtschaft weiterentwickelt.

Sven, Du fehlst uns! •

Sven Jösting (63) war seit vielen Jahren Mitglied der Wasserstoff-Gesellschaft Hamburg e.V. Er widmete sich dem Thema Wasserstoff und Brennstoffzellen bereits Anfang dieses Jahrtausends, indem er verschiedene Akteure der Branche zusammenführte und strategische Partnerschaften initiierte. Seine Börsenkenntnisse erwarb er sich durch seine 15-jährige Tätigkeit als Broker bekannter US-Investmentbanken, wobei sein Fokus stets auf Unternehmen lag, die sich mit regenerativen Energien, H₂- und BZ-Technik sowie Umwelttechnologien befassten. Zudem war er rund 37 Jahre Mitglied in und assoziiert mit B.A.U.M. e.V.

In den vergangenen Jahren hatte er ein eigenes Büro in den Räumlichkeiten der Reederei F. Laeisz GmbH bei Nikolaus W. Schües, dem Grandseigneur nicht nur der Hamburger H₂-Szene.



Abb. 1: Wasserstoff war zentrales Thema in Hannover

Bundeskanzler Olaf Scholz besucht Hydrogen + Fuel Cells Europe

PARTNERSHIP IS THE NEW LEADERSHIP

Die Stimmung war gut. Nicht euphorisch, wie teilweise noch im vergangenen Jahr, aber durchaus lebhaft. Insbesondere in Halle 13, wo die Hydrogen + Fuel Cells Europe stattfand, waren die Gänge gut gefüllt und das Stimmengewirr deutlich lauter als in den anderen Hallen auf dem Messegelände. Dennoch bleibt der Eindruck, dass auch im 30. Jahr dieser H₂-Messe der Marktdurchbruch immer noch auf sich warten lässt und erst „in fünf Jahren“ erfolgt, so wie es schon seit 20 Jahren zu hören ist. **Autoren:** Monika Rößiger, Sven Geitmann

Die Hannover Messe nimmt immer noch für sich in Anspruch, die weltweit bedeutendste Industriemesse zu sein – laut Dr. Jochen Köckler, dem Vorsitzenden des Vorstandes der Deutschen Messe AG, ist sie sogar „die Mutter aller Messen“. Wie schon in den vergangenen Jahren profitierte sie auch vom 22. bis 26. April 2024 immens vom derzeitigen H₂-Boom. Das große Inte-

resse an Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie führte mal wieder zu akzeptablen Aussteller- und Besucherzahlen. Neue Impulse als Hinweis, in welche Richtung sich das klassische Messegeschäft entwickeln könnte, gab es jedoch nicht.

Man kann sagen, die H₂-Messe hat der Deutschen Messe mal wieder die Bilanz gerettet.

KANZLER SCHOLZ BESUCHT H₂-UNTERNEHMEN Nicht ohne Grund stattete auch Bundeskanzler Olaf Scholz der Hydrogen + Fuel Cells Europe einen Besuch ab. Der Schwerpunkt seines Eröffnungsrundgangs lag in den Energie-Hallen, wo er neben Salzgitter („Wir begeben uns gemeinsam auf die Reise.“ – s. Abb. 2) auch bei GP Joule Station machte. Ove Petersen, Mitgründer und einer der Geschäftsführer von GP Joule, betonte dabei, wie wichtig die Verbesserung der politischen Rahmenbedingungen sei, damit es tatsächlich zu einem Aufbau der Elektrolyseurkapazitäten kommen könne (s. dazu auch S. 18).



Abb. 2: Kanzler O. Scholz mit dem norwegischen Ministerpräsidenten J. G. Støre, Salzgitter-Chef G. Groebler, dem niedersächsischen Ministerpräsidenten S. Weil, der norwegischen Wirtschaftsministerin C. Myrseth, Bundesfamilienministerin L. Paus sowie Bundesforschungsministerin B. Stark-Watzinger

AUFSCHLUSSREICHE WORTWAHL Interessant zu beobachten war, wie sich die Wortwahl auf manchen Gebieten verändert: So war in zahlreichen Vorträgen immer wieder die Rede von „Low-Carbon-Wasserstoff“. Mit dieser Wortschöpfung umgehen die Redner geschickt die Einordnung des Wasserstoffs in die mittlerweile bei einigen recht unbeliebt gewordene Farbskala. „Low-Carbon“ impliziert, dass während der H₂-Herstellung wenig Kohlenstoffdioxid emittiert wurde, vermeidet aber eine Stigmatisierung durch die Attribute „grau“, „blau“ oder „türkis“, denn selbst kleinste Beimischungen von grünem Wasserstoff reichen aus, um ihn als kohlenstoffarm bezeichnen zu können.

Eine weitere Neuerung im Sprachstil scheint das Arbeitsprinzip in der Wasserstoffwirtschaft zu betreffen: So sind immer wieder Sätze wie „Partnership is the new leadership“ (Partnerschaft ist die neue Führerschaft) oder „Cooperation is key“ (Kooperation ist der Schlüssel) zu hören. Bei immer mehr Akteuren macht sich also die Erkenntnis breit, dass der derzeit stattfindende Transformationsprozess in der Energiebranche nicht allein, sondern nur gemeinsam gemeistert werden kann.

Gleich geblieben ist hingegen der Zeithorizont bis zum Markthochlauf. Hier liegen wir nach wie vor bei fünf Jahren. Während es in den vergangenen Jahren noch hieß, H₂-Lkw würden ab 2025 in Serie gebaut, brachten Vertreter*innen der Fahrzeugindustrie sehr deutlich zum Ausdruck, dass hierzulande mit nennenswerten Stückzahlen frühestens 2029 zu rechnen sei. Anders sieht es in Asien aus: Refire warb beispielsweise damit, bereits heute 5.000 Brennstoffzellensysteme pro Jahr bauen zu können.

Immerhin bekannte sich Dr. Matthias Jurytko, CEO von Cellcentric, sowohl zu H₂-Technik als auch zum Standort Deutschland, indem er sagte: „Viele reden von Fabriken – wie bauen eine.“ Weiter stellte er klar: „Wasserstoff wird der

Treiber sein für den Langstreckenverkehr.“ Gleichzeitig räumte er jedoch ein: „Ein Anstieg der Stückzahlen wird erst 2029/30 kommen.“

Ungefähr zur gleichen Zeit könnte grauer Wasserstoff aufgrund steigender CO₂-Preise genauso teuer sein wie grüner Wasserstoff, antizipierte Gilles Le Van von Air Liquide.

LEBHAFTER AUSTAUSCH IN DEN FORUMEN

Darüber hinaus erläuterten im Public Forum der Hydrogen + Fuel Cells Europe (s. Abb. 3 u. 4) Aussteller auch in diesem Jahr wieder ihre Neuentwicklungen oder diskutierten mit Gästen aus Industrie und Politik. Etwa darüber, welche Rahmenbedingungen bzw. Anreize hinsichtlich Sektorenkopplung und Flexibilisierung des Energieverbrauchs noch fehlen oder wo und wie man grünen Wasserstoff weltweit in ausreichend großen Mengen erzeugen wird.

Auch die Frage, wie viel Wasserstoff Deutschland selbst produzieren und wie viel von europäischen Nachbarn importiert werden wird, erörterte Moderator Ulrich Walter mit verschiedenen Gästen. Christian Maaß, Leiter der Abteilung Energiepolitik – Wärme und Effizienz im Bundeswirtschaftsministerium (BMWK), berief sich bei seiner Antwort auf Schätzungen, wonach Deutschland knapp die Hälfte seines Bedarfs an klimaneutralem Wasserstoff selbst erzeugen könne, der Rest müsse dann importiert werden.

Auf Nachfrage des Moderators, warum die Elektrolysekapazitäten bis 2030 nicht gleich auf 20 GW hochgesetzt würden, antwortete Maaß: „Mit höheren Zielen wäre ich vorsichtig, da Elektrolyseure viel Strom brauchen.“ Deshalb plädierte er dafür, die Herstellung von grünem H₂ am Ausbau der erneuerbaren Energie auszurichten. Nicht zuletzt um Zielkonflikte zu vermeiden, denn der direkte Verbrauch von Grünstrom solle ja Vorrang haben.

GRÜN ODER BLAU

Für Olaf Lies, den niedersächsischen Wirtschaftsminister, ist blauer Wasserstoff „ein Riesenthema zur Erreichung der Klimaziele“. Angesichts der leidigen Farbdiskussion gab er in Hannover zu bedenken, dass bei Strom keiner nach der Farbe frage. „Das muss bei Wasserstoff auch so kommen“, so der Minister.

Insofern gehe er davon aus, dass große Mengen an grünem Wasserstoff voraussichtlich aus Übersee importiert würden, in Form von Ammoniak, Methan und SAF. Insgesamt werde die Bundesrepublik jedoch rund zehn Prozent der weltweiten H₂-Produktion benötigen, was sie zum Global Player mache.

Ganz anders sieht das Heinrich Gärtner, Gründer und CTO der GP Joule Gruppe. Er zeigte sich überzeugt, „dass wir viel mehr grünen Wasserstoff inländisch herstellen können, als wir heute denken“, und erläuterte: „Wir haben bereits ein großes Potenzial an erneuerbaren Energien, und dieses wächst weiter an. Damit nimmt auch die Menge an Überschussstrom zu, die man zur Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse nutzen kann.“ Das sei nicht nur sinnvoll, sondern auch notwendig. Das entlaste die Netze und ermögliche lokale Wertschöpfung. Seiner Ansicht nach braucht Deutschland nur einen winzigen Teil seiner Fläche, um den gesamten Bedarf an regenerativer Energie selbst herzustellen. „Wir haben alles hier: die Technik und die Infrastruktur.“

KOOPERATION IM EUROPÄISCHEN RAUM Werner Diwald, Vorsitzender des Deutschen Wasserstoff-Verbands, sagte: „Die EU-Mitglieder sollten unsere Hauptimportländer sein, nicht zuletzt um die gegenseitigen Beziehungen zu stärken und die Stabilität innerhalb der Europäischen Union zu unterstützen.“ Er äußerte sich zudem optimistisch, dass es mit dem Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft schnell gehen könne, sowie es einen Markt und entsprechende Geschäftsmodelle gebe. Ähnliches habe man ja auch schon bei den erneuerbaren Energien gesehen. Man solle nicht vergessen: Die ganze Welt brauche grünen Wasserstoff. Deutschland habe deshalb große Konkurrenz, denn auch die anderen Länder machten sich mit ihren jeweils eigenen H₂-Strategien auf den Weg, so Diwald.

Dass der anvisierte Transformationsprozess längst im Gange ist, bewiesen die anwesenden Politiker mit teils beeindruckenden Zahlen: So sprach Olaf Lies über 30 Großgaskraftwerke in Niedersachsen, die H₂-ready gemacht werden sollen. Und seine Kollegin Mona Neubaur, Wirtschaftsministerin aus Nordrhein-Westfalen, kündigte 200 Wasserstofftankstellen bis 2030 an. „Wir setzen die Infrastruktur passgenau in die Region.“ Sie beteuerte, NRW solle die erste CO₂-neutrale Industrieregion werden.

NORWEGEN ALS PIONIER FÜR GRÜNE INDUSTRIETRANSFORMATION Das Partnerland Norwegen war mit einem eigenen Pavillon zu den Themenbereichen Energie, Prozessindustrie, Batterie- und Ladelösungen sowie Digitalisierung in Halle 12 und auch auf dem orangefarbenen Teppich der H₂-Messe vertreten – mit dem Slogan „Pioneering the Green Industrial Transition“. Als Energieproduzent und Vorreiter in Sachen E-Mobilität sieht sich das skandinavische Land als eine Art Katalysator, um den grünen Wandel hin zu einer kohlenstoffarmen Gesellschaft zu beschleunigen. Etwa bei der Entwicklung im Bereich regenerativer Energien und dem Einsatz digitaler Lösungen, um die Industrie auf Netto-Null zu trimmen, wie der H₂-Experte und ehemalige LBST-Mitarbeiter Ulrich Büniger erläuterte, der im „Ruhestand“ Norwegian Energy Partners (Norwep) berät. Ziel sei, ab 2030 etwa vier Prozent des europäischen Importbedarfs von schätzungsweise zehn Millionen Tonnen Wasserstoff selbst zu produzieren.

„Norwegen und Deutschland sind wichtige Handelspartner, und wir sind eine strategische Industriepartnerschaft



Abb. 3: Dr. Jurytko (l.): „Es wird keinen Langstreckenfernverkehr ohne Wasserstoff geben.“



Abb. 4: Zahlreiche politische Vertreter*innen standen Rede und Antwort

HERMES STARTUP AWARD: AND THE WINNER IS ...

Wie jedes Jahr prämierte die Messe ein besonders innovatives Unternehmen, das nicht älter als fünf Jahre ist. Für 2024 ging der Hermes Startup Award an Archigas aus Rüsselsheim. Das Unternehmen erhielt den Award für einen feuchtigkeitsresistenten Sensor zur Messung von Wasserstoff. Das Prinzip, das gemeinsam mit der Hochschule RheinMain entwickelt wurde, basiert nach Angaben des Herstellers auf einer verbesserten Messung der Wärmeleitfähigkeit auf einem Mikrochip. Die innovative Technologie zeichne sich durch „Miniaturisierung, robustes Design, kurze Messzeiten und vielfältige Einsatzmöglichkeiten“ aus, lobte Prof. Holger Hanselka, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft und Vorsitzender der Jury des Hermes Startup Awards. Archigas sei ein „exzellentes Beispiel für innovationsgetriebene Unternehmen“, welche die Grundlage schafften, um die Wasserstoffwirtschaft zu verwirklichen.

für erneuerbare Energien und grüne Industrie eingegangen“, sagte der norwegische Handels- und Industrieminister Jan Christian Vestre zur Eröffnung der Messe. „Wir hoffen, dass die norwegische Präsenz auf der Hannover Messe diese enge Zusammenarbeit zwischen unseren beiden Ländern weiter stärken wird.“

Durch das EWR-Abkommen sei Norwegen vollständig in den europäischen Binnenmarkt integriert, so dass Handel und Investitionen nahtlos zwischen Norwegen, Deutschland und den anderen Ländern der Europäischen Union fließen. Während der Messe schloss die Bundesrepublik mit dem skandinavischen Partner außerdem ein Abkommen zur Speicherung von Kohlendioxid (Carbon Capture and Storage, CCS).

Einen Großauftrag konnte der norwegische Hersteller von Wasserstoffspeichersystemen, Hexagon Purus, verkünden. Ab dem zweiten Quartal 2024 wird er H₂-Tanks an das Berliner Unternehmen Home Power Solutions (HPS) liefern, das nach eigenen Angaben den weltweit ersten Ganzjahres-Stromspeicher für Gebäude entwickelt hat. Das Picea-System wird vorrangig in Einfamilienhäusern in Kombination mit PV-Modulen eingesetzt. Überschüssiger Solarstrom, der vor allem im Sommer anfällt, wird mithilfe eines Elektrolyseurs in grünen Wasserstoff umgewandelt, der in Hochdrucktanks von Hexagon gespeichert wird. Im Winter dient dieser dann zur Rückverstromung. Auf diese Weise lassen sich Gebäude nach Angaben von HPS ganzjährig mit Sonnenenergie versorgen. „Unsere Hochdruck-Wasserstofftanks sind flexibel und skalierbar, deshalb eignen sie sich für ein breite Palette von Anwendungen“, etwa solche wie bei HPS, sagte Matthias Kötter, Geschäftsführer des Standorts in Weeze.

KREATIVITÄT UND ERFINDERGEIST

IN HALLE 13 Eine Produktinnovation präsentierte zum Beispiel SFC Energy mit dem EFOY H₂PowerPack X50, einer Pilotreihe für das bisher leistungsstärkste Brennstoffzellensystem mit bis zu 200 kW im Clusterbetrieb. Diese jüngste Entwicklung bietet dem Nutzer nach Angaben des BZ-Spezialisten aus Bayern eine kontinuierliche elektrische Ausgangsleistung von 50 kW. Es können jedoch bis zu vier dieser H₂PowerPacks zusammengeschlossen werden, um eine Leistung von 200 kW zu erreichen. Ausgestattet ist die umwelt- und klimafreundliche Alternative zu Dieselgeneratoren mit Standard-400-V-AC-Anschlüssen, einer integrierten Lithium-Batterie sowie einer 300-bar-Wasserstoffschnittstelle.

Der Betrieb ist nach Herstellerangaben emissionsfrei, es werden weder CO₂, Kohlenmonoxid, Stickoxide noch Feinpartikel ausgestoßen. Als Einsatzgebiet kommen beispielsweise die Notstromversorgung von Krankenhäusern oder Kommunikations- bzw. IT-Anlagen, die mobile Stromversorgung von Baustellen und Veranstaltungen oder eine kontinuierliche Stromversorgung von autarken Unternehmen infrage. „Mit dem Vorstoß in höhere Leistungsklassen reagiert SFC Energy auf eine entsprechend hohe Marktnachfrage“, teilte das im Jahr 2000 gegründete Unternehmen mit Hauptsitz Brunenthal bei München mit. Die Serienherstellung und Markteinführung sind für Anfang 2025 geplant.

LHYFE BAUT AUS Wie der Wasserstoffhochlauf aus Sicht des mittlerweile in elf europäischen Ländern operierenden Lhyfe-Konzerns aussieht, berichtete Luc Gararé, der den Geschäftsbereich für Mittel- und Osteuropa leitet: „Wir skalieren gerade unsere Produktion hoch.“ Die Philosophie des 2017 gegründeten Wasserstoffpioniers beschreibt er folgendermaßen: „Wir starten klein, lernen, wachsen, lernen wieder, wachsen weiter und skalieren dann auf.“ Nachdem das Unternehmen in Frankreich mit einer Elektrolysekapazität von einem Megawatt begonnen habe, liege die nun bei 10 MW.

Zurzeit sind sechs Produktionsanlagen für grünen Wasserstoff geplant bzw. im Bau: Drei in Frankreich, drei in Deutschland. „Und es werden immer mehr.“ Eine 10-MW-Anlage befindet sich in der niedersächsischen Hafenstadt Brake (Unterweser) im Bau. Dort sollen jährlich bis zu 1.150 Tonnen an

14



Abb. 5: Honda zeigt sein neues BZ-System



Abb. 6: Der diesjährige H2 Eco Award ging an den Energiepark Bad Lauchstädt

grünem H₂ erzeugt werden, das an regionale Kunden aus dem Industrie- und Mobilitätssektor geht. Den Bezug von Grünstrom hat sich das Unternehmen durch langfristige Stromverträge (PPA) mit Betreibern von Windparks und Photovoltaikanlagen gesichert.

Eine weitere 10-MW-Anlage ist seit Herbst 2023 in Schwäbisch Gmünd, Baden-Württemberg, im Bau und soll in der zweiten Hälfte dieses Jahres in Betrieb gehen – mit einer Produktion von bis zu vier Tonnen grünem Wasserstoff pro Tag. Noch in der Entwicklung ist der Plan, bis 2029 eine 800-MW-Anlage im vorpommerschen Lubmin in Betrieb zu nehmen, die auf dem Gelände des stillgelegten Atomkraftwerks errichtet werden soll. Der künftig dort erzeugte Wasserstoff könnte nach Angaben von Lhyfe in das entstehende Wasserstoffnetz eingespeist werden.

AMEISENSÄURE ALS H₂-SPEICHER Auch außerhalb der Halle 13 ging es viel um Wasserstoff. An manchen Ständen sah es aus wie in einem Chemielabor, mit blubberndem Wasser in Glasgefäßen oder einer trüben Nährlösung in transparenten Bioreaktoren. Damit zeigte Festo in Halle 7 seine neueste Errungenschaft in Sachen H₂-Speicherung: die sogenannte BionicHydrogenBattery (s. Abb. 7). Darin enthalten sind Bakterien aus dem zentralafrikanischen Kivusee, die in einem natürlichen Prozess Wasserstoff in Ameisensäure umwandeln. In dieser chemisch gebundenen Form lässt sich Wasserstoff vergleichsweise einfach speichern und transportieren. Und auch klimafreundlicher, denn ein energieintensives Komprimieren entfällt ebenso wie das Kühlen auf -253 °C, um Wasserstoff zu verflüssigen. Die Bedingungen, unter denen die Mikroorganismen ihren Dienst tun, sind moderat: Sie brauchen eine Temperatur von 65 °C und einen Druck von 1,5 bar.

Normalerweise leben die Bakterien namens *Thermoanaerobacter kivui* im Schlamm unter Sauerstoffabschluss (anaerob). Sie besitzen ein Enzym, mit dem sie Wasserstoff und Kohlendioxid in Ameisensäure (CH₂O₂) umwandeln können. Zudem können sie den Prozess auch umkehren. Die Grundlagenforschung auf diesem Gebiet leistete das Team um Volker Müller, Professor an der Goethe-Universität Frankfurt und Leiter der Abteilung Molekulare Mikrobiologie und Bioenergetik, mit dem das Bionic-Projektteam von Festo nach eigenen Angaben eng zusammenarbeitet.

 **hy-fcell**
International
Expo and Conference

Hydrogen.
Fuel Cells.
Future.

8-9 OCT
2024
Messe
Stuttgart

Change happens -
right here, right now.

hy-fcell is one of the leading international trade fairs and conferences for hydrogen and fuel cell technology. Discover innovations, expand your network and meet industry leaders - welcome to hy-fcell 2024!

Get your
ticket
now!



For more Information
scan the QR Code or
visit our website:
www.hy-fcell.com



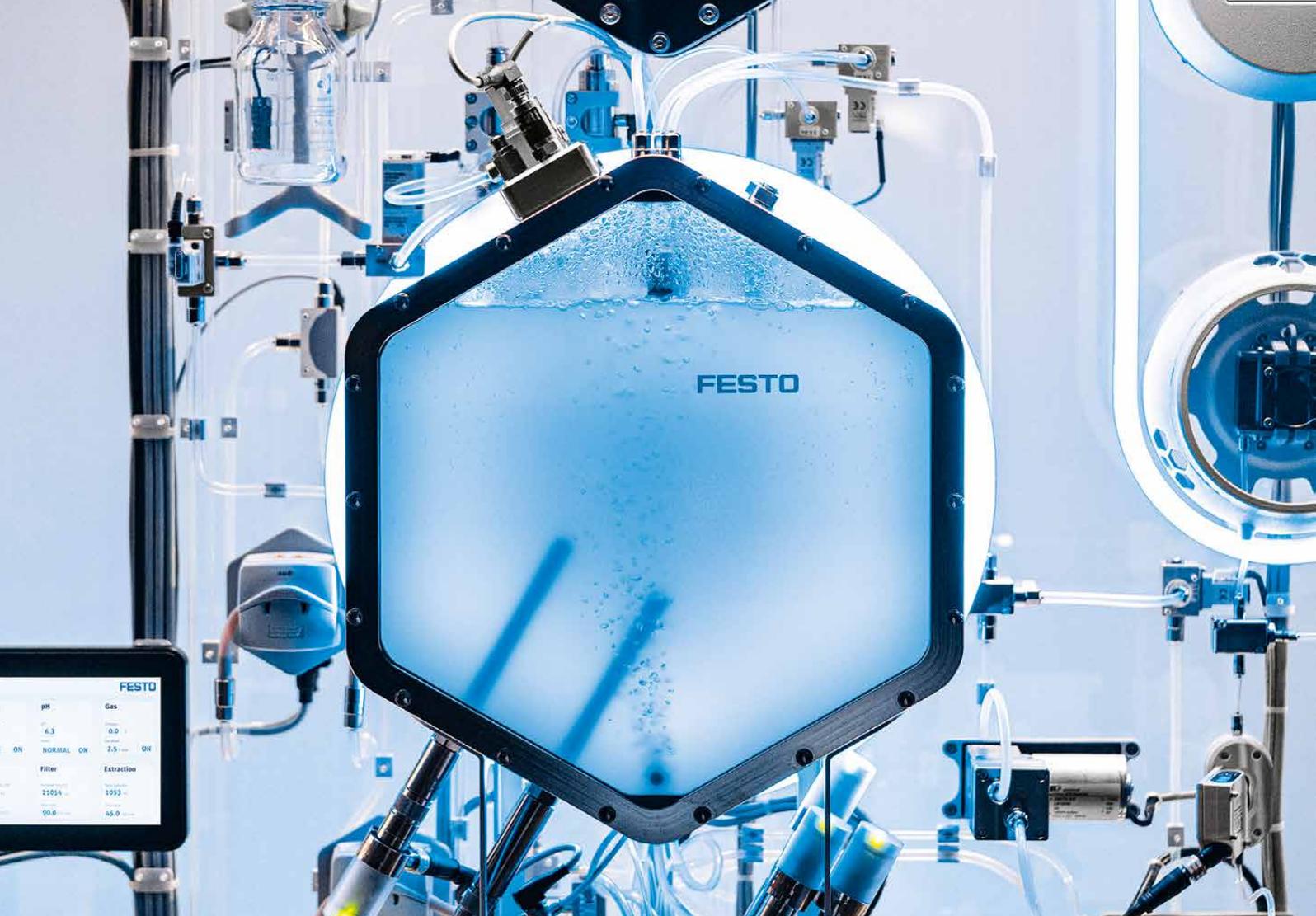


Abb. 7: Der Kultivierungsreaktor der BionicHydrogenBattery von Festo [Quelle: Festo]

Das Spannende an diesem biologischen Prozess sei aus ökonomischer Sicht nicht nur die Geschwindigkeit der Reaktion, sondern auch, dass die Bakterien als Katalysatoren fungieren: „Sie werden nicht verbraucht“, erklärt das auf Automatisierungstechnik spezialisierte und weltweit tätige Unternehmen, das 1925 in Esslingen gegründet wurde. „Der Prozess lässt sich mit genügend Regenerationsphasen beliebig wiederholen – ganz im Sinne eines Kreislaufs.“ Da die Reaktion in beide Richtungen ablaufen kann, sind Bakterien dieser Art in der Lage, Ameisensäure am Zielort

wieder in Wasserstoff und Kohlendioxid zu zerlegen. CO₂ kann dann zum Beispiel in der Getränkeindustrie eingesetzt werden.

POSITIVES FAZIT Auf der Abschluss-Pressekonferenz zog Jochen Köckler erwartungsgemäß eine positive Bilanz: Mehr als 130.000 Besucher aus über 150 Ländern trafen auf 4.000 Aussteller aus 60 Ländern. 40 Prozent der Besucher kamen aus dem Ausland: die meisten aus China und den benachbarten Niederlanden, dann folgten die USA, Korea und Japan. Gunnhild Brumm von der norwegischen Wirtschaftsförderungsorganisation Innovation Norway freute sich über gute Geschäfte und Vertragsabschlüsse: „Kurz gesagt: Es hat sich super gelohnt! Es war ein richtiger Boost für uns. Wir kommen gerne wieder.“ Natürlich nicht noch mal als Partnerland, denn das ist im nächsten Jahr Kanada. •

INTERNATIONAL NEWSLETTER

ON HYDROGEN AND FUEL CELLS



H₂international

E-JOURNAL ON HYDROGEN AND FUEL CELLS

www.h2-international.com

„Wir legen den Grundstein für die H₂-Wirtschaft der Zukunft. [...] Bei künstlicher Intelligenz (KI) ist die Geschwindigkeit an einigen Stellen zu hoch, bei Wasserstoff brauchen wir unbedingt mehr Tempo.“

*Dr. Jochen Köckler,
Vorstandsvorsitzender Deutsche Messe*

NACHHALTIGER MESSEBETRIEB

Messen sind ein kurzlebiges Geschäft: viel Aufwand für wenige Stunden, viel Energie, um kurze Zeit zu glänzen, viel Material, das danach entsorgt wird. Insbesondere wenn es dort um nachhaltige Themen geht, wirkt es häufig inkonsequent, so viele Ressourcen zu verbrauchen. Über diesen Widerspruch sprach HZwei mit Benjamin Low von Sustainable Trade Events Partnership (STEP). **Interviewer:** Sven Geitmann



Abb.: Benjamin Low [Quelle: STEP]

HZwei: Sie haben jahrelange Erfahrung im Messebetrieb. Was war für Sie der Grund, quasi die „Fronten zu wechseln“?

Low: (lacht) Die Fronten gewechselt habe ich noch nicht, aber genau weil ich die Herausforderungen hier kenne und nach wie vor in der Messebranche aktiv bin, hatte ich das Gefühl, ich

könnte etwas Positives bewirken. Alle Industrien haben die Herausforderung vor sich, sich auf den Weg zur „Klimaneutralität“ zu machen, und der Weg ist noch lang. Ich bin der Überzeugung, dass man, wenn man Teil einer Branche ist, viel effektiver etwas bewirken kann, weil man die Herausforderungen nicht von außen betrachtet, und ganz anders mit den Leuten reden kann.

Kann man also eher sagen, dass Sie die Messebranche transformieren wollen?

Low: Die Messebranche ist eine riesige Industrie mit vielen Stakeholdern. Von daher scheue ich mich ein bisschen zu sagen, dass wir die komplette Branche transformieren können, aber wir wollen auf jeden Fall Aufmerksamkeit auf das Thema lenken sowie Abhilfe schaffen. Für die erste Zeit haben wir die Energiemessen in Deutschland und Europa ins Visier genommen, da wir hier sehr gute Kontakte haben und Vertrauen genießen, aber natürlich auch, da das Thema Nachhaltigkeit als Messethema hier eine immer wichtige Rolle spielt. Es ist von daher nur konsequent und authentisch, dass die Messen dies beim Messebetrieb und -bau widerspiegeln.

Worum geht es genau – in wenigen Worten?

Low: STEP wurde von mir zusammen mit dem weltweit etablierten Marktforschungs- und Zertifizierungsinstitut EUPD Research ins Leben gerufen, um eine gemeinsame Plattform für Messeveranstalter, Aussteller, Verbände und Medien zu

schaffen, die sich aktiv für klimaneutrale und abfallfreie Messen und Kongresse einsetzen möchten. Wir sagen, dass STEP das Dach für die drei Säulen unserer Arbeit ist: die Messeveranstalter, Aussteller und Dienstleister. Das Fundament der drei STEP-Säulen ist dann die Zertifizierung und Auszeichnung. Hier werden mit den beteiligten Stakeholder-Gruppen Evaluationsstandards entwickelt, welche die Basis bilden, um die Leuchttürme der nachhaltigen Messebranche zu zertifizieren und auszuzeichnen.

Aber wie wird denn daraus ein Geschäftsmodell?

Low: Geschäft stand und steht nicht im Vordergrund, aber wir müssen uns auf jeden Fall refinanzieren, da es sonst keinen Sinn ergibt, so viel Zeit und Energie in das Projekt reinzustecken. Deswegen bieten wir für Aussteller und Messeveranstalter Mitgliedschaften und Beratungen an und in Ergänzung Zertifizierungen für nachhaltige Vorreiter und Dienstleistungen. Hier ist die über 20-jährige Erfahrung der EUPD Research extrem wertvoll.

In München auf der „The smarter E“ sammeln Sie derzeit erste Erfahrungen. Wie läuft es an?

Low: Ganz interessant – wir lernen sehr viel! Wir haben zum ersten Mal den Sustainable Exhibitor Award ausgerufen, und es ist spannend zu sehen, wo die Unternehmen bzw. Aussteller stehen. Alle The-smarter-E-Aussteller können an unserer „Sustainable Exhibitor Quick-Check“-Befragung teilnehmen. Nach Erreichung des Mindest-Scores müssen noch Belegdokumente eingereicht werden, um den Prozess abzuschließen. Erfolgreichen Bewerbern werden dann auf der The smarter E die Siegel als „Sustainable Exhibitor“ überreicht. Hier unterscheiden wir noch mal zwischen Silber- und Goldstandard.

Was steht als Nächstes an?

Low: Wir sind im Gespräch mit ein paar sehr namhaften Veranstaltern und Messemarken und würden sehr gerne unsere Beratungs- sowie Awards-Leistungen auf anderen Messen und Messeplätzen fortsetzen. Wir sehen die Awards als eine gute Gelegenheit, um auf das Thema aufmerksam zu machen, da man in dem Prozess bereits einen Überblick darüber bekommt, wo man steht und was noch zu tun ist. Bisher haben wir noch keine Wasserstoffmesse im Programm, hoffen aber, das in nächster Zeit ändern zu können. •



Abb. 1: Großes Forum beim Summit und ...

18

Beeindruckende Größe und Professionalität

ROTTERDAM ETABLIERT SICH ALS H₂-DREHSCHLEIBE

Eine ganz andere Liga als die Hannover Messe oder die hy-fcell in Stuttgart: Der World Hydrogen Summit & Exhibition in Rotterdam zeigte vom 13. bis zum 15. Mai 2024, wo es im H₂-Eventsektor hingehen kann. Ähnlich wie bei der Hydrogen Technology Conference & Expo in Bremen organisierten die Veranstalter ein großes, professionelles Branchen-Gathering, von dem die meisten Teilnehmenden beeindruckt, wenn nicht sogar begeistert waren, so dass man sich fragt, warum die Messe nur zwei Tage dauerte. **Autor:** Sven Geitmann

Auf dem Parkett der Ahoy-Arena ging es an beiden Tagen nicht nur rührig zu, sondern geradezu aufgedreht, quirlig, lebendig, und alles sprühte nur so vor Energie. Volle Gänge, intensiver Austausch und lautes Stimmengewirr – nicht nur bei den abendlichen Standpartys. Eine ganz andere Dimension als auf den meisten bisherigen Events, insbesondere auf deutschen Veranstaltungen. Selbst langjährige Messegänger zeigten sich angetan angesichts dieser laut Veranstalterangaben „weltweit größten“ Ausstellung mit dem Schwerpunkt Wasserstoff.

Bemerkenswert war sowohl die Anzahl der einheimischen Aussteller als auch die der teilweise sehr großen Landesvertretungen (insg. 20), nicht zuletzt dank der Unterstützung der niederländischen Regierung als Mitveranstalter des Events. Mit eigenen Ständen waren beispielsweise Australien, Andalusien, Chile, Finnland, Indien, Japan, Kanada, Korea, Marokko, Namibia, Norwegen, Oman, Südafrika und Uruguay dabei. Der VDMA hatte einen eigenen PtX-Gemeinschaftsstand, zudem waren auch einige deutsche Unternehmen anzutreffen, häufig allerdings mit ihren niederländischen Vertretungen.

