

Mit Wasserstoff heizen – Mercure Hotel MOA Berlin startet in CO₂-freie Heizsaison

Heizen und dabei CO₂ sparen – was wie eine Utopie klingt, ist schon heute Realität. Wie das gelingt, zeigen das Hotel MOA Berlin und das Berliner Technologieunternehmen Graforce, ein Spezialist für nachhaltige und wirtschaftliche Wasserstoff-Technologien. Denn mithilfe des von Graforce entwickelten Methan-Plasmalyse-Verfahrens erzeugt das MOA Berlin seine Wärme nicht nur emissionsfrei, sondern kann der Luft CO₂ entziehen. Als erstes Hotel weltweit schafft das MOA auf diese Weise eine negative CO₂-Bilanz bei der Wärmeerzeugung. Ein Konzept, das 2020 beim Innovationspreis der Deutschen Gaswirtschaft durchgesetzt hat. In Kürze ist das neue Heizsystem installiert und das MOA Berlin kann in eine CO₂-freie Heizsaison starten.

Einführung

Um das im Pariser Abkommen vereinbarte 1,5-Grad-Ziel zu erreichen, muss die europäische Wirtschaft bis 2030 55 % weniger CO₂-Emissionen und bis 2050 null Emissionen erreichen. Dies gelingt nur mit einer verbesserten Energieeffizienz, weniger Nachfrage nach CO₂-intensiven Produkten und Services oder dem Einsatz von Dekarbonisierungstechnologien in allen Industriezweigen. In der Praxis ist Deutschland beim Klimaschutz wieder auf Vor-Corona-Niveau zurückgefallen und wird seine CO₂-Einsparziele dieses Jahr deutlich verfehlen. Dies zeigt die vor kurzem von Agora Energiewende veröffentlichte Abschätzung zur Klimabilanz 2021. Ein schlechtes Ergebnis weisen demnach unter anderem die Industrie, Gebäude und Verkehr auf. Wasserstoff kann in allen drei Bereichen und insbesondere bei der Verkehrs- und Wärmeerzeugung eine Schlüsselrolle einnehmen (Bild 1).

Dementsprechend hat die Bundesregierung 2020 eine Nationale Wasserstoffstrategie (NWS) verabschiedet, die die Basis für die künftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und Weiterverwendung von Wasserstoff und damit für entsprechende Innovationen und Investitionen bildet. Sie setzt auf die Verwendung von grünem Wasserstoff. Doch die Energiewende lässt sich nicht mit grünem Wasserstoff realisieren, der notfalls aus Südamerika importiert werden soll. Wohl aber indem Erdgas nicht verbrannt, sondern in Wasserstoff umgewandelt wird.

Emissionsfreie Wasserstoff-erzeugung aus Gas

Erdgas bzw. Methan ist eine der Hauptenergiequellen in Deutschland. Beim Verbrennen von Methan entstehen jedoch große Mengen klimaschädlicher Treibhausgase. Um die Klimaziele zu erreichen,

muss der Ausstoß von CO₂ nicht nur verringert, sondern Energie komplett CO₂-frei erzeugt werden.

Wasserstoff aus Erdgas oder Biogas leistet einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung der Energiewirtschaft und ist der Schlüssel zur Wärmewende: Im Methan-Plasmalyse-Verfahren wird aus Solar- oder Windenergie ein hochfrequentes Spannungsfeld erzeugt und Methan in seine molekularen Komponenten Wasserstoff (H₂) und Kohlenstoff (C) aufgespalten. Aus 4 kg Methan und 10 kWh Strom entstehen 1 kg Wasserstoff und 3 kg elementarer Kohlenstoff.

Der Wasserstoff kann dann in Wasserstoff-BHKWs oder SOFC-Brennstoffzellen direkt für die CO₂-freie Wärme- und Stromgewinnung genutzt werden. Industrieunternehmen, Einkaufszentren, Stadtquartiere oder eben Hotels können dadurch ihre CO₂-Minderungsziele erreichen, den Anforderungen ihrer Stakeholder gerecht werden und Kosten senken.

HYDROGEN IS KEY FOR A CARBON-NEUTRAL FUTURE 2030 CO₂ REDUCTION TARGETS BY SECTORS IN GERMANY

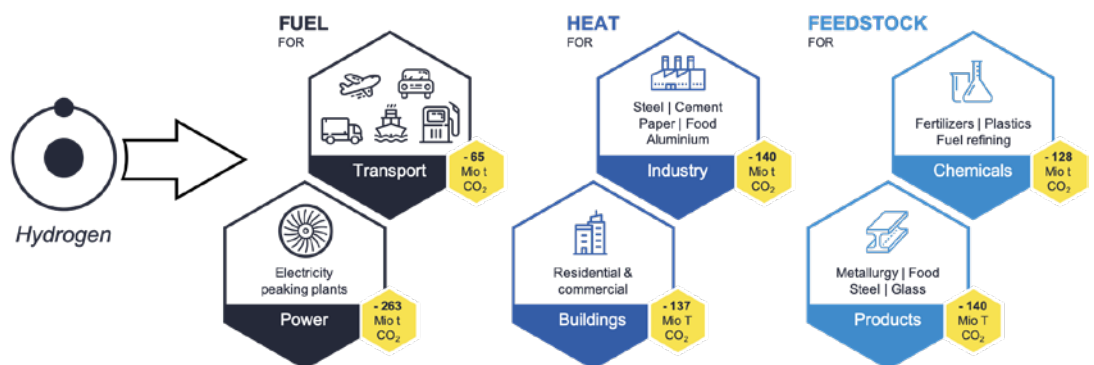


Bild 1: CO₂-Reduktionsziele und H₂-Potenzial Sektoren

<https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/>

Der elementare Kohlenstoff – auch Carbon Black genannt – ist ein wertvoller Rohstoff, der in Farben und Keramiken, der Elektroindustrie oder, wie im Fall des MOA Berlin, zur Herstellung von Asphalt verwendet wird. Somit wird das CO₂ nicht mehr frei, sondern dauerhaft in Produkten gebunden (**Bild 2**). Damit bietet Graforce erstmals eine marktreife Technologie zur CO₂-Reduktion und eine echte Alternative zum umstrittenen Carbon Capture Storage (CCS). Die Methan-Plasmanalyse ist mit Strom aus erneuerbaren Energien ebenso klimafreundlich wie die Elektrolyse – aber zu deutlich niedrigeren Kosten. Sie spart dabei 75 % mehr elektrische Energie als das herkömmliche Elektrolyse-Verfahren ein. Verwendet man den Eigenstrom vom Wasserstoff-BHKW oder einer SOFC-Brennstoffzelle für die Methan-Plasmanalyse, dann kann das externe Stromnetz komplett entlastet werden.

Mercure Hotel MOA Berlin startet in CO₂-freie Heizsaison

Bereits im November 2020 überzeugte dieses effiziente Energiekonzept die Jury



Bild 2: Dr. Jens Hanke, Gründer und CTO der Graforce, zeigt den elementaren Kohlenstoff „Carbon Black“ - die Menge entspricht dem CO₂, das bei einer Sekunde Duschen entsteht.

des Innovationspreises der Deutschen Gaswirtschaft: MOAH₂eat – vor allem weil der Wärmebedarf eines Hotels nicht nur emissionsfrei, sondern sogar mit negativer CO₂-Bilanz erzeugt werden kann.

Mit Beginn der neuen Heizsaison nutzt das MOA Berlin, ein Design- und

Konferenzhotel der Mercure-Gruppe mit 336 Zimmern und über 40 Konferenzräume auf der Etagen, das neue Energiekonzept (**Bild 3** und **4**). Bisher verwendete das MOA Berlin fünf Erdgas-Heizkessel mit einer Wärmeleistung von je 314 kW. Sie haben jährlich für einen CO₂-Ausstoß von bis zu 800 t gesorgt.

EFFIZIENT SCHON HEUTE. KLIMANEUTRAL MORGEN.

Jedes heute von 2G installierte Erdgas-BHKW kann morgen für den Betrieb mit Wasserstoff umgerüstet werden. Warten lohnt sich nicht.



WASSERSTOFF

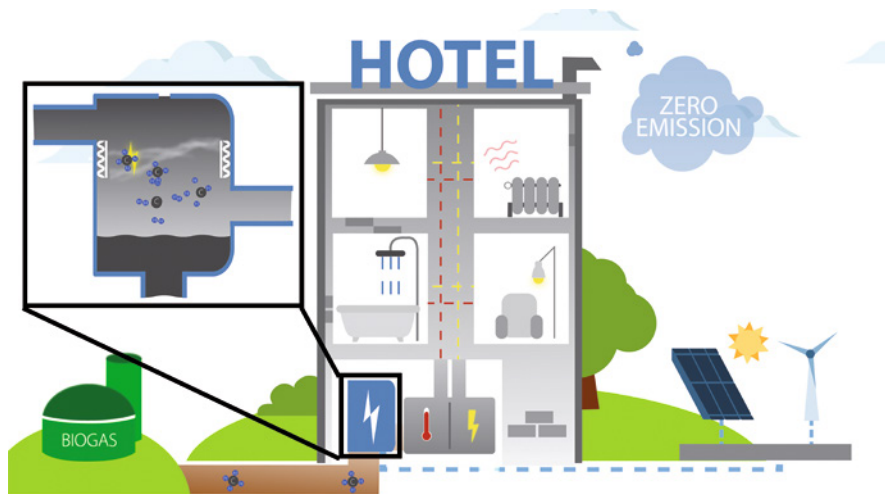


Bild 3 und 4: Das neue Energiekonzept des Mercure Hotel MOA Berlin

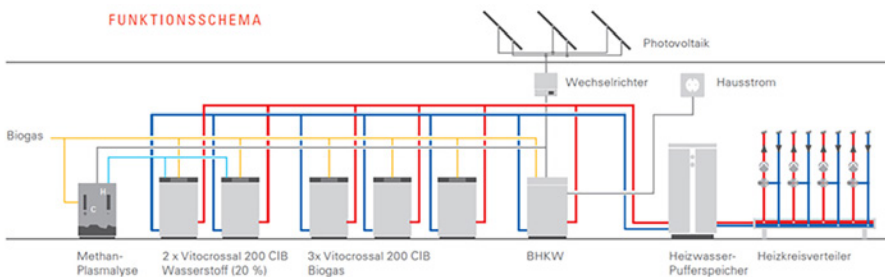


Bild 5: Funktionsschema des neuen Heizsystems

Quelle: Viessmann

sen seine Wärme mittels Methan-Plasmyse und Wasserstoff-BHKW CO₂-frei heizen und Strom erzeugen.

