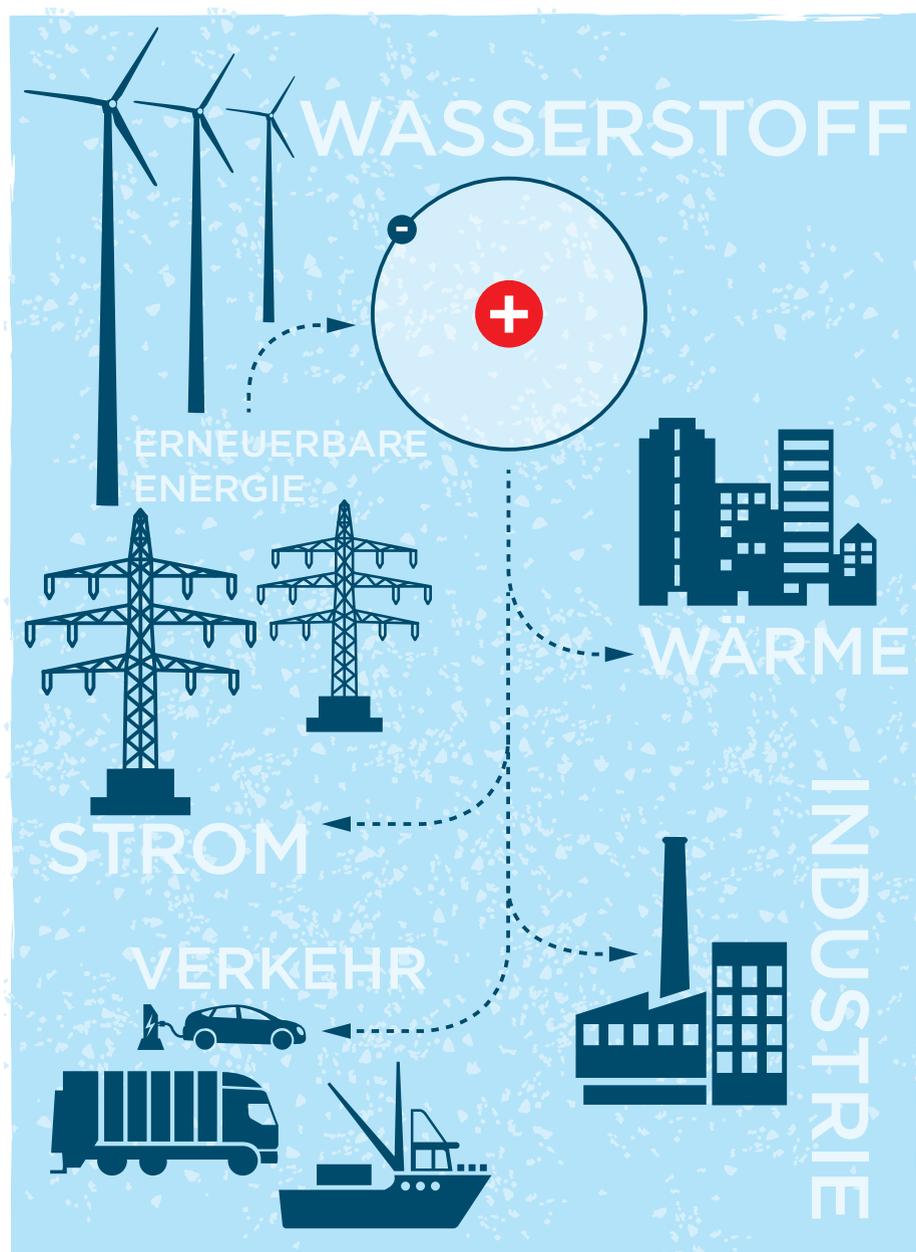


# Handelsblatt

## DOSSIER



# Hoffnung Wasserstoff

Was die Technik bringt und wer sie nutzt



## Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

**M**ehr als 100 Jahre nach Jules Verne's Werk „Die geheimnisvolle Insel“, scheint seine Romanfigur, der Ingenieur Cyrus Smith, doch recht zu behalten. Der prophezeite schon damals: „Die Energie von morgen ist Wasser, das durch elektrischen Strom zerlegt worden ist.“

Immer wieder stand Wasserstoff als Energieträger kurz vor dem Durchbruch, und immer wieder ist die verheißungsvolle Technologie in der Versenkung verschwunden. Jetzt ist sie wieder da, heißt Power-to-X und wird so schnell wohl nicht wieder in Vergessenheit geraten.

Denn grüner Wasserstoff ist eine äußerst hilfreiche und notwendige Brückentechnologie. Deswegen geht es jetzt nicht von der „All electric“ (zu Deutsch vollelektrisch) zur „All hydrogen“-Gesellschaft. Aber die Technologie bietet dort in manchen Anwendungsfällen eine Alternative, wo die Batterie es schwer hat. Zum Beispiel in der Luftfahrt, beim Schienenverkehr, in der Schifffahrt oder auch in Teilen der Industrie.

In der Wirtschaft häufen sich Pilotprojekte und Ankündigungen und auch die Politik arbeitet an einem Konzept, um den

Hochlauf der Power-to-X-Technologien zu erleichtern. Strom aus erneuerbaren Quellen wird immer günstiger, auch das hilft dem grünen Wasserstoff aus seiner Nische. Immer mehr Experten sind sich sicher: Es braucht die Elektrolyse, um die Energiewende auch bis in den letzten Winkel unseres heutigen Lebens zu bringen.

Die ersten Industriezweige arbeiten schon an ihrer eigenen kleinen Wasserstoffwirtschaft. Und ein paar Länder stellen ihn sogar in den Fokus ihrer Energiepolitik. Wie grüner Wasserstoff entsteht, wo seine Stärken liegen und welche Unternehmen oder gar Nationen auf den Energieträger setzen, stellen wir Ihnen in diesem Dossier vor. Ich wünsche eine informative Lektüre.

Kathrin Witsch, Redakteurin für die Energiebranche beim Handelsblatt. Sie erreichen sie unter [K.Witsch@handelsblattgroup.com](mailto:K.Witsch@handelsblattgroup.com)

## IMPRESSUM

**Verantwortlicher im Sinne des § 55 Abs. 2 RStV:** Sven Afhüppe  
**Redaktion:** Kathrin Witsch **Titel:** Hoffnung Wasserstoff **Produktion:** Olaf Claussen, Julia Buschmann  
**Bildredaktion:** Olaf Claussen **Veröffentlichung:** Dezember 2019  
**Verlag:** Handelsblatt GMBH (Verleger im Sinne des Presserechts),  
 Toulouser Allee 27, 40211 Düsseldorf,  
 E-Mail: [handelsblatt.com@vhb.de](mailto:handelsblatt.com@vhb.de), Tel.: 0800 000 2053 (kostenlos)  
**Geschäftsführung:** Gerrit Schumann und Oliver Voigt  
**AG Düsseldorf HRB 38183, UID: DE 812813090**

## Inhalt

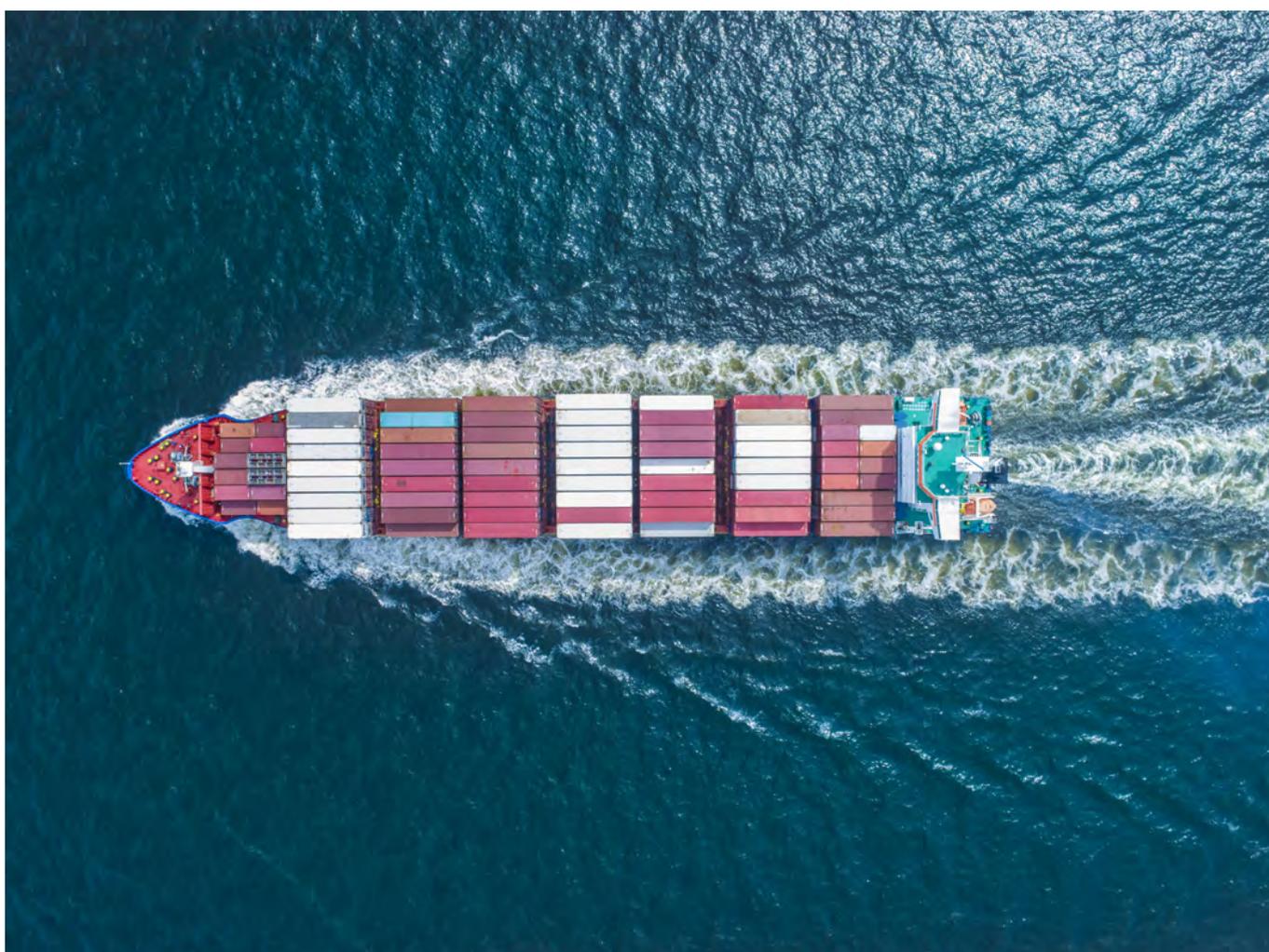
<b>Editorial</b>	<b>2</b>
<b>Branchen:</b> Wo der Einsatz von Wasserstoff sinnvoll ist	<b>3</b>
<b>Später Ruhm:</b> Warum Wasserstoff erst jetzt Erfolge feiert	<b>6</b>
<b>Wasserstoff-Förderung:</b> Labormaßstab reicht nicht mehr aus	<b>10</b>
<b>Treibstoff der Zukunft:</b> Warum die Welt gerade auf Wasserstoff schaut	<b>12</b>
<b>Bahnverkehr:</b> Durchbruch für Wasserstoff-Züge	<b>14</b>
<b>Flugbranche:</b> Alternative über den Wolken gesucht	<b>15</b>
<b>Grüner Stahl:</b> Wasserstoff statt Koks	<b>17</b>
<b>Power-to-Gas:</b> 200 Jahre alte Technik lässt Energiebranche hoffen	<b>19</b>
<b>Chemie:</b> Öko-Wasserstoff für Raffinerien	<b>21</b>
<b>Synthetische Kraftstoffe:</b> Die Rettung für Verbrennungsmotoren?	<b>23</b>
<b>Beispiel Japan:</b> Wie Wasserstoff in Fernost gefördert wird	<b>25</b>
<b>Vorreiter:</b> Österreich will Europas Wasserstoff-Nation werden	<b>27</b>
<b>Investieren in Wasserstoff:</b> Die grüne Brennstoffzelle fürs Depot	<b>30</b>
<b>Das Wichtigste in Kürze:</b> Ihre Fragen, unsere Antworten zum Thema Wasserstoff	<b>32</b>

## Branchen

# Wo der Einsatz von Wasserstoff sinnvoll ist

Grüner Wasserstoff gilt vielen als Garant für eine erfolgreiche Energiewende. Experten sehen zwar in vielen Branchen ein großes Potenzial, warnen aber vor einem Hype.

Kathrin Witsch



DigitalVision/Getty Images

**Frachtschiff:** Für den Schiffsverkehr birgt Wasserstoff viel Potenzial.

**W**o vor zwei Jahren noch viele von einer „vollelektrischen Gesellschaft“ schwärmten, taucht in Debatten über die Energiewelt der Zukunft heute immer öfter die Power-to-X-Technologie auf. Von den fehlenden Speichermöglichkeiten für erneuerbare Energien über Einsparpotenzial beim Netzausbau bis hin zur Alternative zum Elektroauto - Wasserstoff, der Alteskönnen heißt es oftmals.

„Neben dem sehr realen Potenzial von grünem Wasserstoff existiert gerade ein gefährlicher Hype“, warnen hingegen Experten der Unternehmensberatungsgesellschaft Boston Consulting Group (BCG) in einer neuen Studie. Anstatt Milliarden für die Vision einer Wasserstoff-Gesellschaft auszugeben, sollten sich Investitionen in die vielversprechende Technologie lieber auf Anwendungen konzentrieren, in denen sie auch wirtschaftlich sinnvoll sind, so das Fazit der Studienautoren.

„Wir glauben, dass es großes Potenzial gibt, wenn man grünen Wasserstoff in Anwendungen forciert, in denen er sich langfristig wirklich durchsetzen kann. Vor allem in der Industrie, außerdem im Schwerlast- beziehungsweise Flug- und Schiffsverkehr“, sagt Studien-Mitautor Frank Klose. Wenn Politik und Industrie sich auf diese Bereiche konzentrieren würden, könnte der Markt für grünen Wasserstoff schon im Jahr 2050 auf den Wert von einer Billion Dollar anwachsen, rechnen die BCG-Experten vor.

### Keine Pauschalentscheidung

Die lange vernachlässigte Power-to-X-Branche nimmt gerade erst Fahrt auf und hält wenig von solchen Aussagen. „Wo der Einsatz von grünem Wasserstoff sinnvoll ist, kann nicht pauschal entschieden werden. Es ist eine Frage der Effizienz, Verfügbarkeit und Flexibilität im Vergleich zu anderen nachhaltigen Technologien“, ist Nils Aldag, Mitgründer des Dresdener Power-to-X-Start-ups Sunfire, überzeugt. Eine Einschränkung der Anwendungsmöglichkeiten lehne er ab, da grüner Wasserstoff vielfältig einsetzbar und gerade deshalb so wichtig sei.

Grüner Wasserstoff entsteht mit dem altbekannten Verfahren der Elektrolyse und erzeugt durch Wasser und - in diesem Fall erneuerbaren Strom - klimaneutralen Wasserstoff. In Strom umgewandelt, kann er bei Bedarf wieder ins Netz eingespeist werden und so als saisonaler Speicher für Wind- und Solarenergie dienen. Aber auch synthetische Kraftstoffe, E-Fuels oder Methan-Ersatz zum Heizen lassen sich aus Wasserstoff herstellen.

Es entstehen klimaneutrale Brennstoffe, die leicht speicherbar sind - allerdings mit deutlichen Effizienzverlusten. Am effektivsten ist das Element im direkten Einsatz, zum Beispiel als Rohstoff in der Chemie. Den großen Durchbruch hat die Technologie bislang zwar nicht geschafft. Aber mittlerweile wagen sich immer mehr Großkonzerne in die Power-to-X-Welt.

So eröffnete 2019 der Münchener Industriekonzern Siemens einen brandneuen Forschungscampus in Görlitz. Schwerpunkt: Wasserstoff. Gemeinsam mit der Fraunhofer-Gesellschaft will der Weltkonzern ein Labor für Wasserstoffforschung errichten und Deutschland zu einem führenden Standort der Zukunftstechnologie machen. Und auch der Stahlkonzern Thyssen-Krupp will demnächst nicht mehr Kohlestaub in den Hochofen pumpen, sondern grünen Wasserstoff (mehr dazu auf Seite 17).

In Österreich haben sich mit dem Energieversorger Verbund, dem Öl- und Gaskonzern OMV und dem Stahlproduzenten Voestalpine gleich drei der größten Unternehmen des Landes zusammengetan, um die Alpenrepublik zum Wasserstoffpionier Europas zu machen. (Lesen Sie mehr dazu auf S. 27.)

„In den vergangenen Jahrzehnten wurde das Thema oft übersehen, jetzt wird der Politik und auch der Industrie langsam bewusst, dass wir nicht nur Strom, sondern auch Power-to-X für eine erfolgreiche Energiewende brauchen“, ist Aldag überzeugt, der neben seinem Führungsposten bei Sunfire gleichzeitig die Interessen der europäischen Wasserstoff-Industrie in Brüssel vertritt.

### Power-to-Gas als Stromersatz

Dass es Power-to-X zum Gelingen der Energiewende braucht, steht auch für die BCG-Experten außer Frage. Deswegen sei grüner Wasserstoff aber nicht in allen Sektoren die bessere Option. „100 Prozent Erneuerbare gehen nur mit Power-to-Gas als saisonalem Speicher. Für einen breiten Einsatz in der Sektorkopplung macht die Technologie aber aufgrund der hohen Stromverluste keinen Sinn“, meint Klose.