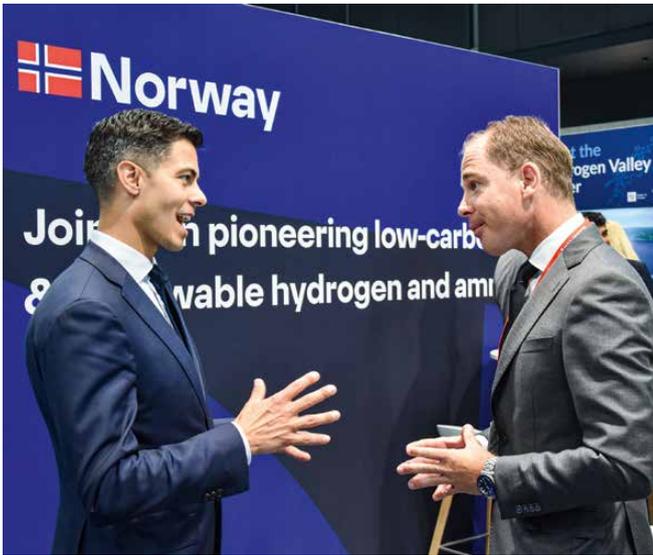


Abb. 3: Unter den Messebesuchern war auch der niederländische Energieminister Rob Jetten (l.), hier am Norwegen-Stand im Gespräch mit Maurice Adriaensen, Direktor bei DNV Energy Systems

Unter den Ausstellern war auch Hilux, ein Toyota-Tochterunternehmen, das einen umgebauten Pick-up vorstellte. Der Prototyp, von dem mittlerweile insgesamt zehn Exemplare gebaut wurden, verfügt über ein BZ-System des Mirai 2 anstelle des Dieselaggregats sowie drei H₂-Druckgasbehälter, die hinter dem Fahrersitz unterflur installiert sind, während auf der Beifahrerseite der Akku sitzt. Derzeit befinden sich die Fahrzeuge bei Kunden im Test, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieses Modell tatsächlich Serienreife erlangt.

Den Hydrogen Transport Award des SEC gewann in diesem Jahr das australische Unternehmen Fortescue mit seinem ammoniakbetriebenen Schiff. Die Green Pioneer gilt als erstes Schiff seiner Art, das für die Verwendung von Ammoniak in Kombination mit Diesel als Schiffskraftstoff zertifiziert wurde. Mark Hutchinson, CEO von Fortescue Energy, sagte: „Die Green Pioneer ist ein Beweis für unsere Lieferfähigkeit und unser Engagement und zeigt die Zukunft von grünem Ammoniak als Schiffskraftstoff. Unsere Arbeit hört hier aber nicht auf. Wir rufen nun Regulierungsbehörden, Häfen und Institutionen auf, sich uns anzuschließen,

um die Einführung von Ammoniak als Schiffskraftstoff zu beschleunigen. Lassen Sie uns gemeinsam grüne maritime Knotenpunkte und Korridore schaffen und damit eine neue Ära der nachhaltigen Schifffahrt einläuten.“

GROSSE, PROMINENT BESETZTE KONFERENZ Ähnlich wie in Hannover gab es zwei Präsentationsforen, wo in Form von Vorträgen über aktuelle Entwicklungen informiert wurde, und eine wirklich beeindruckend große dreitägige Konferenz, die sowohl von der Prominenz der Redner als auch von der Anzahl der Teilnehmer her deutsche Kongresse locker in den Schatten stellt. (Irritierend war lediglich, dass nicht alle Konferenzgäste davon wussten, dass die Messe nicht an allen Tagen parallel lief.) Darüber hinaus gab es ein Africa Hydrogen Forum sowie die Verleihung des World Hydrogen Awards.

BESUCH AUS NEW MEXICO Bemerkenswert war der Besuch der Gouverneurin von New Mexico: Michelle Lujan Grisham erschien mit einem Begleittross sowie Wirtschaftsvertretern in den Niederlanden, um für die Ansiedlung potentieller Interessenten auf den reichlich verfügbaren Flächen New Mexicos zu werben. Der bislang von Öl und Gas geprägte US-Bundesstaat setzt ganz bewusst auf den Transformationsprozess, um so eine neue Perspektive für das Land sowie die vielen im Energiesektor arbeitenden Menschen zu schaffen.

Während eines Vor-Ort-Gesprächs mit HZwei legte die Gouverneurin detailliert dar, dass New Mexico bestens für die Energiewende gewappnet sei und auch keine Befürchtungen hinsichtlich eines Präsidentschaftswechsels habe, sollte es darauf im November 2024 hinauslaufen. Das ausführliche Interview folgt im HZwei-Heft Oktober 2024. •

Emma White, Marketingchefin des britischen Veranstalters sustainable energy council (sec), sprach gegenüber HZwei von mehr als 15.000 Messe- und mehr als 2.000 Konferenzgästen (erscheint eine Person an drei Tagen, wird sie dreifach gezählt) sowie von 500 Ausstellern, die ihre Produkte bzw. Dienstleistungen präsentierten. Auf der Hydrogen Technology Conference & Expo in Bremen waren vergangenes Jahr rund 550 Aussteller und mehr als 10.000 Besucher.



Abb. 2: ... auf der Messe mit Teilnehmenden aus Australien und der ganzen Welt.

PORT OF ROTTERDAM WIRD GRÜN UND BLAU

„Wie schnell können wir die Energiewende umsetzen?“ Diese Frage stellt sich seit geraumer Zeit der Hafen Rotterdam (Port of Rotterdam), der größte europäische Seegüterumschlagplatz. In der Vergangenheit – und auch heute noch – war das riesige Industrieareal von der Öl- und Gaswirtschaft geprägt. Unter anderem sind dort vier große Raffinerien angesiedelt, die jetzt dekarbonisiert werden müssen. Boudewijn Siemons, CEO und COO der Port of Rotterdam Authority, erklärte: „Wenn es elektrisch geht, sollte es so gemacht werden – ansonsten mit Wasserstoff.“

Autor: Sven Geitmann

20



Abb. 1: Holland Hydrogen 1 soll bis 2030 fertig werden

Um diesen Transformationsprozess voranzubringen, widmet sich die Hafengesellschaft gemeinsam mit dem Gasversorger Gasunie zunächst der Infrastruktur, denn „infrastructure is an enabler“, wie Gasunie-CEO Willemien Terpstra erklärt. Eines der Hauptvorhaben ist ein neues Pipeline-System – für Wasserstoff und Kohlendioxid. Der Neubau des Hydrogen Backbones (H₂) sowie des Porthos-Rohrsystems (CO₂) startete im Oktober 2023 mit dem ersten Spatenstich durch den niederländischen König Willem-Alexander.

Maßgebliche Unterstützung erhält der Hafen von politischer Seite. „Ich sehe eine Regierung, die wirklich daran arbeitet, Hemmnisse aus dem Weg zu räumen“, so der Hafenchef. Davon profitiert auch Deutschland, wohin ein Großteil der an-

gelieferten Energie weitergeleitet wird. Dementsprechend sehen die Niederlande die Bundesrepublik als Hauptabnehmer auch für Wasserstoff – insbesondere Nordrhein-Westfalen.

Die Zeit des Wartens ist vorbei, denn 2030 werden große Kohlekraftwerke im Hafen abgeschaltet (s. Abb. 2). Die Eliminierung von CO₂-Emissionen aus fossilen Energien ist aber nur ein Pfad, um bis 2030 den Kohlendioxidausstoß um 55 Prozent zu reduzieren. Neben der Effizienzsteigerung werden auch negative CO₂-Emissionen nötig sein, entstehendes Kohlendioxid muss also per CCS (carbon capture & storage) eingelagert werden. „Wenn wir CO₂-Emissionen reduzieren wollen, kommen wir an CCS nicht vorbei“, so Siemons.

Ziel ist die CO₂-Neutralität bis 2050. Bis dahin sollen die bislang rund 100 Mio. t Rohöl, die jährlich in Rotterdam eingeführt werden, durch andere Medien ersetzt werden. So sollen rund 15 Mio. t Öl durch 20 Mio. t Wasserstoff substituiert werden, wobei rund 90 Prozent des benötigten Wasserstoffs importiert werden wird.

Auf Nachfrage, wie lang denn die anvisierte „temporäre Nutzung von blauem Wasserstoff“ andauern könnte, kommt eine deutliche Antwort: „Dekaden.“ Blauer Wasserstoff beziehungsweise „low-carbon hydrogen“, wie er und andere nicht grüne H₂-Zusammensetzungen seit einiger Zeit genannt werden, soll als Initialzündler zum Aufbau einer H₂-Wirtschaft herhalten. Dabei dürfte schon heute klar sein, dass die damit verbundenen Lock-in-Effekte erheblich sein werden, da die investierten Milliarden über mindestens 15 Jahre abgeschrieben werden sollen.

Dabei stellt die CO₂-Gewinnung (capture) nur einen Teil der zu bewältigenden Aufgabe dar. Einem Gasstrom geringe Mengen Kohlendioxid zu entnehmen ist noch relativ einfach und effizient, aber je größer der Prozentsatz werden soll, desto aufwändiger wird es. Erste Erfahrungen in die-



Abb. 2: Das hinter dem Umspannwerk befindliche Kohlekraftwerk wird bis 2030 abgeschaltet

sem Bereich liegen im Hafen vor: So wird dort beispielsweise bereits CO₂ „gecapturet“ und in Treibhäusern für ein besseres Pflanzenwachstum genutzt. Ulrich Bünger vom Energieberatungsunternehmen LBST ist dennoch skeptisch und erklärte in Rotterdam, CCS sei noch längst nicht da, wo es hingestellt werde. Es lägen „kaum Erfahrungen“ vor, so der Energieexperte, während der Eindruck vermittelt werde, die Technologie sei erprobt.

INFRASTRUCTURE IS KEY Für die Infrastruktur und deren Betreiber ist es egal, wie der Wasserstoff erzeugt wurde. Terpstra sagte dazu: „Wir sind bereit, jede Farbe zu transportieren.“ Dementsprechend hat Gasunie bereits vergangenes Jahr die finale Investitionsentscheidung für den Pipelinebau getätigt, obwohl bislang erst fünf Prozent der Kapazität verkauft seien, wie die erst seit März 2024 in diesem Amt befindliche Gasunie-Chefin erläuterte. Entscheidend sei dabei natürlich das starke Commitment der Regierung gewesen, die sich zu 50 Prozent an den Kosten beteiligt. Gemeinsam wolle man bis 2030 das Rohrsystem, das dann 10 GW an Leistung bereitstellen kann, fertigstellen.

Auf HZwei-Nachfrage, wie denn der Wasserstoff nach Rotterdam transportiert werde, nannte Boudewijn Siemons

alle Optionen: Ammoniak, Methanol, LH₂ und LOHC – keine Variante werde von Beginn an ausgeschlossen. Auf Nachhaken hin, ob die Hafengesellschaft denn große Mengen Ammoniak sicher handeln könne, zögerte Siemons zunächst kurz, erwiderte dann aber selbstsicher: „Ja, ich denke, das können wir. Da bin ich ziemlich sicher.“ Gleichzeitig räumte er jedoch ein, es eigne sich „nicht jeder Ort im Hafen“.

Da schon seit langem Ammoniak tanks im Hafen vorhanden sind, existiert auch bereits entsprechende Expertise. Geplant ist, die Speicherkapazitäten für Ammoniak in den nächsten Jahren gegenüber 2023 zu verdreifachen. Eine derartige Veränderung bei den Kraftstoffen und Energiespeichermedien dürfte allerdings das Erscheinungsbild des weltweit elftgrößten Hafens gar nicht so wesentlich verändern, sind sich die Betreiber sicher. Auch wenn die Medien andere werden, werden viele Installationen ähnlich aussehen wie bisher. So ist bereits heute klar, dass auch eine Infrastruktur für LOHC und LH₂ aufgebaut wird. Entsprechende Partnerschaften mit Chiyoda und Hydrogenious bestehen bereits.

200-MW-ELEKTROLYSEUR VON SHELL Das Highlight im Hafen ist aber Holland Hydrogen 1 (s. Abb. 1), ein 200-MW-Elektrolyseur, der so dimensioniert ist, dass der mithilfe von Windkraftanlagen erzeugte grüne Wasserstoff dann die bisher im Port benötigte Menge grauen Wasserstoffs ersetzen kann. Der benötigte Strom wird aus einem 759-MW-Offshore-Windpark (Hollandse Kust Noord) nördlich von Rotterdam bezogen, der direkt angebunden ist. Damit alle EU-Regularien erfüllt werden, wird die H₂-Produktion (ca. 20.000 t pro Jahr) dem jeweiligen Windangebot folgen, auch wenn dies bedeutet, dass die Elektrolyseure nicht 24/7 durchlaufen können.

Für dieses Vorhaben, für das bereits die finale Investitionsentscheidung gefallen ist, erhielt Shell den diesjährigen Green Hydrogen Project Award während des Summits. Das Areal, auf dem die insgesamt zehn 20-MW-Elektrolyseurmodule von ThyssenKrupp nucera installiert werden sollen, ist sogenanntes „proclaimed land“, wurde also der Nordsee abgerungen. Früher war dort, wo der Konversionspark aufgebaut wird, Wasser. Bis zur Inbetriebnahme dürfte es allerdings noch bis Ende des Jahrzehnts dauern. Perspektivisch könnte dann auch noch Holland Hydrogen 2 folgen,

WASSERSTOFF

SEMINARE UND WEITERBILDUNGEN 2. HALBJAHR 2024

► Seminar
Brennstoffzellen

17.09.2024 – 18.09.2024, Essen
www.hdt.de/VA24-01399

► Hybrid-Seminar (Online Teilnahme möglich)
**Wasserstoff-
verbrennungsmotor –
Grundlagen, Potential und
Herausforderungen**

19.09.2024, Essen
www.hdt.de/VA24-01454

► Hybrid-Seminar (Online Teilnahme möglich)
Wasserstoff für Anwender

November 2024, Essen
www.hdt.de/VA24-01125

► Hybrid-Seminar (Online Teilnahme möglich)
**Wasserstoff-Infrastruktur –
Besondere Anforderungen
bei der Mobilität**

Randbedingungen, Möglichkeiten, technische Besonderheiten, Herausforderungen

26.11.2024 – 27.11.2024, Essen
www.hdt.de/VA24-01464



www.hdt.de/wasserstoff



Abb. 3: Shell-Raffinerie im Hafen von Rotterdam

ein zweites Areal mit ebenfalls 200 MW. Bis 2030 könnten es bereits 2 GW sein.

Die derzeit im Entstehen begriffene entsprechende H₂-Pipeline verbindet dann die H₂-Produktionsstätte mit den verschiedenen Raffinerien und anderen Abnehmern. Ausreichend Wind für eine grüne Wasserstoffproduktion ist in Rotterdam vorhanden. Allein auf dem Hafengebiet sind 300 MW Windkraft installiert. Da dies mehr Strom ist, als benötigt wird, wurde bereits ein großer stationärer Akkumulator installiert, um zumindest einen Teil dieses Grünstroms zwischenspeichern zu können.

Die Wasserstoffrohre messen 1,2 m (48 Inch) im Durchmesser und werden mit 30 bis 50 bar beaufschlagt. Der Neubau der ersten 30 Kilometer quer durch den Hafen kostet 100 Mio. Euro. Das gesamte H₂-Backbone-Netz innerhalb der Niederlande (1.100 km) wird voraussichtlich 1,5 bis 2 Mrd. Euro teuer. 85 Prozent des zukünftigen H₂-Pipelinesystems werden allerdings aus umgenutzten Gasröhren bestehen.

Parallel erfolgt der Bau der CO₂-Pipeline Porthos. Dieses Rohrsystem verbindet zahlreiche Standorte im Hafen mit der

vor der Küste gelegenen Plattform, über die dann das Kohlendioxid in unterseeische Gasfelder eingespeist werden soll.

FUTURE LAND INFORMIERT ÜBER H₂-AKTIVITÄTEN Um über all diese Aktivitäten informieren zu können, hat der Hafen „Future Land“ eingerichtet, eine Anlaufstelle für Touristen, Schulklassen, Presse und Investoren, wo diese Antworten auf ihre Fragen zur Zukunft des Hafens erhalten. Das Informationszentrum liegt genau unterhalb der weltweit größten Windkraftanlage. Die Haliade-X 13 ist 260 m hoch und leistet 14 Megawatt. Sie ist für Offshore-Windparks in der Nordsee konzipiert, wird aber zunächst noch, seit 2021, an Land getestet und kann sechs Millionen Haushalte mit Strom versorgen. •

Bezüglich der Tatsache, dass ein Drittel der in Deutschland benötigten Energie über Rotterdam ins Land kommt, erklärte Ursula von der Leyen, Präsidentin der Europäischen Kommission: „Wenn es dem Hafen von Rotterdam gut geht, geht es der europäischen Wirtschaft gut.“

22



Abb. 4: Die H₂-Rohre (schwarz) und die CO₂-Rohre (weiß) liegen mitunter nur 40 cm voneinander entfernt

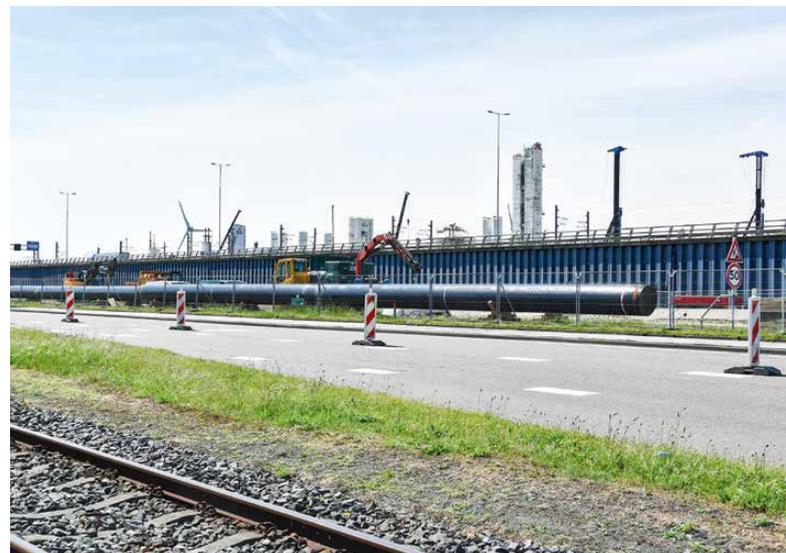


Abb. 5: Die H₂-Rohre für den Hydrogen Backbone liegen parat und werden gerade unter die Erde gebracht

FLÜSSIGER HOFFNUNGSTRÄGER

Viele der Technologien für den H₂-Transport sind bislang noch nicht ausgereift. Forscher und Industrie arbeiten daran, eine sichere H₂-Distribution über große Entfernungen zu entwickeln, auch weil Deutschland in großem Stil auf H₂-Importe angewiesen sein wird. Neben Ammoniak haben flüssige organische Wasserstoffträger (LOHC) gute Chancen auf einen Einsatz in Projekten und der Industrie. Denn sie könnten die konventionelle Infrastruktur von Öltanks und Tanker nutzen. **Autor:** Niels H. Petersen



Abb. 1: So könnte es aussehen: eine LOHC-Speicheranlage in einem Hafengebiet [Foto: Hydrogenious LOHC]

Das englische Kürzel LOHC steht für Liquid Organic Hydrogen Carriers. Dabei wird Wasserstoff chemisch und reversibel an eine flüssige organische Trägersubstanz gebunden. Das können beispielsweise Toluol, Benzyltoluol oder Dibenzyltoluol sein. Als LOHC werden organische Verbindungen bezeichnet, die Wasserstoff aufnehmen und wieder abgeben können und daher als Speichermedien für Wasserstoff ver-

wendet werden können. Alle verwendeten Verbindungen sind unter Normalbedingungen flüssig und verfügen über ähnliche Eigenschaften wie Rohöl und dessen Derivate. Der Vorteil: LOHC kann in flüssiger Form in der bestehenden Infrastruktur genutzt werden.

In der Regel wird Wasserstoff gasförmig bei hohem Druck von 700 bar oder in flüssiger Form und bei extremen Temperaturen von minus 253 °C in Spezialbehältern gespeichert und transportiert. Beide Wege sind jedoch technisch aufwändig und teuer. LOHC bieten hier eine reizvolle Alternative. Ein Vorteil: Eine direkte Nutzung von LOHC, beispielsweise in Brennstoffzellen zur Stromerzeugung, macht die Handhabung von Wasserstoff als Gas unnötig. „Die Technologie erlaubt deshalb eine besonders günstige und sichere Versorgung von mobilen und stationären Energieverbrauchern“, erklärt Daniel Teichmann, CEO und Gründer von Hydrogenious.

TRÄGERMEDIUM WIEDERVERWENDEN Diese Technologie verbraucht die fossilen Rohstoffe nicht oder nur marginal. Sie können wie in einem geschlossenen Kreislauf immer wieder eingesetzt werden. Der Prozess funktioniert dabei in zwei Phasen: Bei der Hydrierung wird der Wasserstoff in Gegenwart eines Katalysators an flüssige organische Wasserstoffträger gebunden, und bei der H₂-Freigabe, also der Dehydrierung, wird das Gas unter Wärme und mit einem Katalysator wieder freigesetzt. Die beladene Trägerflüssigkeit kann bei Umgebungsdruck und ungekühlt gelagert werden. Für den Transport können daher konventionelle Öltanks und Tanker genutzt werden. Wenn der Wasserstoff freigesetzt wird, muss die entladene Trägerflüssigkeit jedoch wieder an den Ort der Beladung mit Wasserstoff zurückgeführt werden. Konkret heißt das: Das Schiff oder der Tanker würde vollgeladen im Kreis fahren.

LOHC sind deshalb eine große Hoffnung für den H₂-Transport über lange Strecken. Das TransHyDE-Projekt auf Helgoland erforscht zum Beispiel die gesamte Transportkette von der Bindung von Wasserstoff an LOHC bis zur Trennung. Derzeit werden die Projekte nur experimentell oder kleinskalig umgesetzt.



Abb. 2: LOHC könnte H₂-Transporte über große Entfernungen vereinfachen [Grafik: Projektträger Jülich]

Fest steht jedoch, dass für jede Form der Speicherung und des Transports von Wasserstoff, Ammoniak, LOHC und weiteren wasserstoffbasierten Energieträgern auch geeignete Rahmenbedingungen nötig sind. TransHyDE analysiert daher den systemischen Rahmen und identifiziert Gestaltungsbedarfe. Die Ergebnisse münden dann in Handlungsempfehlungen. Diese enthalten unter anderem den Anpassungsbedarf bei Standards, Normen und Zertifizierungsoptionen von Wasserstoffspeicher- und -transporttechnologien.

Die LOHC-Technologie ist auch Bestandteil des Wasserstoffbeschleunigungsgesetzes der Bundesregierung: Denn die nationale Wasserstoffherstellung erfolgt sowohl durch Anlagen zur elektrolytischen Erzeugung von Wasserstoff als auch durch die Aufspaltung und Dehydrierung von Ammoniak und hydrierten flüssigen organischen Wasserstoffträgern. Der Koalitionsvertrag sowie die Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie sehen die Verdopplung des nationalen Ausbauziels der Elektrolyseleistung von 5 auf mindestens 10 GW bis zum Jahr 2030 vor.

Aber das wird bei weitem nicht reichen. Deutschland wird H₂-Importe benötigen. LOHC könnten dabei eine wichtige Rolle spielen. So wurde die neue Nationale Hafenstrategie (NHS) in engem Zusammenspiel mit der Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie entwickelt. In der NHS geht die

Bundesregierung davon aus, dass bis zum Jahr 2030 bis zu 70 Prozent des Wasserstoffbedarfs durch Importe gedeckt werden, die hauptsächlich per Schiff erfolgen werden.

TRÄGERMATERIAL BENZYLTOLUOL Die LOHC-Technologie von Hydrogenious könnte für den Seetransport von Wasserstoff besonders interessant sein: Denn sie nutzt die bestehende Infrastruktur für flüssige Brennstoffe in den Häfen und kann mit Tankschiffen oder Lastkähnen transportiert werden. Dies ist ganz im Sinne der Nationalen Hafenstrategie, die darauf abzielt, nachhaltige Konzepte für die Wiederverwendung konventioneller Infrastruktur zu schaffen.

Hydrogenious setzt das schwer entflammable Thermoöl Benzyltoluol als Trägermedium ein. Nach Einschätzung des Unternehmens gelingt so eine effiziente Speicherung, insbesondere in dicht besiedelten Hafengebieten (z. B. Rotterdam, s. S. 20). In LOHC gespeicherter Wasserstoff kann bei Umgebungstemperatur und -druck gehandhabt werden und hat ein mit Diesel vergleichbares Gefahrenpotenzial, beschreibt Andreas Lehmann, Chefstrategie (neudeutsch Chief Strategy Officer) bei Hydrogenious LOHC.

Das Unternehmen sieht durch LOHC die Mängel der bestehenden Methoden behoben. Diese seien weniger entflammbar und billiger zu transportieren als flüssiger Wasserstoff, der hochexplosiv ist, stark verdampft und kostspielige Behälter und eine neue, spezielle Infrastruktur erfordert. Der zurückgewonnene Wasserstoff habe zudem eine hohe Reinheit, anders als nach der Rückverwandlung von Methanol.

Das Unternehmen Hydrogenious aus Erlangen beteiligt sich auch an verschiedenen Forschungsprojekten: Im Projekt LOReley wollen Fachleute aus Industrie und Forschung den Prozess der H₂-Freisetzung, also die Dehydrierung, optimieren. „Um den Wasserstoff freizusetzen, braucht es Reaktionsbeschleuniger, also Katalysatoren, und Temperaturen von bis zu 330 Grad Celsius“, erklärt Forscher Dr. Patrick Schühle von der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU, s. Abb. 3). Dem Prozess muss die ganze Zeit Wärme zugeführt werden. „Je weniger Wärme man für den Prozess bereitstellen muss, desto effizienter wird die gesamte LOHC-Technologie, weil man Energie spart.“

LORELEY ENTWICKELT PLATTENREAKTOR Bislang wurde für die Dehydrierung ein Reaktor mit Rohren verwendet, in die wenige Millimeter große Pellets geschüttet wurden. Die Pellets bestehen aus porösem Aluminiumoxid, in welchem das eigentliche Aktivmetall Platin abgeschieden ist. Wird der mit Wasserstoff beladene LOHC mit den Pellets in Kontakt gebracht, setzt sich das H₂ frei. Die Forscher im Projekt LOReley haben nun einen neuen Ansatz gewählt und setzen auf einen Plattenreaktor auf Basis von Wärmetauschern, die man sonst aus Heizungen, Kühlschränken oder Industrieanlagen kennt.

Einen weiteren Vorteil gegenüber dem bisherigen Vorgehen sehen die Wissenschaftler darin, dass der Katalysator fest mit der Platte verbunden ist. „Im Schüttreaktor können die Pellets aneinanderreiben, und so kann es sein, dass der Katalysator als Pulver abgerieben ist. Im Projekt LOReley haben wir jetzt eine katalytische Schicht entwickelt, die eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischem Abrieb und Vibrationen aufweist“, erklärt Chemieingenieur Schühle.

Im Projekt haben die Fachleute das neue Katalysator-Reaktor-Konzept im Labor und in den Räumlichkeiten der beteiligten Firma Hydrogenious LOHC Technologies, einer Ausgründung der FAU, getestet. Rund 1.000 Stunden lief der neue Plattenreaktor stabil. Zudem zeigte sich, dass mit diesem

24



Abb. 3: Dr. Patrick Schühle arbeitet zu LOHC an der Uni Erlangen-Nürnberg [Foto: FAU]



Abb. 4: In dieser Plattendehydrieranlage wurde Wasserstoff freigesetzt [Foto: Hydrogenious LOHC]

innerhalb von 15 Minuten die Wasserstofffreisetzungsrate verdoppelt werden konnte. „Die Wärme wird nicht erst vergleichsweise langsam über das gesamte Volumen des Reaktors gebracht, sondern gezielt und direkt an die Katalysatorschicht“, sagt Schühle. Diese Flexibilität im dynamischen Betrieb ist in Gaskraftwerken oder in der Schifffahrt durchaus relevant.

Schühle und Kollegen haben ihren Ansatz in vergleichsweise kleinem Maßstab testen können. Der Reaktor bestand aus zehn Platten. Im nächsten Schritt muss der Demonstrator wachsen, um ihn im Realbetrieb an einem Standort einzusetzen, wo der Wasserstoff auch gebraucht wird. Erst dann

könnte man sagen, wie gut der Reaktor bei der Wärmeeffizienz im Vergleich zum Standardreaktor sei. LOHC bieten viele Chancen. Ob alle Hoffnungen erfüllt werden können, muss das LOReley-Projekt, aber auch die Technologie insgesamt erst noch zeigen. •

TRANSPORT PER SCHIFF UM 20 PROZENT TEURER

Laut einer Analyse von Aurora Energy Research sind Transporte per Schiff nach Deutschland grundsätzlich mindestens um 20 Prozent teurer als ein Pipelinetransport: Demnach kommt verflüssigter Wasserstoff aus Spanien auf 4,35 Euro und aus Marokko auf 4,58 Euro pro Kilogramm. Bei einem Transport mittels flüssiger organischer Wasserstoffträger (LOHC) oder Ammoniak wären es aus Spanien rund 4,57 Euro pro Kilogramm und aus Marokko rund 4,70 Euro, einschließlich der Kosten für die Rückumwandlung in gasförmigen Wasserstoff in Deutschland. Für Importe aus Australien und Chile kommt generell nur der Schiffstransport infrage. Sie erreichen Wettbewerbsfähigkeit nur dann, wenn der Wasserstoff als Ammoniak transportiert wird. Dann liegen die Kosten demnach bei 4,84 bzw. 4,86 Euro pro kg. All diese Werte bewegen sich innerhalb der Spanne der Herstellungskosten in Deutschland. Es käme also auf den konkreten Einzelfall an, welcher Weg wettbewerbsfähig ist. Bei Wasserstoff aus den Vereinigten Arabischen Emiraten wäre der günstigste Transport ebenfalls der in Form von Ammoniak; mit 5,36 Euro pro Kilogramm wäre dieser aber im Vergleich zur heimischen Produktion nicht wettbewerbsfähig.



VENTILTECHNIK, SENSORIK & AUTOMATION.

Für eine saubere Zukunft mit Wasserstoff.

Flüssigkeiten und Gase in der Wasserstofferzeugung smart sowie absolut sicher steuern, regeln, messen? Schon seit über 20 Jahren genau unser Ding.

Das praxisbewährte Produkt oder doch die individuell entwickelte Speziallösung? Wir können beides.

Skalierungsfähige Prozesskomponenten? Unser Versprechen an Sie.

We make ideas flow.

www.buerkert.de/wasserstoff



bürkert
FLUID CONTROL SYSTEMS

GRÜNER WASSERSTOFF AUF HOHER SEE

Wie man die Produktion von grünem Wasserstoff schon in wenigen Jahren stark hochfahren und diesen unabhängig vom Aufbau des H₂-Kernnetzes zügig im Land verteilen könnte, erläuterte Jens Cruse, Schiffbauingenieur, Ende Januar dieses Jahres vor Fachpublikum in Hamburg. **Autorin:** Monika Röföiger



Abb. 1: So könnte die Wasserstoffgewinnung auf hoher See aussehen [Quelle: Jens Cruse]

Autarke, schwimmende Windkraftanlagen, in europäischen Gewässern platziert, sollen das vor allem in der Industrie zur Defossilisierung benötigte Gas direkt auf der Plattform per Elektrolyse aus entsalztem Meerwasser herstellen und an die Trägersubstanz LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier – s. auch S. 23) binden. Shuttle-Tankschiffe, wie sie in der Ölindustrie seit langem üblich sind, könnten die wertvolle Fracht dann beispielsweise im Monatsrhythmus an Land bzw. in den nächstgelegenen Hafen transportieren.

Jens Cruse, der sich nach Jahren in der Forschung mit einem eigenen Unternehmen selbständig gemacht hat, zählt die Vorteile der direkten H₂-Erzeugung auf hoher See auf: „Durch so ein Modell lassen sich bis zu 50 Prozent der Investitionskosten sparen, weil weder Strom- noch Gasleitungen verlegt werden müssen.“ Auch entfällt der teure Netzanschluss, was die gesamten Prozesse beschleunige, denn man müsse nicht langwierige Genehmigungsverfahren abwarten. Auch die Betriebskosten verringern sich, wenn man nicht an ein Leitungssystem gebunden ist. Die sogenannten Off-

shore-H₂-Generatoren sollen dort zum Einsatz kommen, wo viel Wind weht, und das beinahe rund um die Uhr.

„Dafür muss man nicht bis Patagonien, Namibia oder Australien reisen“, sagt der Gründer und Geschäftsführer der Cruse Offshore GmbH. „Das haben wir in Europa direkt vor der Haustür, insbesondere vor den Küsten von Norwegen, Irland und Schottland.“ Die heutzutage noch relativ teuren Elektrolyse-Anlagen könnten dort das ganze Jahr über laufen, mit einem Maximum an frei zu erntender Windenergie.

AUF JEDEN FALL KOSTENGÜNSTIGER Wasserstoff auf dem Meer zu erzeugen, indem man den Elektrolyseur in die Windkraft-Anlage integriert, würde sogar noch weniger Kosten verursachen als die Wasserstoffherzeugung in einem Offshore-Windpark, der über ein Stromkabel mit der Anlage zur Wasserspaltung verbunden ist. Ein Vorteil der integrierten Lösung besteht auch darin, dass der Niederspannungs-Gleichstrom aus der Windenergieanlage direkt vom Elektrolyseur genutzt werden kann. Das spart schon mal die Umwandlung von Strom sowie die damit verbundenen Verluste ein. Der Transport von Wasserstoff via Pipeline ist bekanntermaßen kostengünstiger als die Weiterleitung des Stroms über Trassen. Durch eine direkte Verbindung des Elektrolyseurs mit der Windenergieanlage entfallen zusätzlich die Grundkosten, die man ansonsten etwa für eine Plattform auf See oder eine Landfläche zum Abstellen des Containers mit der Elektrolyse-Anlage einkalkulieren müsste.