Im MOA werden zunächst zwei der fünf Viessmann-Heizkessel mit einem Gemisch aus Erdgas und bis zu 20 % des selbst erzeugten Wasserstoffs betrieben. Auf diese Weise sinkt der CO₂-Ausstoß mit reinem Erdgas um etwa 7 %. Künftig sollen alle Kessel allein mit Wasserstoff laufen – und damit den CO₂-Ausstoß auf null senken. Möglich ist dieser Betrieb neben dem Methan-Plasmyse-Verfahren mit einem Gasmisch durch die Verbrennungsregelung „Lambda Pro Control“ von Viessmann. Sie misst den Ionisationsstrom direkt in der Flamme. Dieser gibt Auskunft über die Verbrennungsgüte und erlaubt eine optimale Adaption des Brennerbetriebs mit einer effizienten und emissionsarmen Verbrennung. Die Regelung passt den Kessel laut Hersteller automatisch an unterschiedliche Gasarten ohne Einbußen an (**Bild 5**).

Laut Johannes Rohde, Geschäftsführer des Mercure Hotels MOA Berlin, kann durch die Neugestaltung des Heizsystems

zukünftig jeder Gast durch seinen Aufenthalt der Atmosphäre CO₂ entziehen. Somit hinterlassen die Gäste nach jeder Übernachtung die Welt etwas grüner.

Zusammenfassung

Biogas oder nachhaltig verarbeitetes Erdgas leisten einen wichtigen Beitrag zur Wärmewende: So tragen innovative Negativ-Emissions-Technologien wie die Plasmyse dazu bei, die definierten Klimaziele zu erreichen.

Das Projekt zeigt, dass auch Klimaschutz, der im Kleinen beginnt, Großes bewirken kann: Die Gäste im MOA Hotel entscheiden zukünftig beim Check-in, ob ihr Zimmer mit Wasserstoff aus Erdgas oder Biogas geheizt wird – und ob sie damit aktiv dazu beitragen, der Atmosphäre bis zu 800 t CO₂ pro Jahr zu entziehen.

Und das Konzept skaliert: So wird Mitte 2022 ein ganzes Stadtquartier in Sach-

Autor:

Dr. Jens Hanke

Gründer und CTO der Graforce GmbH

Wasserstofflösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette

Um den Herausforderungen der Energiewende begegnen zu können, wird die Nutzung von (grünem) Wasserstoff von großer Bedeutung sein. Dieser wird in Elektrolyseuren erzeugt und anschließend transportiert sowie in industriellen Prozessen oder als Energiespeicher verwendet. Damit dies jedoch möglich ist, muss der Wasserstoff mittels Kompressoren verdichtet werden.

Die Neuman & Esser Group bietet neben den Kompressoranlagen zur Verdichtung von Wasserstoff auch weitere Produkte und Dienstleistungen an, die ihren Kunden Komplettlösungen für Wasserstoff aufzeigen. So entwickelt Alternative Energy Driven Solutions (AEDS), an der NEA zu 50 % beteiligt ist, nachhaltige Mobilitäts- und Logistikkonzepte auf Basis des Energieträgers Wasserstoff. Dabei bringt das Start-Up seine Kompetenzen in den Bereichen H₂-Infrastrukturentwicklung, Entwicklung von Brennstoffzellen-Systemen und strategische Beratung ein. Kunden von AEDS sind daher Energieversorger, Logistikunternehmen, Flottenbetreiber, Tankstellen, Städte und Gemeinden sowie Verkehrsbetriebe, die unter anderem an der Integration von Brennstoffzellentechnologie in ihren kommunalen Fuhrpark interessiert sind.

Durch die Firma Arcanum Energy Systems GmbH & Co. KG bietet die NEA Group Energieversorgungsunternehmen,

Landwirten und Kommunen individuelle Geschäftsmodelle und Lösungen im Bereich Erneuerbare Energien wie Biogas, Biomethan und Power-to-X, insbesondere Wasserstoff, an. Zum Repertoire des Unternehmens, mit Sitz in Unna, gehören unter anderem die Standortsuche und die Technologieberatung. Zudem übernimmt Arcanum die Genehmigung, Umsetzung, Inbetriebnahme und den gesamten Service von Anlagen zur Erzeugung von Biomethan zum Einspeisen ins Gasnetz bzw. zur Einspeisung des erzeugten Stromes ins Netz an. Das Unternehmen managt weiterhin Biogas-Pools, einen Zusammenschluss von Stadtwerken und Betreibern von Biogasanlagen, um Biomethan umweltschonend in Blockheizkraftwerken für die Strom- und Wärmeproduktion zu verwerten.

Mit der Gründung von Nea Green hat die NEA ein Unternehmen mit einem klaren Fokus auf Produkte und Dienstleistungen für den aufstrebenden Wasserstoff und Grüne Gase Markt etabliert. Das Ziel des Unternehmens ist es, Kunden bei der Dekarbonisierung ihrer Energie- oder Industriesysteme und dezentralen Anwendungen zu unterstützen. Ein wichtiger Teil des Produktportfolios konzentriert sich auf die intelligente, sichere sowie effiziente Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff.

Bei der H₂-Erzeugung und -Nutzung müssen viele Komponenten optimal mit-

geplant und auf Basis einer Gesamtbeurteilung ausgelegt werden. Dies gilt z. B. für Wasserstofftankstellen (HRS) oder die Speicherung, den Transport und die Veredelung des Grünen Gases zu nachhaltigen Kraftstoffen. Es muss sichergestellt werden, dass solche Zukunftstechnologien nicht nur zuverlässig funktionieren, sondern auch ihre Kosten überschaubar und planbar bleiben. Deshalb ist es wichtig, Kunden in allen Phasen eines Projekts zu begleiten. Mit einem integrierten Lösungsportfolio bietet NEA Green Unterstützung während des gesamten Projektlebenszyklus: Von der Konzeption und Beratung, über die Planung, bis hin zum Bau und Betrieb von z. B. H₂-Erzeugungsanlagen, HRS oder Biogasanlagen und der anschließenden Vermarktung der produzierten Gase.

Produktion von Wasserstoff

Mit der Übernahme von Hytron Energy & Gas Ende 2020 ist es der Nea Group gelungen, ihr Portfolio im Bereich der Wasserstofflösungen um einen wichtigen Baustein zu erweitern. Das brasilianische Unternehmen mit Sitz in Sumaré, São Paulo, zählt zu einem der führenden Lösungsanbieter in den Bereichen Engineering und Systemintegration unter anderem für PEM und alkalische Elektrolyseure, Erdgas und Ethanol Reformer.



Bild 1: Hytron Elektrolyseur von Außen



Bild 2: Hytron Elektrolyseur von Innen

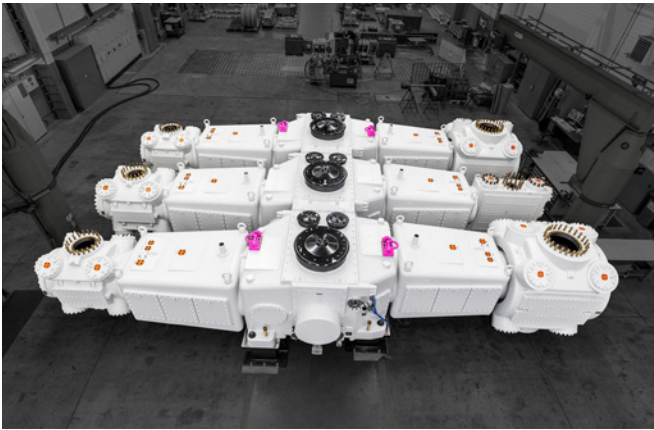


Bild 3: Sechskurbeliger NEA Kolbenkompressor liegend



Bild 4: Trocken laufender, hydraulisch angetriebener Kolbenkompressor (TKH)

Die PEM-Elektrolyseure (HyPEM) ermöglichen es, dass zwei 40 Fuß hohe ISO Container 1.000 Nm³ Wasserstoff pro Stunde (5-MW-Anlage) bei mehr als 40 bar liefern. Sie bieten eine Komplettlösung mit elektrischer Schaltanlage, Wasseraufbereitung, kompletter Anlagenbilanz und Gasreinigungssystem zur Bereitstellung von ultrareinem Wasserstoff gemäß SAE J2719 / DIN EN 17124 und darüber hinaus (**Bild 1** und **2**).