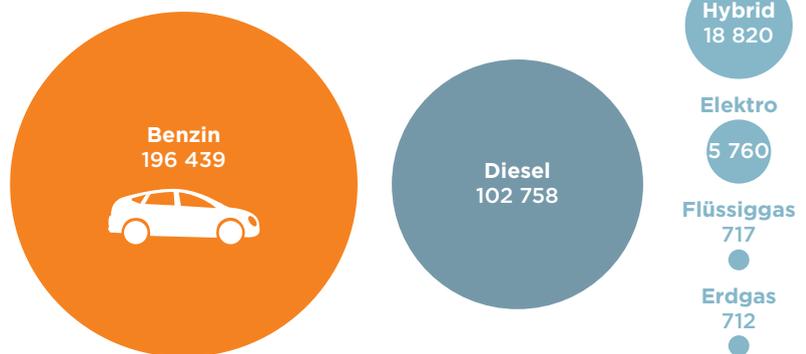
Beispiel Heizen: Eine Wärmepumpe brauche für dieselbe Wärmemenge nicht mal ein Sechstel des Stroms wie eine Gasheizung mit Power-to-Gas. „Wenn wir unseren gesamten Wärmeverbrauch damit abdecken würden, fräße das ein Mehrfaches des heutigen Gesamtstromverbrauchs in Deutschland.“

Für Pkws sehen die Studienautoren ebenfalls den batterieelektrischen Antrieb vorn, in der Industrie sei grüner Wasserstoff hingegen alternativlos. „Wasserstoff kommt heute bereits in bestehenden Anlagen zum Einsatz und es gibt kaum günstige Alternativen zur Dekarbonisierung. Hier kann sich grüner Wasserstoff in absehbarer Zeit rechnen“, erklärt Klose.

Ein aktuelles Beispiel ist der britisch-niederländische Ölriese Shell. Erst im Juni legte der Konzern in seiner Raffinerie in Wesseling den Grundstein für die größte PEM-Wasserstoff-Elektrolyse-Anlage der Welt. „Raffinerien sind schon heute mit die größten Wasserstoffproduzenten und -konsumenten. Bislang wird Wasserstoff mittels Erdgas-Dampfpreformierung hergestellt. Unser Ziel ist es, Wasserstoff künftig mithilfe von Strom aus erneuerbaren Energien herzustellen“, sagt Jörg Adolf, Chefvolkswirt von Shell Deutschland, dem Handelsblatt.

### Pkws in Deutschland

Neuzulassungen nach Antriebsarten im Juni 2019



HANDELSBLATT

Quelle: KBA

Die Elektrolyse-Anlage mit einer Leistung von zehn Megawatt, die schon 2020 in Betrieb gehen soll, sei jedoch nur der Anfang. Für den Raum Köln erwartet der Ölkonzern den Aufbau einer ganzen Wasserstoff-Modellregion, rund um Tankstellen, Auto- und Buseinsatz, um so das Potenzial von klimaneutralem Wasserstoff in der Energiewende zu zeigen.

Weil solche Raffinerien, Stahlhütten und Chemieparcs den grünen Wasserstoff vor Ort erzeugen und auch direkt selbst verbrauchen könnten, sei der Einsatz dort auch sinnvoll, argumentieren

die Autoren der BCG-Studie. „Wasserstoff über lange Distanzen zu importieren ist verlustreich und kostenintensiv. Dafür eignen sich synthetische Kraftstoffe sehr viel eher. E-Fuels sind Stand heute die einzige realistische Technologie, um Sektoren wie die Schifffahrt oder auch den Flugverkehr emissionsfrei zu bekommen“, erklärt Klose.

### Keine Allzwecklösung

Ob grüner Wasserstoff jedoch für alles die beste Lösung ist, da ist sich auch Christoph Jugel noch nicht sicher. „Vor allem in den Bereichen Speicherung und

Transport steht Wasserstoff vor Herausforderungen“, sagt der Leiter für den Bereich Energiesysteme bei der Deutschen Energie-Agentur (dena). Wichtig sei deswegen, den regulatorischen Rahmen nun so zu gestalten, „dass Wasserstoff-Anwendungen dort entstehen, wo es sich zur Emissionsminderung und aus ökonomischen Gründen am meisten lohnt“.

Den Grundstein dafür hat die Bundesregierung bereits gelegt. Das Wirtschaftsministerium unter Minister Peter Altmaier (CDU) arbeitet schon an einem Konzept für den Einsatz von grünem Wasserstoff in Deutschland (mehr dazu ab S. 10). „Gasförmige Energieträger sind fester und langfristiger Bestandteil der Energiewende“, heißt es in einem internen Ministeriumspapier. Strombasierte Gase wie Wasserstoff würden Erdgas „kontinuierlich substituieren, insbesondere nach 2030“.

Die industriepolitischen Effekte eines Markthochlaufs jedenfalls wären enorm. Allein für Deutschland errechnet eine Studie von Frontier Economics und des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) in Köln Wertschöpfungseffekte in Höhe von 27 Milliarden Euro sowie die Chance zur Schaffung von 350 000 Arbeitsplätzen. „Die Konzerne, die beim Thema Power-to-X führend sind, sitzen in Deutschland und Europa. Das ist wirtschaftlich eine große Chance“, findet auch Sunfire-Co-Chef Aldag.

Dafür müsse die Politik aber nun Bereiche unterstützen, „in denen sie wirklich etwas bewirken kann, anstatt die Subventionen opportunistisch über den ganzen Markt zu verteilen“, schreiben die Autoren der Studie. Die Internationale Energieagentur (IEA) geht davon aus, dass es allein in Europa im vergangenen Jahr 150 öffentlich geförderte Pilotprojekte gab, weltweit fließen jedes Jahr 700 Millionen Dollar in die Wasserstoffforschung. Damit die Zukunftstechnologie auch vom Hype zur Realität wird, muss sie jetzt erst mal in die nächste Phase - egal in welchem Bereich.

Bloomberg



**Wasserstofftankstelle** Shell nutzt Wasserstoff nicht nur zum Tanken, sondern auch in Raffinerien.

Später Ruhm

# Warum Wasserstoff erst jetzt Erfolge feiert

Seit Jahrzehnten wird gesagt, die Wasserstofftechnologie stehe vor dem Durchbruch. Passiert ist aber nichts. Oder vielleicht doch?

Jens Koenen, Martin Buchenau, Kevin Knitterscheidt, Martin Kölling



**Tacho vom FCX Clarity:** Honda hat beim Thema Wasserstoffauto Pionierarbeit geleistet.

REUTERS

**D**as Eröffnen von Tankstellen gehört gemeinhin nicht zur Stellenbeschreibung eines Landesministers. Und doch erschien der nordrhein-westfälische Wirtschaftsminister Andreas Pinkwart (FDP) im Juni bei der Eröffnung der neuen Wasserstofftankstelle des Industriegaseherstellers Air Liquide in Düsseldorf. Dass es sich nicht einmal um die erste, sondern bloß um die zweite ihrer Art in der Landeshauptstadt handelt, spielte keine Rolle: Das Thema liegt Pinkwart am Herzen. Der Politiker ist sich sicher: „Dem Wasserstoff gehört die Zukunft.“

Dabei ist die Geschichte des Wasserstoffantriebs oder der Brennstoffzelle als Energielieferant eine von ständigem Auf und Ab. Vor allem wenn es um den Einsatz im Straßenverkehr geht. Volkswagen, Toyota, Daimler, Ford, Honda, General Motors, Opel – alle forschen seit mehreren Jahrzehnten am Brennstoffzellenantrieb.

Mit ständig wechselndem Elan. Ford etwa gab 2009 bekannt, dass man nicht mehr an der Brennstoffzelle arbeite, um dann gut ein Jahr später zu erklären, dass man sich doch wieder mit der Technologie beschäftige. Opel wollte ab 2015 Brennstoffzellenfahrzeuge samt der notwendigen Infrastruktur anbieten, doch es kam nie dazu.

Mercedes wiederum präsentierte bereits 1994 den ersten Brennstoffzellenprototyp mit dem Namen Necar. Erst Ende vergangenen Jahres schickte das Unternehmen aber das SUV GLC als Fuel-Cell-Modell in den Markt, nachdem man den Start viermal verschoben hatte. Doch man kann das Fahrzeug nur mieten, für 800 Euro im Monat und nur als ausgewählter Kunde. Offizielle Begründung: Die Kunden sollen sich nicht mit der Frage beschäftigen müssen, welchen Restwert das Fahrzeug später noch haben wird. Sprich: Ob man das Vehikel überhaupt noch losschlagen kann, wenn die Brennstoffzelle sich wieder einmal nicht durchsetzen sollte.

Trotz des ganzen Hin und Hers, die mittlerweile heftig und emotional geführten Debatten über die Emissionen im Individualverkehr haben den Wasserstoffantrieb wieder stärker auf die Agenda gebracht. Denn zum einen ist jedem klar, dass batteriegetriebene Elektrofahrzeuge allein das Emissionsproblem nicht lösen können.

Zum anderen bietet die Wasserstofftechnik grundsätzlich einige Vorteile. Brennstoffzellen wandeln die Energie in den verwendeten chemischen Verbindungen ohne hohen Wirkungsverlust in elektrische Energie um. Als „Abfall“ bleiben dabei

Wasser und eine geringe Menge an Wärme übrig – also keine Schadstoffe.

Immer mehr Firmen haben sich deshalb in jüngster Zeit zu der Technologie bekannt. „Die Brennstoffzelle ist gefühlt immer 50 Jahre entfernt, aber sie wird kommen“, ist Mohsen Sohi, Chef der Freudenberg-Gruppe überzeugt. Das Familienunternehmen ist ein Zulieferer der Autoindustrie etwa für Dichtungs- und Schwingungstechnologie, forscht aber seit Langem auch an der Brennstoffzelle.

Bosch setzt mit zwei Kooperationen auf die Brennstoffzelle: einerseits in den USA mit Nikola Motors, einem Start-up, das über die nötigen Fahrzeuge hinaus auch ein Netz von Wasserstofftankstellen realisieren will, andererseits in China mit dem Motorenhersteller Weichai Power.

Aussichtsreich ist Letzteres schon deshalb, weil bereits 2030 eine Million Brennstoffzellenfahrzeuge auf chinesischen Straßen unterwegs sein sollen. Bosch und Nikola haben zum Beispiel schon einen Brennstoffzellenantrieb für den Elektro-Schwerlastler Nikola Two Alpha entwickelt. Es tut sich also was, auch wenn die Brennstoffzelle für Autos noch weit vom Massenmarkt entfernt ist.

### Japans Autobauer investieren kräftig

Vor allem in Fernost ist die Technologie weiter fortgeschritten. Weltweit gelten die japanischen Autohersteller dank ihrer

Brennstoffzellenautos als Pioniere der Technik. Toyota hat 2014 den Mirai und Honda 2016 den Clarity auf den Markt gebracht. Gestützt wird die Initiative von Japans Regierung, die in der Brennstoffzelle neben dem Klimaschutz und der Erhöhung von Japans Energiesicherheit auch die Chance sieht, eine neue Industrie dominieren zu können (mehr dazu auf S. 25).

Die Autobauer investieren daher kräftig in den Ausbau der Brennstoffzellenproduktion. Toyota steigert im ersten Schritt in den kommenden fünf Jahren seine Brennstoffzellenproduktion auf 30 000 Stück jährlich, um den Bedarf für seine zweite Mirai-Generation zu decken. Doch es könnten bald mehr werden.

Denn Toyota hat sich entschlossen, für andere Autobauer zum Systemlieferanten von Elektromotoren, Batterien und auch Brennstoffzellen zu werden. Darüber hinaus entwickelt der Ur-Toyota, Toyota Industries, Brennstoffzellengabelstapler, und eigene Wasserstoffhochöfen, um die Autos auch emissionsneutral produzieren zu können.

Es sei allerdings auch in Japan nicht leicht gewesen, die Regierung von der Förderung von Wasserstoff im Transportwesen zu überzeugen, erzählt Katsuhiko Hirose. Er war sowohl für die Entwicklung von Toyotas Hybridautos wie auch später für die des Brennstoffzellenautos Mirai technisch als Ingenieur verantwortlich und ist nun Toyotas Chefprediger in Sachen Was-

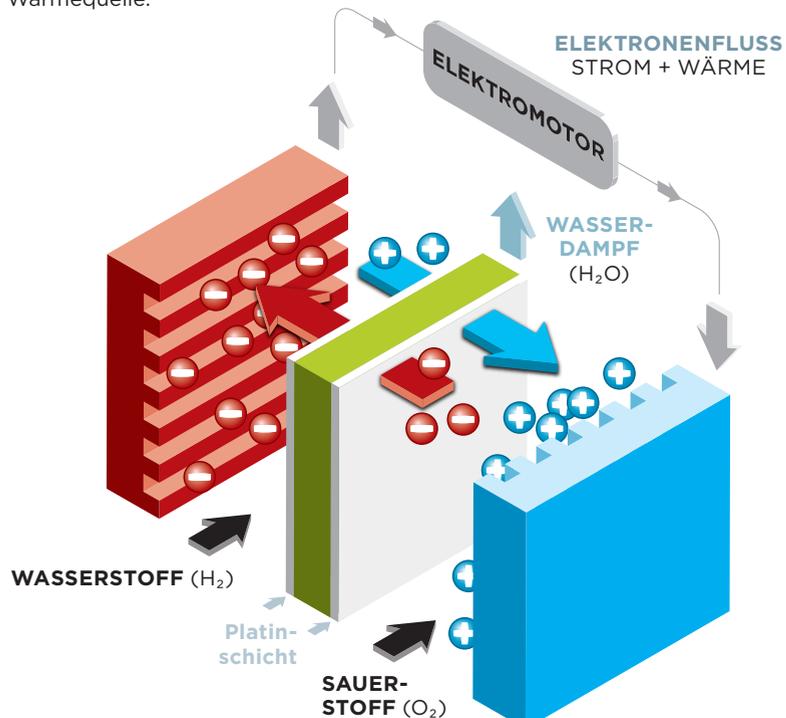


**Wasserstoffauto-Innenleben:** Vor allem Japan ist bei der Technologie vorn.

Bloomberg

### Wie eine Brennstoffzelle funktioniert

In der Brennstoffzelle reagieren **Wasserstoff** und **Sauerstoff** miteinander zu Wasser. Beide Gase sind durch einen Elektrolyten voneinander getrennt und tauschen nur über einen elektrischen Leiter Elektronen aus. Dieser Elektronenfluss macht die Brennstoffzelle zur Strom- und Wärmequelle.



HANDELSBLATT

Quellen: Vaillant, HRI, eigene Recherche

serstoff: „Sie haben auch an die Batterie geglaubt, aber man braucht eine holistische Sicht für das Dekarbonisieren der gesamten Gesellschaft.“

Doch die Wasserstofffreunde konnten schließlich überzeugen. Erstens sei Wasserstoff sehr wichtig für eine klimafreundliche Wirtschaft, so Hirose. „Wir müssen ja nicht nur den Verkehr dekarbonisieren, sondern wollen auch unsere Autos emissionsneutral produzieren.“ Und das sei nur möglich mit Wasserstoff. Zweitens mit dem Argument, dass das Land bei der Akkuproduktion eh nicht mit China mithalten kann.

„Man kann verstehen, dass sich Bosch und Continental weigern, Batterien zu produzieren“, meint Hirose. Denn die Wertschöpfung bei Batterien sei an Rohstoffen orientiert, nicht so sehr an Technik. Bei Brennstoffzellen sei es umgekehrt. Selbst die Menge an teurem Platin, die für die Zellen benötigt wird, werde bald auf das Niveau eines Dieselmotors gesenkt.

„Beim Wettbewerb um Brennstoffzellen geht es daher nicht darum, billiger Rohstoffe einzukaufen, sondern ums Know-

how. Das ist eine Chance für Deutschland und Japan“, ist Hirose überzeugt. Auch in Südkorea setzt man voll auf Wasserstoff. Der Autobauer Hyundai Motor will ab 2030 jährlich 500 000 Fahrzeuge mit Brennstoffzelle und 200 000 mobile Stromkraftwerke für Schiffe, Gabelstapler und andere Nutzfahrzeuge bauen.

„Die Hyundai-Motor-Gruppe wird die Wasserstoffgesellschaft anführen“, erklärt der Vizekonzernchef Chung Eui Sun selbstbewusst. Sechs Milliarden Euro will Hyundai bis zum Jahr 2030 in die technologische Entwicklung und in Produktionskapazitäten für Wasserstoffautos investieren.

Die südkoreanische Regierung folgte im Januar mit ihrer eigenen, noch langfristigeren Wasserstoffstrategie. Bis 2040 sollen 6,2 Millionen Brennstoffzellenautos auf Südkoreas Straßen rollen und Brennstoffzellenkraftwerke 15 Gigawatt Strom produzieren. Das entspräche ungefähr 15 Atommeilern.

Gerade im stationären Einsatz zeigt sich das Potenzial der Wasserstofftechnologie: Schon 2009 kamen in Japan zum Beispiel

hochsubventioniert die ersten Brennstoffzellen für Eigenheime auf den Markt, die Wasserstoff aus Stadtgas abspalten und dann heißes Wasser und Strom erzeugen. Der Fortschritt ist seither beachtlich. Inzwischen verrichten bereits rund 300 000 dieser miniaturisierten Blockheizkraftwerke ihren Dienst.

Außerdem sei das Geschäft nun „komplett unabhängig von staatlichen Kaufhilfen“, sagt Norihiko Kawamura, beim Technikonzern Panasonic für das Brennstoffzellengeschäft zuständig. In Deutschland vertreiben die Japaner ihre Brennstoffzellenmodule in Partnerschaft mit dem Boilerhersteller Viessmann.

Dabei hat Viessmann das Brennstoffzellenmodul aus Japan in eine eigenentwickelte Systemlösung integriert, mitsamt Entwicklung des geräteinternen Energiemanagements. Den Absatz dieses stromerzeugenden Heizsystems hat der Heizungs- und Kältetechnikhersteller im vergangenen Jahr verdoppelt.