Im Modell habe die schwimmende Anlage stärksten Belastungen getrotzt, erklärt Professor Moustafa Abdel-Maksoud, Leiter des Instituts für Fluidodynamik und Schiffstheorie an der Technischen Universität Hamburg (TUHH), der mit seinem Team Simulationen zur Optimierung der Anlage für extreme Wetterverhältnisse auf See und Tests im Wind- und Wellenkanal der TUHH durchgeführt hat. Nicht einmal eine mehr als 16 Meter hohe simulierte Welle habe die Funktionsweise des Systems beeinträchtigt. „Das System funktioniert einwandfrei, und es rechnet sich“, sagt Moustafa Abdel-Maksoud. „Wir sind technisch und wissenschaftlich in der Lage, das zu realisieren.“ Mit der innovativen Technik vermeide man zudem die Flächenkonkurrenz zu konventionellen Offshore-Windparks und sei für die H₂-Produktion unabhängig von Überschussstrom.

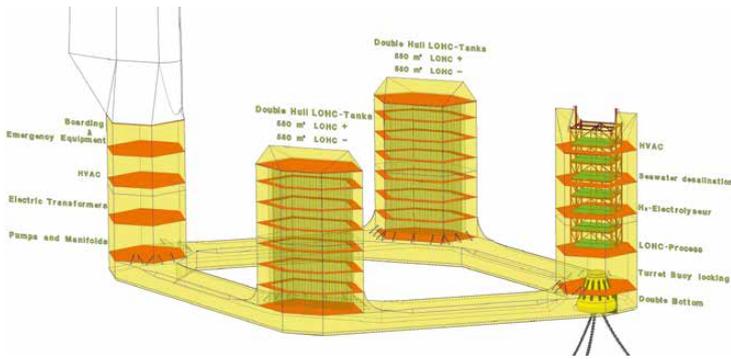


Abb. 2: Diese Skizze zeigt, wo die notwendigen Anlagen untergebracht sind [Quelle: Jens Cruse]

TECHNISCH UND ÖKONOMISCH MACHBAR Nach Jahren der Vorarbeiten und wissenschaftlichen Tests plant Cruse jetzt mit einem Konsortium den Bau einer 5-MW-Anlage, die Windkraft, Meerwasserentsalzung, Elektrolyse und H₂-Speicherung in LOHC miteinander kombiniert. Das geschieht im Rahmen des dreijährigen Forschungsprojektes ProHyGen, das vom Bundeswirtschaftsministerium (BMWK) unterstützt wird [1]. Dabei handelt es sich um ein Verbundvorhaben, an dem sich außer der Cruse Offshore GmbH und der TUHH auch die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, der Maschinen- und Getriebebauer Renk und das auf die Verarbeitung von Rohöl-Derivaten spezialisierte Unternehmen H&R beteiligen.

Dass die Erzeugung von grünem Wasserstoff auf schwimmenden Anlagen ökonomisch und technisch machbar ist, darauf weist auch ein anderes, ebenfalls vom BMWK gefördertes Projekt des Fraunhofer ISE hin [2]. Dessen Konzept sieht ebenfalls den Transport des klimaneutralen Gases per Schiff vor, allerdings nicht an LOHC gebunden, sondern in Drucktanks gespeichert, in denen der Wasserstoff auf 500 bar komprimiert ist.

Der 5-MW-Prototyp von ProHyGen soll in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) zum Einsatz kommen. Das Fundament des geplanten H₂-Offshore-Generators wird aus vier Auftriebskörpern (engl. floater) bestehen, die unter Wasser verbunden und mit Ballastwasser gefüllt sind. Als Material werden Stahlbleche wie beim Schiffbau verwendet. Einer der Körper trägt die Windkraftanlage, ein anderer beherbergt eine Anlage zur Entsalzung von Meerwasser sowie einen Elektrolyseur und eine Komponente zur Einspeicherung des Wasserstoffs in LOHC. Darunter befinden sich eine Drehboje und die Ankertrassen, mit denen der H₂-Offshore-Generator am Meeresboden befestigt wird. Zwei weitere Auftriebskörper bestehen aus doppelwandigen Tanks, in denen die Trägerflüssigkeit LOHC gelagert wird. Das sind normale Öltanks. Auch sonst sei bei diesem Verfahren die bereits vorhandene Öl-Infrastruktur nutzbar, betont Cruse und verweist auf die Schienen und Wasserwege, welche schon heute die Industriehäfen mit industriellen Standorten verbinden. Hamburg zum Beispiel biete da be-

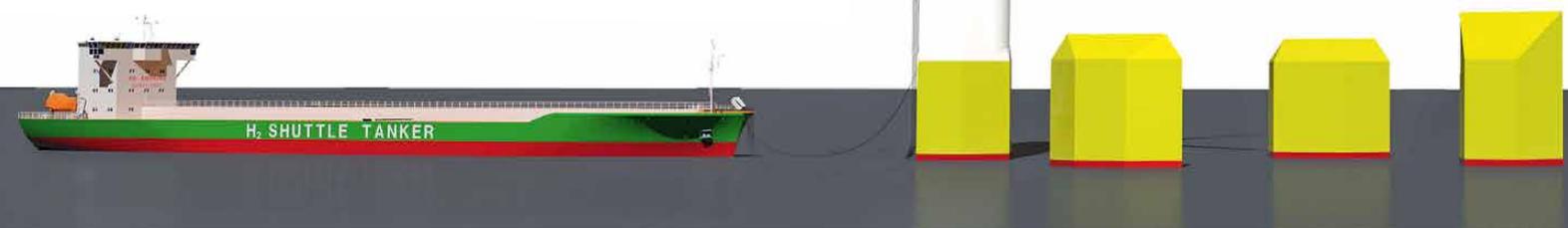
Abb. 3: Der in LOHC gebundene grüne Wasserstoff kann per Schiff an Land transportiert werden [Quelle: Jens Cruse]

ste Voraussetzungen, weil im Hafen ansässige Unternehmen der Schwermetall-Produktion bereits als potentielle Wasserstoff-Abnehmer infrage kämen. Außerdem können die Tanks mit dem an das Trägeröl gebundenen Wasserstoff per Zug oder Binnenschiff bis tief ins Hinterland weiterverteilt werden, so wie das derzeit noch mit fossilen Energieträgern geschieht. Dieses seit langem bewährte Transportnetz reicht bis in die europäischen Nachbarländer. Eine funktionierende Infrastruktur ist zudem ein wichtiges Kriterium für einen schnellen Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft.

INVESTOREN GESUCHT „Nach der Erprobung des Prototyps soll die Anlage im Laufe des Jahres 2025 auf 15 MW hochskaliert und in Serie hergestellt werden“, erläutert Jens Cruse, der das Verfahren zum Patent angemeldet hat und für die industrielle Verwertung des Konzeptes zuständig ist. Das weitere Ziel des Verbundprojektes „ProHyGen“ ist die Planung von Offshore-H₂-Parks im Gigawatt-Bereich. Wenn alles gut läuft, könnte mit der Installation des ersten 3-GW-Parks, der grünen Wasserstoff erzeugt, in der zweiten Hälfte des Jahres 2027 begonnen werden, so Cruse. „Dazu benötigen wir jedoch finanzstarke Partner, die diese zukunftsweisenden Innovationen begleiten möchten.“ •

Literatur:

- [1] <https://www.tuhh.de/fds/research/current/modular-ship-assist-1>
- [2] <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presse-informationen/2023/wasserstoffherzeugung-auf-dem-meer-fraunhofer-ise-entwickelt-konzept-fuer-wasserstoffherzeugung-auf-einer-offshore-plattform.html>



FRUST MACHT SICH BREIT

Die verheißungsvolle Stimmung von 2023 ist dahin. Stattdessen regiert Verunsicherung. Grund dafür ist unter anderem die 60-Mrd.-Euro-Lücke im Bundeshaushalt, die – wie befürchtet – Auswirkungen auf diverse Vorhaben hat. Hinzu kommt die Bonhoff-Affäre, die dazu führte, dass das Bundesverkehrsministerium quasi einen Förderstopp erließ und seitdem rein batterieelektrisch unterwegs ist. Auch die gesamtwirtschaftliche Lage mit minimalem Wachstum lässt derzeit nicht gerade Zuversicht aufkeimen. **Autor:** Sven Geitmann

28



Abb. 1: Heimspiel für Minister Olaf Lies auf der Hannover Messe

„Vor zwei Jahre haben wir in Berlin noch über eine All Electric World diskutiert. Jetzt ist klar, wir brauchen beide – Moleküle und Elektronen.“ Mit diesen Worten hat der niedersächsische Wirtschaftsminister Olaf Lies auf der diesjährigen Hannover Messe zwar gut zusammengefasst, wo wir heute stehen. Auf politischer Ebene scheint dies aber

noch nicht bei allen angekommen zu sein. Anders lässt sich der Quasi-Förderstopp für H₂-Aktivitäten derzeit kaum erklären.

Der brandenburgische Wirtschaftsminister Prof. Jörg Steinbach brachte es im Mai 2024 in Neuruppin auf den Punkt: „Wir steuern derzeit teilweise in die falsche Richtung.“ Es werden immer weniger Elektroautos verkauft, stattdessen wird lebhaft diskutiert, ob das Verbrenner-Ausrichtig war. Der Einbau von Wärmepumpen schwächelt, stattdessen werden verstärkt Ölbrenner installiert. Und der CO₂-Preis, der 2022 schon mal bei über 90 Euro pro Tonne lag, fiel Anfang des Jahres auf rund 55 Euro (Mai 2024: ca. 70 Euro). Dabei bräuchte Wasserstoff einen Mindestpreis von schätzungsweise 100 Euro, um rentabel werden zu können.

Finale Investitionsentscheidungen (FID – final investment decision) werden daher, insbesondere in Deutschland, kaum gefällt (auch wenn etliche Rahmenbedingungen verbessert wurden, s. HZwei-Heft April 2024), was Auswirkungen hat. Steinbach sagte dazu: „Unsere Unternehmen haben zum Teil die Marktführerschaft verloren.“

GEEIGNETE FÖRDERINSTRUMENTE GEFORDERT Der Deutsche Wasserstoff-Verband e.V. (DWV) fordert deswegen ein „EEG für H₂“ – also einen vergleichbaren Förderrahmen wie damals beim Erneuerbare-Energien-Gesetz, an dem sich auch der US-amerikanische Inflation Reduction Act (IRA) orientiert. Der DWV-Vorsitzende Werner Diwald möchte darüber die von der Bundesregierung anvisierten „10 GW Elektrolyseurkapazitäten in den Markt bringen“, auch wenn heute schon klar ist, dass selbst diese nicht ausreichen werden.

Es gibt zwar Förderinstrumente, aber die reichen entweder nicht oder passen der Industrie nicht. Die IPCEI-Vorhaben (Important Projects of Common European Interest) der EU-Kommission benötigten bislang extrem lange bis zur Bewilligung, weshalb damalige Rahmenbedingungen teils nicht mehr gelten und einige Projekte nicht mehr wirtschaftlich erscheinen. Außerdem handelt es sich hier um Investitionszuschüsse, die für eine betriebskostenintensive H₂-Produktion als nicht ausreichend gelten. Neben einer CAPEX- sei auch eine OPEX-Förderung erforderlich, heißt es seit Monaten aus der Branche.

Zwar könnten auch Gelder aus den Klimaschutzverträgen genutzt werden, aber einige Unternehmen sehen dies kritisch. Kilian Crone vom Energy Hub Wilhelmshaven erklärte gegenüber dem Handelsblatt: „Sie geben zwar den Abnehmern, also den energieintensiven Industrieunternehmen, Sicherheit für ihre Investitionen, aber als Basis für die Wasserstofflieferanten, also für eine Investition in einen Elektrolyseur, reichen sie nicht.“ In Wilhelmshaven, wo 5,5 der geplanten 10 GW Elektrolyseurkapazitäten aufgebaut werden sollen, fordert man daher „eine zusätzliche Anschubförderung für den Betrieb von Elektrolyseuren“ in Höhe von 40 Mrd. Euro.

Der niedersächsische Wirtschaftsminister Olaf Lies spielte den Ball allerdings zurück an die Industrie und erklärte, ihm fehle ein stärkeres Bekenntnis der Wirtschaft. Es sei zwar „jetzt echt Substanz da“, aber es benötige „eine stärkere Fokussierung“.

Die Industrie sieht dies naturgemäß ganz anders und versucht, sich bemerkbar zu machen. So initiierte die Clean Energy Partnership (CEP) ein gemeinsames Statement mit dem DWV (s. nächste Seite).

WIRTSCHAFTSWEISE GRIMM GEGEN DEN RAT Eine ganz neue Dimension erhält die Förderdebatte derzeit zudem, da sich darüber erstmals öffentlich auch der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (SVR – die Wirtschaftsweisen) entzweit. Veronika Grimm gab kürzlich ein Minderheitsvotum zugunsten von H₂-Nfz ab, während sich vier Ratsmitglieder für eine rein batterieelektrische Förderung aussprachen. Laut taz befürchtet Grimm im Falle einer Konzentration auf die Batteriemobilität, dass Deutschland im Bereich der Entwicklung von Brennstoffzellen für Mobilitätsanwendungen „technologisch möglicherweise unwiederbringlich hinter die internationalen Wettbewerber zurückgeworfen“ wird.

Dieses Votum habe nichts damit zu tun, dass sie einen Aufsichtsratsposten bei Siemens Energy übernommen habe oder im Vorstand des Zentrums Wasserstoff Bayern (H2.B) sei, so die Professorin der TU Nürnberg. Minderheitsvoten gab es auch schon früher, allerdings nicht in Verbindung mit derartigen Compliance-Vorwürfen. Ihr gehe es allein um eine weniger riskante, mehrgleisige Positionierung Deutschlands, so Grimm. Und die Bundesregierung, die der Sachverständigenrat beraten soll, habe das Mandat als unbedenklich bewertet. Gegenüber der WirtschaftsWoche erklärte sie: „Beim Ausbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Pkw und Lkw an Autobahnen entstehen Anforderungen an das Stromnetz und immense Flächenbedarfe. [...] Ob die realisierbaren Infrastrukturen den Anforderungen der Verkehre gerecht werden können, steht in den Sternen.“

KABINETT LEGT H₂-BESCHLEUNIGUNGSGESETZ VOR

Ob das Wasserstoffbeschleunigungsgesetz, das am 29. Mai 2024 vom Bundeskabinett verabschiedet wurde, da noch viel helfen kann, bleibt abzuwarten. Denn bevor dieses in Kraft tritt, müssen sich zunächst noch der Bundesrat und dann der Bundestag mit dem Gesetzentwurf befassen. Ziel soll sein, rechtliche Weichen für den beschleunigten Auf- und Ausbau der Infrastruktur für die Erzeugung, die Speicherung sowie den Import von Wasserstoff zu stellen.

Robert Habeck, Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz, erklärte: „Eine leistungsfähige Wasserstoffinfrastruktur ist von entscheidender Bedeutung für die Dekarbonisierung der Industrie, die Wasserstoffleitungen werden die Lebensadern der Industriezentren sein. Die Zeit dafür drängt. Damit Elektrolyseure oder Importterminals so zügig wie möglich in Betrieb gehen können, brauchen wir schlankere und vor allem schnellere Planungs- und Genehmigungsverfahren. Mit dem Wasserstoffbeschleunigungsgesetz sind die Weichen nun gestellt. Das Gesetz beseitigt Hemmnisse bei der Zulassung von Infrastrukturvorhaben, die Wasserstoff erzeugen, speichern oder importieren. Das ist ein weiterer Meilenstein auf dem Weg zur Wasserstoffwirtschaft.“

Der Gesetzentwurf zielt auf Änderungen im Umwelt- und Vergaberecht ab. Flankierend sollen Änderungen beim Energiewirtschaftsgesetz, Fernstraßen- und Raumordnungsgesetz sowie bei der Verwaltungsgerichtsordnung hinzukommen. So soll es Höchstfristen für wasserrechtliche Zulassungsverfahren, digitale Genehmigungsverfahren, Erleichterungen für den vorzeitigen Maßnahmenbeginn, beschleunigte Vergabeverfahren, verkürzte Instanzenzüge, beschleunigte Eilverfahren sowie die Verringerung des behördlichen Prüfaufwandes bei der Modernisierung von Elektrolyseuren geben.

Ganz wichtig: Die Infrastrukturvorhaben des Wasserstoffbeschleunigungsgesetzes liegen dann im überragenden öffentlichen Interesse – ähnlich wie bei der Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien. Ergänzend sollen Genehmigungsverfahren für Elektrolyseure durch eine Novelle der 4. Bundesimmissionsschutz-Verordnung (BImSchV) vereinfacht werden und teilweise (< 5 MW) gänzlich entfallen. •

H2REGIONAL-KONZEPT VOM BDWR

Der Bund der Wasserstoffregionen (BdWR) forderte Mitte Mai 2024 eine spezielle Förderung, um den Transformationsprozess insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen zu unterstützen. Dieser Zusammenschluss verschiedener politischer Akteure, die regional H₂-Konzepte umzusetzen versuchen, sieht ein Ungleichgewicht in der bisherigen Förderarchitektur. Denn die wenigen Investitionsentscheidungen, die bisher getroffen wurden, entfallen vorrangig auf die Großindustrie, damit diese ihre Energieversorgung dekarbonisieren kann. Eine „Einbindung von Wasserstoff wird für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und den Verkehrsbereich nicht möglich sein“, befürchten die Bürgermeister*innen sowie Landrät*innen der aktuell über 30 Wasserstoffregionen sowie der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW).



Abb. 2: Volker Wissing [Quelle: Nadja Wohlleben]

Das an Bundesverkehrsminister Volker Wissing überreichte H2Regional-Konzept sieht zielgenaue Impulse vor, die die regionalen Wirtschaftsakteure dazu befähigt, eigene Investitionen in die Transformation zu tätigen. Diese Impulse sollen sowohl bei den Investitionskosten (CAPEX) als auch bei den Betriebskosten (OPEX) ansetzen. Dr. Stefan Kerth, Landrat des Landkreises Vorpommern-Rügen, betonte: „Der in den Regionen verwurzelte Mittelstand ist nicht nur das viel zitierte ‚Rückgrat der deutschen Wirtschaft‘, sondern nach wie vor ein entscheidender Wachstumsmotor. Es liegt auch an der Bundesregierung, diesen Akteuren die wirtschaftlich tragfähige Teilnahme am Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen.“ Prof. Gerald Linke, Vorstandsvorsitzender des DVGW und einer der Sprecher des BdWR, ergänzte: „Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland kann nur gelingen, wenn er regional stattfindet. [...] Jetzt benötigen diese Unternehmen dringend eine für sie maßgeschneiderte Förderkulisse. [...] Von der Stärkung der regionalen Akteure profitiert das ganze Land.“

Interview mit Elena Hof, Paul Karzel und Jörg Starr von der CEP

NUR EIN DRITTEL DER NIP-PROJEKTE WURDE GENEHMIGT

Die Clean Energy Partnership (CEP), ein Zusammenschluss verschiedener Stakeholder, insbesondere aus dem Automobil- und Energiesektor, initiierte ein gemeinsames Statement mit dem Deutschen Wasserstoff-Verband e. V. (DWV) und wandte sich am 27. April 2024 mit eindringlichen Worten an die Bundesregierung. **Interviewer:** Sven Geitmann

OFFENER BRIEF VON DER CEP



Abb.: Jörg Starr, Elena Hof, Paul Karzel (v. l.)
[Quelle: CEP]

Bundesregierung gab es keine offizielle Ankündigung eines Förderstopps. Jedoch wurden wichtige Infrastrukturprojekte immer wieder verschoben. Die Aussage der Regierung, dass keine Haushaltsmittel mehr für die Wasserstoffmobilität bereitgestellt werden und keine neuen Förderprogramme geplant sind, signalisiert einen Stillstand. Die Lage ist ernst, weshalb wir den Dialog mit den Akteuren der Bundesregierung und Ministerien suchen. Unser Ziel: gemeinsam tragfähige und nachhaltige Lösungen finden. Ansonsten ist eine Abwanderung der Wasserstoffindustrie in andere Märkte, also in andere Länder, wie zum Beispiel in den asiatischen Raum, die Folge, was die Stärke des Wirtschaftsstandorts Deutschland gefährdet.

Sie fordern „die sofortige Wiederaufnahme einer verlässlichen Förderung der Wasserstoffmobilität, um die Klimaziele zu erreichen und den deutschen Wirtschaftsstandort zu sichern“. Offiziell gab und gibt es doch gar keinen Förderstopp, nur eine zeitintensive Überprüfung der Sachverhalte. Oder sehe ich das falsch?

CEP: Das ist korrekt. Auch wenn es noch keinen offiziellen Förderstopp gibt, sind die Anzeichen unmissverständlich. Verschobene Infrastrukturprojekte und die Aussage, dass keine weiteren Förderprogramme bereitgestellt werden, deu-

HZwei: Frau Hof, Herr Karzel, Herr Starr, was war aus Ihrer Sicht der Tropfen, der das Fass zum Überlaufen gebracht hat? Warum kommt Ihr offener Brief genau jetzt?

CEP: Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung unseres offenen Briefes an die

ten stark auf die von uns thematisierte Situation hin. Unter diesen Umständen ist es für Unternehmen in Deutschland nicht mehr attraktiv zu investieren. Wir brauchen von der Bundesregierung eine Zusicherung, dass Wasserstoff eine zentrale Rolle in der Energie- und Verkehrswende spielen wird und diese Transformation von Industrie und Politik gemeinsam getragen wird.

Sie bezweifeln also, dass die ursprünglichen Förderinstrumente jemals wieder reaktiviert werden? Gibt es Indizien, die diesen Verdacht nahelegen könnten?

CEP: Wir fokussieren uns auf Fakten. Wir betrachten den aktuellen Status und sehen einen ganz klaren Handlungsbedarf: Es braucht eine zeitnahe Wiederaufnahme einer verlässlichen Förderung der Wasserstoffmobilität. Der momentane Förderstopp trifft die Industrie an einem sensiblen Punkt, an dem sie bereits viel erreicht hat, die Transformation jedoch noch nicht ohne politische Unterstützung schaffen kann. Das ist, was für uns zählt. Jetzt muss investiert werden, auch um zum Beispiel die Anforderungen der AFIR zu erfüllen.

In aktuellen Schreiben der Regierung werden ganz klar batterieelektrische Mobilität und Ladeinfrastruktur gefördert. Der immer insbesondere von der FDP propagierte Ansatz der Technologieoffenheit findet sich momentan nicht wieder. Ist dies Ihre Kritik?

CEP: Unsere Kritik ist, dass durch den aktuellen Kurs leichtfertig Chancen für den Wirtschaftsstandort Deutschland und das Erreichen der Klimaziele verspielt werden. Deutschland nimmt derzeit in Europa eine Vorreiterrolle im Bereich Wasserstoffmobilität ein und setzt weltweite Standards, denen andere Länder folgen. Diese Führungsposition beruht auf einer starken Technologie- und Innovationskraft, die auf einer zentralen Erkenntnis basiert: Wasserstoff ist ein vielseitiger Energieträger, der verschiedene Sektoren wie Industrie, Wärme, Wohnen und Mobilität miteinander verknüpfen und die Stromnetze erheblich entlasten kann. Der Wegfall einer dieser Komponenten, zum Beispiel der Mobilität, gefährdet den weiteren Markthochlauf von Wasserstoff und damit die gesamte Transformation zu erneuerbaren Energien.

Können Sie uns dafür Beispiele nennen?

CEP: Die Industrie plant, bis 2030 über 40.000 Wasserstoff-Lkw auf die Straße zu bringen und bis zu 400 Wasserstofftankstellen zu errichten, was den CO₂-Ausstoß im Verkehrssektor erheblich reduzieren wird, um die in Paris vereinbarten Klimaziele zu erreichen. Unterschätzt werden in diesem Kontext zahlreiche Synergieeffekte mit anderen Branchen: Wenn die Automobilindustrie Brennstoffzellensysteme produziert und damit die Nachfrage nach Elektrolysesystemen erhöht, werden die Kosten durch Skaleneffekte sinken, wovon auch andere Bereiche profitieren. Für Industrien, die Wasserstoff als Rohstoff nutzen wollen, sind sinkende Herstellungskosten eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg. Diese Vernetzung der Sektoren zeigt, wie entscheidend die Integration von Wasserstofftechnologien für die gesamte Energiewende ist.

Sie sagen, dass das aktuelle Aussetzen der Förderung den Hochlauf der Wasserstoffmobilität hemmt und bereits getätigte Investitionen gefährdet. Kennen Sie Projekte, die bereits gecancelt wurden? Können Sie Beispiele nennen?

CEP: Das lässt sich schwer bestimmen, da Projekte erst nach der Zusage veröffentlicht werden. Aber was wir sagen können, ist, dass von den 303 eingereichten Projekten im Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) von 2016 bis 2023 bisher nur 99 genehmigt wurden. Besonders die Förderaufrufe für Wasserstofftankstellen und Elektrolyseure waren stark überzeichnet, was das enorme Interesse und die nun verlorenen Potentiale verdeutlicht. Im Koalitionsvertrag hatte die Bundesregierung die Bedeutung der Wasserstoffwirtschaft deutlich hervorgehoben. Diese Zielsetzung muss jetzt aktiv gestaltet werden, sonst drohen eine Entwertung bereits getätigter Investitionen sowie ein Verfehlen der Klimaziele.

Dazu heißt es häufig, dass die batteriebetriebene E-Mobilität bereits weiter entwickelt sei und mehr Entwicklungspotential aufweise. Was entgegnen Sie darauf?

CEP: Auch hier fokussieren wir uns auf unseren Bereich. Die Clean Energy Partnership steht für Wasserstoffmobilität. Bei uns arbeiten Unternehmen branchen- und sektorenübergreifend am weiteren Markthochlauf der Wasserstoffmobilität. Gemeinsam arbeiten wir an verkehrsträgerübergreifenden Standards. Der Grund? Die Mitglieder der CEP wissen um das enorme Potential von Wasserstoff für die Mobilität, die Verkehrswende, die Energiewende. Das ist, was zählt. Wasserstoff ist ein essentieller Bestandteil einer erfolgreichen Verkehrs- und Energiewende, eröffnet großartige Chancen für den Wirtschaftsstandort Deutschland und ist ein Baustein, um die Klimaziele zu erreichen.

Weiter heißt es, es sei nicht Aufgabe des Staates, sich um den Infrastrukturaufbau zu kümmern. Bei Ladesäulen macht er es indes, bei H₂-Tankstellen jetzt nicht mehr. Wollen Sie eine Bevorzugung oder einfach nur eine Gleichbehandlung?

CEP: Unserer Meinung nach ist es wenig zielführend, hier die Behandlung von Technologien zu vergleichen. Wenn Sie unsere Mitgliederliste ansehen, werden Sie erkennen, dass es durchaus Unternehmen gibt, die auf beide Technologien setzen. Es geht darum, Potentiale zu erkennen und zu nutzen. Wir setzen uns für die Wiederaufnahme einer verlässlichen, zielgerichteten, sinnvollen Förderung für Wasserstoff ein. Für ein konstruktives Miteinander von Politik, Industrie und Wissenschaft.

Wir reden jetzt hier über den Mobilitätssektor. Sehen Sie Parallelen in anderen Energiesektoren?

CEP: Wir sehen hier nicht nur Parallelen, sondern eine regelrechte Symbiose. Die Technologie ist bereit, gleichzeitig gilt es jetzt wichtige Herausforderungen zu meistern, um das nächste Level zu zünden: Im Kontext der Elektrolyse gibt es noch Optimierungspotential und damit Arbeit in der Weiterentwicklung des Systems. Wir wissen zudem, dass in Zukunft, beispielsweise in der Stahlindustrie, große Wasserstoffmengen gebraucht werden. Daher müssen wir jetzt die Systemkosten senken, was nur über einen Massenmarkt möglich ist. Und hier kommt die Mobilität ins Spiel – als Sektor, in dem dieser wichtige, nächste Schritt gegangen werden kann. Das ist der Weg zu einem stabilen Hochlauf und Investition in eine große Produktionsdimension.

Wie sehen Sie Deutschland im weltweiten Vergleich positioniert? Ist China nicht längst als H₂-Leitmarkt enteilt?

CEP: Deutschland hat momentan eindeutig eine Vorreiterrolle inne. Diesen Status könnte Deutschland an Märkte wie China, aber auch USA oder Japan verlieren. Die Folge wäre eine Abwanderung von Know-how und Arbeitsplätzen, was nicht das Interesse der deutschen Industriepolitik sein kann. Wir sollten aus den Fehlern, die wir vor Jahren in der Solarpolitik gemacht haben, lernen. Auch hier war Deutschland nach einer anfänglichen Vorreiterrolle von einer Abwanderung ins Ausland betroffen.

Sie nennen Ihren offenen Brief einen „Appell“. Warum so zurückhaltend, warum keine Forderungen?

CEP: In unserem offenen Brief an die Bundesregierung haben wir mehrere wichtige Forderungen formuliert. Noch wichtiger als diese Forderungen ist es uns jedoch, einen zielführenden Austausch zu initiieren, um jetzt Lösungen zu finden. Inhaltlich fordern wir die Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie, einschließlich aller Maßnahmen zur Förderung von Wasserstoffmobilitätsprojekten und der Fortführung bereits zugesagter Förderungen. Kurzfristige Fördermittelzusagen sollen dabei unterstützen, die AFIR-Zielvorgaben für den Aufbau der europarechtlich verpflichtenden Wasserstoffbetankungsinfrastruktur zu erfüllen. Wir erwarten zudem Initialförderungen für H₂-Schwerlastfahrzeuge, die Einführung eines verlässlichen OPEX-Förderprogramms für den Schwerlastgüterverkehr und eine ministerielle Struktur zwischen Bund und Ländern, die den Hochlauf der Wasserstoffmobilität bis 2030 unterstützt und die Förderkulisse den tatsächlichen Marktbedingungen anpasst. Schließlich müssen regulatorische Hürden beseitigt und die Forschung zur Weiterentwicklung der Technologien konsequent gefördert werden.

Sie haben explizit Kanzler Scholz, Wirtschaftsminister Habeck, Finanzminister Lindner und Verkehrsminister Wissing angeschrieben. Wen sehen Sie am ehesten als denjenigen an, der zeitnah agieren könnte bzw. sollte?

CEP: Wir haben zentrale politische Akteure angeschrieben – gleichzeitig richten sich unsere Forderungen natürlich an die Politik, die Bundesregierung. Alle von uns konkret adressierten Ansprechpartner sind für diese Thematik wichtig, Ihren Verantwortungsbereichen kommt eine große Bedeutung zu. Wir hoffen auf eine breite Unterstützung und stehen für Gespräche jederzeit gerne bereit. •

BEWEGUNG IN DER EUROPÄISCHEN H₂-FÖRDERLANDSCHAFT

Die erste Pilotauktion der Europäischen Wasserstoffbank (Innovation Fund Auction IF23) war am 5. September 2023 unter großer Aufmerksamkeit angekündigt worden. Am 30. April 2024 sind die Ergebnisse dieser Pilotauktion veröffentlicht worden, für die 800 Mio. Euro von der Europäischen Union zur Verfügung standen. Den Zuschlag erhielten sieben Projekte aus Nord- und Südeuropa. Ziel der Wasserstoffauktion ist es, die Markteinführung von grünem Wasserstoff zu beschleunigen und Preissignale zu setzen, indem die Kostenlücke zwischen grünem und fossilem Wasserstoff verringert wird. **Autoren:** Nikolas Beneke, Shaun Pick

32

Zu einer Zeit, in der die Wasserstoffförderung in Deutschland aufgrund des Urteils des Bundesverfassungsgerichts zum Klima- und Transformationsfonds (KTF) erheblich reduziert worden ist, stieß die Förderung bei deutschen Wasserstoffherzeugern auf besonderes Interesse. Der Durchschnitt der Gebote der deutschen Projekte lag etwa 108 Prozent über dem Durchschnitt der Gebote der sieben siegreichen europäischen Projekte. Zusätzlich hat Deutschland 350 Mio. Euro im Rahmen der Pilotauktion bereitgestellt, die ausschließlich an deutsche Projekte ausgeschüttet werden. Spannend für deutsche Projekte werden daher die Ergebnisse der Auktion für die durch Deutschland bereitgestellten Fördergelder. Für das Ende des Jahres 2024 ist ein weiterer Förderaufruf geplant.

FÖRDERLANDSCHAFT FÜR ELEKTROLYSE IN DEUTSCHLAND

In den letzten Jahren bot Deutschland umfangreiche

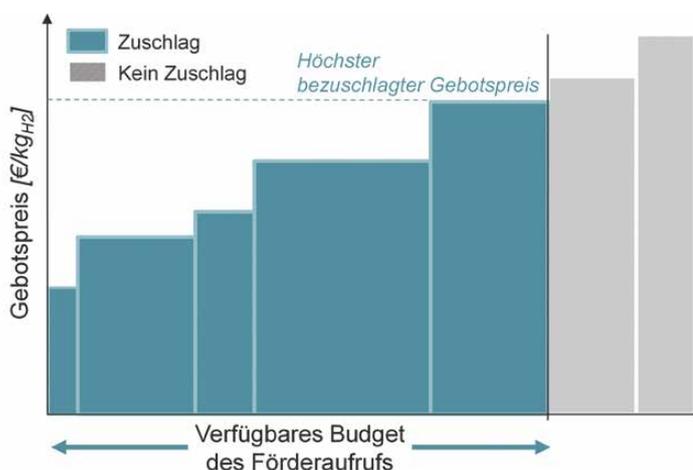


Abb. 1: Mechanismus der IF Auction für die Bestimmung von Zuwendungsempfängern [Quelle: BBH]

Förderprogramme für Wasserstoffprojekte, besonders im Bereich der Mobilität. Das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie Phase 2 (NIP 2) spielte eine Schlüsselrolle, indem es Forschung, Entwicklung und die Markteinführung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien unterstützte. Es fokussierte sich insbesondere auf den Verkehrssektor, um dort die Technologiereife und Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen. Bedeutende Projekte, wie die Förderung von brennstoffzellenbetriebenen Fahrzeugen und Wasserstofftankstellen, erhielten finanzielle Unterstützung, die jedoch nach der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts zum Klima- und Transformationsfonds erheblich gekürzt wurde.