Speicherung von Wasserstoff in Kavernen

Bei der Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen kommen Kolbenkompressoren zum Einsatz. Kavernen in Salzstöcken besitzen enorme Speicherkapazitäten. Im Durchschnitt speichert eine Kaverne mit einem Durchmesser von 60 m, 330 m Höhe und 175 bar Fülldruck rund 100 Mio. Nm³ Arbeitsgas. Wenn diese Kapazität mit Wasserstoff gefüllt wird, entspricht dies einer Energiemenge von 300 GWh, die beispielsweise zum Heizen, in der Produktion, der Mobilität oder zur Rückumwandlung in Elektrizität genutzt werden kann.

Auf dem Kavernenfeld von Epe im westfälischen Gronau tragen NEA-Kolbenkompressoren seit mehr als zehn Jahren dazu bei, dass dort Erdgas ein- und gespeichert wird. Dies übernimmt ein sechskurbeliger Verdichter der Baugröße 320 mit 700 kN Stangenkraft (**Bild 3**). Gemeinsam mit dem deutschen Gas-

speicherbetreiber Trianel entwickelte NEA ein innovatives Anlagenkonzept für Verdichter für die zweite Ausbaustufe der Gasspeicherung. In der Kaverne befindet sich insgesamt ein Arbeitsgasvolumen von 240 Mio. m³.

Speicherung und Transport von Wasserstoff in Druckbehältern

Zur Speicherung und zum Transport von Wasserstoff kommt auch die Abfüllung in Druckbehältern zum Einsatz. Diese werden teilweise als Flaschenbatterien oder auf Tube Trailern transportiert. Für Anwendungen mit 250 bar Befülldruck bietet NEA zwei- bis dreistufige Trockenlauf-Kolbenkompressor (TKH) an. Wenn mehr als 300 bar Befülldruck bei Druckspeichern und Trailern gefordert ist, ermöglichen Membrankompressoren (MKZ) eine komplett gasdichte Verdichtung der Qualität 5.0. (**Bild 4**).

In Lamtakong in Thailand nutzt die Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) einen zweistufigen Membrankompressor der NEA Group. Dort hat EGAT ein Pumpspeicherkraftwerk mit einer Spitzenlast von 1.000 MW modernisiert. Wasser wird dort zur Stromerzeugung in eine 350 m unter dem Wasserspiegel eines Reservoirs gelegene Turbinen geleitet. Der erzeugte Strom wird dann in einem PEM-Elektrolyseur in Wasserstoff und Sauerstoff umgewandelt. Der dann in Flaschenbatterien ge-

speicherte grüne Wasserstoff dient einem Brennstoffzellensystem als Energieträger, um ein öffentliches Lernzentrum für Stromerzeugungs- und Speichertechnologien zu versorgen.

Wasserstoffeinspeisung

Die Versorgung mit Wasserstoff kann sowohl über eigens für den Wasserstofftransport errichtete Pipelines erfolgen, die eine enorme Transportfähigkeit mitbringen, als auch über bestehende Erdgasleitungsnetze. Viele dieser großen Erdgasleitungen haben einen Nenndruck von bis zu 100 bar und werden mit 70-85 bar betrieben. Kleinere Leitungen arbeiten häufig mit 20-30 bar. Für diese Anwendungen eignen sich Membrankompressoren und kleine zweistufige Kolbenkompressoren ganz besonders (**Bild 5**).

Zwei einstufige MKZ von Hofer sind an der Einspeisung von grünem Wasserstoff ins Erdgasnetz in der ersten Anlage der Schleswig-Holstein Netz AG in Brunsbüttel beteiligt. Der Einspeisung geht die Prüfung der Anforderungen in Bezug auf Reinheit und Feuchtigkeit voraus. Aktuell werden bis zu zehn Volumenprozent bei der Wasserstoffkonzentration gefordert. Zudem muss gewährleistet sein, dass der Heizwert des resultierenden Gasegemisches innerhalb der Pipeline der Gasspezifikation entspricht. Die Hofer-Membrankompressoren stellen in Brunsbüttel die öl-, leckage- und abriebfreie Verdichtung sicher und sorgen somit für Produktreinheit.

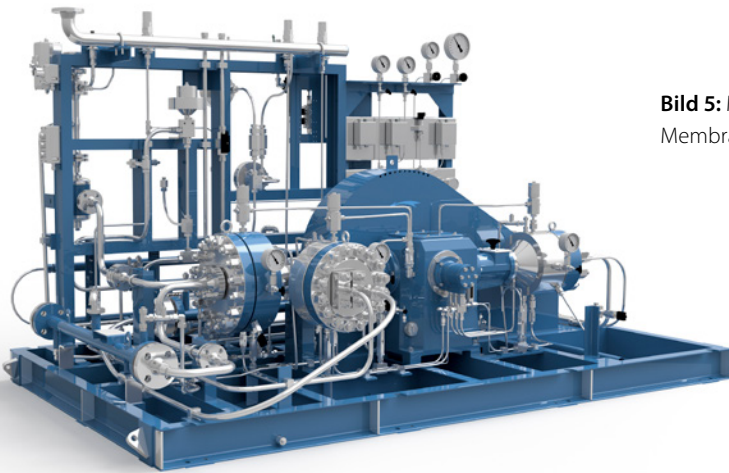


Bild 5: Mehrstufiger Membrankompressor (MKZ)

Wasserstoffnutzung in der Mobilität

An Wasserstofftankstellen sorgen Kompressoren dafür, dass Brennstoffzellenfahrzeuge betankt werden können. Denn für die Betankung ist es notwendig, dass der Wasserstoff auf Drücke von bis zu 1.000 bar verdichtet wird. PKW werden mit 700 bar, Busse und LKW mit 350 bar betankt. Dies muss ohne Gasunreinheiten und Abrasion sowie öl- und leakage-

frei erfolgen. Im Schwerlastverkehr oder bei Zügen ist der Einsatz besonders dann sinnvoll, wenn fossilbetriebene Motoren gegen H₂-Brennstoffzellen ausgetauscht werden, weil die jeweilige Streck nicht wirtschaftlich elektrifiziert werden können. Wenn also private PKW, LKW, Züge oder Schiffe betankt werden müssen, entweder 2-stufige hydraulisch angetriebene Kolbenkompressoren oder Membranverdichter eingesetzt werden.

Im Jahr 2021 hat die H₂-Mobilität, insbesondere für die H₂-Betankung von Bussen, in Europa und Asien weiter an Wachstum zugelegt. Mehrere Aufträge für die mobile Betankung von Bussen, darunter hydraulisch angetriebene Kolbenkompressoren (TKH) mit Antriebsleistungen zwischen 37 kW und 75 kW, erreichten die NEA Group in diesem Jahr. Durch ihre platzsparende Containeraufstellung sind sie flexibel einsetzbar und stehen somit für unterschiedliche Aufstellungsorte zur Verfügung. Eine Wasserstofftankstelle mit Verdichter wird bei den Olympischen Winterspielen 2022 in Peking zum Einsatz kommen.

Neumann & Esser
www.neuman-esser.de

GEDRUCKT. DIGITAL. LIVE.
FACHWISSEN MIT MEHRWERT.



SIND WIR SCHON VERXINGT?

Folgen Sie uns
auf XING,
LinkedIn
oder Twitter

VULKAN VERLAG. FÜR ALLE, DIE MEHR WISSEN WOLLEN.



XING



LinkedIn



Twitter

WEH®-H₂-Komponenten für die Fördertechnik

Fahrzeuge, die keine Emissionen wie CO₂, CO oder Stickoxide ausstoßen, sondern nur Wasserdampf und Wärme als Abfallprodukt erzeugen und darüber hinaus in drei Minuten betankt werden können sind Vorteile, die die Brennstoffzellentechnologie schon heute bietet. Aus diesem Grund gilt sie als Schlüsseltechnologie für eine emissionsfreie Zukunft. Kein Wunder, dass auch in der Fördertechnik immer mehr auf die „kalte Verbrennung“ der Brennstoffzellen gesetzt wird.

Wasserstoffbetriebene Flurförderzeuge, wie Gabelstapler, Indoor-Schlepper uvm. sind bereits weltweit im Einsatz und spielen eine immer größere Rolle in der Logistik, um u. a. den CO₂-Footprint von Unternehmensflotten zu reduzieren. Neben einem sauberen und effizienten Mehrschichtbetrieb und der Verbesserung der Arbeitsbedingungen, bieten die emissionsfreien „Arbeitstiere“ zahlreiche weitere Vorteile. Im Gegensatz zu rein batteriebetriebenen Flurförderfahrzeugen zeigen die wasserstoffbetriebenen Pendanten deutlich längere Einsatzzeiten. Darüber hinaus entfallen Batteriewechsel sowie extra dafür benötigte Batterieladestationen oder Batterieräume.

Die Betankung erfolgt einfach und schnell an der Wasserstofftankstelle (**Bild 1**). Hier kommt vor allem die WEH® Füllkupplung TK16 H₂ 35 MPa (**Bild 2**) zum Einsatz, die sich sehr gut zur Schnellbefüllung eignet. Im H₂-Gabelstapler be-



Bild 1: Betankung eines wasserstoffbetriebenen Routenzuges mit der WEH-TK16 H₂ 35 MPa

(© BMW Group)

WEH

WEH erkannte früh die Zukunft alternativer Kraftstoffe und ist heute Weltmarktführer für alternative Betankungskomponenten.

Bereits 1986 wurde das Produktprogramm um alternative Betankungskomponenten für Erdgas und Wasserstoff erweitert und die WEH GmbH Gas Technology gegründet.