### Japan als Vorreiter

Im stationären Einsatz soll auch ein Problem der Brennstoffzelle gelöst werden: die Herstellung von Wasserstoff. Bislang geschieht das vor allem als Abspaltung von Erdgas oder Kohle. Das ist nicht nur energieintensiv, sondern produziert auch Kohlendioxid.

Die Brennstoffzelle würde so also lediglich die Emissionen auf die Seite der Treibstoffherstellung verlagern. Doch sobald mehr Wasserstoff produziert und vertrieben wird, will Panasonic ab 2012 die ersten fest installierten Brennstoffzellen für Eigenheime und größere Geräte auf den Markt bringen, die dann auch mit reinem Wasserstoff betrieben werden (grüner Wasserstoff).

Japans Ministerpräsident Shinzo Abe hat 2017 mit einer umfassenden nationalen Wasserstoffstrategie den molekularen Energiespeicher zu einer der wichtigsten Wachstumsindustrien gekürt. Bis 2030 soll es 5,3 Millionen Brennstoffzellen für Häuser und 800 000 Brennstoffzellenautos in Japan geben.

Die Regierung und die Industrie setzen dabei ganz bewusst darauf, dass Wasserstoff zuerst noch nicht „grün“ mit Sonnen- oder Windstrom durch Elektrolyse gewonnen wird. Vielmehr will die Regierung erst lokal und dann auch global einen Markt und eine Lieferkette für Wasserstoff schaffen, damit Unternehmen und Privatinvestoren in Innovation und neue Einsatzgebiete wie die Stahlindustrie investieren.

So wollen die Planer sicherstellen, dass dann später umso rascher auf grünen Was-

serstoff umgestiegen werden kann. Die ersten Pilotprojekte für eine großindustrielle Wasserstoffproduktion mit Australien (aus Braunkohle) und Japans Flüssiggaslieferanten Brunei laufen schon. Mit Saudi-Arabien wird verhandelt, Wasserstoff aus Sonnenstrom herzustellen.

Auch die Politik in Deutschland hat erkannt, dass die Brennstoffzelle die besten Chancen hat, wenn man deren Einsatz in ganzer Breite und über die Mobilität hinaus denkt. „Die Wasserstofftechnologie ist seit Jahrzehnten im industriellen Bereich erprobt, sicher und sauber“, sagt NRW-Wirtschaftsminister Pinkwart. „Wenn wir diese bewährte Technologie für neue innovative Anwendungen nutzen, haben wir einen großen Hebel in der Hand, mit dem wir viel für den Klimaschutz erreichen können.“

Und so forciert auch die deutsche Industrie ihre Bemühungen um den neuen „Brennstoff“. In der Stahlindustrie dürfte die Technologie allein schon wegen der immer strenger werdenden Emissionsregeln in der Europäischen Union in den nächsten Jahrzehnten an Bedeutung gewinnen. Im Hochofen wird das Eisenoxid unter hohen Temperaturen mithilfe von Kohlenstoff zu Roheisen umgewandelt.

Dabei entsteht unweigerlich CO<sub>2</sub>. Doch immer mehr Unternehmen forschen an Verfahren, bei denen der Kohlenstoff durch Wasserstoffgas ersetzt wird. Dadurch lassen sich die Emissionen erheblich reduzieren, sofern der Wasserstoff unter klimaneutralen Bedingungen produziert wird.

Wie das funktionieren kann, erforscht derzeit der österreichische Stahlhersteller Voestalpine am Standort in Linz in Zusammenarbeit mit Siemens, dem Energieversorger Verbund sowie dem Netzbetreiber Austrian Power Grid. Mit einer Anschlussleistung von sechs Megawatt kann die Versuchsanlage rund 1200 Kubikmeter grünen Wasserstoff pro Stunde produzieren. In diesem Jahr soll die Anlage in Betrieb genommen werden.

Die Firmen rechnen damit, dass sich der globale Bedarf für Wasserstoff bis zum Jahr 2050 auf rund sechs Billionen Kubikmeter erhöhen und also nahezu verzehnfachen wird. Das gilt in der Folge auch für den Strom, der zur Herstellung des Gases benötigt wird. So rechnet allein das Unternehmen Voestalpine für den Umstieg auf wasserstoffbasierte Verfahren mit einem zusätzlichen Strombedarf von jährlich 30 Terawattstunden - das entspricht fast der Hälfte des derzeitigen Stromverbrauchs in Österreich. Der müsste natürlich im Sinne der Ökobilanz aus nachhaltigen Quellen kommen.

Auch Thyssen-Krupp testet den grundsätzlichen Einsatz von Wasserstoff im bereits bestehenden Hochofensystem. Die Versorgung mit dem Gas stellt als Projektpartner der Industriegasehersteller Air Liquide sicher. Verlaufen die aufeinander aufbauenden Versuchsphasen erfolgreich, will der Ruhrkonzern bis 2050 nach und nach rund zehn Milliarden Euro in den Kompletttausch seiner Anlagen investieren. „Unser Ziel ist eine nahezu CO<sub>2</sub>-freie Stahlerzeugung“, sagte Produktionsvorstand Arndt Köfler beim Startschuss des Projekts im April.

Für den flächendeckenden Einsatz im Verkehrsbereich müssen dagegen noch einige Herausforderungen bewältigt werden - auch jenseits der Frage, wie man Wasserstoff „grün“ produziert. Eine sind die Kosten. Wasserstoff ist mit einem Preis von fünf Euro pro Kilo noch zu teuer. Auch die Brennstoffzellen selbst sind teuer, nicht zuletzt wegen des Einsatzes von Platin.

Außerdem muss die entsprechende Infrastruktur aufgebaut werden. Bislang gibt es in Deutschland erst 60 Wasserstofftankstellen. Der Vorteil: Für Wasserstoff könnte das bestehende Tankstellennetz genutzt werden, denn anders als beim Strom dauert der „Ladevorgang“ nur sehr kurz.

### Einsatzmöglichkeit im Nutzfahrzeugbereich

Der Nachteil: Der Bau entsprechender Wasserstoffspeicher und -zapfsäulen ist teuer.

Denn eine Brennstoffzelle verlangt „Druckwasserstoff“. Die Anforderung an die vor Ort zu verbauende Technologie ist also wegen Druckbelastung recht hoch.

Fachleute erwarten deshalb, dass sich Wasserstoff zunächst im Nutzfahrzeugbereich durchsetzen wird - schon aus der Logik heraus, dass Batterien hier ungeeignet sind. Damit ein 40-Tonner lange Strecken elektrisch zurücklegen könnte, müsste er nach dem Stand der Technik eine nahezu zehn Tonnen schwere Batterie mit an Bord nehmen.

Der Wasserstoffspeicher für die Brennstoffzelle käme mit einem Zehntel des Gewichts aus. Für 100 Kilometer benötigt ein 40-Tonner etwa neun bis zehn Kilogramm Wasserstoff. Auch auf der Schiene werden der Technologie große Chancen eingeräumt. Der Frankfurter Rhein-Main-Verkehrsverbund hat gerade 27 Wasserstoffzüge bestellt.

Doch auch wenn Experten wie Ferdinand Dudenhöffer, Direktor des Duisburger Center Automotive Research (CAR), die Brennstoffzelle im Auto als „hoffnungslos“ bezeichnen, die Industrie will nicht ganz von der Technologie lassen.

Allerdings plant man lieber konservativ und setzt analog zum batteriegetriebenen Antrieb auf Partnerschaften, um die großen Herausforderungen und Investitionen bewältigen zu können. BMW etwa will von 2025 an mit serienreifen Wasserstoffautos in den Markt gehen und kooperiert dabei mit Toyota.



**Bus in Tokio:** Japans Regierung fördert gezielt den Markt für Wasserstoff.

image/AFLC

## Wasserstoff-Förderung

# Labormaßstab reicht nicht mehr aus

Wirtschaftsminister Altmaier will das Thema Wasserstoff strategisch voranbringen. Auch die Energiebranche hat hohe Erwartungen und prognostiziert breite Anwendungsmöglichkeiten.

Klaus Stratmann



mauritus images / SZ Photo Creative

**Turbinenherstellung:** Konzerne wie Siemens wollen ihre Produktion fit für erneuerbare Gase machen.

**M**itte Juli 2019 gab Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier (CDU) die 20 Gewinner des Ideenwettbewerbs „Reallabore der Energiewende“ bekannt. Projekte zum Thema „grüner Wasserstoff“ spielten dabei eine dominante Rolle.

Doch Altmaier reicht der Labormaßstab nicht mehr aus. Der Wirtschaftsminister will mehr. Wasserstoff solle „inländisch in industriellem Maßstab baldmöglichst produziert werden“, heißt es in einem 33 Seiten umfassenden Papier seines Hauses, das die Rolle gasförmiger

Energieträger in den Sektoren Verkehr, Industrie, Gebäude und Stromerzeugung skizziert.

Das Papier ist das Ergebnis eines mehrere Monate währenden Dialogprozesses, den das Bundeswirtschaftsministerium mit Energiewirtschaft und Industrie ge-

führt hat. Mit am Tisch saßen Verbands- und Unternehmensvertreter. Die Kommentare der Dialogteilnehmer sollen dann in die Arbeit an einer „Nationalen Strategie Wasserstoff“ (NSW) einfließen. Man trage der Erkenntnis Rechnung, dass die Dynamik beim Thema „grüner Wasserstoff“ auch international erheblich zugenommen habe, heißt es in dem Papier. Die Branche betrachtet das mit Wohlwollen. Altmaier habe die industriepolitische Dimension als große Chance erkannt, sagte ein Teilnehmer an dem Dialogprozess.

Damit hat sich die Tonlage des Ministers bei dem Thema erheblich verändert: Betrachtete Altmaier grünen Wasserstoff lange als Nischenlösung in der Klimadebatte, will sein Haus nun einen Rahmen schaffen, der einen marktgetriebenen Hochlauf der Technologie „ermöglicht und die gute Ausgangsposition deutscher Unternehmen stärkt und unterstützt“, heißt es in dem Ministeriumspapier.

### Was Wasserstoff „grün“ macht

Damit rückt der grüne Wasserstoff in der energiepolitischen Agenda weit nach oben. Im Kern geht es darum, mittels Strom aus erneuerbaren Quellen Wasserstoff klimaneutral herzustellen. Dieser kann dann direkt eingesetzt werden, etwa in der Chemie- oder der Stahlindustrie oder für den Betrieb von Brennstoffzellen. Er kann auch weiterverarbeitet werden zu Methan oder zu flüssigen Brennstoffen, den sogenannten E-Fuels.

Solche strombasierten Brennstoffe können wegen hoher Herstellungskosten preislich noch nicht mit fossilen Brennstoffen konkurrieren. Die Verfechter der Technik stellen aber erhebliche Kostendegressionen in Aussicht - wenn die Rahmenbedingungen stimmen. Die gesamte Verfahrenskette läuft im Fachjargon unter der Überschrift „Power-to-X“.

Der Nachteil der Technik: Die Umwandlungsverluste sind sehr hoch, ein großer Teil des eingesetzten Stroms geht ungenutzt verloren. Allerdings stehen diesem Nachteil unbestreitbare Vorteile gegenüber: Es entstehen klimaneutrale Brennstoffe, die leicht speicherbar sind und die auch dort eingesetzt werden können, wo eine direkte Stromanwendung ausscheidet, etwa im Schwerlast-, Schiffs- oder Flugverkehr. Auch als Rohstoff in der Industrie könnte grüner Wasserstoff in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. So arbeitet etwa die Stahlbranche mit Hochdruck an entsprechenden Verfahren.

In der gesamten deutschen Industrie hat das Thema an Bedeutung gewonnen, Trei-

ber ist dabei der Kampf gegen den Klimawandel. Führende Gasturbinenhersteller wie Siemens, GE Power und MAN hatten kürzlich angekündigt, sie wollten ihre Gasturbinen fit für erneuerbare Gase aus klimaneutralen Quellen und für synthetische Kraftstoffe wie synthetisches Methan machen. Auch sollen die Turbinen mit einer Mischung aus Erdgas und drei bis fünf Prozent Wasserstoff laufen können. Siemens gehört zugleich zu den führenden Herstellern von sogenannten Elektrolyseuren, jenen Vorrichtungen, in denen mittels Strom Wasserstoff hergestellt wird.



## Das ist ein richtiger Schritt, um aus der Monokultur des Elektroantriebs raus hin zu mehr Technologieoffenheit zu kommen.

Marco Buschmann

Parlamentarischer Geschäftsführer der FDP-Bundestagsfraktion

Strom- und Gasnetzbetreiber hatten in diesem Jahr verschiedene Projekte zur Herstellung des grünen Wasserstoffs angekündigt. Sie wollen überschüssigen Windstrom, der sich vor allen Dingen im Norden Deutschlands oft nicht mehr ins Stromnetz einspeisen lässt, nutzen, um daraus Wasserstoff herzustellen. Dieser könnte dann auch ins Gasnetz integriert werden.

Das Ministeriumspapier regt Maßnahmen an, mit denen CO<sub>2</sub>-freie Energieträger wie grüner Wasserstoff vorangebracht werden könnten. Ein Beispiel sind die Flottenziele im Verkehrsbereich: Ähnlich wie sich batteriebetriebene E-Fahrzeuge positiv auf die Flottengrenzwerte der Autobauer auswirken, erhebt das Wirtschaftsministerium in seinem Papier nun auch die Anrechnung strombasierter Kraftstoffe für die Erreichung der Flottengrenzwerte zur „zentralen Frage“.

Außerdem spricht sich das Ministerium dafür aus, die Beimischung von CO<sub>2</sub>-neutralen Kraftstoffen „national deutlich ambitionierter umzusetzen“, als es in der ent-

sprechenden EU-Richtlinie festgelegt ist. Die Branche begrüßt das.

### Langfristige Perspektiven

Mit einer ambitionierten Beimischungsquote würde „nicht nur ein Beitrag zum Erreichen der Klimaziele im Verkehr geleistet werden können, sondern auch der Einstieg in den erforderlichen industriellen Hochlauf des dafür erforderlichen Anlagenbaus möglich“, sagte Werner Diwald, Chef des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbands (DWV).

Langfristig werde die Technologie weltweit zum Austausch erneuerbarer Energien benötigt, bemerkte Diwald. „Insbesondere Europa wird seine Klimaziele nur mit dem Import erneuerbarer Energien erreichen können. Die erforderlichen Mengen übersteigen auf jeden Fall bei Weitem die Möglichkeiten dieser Importe über den Stromfaden.“ Hier könnten grüner Wasserstoff und daraus produzierte Folgeprodukte hilfreich sein.

Auch das Bundeswirtschaftsministerium sieht das Mengenproblem. „Mittelfristig müssen vollkommen neue Energieimportpartnerschaften mit internationalen Partnern aufgebaut werden, um den veränderten Energiebedarf zu decken“, heißt es in dem Papier des Ministeriums.

Das CDU-geführte Wirtschaftsressort kann beim Thema Wasserstoff auf breite Unterstützung innerhalb und außerhalb der Koalition hoffen. So hatten führende Grünen-Politiker ein Positionspapier vorgelegt, in dem sie die Bedeutung von grünem Wasserstoff für die Energiewende unterstrichen haben. Auch die FDP sieht Altmaiers Initiative positiv. „Das ist ein richtiger Schritt, um aus der Monokultur des Elektroantriebs raus hin zu mehr Technologieoffenheit zu kommen“, sagte Marco Buschmann, parlamentarischer Geschäftsführer der FDP-Bundestagsfraktion. „Noch besser wäre es, wenn man dazu käme, dort Projekte anzuschieben, wo grüner Wasserstoff besonders günstig herzustellen wäre - also etwa in Afrika, wo Sonne quasi unbegrenzt und das ganze Jahr über als Energiequelle zur Verfügung stünde“, ergänzte Buschmann.

In der SPD gibt es im Hinblick auf den alternativen Brennstoff ebenfalls Fürsprecher. So schrieb der niedersächsische Ministerpräsident Stephan Weil (SPD) kürzlich in einem Gastbeitrag für das Handelsblatt: Der Bund ignoriere „in unverantwortlicher Weise die vielfältigen Möglichkeiten, erneuerbare Energie in Wasserstoff umzuwandeln und zu speichern“. Aber da kannte er das Papier aus dem Bundeswirtschaftsministerium offenbar noch nicht.

Treibstoff der Zukunft

# Warum die Welt gerade auf Wasserstoff schaut

Auf der Weltenergiekonferenz diskutieren die Staaten über Power-to-X. Dass die Energiewende ohne die Technologie nicht zu bewältigen ist, stellt fast niemand mehr infrage.

Kathrin Witsch



Stone/Getty Images

**Rohstoff der Hoffnung:** Wasser und Strom gelten als Zutaten einer klimafreundlichen Energiewende.

**W**asserstoff ist nicht nur in Deutschland gerade das Thema der Stunde, auch die internationale Energiebranche diskutiert auf Konferenzen in der ganzen Welt über die Bedeutung der molekularen Speicher der Zukunft. „Grü-

ner Wasserstoff wird 2030 auf dem Kostenniveau von Flüssigerdgas (LNG) sein und bis 2050 mit 0,80 Euro pro Kilogramm sogar günstiger als fossile Kraftstoffe werden“, ist Frank Wouters, Direktor des Clean Energy Networks, überzeugt.

Dass die Energiewende ohne den Einsatz von grünem Wasserstoff nicht zu bewältigen ist, stellt auf dem größten und wichtigsten Treffen der Energiewelt fast niemand mehr infrage. „Wenn wir wirklich von den fossilen Energien wegkommen wollen, brauchen wir eine große indus-

trielle Speichermöglichkeit für die Erneuerbaren, und da kommen wir an dem Thema molekulare Medien nicht vorbei“, meint auch Willi Meixner, Vorsitzender der Siemens-Sparte Power Generation and Operations. „Die Wirtschaftlichkeit ist noch einen Riesensprung weit weg, aber der Bedarf ist doch heute schon da“, sagt der Manager.

