

Sichere vierfach exzentrische Absperrklappen für Wasserstoff

PATRICK HOFACKER, MICHAEL KNORR

Zwischen den Jahren 2050 und 2100 soll die weltweite Wirtschaft treibhausgasneutral werden. So will es das Pariser Übereinkommen, das von den Vereinten Nationen zum Klimaschutz beschlossen wurde und im November 2016 in Kraft trat. Der Ausbau von erneuerbarer Energie allein, reicht allerdings nicht aus, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Vielmehr ist eine Reform des heutigen Energiesystems unabdingbar. Dabei verändern sich nicht nur Energiequellen, sondern auch Energieträger. Zu den aussichtsreichen und heute unbestrittenen Energieträgern der Zukunft zählt der Wasserstoff. Für den sicheren Umgang mit dem Medium kommen hochwertige Absperrarmaturen zum Einsatz. Im Folgenden berichten die Autoren des Herstellers müller quadax, welche Rolle Absperrklappen bei der Energiewende spielen, und welche besonderen Herausforderungen Wasserstoff an die Industriearmaturen stellt.

Heute wird Wasserstoff (H_2) vor allem zur Herstellung von Stickstoffdünger oder beim Cracken von Kohlenwasserstoffen in Erdöl-Raffinerien eingesetzt. Für die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen spielt Wasserstoff ebenso eine wichtige Rolle. Als Primärenergie wird hierfür Gas, Kohle oder Biomasse eingesetzt. Wasserstoffalimentierte Brennstoffzellen werden zukünftig als umweltfreundlicher Energieumwandler immer

mehr an Bedeutung in der Elektromobilität gewinnen. Zudem wird sich H_2 als zukünftiger Energieträger für Transportfahrzeuge durchsetzen. Die Dampfreformierung ist das zurzeit bedeutendste großindustrielle Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus kohlenstoffhaltigen Energieträgern und Wasser. Dabei ist Erdgas derzeit der wichtigste Rohstoff zur Dampferzeugung, wobei Absperrklappen von Quadax sowohl im Erdgas als

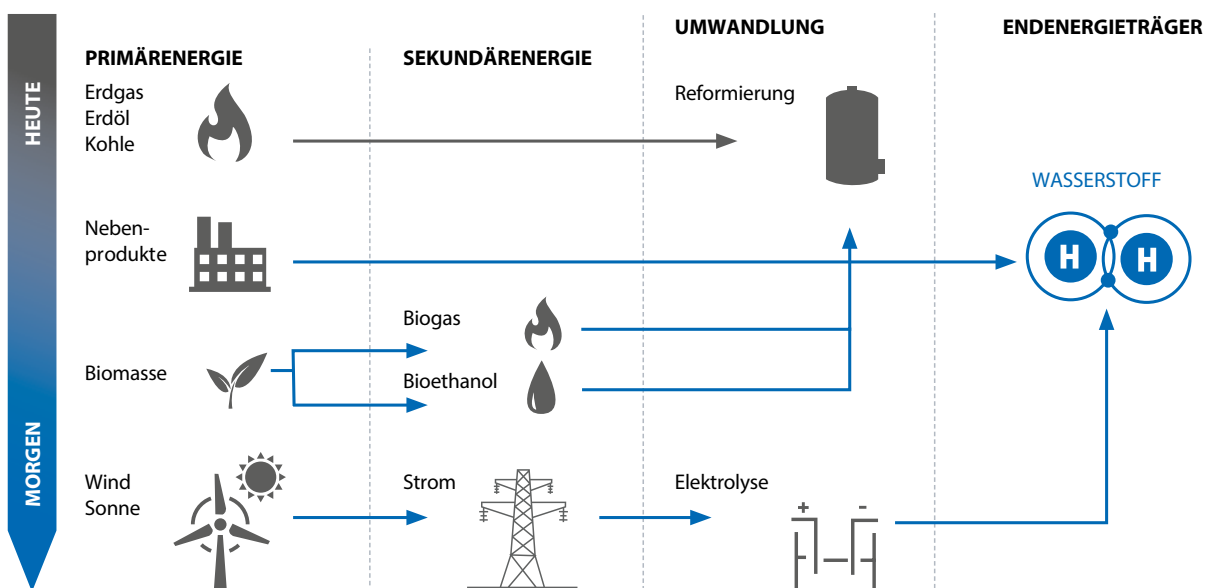


Bild 1: Umwandlungsprozess heute und in Zukunft



Bild 2: Gasdetektor: Flüchtige Emissionen von H_2 sind für den Menschen nicht wahrnehmbar