WEH ist nach ISO 9001 und der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU Anhang III, Modul H zertifiziert, beschäftigt mehr als 200 Mitarbeiter und ist in über 50 Ländern international aktiv.

findet sich das Gegenstück, der WEH® Tanknippel TN1 H₂ 35 MPa. Dank der integrierten Drehdurchführung direkt am Betätigungshebel, wird die Füllkupplung einfach in die optimale Anschlussposition gebracht und auf den Tanknippel gesteckt. Durch Betätigen des Hebels wird die druckdichte Verbindung hergestellt und der Tankvorgang startet.

Nach der Betankung wandelt die Brennstoffzelle den Wasserstoff direkt im Gabelstapler in elektrische Energie um. Diese wird dann für den umweltfreundlichen Antrieb zum Fahren und für die Hydraulik des Fahrzeuges verwendet.

WEH bietet noch viele weitere Wasserstoff-Betankungskomponenten sowohl für Tankstellen als auch Fahrzeuge, wie Abreißsicherungen, Filter und Rückschlagventile und in verschiedenen Druckstufen bis zu 700 bar.



Bild 2:

WEH® Füllkupplung TK16 H₂ 35 MPa zur Betankung von Flurförderzeugen und PKWs

Kontakt:

WEH

www.weh.de/betankung-wasserstoff.html



Grüner Wasserstoff per Elektrolyse – Das REFHYNE-Projekt im Shell Energy and Chemicals Park Rheinland

Wasserstoff in Raffinerieprozessen

Wasserstoff wird heute fast ausschließlich aus fossilen Energien hergestellt. Teilweise fällt er als Nebenprodukt bei chemischen Prozessen an – zum Beispiel bei der Chlor- oder der Benzin-Herstellung; die gezielte Wasserstoffherstellung erfolgt meist durch Erdgas-Dampfreformierung, auch Steam Methane Reforming (SMR) genannt.

Die Rheinland Raffinerie verbraucht jährlich etwa 180.000 t Wasserstoff. Dieser Wasserstoff wird zur Entschwefelung (Gasöl, Naphtha) und zum Cracken (Hydrocracker) verwendet. Der Großteil des Wasserstoffs fällt als Nebenprodukt - etwa bei der Benzin-Reformierung - an; die zusätzlich benötigten Wasserstoffmengen werden durch Erdgas-Dampfreformierung hergestellt. Dieser zusätzliche Anteil von etwa 15-25 % könnte grundsätzlich durch Wasserstoff aus Elektrolyse ersetzt werden.

Schlüsseltechnologie Elektrolyse

Grüner Wasserstoff aus erneuerbaren Energien kann den CO₂-Fußabdruck der Raffinerie und ihrer Produkte reduzieren. Die Elektrolyse auf der Basis von Strom aus erneuerbaren Energien gilt als Schlüsseltechnologie zum grünen Wasserstoff. So beabsichtigt die Bundesregierung in ihrer Nationalen Wasserstoffstrategie einen Heimatmarkt für grünen Wasserstoff aufzubauen - bis 2030 mit Erzeugungskapazitäten von 5 GW sowie einer Erzeugung von rd. 3 Mio. t grünem Wasserstoff.¹

Bei der Elektrolyse wird ein Einsatzstoff, zum Beispiel Wasser, mit Hilfe von elektrischem Strom in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Kommerziell seit 100 Jahren genutzt wird die Chlor-Alkali-Elektrolyse. Dabei steht jedoch die Produkti-

on von Chlor im Vordergrund, und Wasserstoff ist nur das Nebenprodukt. Neben der alkalischen Wasserelektrolyse ist inzwischen auch die Proton-Exchange-Membran- bzw. PEM-Wasserelektrolyse eine ausgereifte Technologie.²

Die ökonomische und ökologische Attraktivität der Elektrolyse wird von der Verfügbarkeit günstigen Stroms aus erneuerbaren Energien (EE) bestimmt; sie hängt jedoch auch von weiteren Faktoren wie Energieaufwand, Umwandlungswirkungsgrad bzw. H₂-Ausbeute pro Stromeinsatz, Kapazität und Auslastung der Konversionsanlage ab. Die Wirkungsgrade von Wasser-Elektrolyseuren liegen heute je nach Verfahren bei 60-80 %.

¹ Bundesregierung, Die Nationale Wasserstoffstrategie. Schlüsselement der Energiewende, Berlin 2020.

² Shell, Shell Wasserstoffstudie. Energie der Zukunft? Nachhaltige Mobilität durch Brennstoffzelle und H₂, Hamburg/Berlin 2017, S.14-17; Ilona Dickschass, Siemens AG / Tom Smolinka, Fraunhofer ISE, Wasserelektrolyse an der Schwelle zur großskaligen Industrialisierung – Trends und Herausforderungen bis 2030, Vortrag, Berliner Energietage 2019.

Die Treibhausgasemissionen bei der Herstellung von Wasserstoff mit der Wasserelektrolyse aus EE-Strom fallen deutlich geringer aus als bei der Erdgas-Dampfreformierung. Jedoch sind die Erzeugungskosten für Elektrolyse-Wasserstoff - insbesondere durch die hohen EE-Stromkosten in Deutschland - deutlich höher.

REFHYNE am Raffineriestandort Wesseling

Als große Wasserstoffverbraucher sind Raffinerien naheliegende Standortoptionen für Elektrolyseure. Insofern macht es Sinn, einen Elektrolyseur in den Shell Energy and Chemicals Park Rheinland zu integrieren. Im Jahre 2017 gab es dazu eine FCHJU-Ausschreibung mit dem Ziel, eine Elektrolyse-Anlage in einer Raffinerie zu erproben. Shell war zusammen mit ITM, SINTEF, Sphera und Element Energy in dieser Bewerbung erfolgreich.³

Im Zeitraum 2018 bis 2021 erfolgten Planung, Genehmigung, Installation und Inbetriebnahme des Elektrolyseurs. In den ersten zwei Jahren soll die Anlage durch Studien analysiert werden, bevor sie in den Normalbetrieb übergeht. Die Gesamtinvestitionen für REFHYNE belaufen sich auf etwa 18 Mio. €, wovon die European Fuel Cell Hydrogen Joint Undertaking insgesamt 10 Mio. € zur Verfügung stellt.

Der PEM-Elektrolyseur wurde von ITM Power gebaut und wird seit Sommer von Shell betrieben. Er ist der größte seiner Art in Europa, der in industriellem Maßstab heute zum Einsatz kommt. Der Elektrolyseur hat eine Spitzenleistung von 10 MW und ist in der Lage, ungefähr 4 t Wasserstoff pro Tag bzw. 1.300 t pro Jahr zu produzieren. Im Herz der Elektrolyse arbeiten fünf Module à 2 MW, um die 10 MW-Kapazität zu erreichen. Jedes Modul besteht aus drei PEM-Stacks und ist in der Lage, Wasserstoff bis zu 20 bar Druck zu produzieren. Um diesen Kern der Elektrolyse gruppiert sind die vor- und nach-

geschalteten Anlagenteile mit der elektrischen Einbindung und der Vorbehandlung des Wassers sowie der Aufarbeitung des Wasserstoffs.

Durch REFHYNE soll eine Stabilisierung des Stromnetzes innerhalb der Raffinerie ermöglicht und auch extern zum Netzausgleich angeboten werden. Die Elektrolyse wird mit EE-Strom aus über Power Purchase Agreements (PPAs) betrieben.

Neue Märkte für grünen Wasserstoff

Grüner Wasserstoff ist ein anpassungsfähiger, flexibler Energieträger für eine Vielzahl von (neuen) Anwendungen:

Der erzeugte Wasserstoff kann in Raffinerien zur Produktveredelung eingesetzt werden. So kann der CO₂-Fußabdruck von Raffinerieprodukten wie Benzin und Diesel verringert werden. Er kann – in begrenztem Ausmaß - in heutige Gasnetze und Gasspeicher beigemischt bzw. eingespeist werden.

Der Wasserstoff aus der REFHYNE-Anlage wird mit dem Reinheitsgrad 5.0 die Anforderungen von Brennstoffzellen erfüllen. Er kann z. B. die Versorgung der fast 50 Brennstoffzellen-Busse der Regionalverkehr Köln GmbH (RVK) sicherstellen. Darüber hinaus kann er in das Tankstellennetz von H2Mobility geliefert werden – wie künftig zur Wasserstoff-tankstelle in Wesseling unmittelbar vor dem Werksgelände.

Wasserstoff kann in der Stahlindustrie als Reduktionsmittel eingesetzt werden, dazu sind jedoch Umstellungen in den Produktionsanlagen von Erdgas auf Wasserstoff notwendig. In der Chemieindustrie wird er schon heute zur Herstellung von Ammoniak oder Methanol eingesetzt.

Schließlich kann insbesondere eine PEM-Elektrolyse für den primären, sekundären oder tertiären Stromnetzausgleich verwendet werden. Dabei geht es um die optimale Einbindung von fluktuierenden erneuerbaren Energien in Verbindung mit der kurzfristigen Abnahme überschüssigen Stroms durch eine reaktions-schnelle PEM-Elektrolyse.