Parallel dazu hat das HyLand-Programm die Entwicklung und Implementierung von Wasserstofftechnologien in verschiedenen deutschen Regionen gefördert. In seiner ersten Phase unterstützte es 25 Regionen bei der Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft. In der zweiten Phase kamen jeweils 15 weitere HyStarter- und HyExperts-Regionen hinzu.

Auf europäischer Ebene hat sich die Förderlandschaft ebenfalls positiv entwickelt. Die Clean Hydrogen Partnership, Nachfolger der FCH JU unter Horizont 2020, hat neun Hydrogen Valleys mit insgesamt 105,4 Mio. Euro ausgezeichnet, was die Produktion von mindestens 13.500 Tonnen grünem Wasserstoff pro Jahr subventioniert.

Ein weiteres wichtiges Instrument war das IPCEI-Vorhaben (Important Projects of Common European Interest) im Bereich Wasserstoff. Dieses Programm fördert innovative und strategisch wichtige Schlüsseltechnologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion bis zur Anwendung in Industrie und Mobilität. In Deutschland wurden 62 Großprojekte ausgewählt, die mit über acht Milliarden Euro an Bundes- und Landesmitteln unterstützt werden sollen.

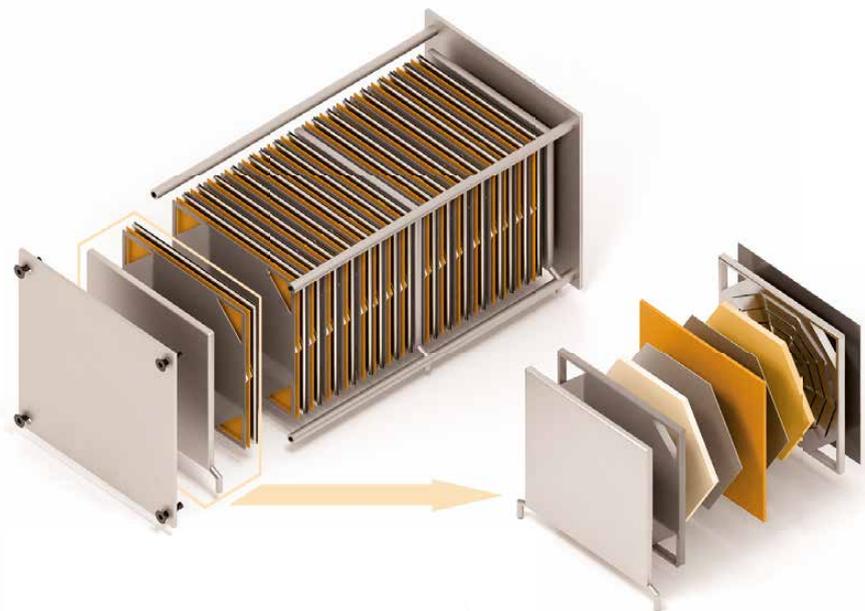
	Catalina	MadoquaPower2X	Grey2Green II	SkiGA	e-NRG Lahti	El Alamillo H2	Hysencia
Unternehmen 1. Antragsteller 2. Weitere Partner	1. Renato Ptx Holdco 2. CIP, enagas renovable, Fertiberia	1. Madoqua Renewable, Power2X 2. CIP	1. Petrogal S.A. 2. Galp	1. Skipavik Næringspark 2. Fuella, Hafslund, EnBW	1. Nordic Ren-Gas Oy 2. Lahti Energia	1. Bendros Energy S.L. 2. k.A.	1. Angus (pseudonym für DH2 Energy) 2. k.A.
Ort (Land, Stadt)	Spanien, Andorra	Portugal, Sines	Portugal, Sines	Norwegen, Mongstad	Finnland, Lahti	Spanien, k.A.	Spanien, Aragon
Förderhöhe	0,48 €/kg _{H2}	0,48 €/kg _{H2}	0,39 €/kg _{H2}	0,48 €/kg _{H2}	0,37 €/kg _{H2}	0,38 €/kg _{H2}	0,39 €/kg _{H2}
Elektrolysekapazität	500 MW	500 MW (Phase 1)	200 MW	130 MW	90 MW	60 MW	35 MW
Produkte	H2	84.000 t/Jahr	50.000 t/Jahr	k.A.	12.000 t/Jahr	65.000 t/Jahr	17.000 t/Jahr
	NH3	247.000 t/Jahr	300.000 t/Jahr	k.A.	100.000 t/Jahr	k.A.	k.A.
	CH4	k.A.	k.A.	k.A.	34.000 t/Jahr	k.A.	k.A.
Stromquellen	504 MW (Wind Onshore) + 571 MW (Solar)	1,1 GW (Wind & Solar)	k.A.	130 MW (Wind & Wasserkraft)	k.A.	(Solar)	49 MW (Solar)
Offtaker Branche	1. Düngemittel 2. Erdgas & Strom	1. Lokales Gasnetz 2. Schiffskraftstoff 3. Düngemittel	1. Bio-Treibstoff/Raffinerie	1. Energieversorgung	1. Schwertransport / E-Methan/ Fernwärme	k.A.	1. Stahl 2. Düngemittel

Abb. 2: Übersicht der geförderten Projekte [Quelle: BBH]

Diese Entwicklungen zeigen einen Trend: Während die nationalen Fördermittel in Deutschland aufgrund der Haushaltskrise stark zurückgegangen sind, hat die Europäische Union ihre Finanzierung für Wasserstofftechnologien verstärkt. Dementsprechend wurde die Innovation Fund Auction 23 von vielen potenziellen Wasserstoffproduzenten aus Deutschland mit großem Interesse erwartet.

Die Innovation Fund Auction (IFA) Der Fördermechanismus Innovation Fund Auction (IF Auction) ist Teil des europäischen Förderprogramms Innovation Fund. Der Innovation Fund ist der wichtigste Fördertopf für die Dekar-

bonisierung der EU und stellt in den Jahren 2020 bis 2030 insgesamt etwa 40 Mrd. Euro an Fördergeldern bereit. Das Geld stammt aus den Einnahmen des europäischen Emissionshandelssystems (EU ETS). Um den Wasserstoffmarkthochlauf in der Europäischen Union anzuregen, hat die EU-Kommission im Jahr 2022 im Rahmen des Innovation Fund die Europäische Wasserstoffbank (EHB) ins Leben gerufen. Über dieses Instrument soll gezielt der Aufbau von Wasserstoffangebot und -nachfrage gefördert werden. Die gezielte Förderung der Produktion von erneuerbarem Wasserstoff innerhalb des EU-Raumes erfolgt über die Innovation Fund Auction.



Power Upgrade

Eisenhuth ist Teil der Whitecell Familie

Leistungsfähige Komponentenfertigung
Hohe Innovationskraft

- Dichtungen
- Graphitbipolarplatten
- Stacks

Whitecell Eisenhuth GmbH & Co. KG
www.eisenhuth.de



Abb. 3: Beispielhafte Wasserstoffgestehungskosten für eine Elektrolyse in Deutschland [Quelle: BBH]

Die Förderung über die IF Auction erfolgt als Zuschuss zu jedem produzierten Kilogramm Wasserstoff (Euro/kg_{H2}). Damit stellt der Fördermechanismus eine Besonderheit gegenüber dem überwiegenden Teil der europäischen und deutschen Förderlandschaft dar, die zum großen Teil in einer Investitionskostenförderung für Elektrolyseure besteht, während Betriebskosten nicht förderfähig sind (z. B. über das NIP 2).

Der Kostenzuschuss entspricht zugleich dem Gebotspreis, den der potenzielle Zuwendungsempfänger im Rahmen des Vergabeverfahrens für sein Projekt angeben muss. Zur Einordnung der individuellen Förderhöhe sei darauf hingewiesen, dass der maximal mögliche Gebotspreis im ersten Förderaufruf der IF23 Auction (November 2023 bis Februar 2024) auf 4,50 Euro/kg_{H2} gedeckelt wurde – darüber liegende Gebote wurden ausgeschlossen.

Das beantragte Fördervolumen jedes Bieters errechnet sich aus dem Gebotspreis pro Kilogramm Wasserstoff multipliziert mit den geplanten Wasserstoffherzeugungsmengen über die Projektlaufzeit (i. d. R. 10 Jahre). Die Vergabe der Fördergelder erfolgt durch ein Auktionsverfahren, bei dem die niedrigsten Gebotspreise – ähnlich wie beim Merit-Order-Prinzip – so lange den Zuschlag erhalten, bis das verfügbare Budget der jeweiligen Förderaufrufe überschritten ist (s. Abb. 1).

Das verfügbare Budget in der ersten Runde des Förderaufrufes lag bei 800 Mio. Euro. Darüber hinaus stand es Mitgliedstaaten frei, zusätzliche Budgets einzubringen, um zusätzliche Projekte innerhalb ihrer Landesgrenzen zu fördern. So hat beispielsweise Deutschland den ersten Förderaufruf um zusätzliche 350 Mio. Euro ergänzt, die für die bestplatzierten, aber nicht berücksichtigten deutschen Projekte ausgelobt werden.

Die Teilnahmebedingungen für Bieter sind vielschichtig und können von Förderaufruf zu Förderaufruf variieren. Wesentliche Voraussetzung ist, dass nur Wasserstoff förderfähig ist, der entsprechend den europäischen Vorgaben für die Produktion von erneuerbaren Kraftstoffen nicht-biogenen Ursprungs (RFNBO) hergestellt wird. Zudem war Bedingung für eine Teilnahme an der ersten Ausschreibungsrunde, dass die Elektrolyse des Bieters eine Eingangsleistung von mindestens 5 Megawatt aufweist.

ERGEBNISSE DER PILOTAUKTION Die erste Auktion für die 800 Mio. Euro der EU wurde Ende April 2024 abgeschlossen. Es wurden 720 Mio. Euro an sieben Projekte zur Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff vergeben (s. Abb. 2). Die Gewinnergebote reichten von 0,37 bis 0,48 Euro pro Kilogramm Wasserstoff. Das gewichtete Durchschnittsgebot lag bei 0,45 Euro pro Kilogramm Wasserstoff.

Bemerkenswert ist, dass alle Gewinnerprojekte auf der iberischen Halbinsel und in den skandinavischen Ländern angesiedelt sind. Ein wesentlicher Grund dafür ist unter anderem die dortige Verfügbarkeit von günstigem Strom aus erneuerbaren Energien (Photovoltaik in Spanien und Portugal, Wasserkraft in Skandinavien).

Die Gebote der deutschen Projekte lagen deutlich über den siegreichen Gebotspreisen. Eine grobe Analyse der Gebotsübersicht ergab ein gewichtetes Durchschnittsgebot von etwa 1,53 Euro pro Kilogramm Wasserstoff für die deutschen Projekte. Dies ist 108 Prozent höher als der gewichtete Durchschnitt der siegreichen Gebote. Daneben gab es deutsche Projekte, die Gebote von rund 0,60 Euro pro Kilogramm Wasserstoff abgaben. Vielleicht ein Hinweis darauf, dass auch in Deutschland bestimmte Abnehmer bereit sind, einen Aufpreis für grünen Wasserstoff zu zahlen. Die Mehrheit der deutschen Anträge benötigte jedoch eine Förderung zwischen 1,20 und 3,87 Euro pro Kilogramm Wasserstoff.

Die hohen Gebotspreise aus Deutschland lassen sich zu einem wesentlichen Teil mit einem Blick auf beispielhafte Gestehungskosten (s. Abb. 3) erklären. Mit Gestehungskosten von 8,50 Euro pro Kilogramm Wasserstoff würde der durchschnittliche Gebotspreis, der zu einem Zuschlag geführt hat, in einer Kostensenkung von nur rund fünf Prozent resultieren. Wesentlicher Kostenfaktor der Gestehungskosten sind die anteiligen Stromkosten, die umgelegt auf ein Kilogramm Wasserstoff rund die Hälfte der Gestehungskosten umfassen und auf die hohen Energiepreise in Deutschland zurückzuführen sind.

Ausstehend sind noch die Ergebnisse für die Auktion der 350 Mio. Euro, die Deutschland für die bestplatzierten, aber unberücksichtigten deutschen Projekte vergibt. Aus den Ergebnissen bzw. den siegreichen deutschen Projekten werden sich voraussichtlich weitere spannende Erkenntnisse zum Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland ableiten lassen.

AUSBLICK Die nächste Ausschreibungsrunde (IF24 Auction) soll Ende des Jahres 2024 erfolgen. Da erste Stakeholder-Gespräche zwischen der EU und potenziellen Bewerbern bereits im Juni 2024 begonnen haben und die Komplexität des Antragsprozesses nicht unterschätzt werden sollte, ist jedem Interessenten zu empfehlen, sich frühzeitig um die Erstellung der Bewerbungsunterlagen zu kümmern.

Die EU hat bereits erste Angaben zur Ausgestaltung beziehungsweise Anpassung der Förderung veröffentlicht. Eine wesentliche Änderung ist die Senkung des maximal möglichen Gebotspreises von 4,50 auf 3,50 Euro/kg_{H2}. Deutsche Projekte müssen in diesem zweiten Aufruf Strategien entwickeln, über die sie mit geringeren Geboten in die Auktion eintreten können. Sollte Deutschland auch im nächsten Aufruf zusätzliche Gelder nur für deutsche Projekte bereitstellen, böte dies zusätzliche Chancen. Dahingehend wird mit Spannung die Bekanntgabe der deutschen Projekte erwartet, die über den deutschen Fördertopf erfolgreich waren. •

Autoren:



Nikolas Beneke
→ Nikolas.Beneke@bbh-beratung.de



Shaun Pick
beide BBH Consulting AG

START EINER WASSERSTOFF-REGION

In ganz Deutschland sind aktuell die Auswirkungen der vielen seit Anfang der 2020er Jahre parallel verlaufenden weltweiten Krisen zu spüren: Pandemie, Krieg inmitten von Europa, Menschen auf der Flucht, Inflation, Fachkräftemangel und auch die Energie-, Rohstoff-, Lieferketten- und Versorgungsunsicherheiten sind die einflussgebenden Faktoren der letzten Jahre, die heute immer deutlicher und in voller Konsequenz jeden Standort im Land direkt betreffen. **Autoren:** Michael Hueber, Jan Blömacher

Um diesen konzentrierten Herausforderungen zu begegnen, hat sich die Region Ostwürttemberg bereits 2021 auf den Weg gemacht, eine breite gesellschaftliche Unterstützung aufzubauen und mithilfe eines Bottom-up-Prozesses die Bevölkerung direkt mit einzubinden, um eine Zukunftsoffensive für die Region zu starten. Das Bestreben ist klar: Herausforderungen betrachten, Lösungswege aufzeigen, gesellschaftliche Impulse setzen und gemeinsam Ziele zum Wohle der Region definieren und diese dann als Gesellschaft konsequent verfolgen.

Eines dieser Ziele, genauer gesagt das Ziel Nummer eins, ist die Wasserstoffregion Ostwürttemberg. Man will den Standort Ostwürttemberg energiesicherer aufstellen. Hilfreich für die Erreichung dieses Zieles ist der vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr im Jahr 2019 ausgerichtete Wettbewerb „HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland“. Diesen Wettbewerb nahm Ostwürttemberg zum Anlass, sich als Region im Frühjahr 2021 mit einer

OSTWÜRTTEMBERG

Die Region Ostwürttemberg liegt im Osten Baden-Württembergs direkt an der bayerischen Grenze und besteht aus den beiden Landkreisen Heidenheim und Ostalbkreis. Die 447.000 Einwohner verteilen sich auf 53 Städte und Gemeinden. Ostwürttemberg ist der Wirtschaftsraum mit den ältesten Industrieunternehmen Deutschlands. Die Region hat sich kontinuierlich weiterentwickelt und immer wieder neu erfunden. Deshalb hat sich hier ein Wirtschaftsraum mit Schwerpunkten im produzierenden Gewerbe und der Logistik herausgebildet, der durch Kreativität, Innovation und Leistungsfähigkeit überzeugt. Heute ist die Region eine Patenthochburg und beweist regelmäßig, dass sie zu Recht der „Raum für Talente und Patente“ ist.

Skizze als HyExpert-Region zu bewerben. Die Bewerbung war 2022 erfolgreich, so dass ein gefördertes und auf die Mobilität fokussiertes Konzept hin zu einer Wasserstoffregion entstehen konnte.

Die Region steht vor der Herausforderung, den Wandel in der Mobilitätsbranche hin zu emissionsfreien und nachhaltigen Antriebsformen aktiv zu gestalten und das Ziel einer Wasserstoffregion damit zu verbinden. Das beantragte Projekt H2Ostwürttemberg zielt in diesem Gesamtumfeld darauf ab, den Wandel im Mobilitätssektor positiv für die Region voranzutreiben und die Suche des industriellen Sektors nach bezahlbaren Energieredundanzen zu unterstützen.

WASSERSTOFF – WO LIEGEN DIE BEDARFE? Wasserstoff wird spätestens seit 2022 besonders von der Industrie als wichtige Grundlage für eine energiesichere und resiliente Zukunft angesehen. Auch wenn der Preis momentan noch nicht den Vorstellungen vieler Firmen entspricht, war auch 2022 schon klar, dass einige Firmen bereits einen Businessplan auf Grundlage dieser Energieform aufgebaut und in der Schublade liegen hatten. Mit den Auswirkungen des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine und der daraus resultierenden Energiekrise wurden mehr und mehr solcher Pläne auch herausgeholt. Doch eine genaue Übersicht lag der Region Ostwürttemberg und damit den beiden Landkreisen Heidenheim und Ostalbkreis nicht vor. Auch die IHK Ostwürttemberg konnte keine genauen Bedarfsmengen nennen.

Gleichzeitig mit der aufkommenden Bedarfsfrage kam auch ein Fernleitungsbetreiber auf die Region Ostwürttemberg zu und informierte die Verantwortlichen über Zukunftspläne hinsichtlich eines Wasserstofffernleitungsnetzes, das die Region direkt queren sollte und nur dann komme, wenn genug Bedarfe von den Firmen vor Ort gemeldet würden. So war klar: Eine verlässliche Bedarfsabfrage musste her.

So startete das Projekt bereits im September 2022 über den ausgeschriebenen Dienstleister, die EurA AG, mit einer online-basierten und telefonisch ergänzten Umfrage bei allen Unternehmen der Region Ostwürttemberg. Ergebnis: Knapp 40 Unternehmen haben einen Wasserstoffbedarf in Höhe von etwa 122.000 Tonnen pro Jahr veranschlagt. Mit weiteren Hochrechnungen und Abschätzungen des Dienstleisters für weitere Mobilitätsanwendungen, Bedarfe der nicht abgefragten Industrie und Ersatzbedarfe für Heiz- und Mineralöl sowie eine Beimischung ins Erdgasnetz kam der Dienstleister auf einen geschätzten Bedarf in Höhe von etwa 200.000 Tonnen Wasserstoff pro Jahr oder knapp 7 TWh für die Region Ostwürttemberg.

Ein wesentlicher Teil des Bedarfs würde aktuell auf die Ankerkunden aus der Papier- und Zementindustrie entfallen. Vorausgesetzt, der Wasserstoff ist preislich auf einem kompetitiven Niveau zu anderen Energieformen und wird, insbesondere der grüne Wasserstoff, von den Firmen aufgrund der Kundenresonanz auch benötigt. Die Umfrage hat auch beim Land Baden-Württemberg für besondere Aufmerksamkeit gesorgt und wurde als Grundlage dafür genommen, die veraltete Umfrage des Fernleitungsbetreibers neu aufzusetzen und sich dabei an dem Beispiel aus Ostwürttemberg zu orientieren.

Die wichtigste Erkenntnis aus der Erhebung war relativ schnell deutlich: Diese enormen Mengen an Wasserstoff können nicht vor Ort hergestellt werden. Es muss weiterhin auf Importe und vor allem auch auf Wasserstoffleitungen gesetzt werden. Die angekündigte Fernleitung, die Süddeutsche Erdgasleitung (SEL), die in ihrem vierten Abschnitt den Landkreis Heidenheim kreuzt und bereits als Erdgasleitung seit 2017 planfestgestellt ist, soll umgewidmet und ab spätestens 2032, inzwischen auch im Zuge des Bundeskernnetzes, gebaut werden und Wasserstoff in die Region bringen.

Daraus ergab sich für die Region Ostwürttemberg die nächste relevante Aufgabenstellung: Den Wasserstoff von der Fernleitung zu den wichtigen Abnehmern der Region zu bringen. Es wird also ab 2032 ein H₂-Verteilnetz benötigt, das im besten Falle alle großen Wasserstoffabnehmer und wichtige Mobilitätslösungen sowie andere sektorgekoppelte Lösungen verbindet.

VON DER BEDARFSABFRAGE ZUM H₂-VERTEILNETZ Ein zentraler Punkt des Projekts H₂Ostwürttemberg ist daher die Konzeption einer leitungsgebundenen Versorgung der Ankerkunden und der Wirtschaft der Region Ostwürttemberg mit grünem Wasserstoff. Das Konzept wird dabei im Wesentlichen durch zwei parallele Module definiert: Etablierung der leitungsgebundenen Verteilung von Wasserstoff in der Region über eine T-Leitung (s. Abb. 2) und die Anbindung an die SEL, die als Wasserstoffpipeline realisiert werden soll.

Mit der SEL wird perspektivisch der Anschluss der Region Ostwürttemberg an das Wasserstoffnetz ermöglicht, über das überregional Wasserstoff zu den Verteilnetzen transportiert wird. Die Ausbaustufe der SEL ist dabei abhängig von einem hinreichenden H₂-Bedarf in der Region Ostwürttemberg. Die Bedarfsabfrage des Projekts H₂Ostwürttemberg liefert somit einen wichtigen Beitrag zur Realisierung der SEL.

Mit der T-Leitung wurde ein erstes Konzept entwickelt, welches zum Ziel hat, die H₂-Insellösungen zu integrieren. Die regionalen H₂-Erzeuger und -Abnehmer der Ankerprojekte sowie die zu versorgenden Ankerkunden sollen über eine regionale Wasserstoffleitung miteinander verbunden werden. Eine (überregionale) leitungsgebundene Versorgung mit Wasserstoff hat einige Vorteile. So kann eine langfristige wirtschaftliche Versorgung gewährleistet werden. Ausgehend von der konzipierten Leitung können perspektivisch weitere Regionen, Kunden und Kommunen in das H₂-Netz integriert werden. Zudem wird die Resilienz der Region gegenüber Ausfällen bzw. Problemen bei der Energieversorgung gesteigert.

Im nächsten Projektschritt wird das Grobkonzept der T-Leitung mit den relevanten Stakeholdern, insbesondere mit den regionalen Verteilnetzbetreibern, validiert. Ziel ist es, die grundsätzlichen Optionen der Umsetzung (bspw. Leitungsneubau oder Umstellung von Bestandsleitungen) zu bewerten.

In weiteren Workshops und bilateralen Gesprächen mit sämtlichen Projektbeteiligten und Netzbetreibern wurden die Umstellungs- bzw. Neubauoptionen entlang der möglichen Routenverläufe des Grobkonzepts evaluiert. Schließ-

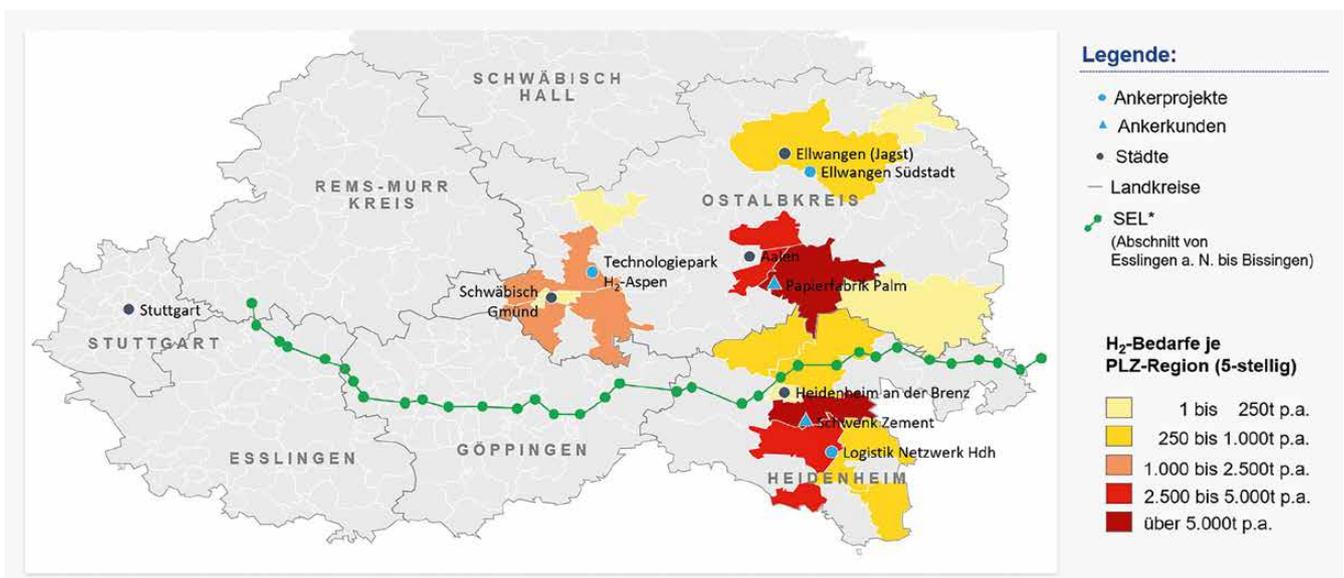


Abb. 1: Übersicht der H₂-Bedarfsabfrage für die Region Ostwürttemberg [Quelle: Abschlussberichtbericht-HyExperts-H₂Ostwuerttemberg.pdf]



Abb. 2: Möglicher regionaler Pipelineausbau – Verbindung Ankerprojekte und Hauptstandorte [Quelle: Abschlussberichtbericht-HyExperts-H2Ostwuerttemberg.pdf]

lich erfolgten die Dimensionierung der neu zu bauenden Leitungsabschnitte auf Basis der im Projekt ermittelten H₂-Bedarfe pro Abschnitt sowie die Erstellung einer annahmebasierten Kostenabschätzung.

Für das regionale Wasserstoffverteilnetz ist ein 84 km langes Leitungsnetz notwendig. Die Investitionskosten betragen bei vollumfänglicher Umsetzung des Grobkonzepts etwa 135 bis 185 Mio. Euro. Diese in Abbildung 3 visualisierten weiterführenden Planungen stellen dennoch nur ein Grobkonzept für ein regionales Verteilnetz dar. Die regionalen Verteilnetzbetreiber haben in mehreren Gesprächsrunden jedoch deutlich gemacht, dass Investitionen in ein regionales H₂-Verteilnetz ohne Förderungen von Land, Bund oder EU nicht zu stemmen sind. Durch den parallelen Ausbau der Stromnetze und die Konzeptionierung der kommunalen Wärmeversorgung sind die Verteilnetzbetreiber bereits jetzt finanziell stark belastet.

H2OSTWÜRTEMBERG - QUO VADIS? Am 15. November 2023 hat das Bundesverfassungsgericht in Karlsruhe entschieden, dass die Mittel, die für die Bewältigung der Coronakrise bestimmt waren, nicht für den Klima- und Transformationsfonds (KTF) umgewidmet werden dürfen. Die angestrebte Bewerbung der Region Ostwürttemberg als HyPerformer-Region auf Grundlage des HyExperts-Projekts H2Ostwürttemberg muss daher auf unbestimmte Zeit verschoben wer-

den. Aufgrund der momentanen Unsicherheiten bei bundesgeförderten Programmen sind keine Aussagen zu Förderhöhe, Termin der Programmausschreibung, Projektlaufzeit oder anderen projektbezogenen Fragestellungen möglich.

Um die geplanten Wasserstoffprojekte voranzutreiben, ist die Teilnahme an weiteren Förderprogrammen von entscheidender Bedeutung. Die Region Ostwürttemberg setzt daher bei der Planung und Realisierung der Einzelvorhaben aus H2Ostwürttemberg sowie bei der ganzheitlichen Bewältigung der Energiewende und des Transformationsprozesses auf andere Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten.

So wird für das in Abbildung 3 vorgestellte Grobkonzept eine Förderung durch das Programm „Regionale Wasserstoffkonzepte“ des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg angestrebt. Das Grobkonzept ist noch nicht finalisiert oder sofort umsetzungsfähig. Das Ziel des Projektes ist, die sieben regionalen Verteilnetzbetreiber wieder zusammenzubringen und mit dem Fernleitungsbetreiber Terranets BW eine Lösung für ein regionales H₂-Netz, ausgehend von der SEL, auszuarbeiten, das auf den Vorleistungen aufbaut und danach genehmigungs- bzw. umsetzungsbereit ist. So können die bereits erhobenen Wasserstoffbedarfe zu den wichtigen Ankerkunden der Region gebracht werden und die zukünftigen Betreiber können sich auf Förderer- bzw. Investorensuche begeben. •

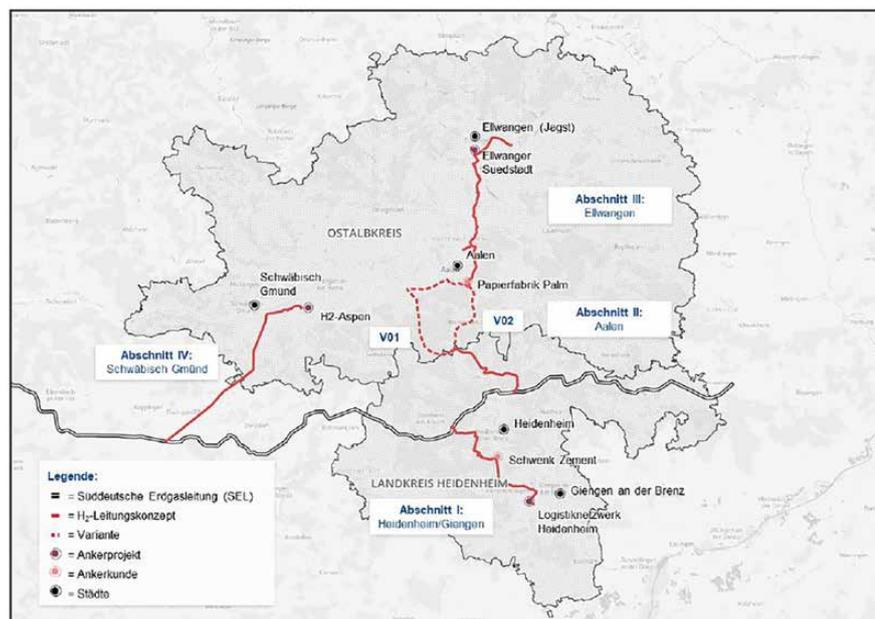


Abb. 3: Grobkonzept für die leitungsgebundene Versorgung der Region Ostwürttemberg, ausgehend von der SEL [Quelle: Abschlussberichtbericht-HyExperts-H2Ostwuerttemberg.pdf]

Literatur

▢ Abschlussberichtbericht-HyExperts-H2Ostwuerttemberg.pdf

Autoren:

Michael Hueber
Landratsamt Ostalbkreis

Jan Blömacher
Landratsamt Heidenheim

→ J.Bloemacher@Landkreis-Heidenheim.de

DIE WASSERSTOFF-PARTNERBÖRSE

Wie eine Partnerbörse vernetzt der internationale Wasserstoffmarktplatz von Localiser seit zwei Jahren die Akteure der Wasserstoffwertschöpfungskette. Rund 500 Unternehmen sind bisher registriert. Der Marktplatz umfasst mittlerweile auch Angebote aus weiteren europäischen Ländern. **Autoren:** Oliver Arnhold, Paul Messall

Wasserstoff gilt als umweltfreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen und spielt eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung von Industrieprozessen, der Speicherung erneuerbarer Energien und der Förderung klimaneutraler Mobilität. Die Bundesregierung geht in der Fortschreibung ihrer Wasserstoffstrategie davon aus, dass der Bedarf an Wasserstoff bis 2030 auf 95 bis 130 TWh jährlich steigen wird, hauptsächlich aufgrund von Veränderungen in Industrie und Verkehr. Die Wasserstoffwirtschaft entwickelt sich dynamisch, doch stellt sich die Frage, wie der Bedarf an Wasserstoff gedeckt werden kann.

Die Localiser RLI GmbH hat im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg und der Berliner Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe den Wasserstoffmarktplatz entwickelt. Er entstand im Rahmen der Entwicklung der Wasserstoff-Roadmap für Brandenburg und die Hauptstadtregion. Diese kostenlose Plattform ermöglicht es allen Akteuren entlang der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette, sich international zu vernetzen. Die Wasserstoffangebote und -nachfragen werden dabei georeferenziert auf Karten dargestellt. Das Suchen und Anbieten von Wasserstoff wird auf diese Weise erheblich vereinfacht.

„Der neue Marktplatz macht die Potenziale der Wasserstoffwirtschaft sichtbar und bringt Akteure entlang der gesamten Wertschöpfungskette schnell zusammen. Ein solches Instrument hat bisher gefehlt und ist bundesweit einzigartig“, erklärt Kathrin Goldammer, Geschäftsführerin der Localiser RLI GmbH. Gemeinsam mit Oliver Arnhold leitet sie das Unternehmen.