### Energiemix erwünscht

Während lange die Rede von einer „All electric“, also einer komplett elektrifizierten Gesellschaft war, halten die meisten heute einen Mix aus verschiedenen Energieformen für sinnvoll. Und dabei soll die vielversprechende Power-to-X-Technologie eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielen. „Grüner Wasserstoff könnte einen wirklichen Unterschied für die Energiewende machen“, ist Energieexperte Dieter Helm, Gründer des Beratungsunternehmens Aurora Energy Research, überzeugt.

Der molekulare Energiespeicher hat viele Vorteile. Grüner Wasserstoff entsteht mit dem altbekannten Verfahren der Elektrolyse und erzeugt durch Wasser und - in diesem Fall erneuerbaren Strom - klimaneutralen Wasserstoff. In Strom umgewandelt, kann er bei Bedarf wieder ins Netz eingespeist werden und so als saisonaler Speicher für Wind- und Solarenergie dienen.

Grüner Wasserstoff kann aber auch zu synthetischen Kraftstoffen, zum Beispiel E-Fuels oder Methan-Ersatz, gewandelt werden, oder am effizientesten direkt zum

Einsatz kommen - etwa in der Industrie. Experten des Beratungsunternehmens Boston Consulting Group (BCG) attestieren Power-to-X ein Marktpotenzial von bis zu einer Billion Dollar im Jahr 2050.

Noch hat es die Technologie zwar nicht aus ihrer Nische geschafft, aber immer mehr Vertreter der Energiebranche setzen auf den grünen Wasserstoff. „Wir glauben, dass es beim Thema Wasserstoff eine ähnliche Kostenentwicklung geben wird wie bei Solar- und Windenergie. In den nächsten Jahren werden wir hier auch zu wirtschaftlichen Preisen kommen“, ist gleichfalls Siemens-Manager Meixner überzeugt. So sehr, dass alle von Siemens hergestellten Turbinen ab dem nächsten Jahr schon 20 Prozent Wasserstoff verbrennen können und ab 2030 dann 100 Prozent.

Der französische Energiekonzern Engie geht sogar noch einen ganzen Schritt weiter. Schon 2030 könne man grünen Wasserstoff zu denselben Kosten herstellen wie den bislang eingesetzten Wasserstoff aus fossilen Energien, ist Damien Sage überzeugt, der sich bei dem Versorger um die Entwicklung von Wasserstoff-Projekten im Mittleren Osten und Asien kümmert.

Auch der Chef des norddeutschen Energieversorgers EWE sieht in grünem Wasserstoff wichtiges Pufferpotenzial, vor allem für überschüssigen Strom aus Wind- und Solaranlagen. „Wir haben in unserem Netz schon 92 Prozent Erneuerbare gehabt und damit sehr viele Überschüsse. Wir brauchen die Power-to-X-Technologie und ha-

ben auch genug Abnehmer für grünen Wasserstoff - zum Beispiel in der Stahlherzeugung“, sagte Stefan Dohler. EWE hat ebenfalls schon das ein oder andere Pilotprojekt gestartet, aber mit dem großen Durchbruch rechnet auch er frühestens in fünf bis zehn Jahren.

Klar ist allerdings schon heute: Setzt Deutschland in großem Ausmaß auf grünen Wasserstoff, geht das nicht allein. Der Weltenergierrat hat sogar einen Fahrplan für grüne, synthetische Kraftstoffe entworfen.

### Zukunftsmarkt China

Auch für die Experten ist klar, dass langfristig große Mengen Strom aus dem Ausland kommen müssen. Zum Beispiel aus Australien, Chile, Argentinien oder dem südlichen Afrika, aber auch aus sonnenreichen Staaten wie Saudi-Arabien.

In den meisten arabischen Ländern ist die neue Technologie allerdings noch lange kein Thema, das die Massen begeistert. „Tatsächlich sieht man das hier sehr differenziert. Noch treiben die Einnahmen aus dem Ölgeschäft Staaten wie die Emirate oder Saudi-Arabien an“, beobachtet Meixner. Die Zurückhaltung sei vergleichbar mit jener der Autoindustrie in Bezug auf die Elektromobilität vor fünf Jahren, aber: „Das kommt noch“, ist er überzeugt.

Bis dahin schaut sich Siemens auch schon mal in anderen Ländern um. Vor allem in Lateinamerika, Australien und China. „Bei dem China-Besuch der Bundeskanzlerin hat Siemens-CEO Joe Kaeser eine Vereinbarung mit der chinesischen State Power Investment Corporation unterschrieben. Wir wollen gemeinsam herausfinden, welche Rolle Wasserstoff in der Mobilität in China spielen kann“, sagt Meixner. Deutschland dürfe jetzt nicht den Fehler machen wieder zu langsam, oder zu isoliert vorzugehen, schließlich stehe man bislang beim Thema Power-to-X ziemlich gut da.

Den Grundstein dafür hat die Bundesregierung bereits gelegt. Das Wirtschaftsministerium unter Minister Peter Altmaier (CDU) arbeitet schon an einem Konzept für den Einsatz von grünem Wasserstoff in Deutschland. „Gasförmige Energieträger sind fester und langfristiger Bestandteil der Energiewende“, heißt es in einem internen Ministeriumspapier.

Strombasierte Gase wie Wasserstoff würden Erdgas „kontinuierlich substituieren, insbesondere nach 2030“. Die Industrie zumindest hofft auf die richtigen Anreize. „Der Zwang, in diese Technologie zu gehen, ist sehr groß. Wir müssen umdenken, uns bleibt gar nichts anderes übrig als massiv auf Power-to-X zu setzen“, sagt Meixner.



**Energietransport:** Pipeline eines Wasserstoffkraftwerks in Island.

## Bahnverkehr

# Durchbruch für Wasserstoff-Züge

Mit einem Großauftrag aus Hessen kann Alstom die Serienproduktion des Brennstoffzellenzugs iLint angehen. Andere Bundesländer wollen auch umrüsten.

Dieter Fockenbrock



**F**ür den französischen Zughersteller Alstom ist es einer der wichtigsten Aufträge der jüngsten Zeit. Der Verkehrsverbund Rhein-Main im Main-Taunus-Kreis hat 27 Brennstoffzellenzüge bestellt, die zum Fahrplanwechsel 2022 auf 2023 geliefert werden sollen. Käufer ist die RMV-Tochter Fahma. Es ist der zweite Auftrag. 14 Züge werden bald in Niedersachsen in den Einsatz gehen.

Der Auftrag in Hessen umfasst nach Angaben von Alstom neben den Zügen auch die Versorgung mit Wasserstoff, die Instandhaltung und das Vorhalten von Reservekapazitäten für die nächsten 25 Jahre. Die Wasserstoffversorgung bietet Alstom in Kooperation mit einem Partnerunternehmen an. Das Gesamtauftragsvolumen wird mit rund 500 Millionen Euro beziffert.

Alstom gilt als Vorreiter des Brennstoffzellenantriebs für Eisenbahnzüge. Die deutsche Tochter in Salzgitter entwickelte in den vergangenen Jahren auf Basis eines Dieseltriebzuges einen Zug mit Wasserstoffantrieb.

Dieser sogenannte Coradia iLint fährt seit dem vergangenen Jahr im Regelbetrieb in

Niedersachsen mit zwei Vorserienfahrzeugen. Die von der Landesverkehrsgesellschaft LNVG bestellten 14 Wasserstoff-Brennstoffzellenzüge sollen Ende 2021 geliefert werden und in Bremervörde die gesamte Dieselflotte ersetzen.

Sie sind laut Alstom bisher über 100 000 Kilometer gelaufen und haben eine Verfügbarkeit von 96 Prozent. Für Betreiber von Eisenbahnen ist das ein wichtiges Kriterium, weil der Ausfall von Zügen etwa wegen technischer Defekte zu Strafzahlungen führt. Denn die Regionalbahnbetreiber sind im Auftrag der Bundesländer unterwegs.

Alstom steht nach eigenen Angaben mit weiteren Bahnbetreibern in Deutschland und im Ausland in Verhandlungen. „Vor allem vor dem Hintergrund der Sektorkopplung bietet der Einsatz von Wasserstoff einzigartige Vorteile. Diese gewinnen auch in anderen Ländern wie Italien, Spanien, England, den Niederlanden und in Skandinavien, aber auch in Kanada an Bedeutung“, sagte Jörg Nikutta, Geschäftsführer von Alstom in Deutschland und Österreich.

„Die Anschaffung der 27 Fahrzeuge ist

ein Leuchtturmprojekt der Brennstoffzellenmobilität“, kommentiert Enak Ferlemann, parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), den jüngsten Vertrag.

„Der Bund unterstützt diese Investition in klimafreundliche Mobilität, indem er 40 Prozent der Fahrzeugmehrkosten übernimmt, die im Vergleich zu Dieselfahrzeugen anfallen, sowie durch eine anteilige Förderung der Wasserstofftankstelle. Das Projekt hat für das BMVI Modellcharakter“, sagte Ferlemann.

## Wasserstoff statt Diesel

„Auf Hessens Schienen sind heute noch vielerorts Dieselfahrzeuge unterwegs, weil Oberleitungen fehlen. Der Brennstoffzellenantrieb ist dabei eine schnell umsetzbare Alternative zur Elektrifizierung“, erklärte der hessische Verkehrsminister Tarek Al-Wazir. „Der Verkehr ist in Hessen für ein Drittel der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Wasserdampf statt Dieselruß ist deshalb ein spannender Ansatz. Wir werden das Projekt weiter tatkräftig unterstützen und uns dafür einsetzen, dass die nötigen Anpassungen an der Schieneninfrastruktur rund um die Wasserstofftankstelle in Höchst schnell voranschreiten.“

Der französische Hersteller Alstom baut in Salzgitter vor allem Nahverkehrs- und Regionalzüge sowie Untergrundbahnen. Das Unternehmen erzielte im Geschäftsjahr 2018/2019 einen Umsatz von 8,1 Milliarden Euro und verbuchte einen Auftragseingang in Höhe von 12,1 Milliarden Euro.

Alstom, mit Hauptsitz in Frankreich, ist in über 60 Ländern vertreten und beschäftigt 36 300 Menschen. Fusionsverhandlungen mit dem Wettbewerber Siemens Mobility waren im vergangenen Jahr am Widerstand der EU-Wettbewerbskommission gescheitert.

imago/karina Hesseland

## Flugbranche

# Alternative über den Wolken gesucht

Der politische Druck auf die Airlines klimaschonenden Ersatz für Kerosin zu finden steigt. Auch hier könnte Wasserstoff Abhilfe schaffen.

Jens Koenen



image/Norbert Schmidt

**D**er Luftverkehr lebt seit Monaten in einem Paradoxon. Einerseits wollen immer mehr Menschen fliegen, andererseits läuft die Debatte über die Klimabelastungen durch Flugzeuge auf Hochtouren.

Aktivisten wie die Bewegung „Fridays for Future“ etwa oder auch das Wahlvolk, das den Grünen bei der Europawahl

Traumergebnisse bescherte, haben die Luftfahrtindustrie in eine Art Schmutzdecke getrieben. Es fällt schwer, diese wieder zu verlassen. Die Hebel, das Fliegen CO<sub>2</sub>-neutral zu machen, sind begrenzt.

Wirklich CO<sub>2</sub>-freies Fliegen werde noch auf Jahre unmöglich bleiben, wird etwa Lufthansa-Chef Carsten Spohr nicht müde zu erklären. Tatsächlich ist Ersatz für das

Flugbenzin schwer zu finden. Zwar forschen Hersteller wie Airbus oder Boeing und auch Institutionen wie das Bauhaus Luftfahrt eifrig an strombetriebenen Flugzeugen. Aber es wird wohl noch viele Jahre dauern, bis solche Flugzeuge im Linienverkehr abheben werden, und auch dann werden sie nur für Kurzstrecken infrage kommen.

Vor allem eines zeichnet sich ab: Anders als beim Auto wird die Batterie als Stromquelle bei einem Flugzeug kaum eine Chance haben - zumindest nicht bei Jets in der Größe, wie sie heute und auch in Zukunft im Mittel- und Langstreckenverkehr eingesetzt werden. Die Akkus sind zu schwer und deren Energiedichte ist für den Einsatz in größeren Verkehrsflugzeugen zu niedrig. Daran wird auch die Weiterentwicklung der Batterien so schnell wenig ändern.

Damit rückt eine andere Stromquelle in den Fokus: die Brennstoffzelle. Josef Kallo, Koordinator Energiesystemintegration beim renommierten Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR), sieht hier großes Potenzial. Seine Prognose: Schon in 15 Jahren könnte ein mit Brennstoffzellen bestückter Jet bis zu 80 Passagiere befördern. Erste Testflüge sieht Kallo sogar schon in zehn Jahren.

Doch die Brennstoffzelle hat eine ähnliche Achillesferse wie die Batterie: eine bisher begrenzte Leistungsdichte. Die ist zwar deutlich höher als die von Batterien. Die etwa in Elektrofahrzeugen eingesetzten Akkus schaffen 140 Wattstunden je Kilogramm Gewicht. Die Brennstoffzelle könnte in absehbarer Zeit immerhin auf 1200 Wattstunden kommen. Aktuell werden umgerechnet etwa 630 Wattstunden erreicht. In herkömmlichem Kerosin stecken aber satte 11000 Wattstunden.

Die Folge: Ein Brennstoffzellen-Jet müsste per se mit deutlich größeren Tanks ausgestattet werden. Der Platz fehlt an anderer Stelle. Und: Mit der Brennstoffzelle wären in absehbarer Zukunft Flüge bis 1500, vielleicht bis 2000 Kilo-

meter möglich. Will man weiter fliegen, muss die Zahl der Passagiere reduziert und das Tempo zurückgenommen werden.

Damit kämen Wasserstoff-Flugzeuge zwar grundsätzlich etwa für Zubringerdienste zu den großen Drehkreuzen infrage. Für die im harten Wettbewerb stehenden Airlines, die ihre Flugzeuge möglichst effizient einsetzen müssen, ist ein solches Szenario dennoch eher unattraktiv. Bisher nutzen sie ihre Jets sehr flexibel. Einer eher kurzen Distanz folgt häufig ein längerer Einsatz. Lufthansa etwa gibt an, dass 80 Prozent der Flüge in der Gruppe Strecken sind, die über 1500 Kilometer gehen. Deshalb sieht Europas größte Airline in der Brennstoffzelle auf absehbare Zeit keine Alternative.

### Milliarden Investitionen

Eine weitere Herausforderung: Der Wasserstoff müsste optimalerweise in flüssiger Form transportiert werden. Das erfordert eine starke Kühlung, notwendig sind Temperaturen unterhalb von minus 253 Grad. Die Flügel, in denen sich üblicherweise die Tanks befinden, müssten also sehr gut isoliert werden, was erneut das Thema Gewicht auf die Agenda bringt. Auch wird Wasserstoff aus technischen Gründen in der Regel in Kugelgefäßen aufbewahrt, eine Form, die nicht wirklich zu der eines Flügels passt.

Für den Einsatz in der Zelle selbst muss der „Treibstoff“ auf eine höhere Temperatur gebracht werden, denn die Brennstoffzelle braucht ihn als Gas. Forscher haben deshalb die Idee, den flüssigen Brennstoff zur Kühlung der Elektromotoren einzuset-

zen. Dabei erwärmt sich der Wasserstoff.

Immerhin einen Vorteil gibt es, auch wenn der auf den ersten Blick vielleicht etwas überraschend wirkt. Schon länger ist bekannt, dass wasserstoffbetriebene Fahrzeuge grundsätzlich nicht weniger gefährlich sind als benzingetriebene. Diese Regel gilt auch für die Luftfahrt. Hier kommt aber noch ein weiterer Effekt hinzu. Sollte es etwa bei einer Landung eines Flugzeugs zu einem Brand kommen, würde Wasserstoff aufgrund des gasförmigen Zustands sehr schnell in die Luft entweichen, während Kerosin ausläuft und einen Brandteppich verursachen kann. In vielen Fällen behindert das die Rettungskräfte dabei, zu dem Jet vorzudringen. Diese Gefahr ist bei Wasserstoff deutlich geringer.

Dennoch erfordert die Wasserstofftechnologie ähnlich wie im Automobilbau milliardenschwere Investitionen. Flugzeuge müssen an jedem Flughafen, an dem sie starten und landen, betankt werden können. Ausreichend Wasserstofftankstellen zu errichten kostet sehr viel Geld. Die ungeklärte Frage lautet: Wer ist bereit, hier zu investieren. Zudem muss der Wasserstoff selbst nachhaltig hergestellt werden, sonst bringt der Einsatz der Umweltbilanz wenig. Auch das erfordert hohe Investitionen.

### Power to Liquid

Die Branche setzt deshalb kurzfristig große Hoffnungen auf synthetische Kraftstoffe. Das Stichwort lautet „Power-to-Liquid“. Unter Einsatz von regenerativ erzeugter Energie wird künstlich Treibstoff produziert. Doch noch steckt auch diese Technik in einem Teufelskreis. Sie ist zu teuer für einen großflächigen Einsatz, deshalb ist synthetischer Treibstoff bisher ein Nischenprodukt. Immerhin wird mittlerweile deutlich stärker in die Erforschung und den Aufbau von Kapazitäten investiert. So will sich die Luftfahrtbranche unter Führung ihres Bundesverbandes BDL in der Global Alliance beteiligen, einem Zusammenschluss mehrerer Industriebranchen.

Fest steht: Schon das freiwillige Versprechen der weltweiten Luftfahrtindustrie mit dem Namen Corsia ist eine gewaltige Herausforderung. Danach will die Branche ab 2020 zumindest klimaneutral wachsen. Airlines müssen dann jede mehr als bisher ausgestoßene Tonne CO<sub>2</sub> kompensieren, etwa durch die Finanzierung von Aufforstungsmaßnahmen. Allmählich dämmert vielen Airline-Managern, auf was sie sich eingelassen haben. Denn das Wachstum in der Luftfahrt wird signifikant bleiben, nicht zuletzt in aufstrebenden Regionen wie etwa Indien, China oder Afrika.