Regulatorische Voraussetzungen für grünen Wasserstoff

Das REFHYNE-Projekt ist für die Raffinerie ein kleines, aber zur Erprobung im Raffinerieumfeld für die neue PEM-Technologie großes 10 MW-Projekt. Im nächsten Technologieschritt kommt die Skalierung auf eine 100 MW Dimension. Die von ITM Power entwickelte modulare PEM-Elektrolyse kann gut auf 100 MW hochskaliert werden. Deutlich größere Anlagen werden jedoch für die Erreichung der angestrebten 5 GW Elektrolyse-Kapazitäten bis 2030 benötigt. Dies gilt umso mehr für die europäische Wasserstoffstrategie, die bis 2024 6 GW und bis 2030 40 GW Elektrolyse-Kapazitäten für grünen Wasserstoff anstrebt.⁴

Bei den heutigen Rahmenbedingungen bleibt grüner Wasserstoff gegenüber grauem Wasserstoff auch in Zukunft teurer. Um den Hochlauf des grünen Wasserstoffs in Deutschland für Hersteller, Vermarkter und Kunden zu beschleunigen, müssen wichtige Rahmenbedingungen erfüllt werden:

- In der Phase des Markthochlaufs müssen grüne Elektrolyse-Kapazitäten substanziell von der öffentlichen Hand finanziell unterstützt werden – durch direkte Investitionsförderung und/oder durch Ausgleich der Betriebskosten aufgrund des hohen Strompreises gegenüber dem niedrigen Erdgaspreis.
- Fossile Energien müssen mit einem angemessenen CO₂-Preis belegt werden. Der Einstieg in die CO₂-Bepreisung mit dem nationalen Emissionshandel mit Festpreisen von 25 €/t CO₂ ist insofern nur ein erster Schritt.
- Die Abgaben auf Strom treffen auch die neuen Energieträger wie Wasserstoff. Für die Elektrolyse benötigter Strom dauerhaft von der EEG-Umlage und weiteren Stromumlagen (wie KWK-, Netz- und Transportentgelte) ausgenommen werden.
- Die Zulassung einer angemessenen zeitlichen Bilanzierung der Strom-

³ Weltgrößte Wasserstoff-Elektrolyse entsteht in der Rheinland Raffinerie, Pressemitteilung, Shell Deutschland Oil, Köln, den 18.1.2018.

⁴ European Commission, A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, Communication, COM (2020) 301 final, Brussels, 8.7.2020.

mengen aus verschiedenen Quellen aus Erneuerbaren Energien auf Monatsbasis ist wichtig, solange in das Stromnetz nicht zu 100 % EE-Strom eingespeist wird. Damit könnten heute schon hohe Volllaststunden bei der Elektrolyse ermöglicht werden.

- Bei der Produktion von konventionellen Kraftstoffen eingesetzter grüner Wasserstoff sollte wie im Entwurf des Bundesimmissionsschutzgesetzes vorgesehen, auf die Treibhausgasminderungsquote für Kraftstoffe mehrfach angerechnet werden.⁵

- Zudem sollte es für nachhaltige Flugkraftstoffe (auch Sustainable Aviation Fuels), die mit Hilfe von grünem Wasserstoff hergestellt werden, eine realisierbare und ansteigende Unterquote geben.⁶

Autoren:

Dr. Jörg Adolf, Corporate Relations, Shell Deutschland

Dr. Jörg Dehmel, Rheinland Technology Manager, Shell Deutschland

Dr. Frithjof Kublik, Consultant, Shell Deutschland

www.shell.com

⁵ Deutscher Bundestag Drucksache 19/27672, 19. Wahlperiode 17.03.2021, Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung von Vorgaben der Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung) für Zulassungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz, dem Wasserhaushaltsgesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz

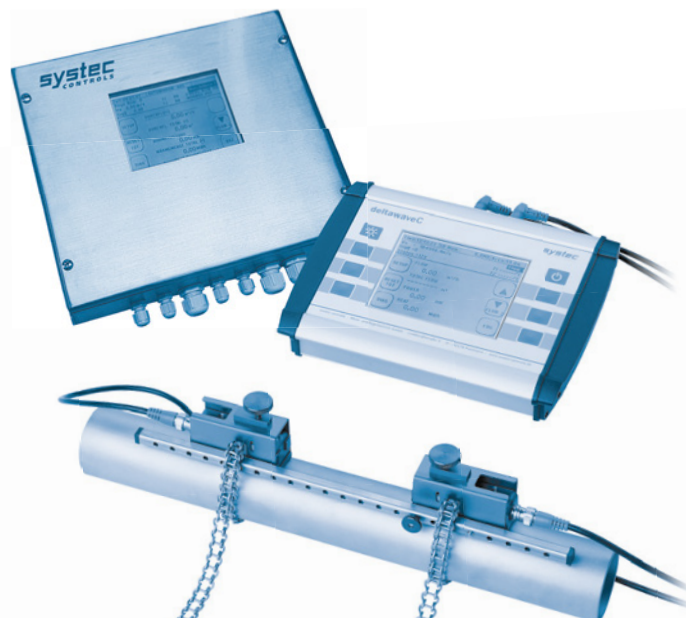
⁶ Entwurf BImSchG ebd.

Neu: Clamp-On Gas-Durchflussmessung einfach gemacht

Komfortable und preiswerte Clamp-on-Durchflussmessung für Gase

deltawaveC

- Misst z.B. (Druck-)Luft, Erdgas, Stickstoff etc. auch unter schwierigen Messbedingungen
- Per Knopfdruck die optimalen Einstellungen erhalten
- Einsetzbar von DN25 bis DN 700 bei Strömungsgeschwindigkeit von 0.01...35 m/s und -40 bis +150°C
- Breitbandige Ultraschall-Wandler decken Kosten sparend größeres Rohrspektrum ab
- Reduziert den Installationsaufwand an der Leitung
- Liefert zuverlässige, genaue Messdaten dank der Signaloptierung
- Deutlich preiswerter als andere Gas Clamp-on-Messsysteme



systemec
CONTROLS

Mess- und Regeltechnik GmbH
Lindberghstraße 4
D - 82178 Puchheim

Tel.: 0 89 / 8 09 06 - 0
info@systemec-controls.de
www.systemec-controls.de



EKPO Fuel Cell Technologies bietet Brennstoffzellenstacks und -komponenten für ein breites Spektrum an Anwendungen an

Die Brennstoffzelle für die Mobilität von morgen

Notwendigkeit einer klimafreundlichen Mobilität

2018 hat der Mobilitätssektor zu 25 % zum globalen CO₂-Ausstoß beigetragen.¹ Von den etwa 8,26 Mrd. t CO₂ entfiel mit 6,09 Mrd. t der überwiegende Teil auf den Straßenverkehr. Um die international gesetzten Ziele zur CO₂-Reduktion bzw. -Neutralität in den kommenden 30 Jahren zu erreichen, setzt man auch am Verkehrssektor an und zielt darauf ab, den Straßenverkehr vorrangig durch Elektrifizierung zu dekarbonisieren.

Damit ein solcher Massenmarkt elektrischer Fahrzeuge funktioniert, müssen aber vermehrt erneuerbare Stromquellen aus Solar- und Windkraftanlagen genutzt werden. Jedoch wird in den nächsten 10 Jahren die Anzahl fossiler Spitzenlast-

kraftwerke reduziert, so dass der Bedarf größer wird, Spitzenlasten möglichst zu vermeiden und Energiekonsum aus verbrauchsintensiven Zeiten in verbrauchsarme Zeiten zu überführen. Die Eigenschaft, Stromerzeugung und -verbrauch voneinander zu entkoppeln, erlangt somit immer mehr Bedeutung. Infolgedessen muss die über den Tagesverlauf fluktuierende Verfügbarkeit CO₂-freien Stroms in eine zeitlich unabhängige Speicherinfrastruktur überführt werden. Als Konsequenz daraus ist es für den Mobilitätssektor unabdingbar, dass die überwiegende Anzahl an Ladevorgängen zur Tagzeit stattfindet, zu der ausreichend Sonne und Wind als Energiequelle zur Verfügung steht. Der Pkw-Sektor folgt dieser Notwendigkeit, indem Ladevorgänge nachts am Wohnort oder tagsüber entzerrt an der Arbeitsstelle vorgenommen werden. Im Transportsektor hingegen werden die Fahrzeuge tagsüber ge-

nutzt und können nicht gleichzeitig für Ladevorgänge bereit stehen.

Der besondere Vorteil von Wasserstoff für den Umbruch hin zu einer dekarbonisierten Welt ist die Möglichkeit seiner zeitsynchronen Wandlung, die hoch dynamisch dem Angebot folgen kann und den CO₂-freien Strom anschließend transportabel, beliebig lange speicherbar und universell nutzbar macht. Der resultierende hohe Einsatz erneuerbarer Quellen über das heute übliche Maß hinaus überwiegt die Effizienzverluste auf dem Weg der Rückverstromung in Fahrzeugen oder stationären Anwendungen.

Wasserstoff als Energieträger

Einerseits ist Wasserstoff das häufigste Element im Universum, andererseits kommt er – außer in unserer lebensspendenden Sonne – nicht in seinem elementaren, gasförmigen Zustand vor. Er um-

¹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/317683/umfrage/verkehrstraeger-anteil-co2-emissionen-fossile-brennstoffe/>

gibt uns gebunden in Form von Wasser, fossilen Kohlenwasserstoffen und allen organischen Verbindungen. Um Wasserstoff als Energieträger zu nutzen, kann er mittels unterschiedlichster Verfahren (**Bild 1**) aus diesen Verbindungen gelöst und anschließend einfach und beliebig lange gespeichert werden. Diese Variabilität der Wasserstoffgewinnung prädestiniert das erste Element im Periodensystem als gut geeignete Speicherlösung, gerade für die Nutzung erneuerbarer Primärenergiequellen, die in vielen Fällen starken Fluktuationen in ihrer Verfügbarkeit unterliegen.

Während bei der Umwandlung von Solar- und Windstrom die Elektrolyse von Wasser genutzt wird, wird durch chemische und thermische Verfahren (z. B. Reformierung oder Pyrolyse) aus vielfältigen Methanquellen effizient Wasserstoff gewonnen. Somit kann aus nachhaltigem Biogas oder selbst aus Klärschlamm und Bioabfällen² das energiereiche Gas klimaneutral erzeugt werden.