Ende März 2022 ging die Plattform online, bis April 2024 haben sich rund 500 Unternehmen auf dem Wasserstoffmarktplatz registriert.

DER WASSERSTOFFMARKTPLATZ EXPANDIERT Sechs Monate nach der Plattformveröffentlichung hat Localiser das Einzugsgebiet des Wasserstoffmarktplatzes

erweitert. Der Wasserstoffmarktplatz, der zunächst nur in Berlin und Brandenburg verfügbar war, wurde auf ganz Deutschland ausgedehnt, so dass mittlerweile Wasserstoffgesuche und -angebote aus allen Bundesländern kostenlos eingetragen werden können. Oliver Arnhold, Geschäftsführer von Localiser, erklärt: „Wir bemerkten das exponentielle Wachstum des Wasserstoffbedarfs in ganz Deutschland und sahen in dem Wasserstoffmarktplatz die perfekte Lösung zur nationalen Vernetzung von Wasserstoffakteuren.“

Aufgrund des positiven Feedbacks aus Deutschland hat die Localiser RLI GmbH beschlossen, den Wasserstoffmarktplatz in Zusammenarbeit mit dem Projekt HyTruck auch international anzubieten. Die Plattform soll schrittweise für ganz Europa ausgebaut werden und später auch die weltweiten Wasserstoffangebote und -nachfragen georeferenziert darstellen können. Derzeit ist der Wasserstoffmarktplatz in Dänemark, Estland, Finnland, Irland, Litauen, Lettland, Norwegen, Polen, Schweden und im Vereinigten Königreich verfügbar. Weitere Länder werden in Kürze folgen.

Die Nutzung des Wasserstoffmarktplatzes ist kostenlos. Akteure der Wasserstoffwirtschaft können sich über die Website des Unternehmens Localiser registrieren. Nach dem Ausfüllen des Formulars erhalten sie eine E-Mail mit einem Link zur Anmeldung in der App. Durch Klicken auf den Link gelangen sie zu einer Unterseite der App, auf der sie ihre Daten eingeben und einen Benutzeraccount erstellen müssen. Nach der Anmeldung haben die Benutzer Zugriff auf ihr Projekt.

Die Plattform ermöglicht die Darstellung vieler Datensätze, von erneu-

38

Match	Datum	Typ	Kategorie	Unterkategorie	Produkt	Unternehmen
♥	1.2.2024	Suche	Nutzung	Verkehr mit Brennstoffzelle	Bus	XXXX
♥	1.2.2024	Biete	Produktion	Wasserstoffherstellung	Wasserstoff	XXXX
♥	30.1.2024	Biete	Sonstiges	Dienstleistungen	Sonstiges	XXXX
Mein Eintrag	30.1.2024	Biete	Sonstiges	Software	Software	XXXX
Mein Eintrag	30.1.2024	Biete	Produktion	Wasserstoffherstellung	H ₂ Betrieb von Elektrolyseanlagen	XXXX
♥	12.1.2024	Biete	Sonstiges	Dienstleistungen	Planung	XXXX
♥	10.1.2024	Suche	Nutzung	Verkehr mit Brennstoffzelle	LKW	XXXX
♥	10.1.2024	Biete	Sonstiges	Anlagentechnik/Produkte	Tankanlage	XXXX
♥	8.1.2024	Biete	Produktion	Wasserstoffherstellung	Wasserstoff	XXXX
♥	21.12.2023	Biete	Produktion	Wasserstoffherstellung	Wasserstoff	XXXX
♥	18.12.2023	Suche	Produktion	Wasserstoffherstellung	Wasserstoff	XXXX
♥	18.12.2023	Suche	Produktion	Wasserstoffherstellung	Wasserstoff	XXXX
♥	14.12.2023	Biete	Produktion	Wasserstoffherstellung	Wasserstoff	XXXX

Abb. 1: Matching-Funktion des Wasserstoffmarktplatzes [Quelle: Localiser RLI]



Abb. 2: Oliver Arnhold und Kathrin Goldammer haben den Wasserstoff-Marktplatz aufgebaut [Quelle: Reiner Lemoine Institut]

erbaren Energien über Infrastruktur (Straßen, Bahn, Netz und Gas) bis hin zu CO₂-Emissionen. Sie schlägt auch automatisch mögliche Partnerunternehmen vor. Darüber hinaus bietet der Wasserstoffmarktplatz einen Überblick über den Stand der Infrastruktur, einschließlich Wasserstofftankstel-

len und zukünftiger Pipelines. Benutzer erhalten dadurch einen umfassenden Einblick in den lokalen Wasserstoffmarkt. Der Wasserstoffmarktplatz wird kontinuierlich von der Localiser RLI GmbH erweitert und verbessert. Im September 2023 wurde die neue Matching-Funktion eingeführt. Diese Funktion schlägt automatisch potenzielle Geschäftspartner für jeden Wasserstoffakteur vor, was die Vernetzung erheblich vereinfacht. Der Marktplatz bietet eine Übersicht über alle Wasserstoffangebote und -gesuche. Es besteht die Möglichkeit, nach bestimmten Kriterien wie Unternehmen, Kategorie und Projektstatus zu filtern. Durch Klicken auf ein Ergebnis wird ein Chatfenster geöffnet, über das registrierte Benutzer direkt mit anderen Unternehmen in Kontakt treten können. Eine Zusammenfassung aller Übereinstimmungen kann ebenfalls in dieser Übersicht eingesehen werden. Der Marktplatz kann auch auf anderen Webseiten als White Label eingebunden werden. •

Anmeldung über
 → www.localiser.de/wasserstoff-infrastruktur-planen

Autoren:
 Oliver Arnhold

Paul Messall
 → paul.messall@localiser.de

beide Localiser RLI GmbH, Berlin



matthews-engineering.com

Wasserstoff-Brennstoffzellen

Die **Energie der Zukunft.**

Bereits heute.

Wir fertigen Maschinen und Anlagen für die Produktion und Verarbeitung von:

Bipolarplatten aus Graphit und Metall

Katalysatorbeschichtete Membrane

Membran-Elektroden-Einheiten

Gasdiffusionselektrode und -schicht

Brennstoffzellenkapazitäten und Entwicklung

Montage- und Produktionslinien

Rotationspräge- und Schneidzylinder

Vom Labor zur Massenproduktion

Prozessentwicklung

RECHENHILFE FÜR DIE INVESTITIONSENTSCHEIDUNG

Die Wasserstoffgestehungskosten, kurz LCOH (engl. Levelized Cost of Hydrogen), spielen eine zentrale Rolle in jedem Power-to-Gas-Projekt. Bei der Betrachtung der LCOH zeigt sich, ob ein Projekt wirtschaftlich tragfähig ist. Verschiedene Parameter wirken sich unterschiedlich stark auf diese Kosten aus. Die maßgeblichen Parameter sind die Strombezugskosten, die Auslastung des Elektrolyseurs beziehungsweise Volllaststunden und die Investitionskosten. In diesem Artikel werden zwei H₂-Preisindizes mit den Ergebnissen des Power-to-Gas-Tools (PtG-Tool) verglichen. **Autoren:** Carsten Fichter, Steve Stengel

40

Die Kosten für die Erzeugung von grünem Wasserstoff variieren aufgrund der Volatilität der erneuerbaren Energien erfahrungsgemäß stark. Dies hat zur Folge, dass jedes Wasserstoffprojekt unterschiedliche Rahmenbedingungen aufweist, welche die Wasserstoffgestehungskosten beeinflussen. Das Power-to-Gas-Tool der Firma EnergieSynergie bietet die Möglichkeit, diese Wasserstoffgestehungskosten speziell für ein konkretes Wasserstoffprojekt zu berechnen. Zusätzlich ist noch eine Validierung dieser Preise notwendig, um erkennen zu können, ob diese sich im Rahmen des aktuellen Marktpreises befinden oder ob sie weit abweichen. In diesem Artikel dienen zwei H₂-Preisindizes als Vergleichspreise: Der Hydex, der vom Beratungsunternehmen E-Bridge Consulting herausgebracht wird, und der Hydrix, veröffentlicht durch die Energiebörse European Energy Exchange (EEX).

Im ersten Teil dieses Artikels werden beide Indizes vorgestellt und kurz die Ziele der jeweiligen Firmen erläutert. Anschließend werden die Berechnungsprinzipien analysiert, um eine Aussage darüber treffen zu können, inwieweit sie mit denen des PtG-Tools übereinstimmen.

Der zweite Teil befasst sich mit dem direkten Vergleich aller drei genannten Berechnungen. Dafür sollen, soweit verfügbar, die Kostenparameter der verschiedenen Berechnungen herangezogen werden. Basierend auf diesen soll jeweils eine LCOH-Berechnung mit dem PtG-Tool durchgeführt werden. Anschließend werden diese Ergebnisse

sowohl mit ihren zugehörigen Veröffentlichungen als auch untereinander verglichen und etwaige Abweichungen sowie der Einfluss der verschiedenen Parameter diskutiert.

Die einzelnen Berechnungen bedienen sich unterschiedlicher Parameter und Ansätze. Während der Hydrix auf Preismeldungen verschiedener Firmen basiert, nutzen der HydexPLUS Green und das PtG-Tool jeweils eigene Parametersätze. Die ermittelten LCOH variieren bei den verschiedenen Preisindizes von 185,04 €/MWh beim HydexPLUS Green bis zu durchschnittlich 284,15 €/MWh beim Power-to-Gas-Tool.

Da das Power-to-Gas-Tool zudem mit projektspezifischen Parametern arbeitet, sind hier ebenfalls deutliche Unterschiede in den LCOH festzustellen. Bei günstigen Rahmenbedingungen betragen diese lediglich 85,93 €/MWh, wohingegen ungünstige Rahmenbedingungen LCOH von 545,85 €/MWh zur Folge haben. Um die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Preisindizes zu gewährleisten, wurde zudem mit dem PtG-Tool eine Vergleichsrechnung mit den jeweiligen Sätzen von Parametern des HydexPLUS Green und des PtG-Tools durchgeführt. Die so ermittelten LCOH weisen mit 136,37 €/MWh (PtG-Tool) bzw. 120,31 €/MWh (HydexPLUS Green) nur geringe Unterschiede auf.

Wichtigste Erkenntnis der vorliegenden Analyse ist, dass die Indizes sehr gut als Indikator dienen können. Jedoch muss jedes Wasserstoffprojekt durch eine individuelle Berechnung detailliert betrachtet werden.

ÜBER ENERGIESYNERGIE

EnergieSynergie entwickelt Konzepte für den intelligenten Einsatz von EE-Anlagen mit den Schwerpunkten Wind, Geothermie, Photovoltaik, Wasserkraft und Wasserstoff für Unternehmen und Kommunen mit dem Ziel einer 100%igen Versorgung mit erneuerbaren Energien.

WIE BERECHNET SICH DER HYDEX? Der Hydex ist ein von der Firma E-Bridge Consulting täglich veröffentlichter Preisindex, der die drei wichtigsten Wasserstofffarben umfasst: grau, blau und grün. Einzusehen ist er unter:

→ <https://e-bridge.de/kompetenzen/wasserstoff/h2index/>.

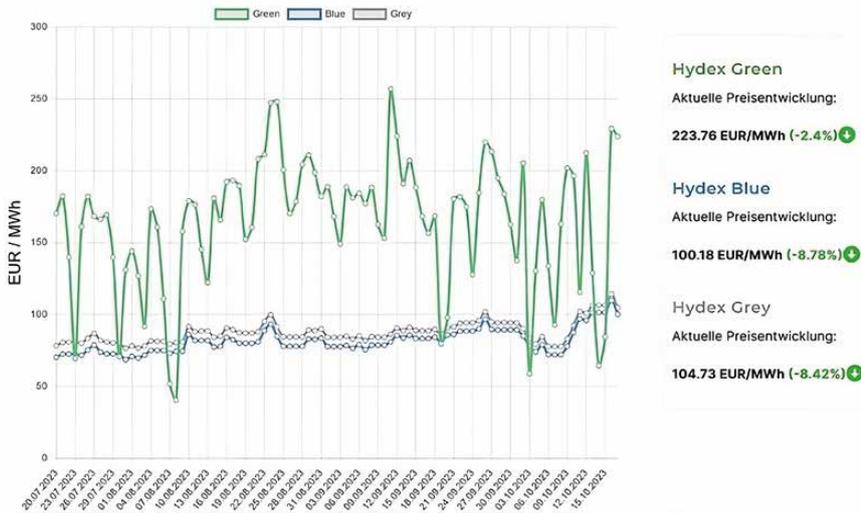


Abb. 1: Aktueller Verlauf der verschiedenen Hydex-Preisindizes [Quelle: [1]]

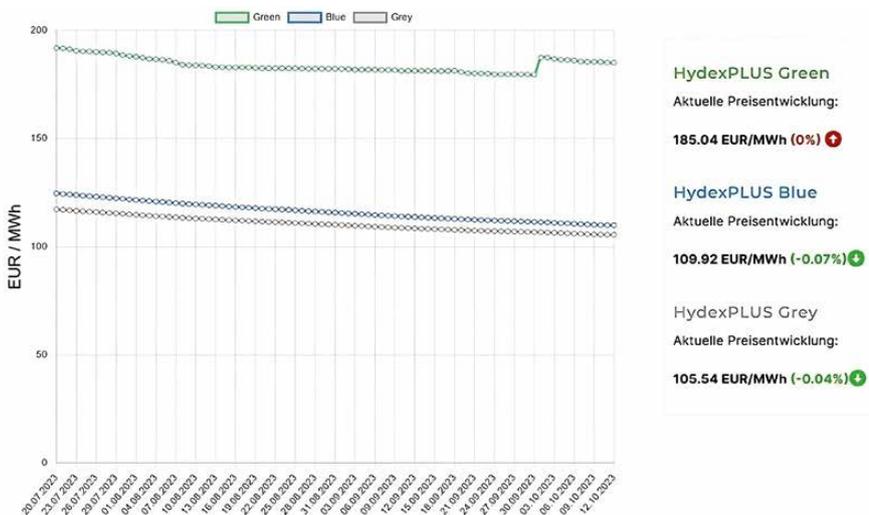


Abb. 2: Aktueller Verlauf der verschiedenen HydexPLUS-Preisindizes [Quelle: [1]]

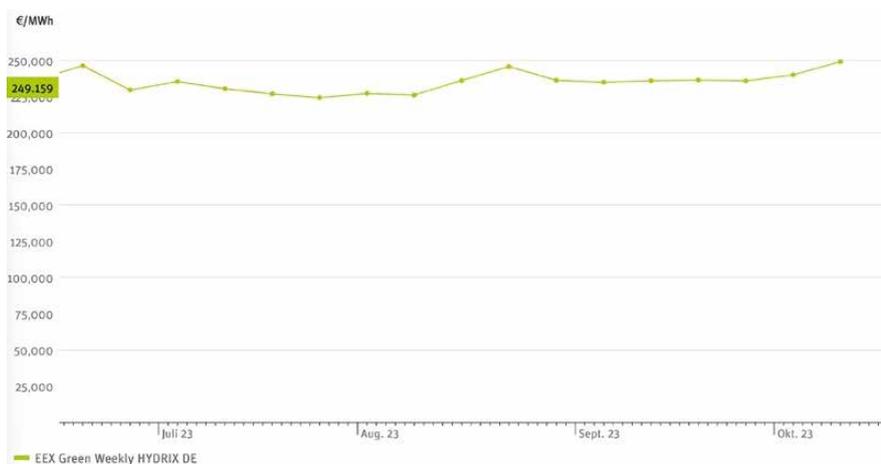


Abb. 3: Aktueller Hydrix-Preisindex [Quelle: [3]]

Ziel dieses Indexes ist es, die Markttransparenz zu verbessern und die Entwicklung eines transeuropäischen Wasserstoffmarktes zu unterstützen. Durch einen einheitlichen Preisindex sollen die Kosten und die Wettbewerbsfähigkeit der verschiedenen H₂-Arten, insbesondere von grünem Wasserstoff, sichtbar werden. Dies soll Risikobewertungen ermöglichen und potenziellen Investoren bei der Entscheidung für eine bestimmte Wasserstofftechnologie helfen. [1] [2]

Der Hydex ist ein Wert, der auf Basis der H₂-Produktionskosten in Deutschland berechnet wird. Die wichtigsten Berechnungsgrundlagen für den Hydex sind der tagesaktuelle Strom- und Erdgaspreis sowie der künftige Marktpreis für CO₂-Emissionen.

Investitions-, Transport- und Verteilungskosten werden hingegen nicht berücksichtigt. Der Hydex Green beschreibt die Produktionskosten von grünem Wasserstoff. Zusätzlich zum Strompreis sind die Preise für Ökostromzertifikate enthalten. Netzentgelte, Stromsteuer und die EEG-Umlage werden hingegen nicht berücksichtigt. [1]

Aufgrund der Volatilität von erneuerbaren Energien unterliegen die Strompreise starken Schwankungen. Diese übertragen sich auf den Hydex Green, wie Abbildung 1 zeigt. Der Hydex Blue und der Hydex Grey zeigen hingegen einen stabileren Preisverlauf. [1]

Der HydexPLUS ist eine Erweiterung des Hydex. Einzusehen ist er unter: <https://e-bridge.de/kompetenzen/wasserstoff/h2index/>

Hier wird ein kostenoptimierter Betrieb des Elektrolyseurs beziehungsweise Reformers miteinbezogen. Der HydexPLUS betrachtet zusätzlich zum Hydex die Investitions- und Betriebskosten sowie die Volllaststunden des Elektrolyseurs. Die Investitionskosten sind vorgegeben, während sich die Betriebskosten an den Rohstoffkosten des letzten Jahres orientieren. Da der HydexPLUS ein Vollkostenindex ist, kann er für konkrete Investitionsentscheidungen herangezogen werden. [1]

Der HydexPLUS wird berechnet, indem die Volllaststunden pro Tag im Bereich von 1 bis 24 Stunden variiert werden. Liegen keine Volllaststunden vor, wird kein Wasserstoff produziert. Es liegen nur die Investitionskosten vor, und die LCOH sind theoretisch unendlich hoch. Steigen jetzt die Volllaststunden, so sinken über die Zeit die LCOH. Zudem wird nun auch Wasserstoff produziert, der zum Beispiel verkauft werden kann. Bei weiterer Erhöhung der Volllaststunden durchlaufen die LCOH ein Minimum. Dieses Minimum ist der aktuelle HydexPLUS, der veröffentlicht wird. Durch die zusätzliche Betrachtung der Investitions- und Betriebskosten des Elektrolyseurs fallen die schwankenden Strombezugskosten weniger stark ins Gewicht, was sich in einem stabileren Preisverlauf des HydexPLUS im Vergleich zum Hydex äußert, wie Abbil-

Tab. 1: Gegenüberstellung der Parameter für die LCOH-Berechnung

	HydexPLUS Green [1]	PtG-Tool [6]
Betriebsdauer des Elektrolyseurs [a]	15	15
Zinssatz [%]	8	5
Investitionskosten Elektrolyseur [€/kW]	1.200	1.804
Operation and Maintenance [% Invest]	2,2	2,5 (Mittelwert) Standardabweichung: 1,3
Wirkungsgrad Elektrolyseur (LHV) [%]	65	Abhängig vom gewählten Elektrolyseur (Berechnung über Systemwirkungsgrad, hier 5,2 kWh/Nm³) ≈ 58
Stromabgaben [€/MWh]	6,56	0 (Eigenbezug)
Wassergrundpreis [€/m³]	4	2,13

Tab. 2: Aktuelle Preise für grünen Wasserstoff in €/MWh

HydexPLUS Green [1]	Hydrix [3]	PtG-Tool [6]
185,04 (Stand 17.10.2023)	249,159 (Stand 11.10.2023)	Projekt 1: 220,68 Volllaststunden: 2.278 h Strompreis: 7,33 ct/kWh Projekt 2: 545,85 Volllaststunden: 1.010 h Strompreis: 28,88 ct/kWh Projekt 3: 85,93 Volllaststunden: 5.909 h Strompreis: 5 ct/kWh Durchschnitt 284,15 Volllaststunden: 3.066 h Strompreis: 13,74 ct/kWh

Tab. 3: Übersicht der durchgeführten Berechnungen mit dem PtG-Tool, basierend auf Tab. 1

Rechnung	Parameter	Ergebnis	Aktueller HydexPLUS Green (Stand 17.10.2023)
1	PtG komplett basierend auf Tabelle 1, rechte Spalte	136,37 €/MWh	185,04 €/MWh
2	HydexPLUS komplett basierend auf Tabelle 1, linke Spalte	120,31 €/MWh	

Rechnung 2 zeigt. Auffällig ist zudem der sprunghafte Anstieg des HydexPLUS Green zum 1. Oktober 2023, was an einer Anpassung der Parameter liegt. [1]

WIE BERECHNET SICH DER HYDRIX? Der Hydrix ist ein H₂-Preisindex für die Marktpreise von grünem Wasserstoff, der jeden Mittwoch um 16 Uhr MEZ/MESZ von der EEX veröffentlicht wird. Einzusehen ist er unter:

→ <https://www.eex-transparency.com/de/wasserstoff/deutschland>.

Hierbei handelt es sich um den Mittelwert von realen Preisen für Abnehmer in Deutschland, die von verschiedenen Unternehmen in der Wasserstoffbranche gemeldet werden. Aus Gründen des Datenschutzes werden Anzahl und Namen der Unterstützer nicht genannt. Sie stammen jedoch nach EEX-Angaben aus der Energiewirtschaft, dem Handel, dem Engineering sowie der Industrie. Ziel des Hydrix ist es, einen erfolgreichen Markthochlauf in der Wasserstoffwirtschaft zu unterstützen, indem er potenziellen Investoren eine Entscheidungshilfe bietet. [4]

Jedem meldenden Unternehmen steht es frei, nur Einkaufs- bzw. Verkaufspreise oder auch beide Preise anzugeben. Die Preise sollten dabei in €/MWh angegeben und auf die dritte Nachkommastelle gerundet werden. Bei den Preisangaben werden die Transportkosten mit abgedeckt. Für den Einkaufs- und Verkaufspreis müssen jeweils mindestens vier Datenpunkte von mindestens fünf Unternehmen eingereicht werden. Aus diesen Daten wird anschließend das arithmetische Mittel gebildet. Wenn zu wenige Daten vorliegen, wird – je nach Entscheidung der EEX – der Mittelwert der letzten drei Wochen gebildet und veröffentlicht oder die Veröffentlichung ausgesetzt. [5]

VERGLEICH MIT DEM PTG-TOOL Die Berechnung der LCOH ist im HydexPLUS und im PtG-Tool ähnlich. Allerdings werden unterschiedliche Parameter zugrunde gelegt (s. Tab. 1).

Der HydexPLUS ist ein theoretischer Wert, da die Volllaststunden lediglich angenommen werden, unabhängig davon, ob für diese Volllaststunden auch ausreichend Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung steht. Damit können die Volllaststunden frei variiert werden, um die absolut günstigsten LCOH zu berechnen. [1]

Im PtG-Tool hängen die Volllaststunden von der verfügbaren Menge an erneuerbarer Energie ab, die im WEA- beziehungsweise PV-Modell vorgegeben werden. Somit sind die Volllaststunden im PtG-Tool nicht frei variierbar, und die LCOH hängen von der insgesamt verfügbaren Menge an erneuerbarer Energie ab. Für den Bezug von elektrischer Energie wurde Eigenbezug über eine Direktleitung angenommen. Somit entfallen hier die Stromabgaben. Aufgrund der geringeren Volllaststunden liegen die LCOH höher als beim HydexPLUS und näher am Hydrix, da dieser im Gegensatz zum HydexPLUS auf realen Preisen basiert und nicht theoretisch berechnet wurde. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der LCOH. Wie man sieht, variieren die Ergebnisse stark und hängen von den Eingangsparametern ab. [6]

EINBINDUNG IN DAS PTG-TOOL Da der Hydrix direkt von Unternehmen gemeldet wird und dementsprechend nicht berechnet ist, kann hier lediglich ein direkter Preisvergleich zu den berechneten LCOH aus dem PtG-Tool gezogen werden.

Der HydrexPLUS hingegen wird berechnet. Um die Ergebnisse zu validieren, werden diese Berechnungsgrundlagen in das PtG-Tool übernommen, um ihre Auswirkungen auf die LCOH zu simulieren.

Hierfür wurden insgesamt zwei Berechnungen mit dem PtG-Tool durchgeführt, welche in Tabelle 3 zusammengefasst sind. Die erste Berechnung verwendet firmeninterne Datensätze, die zweite Berechnung basiert auf den Parametern des HydrexPLUS.

Beide Parametersätze können in Tabelle 1 eingesehen werden. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde in allen Berechnungen das Erzeugungsprofil eines küstennahen Windparks von 2022 genutzt. Bei allen Berechnungen ist es das Ziel, minimale Wasserstoffgestehungskosten in Verbindung mit einem 14 kW-Elektrolyseur zu erreichen.

Als Strombezugskosten wurden 6 ct/kWh zugrunde gelegt. Diese basieren auf einer Ausarbeitung des wissenschaftlichen Dienstes des deutschen Bundestags aus dem Jahr 2022. Zu den Stromerzeugungskosten wurden anschließend die jeweiligen Stromabgaben aus Tabelle 1 addiert. Die Strombezugskosten betragen bei der Simulation mit PtG-Tool Parametern 6 ct/kWh und bei der Simulation mit HydrexPLUS-Green-Parametern 6,656 ct/kWh. [6] [7]

Die Simulation mit den Parametern ergab LCOH von 136,37 €/MWh. Mit den Parametern des HydrexPLUS ergaben sich 120,31 €/MWh. Der Unterschied liegt bei zwölf Prozent.

Die Simulationsergebnisse weichen nur geringfügig voneinander ab. Die simulierten LCOH des HydrexPLUS Green liegen unter denen des PtG-Tools. Ein Vergleich der beiden Parametersätze aus Tabelle 1 zeigt vor allem Unterschiede in den Investitionskosten des Elektrolyseurs, den Wasserbezugskosten und den Stromabgaben.

Eine große Abweichung besteht in den Investitionskosten für den Elektrolyseur. Der HydrexPLUS Green rechnet mit 1.200 €/kW, während das PtG-Tool 1.804 €/kW zugrunde legt – ein Unterschied von 604 €/kW. Beim betrachteten 14-kW-Elektrolyseur sind das Mehrausgaben von 8.456 €, die in den LCOH berücksichtigt werden müssen.

Die Abweichung bei den Wasserbezugskosten ist ebenfalls hoch. Hier liegt das PtG-Tool mit 2,13 €/m³ unter den Kosten des HydrexPLUS Green mit 4 €/m³. Der Einfluss der Wasserbezugskosten ist dennoch gering, da die Bezugsgröße recht groß ist. Der Wasserverbrauch in Kubikmetern ist im Vergleich zu anderen Parametern, wie zum Beispiel dem Strombezug, gering.

Die Strombezugskosten haben erfahrungsgemäß einen großen Einfluss auf die LCOH. Der HydrexPLUS Green liefert für die Stromabgaben lediglich einen Preis in Höhe von 6,56 €/MWh. Diese beinhalten laut [8] die Kosten für den Messstellenbetrieb, die Konzessionsabgabe sowie die Preise für die Herkunftsnachweise des bezogenen Stroms. Da in den Parametern des PtG-Tools Eigenversorgung angegeben wurde, fallen dort keine Stromabgaben an. Und weil für beide Parametersätze die gleichen Stromerzeugungskosten von 6 ct/kWh zugrunde gelegt wurden, ist der durch die Stromabgaben verursachte Preisunterschied minimal und kompensiert die Unterschiede in den Investitionskosten nicht.

Die restlichen Parameter sind entweder gleich oder unterscheiden sich nur unwesentlich voneinander, so dass ihre Einflüsse auf die LCOH zu vernachlässigen sind.

Der aktuelle HydrexPLUS Green liegt mit 185,04 €/MWh über dem nach Tabelle 1 berechneten Wert. Dieser Unterschied resultiert aus dem nicht näher angegebenen tagesaktuellen Strompreis, da sämtliche anderen Parameter angegeben sind.

ZUSAMMENFASSUNG Jeder der betrachteten Preisindizes bedient sich unterschiedlicher Berechnungsmethoden und Parameter und kommt demnach zu unterschiedlichen Ergebnissen. Hierbei wird deutlich, dass reale Wasserstoffpreise, wie sie der Hydrix veröffentlicht, grundsätzlich höher liegen als die theoretisch berechneten Preise des HydrexPLUS Green bzw. des PtG-Tools. Während der HydrexPLUS Green bei 185,04 €/MWh liegt, ist der Hydrix mit 249,16 €/MWh um mehr als 60 €/MWh teurer. Die durchschnittlichen LCOH des PtG-Tools liegen zwar knapp über dem Hydrix, allerdings nur aufgrund des sehr hohen Einzelpreises von 545,85 €/MWh in Projekt 2 (s. Tab. 2).

Dies verdeutlicht die Abhängigkeit der LCOH von den Strombezugskosten sowie von den Volllaststunden. Unter günstigen Voraussetzungen sind geringe LCOH möglich, welche unter den Preisen von Hydrex und Hydrix liegen. Bei 5.909 Volllaststunden und geringen Strombezugskosten von 5 ct/kWh liegen die LCOH lediglich bei 85,93 €/MWh. Andererseits sorgen eine geringe Auslastung und hohe Strombezugskosten für LCOH, welche weit über den gemeldeten und berechneten Preisen liegen. Mit gerade einmal 1.010 Volllaststunden und zudem hohen Strombezugskosten von 28,88 ct/kWh liegen die LCOH mit 545,85 €/MWh mehr als doppelt so hoch wie der Hydrix. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit einer individuellen Betrachtung eines jeden Wasserstoffprojektes. •

Literatur:

- [1] E-Bridge Consulting GmbH, „E-Bridge.com – Wasserstoff,“ 2023. [Online]. Available: <https://e-bridge.de/kompetenzen/wasserstoff/h2index/>. [Zugriff: 17. Okt. 2023].
- [2] E-Bridge Consulting GmbH, „E-Bridge.com – energy-markets,“ 2023. [Online]. Available: <https://e-bridge.com/competencies/energy-markets/>. [Zugriff: 17. Okt. 2023].
- [3] eex-transparency.com, „eex-transparency.com,“ [Online]. Available: <https://www.eex-transparency.com/de/wasserstoff/deutschland>. [Zugriff: 17. Okt. 2023].
- [4] eex.com, „eex-transparency.com – hydrix faq,“ [Online]. Available: <https://www.eex-transparency.com/de/service/hydrix-faq>. [Zugriff: 25. Sept. 2023].
- [5] eex.com, „eex-transparency.com,“ 24. Mai 2023. [Online]. Available: https://www.eex.com/fileadmin/EEEX/Downloads/Trading/Indices/Index_Description_v17.pdf. [Zugriff: 19. Jun. 2024].
- [6] „PtG-Tool,“ 2023.
- [7] Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste, „Gestehungskosten von Strom im Vergleich,“ Deutscher Bundestag, Berlin, 2022.
- [8] P. Heuser, persönliche Kommunikation. [Interview]. 03. Nov. 2023.

Autoren:



Carsten Fichter
EnergieSynergie GmbH, Ovelgönne
→ carsten.fichter@energiesynergie.de
Quelle: Studio23.de, Yvonne Bösel



Steve Stengel
Nefino GmbH, Hannover

THG-QUOTENHANDEL FÜR GRÜNEN WASSERSTOFF

Die Treibhausgasemissionsminderungsquote (THG-Quote) ist ein politisches Klimaschutzinstrument, das in Deutschland eingesetzt wird, um die landesweiten Emissionen im Verkehr zu verringern und erneuerbare Energien in der Mobilität zu fördern. Sie ist die nationale Umsetzung der Vorgaben aus der europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie und hat das Ziel, die Mindestanteile an erneuerbaren Energien im Verkehrssektor für das Jahr 2030 und darüber hinaus zu erreichen. **Autor:** David Benjamin Pflegler

44

Hohe THG-Emissionen im Verkehr sind auf die fossilen Kraftstoffe zurückzuführen. Aus diesem Grund sind Mineralölunternehmen bzw. die Inverkehrbringer fossiler Kraftstoffe dazu verpflichtet, ihre Emissionen um einen bestimmten Prozentsatz zu kompensieren und in emissionsärmere Alternativen zu investieren. Dieser Prozentsatz wird THG-Minderungsquote genannt und beträgt für das Jahr 2024 mindestens 9,25 Prozent. Er erhöht sich kontinuierlich bis 2030 auf einen Wert von 25 Prozent.

Zur Erreichung dieser Ziele erlaubt das Bundesimmissionsschutz-Gesetz (BImSchG) bestimmten Erfüllungsoptionen wie beispielsweise Biokraftstoffen, Ladestrom oder strombasiertem Wasserstoff die Anrechenbarkeit über den Quotenhandel und ermöglicht somit attraktive Zusatzerlöse. Quotenverpflichtete Unternehmen vergüten Inverkehrbringern erneuerbarer Kraftstoffe die Emissionseinsparungen, erreichen ihre Ziele und verhindern damit die Zahlung einer Pönale von 600 €/t CO₂. Für RFNBO (renewable fuels of non-biological origin) greift insbesondere die 37. BImSchV, für Ladestrom beispielsweise die 38. BImSchV.

ERNEUERBARE KRAFTSTOFFE NICHT-BIOLOGISCHEN URSPRUNGS Im März 2024 verabschiedete der Deutsche Bundestag eine Novellierung dieser für RFNBO zuständigen 37. BImSchV. Damit wird die Anrechnung einer großen Bandbreite unterschiedlicher strombasierter Kraftstoffe auf die THG-Quote ermöglicht, darunter auch grüner Wasserstoff. Die neue Verordnung greift allerdings erst für Kraftstoffe, die ab dem 1. Juli 2024 in Verkehr gebracht werden.