auch im Dampf bei Temperaturen von 250 bis 300 °C und Drücken bis zu 100 bar erfolgreich eingesetzt sind. Kohle wird in Ländern mit hohem Vorkommen ebenso als fossiler Rohstoff zur Erzeugung von Wasserstoff angewendet. Diese thermochemische Konversion kohlenstoffhaltiger Energiequellen ist weder nachhaltig, da keine erneuerbaren Energiequellen eingesetzt werden, noch sind sie klimaneutral, da die Produktion einen beträchtlichen Anteil an CO_2 in die Atmosphäre abgibt. Zum heutigen Zeitpunkt hält die Dampfreformierung einen Marktanteil von 80 bis 90 Prozent der Herstellung von Wasserstoff je nach Informationsquellen. Dies wird sich in den nächsten Jahren ändern (**Bild 1**).

NEUE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON H_2

Die heutige Energiepolitik fordert ein Umdenken Richtung Dekarbonisierung der Energiewirtschaft. Dabei rückt Wasserstoff, der CO_2 -arm oder noch besser CO_2 -frei hergestellt wird als Energieträger der Zukunft immer mehr in den Vordergrund. Neue Technologien zur Herstellung von sogenanntem grünen Wasserstoff sind in der Entwicklung. Grün, weil die Primärenergie aus erneuerbarer und klimaneutraler Quelle stammt. Bereits in Pilotprojekten erprobt und soweit ausgereift, um Wasserstoff aus vollkommen erneuerbaren Energie CO_2 -neutral in größeren Mengen herzustellen, ist das Wasserelektrolyse-Verfahren. Beim sogenannten Power-to-Gas handelt es sich um ein elektrochemisches Verfahren. Hier werden inzwischen Wirkungsgrade von 70 bis 80 Prozent erreicht. Es gibt aktuell Projekte, bei

denen der Elektrolyseur direkt durch Windkraftanlagen oder Wasserkraftanlagen versorgt wird.

Damit die steigende Produktionskapazität besser auf den schwankenden Bedarf abgestimmt werden kann, werden zukünftig enorme Wasserstoffspeicher notwendig sein. Der gasförmige Wasserstoff wird hierzu bis auf minus 253 °C abgekühlt, verdichtet in flüssiger Form und dann in Flüssiggasspeicher gelagert.

DIE HERAUSFORDERUNG

Um zu beurteilen, welche Absperr- und Regelarmaturen für die Anwendung bei Wasserstoff gut geeignet sind, gilt es gewisse Kriterien zu beachten. Denn wegen seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften unterscheidet sich der Umgang mit Wasserstoff wesentlich von anderen typischen Energieträgern wie z. B. Flüssiggas (LPG) oder flüssiges Erdgas (LNG):

- Wasserstoff ist farb-, geruch- und geschmacklos und je nach Konzentration reagiert er brennbar oder sogar explosiv in der Verbindung mit dem Gasgemisch der Umgebungsluft. Heikel ist es vor allem deshalb, weil man ein Entweichen von gasförmigem Wasserstoff mit den menschlichen Sinnen nicht wahrnehmen kann (**Bild 2**).
- Die Verbrennungsenthalpie, also das Maß der Energie im thermodynamischen Prozess, ist bei Wasserstoff im Vergleich zu vielen Kohlenwasserstoffen niedriger und hat damit eine geringere volumenbezogene Energiedichte als z. B. Erdgas. Um also die gleiche Energiemenge speichern zu können, benötigt man entweder dreimal so große Tanks oder einen dreimal so hohen Druck wie für Erdgas.
- Die Dichte von gasförmigem H_2 beträgt gerundet lediglich 0,09 kg/m³ und ist somit das Element mit der geringsten Dichte. Daher diffundiert Wasserstoff relativ gut durch eine Vielzahl von Materialien. Hohe Temperaturen und hohe Betriebsdrücke verstärken die Diffusionsgefahr zusätzlich. Stähle mit hohem Kohlenstoffgehalt sind daher nicht geeignet für dieses Medium, da die Wasserstoffatome das Material verspröden und die Bauteile dadurch ihre Festigkeit verlieren.
- Zur Verflüssigung von Wasserstoff bei atmosphärischem Druck braucht es eine Temperatur von minus 253 °C gegenüber LNG mit „nur“ minus 162 °C. Flüssiger Wasserstoff wiegt lediglich 0,071 Kg pro Liter. Zur Verdeutlichung: Flüssiges Erdgas (LNG) wiegt rund 0,41 bis 0,5 Kg pro Liter und ist somit 5,8 bis 7 mal dichter als H_2 .