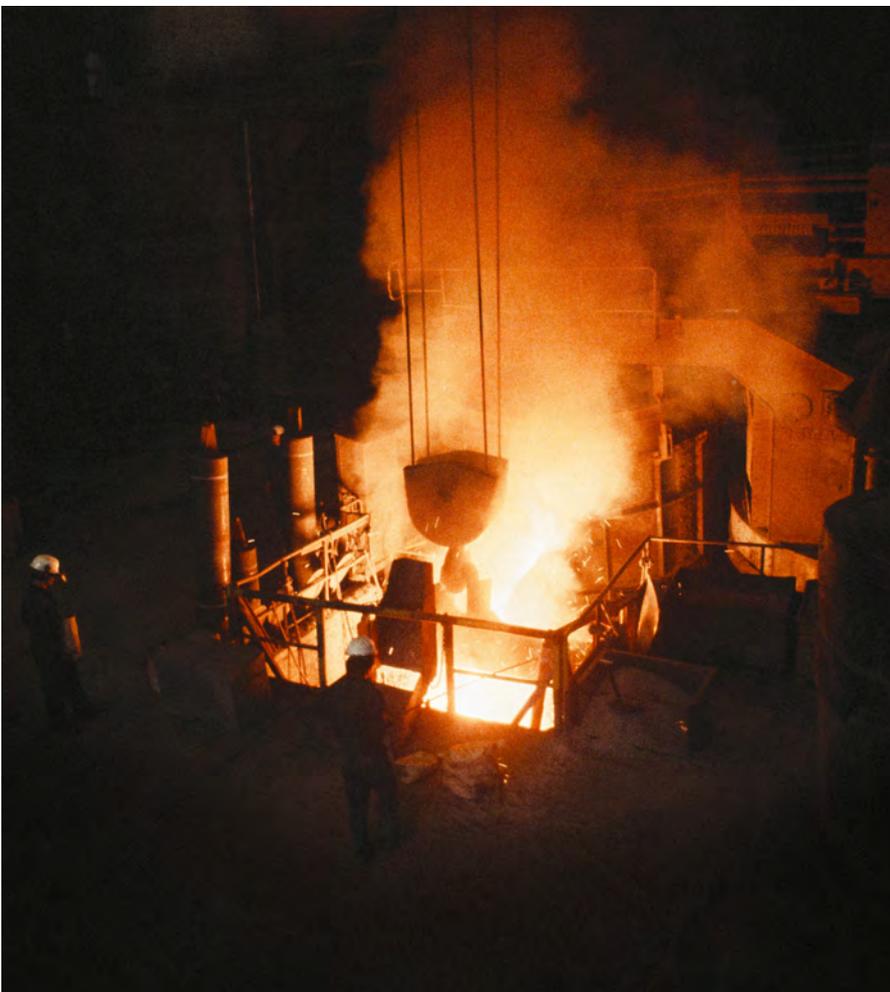
**Labor:** Die Branche setzt auf synthetische Kraftstoffe.

## Grüne Stahlproduktion

# Wasserstoff statt Koks

Der Klimaschutz stellt die Stahlindustrie vor besondere Herausforderungen. Nur ein Technologiesprung kann die grüne Stahlproduktion voranbringen.

Kevin Knitterscheidt



**Im Stahlwerk:** Die Metallbranche erlebt eine Zeit des Umbruchs.

**I**m Vergleich zu einem klassischen Hochofen ist die gelb-blau lackierte Versuchsanlage von Tata Steel Europe im niederländischen IJmuiden eher klein geraten: Kaum sieben Stockwerke hoch, wirkt der stählerne Turm unauffällig auf dem riesigen Industriegelände. Dessen Bild wird von Hochöfen, Walzwerken, Kokereien und den riesigen Schiffen dominiert, die Erz und

Kohle im werkseigenen Nordseehafen entladen.

Zumindest die Hochöfen und die Kokereien könnte die kleine Anlage irgendwann überflüssig machen, hofft Johan van Boggelen, der für Tata das Projekt „Hisarna“ leitet. „Wir forschen an einem revolutionären Wandel für den Eisenherstellungsprozess, um die globalen Klimaziele einzuhalten“, sagt der Werksleiter. Wenn

alles klappt, hofft er, eines Tages mit einem Bruchteil der bisherigen Emissionen zu produzieren.

Mehr als 75 Millionen Euro hat Tata bereits in das Projekt investiert. So wie der britisch-niederländische Hersteller arbeiten derzeit auch viele Konkurrenten mit Hochdruck an neuen Verfahren zur Stahlherstellung, um die Klimaziele der Europäischen Union einhalten zu können. Für viele Firmen ist das eine Existenzfrage: Der Druck steigt, spätestens seit sich die Mehrheit der globalen Staatengemeinschaft vor gut drei Jahren in Paris auf einen umfassenden Klimaschutz geeinigt hat.

Bis 2050 sollen die Emissionen des klimawärmenden Kohlenstoffdioxids im Vergleich zu 1990 um 80 Prozent sinken, so will es das Pariser Abkommen. Forscher fordern sogar noch ambitioniertere Ziele. Für die Stahlproduktion ist das zunächst ein Problem: Vielfach fällt CO<sub>2</sub> hier als sogenanntes „Prozessgas“ an, das sich durch den Umstieg auf grüne Energieträger nicht vermeiden lässt. Die Gleichung lautet: Koks plus Eisenerz ergibt Roheisen und CO<sub>2</sub> - und das schon seit vielen Jahrhunderten.

## Ende der Hochofenroute

Zwar ist die Stahlindustrie nur für einen Bruchteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Bundesrepublik verantwortlich, von denen das meiste auf die Sektoren Energie, Verkehr und die privaten Haushalte entfällt. Doch angesichts immer strengerer Regulierungen planen die meisten Hersteller inzwischen eine Abkehr von der klassischen „Hochofenroute“, wie das Verfahren im Fachjargon heißt: Arcelor-Mittal, Thyssen-Krupp, Tata, Voestalpine, Salzgitter - es gibt keinen, der nicht an Techniken forscht, um die Emissionen nahe null zu bringen.

Derzeit werden noch rund zwei Drittel des deutschen Rohstahls auf traditionelle Weise erzeugt, ein weiteres Drittel entsteht in sogenannten Elektrolichtbogenöfen. Die können zwar grundsätzlich mit grünem

The Image Bank/Getty Images

Strom betrieben werden, sind aber auch auf die Vorbehandlung des Eisenerzes mit Gas angewiesen, um so Eisenschwamm zu produzieren. Das kann zum Beispiel grüner Wasserstoff sein - ist aber wegen dessen schlechter Verfügbarkeit in der Regel wasserstoffhaltiges Erdgas. So wird vorerst weiterhin CO<sub>2</sub> emittiert.

Auch die Tata-Versuchsanlage in Ijmuiden wird derzeit noch mit Kohlenstaub betrieben - der Einsatz des hochbrennbaren Stoffes senkt die Emissionen immerhin um mindestens 20 Prozent. Wird das CO<sub>2</sub> nach dem Herstellungsprozess abgefangen und weiterverarbeitet oder unterirdisch gelagert, soll die Belastung für die Atmosphäre um 80 Prozent sinken - und damit in die Nähe des 95-Prozent-Ziels kommen, das viele Wissenschaftler als nötig ansehen, um die menschengemachte Erderwärmung auf 1,5 Grad seit 1990 zu begrenzen.

In Deutschland allerdings stießen solche „Carbon Capture and Storage“-Verfahren (CCS), bei denen das CO<sub>2</sub> beispielsweise in tiefen Gesteinsschichten unterhalb der Erdoberfläche eingelagert wird, früh auf massive Bedenken in der Bevölkerung. Und so gibt es, anders als etwa in den Niederlanden und in Norwegen, für Unternehmen in der Bundesrepublik derzeit keine Möglichkeit, CCS im industriellen Maßstab zu nutzen. Längst setzen die meisten deutschen Stahlhersteller daher auf Technologien, die das anfallende CO<sub>2</sub> direkt in andere Produkte weiterverarbeiten - oder gleich dafür sorgen, dass das Klimagas gar nicht erst anfällt.

So verfolgt etwa der größte deutsche Stahlhersteller Thyssen-Krupp beim Klimaschutz einen zweigleisigen Transformationspfad: Einerseits forscht er im Projekt „Carbon2Chem“ daran, das bei der Stahlproduktion anfallende CO<sub>2</sub> in Vorprodukte für die Chemieindustrie weiterzuverarbeiten, bevor es in die Atmosphäre strömt - etwa zu Ammoniak.

### Abtrennung reicht nicht

Dass sich damit allein das Klimaproblem der Stahlindustrie lösen lässt, ist allerdings unwahrscheinlich. „Es spricht zwar einiges dafür, dass CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Nutzung weitere Anwendungsfälle finden wird“, glaubt Manfred Fischeidick, Vizepräsident des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt und Energie. „Aber in Summe sind das nicht so viele, dass wir vollständig in Richtung Treibhausgasneutralität kommen werden.“ Und so forscht der Thyssen-Krupp-Konzern mit Unterstützung des Landes NRW zusätzlich an einem Verfahren für die Stahlherstellung, bei dem überhaupt kein CO<sub>2</sub> anfällt: Er ersetzt Koks durch grünen Wasserstoff.

„Die Emissionen bei der Stahlerzeugung auf nahe null zu senken ist derzeit nur mit-

hilfe eines wasserstoffbasierten Verfahrens möglich“, bestätigt Fischeidick. „Die zentrale Frage lautet aufgrund der begrenzten heimischen Potenziale aber: Woher kommt der dafür notwendige grüne Wasserstoff? Und wie kostengünstig kann er bereitgestellt werden?“

Für den Ruhrkonzern, der jährlich rund zehn Millionen Tonnen Rohstahl in Duisburg produziert, sind diese Fragen existenziell. Denn nur, wenn die Produktion dauerhaft mit grünem Wasserstoff zu wettbewerbsfähigen Preisen versorgt werden kann, gelingt der Umstieg. Deshalb hat sich Thyssen-Krupp den französischen Industriegasehersteller Air Liquide als Projektpartner ins Boot geholt und vor einigen Monaten damit begonnen, den Einsatz von Wasserstoff als Beigabe im klassischen Hochofenverfahren zu testen. Der Wasserstoff kommt dabei noch aus einem Tanklaster, der auf dem Werksgelände steht. Sind die Versuche erfolgreich, will der Konzern bis 2050 insgesamt zehn Milliarden Euro investieren, um seine komplette Produktion phasenweise auf das klimaneutrale Verfahren umzustellen.

Doch bis es tatsächlich losgehen kann, braucht es mehr als einen Beweis der technischen Machbarkeit, erklärt Thyssen-Krupp-Produktionsvorstand Arndt Köfler. „Wir brauchen Pipelines, die uns mit Wasserstoff versorgen, und der Wasserstoff muss in ausreichender Menge zur Verfügung stehen“, verlangt der Manager, der die Dekarbonisierung der Produktion bei Thyssen-Krupp Steel Europe maßgeblich verantwortet.

Um welche Größenordnungen es geht, verdeutlicht ein Beispiel der österreichischen Voestalpine, die derzeit ebenfalls

die Möglichkeiten wasserstoffbasierter Stahlerzeugung erforscht. In Kooperation mit Siemens, dem österreichischen Energieversorger Verbund und weiteren Unternehmen erzeugt Voestalpine am Hauptstandort in Linz derzeit grünen Wasserstoff mithilfe von Wasserkraft, gefördert von der EU.

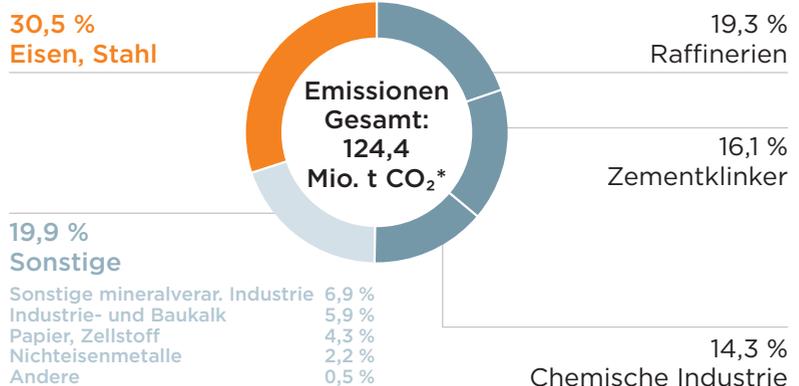
Doch für einen kompletten Umstieg von Koks auf Wasserstoff fehlt es noch an grünem Strom: Allein der Energiebedarf der Voestalpine wüchse dabei um 30 Terawattstunden pro Jahr an - das entspricht fast der Hälfte des gesamten Strombedarfs in Österreich.

### In guter Gesellschaft

Noch ist die Versorgung deshalb ein Henne-Ei-Problem - doch mit wachsender Nachfrage auch in anderen Branchen könnte es mittelfristig gelöst werden. „In der chemischen Industrie spielt Wasserstoff heute schon eine Rolle“, sagt Fischeidick. „Zunehmende Bedeutung wird er wahrscheinlich auch im Verkehrssektor und in der Gebäudeanwendung erlangen.“ Das komme der Stahlindustrie entgegen, so der Forscher: „Sie muss nicht allein eine Lösung für ihr Emissionsproblem finden.“ Dass die Stahlproduzenten den Umstieg aus eigener Kraft schaffen, hält Fischeidick indes für wenig wahrscheinlich. „Wir reden hier über Strukturen, auch bei den Zulieferern, die über Jahrzehnte gewachsen sind.“ Erschwerend komme noch der globale Wettbewerb der Industrie hinzu, der größere Investitionen in zunächst einmal unprofitable Forschungsvorhaben erschwere. „In einem so umkämpften Markt wird auf die Nachkommastelle geschaut“, sagt er.

## CO<sub>2</sub>-Schleuder Stahlindustrie

Anteil der Branchen an den Emissionen des Industriesektors 2018



HANDELSBLATT

\*Äquivalent • Quellen: Bundesumweltamt, DEHSt



REUTERS

**Power-to-Gas-Anlage:** Die Technik beruht auf dem schon vor Jahren erprobten Verfahren der Elektrolyse.

### Power-to-Gas

# 200 Jahre alte Technik lässt Energiebranche hoffen

Die „Power-to-Gas“-Technologie gilt manchen Branchenexperten als Schlüssel für das Gelingen der Energiewende. Doch die Politik sieht das skeptisch.

Klaus Stratmann

Die Nutzung von Wind und Sonne zur Stromerzeugung geht mit Riesenschritten voran. Derzeit kommen etwa 40 Prozent des in Deutschland produzierten Stroms aus erneuerbaren Quellen. Bereits 2030 sollen es 65 Prozent sein. Doch der steigende Anteil von Wind- und Sonnenstrom bringt Probleme für das Stromnetz. An wind- und sonnenreichen Tagen stößt die Stromversorgung an ihre Belastungsgrenzen. Das dürfte auch dann der Fall sein, wenn der Ausbau der Netze in den kommenden Jahren an Tempo gewinnt.

Die produzierte Energie lässt sich oft kaum mehr sinnvoll abtransportieren. Aus überschüssigem Strom sollen daher Wasserstoff oder Methan gewonnen werden, empfehlen die niederländischen Energiekonzerne Gasunie und Tennet in einer Studie. Alternative Transportlösungen sollen der Schlüssel sein, um der Energiewende zum Erfolg zu verhelfen.

Der Weg dorthin führt nach Überzeugung der Unternehmen über die Umwandlung von Strom in Gas („Power-to-Gas“, kurz PtG). Für diese Zukunftsvision, heißt es, müssten bereits heute Entscheidungen getroffen werden. Tennet betreibt das Stromübertragungsnetz in den Niederlanden. In Deutschland ist Tennet einer von insgesamt vier Übertragungsnetzbetreibern. Hierzulande ist das Unternehmen für einen großen Teil des Neubaus von Stromübertragungsleitungen verantwortlich. Gasunie ist Ferngasnetzbetreiber in den Niederlanden, aber auch in Deutschland.

„Jetzt ist es an der Politik, die Weichen zu stellen. Das gilt für den Stromnetzausbau, der die Unterstützung von Bund und Ländern braucht, genauso wie für Power-to-Gas-Anlagen“, sagt Manon van Beek, Vorstandsvorsitzende von Tennet. Han Fennema, CEO von Gasunie, ergänzt: „Um den zunehmenden Schwankungen im Energienetz begegnen zu können, müssen wir unsere Gas- und Strominfrastrukturen nahtlos aufeinander abstimmen.“

Gasunie und Tennet sehen diese Abstimmung nicht als nationales, sondern als ein grenzübergreifendes Thema: „Bei der Verzahnung von Gas- und Stromnetzinfrastruktur müssen wir auch über Ländergrenzen hinweg denken. Das steigert die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems und führt zu Kostendegressionen“, sagt van Beek.

Die moderne Power-to-Gas-Methode beruht auf dem seit zweihundert Jahren erprobten Verfahren der Elektrolyse. Der dadurch aus Strom gewonnene Wasserstoff lässt sich direkt nutzen oder in Methan oder synthetische Kraftstoffe umwandeln. Stammt Strom aus erneuerbaren Quellen, ist der gewonnene Brennstoff klimaneutral.

Das auf der Basis von grünem Strom erzeugte Gas kann in die vorhandene Netzinfrastruktur eingespeist werden oder in ebenfalls bestehenden Gasspeichern zwischengelagert werden. Zugleich entstehen neue Anwendungsmöglichkeiten für Wind- und Sonnenstrom: Der in Gas umgewandelte Strom kann auch im Mobilitätssektor, für die Beheizung von

Gebäuden oder in der Industrie eingesetzt werden.