Die Vorgaben gelten im Wesentlichen für die Produktion von RFNBO und damit unmittelbar für den Produzenten. Quotenberechtigt und damit anspruchsberechtigt für die Quotenerlöse ist allerdings nicht der Produzent, sondern der Inverkehrbringer der RFNBO, welcher in der Regel dem Betreiber der RFNBO-Tankstelle entspricht. Auch der Einsatz von RFNBO in der Raffinerie ist möglich. In diesem Fall gilt

die Raffinerie selbst als Inverkehrbringer und ist damit quotenberechtigt.

Grundsätzlich müssen zur Anrechnung von grünem Wasserstoff und RFNBO auf die THG-Quote die Strombezugskriterien erfüllt werden, die in der Delegierten Verordnung EU 2023/1184 festgelegt sind, sowie eine THG-Mindesteinsparung von 70 Prozent, berechnet nach den Vorgaben in der zweiten Delegierten Verordnung EU 2023/1185. Zur Nachweisbarkeit dieser Aspekte müssen die Anlagen zur Produktion inklusive möglicher Lieferanten in einem von der EU-Kommission anerkannten Zertifizierungssystem (bspw. REDcert EU oder ISCC EU) zertifiziert werden.

Erst nach erfolgreicher Zertifizierung kann das produzierte RFNBO angerechnet werden – vorausgesetzt, die Mindesteinsparung von 70 Prozent wird eingehalten. Diese Vorgaben gelten im Rahmen der deutschen THG-Quote für RFNBO, eingesetzt im Verkehrssektor, setzen aber ebenso die Standards für RFNBO, eingesetzt in anderen EU-Staaten und in anderen Endverbrauchssektoren (hier allerdings ohne die Möglichkeit von Quotenerlösen).

BEISPIEL

Ein Elektrolyseur bezieht seinen Strom zu 70 Prozent via Green PPA (Szenario 2 aus Abb. 2) und zu 30 Prozent via Spotmarkt inklusive Strom-HKN-Entwertung. Bei einem EE-Anteil von 50 Prozent im Netz wären demnach maximal 70 Prozent plus 15 Prozent, also 85 Prozent RFNBO, die restlichen 15 Prozent könnten als Low-Carbon Hydrogen vermarktet werden, sind aber nicht für die THG-Quote zu verwenden. Ob tatsächlich 85 Prozent als RFNBO gelten, entscheidet sich allerdings erst, wenn klar ist, ob für die Gesamtmenge die Mindesteinsparung von 70 Prozent eingehalten wurde.

Die nächsten Schritte auf regulatorischer Ebene

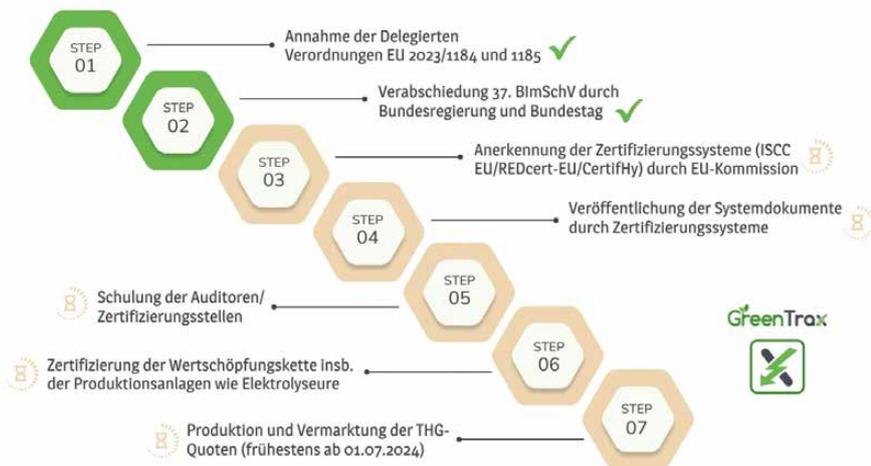


Abb. 1: Sieben Schritte zur THG-Quote für gasförmigen Wasserstoff
[Quelle: <https://www.greentrax.de/blog/gruener-wasserstoff-thg-quote>]

Nach Anerkennung der Zertifizierungssysteme für RFNBO durch die EU-Kommission können sich die relevanten Marktteilnehmer zertifizieren lassen. Vorher ist es nicht möglich, RFNBO zu produzieren und diese für die THG-Quote zu nutzen. Sogenannte Pre-Zertifizierungen sind zwar möglich und können gegebenenfalls den Zertifizierungsprozess beschleunigen, haben jedoch keine Rechtswirksamkeit in Bezug auf die 37. BImSchV und erlauben auch keine rückwirkende Anerkennung produzierter erneuerbarer Kraftstoffe.

TEILWEISE ERNEUERBARER KRAFTSTOFF Die Strombezugs-kriterien aus EU 2023/1184 sind eins zu eins in nationales Recht überführt worden und finden sich damit ebenfalls in der 37. BImSchV. Unterschieden werden muss zwischen vollständig und teilweise erneuerbarem Kraftstoff. Vollständig erneuerbarer Kraftstoff muss in der Regel alle Strombezugs-kriterien erfüllen (s. Abb. 2), inklusive Abschluss eines Green PPA, also eines Stromliefer- und Bezugsvertrages für erneuerbaren Strom, beispielsweise zwischen dem Betreiber eines Windparks und dem Betreiber des Elektrolyseurs. Teilweise erneuerbarer Kraftstoff muss diese Kriterien nicht erfüllen. Demnach muss zunächst geprüft werden, ob der Kraftstoff überhaupt vollständig als RFNBO im Sinne der Verordnung einzustufen ist.

Ein Elektrolyseur könnte beispielsweise Netzstrom beziehen und müsste entsprechend dem durchschnittlichen EE-Anteil lediglich Stromherkunftsnachweise entwerfen, ohne die weiteren Strombezugs-kriterien zu erfüllen (hierbei dürfen jedoch keine biomassebasierten Herkunftsnachweise verwendet werden). In einem solchen Fall würde der durchschnittliche EE-Anteil des konsumierten Stroms in

Deutschland (sog. RES-E) zwei Jahre vor dem Produktionsjahr herangezogen werden. Falls der EE-Anteil beispielsweise 50 Prozent betrug, könnten maximal 50 Prozent des so erzeugten Kraftstoffs als RFNBO anerkannt werden.

In der Praxis ist eine Produktion rein über diesen Strombezug in Deutschland jedoch nicht möglich, da der relativ hohe Emissionsfaktor für Netzstrom berücksichtigt und in der Regel die Mindesteinsparung von 70 Prozent verfehlt wird. Die Schlüsselung der Gesamtemissionen auf aus der Produktionsanlage ausgekoppelte Erzeugnisse wie zum Beispiel Wärme und Sauerstoff könnte hier Abhilfe schaffen, genau wie eine anteilige Produktion gemeinsam mit der Produktion von vollständig erneuerbarem Kraftstoff über die Nutzung eines Green PPA.

Eine Schlüsselung der Emissionen kann bei der elektrochemischen Produktion von Wasserstoff, Wärme und Sauerstoff beispielsweise anhand des ökonomischen Wertes der Erzeugnisse erfolgen. Sollten jedoch alle Erzeugnisse einen Energiegehalt aufweisen, müsste die Schlüsselung der Emissionen anhand des energetischen Anteils erfolgen. Hierdurch verbessert sich die THG-Bilanz des Wasserstoffs.

45

VOLLSTÄNDIG ERNEUERBARER KRAFTSTOFF Neben teilweise erneuerbarem Kraftstoff kann auch vollständig erneuerbarer Kraftstoff produziert werden. Hierzu müssen je nach Szenario der Strombeschaffung die in Abb. 2 aufgeführten Kriterien erfüllt sein, wodurch sich 100 Prozent des erzeugten Kraftstoffes als RFNBO anrechnen lassen. Bei einer anteiligen Produktion mit Strom, der diese Kriterien nicht erfüllt, hätten wir entsprechend weniger als 100 Prozent (abhängig vom EE-Anteil im Stromnetz des jeweiligen Produktionsstandortes).

Zur Berechnung dieser Mindesteinsparung und der THG-Intensitäten der verschiedenen RFNBO gibt die zweite delegierte Verordnung mitsamt Annex (EU 2023/1185) die Methode vor und legt somit auch den Ausgangswert für die Emissionseinsparungen fest, die im Rahmen der deutschen THG-Minderungsquote vermarktet werden können. Die für Deutschland zuständige 37. BImSchV verweist hierbei direkt auf die delegierte Rechtsverordnung.

Zu erfüllende Kriterien	Strombezug über das öffentliche Netz			
	Ohne Netzbezug	Szenario 2: Allgemeiner Netzbezug	Szenario 3: Gebotzone mit geringen Emissionen	Szenario 4: Imbalance Settlement; H2-Produktion verringert Redispatch von EE-Anlagen
Zusätzlichkeit: Inbetriebnahme ungenutzter EE-Anlage maximal 36 Monate vor H2-Anlage	Szenario 1: Direktverbindung ohne Netzbezug	Szenario 2: Allgemeiner Netzbezug	Szenario 3: Gebotzone mit geringen Emissionen	Szenario 4: Imbalance Settlement; H2-Produktion verringert Redispatch von EE-Anlagen
PPA: GreenPPA mit EE-Anlagenbetreiber	EE-Anlage beliefert H2-Anlage über Direktverbindung. Falls EE-Anlage auch Netzanschluss besitzt, muss über Messkonzept der ausschließliche Bezug über Direktverbindung nachgewiesen werden. Kombinierbar mit Szenario 2.	Anwendbar, falls Strombezug über das öffentliche Netz erfolgt und Optionen 3-5 nicht erfüllt sind. Grundsätzlich müssen alle Kriterien erfüllt werden (Ausnahmen in Übergangsphase)	Anwendbar nur für Gebotzonen mit weniger als 18 gCO ₂ eq/MJ THG-Intensität	Szenario 5: 90% EE-Anteil: Falls Gebotzone über 90 % EE-Anteil im Vorjahr, werden jährliche Produktionsstunden in Relation zum exakten EE-Anteil aus dem Vorjahr begrenzt (Bestandsschutz für Regelung für mindestens 5 Folgejahre)
Geogr. Korrelation: Erzeugung und Verbrauch von Strom in identischer Gebotzone				
Zeitl. Korrelation: Verbrauch und Erzeugung EE-Strom monatsstufen, ab 2030 stündlich				
Zusätzlichkeit	ab 2028 ¹⁾	ab 2028 ²⁾	n.a.	n.a.
PPA	n.a.			n.a.
Geogr. Korrelation	n.a.			n.a.
Zeitl. Korrelation	n.a.	verschärfend ab 2030	verschärfend ab 2030	n.a.

Abb. 2: Übersicht der aktuellen Regulatorik
[Quelle: <https://www.greentrax.de/gruener-wasserstoff>]

MEHR KLARHEIT ÜBER DIE ERLÖSPOTENZIALE Grundsätzlich müssen sämtliche Emissionen des kraftstoffspezifischen Lebenszyklus erfasst wer-

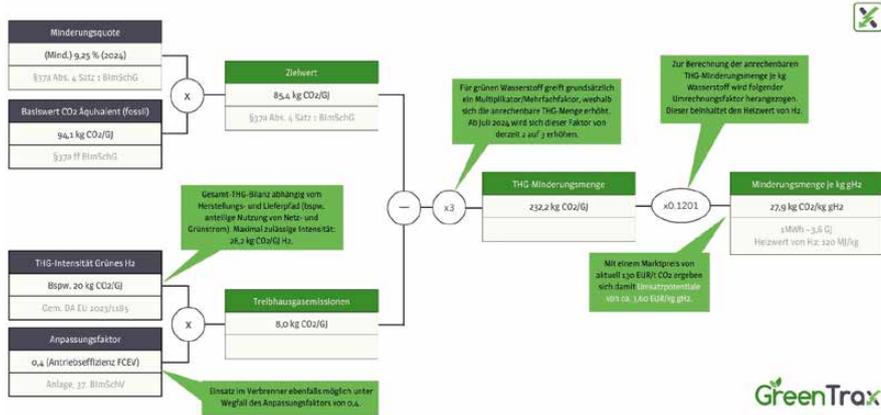


Abb. 3: Von der THG-Intensität zur THG-Minderungsmenge
 [Quelle: <https://www.greentrax.de/wissen/thg-quote-fuer-rfnbo-und-wasserstoff>]

den (Well-to-Wheel-Betrachtung). Dies beinhaltet die Emissionen der Einsatzstoffe (Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe) wie beispielsweise Strom, aufbereitetes Wasser, Stickstoff oder Elektrolyte wie Kaliumhydroxid, die Emissionen durch die Produktion (bspw. Leckagen oder Abfallbehandlung) sowie die Emissionen durch Transport via Diesel-Sattelzug und Verteilung an der Tankstelle. Im Vergleich zu Kraftstoffen für Verbrenner-Fahrzeuge entstehen bei Nutzung keine zusätzlichen THG-Emissionen. Beim Wasserstoff entstehen jedoch bei Transport und Verteilung schnell kritische Mengen an Emissionen, da Diesel-Lkw für den Transport von Wasserstoff derzeit aufgrund rechtlicher Vorgaben noch nicht durch nachhaltige Antriebe ersetzt werden können und die Tankstellen in der Regel kein Green PPA nutzen dürfen, womit der Stromverbrauch für Verdichtungs- und Kühlungsleistungen mit entsprechend schlechtem Emissionsfaktor verrechnet werden muss. Aktuell gibt es noch keine Standardemissionswerte beispielsweise für die Verdichtung und Kühlung an Tankstellen oder für die Produktion über Elektrolyseure mit geringer Kapazität (etwa < 5 MW_{el}).

VORGABEN FÜR EMISSIONEN DER EINSATZSTOFFE Bei vollständig als erneuerbar anerkanntem Wasserstoff beziehungsweise RFNBO wird der zur Produktion verwendete Strom mit einem Emissionsfaktor von 0 kg CO₂/GJ angerechnet. Darüber hinaus werden aber auch Vorgaben für nur teilweise als erneuerbar anerkannten Wasserstoff gemacht. Hierbei wird grundsätzlich die durchschnittliche THG-Intensität von Netzstrom für das jeweilige EU-Mitgliedsland herangezogen, in dem die Erzeugungsanlage für Wasserstoff steht. Da alle RFNBO aber eine THG-Einsparung von mindestens 70 Prozent gegenüber der fossilen Referenz vorweisen müssen, ist aktuell eine Anerkennung mit den relativ schlechten Netzstrom-Werten nur unter bestimmten Bedingungen möglich, wie beispielsweise der Schlüsselung der Emissionen auf etwaige kommerziell genutzte Nebenprodukte wie Wärme und Sauerstoff oder eine anteilige Produktion unter Einhaltung aller Strombezugskriterien (via Green PPA). Neben Strom müssen darüber hinaus alle anderen Einsatzstoffe in die Emissionsberechnung einbezogen werden. Zur Erstellung zertifizierbarer Berechnungsmethoden und zur Bewertung der Nachhaltigkeitskriterien kann auch auf die Expertise spezialisierter Berater zurückgegriffen werden.

Diese so errechnete THG-Intensität des RFNBO (Einsatzstoffe, Produktion, Transport und Verteilung) darf nach Berücksichtigung der Mindesteinsparung maximal 28,2 kg CO₂/GJ betragen, um für die THG-Quote anerkannt zu werden. Für den Quotenhandel ist es erforderlich, dass die sogenannte letzte Schnittstelle einen Nachhaltigkeitsnachweis für die jeweiligen produzierten und an Lieferanten übertragenen RFNBO-Mengen ausgibt. Nur die letzte Schnittstelle ist berechtigt, einen solchen Nachweis auszustellen. In der Regel ist dies der Produzent, der den Kraftstoff in der für den Einsatz im Verkehr erforderlichen Qualitätsstufe erzeugt.

Dieser Nachhaltigkeitsnachweis beinhaltet beispielsweise die Bestätigung, dass sämtliche Strombezugskriterien und THG-Vorgaben eingehalten werden. Auch muss die für den jeweiligen Verwendungszweck berechnete THG-Intensität des RFNBO aufgeführt sein. Hierzu greift die letzte Schnittstelle wiederum auf die THG-Intensitäten möglicher vorgelagerter Schnittstellen zurück und ergänzt diese um eigene Emissionen inklusive nachfolgendem Transport und Verteilung.

Voraussetzung zur Ausstellung solcher Nachweise ist das Vorliegen eines gültigen Zertifikats für die Produktionsstätte, das in einem der von der EU-Kommission anerkannten Zertifizierungssysteme ausgestellt sein muss. Nachhaltigkeitsnachweise und Zertifikate müssen zudem zur Nachweisführung in die Unions-Datenbank für RFNBO und ins Register der zuständigen Behörde des Umweltbundesamtes eingestellt werden. Beide Register sind derzeit noch im Aufbau.

Ausgehend von dieser produktionspezifischen THG-Intensität des RFNBO kann anschließend die THG-Minderungsmenge für die THG-Quote berechnet werden. Die obige Abb. 3 geht von einem THG-Wert von 20 kg CO₂/GJ H₂ aus, womit sich eine rechnerische Minderungsmenge von fast 28 kg CO₂ je kg H₂ ergäbe (inkl. Dreifachanrechnung).

Diese Minderungsmenge reduziert sich jedoch mit der Zeit. Steigt die THG-Minderungsquote mit der Zeit an – wie es auch vom Gesetzgeber vorgesehen ist – so sinkt dadurch die Minderungsmenge durch grünen Wasserstoff, da auch dieser Wasserstoff die Reduktionsquote zu erfüllen hat. Abhängig von den erzielbaren Marktpreisen pro Tonne CO₂ lassen sich die Zusatzerlöse durch grünen Wasserstoff herleiten: Bei einem Marktpreis von beispielsweise 130 € je Tonne CO₂ (No-Cap-Quote) ließen sich damit 2024 Zusatzerlöse von etwa 3,60 € je kg H₂ erzielen.

Zur Auszahlung der Quotenerlöse muss in der Regel vorab bei der für die THG-Quote zuständigen Biokraftstoffquotenstelle am Hauptzollamt die Quotenübertragung stattfinden. Spezialisierte Quotendienstleister können hier den Quotenhandel übernehmen, Quotenhandelsverträge zur Verfügung stellen sowie bei der Einhaltung von Formvorschriften und Antragsfristen unterstützen. Auch Handelsmodelle mit Indexpreis oder Festpreis für RFNBO können (auch über mehrere Jahre) nach Bedarf festgelegt werden und ermöglichen so sichere und prognostizierbare Quotenerlöse. •

Autor:



David Benjamin
 Pflegler
 GT Emission Solutions
 GmbH, Kleve
 → david.pflegler@
 greentrax.de

WARUM DIE WASSERSTOFFAKTIEN NOCH WEITER SINKEN KÖNNEN

Früher wurde Wasserstoff meist noch aus fossilen Brennstoffen wie Erdgas mittels Dampfreformierung isoliert und gespeichert. Ökologisch sinnvoller ist die Wasserstofferzeugung durch die Elektrolyse von Wasser mithilfe grünen Stroms, zum Beispiel zwecks späterer Verstromung in Brennstoffzellen – aber damit sinken im Vergleich zu anderen Speichermedien die Wirkungsgrade und es leidet die Wirtschaftlichkeit. Wasserstoff – selbst ja kein Primärenergie-träger – dient vor allem als Sekundärenergieträger, also als Speichermedium, und kann ein idealer Puffer sein, um Überkapazitäten bei der Stromgewinnung (z. B. aus Wind und Sonne) aufzufangen und dann bereitzustellen, wenn sie benötigt werden. **Autor:** Max Deml

47

Obwohl die meisten börsennotierten Unternehmen, die mit der Forschung, Produktion oder Infrastruktur im Bereich Wasserstoff zu tun haben, seit Jahren nur Verluste schreiben, hat die Nachfrage der Investoren, nicht zuletzt auch vieler nachhaltig orientierter Investmentfonds, die Aktienkurse in lichte Höhen getrieben. Inzwischen sind die Höhenflüge der gehypten Aktien vorbei. Investor*innen, die vor drei Jahren zu damaligen Höchstkursen gekauft haben, müssen ernüchtert feststellen, dass die Kurse nun nicht selten 90 Prozent oder noch tiefer stehen. Denn die Umsatzentwicklungen sind weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Trotzdem können diese Aktien noch weiter sinken: die Marktka-

pitalisierungen liegen auch beim jetzigen Kursniveau meist noch bei einem Vielfachen des letzten Jahresumsatzes – und die meisten dieser Unternehmen schreiben weiterhin hohe Verluste.

Ausnahmen sind Großunternehmen wie die Linde plc (der 1879 gegründete ehemalige DAX-Konzern hat nach der Fusion mit Praxair seinen Sitz in Irland), die zuletzt mit 66.000 Beschäftigten bei knapp US-\$ 33 Mrd. Umsatz einen Gewinn von US-\$ 6,2 Mrd. gemacht hat – aber nur ein Bruchteil des Umsatzes entfällt auf Wasserstoff. Auch hier liegt der Börsenwert mit rund US-\$ 207 Mrd. weit über dem Jahresumsatz.

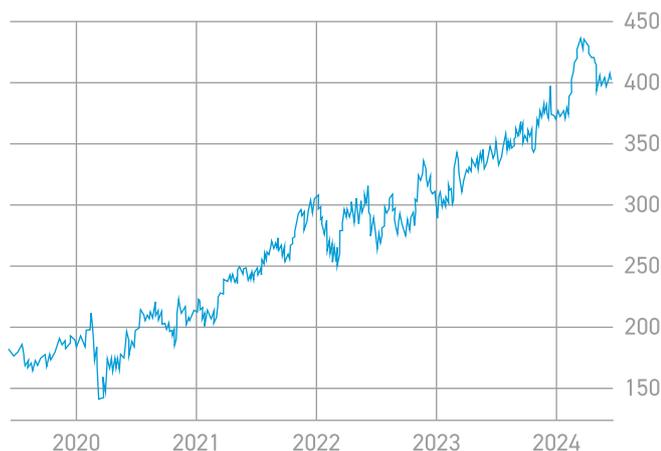


Abb. 1: 5-Jahres-Kursverlauf Linde plc



Abb. 2: 5-Jahres-Kursverlauf Ballard Power Systems

Ähnlich ist die Lage beim zweiten großen Industriegase-Produzenten Air Liquide SA aus Frankreich, der 2023 mit fast 68.000 Beschäftigten und rund 27,6 Mrd. Euro Umsatz einen Gewinn von 3,1 Mrd. Euro gemacht hat. Beim Kurs von rund 180 Euro liegt der Börsenwert mit rund 94 Mrd. Euro weit höher als der Umsatz.

Die seit über drei Jahrzehnten im Bereich Brennstoffzellen tätige kanadische Ballard Power Systems macht auch heute noch Verluste und hat nur überlebt, weil diese immer wieder durch milliardenschwere Kapitalerhöhungen finanziert werden konnten. 2023 fiel bei einem Umsatz von CAD 138 Mio. ein Verlust von CAD 240 Mio. an. Der BZ-Pionier mit knapp 1.200 Beschäftigten ist trotzdem noch mit rund dem neunfachen Jahresumsatz bewertet – und die Kursentwicklung der letzten fünf Jahre (samt dem über 90-Prozent-Verlust seit dem Hoch Anfang 2021) ist typisch für viele kleinere H₂-Aktien.

Einige der Unternehmen, die schon früh auf das Thema Wasserstoff gesetzt haben, gibt es nicht mehr, zum Beispiel den kanadischen Druckbehälterhersteller Dynetek Industries, die Berliner Heliocentris Fuel Cells AG oder die Syngas International. Auch die nicht börsennotierte Hydrogen eMobility AG (mit Sitz im Wiener Schloss Schönbrunn) wurde Mitte 2023 liquidiert. Als Aufsichtsratsvorsitzender fungierte hier der Finanzökonom Wolfgang Meilinger, der Kurzzeit-Ehemann (2018 bis 2020) der österreichischen Ex-Außenministerin Dr. Karin Kneissl, die bei ihrer Hochzeit mit Wladimir Putin getanz hat und jetzt – als hoch bezahlte Aufsichtsrätin des Moskauer Ölkonzerns Rosneft – in Russland ihre neue Heimat gefunden hat.

Energieexperten wie Dr. Fritz Binder-Kriegelstein (www.renewable.at) aus Österreich sind nicht nur hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit skeptisch und zitierten schon vor Jahren Studien, nach denen der „Preis von grünem Wasserstoff unkalkulierbar“ ist, weil zum Beispiel „Produktions- und Transportkosten keinen Marktpreis ergeben“. Außerdem werde Wasserstoff „aktuell primär von fossil-atomaren Großkonzernen medial und politisch intensiv vorangetrieben. Und denen waren Endkonsumentenpreise immer schon herzlich egal, siehe Atomkraft und fossile Klimazerstörung“.

POWERTAP HYDROGEN CAPITAL CORP.

„Pure Player“-Aktien gibt es im Bereich treibhausgasneutraler Wasserstoffproduzenten relativ wenige. Es ist daher nicht verwunderlich, dass aufgrund der hohen Nachfrage nach „Wasserstoff-Aktien“ – es war vor Jahren eines der am meisten bei Börsianern, aber auch in der Wissenschaft, Politik und vielen Medien diskutierten Themen – viele Titel in kurzer Zeit um mehr als 1.000 Prozent gestiegen sind, wie beispielsweise die Aktie der PowerTap Hydrogen Capital Corp.

Das kanadische Unternehmen (www.powertapcapital.com) hieß bis November 2020 noch Organic Flower und hat sich damals als Cannabis-Start-up präsentiert. Danach wurde es in Clean Power Capital und nach der mehrheitlichen Übernahme der PowerTap Hydrogen Fueling Corp. erneut in PowerTap Hydrogen Capital Corp. umbenannt. Seither will man innerhalb weniger Jahre ein H₂-Tankstellennetz in den USA und Kanada aufbauen. Doch die letzten beiden Jahre (2022/23) brachten noch keine Umsätze, wohl aber Verluste von über CAD 240 Mio. sowie ein negatives Eigenkapital. Der Kurs sank von über US-\$ 50 (2021) auf nur mehr US\$ 0,15, der Börsenwert entsprechend auf unter US-\$ 4 Mio.

Ähnliche Umbenennungen (HyperSolar heißt jetzt Sun-Hydrogen) und schnelle Börsengänge noch umsatzloser Unternehmen gab es 2020 öfters. Und auch einige Warnungen gab es zu dieser Zeit, wie beispielsweise beim Wiener Börsenbrief Öko-Invest oder beim Dortmunder ecoreporter-Magazin im Artikel „Deutsches Wasserstoff-Start-up: Enapter und die 100.000 Elektrolyseure“: hier sollte man „Vorsicht walten lassen“, denn „noch immer sind viele Wasserstoffaktien mehr Wette als Investment“.

ENAPTER AG

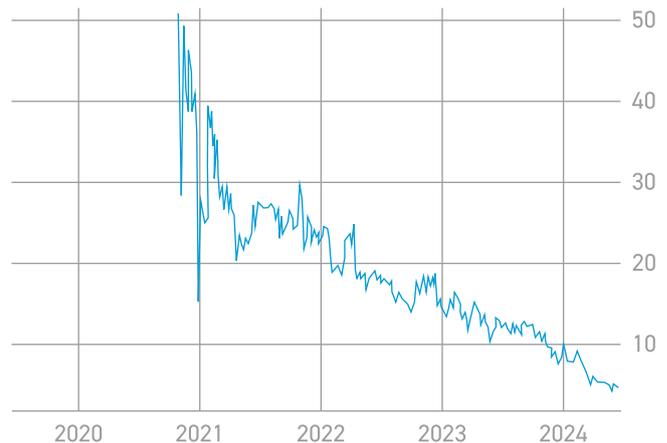


Abb. 3: 5-Jahres-Kursverlauf Enapter AG

Die Enapter AG mit Hauptsitz in Deutschland und einem Forschungs- und Produktionsstandort in Italien hat Elektrolyseure in Einkern- und Mehrkernsystemen (Singlecore bzw. Multicore) entwickelt und inzwischen an über 340 Kunden in über 50 Ländern verkauft, von Energie- und Transport- bis zu Heizungs- und Telekommunikationsunternehmen. 2023 konnte man mit rund 200 Beschäftigten den Umsatz um 115 Prozent auf über 31,6 Mio. Euro steigern, musste aber weiterhin einen Verlust von 7,2 Mio. Euro verbuchen (Vorjahr: 13,0 Mio. Euro), so dass die Eigenkapitalquote von über 80 Prozent auf unter 57 Prozent gefallen ist. Der Kurs sank von knapp 50 Euro (Ende 2020) um über 90 Prozent auf unter 4,50 Euro (Mai 2024), was einem Börsenwert von rund 121 Mio. Euro entspricht.

Auch für 2024 erwartet man – bei einem Umsatz von 34 Mio. Euro – weitere Verluste von mindestens 8 Mio. Euro. Im März 2024 erhielt Enapter seinen bisher größten Auftrag in Europa: das Logistikunternehmen CFFT SpA hat drei Elektrolyseure mit je 1 MW Leistung bestellt, die in einem Hafen in der Nähe von Rom für H₂-Betankungsanlagen eingesetzt werden sollen.

Über die Enapter-Tochter Clean H2 Inc. (www.cleanh2.energy) in den USA, die Elektrolyseure bereitstellt, und den exklusiven Vertriebspartner Solar Invest International SE sind bis Ende Mai 2024 Aufträge im Volumen von US-\$ 5,4 Mio. eingegangen, vor allem aus dem Bereich Lkw- und Luftverkehr. Enapter verspricht sich am US-Markt Vorteile, unter anderem aufgrund des Inflation Reduction Act, der auch die Förderung von Wasserstoffanwendungen umfasst, und aufgrund der Anionenaustauschmembran-Technologie (AEM, Anion Exchange Membrane), die ohne das seltene Element Iridium auskommt.

THYSSENKRUPP NUCERA AG & CO. KGAA

Der vom Konzern abgespaltene Elektrolyse-Geschäftsbereich konnte 2022/23 den Umsatz um 70 Prozent auf 653 Mio. Euro erhöhen und beim Ergebnis nach Steuern mit 22,5 Mio. Euro – nach nur 6,0 Mio. Euro im Jahr 2022 – wieder an die Jahre vorher (21,3 Mio. bzw. 21,7 Mio. Euro 2020 und 2021) anschließen. Die Eigenkapitalquote stieg 2023 durch den Börsengang von 33,2 auf 64,5 Prozent.

Im ersten Quartal 2024 (entspricht Q2 im lfd. Geschäftsjahr) fiel der Auftragseingang um 42 Prozent auf 75,3 Mio. Euro, was Bereichsleiter Dr. Christoph Noeres auf Projektverzögerungen bei den Kunden, schleppende Förderzusagen und andere „Investitionshemmnisse“ im Wasserstoffgeschäft zurückführte. Beim Quartalsumsatz von 168 Mio. Euro (+11 Prozent) fiel das Ergebnis von +3,6 Mio. Euro (in Q1/2023) auf -7,2 Mio. Euro.

Seit März 2024 ist das Fraunhofer IKTS ein strategischer Partner bei der „hochinnovativen Hochtemperaturelektrolyse-Technologie“ (SOEC) – und das US-Energieministerium hat thyssenkrupp nucera „ausgewählt, um die Massenproduktion von Wasserelektrolyse-Zellen und den Aufbau einer automatisierten Montagelinie dieser Zellen voranzubringen“.

Die thyssenkrupp nucera AG & Co. KGaA (mit inzwischen über 850 Mitarbeitenden) rechnet im Geschäftsjahr 2023/24 (per 30.9.24) mit einem Umsatz von 820 bis 900 Mio. Euro (davon 500 bis 550 Mio. Euro im Bereich der alkalischen Wasserelektrolyse), aber unter anderem aufgrund von „Anlaufkosten für die Umsetzung der Wachstumsstrategie“ einem Verlust im zweistelligen Millionenbereich. Erst 2024/25 will man der Gewinnschwelle „nahekommen“.

Beim Kurs von rund 11,50 Euro (Ende Mai 2024) entspricht der Börsenwert von 1,45 Mrd. Euro ungefähr dem doppelten Umsatz der letzten vier Quartale.

PLUG POWER

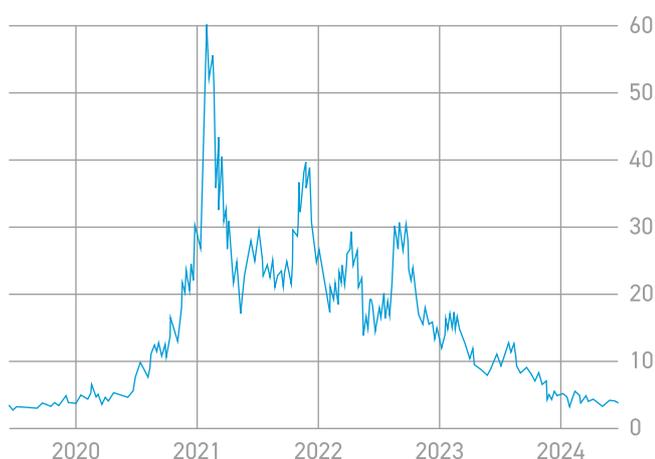


Abb. 4: 5-Jahres-Kursverlauf Plug Power

Das US-Unternehmen (www.plugpower.com) zählt zu den weltweit größten Käufern von flüssigem Wasserstoff, auch wenn man seit der Übernahme (2021) von United Hydrogen diesen auch selbst produzieren kann. Mitte Mai 2024 gab das US-Energieministeriums (DOE) über das Loan Programs Office (LPO) – laut CEO Andy Marsh nach einem intensiven Due-Diligence-Prozess – eine „bedingte Zusage

für eine Kreditgarantie in Höhe von bis zu 1,66 Mrd. US-\$ zur Finanzierung der Entwicklung, des Baus und des Besitzes von bis zu sechs Anlagen zur Produktion von grünem Wasserstoff“, die der „Justice 40“-Initiative der Biden-Administration entspricht.