Dass Wasserstoff schon heute ein alltägliches und sicheres Industrieprodukt ist, zeigt der Verbrauch von weltweit insgesamt etwa 117 Mio. t im Jahr 2019. Die Speicherung des leichten Gases erfolgt für die meisten Anwendungen in Druckbehältern von 200-700 bar oder – unter zusätzlichem Energieaufwand bei der sehr niedrigen Temperatur von -253 °C verflüssigt – in Kryotanks. Für den Transport zu Industriekunden oder zu den aktuell 92 Wasserstofftankstellen³ in Deutschland werden v.a. Drucktanktrailer verwendet. Innerhalb der Industriebalungsräume in NRW und Sachsen existieren zur Verteilung schon seit Jahrzehnten Pipelinennetze von 240 bzw. 150 km Umfang.⁴ Darüber hinaus sind inzwischen flüssige organische Wasserstoffträger, sogenannte Liquid Organic Hydrogen Carriers, verfügbar, die für Transport von Wasserstoff in Tankfahrzeugen eingesetzt



Bild 1: Die Bipolarplatte, Kernelement eines Brennstoffzellenstacks, regelt die Zufuhr von Wasserstoff und Luft sowie die Abfuhr von Wasser

werden können, genauso aber die H₂-Lagerfähigkeit in stationären Tanks ermöglichen.

Für einen weiter gehenden Umstieg der Wirtschaft auf Wasserstoff als vorrangigen Energieträger ist auch das bestehende Erdgasnetz in Deutschland als Basis geeignet, das laut Nationaler Wasserstoffstrategie u. a. durch spezifische Zubauten von ca. 5.900 km weiter an die wachsenden Anforderungen aus Industrie und den Verkehrssektor angepasst werden soll.⁵

Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für die Brennstoffzelle

Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs für Lkw und Pkw mittels Brennstoffzelle erfolgt immer in Form eines Hybridkonzepts. Obwohl Niedertemperatur-Membranbrennstoffzellen durchaus in der Lage sind, der Fahrdynamik in Fahrzeugen zu folgen, limitiert zum einen die Regelgeschwindigkeit der Luft- und Wasserstoffversorgung, zum anderen die effizienzsteigernde Rekuperation der Bremsener-

gie die Einsatzmöglichkeit reiner Brennstoffzellensysteme in Fahrzeuganwendungen. Daher wird darin stets auch eine leistungsfähige Hochvoltbatterie verwendet, die sowohl den Ausgleich der Leistungsspitzen als auch die Speicherung der Bremsleistung übernimmt. Deren Größe ist jedoch deutlich geringer als in reinen batterieelektrischen Fahrzeugen und liegt in der Größenordnung von ca. 1,5 kWh für Pkw bzw. 70 kWh für schwere Nutzfahrzeuge. Der besondere Vorteil von Hybridfahrzeugen, die mit einer Batterie und einer Brennstoffzelle ausgestattet sind, liegt neben der On-board-Energieerzeugung und der damit verbundenen Reichweitenverlängerung in der flexiblen Nutzung der vorhandenen Ladeinfrastruktur durch Verwendung größerer Akkus.

Auch für Busse, Sonderfahrzeuge und Züge eignen sich Brennstoffzellen als lokal CO₂-freie Elektrifizierung. Gerade in Deutschland werden durch Förderung innerhalb der nationalen Wasserstoffinitiative NIP ⁶ zahlreiche Demonstrations- und Markteinführungsprojekte in diesen Sektoren umgesetzt. Angefangen bei der beginnenden Umstellung der Stadtbus-

² <https://gwf-wasser.de/forschung-und-entwicklung/wasserstoff-aus-klärschlamm-gewinnen/>

³ <https://h2.live/>

⁴ https://www.energieagentur.nrw/brennstoffzelle/brennstoffzelle-wasserstoff-elektromobilitaet/wasserstoffspeicher_distribution_tankstellen

⁵ <https://www.chemietechnik.de/energie-utilities/plaene-fuer-ein-nationales-wasserstoff-netz-in-deutschland-341.html>

⁶ <https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/wasserstoff-und-brennstoffzelle/>

flotten⁷ auf Brennstoffzellen über serienreife Müllsammelfahrzeuge⁸ bis hin zu der wachsenden Anzahl an Wasserstoffzügen⁹, die schon heute auf vielen Strecken eine wirtschaftliche Alternative zur Elektrifizierung sind.

Weil Brennstoffzellen so flexibel einsetzbar sind, können sie unterschiedliche Verbrennungskraftmaschinen hervorragend ersetzen. So kann eine im passenden Leistungsniveau angesiedelte Stackplattform oftmals nur durch geringe Anpassung zu Lande, zu Wasser und in der Luft für den Antrieb eingesetzt werden. In der letzten Zeit wurden Projekte publiziert, die zeigen, dass sich die Verwendung von Wasserstoff zukünftig auf diese Sektoren ausdehnen wird.

Ein entsprechendes Beispiel ist die vom Airbus und der ElringKlinger AG gegründete Gesellschaft, die die im Automotive-Bereich vielfach erprobte Brennstoffzellentechnologie von ElringKlinger für den Einsatz im Luftfahrtsektor weiterentwickelt.¹⁰ Auch im Schiffsantrieb ermöglicht es die Membranbrennstoffzelle, elektrische Antriebe im Megawattbereich zu realisieren und somit den Verzicht auf Diesel oder hoch klimaschädliches Schweröl ermöglichen.¹¹ Für die Brennstoffzellentechnologie eröffnet sich dadurch ein unheimlich breites Anwendungsspektrum.

Wasserstoff insbesondere im Transportsektor vorteilhaft

Die Dimensionen der Energiespeicher und die Ladung zukünftiger batterieelektrischer LKW können anhand der heute bekannten Daten der in der Entwicklung befindlichen Fahrzeuge gut abgeschätzt werden. Wenn bei einem E-Truck z.B. ein

durchschnittlicher Energieverbrauch von 125 kWh/100 km angenommen wird, führt das bei einer angestrebten Reichweite von 800 km zu einer Netto-Batteriegröße von ca. 1 MWh. Im Vergleich zum Lithium-Ionen-Speicher mit bis zu 100 kWh in einem Pkw-Modell, das ca. 700 bis 800 kg auf die Waage bringt, würde dies hochgerechnet beim 40-Tonner ein Speichergewicht von über 7 t bedeuten. Im Vergleich zum Diesel-Lkw mindert diese zusätzliche Masse unter Abzug des fehlenden Verbrennungsmotors die Nutzlast des E-Lasters in einer Größenordnung von 6 t und mehr.

Ein weiterer Aspekt, der im Schwerlastbereich eine neue Dimension erfahren wird, ist der Ladevorgang des Energiespeichers. Nimmt man an, dass für 400 km Reichweite der Lkw-Akku binnen 30 min mit 50 % seiner Kapazität beladen werden soll, ergibt sich die Notwendigkeit, hierfür eine Ladeleistung von 1 MW zur Verfügung zu stellen. Neben der noch fehlenden Ladeinfrastruktur und deren Handhabung stellt auch die aus den Ladeverlusten der Li-Ionen-Batterien von 8-10 % resultierende Abwärme¹² eine besondere Kühlleistungsanforderung an das Fahrzeug. Zum Schutz der empfindlichen Batteriezellen muss bei solch einem Schnellladevorgang für 30 min eine Wärmeleistung von ca. 100 kW aus dem stehenden Fahrzeug und einer Kühlwassertemperatur von 50-60 °C abgeführt werden.

Auch für wasserstoffbetriebene Schwerlastfahrzeuge sind Kennzahlen aus den Veröffentlichungen der daran entwickelnden Unternehmen^{13,14} bzw. den ersten Serienfahrzeugen¹⁵ verfügbar. Die darin beschriebenen 18 Tonner (mit 18t Anhänger) haben eine Brennstoffzellen-Leistung von 180kW und eine Ge-

samtleistung von 350kW. Die auch für den Brennstoffzellenantriebsstrang notwendige Hochvoltbatterie besitzt zum Ausgleich der Leistungsspitzen beim Beschleunigen und Bremsen eine Kapazität von 72 kWh. Daraus ergeben sich Fahrleistungen und Nutzungsprofile, die heutigen Dieselfahrzeugen entsprechen. Dies wird bereits sehr erfolgreich beim Schweizer Coop-Konzern bewiesen, der seit letztem Jahr seine Flotte auf Brennstoffzellen-Lkw umstellt. Insgesamt werden bis 2025 in Summe 1.600 Wasserstofflaster in der Schweiz in Betrieb genommen und im alltäglichen Lieferbetrieb zu den Coop-Filialen und in der Logistik weiterer Unternehmen eingesetzt.¹⁶

Der Tankvorgang der 31 kg Wasserstoff nimmt etwas über 10 min in Anspruch und ermöglicht damit die volle Reichweite von 400 km. Diese ist letztlich von der noch verwendeten 350 bar-Drucktanktechnologie begrenzt, die jedoch in kommenden Fahrzeugen vor allem auf die 700 bar-Pkw-Tanktechnologie umgestellt werden dürfte. Daraus ergibt sich eine Gesamtreichweite von 800 bis 1.000 km bei weiterhin erreichbaren Tankzeiten von rund einer Viertelstunde.