In der Studie „Infrastructure Outlook 2050“ von Gasunie und Tennet heißt es, alle Szenarien belegten, dass nicht nur die Stromnetze, sondern auch die vorhandene Gasnetzinfrastruktur sowohl in Deutschland als auch in den Niederlanden eine entscheidende Rolle im Energiesystem der Zukunft spielten.

Strom und Gas seien dabei komplementär zu sehen. Gas müsse insbesondere dort zum Einsatz kommen, wo eine Elektrifizierung schwierig sei. Das gelte etwa für industrielle Prozesse oder auch im Schwerlastverkehr. Das bestehende Gasnetz habe ausreichend Kapazität, um seine künftige Aufgabe zu erfüllen. Lediglich einige technische Anpassungen seien erforderlich.

Dahinter steckt die Überlegung, dass das Ziel des Pariser Klimavertrages, bis 2050 eine annähernd kohlenstofffreie Energieversorgung zu erreichen, Erdgas mehr und mehr verdrängen wird. Umso mehr Raum böte die vorhandene Infrastruktur für „grünes Gas“. Auch Erdgasspeicher könnten ihre Rolle als saisonale Speicher beibehalten.

### Die Branche forciert das Thema

Tennet und Gasunie trommeln seit Monaten für Power-to-Gas. Die beiden Unternehmen hatten bereits im vergangenen Jahr angekündigt, gemeinsam mit ThyssenGas in Niedersachsen eine PtG-Anlage bauen zu wollen. Sie soll ab 2022 schrittweise ans Netz, um so neue Speicherpotenziale für erneuerbaren Strom zu erschließen.

Bundesregierung und Bundesnetzagentur sehen das skeptisch. Sie sind der Auffassung, dass der Betrieb von Power-to-Gas-Anlagen nicht zum Geschäft eines Netzbetreibers gehört. Außerdem, so ihre Argumentation, würden die Anlagen erst ab 2030 wirklich erforderlich. Ob in der neuen Wasserstoff-Strategie von Wirtschaftsminister Peter Altmaier (CDU) auch speziell zu den Themen Netzen und Power-to-Gas Stellung genommen wird, ist derzeit noch nicht bekannt.

Trotz der fehlenden Rückendeckung durch die Politik liefern sich die Betreiber von Strom- und Gasnetzen mittlerweile ein Kopf-an-Kopf-Rennen um den Aufbau einer PtG-Infrastruktur. Erst vor wenigen Wochen hatten der Stromnetzbetreiber Amprion und der Gasnetzbetreiber Open Grid Europe (OGE) ihre Pläne für eine entsprechende Anlage konkretisiert.

Aber auch die Betreiber von Gasspeichern forcieren das Thema. So arbeiten Unternehmen wie Uniper, EWE und VNG an Lösungen. Uniper etwa betreibt im brandenburgischen Falkenhagen eine der ersten Demonstrationsanlagen zur Speicherung von Windstrom im Erdgasnetz.



**Windenergie:** Power-to-Gas hilft bei der Speicherung grünen Stroms.

## Chemie

# Öko-Wasserstoff für Raffinerien

In Raffinerien braucht es große Mengen an Wasserstoff, um Benzin und Diesel zu entschwefeln. Einige Unternehmen wollen diesen jetzt grün produzieren. Doch es hakt noch.

Angela Schmid



**Speichertank:** Raffinerien sind größter industrieller Wasserstoffnutzer.

**D**er Verbrauch von Wasserstoff in Deutschland ist enorm. Etwa 20 Milliarden Normalkubikmeter Wasserstoff werden jährlich erzeugt. Weltweit sind es sogar 500 Milliarden Normalkubikmeter. Hergestellt wird er meist durch Dampfreformierung mit Erdgas, was Kohlenstoffdioxid mit seinen bekannten Folgen freisetzt.

Grüner Wasserstoff, der mittels Elektrolyse aus der Spaltung von Wasser durch Strom entsteht, hat mit fünf Prozent nur einen kleinen Marktanteil.

Ein Teil der größten industriellen Wasserstoffnutzer sind Raffinerien, die ihn zur Entschwefelung von Benzin und Diesel be-

nötigten. Einige Tonnen pro Stunde werden allein bei BP in jeder Raffinerie eingesetzt.

Jetzt hat der britische Mineralölkonzern es mit der ökologischen Alternative versucht. 130 000 Kubikmeter des klimaneutralen Wasserstoffs wurden in der Raffinerie in Lingen eingesetzt, was im einstelligen Prozentbereich der benötigten Mengen liegt. Das ist erst einmal nur ein sehr geringer Anteil.

„Es gibt aber deutliches Potenzial nach oben“, sagt BP-Sprecher Marc Schulte. Immerhin ist Lingen damit die weltweit erste Raffinerie, die grünen Wasserstoff zur Herstellung von Kraftstoffen einsetzte.

## Zu teuer für die dauerhafte Nutzung bei BP

Die Aktion war erst mal nur von kurzer Dauer: Nach einem 30-tägigen Demonstrationsprojekt, in dem geklärt werden sollte, ob der Einsatz erneuerbarer Komponenten in einer Erdölraffinerie überhaupt funktioniert, war vorerst wieder Schluss.

Das Ergebnis stimmt immerhin positiv. „Wir haben mit dem grünen Wasserstoff sehr gute Erfahrungen gemacht“, so der BP-Sprecher, denn dieser sei problemlos in den Anlagen verarbeitet worden.

Ausgebaut wird der Einsatz für Öko-Wasserstoff allerdings im Moment nicht, da es nicht wirtschaftlich sei. „Ohne Anrechnung auf die Treibhausgasminderungsquote ist der grüne Wasserstoff doppelt bis viermal so teuer wie derjenige, der herkömmlich über eine Dampfreformierung erzeugt wurde“, erklärt Schulte den Knackpunkt. „Die politischen Rahmenbedingungen müssen stimmen, um eine solche Anlage wirtschaftlich betreiben zu können.“

Dabei geht es BP nicht allein um die Anrechnung des grünen Wasserstoffs auf die ehemalige Biokraftstoffquote, die 2015 durch die Treibhausgasminderungsquote ersetzt wurde, sondern auch darum, dass der grüne Strom von Abgaben wie der EEG-Umlage befreit wird.

Auch bei der Treibhausgasminderungsquote kann man sich die Nutzung von Biokraftstoffen anrechnen lassen. Geregelt wird das im Renewable Energy Directive (RED II). Bereits im Sommer haben sich das Europäische Parlament und der Europäische Rat auf eine Anrechnung des Einsatzes von Wasserstoff geeinigt. Jetzt muss sie aber noch in nationales Recht umgesetzt werden. Genau darauf wartet BP.

Denn dann könnte der grüne Wasserstoff wirtschaftlich nutzbar und damit Grundlage für eine eigene Power-to-Gas-Anlage am Standort Lingen sein, wo jähr-

lich rund fünf Millionen Tonnen Rohöl verarbeitet werden.

Das flüchtige Gas für den Test bei BP lieferte übrigens Audi. Das Unternehmen stellt bereits seit 2013 im norddeutschen Werlte Öko-Wasserstoff her. Dieser soll irgendwann Audis künftiges Brennstoffzellenauto antreiben, das allerdings noch auf sich warten lässt. Der Autohersteller aus Ingolstadt hat für 2020 eine erste Kleinserie mit Brennstoffzellen-Fahrzeugen angekündigt. Bis dahin wird der Wasserstoff erst mal genutzt, um Methan zu erzeugen. Dafür versetzt Audi den Wasserstoff mit CO<sub>2</sub> aus einer Biogasanlage, die nicht aus Energiepflanzen, sondern aus organischen Abfällen gespeist wird. In der Methanisierungsanlage entsteht daraus synthetisches Erdgas, das im Tank des Audi A3 g-tron oder im Gasnetz landet.

Nach Angaben von Audi ist es die weltweit erste Anlage im industriellen Maßstab, die aus CO<sub>2</sub> und erneuerbarem Strom einspeisefähiges, synthetisches Erdgas generiert. Außerdem wird ausschließlich überschüssiger Wind- oder Solarstrom eingesetzt, der ansonsten ungenutzt bleiben würde. Pro Jahr produziert die Audi E-Gas-Anlage etwa 1000 Tonnen Gas und bindet dabei circa 2800

Tonnen CO<sub>2</sub>. Das entspricht etwa der Menge, die ein Wald mit über 220 000 Buchen im Jahr aufnimmt.

### Grüner Wasserstoff für Shell

Der Energiekonzern Shell hat im Gegensatz zum Konkurrenten BP Pläne, grünen Wasserstoff auch dauerhaft in seinen Raffinerien zu nutzen. Das niederländische Unternehmen baut zusammen mit ITM Power am Raffinerie-Standort Wesseling in Nordrhein-Westfalen einen Elektrolyseur mit einer Leistung von zehn Megawatt (MW). Unter dem Namen „Rehfyne“ soll die bisher weltweit größte PEM-Wasserstoff-Elektrolyse-Anlage 2020 in Betrieb gehen. Damit wollen die Kooperationspartner zeigen, dass die PEM-Technologie für industrielle Großanwendungen reif ist. Wie Shell die Anlage wirtschaftlich betreiben will, verrät der Konzern nicht.

Trotz der im Moment noch gigantisch anmutenden Zehn-MW-Anlage, ist der Anteil des Wasserstoffs am Gesamtbedarf eher gering. Rund 180 000 Tonnen Wasserstoff benötigt die Raffinerie jährlich für die Entschwefelung konventioneller Kraftstoffe - nur vier Tonnen pro Tag kommen in Zukunft aus der Elektrolyse. „Wenn die zurzeit größte PEM-Elektrolyse

der Welt nur rund ein Prozent des benötigten Wasserstoffs einer Raffinerie herstellt, zeigt dies die Größe der Aufgabe, die wir mit der Energiewende angehen. Umso wichtiger, dass wir dies nun vorantreiben“, so Shell-Sprecher Jan Zeese.

### Test für neue Geschäftsmodelle

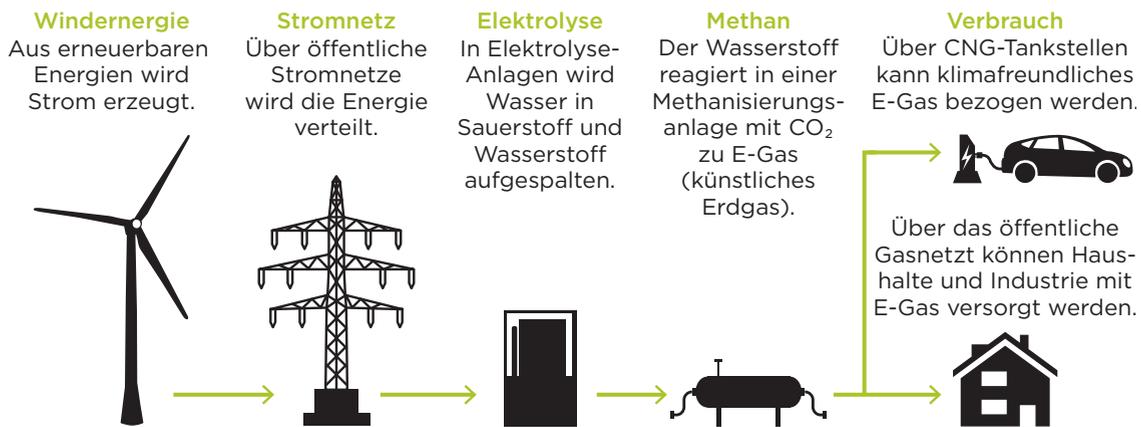
Dafür sind immerhin Investitionen von rund 20 Millionen Euro notwendig. Die werden allerdings aus dem EU-Topf „Fuel Cell Hydrogen Joint Undertaking“ mit zehn Millionen Euro gefördert.

Läuft alles wie geplant, gibt es bereits Überlegungen, die Technologie zu erweitern und in anderen Produktionsstätten einzusetzen. „Wir könnten dann auch Wasserstoff an Kunden außerhalb der Raffinerie liefern“, so die Idee von Thomas Zengerly, Direktor der Shell Rheinland Raffinerie.

Ziel der Anlage ist es nicht nur, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. „Wir wollen vielmehr die Einbindung einer H<sub>2</sub>-Elektrolyse in eine Raffinerieanlage erlernen, Erfahrungen mit dieser Technologie sammeln und neue Geschäftsmodelle entwickeln“, sagt Jan Zeese. Die Anlage sei daher bewusst so angelegt, dass sie bei Erfolg skalierbar erweitert werden könne.

## Grüner Wasserstoff

### Das E-Gas-Projekt von Audi



HANDELSBLATT

Quelle: Edison



dps

### Synthetische Kraftstoffe

# Die Rettung für Verbrennungsmotoren?

Die Industrie will alte Motoren mit klimafreundlichen Treibstoffen - E-Fuels - versorgen. Wasserstoff spielt dabei eine wichtige Rolle.

Kathrin Witsch

**E**s klingt perfekt: CO<sub>2</sub>-neutraler, flüssiger Kraftstoff, hergestellt aus grünem Wasserstoff, der in jeden herkömmlichen Tank gefüllt werden kann. Die Idee solcher E-Fuels gibt es schon seit Jahren, der Durchbruch gelang ihnen bislang allerdings nicht. Jetzt setzen Ölkonzerne, Automobilindustrie und Chemieunternehmen das Thema wieder auf die Agenda und versprechen eine große Zukunft für den Designersprit.

„Insbesondere synthetische Kraftstoffe könnten dazu beitragen, den Transportsektor CO<sub>2</sub>-frei werden zu lassen“, sagte Thomas Zengerly, Vorsitzender der Geschäftsführung der Deutschen Shell Holding erst kürzlich im Gespräch mit dem Handelsblatt. Aber warum fristet die verheißungsvolle Technologie immer noch ein Nischendasein?

Als synthetische Kraftstoffe werden Kraftstoffe bezeichnet, die nicht auf Erdöl als Rohstoffquelle basieren. Da gibt es zum einen die viel diskutierten Biofuels, zum Beispiel Bioethanol, hierzulande auch bekannt unter dem Kürzel E10. Das Image der Biokraftstoffe ist allerdings denkbar schlecht, seit die Einführung des Sprits auf Pflanzenbasis vor fast zehn Jahren in bundesweiten Protesten unter dem „Tank oder Teller“-Motto gipfelte.

Da Ethanol aus nachwachsenden Rohstoffen wie Getreide, Mais oder Zuckerrüben gewonnen wird, geben Pflanzen bei ihrer Verbrennung zwar nur das zuvor aufgenommene CO<sub>2</sub> wieder ab - also ein CO<sub>2</sub>-neutraler Vorgang. Die Anbaufläche, die für Ethanol genutzt wird, werde aber

für den Anbau von Nahrungsmitteln gebraucht, warnen Umweltverbände. Hinzu kommt, dass nicht alle Motoren den Biokraftstoff gut vertragen. Der große E10-Hype blieb bislang aus. 2018 betrug der Absatz gerade einmal etwas über eine Million Tonnen, von fast 18 Millionen Tonnen verkauften Benzin insgesamt. Das ist allerdings weitestgehend ein europäisches Problem. In den USA, in Südamerika und China boomen Biokraftstoffe der ersten Generation. Aber auch in Europa erwacht das Thema gerade zu neuem Leben - nur etwas anders als bislang gedacht.

Das Teller-Problem ist mittlerweile gelöst. Die Biokraftstoffe der zweiten Generation beispielsweise nutzen nicht mehr Mais oder Zuckerrohr, sondern Stroh oder Holzschnitzel. Diese Biomasse wird in Gas umgewandelt und kann anschließend bei Bedarf verflüssigt werden (Biomass-to-Liquid). Trotz aller Probleme könnten Biofuels so künftig durchaus relevant werden. Die Internationale Energieagentur etwa rechnet für 2045 mit einem Biospritanteil von rund 20 Prozent am weltweiten Energiebedarf des Straßenverkehrs.

Viel einfacher wirkt dagegen die Idee, synthetische Kraftstoffe aus erneuerbarem Strom (E-Fuels) herzustellen. Basis für alle strombasierten Kraftstoffe ist die Gewinnung von Wasserstoff per Elektrolyse. Der Wasserstoff wiederum reagiert mit aus der Luft gewaschenem CO<sub>2</sub> zu Methan, woraus in weiteren Verfahrensschritten nahezu jeder Kraftstoff hergestellt werden kann. Von E-Diesel, E-Benzin bis zu E-Kerosin.

Der große Vorteil: E-Fuels kann man in

den bisherigen Verbrennungsmotoren nutzen. Getankt würde an Zapfsäulen des bestehenden Tankstellennetzes, eine neue Infrastruktur wäre nicht nötig. Der Nachteil: Die Herstellung ist teuer, aufwendig und der Wirkungsverlust hoch. Strom ist immer dann am effektivsten, wenn er direkt aus der Steckdose verwendet wird, etwa wie beim Elektroauto.

### Keine Alternative zu E-Autos

Trotzdem brauche man E-Fuels um die Energiewende zu bewältigen, sagen Forscher wie Manfred Aigner, Direktor des Instituts für Verbrennungstechnik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). „E-Fuels sind noch verhältnismäßig teuer, aber die Kosten werden weiter runtergehen. Viele sind von der Wirtschaftlichkeit schon jetzt nicht mehr so weit entfernt“, sagt der Experte, der unter anderem die Entwicklung alternativer Kraftstoffe für das Bundeswirtschaftsministerium untersucht.

Zurzeit liegen die Kosten bei bis zu 4,50 Euro pro Liter Dieseläquivalent, steht in einer Studie im Auftrag des Verbands der Automobilindustrie (VDA). Das sind die reinen Kosten - also ohne die Steuerlast, die heute selbst beim privilegierten Dieselmotor Kraftstoff mehr als die Hälfte ausmacht.