Plug Power hat Anfang 2024 in Woodbine/Georgia die erste kommerzielle Anlage dieser Art in Betrieb genommen und damit die Tages-Produktionskapazität für flüssigen Wasserstoff auf rund 25 Tonnen erhöht. 2023 konnte man mit über 3.800 Beschäftigten den Umsatz zwar um 27 Prozent auf über US-\$ 891 Mrd. steigern, aber auch der Verlust erhöhte sich um 89 Prozent auf über US-\$ 1.368 Mio. bzw. US-\$ 2,30 je Aktie. Die Eigenkapitalquote sank leicht von 70,4 auf 59,1 Prozent. Beim Kurs von rund US-\$ 3,20 Euro (Ende Mai 2024) entspricht der Börsenwert von rund US-\$ 2,4 Mrd. ungefähr dem dreifachen Umsatz der letzten vier Quartale.

NEL ASA

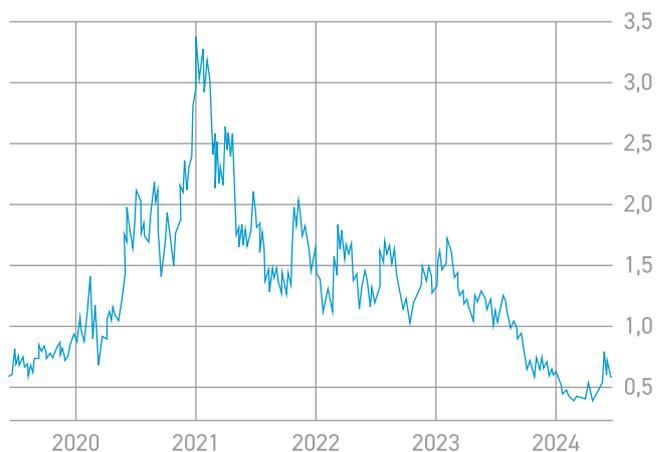


Abb. 5: 5-Jahres-Kursverlauf Nel ASA

Die schon 1927 gegründete norwegische Firma mit inzwischen fast 700 Beschäftigten zählt zu den Pionieren im Bereich der Elektrolyse zur Erzeugung von Wasserstoff (nelhydrogen.com). Der zweite Bereich („Hydrogen Fueling“) befasst sich mit der Infrastruktur (Bau von Wasserstofftankstellen und Zapfsystemen, hauptsächlich für den Verkehr). Schon 2017 hat Nel mit Hexagon Composite und PowerCell Sweden das Joint Venture Hyon für den Bereich von Wasserfahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb gegründet. Nel Hydrogen ist auch Teil des PosHYdon-Konsortiums (und soll den Elektrolyseur liefern), das noch 2024 die Installation einer Offshore-Wasserstoffproduktionsanlage auf der Öl- und Gasplattform Q13a-A der Neptune Energy plant.

2023 stieg der Nel-Umsatz um 84 Prozent auf über NOK 1,68 Mrd. Der Verlust konnte dabei von NOK 1,17 Mrd. auf unter NOK 0,86 Mrd. gesenkt werden. Die Eigenkapitalquote fiel von über 78 Prozent (2022) auf 72 Prozent. Beim Kurs von rund 0,62 Euro (Ende Mai 2024) ergibt sich ein Börsenwert von rund 1,0 Mrd. Euro, was immer noch ein Vielfaches des Jahresumsatzes ausmacht.

Nel-Chef Håkon Vollidal stellte Anfang 2024 fest, dass es nur „begrenzte Synergien zwischen den Geschäftsbereichen Betankung und Elektrolyseur“ gibt und ist der Meinung, dass „beide Bereiche besser positioniert sind, um in ihren jeweiligen Bereichen Marktführer zu werden, wenn sie unabhängig voneinander operieren“. Die Betankungssparte soll

daher unter dem Namen Cavendish Hydrogen – benannt nach dem britischen Wissenschaftler Henry Cavendish (1731 bis 1810), der das Element Wasserstoff 1766 als „brennbare Luft“ entdeckt hat – ausgliedert werden. NEL-Aktionäre erhalten bei dem in Oslo geplanten Börsengang dann Aktien der Cavendish Hydrogen.

EVERFUEL A/S

Das dänische Nel-Spin-off (www.everfuel.com) ist seit Oktober 2020 börsennotiert und hat zum Beispiel einen Vertrag mit dem Offshore-Windparkbetreiber Orsted geschlossen. Dessen geplante 2-MW-Anlage soll täglich bis zu 1.000 kg Wasserstoff liefern, wobei Everfuel auch für den Betrieb der Kompressions- und Befüllungsanlage zuständig sein soll. Im Mai 2024 gab CEO Jacob Krogsgaard eine Absichtserklärung eines deutschen Industrieunternehmens bekannt, das, wenn eine Wasserstoff-Pipeline zwischen Dänemark und Deutschland realisiert wird, ab 2028 jährlich rund 10.000 Tonnen „grünen Wasserstoff“ (RFNBO, also „nicht-biologischen Ursprungs“) von Everfuel beziehen will (wozu eine Elektrolyseurkapazität von mindestens 100 MW nötig wäre).

2023 konnte Everfuel mit rund 75 Beschäftigten den Umsatz um 128 Prozent auf rund 5,7 Mio. Euro steigern, allerdings stieg auch der Verlust um knapp 16 Mio. Euro auf rund 28 Mio. Euro, so dass die Eigenkapitalquote von 57,7 auf unter 51,5 Prozent gefallen ist. Der Kurs an der Heimatbörse Oslo sank von über NOK 183 (Anfang 2021) um 94 Prozent auf unter NOK 11 (Mai 2024), was einem Börsenwert von immer noch fast 80 Mio. Euro – also rund dem 14-fachen Jahresumsatz – entspricht.

MCPHY ENERGY SA

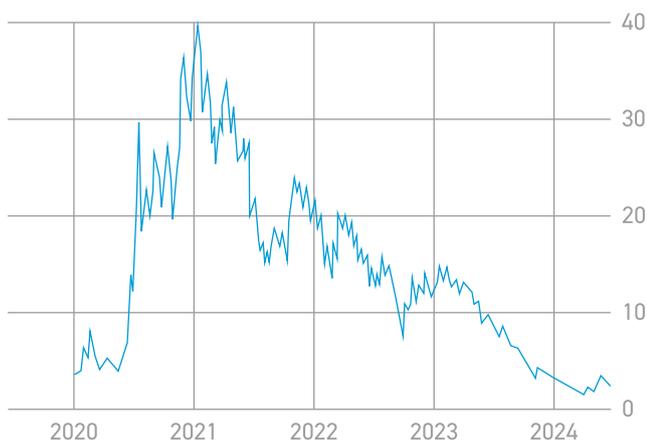


Abb. 6: 5-Jahres-Kursverlauf McPhy Energy ASA

Das Unternehmen (www.mcphy.com) mit Hauptsitz in Grenoble und mehreren Tochtergesellschaften wie der McPhy Energy Deutschland GmbH sieht sich als „Entwickler und Hersteller von Anlagen zur Produktion und Distribution von kohlenstofffreiem Wasserstoff“. Die fünf Kompetenzzentren in Frankreich, Deutschland und Italien bieten neben Elektrolyseuren auch Speicherbehälter sowie Systeme unter anderem für den Energie-, und Transportbereich an. Unter dem Motto „Driving clean energy forward“ will CEO Jean-Baptiste Lucas mit McPhy Energy „kohlenstofffreie Wasserstoffanwendungen entwickeln und zum Kampf gegen den Klimawandel beitragen“.

2023 konnte man mit über 260 Beschäftigten den Umsatz um 17 Prozent auf rund 18,8 Mio. Euro steigern, der Verlust wuchs jedoch um 24 Prozent auf 47,4 Mio. Euro bzw. 1,70 Euro je Aktie. Die Eigenkapitalquote sank von 64,6 auf 53,7 Prozent. Beim Kurs von rund 3,10 Euro (Ende Mai 2024) entspricht der Börsenwert von rund 92 Mio. Euro fast dem fünffachen Jahresumsatz.

POWERCELL SWEDEN AB

Das 2008 gegründete Unternehmen (www.powercellgroup.com) stellt Brennstoffzellensysteme her, die fossile wie auch erneuerbare Energieträger in Wasserstoff umwandeln können. Es hat bisher durchwegs Verluste produziert, mit einer Ausnahme im Jahr 2019: Da wurde durch den Verkauf einer exklusiven Produktions- und Vertriebslizenz für den „PowerCell S3 fuel cell stack“ an die Robert Bosch GmbH ein Erlös von rund 50 Mio. Euro verbucht.

2023 konnte man mit rund 150 Beschäftigten den Umsatz um 27 Prozent auf über SEK 310 Mio. steigern, allerdings erhöhte sich auch der Verlust um acht Prozent auf rund SEK 63 Mio., so dass die Eigenkapitalquote von über 70 auf unter 65 Prozent gefallen ist. Der Kurs sank von über SEK 400 (Anfang 2021) um über 90 Prozent auf rund SEK 36 (Mai 2024), was einem Börsenwert von immer noch rund SEK 1,9 Mrd. – also rund dem sechsfachen Jahresumsatz – entspricht.

ITM POWER PLC

Das 2001 gegründete und von CEO Dennis Schulz geführte britische Unternehmen (www.itm-power.com) ist eines der etabliertesten Unternehmen der Elektrolysebranche in Europa, wenn auch hier die Umsätze im Vergleich zum Börsenwert noch sehr gering sind. ITM Power, zu dessen drei Großaktionären auch Linde gehört, hat unter anderem ein Joint Venture (50/50) mit Linde gegründet: Die ITM Linde Electrolysis GmbH (ILE GmbH) will in Leuna die weltgrößte Elektrolyseuranlage realisieren – mit Unterstützung der deutschen Regierung, die im Rahmen ihrer Wasserstoffstrategie bis 2030 dabei helfen will, eine Produktionskapazität von 5.000 MW aufzubauen, und dafür einige Mrd. Euro an Förderungen eingeplant hat. ITM Power bietet mehrere Elektrolyseurmodelle an, von Trident (2 MW) und Neptune bis Poseidon (20 MW) für Großprojekte.

Im Geschäftsjahr 2022/23 (per 30.4.23) ging der Umsatz

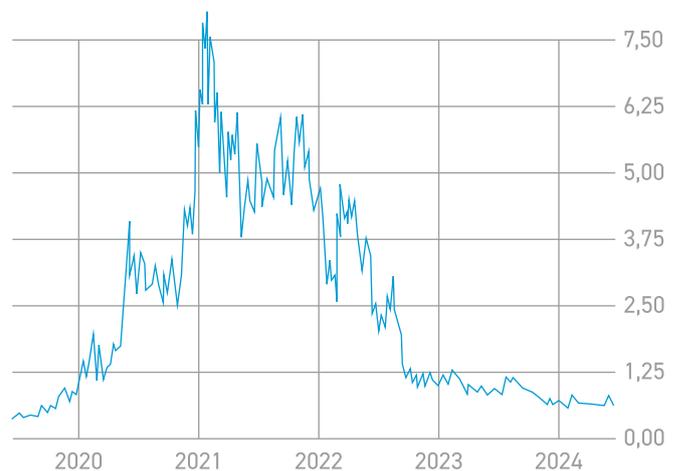


Abb. 7: 5-Jahres-Kursverlauf ITM Power PLC

um sieben Prozent auf 5,2 Mio. Pfund zurück, der Verlust hat sich auf über 101 Mio. Pfund mehr als verdoppelt. Die Eigenkapitalquote sank dabei von über 86 Prozent auf unter 74 Prozent. Der Kurs sank von 7,17 Pfund (Anfang 2021) um 92 Prozent auf unter 0,58 (Mai 2024), was einem Börsenwert von immer noch über 350 Mio. Pfund – also rund dem 30-fachen Umsatz der letzten vier Quartale entspricht.

WEICHAİ POWER

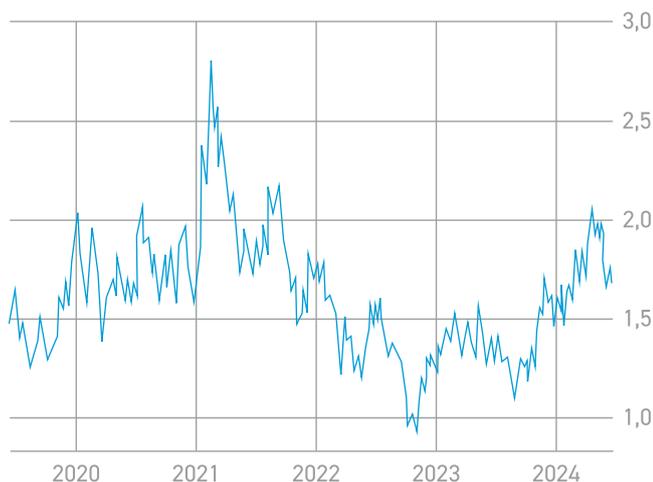


Abb. 8: 5-Jahres-Kursverlauf Weichai-Power-H-Aktie

Dieser 1953 gegründete Fahrzeugtechnik-Konzern (www.weichai.com) baute seinerzeit eine der ersten Dieselmotorenfabriken in China und hieß bis 1992 noch Weichai Diesel Engine Factory. Das Unternehmen ist zwar alles andere als ein „Pure Player“, hat aber mit einigen Geschäftsbereichen und Beteiligungen wie der an Ballard Power und Ceres Power auch mit der Herstellung von Brennstoffzellenprodukten bzw. Wasserstoffanwendungen zu tun. Minderheitsbeteiligungen ging man auch bei Linde Hydraulics und dem deutschen Gabelstaplerkonzern Kion ein. 2020 rückte Weichai Power in die weltweite Top-10-Liste der Automobilzulieferer vor, bei den Lkw-Dieselmotoren hält man den Spitzenplatz in Sachen Wirkungsgrad.

2023 konnte man mit über 47.600 Beschäftigten den Umsatz um 16 Prozent auf über CNY 214 Mrd. (rund 27 Mrd. Euro) steigern – und den Gewinn, der 2022 um 49 Prozent zurückging, um fast 75 Prozent wieder auf über CNY 9,0 Mrd. erhöhen. Die Eigenkapitalquote sank leicht von 24,9 Prozent auf 23,7 Prozent.

Die Kurse der auch an deutschen Börsen gelisteten Weichai-Power-H-Aktien pendelten in den letzten Jahren zwischen 0,93 und 2,78 Euro. Beim Kurs von rund 1,70 Euro (Ende Mai 2024) entspricht der Börsenwert rund dem 0,6-fachen Jahresumsatz von Weichai Power. Die Dividendenrendite betrug zuletzt knapp 4,4 Prozent.

PROTON MOTOR POWER SYSTEMS PLC

Das britische BZ-Unternehmen (www.proton-motor.com) mit der deutschen Tochter Proton Motor Fuel Cell GmbH, das auch Produkte im Bereich Wasserstoff entwickelt, kam in den letzten sieben Jahren kaum über Jahresumsätze von

über 2 Mio. Pfund hinaus, 2018 und 2019 waren es nur jeweils rund 0,8 Mio. Pfund – bei jeweils meist viel höheren, oft zweistelligen Millionenverlusten. Die Eigenkapitalquote ist schon seit vielen Jahren negativ.

Der Kurs sank von über 50 Pence (Anfang 2021) um über 95 Prozent auf rund 2 Pence (Ende Mai 2024), so dass der Börsenwert von rund 33 Mio. Pfund ungefähr dem 17-fachen letzten Jahresumsatz entspricht.

VERBUND AG

Seit der Teilprivatisierung 1989 sind die Aktien des Wasserkraftkonzerns – der Ausgabepreis lag split-bereinigt bei rund 2,65 Euro – börsennotiert (die Republik Österreich hält noch 51 Prozent). Rund 98 Prozent der eigenen Stromerzeugung stammen aus erneuerbaren Energien, neben Wasserkraftwerken auch zunehmend aus Wind- und Solar-Parks, auch im Ausland. Die 2001 gegründete 100-Prozent-Tochter Austrian Power Grid AG hält Beteiligungen unter anderem an der OeMAG Abwicklungsstelle für Ökostrom.

Mit der Verbund Green Hydrogen GmbH ist man auch in der Wasserstoffproduktionen tätig, unter anderem bei Industrieprojekten zusammen mit österreichischen Konzernen – oder als Lieferant für den Kraftstoffhändler Westfalen AG aus Münster, der ab 2026 grünen Wasserstoff von diesem Verbund-Unternehmen beziehen will. Ende Mai 2024 haben Tunesien und die TE H2 – ein 80/20-Joint Venture der TotalEnergies und der EREN Groupe – sowie die Verbund AG eine Absichtserklärung unterzeichnet, „um die Durch-



Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum







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

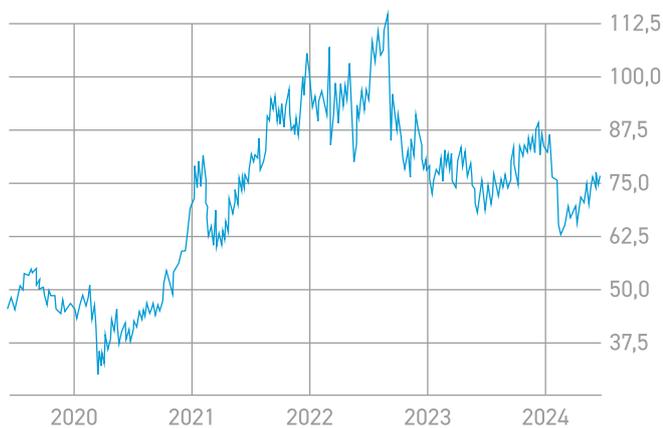


Abb. 9: 5-Jahres-Kursverlauf Verbund AG

führung eines Großprojekts im Bereich grüner Wasserstoff namens H2 Notos für den Export über Pipelines nach Mitteleuropa zu prüfen“. Dabei sollen Elektrolyseure anfangs jährlich rund 200.000, später bis zu 1 Mio. Tonnen grünen Wasserstoff erzeugen, mittels Strom aus tunesischen Wind- und Solarparks sowie entsalztem Wasser.

Über die bis 2030 geplante Wasserstoffpipeline „South2 Corridor“ soll dann Nordafrika mit Italien, Österreich und Deutschland verbunden werden, und die Verbund AG soll den H₂-Transport nach Mitteleuropa koordinieren. Laut TE H₂-Chef David Corchia hat H2 Notos „das Potenzial, ein bedeutender Lieferant von grünem Wasserstoff für Europa zu werden und gleichzeitig die umfangreiche Schaffung von Arbeitsplätzen in Tunesien zu fördern“. Und Verbund-CEO Michael Strugl ist „hoherfreut, mit einem starken Konsortium zusammenzuarbeiten, das in der Lage ist, Projekte im GW-Bereich umzusetzen“.

2022 stieg der Umsatz des Stromversorgers (mit rund 3.800 Beschäftigten) um fast 117 Prozent auf 10,35 Mrd. Euro, 2023 weiter auf 10,45 Mrd. Euro. Der Gewinn stieg 2023 um 32 Prozent auf 2.266 Mio. Euro bzw. 6,52 Euro je Aktie. Die Eigenkapitalquote stieg von 37 Prozent (2022) auf über 50 Prozent (2023).

Bei rund 347 Mio. Aktien und einem Kurs von rund 75 Euro ergibt sich für die Verbund AG ein Börsenwert von über 25 rd. Euro, der dem 2,5-fachen Jahresumsatz und einer Dividendenrendite von rund 5,6 Prozent entspricht. Die Aktie ist eines der 25 Mitglieder im Natur-Aktien-Index nx-25 (dieser Index hat in den ersten 27 Jahren seit dem Start 1997 rund 2.273 Prozent zugelegt, weit mehr als der Benchmark-Index MSCI World mit +322 Prozent) und wurde auch (beim Kurs von 10 Euro) in das Musterdepot des Börsenbriefs Öko-Invest aufgenommen. •

RISIKOHINWEIS

Jeder Anleger sollte sich bei der Investition in Aktien immer seiner eigenen Risikoeinschätzung bewusst sein und auch an eine sinnvolle Risikostreuung denken. Die hier genannten BZ-Unternehmen bzw. Aktien stammen aus dem Bereich der Small- und Mid-Caps, das heißt, es handelt sich nicht um Standardwerte, und auch die Volatilität ist deutlich höher. Diese Analyse stellt keine Kaufempfehlung dar. Alle Informationen basieren auf öffentlich zugänglichen Quellen und stellen hinsichtlich der Bewertung ausschließlich die persönliche Meinung des Autors dar, wobei der Fokus auf einer mittel- bis langfristigen Bewertung und nicht auf kurzfristigen Gewinnen liegt. Die hier vorgestellten Aktien können im Besitz des Autors sein. Es handelt sich nicht um eine Anlage- oder Kaufempfehlung, sondern lediglich um eine unverbindliche persönliche Einschätzung – ohne Obligo.

Der Autor Max Deml (Jahrgang 1957) ist seit 1991 Chefredakteur des Börsenbriefs Öko-Invest (www.oeko-invest.net) und Autor des Handbuchs Grünes Geld (8. Auflage seit 1990). Er hat 1997 den internationalen Natur-Aktienindex nx-25 (mit 25 Mitgliedern) entwickelt und 2001 den Solar-Aktienindex PPVX, der die 30 weltweit größten börsennotierten PV-Produktions-, -Zuliefer- und -Betreiberunternehmen enthält.

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: 150 Euro im Jahr (zzgl. MwSt.)

Premiueintrag: 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 (8.000 Abonnenten) inkl. Verlinkung
- Kosten: 650 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



Abb. 1: Eine große Halle mit Reinraum-Ausstattung und große Pläne: Tor-Erik Hoftun von Teco 2030 [Quelle: Hannover Messe]

Gigawattfertigung in Norwegen geplant

53

BRENNSTOFFZELLEN VOM POLARKREIS

In Narvik produzierte das norwegische Unternehmen REC Solar einst Photovoltaikanlagen. Heute stehen die Fabrikhallen leer. Mit zweimal rund 5.000 Quadratmetern Fläche und Reinraum-Ausstattung bieten sie gute Voraussetzungen, um dort eine Brennstoffzellenfertigung aufzubauen. Das Start-up Teco 2030 will dort schon in wenigen Jahren im Gigawatt-Maßstab PEM-Brennstoffzellen mit hoher Leistungsdichte herstellen. **Autorin:** Eva Augsten

Teco 2030 ist ein Spin-off der Teco Maritime Group, eines Dienstleisters für eine „grünere“ Schifffahrt mit 30 Jahren Erfahrung und rund 150 Mitarbeitenden. Dementsprechend lag es für Teco 2030 nahe, Schiffe als eines der ersten möglichen Einsatzgebiete für das neue Produkt ins Auge zu fassen. Ziel ist es, eine Hochleistungsbrennstoffzelle für den maritimen Einsatz zu entwickeln und im Gigawatt-Maßstab zu produzieren. Chef des Spin-offs ist Teco-Gründer Tore Enger persönlich.

Als Partner ist AVL mit im Boot, ein Unternehmen mit 12.000 Beschäftigten und Hauptsitz in Österreich. Der Tech-

nologieentwickler aus der Automobilbranche kennt sich mit Brennstoffzellen aus und hat in Graz eigene Einrichtungen, um diese zu entwickeln, zu simulieren, zu testen und zu optimieren.

In enger Zusammenarbeit haben Teco 2030 und AVL eine neue PEM-Brennstoffzelle entwickelt. Sie ist nach Angaben der Firmen in ihrer Leistungsdichte und Flexibilität einzigartig. Für die hohe Leistungsdichte, vor allem rund um den eigentlichen Stack herum, sei das Wissen der Partner und Lieferanten zusammengefließen. Beckhoff Automation und

Harting Technology sind zwei der deutschen Zulieferer, die dabei helfen sollen, dass die Entwicklung weiter „im Rekordtempo“ läuft, wie Teco 2030 betont.

Das komplette Design des Produkts, von der Membran bis zum Komplettsystem, haben Teco 2030 und AVL gemeinsam entwickelt. Jedoch sollen sowohl die Bipolarplatten als auch die Membranen extern gefertigt werden. Im norwegischen Narvik sollen die Komponenten dann erst zu Zellstacks, anschließend zu Brennstoffzellenmodulen und schließlich zu kompletten Systemen verbaut werden. Anfang April 2024, als eine Delegation der Hannover Messe mitsamt Journalistinnen und Journalisten den Standort besuchte, gab es dort vor allem große, leere Hallen und einige Büros zu sehen. Die Prototypen-Fertigung passt in einen einzelnen Raum.

SHELL-TANKER ALS ERSTE ANWENDUNG Eines der ersten Produkte soll ein Brennstoffzellengenerator (Fuel Cell Power Generator, kurz FCPG) im Format eines standardisier-ten 40-Fuß-Containers sein. Im Rahmen des Forschungsprojekts HyEkoTank soll der Brennstoffzellen-Container auf dem Bitumen-Tanker Bitflower von Shell seinen ersten Praxiseinsatz haben. Für das Design hat die norwegische Klassifikationsgesellschaft DNV für den Einsatz in einem Forschungsprojekt ein „Approval in Principle“ (AiP) für den Einsatz auf Hochseeschiffen gegeben.

Das Brennstoffzellensystem lasse sich nahtlos in die Schaltanlage eines Schiffes integrieren, heißt es von Teco 2030. Das AiP bezieht sich dabei auf das Brennstoffaufbereitungssystem, die Räume mit den BZ-Modulen, die Elektrotechnik, die Batterie, die HVAC-Technik, die Hilfseinrichtungen (Auxiliaries), das Inertisierungssystem und die Luftschleuse.

Die Brennstoffzelle soll eine Leistung von 2,4 MW haben, also knapp 3.300 PS. Das ist weniger, als der aktuelle Motor leisten kann, doch Teco 2030 betont, dass die Chartergeschwindigkeit des Schiffes damit eingehalten werden kann. „Diese Kapazität reicht aus, um das Schiff zu 100 Prozent emissionsfrei mit Wasserstoff als Kraftstoff zu betreiben, ohne dass Treibhausgasemissionen entstehen“, sagt Tor-Erik Hoftun, Chief Strategy Officer von Teco 2030.



Abb. 3: Die Prototypenfertigung in Narvik [Quelle: Hannover Messe]

Während viele BZ-Systeme eine relativ große Batterie als Leistungspuffer für den Antrieb benötigen, soll die neue Brennstoffzelle sehr flexibel reagieren können. Wie groß letztlich die externe Batterie ausgelegt wird, hängt dann von weiteren Anforderungen auf dem Schiff ab. „Die Brennstoffzelle ist dynamisch und kann die Reaktionszeit der Dieselmotoren abbilden, was bedeutet, dass die Installation in Bezug auf die Größe der externen Batterie und die Leistungsstrategien optimiert werden kann“, sagt Hoftun.

Neben der Brennstoffzelleneinheit gehört zum System ein austauschbarer Tank, der 4.000 kg Wasserstoff bei 350 bar fassen soll. Der Tanker kann also neuen Treibstoff auch in Häfen an Bord nehmen, die keine spezielle Infrastruktur für die Wasserstoff-Betankung haben.

Im Wasserstoffspeicher liegt allerdings bisher eine wesentliche Begrenzung der Technologie. Bei einem einwöchigen Einsatz des Schiffes soll es möglich sein, etwa 70 Prozent der Antriebsenergie mit der Brennstoffzelle bereitzustellen. Während des Tests sollen die neuen Komponenten auf dem Deck des Schiffes platziert werden, so dass der Dieselmotor an seinem Platz bleiben kann. Wo die Brennstoffzelle perspektivisch sitzen soll, ist noch nicht ausgemacht. Klar ist aber, dass Platz an Bord immer ein Thema ist – vor allem beim Retrofit. „Das System ist kompakt gestaltet, um die Nachrüstung an neuen oder bestehenden Standorten, an denen früher Motoren standen, zu vereinfachen“, so Hoftun.

GRÖSSTES RETROFIT-VORHABEN Das Projekt gehört zum EU-Programm Horizon und ist laut Teco 2030 das größte aktuelle Retrofit-Vorhaben für ein Brennstoffzellenschiff. Shell will 5 Mio. US-\$ in das Projekt investieren, von der EU sollen 5 Mio. Euro kommen. Am Ende des Projekts soll das Technology Readiness Level 8 erreicht sein. Teco 2030 geht davon aus, dass sich die Versorgung mit dem standardisierten Brennstoffzellencontainer auf viele See- und Binnenschiffe übertragen lässt.

Parallel sind eine Reihe weiterer Forschungsprojekte ange- laufen: Für eine Fähre in Kroatien erhielt ein Konsortium, zu dem auch Teco 2030 gehört, bereits im Jahr 2023 eine Zusage über gut 13 Mio. Euro aus dem Horizon-Programm der EU.

In einem anderen Projekt will Teco 2030 noch in der ersten Jahreshälfte gemeinsam mit AVL eine Retrofit-Lösung für einen 40-Tonnen-Lkw mit vier 100-kW-Stacks demonstrieren. Eine weitere Baustelle ist die Entwicklung eines



Abb. 2: Der Bitumentanker Bitflower soll das erste Schiff sein, das mit einer Brennstoffzelle von Teco 2030 fährt [Quelle: Shell]

Brennstoffzellengenerators mit 0,6 bis 1,6 MW in einem kleineren Container. Dieser soll je nach Bedarf Bordstrom für Schiffe oder Baustrom liefern können. An diesem Projekt sind das norwegische Staatsunternehmen Enova und das Schweizer Bauunternehmen Implenia beteiligt. Schließt man auch die Projekte in Vorbereitung, in der technischen Konzeptphase oder mit noch ausstehender Finanzierung ein, erstreckt sich die Liste der Vorhaben über mehrere Seiten.

SCHIFFFAHRT MUSS GRÜNER WERDEN Damit aus den Forschungsprojekten auch kommerzielle Anwendungen werden, muss Teco 2030 allerdings noch zwei Hürden nehmen, die nicht zu unterschätzen sind: Erstens muss der schnelle Aufbau der Produktion gelingen. Und zweitens muss sich die Technologie neben den vielen Alternativen in dem dynamischen Markt der nachhaltigen Mobilität durchsetzen.

Was den Markt betrifft, sind die Manager von Teco 2030 sehr zuversichtlich. Der politische Druck auf die Reedereien wächst, sie müssen ihre Schiffe klimafreundlicher machen. Im Verhältnis zu anderen Emissionsquellen war der Seetransport in der EU mit 3 bis 4 Prozent der CO₂-Äquivalente zwar ein eher kleiner Posten, doch der Warenverkehr wächst. Deshalb gilt seit Januar 2024 der europäische Emissionshandel auch für große Schiffe ab 5.000 Bruttoregister-tonnen, die Häfen innerhalb der EU anlaufen.

Die International Maritime Organisation (IMO) hat im Sommer 2023 ebenfalls ihre Klimaziele verschärft: Bis 2040 sollen die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 2008 um mindestens 70 Prozent gesenkt werden, wobei 80 Prozent angestrebt werden.

Den womöglich stärksten Druck machen aber die Kunden. Viele Verbraucher legen Wert auf klimafreundliche Produkte. Und wenn demzufolge Großkonzerne wie Amazon oder Microsoft auf einem klimaneutralen Transport ihrer Waren bestehen, müssen sich die Reedereien etwas einfallen lassen – auch wenn sie laut Gesetz noch länger Zeit hätten.

Die Teco-Manager sehen daher einen großen Markt für ihre Brennstoffzellen. Ihre Potenzialanalyse beruht auf einem Papier von Hydrogen Europe aus dem Jahr 2021. Für dieses wurden über 60 Schiffstypen auf mögliche klimafreundliche Antriebstechnologien hin untersucht. Je nach Anwendung hätten sich dabei drei Antriebsarten als wirtschaftlich erwiesen. Ammoniak in Kombination mit Festoxid-Brennstoffzellen komme vor allem für schwere Hochseetanker infrage. Für kleine Schiffe, die häufig Gelegenheit zum Tanken haben, seien H₂-Drucktanks in Kombination mit PEM-Brennstoffzellen die beste Option. Flüssiger Wasserstoff in Kombination mit PEM-Brennstoffzellen soll den Bereich dazwischen abdecken, in dem sich vor allem Containerschiffe, aber auch einige große Fähren und Kreuzfahrtschiffe bewegen.

Von diesen drei Treibstoffen sei gasförmiger Wasserstoff der günstigste, gefolgt von flüssigem Wasserstoff und schließlich Ammoniak. Unterm Strich sei die Kombination von PEM-Brennstoffzellen mit Wasserstoff in flüssiger oder gasförmiger Form in Bezug auf die Total Cost of Ownership (TCO) die beste verfügbare Technologie für rund 77.000 Schiffe weltweit.

Doch es gibt auch ganz andere Thesen, zum Beispiel im Bericht des Schiffsklassifizierers und Beratungsdienstleisters DNV aus dem Jahr 2023. Unter den bis Juli 2023 bestellten neuen Schiffen hatten demnach lediglich fünf einen Wasserstoffan-

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 für Ex-Zone 2



EXNT 8292

Wasserstoff-Drucktransmitter für Ex-Zone 0, 1



Abb. 4: Die manuelle Fertigung soll möglichst noch 2024 starten
[Quelle: Teco 2030/Hannover Messe]

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

trieb. Die in dem Bericht beleuchteten Technologien für die zukünftige Dekarbonisierung sind vielseitig: Sie beinhalten die CO₂-Abscheidung an Bord, Unterstützung durch Windenergie und sogar Nuklearantriebe. Unter den Brennstoffzellenantrieben explizit erwähnt ist die Festoxidbrennstoffzelle, betrieben mit Kohlenwasserstoffen oder Ammoniak.

Flüssiger Wasserstoff als Treibstoff sei auch vorstellbar, erklärt der Report am Beispiel der norwegischen Fähre MS Hydra, die mit einer PEM-Brennstoffzelle unterwegs ist. Doch DNV betont: Gemessen an anderen Treibstoffen ist selbst beim flüssigen Wasserstoff die volumetrische Energiedichte gering. Die Kombination von gasförmigem Wasserstoff und PEM-Brennstoffzelle kommt dementsprechend gar nicht erst vor.