Die Mobilität von morgen

Gerade im Automobilbereich ist – getrieben durch die Emissionsanforderungen in Kalifornien¹⁷ – das Thema Brennstoffzellenantrieb schon seit den 1990er Jahren ein wichtiges Entwicklungsthema. Durch die Nähe zur globalen Automobilindustrie und die breit gefächerte Expertise ist die Entwicklung von Brennstoffzellenkomponenten und -stacks seit 20 Jahren auch ein Kernthema bei ElringKlinger. Sein Wissen aus dem angestammten Dichtungsgeschäft der Konzern konsequent eingesetzt, um sein Knowhow in dieser Zukunftstechnologie stetig zu vergrößern und leistungsfähige Brennstoffzellenstacks nun serienreif anbieten zu können.

⁷ <https://www.wasserstoff-rheinland.de/project/rvk-bz-busse/>

⁸ https://www.faan.com/produkte/alternative_antriebe/bluepower/

⁹ <https://www.alstom.com/de/our-solutions/rolling-stock/coradia-ilint-der-weltweit-erste-wasserstoffzug>

¹⁰ <https://www.elringklinger.de/de/investor-relations/mitteilungen/pressemitteilungen/14-10-2020>

¹¹ <https://flagships.eu/2021/04/07/worlds-first-hydrogen-cargo-vessel-set-for-paris-debut/>

¹² <https://www.fuhrpark.de/ladegeschwindigkeit-von-e-autos-soll-extrem-steigen>

¹³ <https://www.autoevolution.com/news/toyota-will-make-fuel-cell-modules-for-hydrogen-powered-heavy-duty-trucks-168070.html>

¹⁴ <https://www.mantruckandbus.com/en/innovation/hydrogen-meets-truck-man-is-building-initial-prototypes.html>

¹⁵ <https://trucknbus.hyundai.com/global/en/products/truck/xcient-fuel-cell>

¹⁶ <https://www.electrive.com/2020/10/07/hyundai-delivers-xcient-h2-trucks-for-customers-in-switzerland/>

¹⁷ <https://www2.arb.ca.gov/about/history>

Durch die Gründung des Gemeinschaftsunternehmens EKPO Fuel Cell Technologies GmbH (EKPO) zusammen mit dem französischen Zulieferer Plastic Omnium entstand im März 2021 daraus ein erfahrener Entwicklungspartner und Serienlieferant der weltweiten Brennstoffzellenindustrie. Gerade diese langjährige Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von langlebigen Hochleistungsstacks für automobiler Anwendungen, die nun von ElringKlinger auf die EKPO übertragen wurde, ermöglicht es, optimal auf die Kundenbedürfnisse zugeschnittene Produkte in die zunehmend nachgefragten Wasserstoffsysteme zu liefern. Dabei ist EKPO mit seinen Wurzeln in der hochvolumigen Fertigung von Fahrzeugkomponenten für anspruchsvolle OEMs vom Start weg in der Position, anfangs bis zu zehntausend Brennstoffzellenstapel nach Automobilstandards mit höchster Qualität und zu marktfähigen Kosten jährlich zu liefern. „Die Produktionskapazitäten dafür stehen schon bereit,“ wie Dr. Gernot Stellberger, Geschäftsführer Strategie und Finanzen der EKPO, unterstreicht.

Die Stackplattformen NM5 evo, NM12 single und twin bieten den Fahrzeug- und Systemherstellern robuste und erprobte Technologie, die auch unter äußerst dynamischen Lastanforderungen hohe Leistung, lange Lebensdauer und eine hohe Effizienz sicherstellen (Bild 1). Die Produktlinien im Leistungsbereich von bis zu 80 kW, 125 kW und 205 kW starten jeweils im Zeitraum von Anfang 2022 bis Mitte 2023 in die Serienfertigung. Die auf Basis metallischer Bipolar-

platten und automobilerprobter Komponenten entwickelten Stacks sind für industrielle Fertigung in hoher Stückzahl optimiert und garantieren einen sicheren Betrieb selbst unter den herausforderndsten Betriebsbedingungen (Bild 2).

In Bezug auf Leistungsdichte, Stabilität bei Schock und Vibration sowie den Froststart erfüllen die Stapel von EKPO die vielfältigen anspruchsvollen Herausforderungen der unterschiedlichsten Industrien. Nicht zuletzt deshalb konnten mit dieser Technologie namhafte Unternehmen wie Airbus und Plastic Omnium als Partner sowie AEDS¹⁸, GCK¹⁹ und weitere asiatische OEMs als Kunden gewonnen werden. Diese sind von der Leistungsfähigkeit der EKPO-Stacks überzeugt und setzen sie für ihre Brennstoffzellensysteme ein.

Stellberger fasst zusammen: „Mit steigender Stückzahl im Nutzfahrzeug- und Bussektor werden über Skaleneffekte die Kosten je Stack weiter sinken. Das macht den Brennstoffzellenstack umso interessanter für den Pkw-Bereich, dabei insbesondere für die leistungsforndernden SUVs und Langstrecken-Pkw.“ Damit werde die Brennstoffzellentechnologie die Antriebsarten für die zukünftige Mobilität sinnvoll ergänzen. „Im Ergebnis werden wir,“ so Stellberger, „in Zukunft eine Koexistenz der verschiedenen Technologien sehen. Die Anwendung wird letztlich ausschlaggebend sein, für welche An-

¹⁸ <https://www.electrive.net/2021/05/18/bz-grossauftrag-fuer-ekpo-fuel-cell-technologies/>

¹⁹ <https://fuelcellworks.com/news/gck-to-develop-its-own-fuel-cell-system/>



Bild 2: Der NM12 single-Stack der EKPO ist mit seinen 359 Zellen insbesondere für Anwendungen mit höheren Leistungsanforderungen (>120 kW) geeignet

triebstechnologie man sich entscheidet. Die Brennstoffzelle kann dabei zahlreiche Vorteile einbringen.“

Autor:

Dr. Joachim Scherer
Head of Product Engineering
Components
EKPO Fuel Cell Technologies GmbH



Ein umfassender Drucktest mit Wasserstoff gibt Sicherheit, dass die Grenzwerte eingehalten und flüchtige Emissionen minimiert werden

Zuverlässige Absperrungen und Prüfungen bei Wasserstoffanwendungen

Durch zuverlässige Absperrarmaturen, die richtige Auswahl von Werkstoffen sowie standardisierte Druckprüfungen können Anwender die Betriebssicherheit in den bestehenden und neuen Einsatzbereichen von Wasserstoff erhöhen. Neben wasserstofftauglichen Spezialkugelhähnen und Bohrlochköpfen bietet Hartmann Valves auch Materialeignungsprüfungen und Dichtheitsstests für das anspruchsvolle Medium Wasserstoff (H₂) an.

Erweiterte Anwendungsgebiete

Spezialarmaturen, die dem anspruchsvollen Medium Wasserstoff gewachsen sind, kommen in der Petro-/Chemie bereits seit Jahrzehnten zum Einsatz. Im Zuge der Energiewende soll Wasserstoff eine entscheidende Rolle spielen und wird zunehmend auch in anderen Anwendungsfeldern vorkommen (**Bild 1**): von der Strom-Erzeugung (wie Power-to-Gas), über den Transport (in Erdgasnetzen oder Wasserstoff-Pipelines) bis hin zur Verarbeitung und Mobilität. Die Untergrundspeicherung von Wasserstoff in Kavernen stellt eine umwelt-

freundliche Lösung dar, um zukünftig große Energiemengen zum Ausgleich zwischen Erzeugung und Bedarf zu speichern. In allen Anwendungsbereichen ist ein sicherer Umgang mit Wasserstoff entscheidend, so dass zuverlässigen Absperrarmaturen eine besondere Bedeutung zukommt. H₂-Kugelhähne, die bereits erfolgreich im Einsatz sind und deren Wasserstofftauglichkeit sowie Erfüllung höchster Dichtheitsanforderungen nun auch in Testzertifikaten nachgewiesen werden können, stellen einen wichtigen Erfolgs- und Vertrauensfaktor in allen Wasserstoffanwendungen dar.

Kugelhähne – Sichere Absperrung

Die langlebigen Hartmann Spezialkugelhähne verfügen über eine rein metallische Abdichtung zwischen Kugel und Sitzring und sind auch bei Drücken bis 690 bar gasdicht (**Bild 2**). Sonderausführungen sind auch für Temperaturen bis 550 °C erhältlich. Auch bei hohen Schalthäufigkeiten, bis zu 200.000 Schaltungen pro Jahr, bieten die Kugelhähne eine zuverlässige und wartungsarme Absperrung. Eine zusätzliche Sicherheit bietet die Option mit zwei Barrieren in Druckrichtung (DIB) oder auf Wunsch eine Twin Ball Valve (TBV) Ausführung, ein doppel-

ter Kugelhahn mit entsprechend bis zu vier Barrieren in einer Armatur. Das Testen in der Rohrleitung kann bei entsprechender Armaturenauswahl mittels der Double Block and Bleed (DBB)-Funktion ermöglicht werden.

Bohrlochköpfe – Sichere Schnittstelle zum Speicher

Bei der zukünftig angedachten großvolumigen Speicherung von Wasserstoff in Kavernen bilden Bohrlochköpfe die sichere Schnittstelle zwischen Untergrund und oberirdiger Anlage. Sie werden an die besonderen Eigenschaften von Wasserstoff angepasst. Die Hartmann Bohrlochköpfe sind standardmäßig mit rein metallisch dichtenden Kugelhähnen nach API 6A ausgestattet, die im Standard eine doppelte Abdichtung gegen den Bohrungsdruck (DIB) besitzen.

Darüber hinaus können doppelte Abdichtungen an den Flanschverbindungen sowie zusätzliche metallische Dichtungen am Wellhead integriert werden. Um Flanschverbindungen zu reduzieren, ist auch ein Solidblock-Design, das heißt die Integration von mehreren Komponenten in einem Block, möglich.