„Natürlich, man darf sich nichts vormachen: So billig wie fossile Kraftstoffe werden synthetische Kraftstoffe nie werden. Wer etwas für die Umwelt tun will, muss in Zukunft auch mehr dafür bezahlen“, sagt auch Aigner. Trotzdem ist er überzeugt, dass die Kosten für E-Fuels in Zukunft noch weiter runtergehen werden. „Wir kommen aus dem Labor jetzt in den halbertechnischen Maßstab, das ist schon ein großer Schritt nach vorn.“ Wenn man unendliche Stromquellen wie Wind, Sonne oder Wasser zukünftig in großen Massen zur Verfügung habe, sei der Wirkungsverlust am Ende nur noch zweitrangig.

Eine Alternative zum E-Auto sehen die Experten in E-Fuels allerdings nicht, wohl aber eine wichtige Ergänzung. „Natürlich reichen E-Fuels allein bei Weitem nicht aus. Wir brauchen Biokraftstoffe, genauso wie E-Fuels, batteriebetriebene Fahrzeuge oder auch die Brennstoffzelle, wenn die Verkehrswende gelingen soll“, sagt Aigner.

Besonders da, wo eine Elektrifizierung des Antriebs schwer umsetzbar ist, hätten E-Fuels eine echte Perspektive: zum Beispiel in der Luft- oder Schifffahrt. Trotz aller Fortschritte, mit einem Durchbruch in den Massenmarkt rechnen die Experten nicht vor 2030. Zu diesem Zeitpunkt prognostiziert die Unternehmensberatung BCG einen E-Autoanteil von etwa 50 Prozent. Genug Bedarf also für synthetische Kraftstoffe, um noch ein paar Verbrennungsmotoren vor dem Aussterben zu bewahren.



**Gewächshaus für Zuckerrohr:** Die Basis für Biokraftstoffe ist pflanzlich.

Beispiel Japan

# Wie Wasserstoff in Fernost gefördert wird

Japan geht bei der Förderung von Wasserstoff strategisch vor – mit Erfolg. Die Strategie ist wegweisend, auch für die Industriepolitik in Deutschland.

Martin Kölling



imago images / AFLO

**Toyota Mirai:** In der Präfektur Aichi wird die Wasserstofflimousine gefertigt.

**A**n einer Wasserstofftankstelle in Yokohama wird Japans Klimastrategie zum Kino. Dort, wo bei normalen Tankstellen nur der Tankwart sitzt, haben die Betreiber ein kleines Ausstellungszentrum aufgebaut. In der Lobby wird gezeigt, wie eine Brenn-

stoffzelle für Autos ohne Abgase aus Wasserstoff Strom gewinnt. Lediglich Wasser kommt aus dem Auspuff. Im Hinterzimmer präsentiert der globale Technikkonzern Panasonic in einem Video seine neueste Idee, die darin besteht, mit Wasserstoff als Energiespeicher das Klima zu ret-

ten. Darin zu sehen: ein unscheinbarer, mehr als mannshoher grauer Kasten. Es handelt sich um die weltweit erste Brennstoffzelle für Eigenheime, die Wasserstoff nicht aus Gas abspaltet, sondern gleich aus reinem Wasserstoff dezentral Strom und Heißwasser erzeugt.

In Japan gewinnt Wasserstoff immer mehr an Bedeutung. Als eines der ersten Länder der Welt fügte Japans Regierung im Jahr 2017 die bestehenden Wasserstoffprojekte seiner Auto- und Technikkonzerne in eine nationale Wasserstoffstrategie zusammen. Die Ziele sind ambitioniert: Bereits bis 2030 will das Land eine globale Lieferkette und daheim einen großen Markt für Wasserstoff aufbauen. 800 000 Brennstoffzellenautos und fünf Millionen Brennstoffzellen für Eigenheime sehen die staatlichen Planer vor. Und der Ehrgeiz ist für Wirtschaftsprofessor Jörg Raupach von der japanischen Ritsumeikan-Universität nicht das einzig Bemerkenswerte an Japans Strategie. „Mein Eindruck ist, dass Wasserstoff hier in Japan weniger als Klimaschutz-, sondern eher als klassische Innovations-, Technologie- und Wachstumspolitik positioniert wird“, sagt der Professor, der auch Geschäftsführer eines kleinen Netzwerks für die ersten japanischen Stadtwerke ist.

### Die Strategie

Japans Ministerpräsident Shinzo Abe macht kein Geheimnis daraus, dass ihm nicht nur das Wohl des Planeten am Herzen liegt, sondern auch das der eigenen Wirtschaft. Japan müsse disruptive Technologien entwickeln, um wie von der Regierung geplant bis 2050 die Treibhausgasemissionen um 80 Prozent zu senken, erklärte der Staatschef im Januar.

Allerdings sind nicht alle von Abes guten Absichten überzeugt. So kanzelten die drei Institute, die im Internet den „Climate Action Tracker“ betreiben, Abes Klimaplan als „höchst unzureichend“ ab. Die Institute haben es sich zur Aufgabe gesetzt, klimapolitische Maßnahmen zu erfassen und im Einklang mit den Klimazielen des Pariser Klimaschutzabkommens zu überprüfen. Einer der Kritikpunkte: Für 2030 peilt Japans Regierung nur einen Anteil von 22 bis 24 Prozent für erneuerbare Energien an und setzt auf Atomkraft und Kohle. Abe führe sein Land auf einen Pfad, der die Erdtemperatur um drei bis vier Grad in die Höhe treiben würde. Damit läge Japan weit über dem Ziel, die Erderwärmung auf zwei, geschweige denn 1,5 Grad zu beschränken, wie es das Pariser Klimaschutzabkommen fordert.

Abe ficht solche Kritik nicht an. Dies macht ein Besuch beim starken wirtschaftspolitischen Arm des Präsidenten deutlich, dem Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (Meti). Statt ganz auf Erneuerbare zu hoffen, setzen die Japaner auf die Brückentechnologie Wasserstoff - und hoffen darauf, durch einen großen Markt für dreckigen Wasserstoff den Umstieg auf grünen zu beschleunigen. Und: Sie sehen sich als Realisten, die auch für die Förder- und Entwicklungsländer mitdenken. Europa möge auf erneuerbare Energien setzen, gibt Takeshi Soda, der Chef der internatio-

nalen Abteilung der Energiebehörde, zu bedenken. Aber US-Präsident Donald Trump habe die „Energiedominanz“ ausgerufen. „Die USA werden Flüssiggasexporte als strategisches Mittel nutzen, um andere Länder zu beeinflussen“, sagt er. „Wir müssen dies berücksichtigen.“ Außerdem werde Flüssiggas in Asiens Schwellenländern boomen, um die noch schädlichere Kohle zu ersetzen. „Denn die meisten Länder können nicht allein mit erneuerbaren Energien überleben.“

Aber Japan will mit seinen Technologien bei der Dekarbonisierung helfen. Finanziell ging der Staat dafür schon früh in Vorleistung. Laut einer Studie der Unternehmensberatung McKinsey investierte Japan bereits 2016 allein 40 Prozent der 850 Millionen Dollar, die weltweit in die Förderung von Wasserstoff strömten.

Technologisch stand dabei ausnahmsweise nicht die Autoindustrie an der Poleposition, sondern Brennstoffzellen für Einfamilienhäuser. Den technologischen Vorsprung möchte Japans Marktführer, Panasonic, für die Expansion im Ausland nutzen. Zuerst hat Panasonic Deutschland angepeilt. Bereits 2013 schlossen die Japaner eine Kooperation mit dem Boiler-Hersteller Viessmann. Inzwischen verkauft das Duo Brennstoffzellen auch für deutsche Häuslebauer.

Die Autoindustrie ist der zweite Motor von Abes Wasserstoffvision. 2014 nahm dann Toyota den Mirai in den Verkaufskatalog auf, das erste als Großserienmodell geplante Brennstoffzellenautomobil. 2016 folgte Honda mit dem Clarity. Während Renault-Partner Nissan derzeit auf Elektroautos setzt, fahren Toyota und Honda weiterhin mehrgleisig.

Das wachsende finanzielle Interesse schlägt sich auch im Engagement der Industrie nieder. Toyota und Honda sowie diverse Technik- und Energiekonzerne des Landes gründeten das Unternehmen Japan H2 Mobility, um den Bau von Wasserstofftankstellen und einer preiswerten Wasserstoffherzeugung zu fördern.

Die olympischen Spiele hat Abe schon zur Werbebühne für Hightech made in Japan umgewandelt. Dieses Jahr setzte er als Präsident der G20, dem Klub der 20 einflussreichsten Industrie- und Schwellenländer, das Thema Wasserstoff prominent auf die Tagesordnung. „Japan hat sich mit Wasserstoff ein großes Ziel gesetzt“, lautet das Fazit von Raupach. Er habe zwar weiterhin seine Zweifel, ob Abes Vision auch eine wirkliche Energiestrategie darstelle. Doch niemand dürfe Japans Willen unterschätzen, die beschlossenen Pläne auch umzusetzen, sagt der Experte. „Die machen das.“



**Toyota-Tank:** Bis 2030 sollen in Japan 800 000 Wasserstoffautos fahren.



www.imago-images.de

**Energie-Vorreiter**

# Österreich will Europas Wasserstoff-Nation werden

Österreich plant, seinen Strom schon 2030 komplett aus erneuerbaren Quellen zu beziehen. Damit das gelingt, setzt die Industrie voll auf Wasserstoff.

Hans-Peter Siebenhaar

**D**rei der größten Konzerne Österreichs haben sich zusammengesetzt, um die Alpenrepublik zum Wasserstoff-Pionier Europas zu machen. Der Stromerzeuger Verbund AG, das Öl- und Gasunternehmen OMV und der Stahlkonzern Voestalpine wollen das Thema gleich mit mehreren Projekten vorantreiben - und zwar so schnell wie möglich. Ein erstes Pilotprojekt soll Ende 2019 starten.

„Die Welt hat ihren Energiehunger rund 170 Jahre aus fossilen Energieträgern gestillt. Jetzt kommt die nächste Revolution“, sagt Wolfgang Anzengruber, Vorstandsvorsitzender der Verbund AG. „Wenn wir in Richtung erneuerbare Energie gehen, können wir auf Wasserstoff nicht verzichten. Denn die Volatilität gerade bei Sonne und Wind braucht erneuerbare Energiespeicher - mit Wasserstoff ist das möglich“, ist Anzengruber überzeugt.

Österreich hat sich ein ehrgeiziges Ziel gesetzt: Bis 2030 will das Land seine Stromversorgung komplett aus grünen Quellen beziehen. Dank der zahlreichen Wasserkraftwerke beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien in der Alpenrepublik bereits heute 75 Prozent. Doch neue Pumpspeicherkraftwerke scheinen politisch kaum durchsetzbar - neue Speicher für grünen Strom sind gefragt.

Darum setzt das Land auf Wasserstoff. Über die Elektrolyse kann aus Wasser mit erneuerbarem Strom Wasserstoff erzeugt werden, der bei Bedarf in Strom umgewandelt und ins Netz eingespeist werden kann. Wasserstoff kann aber auch direkt eingesetzt werden, zum Beispiel als Rohstoff in der Chemie. Es entstehen klimaneutrale Brennstoffe, die leicht speicherbar sind - allerdings mit hohen Effizienzverlusten.

In den großen Maßstab hat es die Technologie bislang nicht geschafft. Und auch in Österreich spielt grüner Wasserstoff aus erneuerbaren Energien aktuell nur eine kleine Nebenrolle in der Energiewelt. Heute wird Wasserstoff in Österreich ähnlich wie in Deutschland fast ausschließlich als Nebenprodukt der Erdgasindustrie erzeugt und hat daher keine besonders gute CO<sub>2</sub>-Bilanz.

#### Multitalent Wasserstoff

Der heimische Branchenprimus Verbund will das jetzt ändern. Aus der Sicht des Wiener Konzerns kann Wasserstoff einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) leisten. „Wasserstoff kann beispielsweise Kohle in der Stahlerzeugung ersetzen oder er kann für Bahn, Lastwagen und Autos eingesetzt werden“, sagt Vorstandschef Anzengruber.

Ein Pilotprojekt mit der Zillertalbahn ist in Vorbereitung. Die Schmalspurbahn in Tirol soll künftig energieautonom mit Wasserstoff betrieben werden. Der große Vorteil des Gases: Es kann dezentral erzeugt werden. „Wasserstoff ist nicht allein seligmachend, doch es ist ein wichtiges Bindeglied auf dem Weg zu einem ganzheitlich erneuerbaren Energiesystem“, sagt Anzengruber. „Wir wollen unsere Wertschöpfungskette um den Wasserstoff verlängern.“

Daher strebt Verbund eine immer engere Verzahnung mit der österreichischen Industrie, etwa mit OMV und Voestalpine, an. „Wir können den Betrieb einer Wasserstoffanlage managen und grünen Wasserstoff als Energiespeicher nutzen. Für uns ist das auch ein Aspekt zur Stabilisierung unseres Stromsystems“, sagt der Konzernchef selbstbewusst.

In der Wiener Raffinerie Schwechat wollen Verbund und OMV darum eine elektrolytische Wasserstoffherzeugung für die Petrochemie errichten. Ziel sei es, die CO<sub>2</sub>-Emission zu senken.

Auch im Bereich Mobilität wollen die Österreicher den Wasserstoff verstärkt nutzen. „Wasserstoff kann zweifelsohne einen Beitrag in der Mobilität leisten, um die Emissionen zu senken. Japan setzt bereits sehr deutlich auf diese Energie“, sagt OMV-



**Wasserstoff-Tankstelle von OMV:** Im Bereich Mobilität will Österreich Wasserstoff vermehrt nutzen.

Chef Rainer Seele. „Wir bereiten uns vor, gemeinsam mit der Autoindustrie eine Alternative bieten zu können.“

Verbund-Chef Anzengruber ist hingegen vorsichtiger. „Ich sehe Wasserstoff noch nicht im Individualverkehr. Die Autoindustrie stellt sich gerade auf die Elektromobilität um und konzentriert sich noch weniger auf Wasserstoff“, sagt er. Zudem fehle die flächendeckende Versorgungsinfrastruktur. Die ließe sich nicht in wenigen Jahren errichten. „Noch ist Wasserstoff sehr viel teurer als Elektromobilität.“

### Grüner Stahl in Linz

In Linz bauen der Stahlkonzern Voestalpine, Verbund und Siemens eine Pilotanlage zur kohlendioxidfreien Wasserstoffherstellung in der Stahlproduktion. Mit der 18 Millionen Euro teuren Anlage, die von der EU mit zwölf Millionen Euro gefördert wird, soll der Einsatz von Wasserstoff für die Stahlerzeugung erprobt werden.

Denn bislang ist Voestalpine der Konzern mit den höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Österreich. Wasserstoff soll einen stückweisen Abschied von der Kohle ermöglichen. „Unsere Pilotanlage zusammen mit Siemens bei der Voestalpine wird gegen Ende des Jahres den Betrieb aufnehmen“, sagt Verbund-Chef Anzengruber.

Laut Verbund ist die Linzer Anlage das größte Pilotprojekt dieser Art in Europa. Es wird zu zwei Dritteln von der Europäischen Union gefördert. „Unser Ansatz kann einen wesentlichen Beitrag für den Klimaschutz leisten“, ist sich Anzengruber sicher. Das Elektrolyseverfahren habe den Vorteil, den grünen Wasserstoff vor Ort produzieren zu können. Daher würden Transportkosten wegfallen.

In Zukunft soll es mehr solcher Projekte geben. „Wir wollen mit anderen Unternehmen beim Thema Wasserstoff noch stärker kooperieren. Wir konzentrieren uns auf die Verwendung in der Industrie und bis zu einem gewissen Grad in der Mobilität und in der Speicherung“, kündigt Anzengruber an. Derzeit führt der Verbund nach eigenen Angaben Gespräche über mögliche Kooperationen beim Thema Wasserstoff mit Unternehmen beispielsweise aus der Chemie- und Zementindustrie.

Auch die Politik will den Umbau Österreichs zur Wasserstoff-Nation fördern. Bundeskanzler Sebastian Kurz (ÖVP) hatte das Thema zuletzt im österreichischen Wahlkampf auf die Agenda gesetzt. Sein Ziel ist es, Österreich zum Wasserstoff-Zentrum Europas zu machen. Bei einem Besuch beim Autozulieferer Magna in Graz betonte er: „Wasserstoff ist eine große Chance für Österreich.“

Magna-Chef Günther Apfalter präsentiert Kurz den Prototyp eines Wasserstoff-Autos. „Schon jetzt zeigen österreichische Unternehmen, wie man Wasserstofftechnologien in der Mobilität einsetzen kann, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren“, schwärmte Kurz, der den Klimaschutz als politisches Thema stärker besetzen will.

Der Verbund-Chef freut sich über die politische Aufmerksamkeit. „Es ist grundsätzlich gut, dass das Thema grüner Wasserstoff aufgegriffen wird, und Österreich das Wasserstoff-Zentrum Europas werden soll - auch wenn Deutschland das Gleiche sagt. Man braucht ehrgeizige Ziele“, sagt Anzengruber. Europa habe beim Wasserstoff eine große Chance, nachdem die USA das Thema bisher eher verschlafen hätten. Daher sei es richtig, wenn Österreich und Deutschland darauf einen Schwerpunkt legen.



**Wasserstoff ist nicht allein selig machend, doch es ist ein wichtiges Bindeglied auf dem Weg zu einem ganzheitlich erneuerbaren Energiesystem.**

**Wolfgang Anzengruber**  
Vorstandsvorsitzender der Verbund AG

Stromkonzerne wie Verbund, der als börsennotiertes Unternehmen mehrheitlich in Staatsbesitz ist, setzen stark auf die Unterstützung der neuen Regierung. „Wenn man die Wasserstoff-Technologie beschleunigen will, wird der Staat um Förderungen nicht herumkommen“, sagt Anzengruber. Die Energiezukunft werde teurer. Es sei nur die Frage wie teuer. Damit sich Unternehmen und Bürger anpassen können, müsse der Staat die richtigen Voraussetzungen schaffen.