Hoftun und Enger schreckt die Konkurrenz durch die flüssigen und beinahe-flüssigen Kraftstoffe nicht ab. Da die PEM-Brennstoffzelle mit niedrigem Druck auskomme, könne man zum Beispiel auch an Bord Wasserstoff aus Ammoniak oder Methanol gewinnen, erklären sie. Ob dieser Ansatz, der gleich mehrere nicht etablierte Technologien an Bord kombiniert, die meist konservativen Reedereien überzeugen, muss sich erst noch zeigen.

PRODUKTIONSSTART 2024 GEPLANT Teco 2030 arbeitet unterdessen noch am Prototyp, der am Teststand in Graz bisher nicht die gewünschte Leistung liefern will. Auch hier ist der Optimismus groß: „Wir machen gute Fortschritte und gehen davon aus, dass wir in ein paar Monaten die volle Leistung auf dem Prüfstand erreichen werden“, sagt Hoftun. Sobald das erreicht ist, kann in den bisher leeren Hallen die manuelle Fertigung starten. Dieser Schritt ist für das dritte Quartal 2024 vorgesehen. Etwa gleichzeitig, so hofft man, werde eine Typenzulassung von DNV kommen. Mit den ersten Erfahrungen und der Zulassung soll dann eine automa-

tische Fertigung entstehen – Ende 2025 für die Stacks, Anfang 2026 für die gesamten Brennstoffzellenmodule.

Um die weitgehend automatisierte Fertigung schnell aufbauen zu können, setzt Teco 2030 auf die Erfahrung von ThyssenKrupp, das den Aufbau der Fertigungslinie übernehmen soll. Im Jahr 2027 wollen die Norweger eine Fertigungskapazität von 800 MW jährlich erreichen. „Die Stückkosten sinken, sobald man Größenvorteile und eine robotergestützte Produktion erreicht“, sagt Teco-2030-CEO Tore Enger. Und mit jeder Expansion sollen sie weiter sinken. Für das namensgebende Jahr 2030 nennt Teco ein Ziel von 700 Euro pro kW und ein Output von 3,2 GW.

„Nach den bisherigen Investitionen von circa 60 Millionen Euro gehen wir davon aus, dass wir weitere 40 Millionen Euro benötigen, um die angestrebte Jahresproduktion von 800 MW zu erreichen, davon etwa 20 Millionen Euro für die eigentliche Produktionslinie“, sagt Enger. Rund 4 Mio. US-\$ sollen in Kürze aus Indien kommen, vom Infrastrukturkonzern Advait Infratech, der auch eine eigene Sparte für grüne Energie und Wasserstofftechnologien besitzt. Advait sichert sich damit 51 Prozent an einem Joint Venture, das in Zukunft die Brennstoffzellen in Indien und Südasien produzieren und vermarkten soll.

Ob sich am anderen Ende der Welt, in Narvik, auch genügend Fachkräfte finden werden, die 200 Kilometer nördlich des Polarkreises in einer Fabrik arbeiten wollen? Enger und Hoftun sind sicher, dass auch das kein Problem sein wird. „Wir sehen ein großes Interesse von Fachleuten aus diesem Bereich, die nach Narvik ziehen möchten“, sagt Hoftun. Sie setzen nicht nur auf eine starke Automatisierung, sondern auch auf die nahegelegene Universität und die Anziehungskraft der Natur in Nordnorwegen. Man kann praktisch vor der Haustür auf die Skier steigen. Und selbst in der Fabrikhalle geht der Blick aus dem Fenster hinaus auf den Ofotfjord. •

Abb. 5: Die Gegend um Narvik ist abgelegen, aber bei Naturfreunden beliebt [Quelle: Hannover Messe]



FIRMENVERZEICHNIS

ANLAGENBAU



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

Tel. 07031-709070-8, Fax -9, www.caru-tech.de



H2 Core Systems GmbH,
modulare Elektrolysesysteme,
Ruesdorfer Str. 8, 25746 Heide,
sales@h2coresystems.com,
www.h2coresystems.com



HAINZL Industriesysteme GmbH, Konditionier- & Hochdrucksysteme, Prüfstandtechnik, Industriezeile 56, A-4021 Linz,

Tel. +43-732-7892-528, www.hainzl.at



Kloeckner DESMA Elastomertechnik GmbH,
Spritzgießmaschinenher-

steller für Elastomerartikel, An der Baera, 78567 Fridingen,
Tel. 07463-8340, www.desma.biz

Kloeckner DESMA Elastomertechnik GmbH,
Spritzgießmaschinenhersteller für Elastomerartikel,
An der Baera, 78567 Fridingen,
Tel. 07463-8340,
www.desma.biz



Silica Verfahrenstechnik GmbH – Vom Engineering bis zur Inbetriebnahme, Wittestr. 24,

13509 Berlin, Tel. 030-43573-5, sales@silica.de, www.silica.de



XENON Automatisierungstechnik GmbH,
Montage- und

Prüfautomation, Pforzheimer Str. 16, 01189 Dresden,
Tel. 0351-40209-100, www.xenon-automation.com

ARMATUREN, REGLER, VENTILE



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



Buschjost GmbH – IMI Precision Engineering,

Detmolder Str. 256, 32545 Bad Oeynhausen, Tel. 05731-791-0,
www.norgren.com, hydrogen@imi-precision.com



Festo SE & Co. KG,
Automatisierung von
Produktionstechnik,

Ruiterstr. 82, 73734 Esslingen, Tel. 0711-3471185,
markus.ott@festo.com, www.festo.com



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

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



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



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



POPPE+POTTHOFF

Poppe + Potthoff GmbH,
Verteilssysteme für BZ-An-
wendungen und H₂-Motoren,
Dammstr. 17, 33824 Werther,

Tel. 05203-9166276, www.poppe-potthoff.com



VOSS Fluid GmbH,
Einbaufertige Hochdruck- und

Niederdrucktechnik, 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



Axiosus Energy GmbH,
Franz-Ehrlich-Str. 12, 12489 Berlin, Tel. 030-6798-9638,
mail@axiosus.de, www.axiosus.de



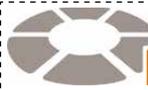
cruh21 GmbH – part of Drees & Sommer, Erste Brunnenstr. 2,
PART OF DREES & SOMMER 20459 Hamburg, Tel. 040-334655360,
office@cruh21.com, www.cruh21.com



EMCEL GmbH, Ingenieurbüro für
BZ, H₂-Technologie und E-Mobilität,
Am Wassermann 28a, 50829 Köln,
Tel. 0221-292695-0,
email@emcel.com, www.emcel.com

**GRIESEMANN**Griesemann Gruppe,
Studien, Basic- &
Detail-Engineering,Realisierung, Industriestr. 73, 50389 Wesseling, Tel. 02232-7080, kontakt@griesemann.com, www.griesemann.com**HAASE ENGINEERING**

INGENIEURBÜRO FÜR VERFAHRENSTECHNIK

Haas Engineering GmbH & Co. KG, Reinhold-Schneider-Str. 18a, 79194 Gundelfingen, Tel. 0761-503649-0, info@haasengineering.de, www.haasengineering.de**HydroHub**HydroHub – Unternehmens-
initiative der TÜV NORD
GROUP, Munscheidstr. 14,45886 Gelsenkirchen, Tel. 0201-8252026,
wasserstoff@hydrohub.de, hydrohub.deCONSULTING
ENGINEERSILF Beratende Ingenieure GmbH,
Engineering-Kompetenz für die gesamte
Wasserstoff-Wertschöpfungskette,
hydrogen@ilf.com,
www.ilf.com/de-de/**infraseriv**
höchstInfraseriv GmbH & Co. Höchst
KG, Konzeptentwicklung,
Studien, Consulting,Industriepark Höchst, 65926 Frankfurt am Main,
Tel. 069-30581022, www.infraseriv.com**LIFTE^{H2}**LIFTE H2 GmbH, Wasserstoff-
projekte der nächsten Generation,
c/o The Office Group, Kronenstr. 63,
10117 Berlin, berlin@lifteh2.com, www.lifteh2.com**P2X INGENIEURBÜRO
LUDWIG GMBH**
RENEWABLE ENERGY
CONVERSION & STORAGEP2X 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**white energy**
energy for generationswhite energy solutions
GmbH, Josef-Jägerhuber-
Str. 13, 82319 Starnberg,Tel. 08151-9969400, www.white-energy.eu**BESCHICHTUNG**surface
technologiesAalberts 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.comPVT Plasma und Vakuum Technik
GmbH, Rudolf-Diesel-Str. 7,
64625 Bensheim, Tel. 06251-85656-10,
Fax -56, h2@pvtvacuum.de,
www.pvtvacuum.de**BETANKUNGSTECHNIK**Kälte- und Systemtech-
nik GmbH, Kühlung von
Wasserstoff, Strassfeld 5,3441 Freundorf, Österreich, Tel. +43-2274-44109,
office@kustec.at, www.kustec.atSpir Star AG,
Auf der Rut 7,
64668 Rimbach-Mitlechtern,Tel. 06253-9889-0, info@spirstar.de, www.spirstar.de**WEH**WEH GmbH Gas Techno-
logy, Josef-Henle-Str. 1,
89257 Illertissen, Tel. 07303-95190-0, Fax -9999, h2sales@weh.com, www.weh.com**BIPOLARPLATTEN**Borit NV, Bipolarplatten und
Interconnects, Lammerdries
18e, 2440 Geel, Belgien,
Tel. +32-14-250900,contact@borit.be, www.borit.be**Schunk Kohlenstofftechnik**GmbH, graphitische Bipolar-
platten für Brennstoffzellen,
bipolarplates@schunk-group.com,
www.schunk-carbontechnology.com**SITEC**SITEC Industrietechnologie
GmbH, Entwicklungspartner,
Prototypen, Serienfertigungvon Bipolarplatten, info@sitec-technology.de,
www.sitec-technology.de**whitecell**
eisenhuthWhitecell Eisenhuth
GmbH & Co. KG,
Friedrich-Ebert-Str. 203,
37520 Osterode am Harz,Tel. 05522-9067-0, Fax -44, www.eisenhuth.de

BRENNSTOFF- UND LUFT- VERSORGUNG

Celeroton Celeroton AG, hochkom-
pakte Turbo Kompresso-
ren, Industriestr. 22, 8604 Volketswil, Schweiz, Tel. +41-44-
25052-20, info@celeroton.com, www.celeroton.com

sera 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 Cummins Inc. – Hydrogenics GmbH,
Albert-Einstein-Allee 24-28,
45966 Herten, 02366-5699-300,
www.cummins.com

OPTIMA Optima life science GmbH,
Steinbeisweg 20, 74523 Schwä-
bisch Hall, Tel. 0791-506-1900,
Fax -1520, www.optima-packaging.com/lifescience

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

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

DICHTUNGEN

KRAIBURG Gummiwerk KRAIBURG
GmbH & Co. KG,
Teplitzer Str. 20,
84478 Waldkraiburg, 08638-236, hydrogen@kraiburg.de,
www.kraiburg-rubber-compounds.com/h2-wasserstoff/

whitecell eisenhuth Whitecell Eisenhuth
GmbH & Co. KG,
Friedrich-Ebert-Str. 203,
37520 Osterode am Harz,
Tel. 05522-9067-0, Fax -44, www.eisenhuth.de

ELEKTROLYSEURE

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

Cummins Cummins Inc. – Hydrogenics GmbH,
Albert-Einstein-Allee 24-28,
45966 Herten, 02366-5699-300,
www.cummins.com

ecolyzer by Ecoclean
EcoLyzer | Ecoclean
GmbH, Systemintegration,
Hans-Georg-Weiss-Str. 10,
52156 Monschau,
Tel. 02472-83-0, info@ecolyzer.com, www.ecolyzer.com

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

Enapter Enapter AG, Wir liefern AEM-
Elektrolyseure zur Produktion von
grünem Wasserstoff, Tel. +39 506
44 281 (IT), +49 2574 889 99 84 (DE), www.enapter.com

FEST FEST GmbH, Experience for
future, Harzburger Str. 14,
Standort Goslar (Hauptsitz),
38642 Goslar, kontakt@fest-group.de, www.fest-group.de

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

H-TEC SYSTEMS Hydrogen is now.
H-TEC SYSTEMS
GmbH, PEM-Elek-
trolyseure industr.
Anwendungen,
Alois-Senefelder-Allee 1, 86153 Augsburg, Tel. 0821-507697-0,
info@h-tec.com, www.h-tec.com

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

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

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

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

ostermeier ostermeier H2hydrogen
Solutions GmbH,
lokale H₂-Lösungen,
Dieselstr. 1, 85301 Schweitenkirchen, Tel. 08444-92490-0,
info@ohs.energy, www.ohs.energy

ProPuls

ProPuls GmbH, Hochdruck-
elektrolyse, Stackbau, System-
integration, Neidenburger
Str. 10, 45897 Gelsenkirchen, Tel. 0209-589094-60, Fax -99,
www.propuls.de



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



thyssenkrupp nucera AG & CO. KGaA,
Voßkuhle 38, 44141 Dortmund,
Tel. 231547-0, Fax -2334,
info-uce@thyssenkrupp.com,
www.thyssenkrupp-nucera.com

ELEKTRONIK

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



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

Phoenix Contact,
Elektrifizierung, Vernetzung, Automatisierung,
Flachmarktstr. 8, 32825 Blomberg,
Tel. 05235-312-000, Fax -999,
www.phoenixcontact.com



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



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

ENERGIESPEICHERUNG



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



GKN Hydrogen GmbH, Pennefeldsweg 11-15, 53177 Bonn,
Germany, www.gknhydrogen.com

GP JOULE

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



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

ENGINEERING



**HydroHub – Unternehmens-
initiative der TÜV NORD
GROUP,** Munscheidstr. 14,
45886 Gelsenkirchen, Tel. 0201-8252026,
wasserstoff@hydrohub.de, hydrohub.de

SCHAEFFLER ENGINEERING

**Schaeffler Engineering
GmbH, SW- und
HW-Lösungen für
H₂-Anwendungen,** Gewerbe-
str. 14, 58791 Werdohl,
Tel. 02392-809-0, www.schaeffler-engineering.com

SEGULA Technologies GmbH,
Rugbyring 12, 65428 Rüsselsheim a.M., Tel. 0151-12183180,
stephanjohannes.schnorpfeil@segulagr.com,
www.segulatechnologies.com



**Silica Verfahrenstechnik
GmbH – Vom Enginee-
ring bis zur Inbetrieb-
nahme,** Wittestr. 24,
13509 Berlin, Tel. 030-43573-5, sales@silica.de, www.silica.de

FERTIGUNGSTECHNIK



**DORST TECHNOLOGIES
GmbH & Co. KG,**
Mittenwalderstr. 61, 82431 Kochel
am See, Tel. 08851188332,
christian.schmidt@dorst.de, www.dorst-technologies.com



Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG,
Anlagen zur Fertigung metallischer Bipolarplatten für BZ
und Elektrolyse, Tel. 02737-989-0, info@graebener.com



MARTIN LOTTER Ihr Spezialist für Hochleistungswerkstoffe
Martin Lotter,
Ihr Spezialist
für Hochleis-
tungswerkstoffe, Hertinger Weg 10, 87484 Nesselwang, Tel.
08361-1353, kontakt@martin-lotter.de, www.martin-lotter.de



Matthews International GmbH,
Gutenbergstr. 1-3, 48691 Vreden,
Tel. 02564-120, vreden@saueressig.com,
[www.saueressig.com/engineering/
wasserstoff-loesungen/](http://www.saueressig.com/engineering/wasserstoff-loesungen/)



ODONICS Your-Tool GmbH, Strassfeld 10, 3441, Freundorf, Österreich, Tel. +43-2274-30601, www.your-tool.net

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG



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 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 Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM, Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz, Tel. 06131-9900, info@imm.fraunhofer.de, www.imm.fraunhofer.de



Gas- und Wärme-Institut Essen e.V., Hafenstr. 101, 45356 Essen, Tel. 0201-3618-0, www.gwi-essen.de



HyCentA Research GmbH, Inffeldgasse 15, A-8010 Graz, Tel. +43-316-873-9501, office@hycenta.at, www.hycenta.at



IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr, Carnotstr. 1, 10587 Berlin, Tel. 030-39978-0, Fax -9926, www.iav.com



Wenger Engineering GmbH, Einsteinstr. 55, 89077 Ulm, Tel. 0731-790605-0, Fax -99, mail@wenger-engineering.com, www.wenger-engineering.com



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



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

INFRASTRUKTUR

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

KOMMUNIKATION & MARKETING



HYDROGEN MOVES contact@hydrogen-moves.de Tel. 07195-90430400
Push the Market! www.hydrogen-universe.com
Hydrogen Universe: Knowledge | Network | Collaboration



Mission Hydrogen GmbH, Einsteinstraße 55, 89077 Ulm, Tel. 0731-790605-0, www.mission-hydrogen.de

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

processes' heartbeat
www.mehrer.de

Mehrer

Mehrer Compression GmbH,
Prozessgas unter

Hochdruck, Rosenfelder Str. 35, 72336 Balingen,
Tel. 07433-2605-0, Fax -7541, www.mehrer.de



NEUMAN & ESSER

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



Sauer Compressors

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

sales@sauercompressors.de, www.sauercompressors.com

MEMBRANEN

AGC

Your Dreams, Our Challenge

AGC Chemicals Europe Ltd.,
World Trade Center,
Zuidplein 80, 1077 XV
Amsterdam, Niederlande,

Tel. +31-20-880-4170, forblue.info@agc.com, www.agcce.com

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 Magdeburg,
Tel. 0391-505859-86,
info@dilico.de, www.dilico.de

S++
SIMULATION SERVICES

S++ Simulation Services, Ralf Kraume, Waldstr. 5, 82418 Murnau-Westried, Tel. 08841-672147-0, ralf.kraume@splusplus.com, www.splusplus.com

MESS- UND REGELUNGSTECHNIK

ADZ NAGANO
Sensortechnik

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



Henze-Hauck
Prozessmesstechnik /
Analytik GmbH,

Dünnhauptstr. 14, 06847 Dessau, Tel. 0340 5169363,
info@henze-hauck.de, www.processanalytik.de

HYDAC ELECTRONIC

HYDAC Electronic GmbH, H₂-Druckmessumformer,
Hauptstr. 27, 66128 Saarbrücken, Tel. 06897-50901,
electronic@hydac.com, www.hydac.com



JUMO GmbH & Co. KG,
Ihr Partner für Sensor- und
Automatisierungslösungen
für Wasserstoffanwendun-
gen, Moritz-Juchheim-Str. 1, 36039 Fulda, www.jumo.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,
Wasserstoffsensoren und Katalysatoren,
Bussardweg 12, 41468 Neuss,
Tel. 02131-2090112,
Fax -6629600, www.neohysens.de

Phoenix Contact,
Elektrifizierung, Vernetzung, Automatisierung,
Flachmarktstr. 8, 32825 Blomberg,
Tel. 05235-312-000, Fax -999,
www.phoenixcontact.com



Poppe + Pothoff Maschinen-
bau GmbH, Prüfstände,
Forschung & Entwicklung,
An der Helme 26, 99734
Nordhausen, Tel. 03631-46221022, www.poppe-pothoff.com

PRIGNITZ
MIKROSYSTEMTECHNIK

Prignitz Mikrosystemtechnik
GmbH, Druck- und Tempe-
raturmesstechnik, Marga-
rethenstr. 61, 19322 Witten-
berge-Elbe, Tel. 03877-56746-15, www.prignitz-mst.de

trafag

sensors  controls

Trafag GmbH, Zuverlässige
Sensoren und Drucktransmitter
für Wasserstoffanwendungen,
info@trafag.de und
trafagat@trafag.com, www.trafag.de und www.trafag.at

Trigas DM

TrigasDM GmbH,
Durchflussmesser-Manufaktur
Erdinger Str. 2b,
85375 Neufahrn,
Tel. 08165-9999-300, Fax: -369, info@trigasdm.com,
www.trigasdm.com

ORGANISATION

Plattform H2BW

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



balticFuelCells GmbH, PEM- und Elektrolyse-Testzellen für F&E und QA, www.balticfuelcells.de



Greenlight Innovation Corp. Canada, Europäische Vertretung:

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



HAINZL Industriesysteme GmbH, Konditionier- & Hochdrucksysteme, Prüfstandtechnik, Industriezeile 56, A-4021 Linz, Tel. +43-732-7892-528, www.hainzl.at



JA-Gastechnology GmbH, Albrecht-Thaer-Ring 9, 30938 Burgwedel, Tel. 05139-9855-0, Fax -33, www.jag.de



MACEAS GmbH, Experten für Dichtheitsprüfung und Automatisierung, Königstr. 2, 26676 Barßel-Harkebrügge, Tel. 04497-9269-90, Fax -18, www.maceas.com



MARPOSS GmbH, Ihr Partner für Dichtheitsprüfung und Automatisierung, Mercedesstr. 10, 71384 Weinstadt, Tel. 07151-20540, marposs-mkt@de.marposs.com, www.marposs.com



Hochdrucktechnik • Prüftechnik • Hydraulik • Pneumatik

Maximator GmbH, Hochdruck- &, Prüftechnik, Lange Str. 6, 99734 Nordhausen, Tel. 03631-9533-5040, info@maximator.de, www.maximator.de



Nordhausen, Tel. 03631-46221022, www.poppe-potthoff.com



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



SL Tech2 GmbH, H₂-Umweltsimulation & Sicherheitsprüfungen, Hohenneuffenstr. 21, 73230 Kirchheim u. Teck, Tel. 07021-993968-0, www.sl-tech2.de



Sonplas GmbH, Sachsenring 57, 94315 Straubing, Tel. 09421-92750, 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, Funktionsprüfung & Montageanlagen, Maltschachstr. 32, 72144 Dußlingen, Tel. 07071-3663-106, e-mobility@zeltwanger.com, 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



ECI EnviroConsult IngenieurBüro Dr. Lux e.K.,

Hugo-John-Str. 8, 99086 Erfurt, Tel. 0361 653 63 78, info@lux-umweltschutz.de, www.lux-umweltschutz.de



HydroHub – Unternehmensinitiative der TÜV NORD GROUP,

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

AMBARtec AG, Lieferant von kompakten, effizienten und nachhaltigen H₂-Speichern, Erna-Berger-Str. 17, 01097 Dresden, Tel. 0351-30993666, www.ambartec.de

Ballonbau Wörner GmbH, flexible Gasspeicher, Flughafenstr. 20, 86169 Augsburg, Tel. 0821-4-50406-0, Fax -19641, info@ballonbau.de, www.ballonbau.de



Hexagon Purus GmbH,
Hannoversche Str. 1, 34134 Kassel
Hexagon Purus Weeze GmbH,
Industriestr. 60, 47652 Weeze
Tel. 02837-9135-0, www.hexagonpurus.com



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

STATIONÄRE SYSTEME



GKN Hydrogen 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

SYSTEMINTEGRATION



Framatome GmbH,
Paul-Gossen-Str. 100,

91052 Erlangen, Ansprechpartner: Herr Tim Vogel,
Tel. 09131-90095221, www.framatome.com



HAINZL Industriesysteme GmbH, Konditionier- & Hochdrucksysteme,
Prüfstandtechnik, Industriezeile 56, A-4021 Linz,
Tel. +43-732-7892-528, www.hainzl.at

TANKSTELLEN



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

TECHNOLOGIEZENTREN

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



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

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

TESTSTÄNDE



AIP Automotive GmbH & Co. KG,
Hojen 30, 87490 Haldenwang,
Tel. 08374-24090,
info@aip-automotive.de, www.aip-automotive.de



Horiba FuelCon GmbH, Otto-von-Guericke-Allee 20,
39179 Barleben, Tel. 039206-964400,
info@horiba-fuelcon.com, www.horiba-fuelcon.com



MARPOSS GmbH, BZ-Prüfsysteme in
Labor- und Produktionsumgebung,
Mercedesstr. 10, 71384 Weinstadt,
Tel. 07151-20540, marposs-mkt@de.marposs.com,
www.marposs.com



Poppe + Potthoff Maschinenbau GmbH, Prüfstände,
Forschung & Entwicklung,
An der Helme 26, 99734
Nordhausen, Tel. 03631-46221022, www.poppe-potthoff.com

VERANSTALTER



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



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



Messe Stuttgart – hy fcell – International Expo and Conference in
Stuttgart and worldwide,
www.hy-fcell.com/worldwide,
www.messe-stuttgart.de/hy-fcell/aussteller/hy-fcell-weltweit



HANNOVER MESSE 2025,
31. März – 4. 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 e.V., c/o Überlandwerk Groß-Gerau GmbH, Friedrichstr. 45, 64521 Groß-Gerau, Tel. 06152-718260, 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



Hydrogen Power Storage & Solutions e.V., Am Haupttor, Bau 4310, 06237 Leuna / Schillerstr. 5, 04109 Leipzig, Tel. 0341-60016-20, www.hypos-germany.de



Industriegase Verband e.V.

Industriegaseverband e.V., Französische

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

NRW.Energy4Climate GmbH – Landesgesell. für Energie und Klimaschutz, Kaistr. 5, 40221 Düsseldorf, wasserstoff@energy4climate.nrw, www.energy4climate.nrw

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

WASSERSTOFF-LIEFERANT



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

SL Schwanteland GmbH, Transport & Lagerung von Gasen, Perwenitzer Chaussee 2, 16727 Oberkrämer, Tel. 03304-3994-0, www.sl-schwanteland.de



SWF Sauerstoffwerk Friedrichshafen GmbH, Technische/Med./Spezialgase & Wasserstoff, 88045 Friedrichshafen, wasserstoff@swffn.de, www.swffn.de



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

WEITERBILDUNG



Dresden International University (DIU), Weiterbildung in H₂-Technologie & -wirtschaft,

Freiberger Str. 37, 01067 Dresden, Tel. 0351-4047000, www.di-uni.de



HEINZE AKADEMIE

Heinze Akademie GmbH, Überseering 9, 22297 Hamburg,

Tel. 040-639029-0, wasserstoff@heinze-akademie.de, <https://bit.ly/heinze-akademie-h2>



KWS Energy Knowledge eG, Deilbachtal 199, 45257 Essen, Tel. 0201-848912-1, Fax -3, wasserstoff@kws-eg.com, www.kws-eg.com

Universität Augsburg, Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung – AMU, Universitätsstr. 1 a, 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., Dorfstr. 11, 25923 Ellhöft, Tel. 04663-7299, info@reinhard-christiansen.de, www.reinhard-christiansen.de

Phoenix Contact, Elektrifizierung, Vernetzung, Automatisierung, Flachsmarktstr. 8, 32825 Blomberg, Tel. 05235-312-000, Fax -999, www.phoenixcontact.com

ZULIEFERER



Anleg GmbH, MSR, Anlagenbau, H₂- & Ventiltechnik, Am Schornacker 59, 46485 Wesel, Tel. 0281-206526-0, Fax -29, www.anleg.de



Dr.-Ing. K. Busch GmbH,
Schauinslandstr. 1, 79689 Maulburg,
07622-682-0, info@busch.de,
www.buschvacuum.com

EDUR Pumpenfabrik Eduard Redlien GmbH & Co. KG,
Spezialist für Kreisel- und Mehrphasenpumpen, Edisonstr. 33,
24145 Kiel, Tel. 0431-689868, info@edur.de, www.edur.com

FUMATECH BWT GmbH,
Carl-Benz-Str. 4, 74321 Bietigheim- Bissingen,
Tel. 07142-3737-900, Fax -999, www.fumatech.de



**Heraeus Precious Metals
GmbH & Co. KG,**

Heraeusstr. 12 – 14,
63450 Hanau, Tel. 06181-35-4200,
www.herae.us/hydrogen-systems



**Kerafol Keramische Folien
GmbH & Co. KG,** Koppe-Platz
1, 92676 Eschenbach, Tel. 09645-
884-30, www.kerafol.com/sofc

Pajarito Powder,
LLC, 3600 Osuna Road NE, Suite 309,
Albuquerque, NM 87109-4427, USA,
Tel. +1-505-2-935367, Fax -448040,
www.pajaritopowder.com



Sandvik High Precision Tube, ZN
der SMT D GmbH,
33824 Werther,

Tel. 05203-91090, info.hpt@sandvik.com,
H₂-Edelstahlrohr-Anwendungen / Tubing Solution



Siemens AG – Wir unterstützen OEMs, EPCs und Endkunden von der Planung bis zum Betrieb von Anlagen entlang der H₂-Wertschöpfungskette, www.siemens.com/h2



Sorst Streckmetall GmbH
– Einsatz in OEMs und

Elektrolyseuren aus Titan, Edelstahl, Nickel,
Tel. 0511-67675650, info@sorst.de, www.sorst.de



**Theisen GmbH & Co.
KG,** GH₂ & LH₂ Rohr-
leitungs- und Regelsys-

teme, H₂-Verdampfer, Kühler, Druckbehälter,
info@theisen-gmbh.de, www.theisen-gmbh.de



WEKA AG, Schuerlistr. 8, Kryogen-
Komponenten und Spezialventile, 8344
Baeretswil, Schweiz, Tel. +41-43-833434-3,
info@weka-ag.ch, www.weka-ag.ch

66

Sven Geitmann, Eva Augsten

WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

DIE TECHNIK VON GESTERN,
HEUTE UND MORGEN

„Der Klassiker, jetzt komplett überarbeitet!“

Jorgo Chatzimarkakis,
Generalsekretär Hydrogen Europe

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 Saisonalspeicher, 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



Aktualisierte
und erweiterte
5. Auflage

Mit einem
Vorwort von Prof.
Volker Quaschnig

TERMINE

Alle Angaben unter Vorbehalt

JULI

EFCF – European Fuel Cell Forum

2. bis 5. Juli 2024, Kultur- und Kongresszentrum Luzern
www.efcf.com/2024

Innovationsforum Mobility

4. bis 5. Juli 2024, GDI Gottlieb Duttweiler Institute
www.innovationsforum-mobility.ch/event/veranstaltungsort

Lunch mit Prof. Dr. Lippmann „Weiterbildungsmöglichkeiten zum Thema Wasserstoff an der DIU“

11. Juli 2024, Online-Veranstaltung

Hydrogen Summit 2024 (on Hydrogen Power Trains and Infrastructure)

25. bis 26. Juli 2024,
Campus der Hochschule Kempten
www.hs-kempten.de/hysummit

AUGUST

Branchentag Wasserstoff Wismar

22. bis 23. August 2024, phanTECHNIKUM –
Technisches Landesmuseum MV
www.branchentag-wasserstoff.de

SEPTEMBER

PSE2024 – 19th International Conference on Plasma Surface Engineering

2. bis 5. September 2024, Trade Fair Erfurt
www.pse-conferences.net

Asia-Pacific Hydrogen 2024 Summit & Exhibition

12. bis 13. September 2024, Brisbane
www.asia-hydrogen-summit.com

Global Summit on Renewable Energy

16. bis 18. September 2024, Wisdom Meetings
www.gsren.org

New Energy Investor Summit

16. bis 17. September 2024, Swiss Re Centre for
Global Dialogue
www.investorsummit.ch/de

Branchentag Wasserstoff München

16. bis 17. September 2024,
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
www.branchentag-wasserstoff.de

Brennstoffzellen – Grundlagen und Anwendungen

17. bis 18. September 2024, Haus der Technik
www.hdt.de

Wasserstoffverbrennungsmotor – Grundlagen, Potential und Herausforderungen

19. September 2024, Haus der Technik + online
www.hdt.de

IMPRESSUM

HZwei



ISSN 1862-393X

Jahrgang 24. (2024) / Heft 3, Juli 2024

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.hydrogeit.de

Redaktion. Mitarbeit

Eva Augsten, Max Deml, Sven Geitmann,
Niels Hendrik Petersen, Monika Rößiger

Design Henrike Hiersig & Robert Müller, NEON-BOLD.de, Berlin

Anzeigen Correct Conception GmbH, Kathrin Lewitz, Oberkrämer

Lektorat Dione Gutzmer, Berlin

Druck



Printec Offset – medienhaus, Kassel
mineralölfrei gedruckt auf Steinbeis Select Silk, hergestellt aus 100 % Altpapier, ausgezeichnet mit dem Blauen Engel für den Wald-, Arten- und Klimaschutz

Druckauflage 5.000 Stück (2.700 Downloads pro Heft/Jahr)

Erscheinungsweise 4 x jährlich

Einzelpreis (Inland) 9 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 2 Euro Versand)

Jahrespreis (Inland) 35 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 7 Euro Versand)

Einzelpreis (Europa) 9 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 4 Euro Versand)

Jahrespreis (Europa) 35 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 16 Euro Versand)

Studenten 50 % Ermäßigung

Kündigung 4 Wochen vor Ende des Bezugszeitraums

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: Holland Hydrogen 1 im Port of Rotterdam

Editorial-Foto: derBildmacher, Rüdiger Tesch-Zapp

JETZT ANMELDEN!

MEGATREND Wasserstoff

Kleines Molekül – Großes Potenzial

17. und 18. Oktober 2024 in Berlin

Moderation:



Werner Diwald

Vorstandsvors., DWV –
Deutscher Wasserstoff-Verband



THEMEN:

- Politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche nationale Wasserstoff-Strategie
- Die Wasserstoff-Infrastruktur in Deutschland
- Klimaziele in der Industrie und im Energiesektor – Grüner Wasserstoff die Lösung?
- Ausbau Erneuerbarer Energien & Investitionssicherheit H₂-Ready-Gaskraftwerke
- Themenspecials: •• Mobilität •• Finanzierung
•• Grüner Stahl
- Best Practice: Innovationen und Wasserstoff-Projekte in der Praxis

Ihre ExperenInnen:



Till Mansmann

MdB, Innovationsbeauftragter
Grüner Wasserstoff, BMBF



Kerstin Andreae

Vors. der Hauptgeschäftsf.,
BDEW



Prof. Dr. Gerald Linke

Vorstandsvors., Deutscher Verein
des Gas- und Wasserfaches



Dr. Simone Peter

Präsidentin, Bundesverband
Erneuerbare Energie



Kerstin Maria Rippel

Hauptgeschäftsf.,
Wirtschaftsvereinigung Stahl



u.v.a.