Referenzen - Im Einsatz erprobt

In der asiatischen Petrochemie werden schon lange Wasserstoff-Kugelhähne eingesetzt, die auch bei extrem hohen Temperaturbereichen Gasdichtheit gewährleisten. So wurden von Hartmann beispielsweise DN 200 PN 420 Armaturen geliefert, die bei 184 bar bei 380 °C geschaltet werden, sowie DN 600 PN 420 Kugelhähne, die bei 191 bar und bei 426°C sicher schließen. Ein Anwendungsbereich im Rahmen der erneuerbaren Energien, bei dem Wasserstoff abgesperrt wird, ist die Stromerzeugung im Power-to-Gas-Verfahren. Hartmann Spezialkugelhähne sind unter anderem in der 2013 errichteten Pilotanlage im brandenburgischen Falkenhagen im Einsatz. Mittels Elektrolyse wird hier aus Strom und Wasser bis zu 360 Nm³/h Wasserstoff hergestellt, der in das Erdgasnetz eingespeist

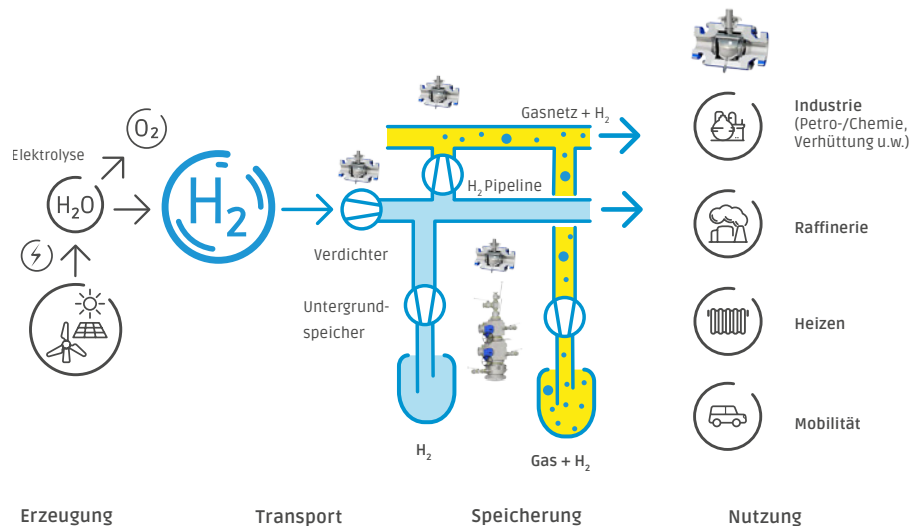


Bild 1: Erweiterte Anwendungsfelder: Für einen sicheren Umgang mit Wasserstoff sind geeignete und zuverlässige Absperrarmaturen gefragt

wird. Neben der Wasserstofftauglichkeit war eine zusätzliche Anforderung an die Absperrarmaturen, dass sie hohe Dichtigkeit über einen langen Betriebszeitraum gewährleisten und zugleich möglichst wartungsarm sein sollten. 24 speziell entwickelte Kugelhähne (DN 25 und DN 50 bis PN 100) sind in der Anlage erfolgreich im Einsatz.

Hartmann Bohrlochköpfe sind bereits seit den 1990er Jahren in der Förderung von Öl und Gas sowie in der Speicherung von Öl, Gas und anderen Produkten im Einsatz. Darüber hinaus werden sie für tiefe geothermische Bohrungen eingesetzt und leisten dort einen wichtigen Beitrag zur regenerativen, nicht fluktuierenden Wärme und Energieversorgung. In Deutschland befindet sich auch die erste europäische Speicherkaverne, die Helium mit seinen ebenfalls sehr kleinen Molekülen speichert und mit einem Hartmann Bohrlochkopf ausgerüstet wurde.

Der erste Hartmann-Wellhead für die Wasserstoff-Bohrlochtestphase 1 wurde kürzlich in den Niederlanden installiert. Der Kunde Gasunie ist verantwortlich für den Aufbau der nationalen Wasserstoff-Infrastruktur. Im Rahmen des Projekts soll nachhaltiger Wasserstoff im unterirdischen Gasspeicher Zuidwending gespeichert werden. Zunächst wurde die vorhandene Bohrlochkopfausrüstung im

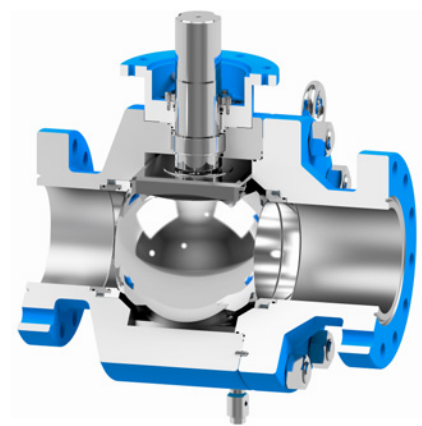


Bild 2: Wasserstofftaugliche Hartmann Kugelhähne verfügen über eine rein metallische, gasdichte Abdichtung zwischen Kugel und Sitzring

Rahmen des Hartmann Materialeignungstests umfassend geprüft, um Materialermüdung und Wasserstoffversprödung zu vermeiden. Zusätzlich zu den bestehenden wasserstoffgeeigneten Teilen (grüner Hängerdoppelflansch) konstruierte und fertigte Hartmann neue Bohrlochkopfkomponten, einschließlich metallisch dichtender API 6A Kugelhähne (**Bild 2**). Im Rahmen der FAT wurde bei Hartmann ein erfolgreicher Wasserstoff-Test auf Dichtheit durchgeführt. Zudem bearbeitet Hartmann derzeit Bohrlochkopfaufträge für die Gasunie H₂-Testphase 2 sowie für die ersten deutschen Wasserstoffprojekte.



Bild 3: Hartmann Bohrlochkopf mit Kugelhähnen für eine Wasserstoff-Testbohrung in den Niederlanden

Standardisierte Wasserstoffprüfungen

Um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, müssen alle Komponenten, die mit Wasserstoff in Berührung kommen, entsprechend geeignet und als Druckbehäl-

ter dicht sein. Einzusetzende Armaturen und Bohrlochköpfe müssen daher hinsichtlich der Materialeignung der metallischen Werkstoffe geprüft sowie auf ihre Dichtheit getestet und entsprechend ausgewählt werden. Hartmann bietet die beiden Wasserstoff-Prüfungen einzeln oder in Kombination sowohl für Hartmann Kugelhähne und Bohrlochköpfe als auch für Produkte anderer Hersteller an (basierend auf Dokumentationen). Durch diese fachgerechten Prüfungen, auch zur Aufwertung von Bestandsarmaturen, lässt sich nicht nur die Betriebssicherheit erhöhen, sondern auch der eigene Prüfungsaufwand reduzieren. Die nachgewiesene Wasserstofftauglichkeit der Werkstoffe und die Erfüllung höchster Dichtheitsanforderungen durch standardisierte Tests tragen zu einer zukunftstauglichen Anlage und langen Standzeiten der Armaturen bei - auch bei hohen Drücken.

Materialeignungsprüfung

Für alle metallischen Komponenten, die mit Wasserstoff in Berührung kommen,

führt Hartmann standardisierte Materialeignungsprüfungen durch. Hierbei werden die metallischen Werkstoffe auf ihre Resistenz gegenüber Wasserstoffversprödung und damit auf ihre Einsatzfähigkeit für Wasserstoff beurteilt. Molekularer Wasserstoff H_2 ist vergleichsweise beständig und wenig reaktiv, daher ist eine klassische Korrosion nicht zu erwarten. Die sogenannte Wasserstoffversprödung, d. h. die wasserstoffinduzierte Spannungsrissskorrosion (**Bild 4**) stellt für hochbelastete drucktragende Bauteile allerdings ein Risiko dar, welches eine besondere Betrachtungsweise benötigt. Die Prüfung erfolgt basierend auf den Regelwerken: DGRL 2014/68/EU, API 6A, API 6D, ASME sowie der DIN EN ISO 15156 / NACE MR175. Betrachtet werden dabei die Kriterien, Härte, Oberflächenhärte, Duktilität sowie Wärmebehandlung und Gefüge.

Test auf Wasserstoff-Dichtheit

Als kleines Molekül kann Wasserstoff durch Dichtelemente der Armaturen diffundieren. Der umfassende H_2 Dichtigkeitstest von Hartmann gibt Sicherheit, dass die Grenzwerte eingehalten und somit flüchtige Emissionen minimiert werden. Die Messung für die Dichtheit nach außen erfolgt dabei mittels Massenspektrometer. Als Prüfmedium wird Formiergas nach DIN EN ISO 14175 verwendet. Die Dichtheit wird in Anlehnung an DIN EN ISO 15848 gemessen (mit entsprechenden Grenzwerten). So kann unter Einhaltung der Sicherheitsanforderung mit dem Originalmedium Wasserstoff getestet werden. Die Mischung im Formiergas sorgt dafür, dass die untere Explosionsgrenze in der Mischung mit Luft nicht erreicht werden kann. Gleichzeitig sorgt die hohe Sensitivität des Massenspektrometers dafür, dass die Mischung keinerlei Nachteile hinsichtlich der Messgenauigkeit hat. So können auch kleinste Leckagen im ppm-Bereich sicher detektiert werden.



Bild 4: Bei der Materialeignungsprüfung werden die metallischen Werkstoffe auf ihre Resistenz gegenüber H_2 -Versprödung beurteilt.



Autor:
 Peter Wegjan
 Hartmann Valves GmbH
www.hartmann-valves.com