### Blick nach Deutschland

Hier beobachtet Österreich gerade die deutsche Energiepolitik mit großer Aufmerksamkeit. „In der Wasserkraft sind wir stark, doch wir müssen sie weiter ausbauen. Aber um das Ziel zu erreichen, werden wir künftig auch stark in Photovoltaik investieren. Österreich hat hier im Vergleich zu Deutschland noch Nachholbedarf. Das liegt auch an der bisherigen Förderpolitik“, ist Anzengruber überzeugt.

Österreich hat zwar bereits ein Gesetz für erneuerbare Energien auf den Weg gebracht. Doch seine Verabschiedung verzögerte sich zuletzt durch den Regierungswechsel. Marktteilnehmer gehen davon aus, dass die Umsetzung des neuen Gesetzes erst Mitte 2020 erfolgen wird.

Anzengruber geht das Gesetz außerdem nicht weit genug. Eines der größten Hindernisse für grünen Wasserstoff sieht er in dem niedrigen CO<sub>2</sub>-Preis. Hier setzt der Verbund-CEO auf die Politik. Statt einer CO<sub>2</sub>-Steuer, plädiert er für einen sukzessiv ansteigenden CO<sub>2</sub>-Preis. „Unser Vorschlag ist ein CO<sub>2</sub>-Mindestpreis, der jährlich steigt.“ Der CO<sub>2</sub>-Preis könne dann beispielsweise bei 30 Euro pro Tonne beginnen und sich jährlich um rund fünf Euro steigern. „Wenn der Zertifikatspreis den Mindestpreis irgendwann schneidet, dann ist der Mindestpreis weg“, sagt der Chef des Energieunternehmens. „Aus unserer Sicht soll der EU-Zertifikatshandel weiterhin das zentrale Instrument der CO<sub>2</sub>-Bepreisung sein.“

### Strompreis muss steigen

Der Konzernchef schlägt vor, den Zertifikatshandel deutlich auszuweiten. Derzeit sind mit Energie und Industrie zwei Branchen für 40 Prozent der Emissionen verantwortlich. Künftig solle der Zertifikatshandel auch auf Branchen wie Mobilität und Gebäude mit ihrer Wärme- und Kälte-technik erweitert werden. Die Einnahmen daraus könnten in Form von Förderungen und Investitionen in Forschung und Entwicklung in der Industrie fließen.

Außerdem müsse der Strompreis deutlich steigen. Als Zahl nennt der Konzern 60 Euro pro Megawattstunde, damit Investitionen in Erneuerbare wirtschaftlich machbar seien. Das wäre eine Preissteigerung um 50 Prozent. Der Meinungsumschwung gerade in der jungen Generation helfe der Branche.

„Wir haben nicht mehr viel Zeit. Zehn Jahre sind in der Energiewirtschaft nicht viel, um komplett auf erneuerbaren Strom umzusteuern und die Versorgungssicherheit dabei weiterhin zu garantieren“, warnt der Strommanager.

Investieren in Wasserstoff

# Die grüne Brennstoffzelle fürs Depot

Eine der vielversprechendsten Alternativen zu fossilen Energieträgern ist Wasserstoff. Der wird als klimaneutraler Energieträger immer wichtiger – auch für Investoren.

Kevin Knitterscheidt



DigitalVision/Getty Images

**D**as Schauspiel wiederholt sich jeden Freitag. Tausende Schüler demonstrieren seit Monaten auf der ganzen Welt gegen die vom Menschen gemachte Erwärmung des Klimas. Herstellern von grünem Wasserstoff und von Brennstoffzellen, in denen das klimaneutrale Gas zu Strom umgewandelt

wird, spielt die Entwicklung in die Hände. Auch Anleger können von diesem Trend profitieren.

Wasserstoff wird als klimaneutraler Energieträger immer wichtiger: Er kann einerseits in komprimierter Form große Mengen Energie speichern, die sich dann anstelle von Öl oder Benzin als Treibstoff

nutzen lassen. Gleichzeitig kann Wasserstoff beispielsweise in der Stahlindustrie auch Kohle ersetzen.

Experten wie Analyst Karsten von Blumenthal vom Analysehaus First Berlin rechnen damit, dass dem Gas eine große Zukunft bevorsteht. „Wasserstoff ist ein echter Allrounder“, sagt von Blumenthal

dem Handelsblatt. „Die Perspektiven des Rohstoffs für die kommenden Jahrzehnte sind hervorragend.“

Viele der für eine Wasserstoffwirtschaft notwendigen Technologien sind bereits seit vielen Jahren ausgereift. Zum Beispiel die Brennstoffzelle für Pkws. In Japan sind inzwischen auch Brennstoffzellen zur Beheizung von Gebäuden üblich.

Anleger haben die Möglichkeit, direkt in die Aktien von reinen Brennstoffzellenherstellern zu investieren - beispielsweise in das kanadische Unternehmen Ballard Power oder den Konkurrenten ITM Power aus Großbritannien. Seit Jahresanfang haben sie ihren Investoren Traumrenditen von teilweise mehr als 100 Prozent eingefahren.

Fonds, die sich auf Brennstoffzellen spezialisieren, gibt es dagegen kaum, da auch die Zahl der Aktiengesellschaften überschaubar ist. Wasserstoff-Aktien werden allerdings durch Fonds abgedeckt, die allgemein in erneuerbare Energien investieren. Beispielsweise der „DNB Fund - Renewable Energy“, dem in den vergangenen drei Jahren eine Performance von über 26 Prozent gelang.

Dass bei der Technologie ein Investment in Einzelwerte nicht ohne Risiko ist, muss-

ten die Anleger des norwegischen Herstellers Nel erleben: Nachdem im Heimatmarkt Norwegen vor einigen Wochen eine Tankstelle mit Technik des Unternehmens explodiert war, brach der Kurs innerhalb weniger Tage um rund 50 Prozent ein.

Kurzfristig orientierten Anlegern rät von Blumenthal daher zur Vorsicht. „Es ist ein interessantes Investment, derzeit ist aber auch viel Hype in dem Thema.“ Viele der positiven Erwartungen seien bereits in die Kurse der Unternehmen eingepreist. „Die hohen Erwartungen der Anleger sind dabei aber auch realistisch“, sagt von Blumenthal.

Denn das Potenzial der Hersteller von Brennstoffzellen ist immens. Schon im kommenden Jahr, so schätzt der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA), dürfte das Umsatzvolumen im Markt für Brennstoffzellen in Deutschland bei rund zwei Milliarden Euro liegen. Im Vergleich zu 2017 wäre das eine Verzehnfachung innerhalb nur weniger Jahre. Langfristig dürfte das Volumen noch einmal deutlich weiter ansteigen.

Als wichtigen Treiber für diese Entwicklung sieht Analyst von Blumenthal vor allem die steigenden Preise für CO<sub>2</sub>-Zertifikate im Rahmen des europäischen Emissi-

onsrechtehandels. „Der Preis für eine Tonne CO<sub>2</sub> ist in den vergangenen Jahren von fünf auf zwischenzeitlich fast 30 Euro gestiegen“, so der Experte. Das mache Wasserstoff trotz der im Vergleich zu fossilen Energieträgern höheren Erzeugungskosten zunehmend attraktiv.

Ein Kundenkreis, der gerade erst entsteht, sind die Stahlhersteller dieser Welt. Firmen wie Thyssen-Krupp oder Arcelor-Mittal setzen große Hoffnungen darin, klimaschädliche Energieträger wie Kohle und Erdgas durch Wasserstoff zu ersetzen. Für die Mengen Stahl, die in Deutschland erzeugt werden, bräuchte es viele Hunderttausend Tonnen Wasserstoff - die mithilfe von erneuerbaren Energien erst erzeugt werden müssen.

### Möglicher Energiespeicher

Vor allem die Hersteller von Elektrolyseuren, mit denen sich das Gas aus Strom und Wasser erzeugen lässt, haben deshalb derzeit Hochkonjunktur. Zu ihnen zählen große Industriekonzerne wie Siemens, die beispielsweise mit dem österreichischen Stahlhersteller Voestalpine aktuell an einem entsprechenden Projekt in Linz forschen.

Aber auch Start-ups wie Sunfire, die derzeit bereits eine Elektrolyse-Anlage in Salzgitter betreiben. Einige dieser Anlagen eignen sich auch, um den Wasserstoff hinterher wieder in Strom umzuwandeln - was das Gas nicht nur als Energieträger, sondern auch als Energiespeicher attraktiv macht.

Berthold Hannes, der Energieunternehmen berät, sieht in der Elektrolyse eine wichtige Technologie auf dem Weg hin zur klimaneutralen Gesellschaft. „Neben Anwendungen in der Industrie und im Verkehr ist Wasserstoff als Energiespeicher in Kombination mit etwa Windkraftanlagen hochinteressant“, sagt der Berater. „Mittels Elektrolyse kann Überschussenergie in Form von Wasserstoff gespeichert werden, um sie in windstillen Phasen wieder abzugeben.“

Je häufiger solche Elektrolyseure zur Stromspeicherung genutzt werden, desto interessanter wird auch Wasserstoff als Energieträger. Denn bislang sind es vor allem die hohen Kosten der Erzeugung, die viele Unternehmen noch davon abhalten, Wasserstoff in der Praxis einzusetzen.

So bräuchte etwa allein der Stahlhersteller Salzgitter bis zu 19,2 Terawattstunden Strom pro Jahr, um seine Produktion komplett von Kohle auf Wasserstoff umzustellen - das entspräche im Moment mehr als 3,5 Prozent des gesamten Strombedarfs in Deutschland.



**Gründer Nils Aldag:** Sein Start-up Sunfire gehört zu Profiteuren des Wasserstoff-Booms.

Das Wichtigste zum Thema Wasserstoff

# Unsere Antworten auf Ihre Fragen

Wasserstoff sehen viele als Antriebstechnologie der Zukunft. Wir haben Handelsblatt-Leser gefragt, was sie darüber wissen möchten. Unsere Experten antworten.

Kevin Knitterscheidt, Martin Kölling



**Brennstoffzellen-Montage:** Nicht in jeder Branche funktioniert der Einsatz von Wasserstoff gleich gut.

**O**b als Antrieb für Elektroautos, im Zugverkehr oder auch in der Gebäudeheiztechnik: Der Wasserstoffantrieb und die Brennstoffzelle als Energielieferanten werden aktuell viel diskutiert - auch unter Handelsblatt-Lesern und in unserer Social-Media-Community.

Wir haben uns daher in unserer Instagram-Story nach Ihren Fragen erkundigt. Unternehmensredakteur Kevin Knitterscheidt berichtet für das Handelsblatt über die Stahlindustrie, in der Hersteller von Kohle auf Wasserstoff umsteigen möchten, um CO<sub>2</sub> einzusparen. Martin Kölling ist Korrespondent für das Handelsblatt in Asien, wo in der Brennstoffzellenproduktion führende Unternehmen wie Hyundai sitzen. Die beiden geben zehn Antworten.

### **Leserfrage: In welchem Wirtschaftsbereich sehen Sie das größte Potenzial für Wasserstoff?**

**Kevin Knitterscheidt:** Eine aktuelle Studie von der Beratungsgesellschaft BCG kommt zu dem Schluss, dass Wasserstoff nicht für alle Anwendungen gleich gut funktioniert. Besonders geeignet sind demnach Wasserstoffanwendungen in Industriebetrieben wie bei der Stahlherstellung oder im Schwerlastverkehr, zum Beispiel für Schiffe oder im Lkw-Transport.

**Martin Kölling:** Die Transportindustrie ist ein wichtiger Bereich. Das größte Potenzial sehe ich dabei in Nutzfahrzeugen, die heute noch mit Diesel fahren. Besonders der Schwerlastverkehr könnte profitieren. Ein weiterer Einsatzbereich sind in Japan schon heute Brennstoffzellen für Eigenheime, die Heißwasser und Strom liefern. Ansonsten ist Wasserstoff notwendig, um fossile Brennstoffe in der verarbeitenden Industrie und vor allem Stahlwerken klimafreundlich zu ersetzen. Japans drei große Stahlkonzerne arbeiten schon an Verfahren, Hochöfen auf Wasserstoff umzustellen. Kurz gesagt: Wasserstoff ist neben erneuerbaren Energien unentbehrlich, um die Kohlendioxidemission zu senken.

### **Welche Nachteile hat Wasserstoff?**

**Kevin Knitterscheidt:** Ein großer Nachteil von Wasserstoff ist, dass große Energiemengen benötigt werden, wenn man ihn ohne CO<sub>2</sub> herstellen möchte. Wandelt man Strom zu Wasserstoff um, bleibt dabei ein großer Teil der Energie erhalten - nämlich bis zu 90 Prozent, je nach verwendeter Methode. Problematisch wird es erst, wenn man den Wasserstoff wieder in

Strom umwandeln will, beispielsweise, um damit ein Elektroauto zu betreiben. Dann gehen große Teile der gespeicherten Energie verloren. Der Wirkungsgrad beträgt dabei etwa 30 Prozent.

### **Ist der Einsatz von Wasserstoff für E-Autos angesichts des Gesamtwirkungsgrads sinnvoll?**

**Martin Kölling:** Ja, auf jeden Fall. Auf den ersten Blick haben Elektroautos vielleicht einen höheren Wirkungsgrad. Aber der Maßstab sollte nicht nur der Wirkungsgrad sein, sondern vor allem die Senkung von Kohlendioxidemissionen. Bei einer Gesamtbeurteilung inklusive der Stromerzeugung sinkt der Vorsprung von Elektroautos - besonders in Ländern wie Deutschland und Japan, in denen viel Kohle verstromt wird. Die Diskussion sollte daher nicht dogmatisch geführt werden: Es geht nicht um ein Entweder-oder, sondern um ein Sowohl-als-auch. Denn was wir angesichts des Klimawandels brauchen, sind Angriffe auf die Kohlendioxidemissionen an allen Fronten.

### **Wie sieht es bezüglich der Explosionsgefahr aus? Wie häufig sind Unfälle beim Umgang mit Wasserstoff?**

**Kevin Knitterscheidt:** Wasserstoff ist tatsächlich ein sehr explosives Gas. Allerdings muss der Wasserstoffanteil in der Luft für eine Explosion mehr als vier Prozent betragen. Weil das Gas sehr flüchtig ist, ist es sehr unwahrscheinlich, dass dieser Wert erreicht wird. Die Wasserstoff-Explosion in Norwegen vor einiger Zeit ist auf einen Montagefehler zurückzuführen. Wasserstoff hatte sich dort tatsächlich in kleinen Mengen gesammelt und ist dann entzündet worden. Woran das gelegen hat, weiß man noch nicht.

### **Wie lange wird es dauern, bis sich das Wasserstoffauto durchsetzen wird?**

**Martin Kölling:** Durchsetzen ist in diesem Fall ein relativer Begriff. Die Autohersteller setzen derzeit auf Elektroautos. Daher werden zuerst Hybrid- und Elektroantriebe boomen. Mitte bis Ende der 2020er-Jahre sollten dann aber vermehrt Brennstoffzellenfahrzeuge im Straßenbild auftauchen. Letztlich werden die unterschiedlichen Antriebsarten noch lange nebeneinander existieren. Wie groß der Anteil an Brennstoffzellenautos längerfristig wird, dürfte sehr stark von gesetzlichen Vorgaben und industriepolitischen Strategien der einzelnen Regierungen abhängen. In Japan, Korea und jüngst auch in China setzen die Re-

gierungen große Erwartungen in eine Wasserstoffwirtschaft, die weit über die Autoindustrie hinausgeht.

### **Haben die deutschen Hersteller einen Vorsprung bei Wasserstoffautos, zum Beispiel Mercedes?**

**Martin Kölling:** BMW und Mercedes waren tatsächlich jahrelang vorn in der Forschung dabei. Aber inzwischen sind die Japaner und Südkoreaner weiter, wenigstens wenn es um die Anwendung der Technik im Alltag geht. Sie verkaufen teilweise bereits eine zweite Generation von Brennstoffzellenfahrzeugen.

### **Wie beurteilen Sie den Forschungsstand der Koreaner?**

**Martin Kölling:** Hyundai Motor gehört zweifelsohne zur technologischen Spitzengruppe. Darüber hinaus hat das Unternehmen auch bereits einen klaren Investitionsplan: Bis 2030 will es seine Brennstoffzellenproduktion auf jährlich 700 000 Stück erhöhen. Aber Hyundai ist nicht allein: Die Japaner Toyota und Honda pushen ebenfalls Brennstoffzellenfahrzeuge. Nur reden sie nicht so laut über ihre langfristigen Pläne. Fakt ist jedoch, dass Toyota seine Brennstoffzellenproduktion kurzfristig sogar noch stärker erhöhen will als Hyundai.

### **Sind die Konzerne bei ihrer Wasserstoff-Strategie auf externe Anbieter angewiesen?**

**Kevin Knitterscheidt:** Um Wasserstoff zu nutzen, sind die Hersteller, zum Beispiel in der Stahlbranche, heute auf Kooperationen mit den Herstellern von Wasserstoff angewiesen. Schwierig ist vor allem die Erzeugung von Wasserstoff. Das passiert häufig direkt an der Industrieanlage, um Transportkosten einzusparen, was beim Wasserstoff auch nicht ganz so einfach ist.

### **Fördert die deutsche Regierung Wasserstoff oder Projekte?**

**Kevin Knitterscheidt:** Auch die Bundesregierung hat das Thema Wasserstoff für sich entdeckt. So hat zum Beispiel die Forschungsministerin angekündigt, bis Ende des Jahres einen Wasserstoff-Fahrplan für Deutschland zu entwickeln. Ansonsten gibt es auch Initiativen der Bundesländer. Zum Beispiel hat Nordrhein-Westfalen auch schon so einen Wasserstoff-Fahrplan ausgearbeitet und verfolgt ihn Stück für Stück.