Die Herausforderung für Tankbauer und Armaturenhersteller besteht also einerseits darin, nachhaltig

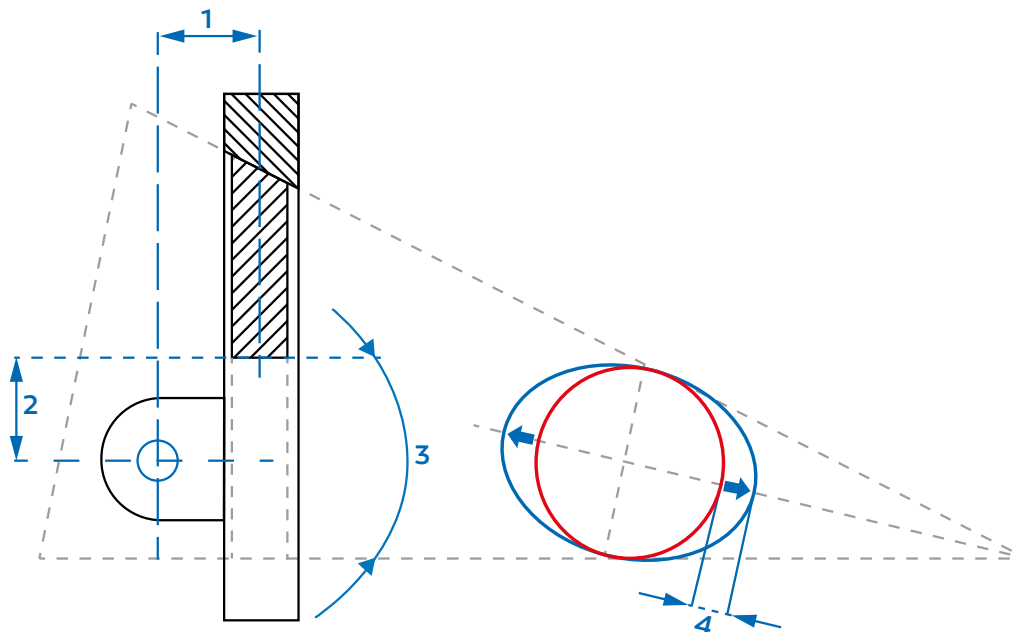


Bild 3: Funktionsprinzip

H₂-kompatible Werkstoffe einzusetzen und andererseits, ihre Dichtungssysteme wegen des hohen Diffusionsverhaltens von H₂ anzupassen. Keine einfache Aufgabe, wenn man bedenkt, dass zwischen flüssigem Zustand bei der Speicherung in kryogenen Verhältnissen von -253 °C bis zu einer Transport- oder gasförmigen Verteiltemperatur von bis zu +50 °C eine Temperaturschwankung von über 300 °C liegen.

DIE LÖSUNG

Als einer der führenden Armaturenhersteller in anspruchsvollen Anwendungen beschäftigt sich Qua-

dax® intensiv mit dem Thema Wasserstoff und seinen vielfältigen Möglichkeiten. Die Herausforderungen für die Herstellung hochwertiger Armaturen für den Wasserstoffbereich liegen einerseits in den hohen Drücken von bis zu 100 bar je nach Einsatzbedingungen, andererseits bei den Lagertemperaturen von flüssigem H₂ bei -253 °C. Damit auch unter diesen Bedingungen absolute Dichtheit garantiert ist, arbeitet das Unternehmen bei seinen Klappen mit dem sogenannten 4-fach exzentrischen Konstruktionsprinzip (Bild 3). Dieses Prinzip zeichnet sich dadurch aus, dass die Absperrklappen über einen runden Dichtsitz mit einer ringsum gleichmäßigen Wandstärke verfügen. Damit unterscheidet sich die Bauweise wesentlich von den geläufigen 3-fach exzentrischen Ausführungen, die über einen elliptischen Dichtsitz verfügen (Bild 3).

Tatsächlich wirken Materialausdehnungen durch hohe Temperaturschwankungen homogen auf die gesamte Dichtfläche und sorgen somit für optimale Dichtheit. Dies wurde unlängst in einem Performance-Test mit Helium von einem unabhängigen Prüfinstitut



Bild 4: Absperrklappe in Top-Entry-Ausführung



Bild 5: Bereit für höchste Anforderungen

ZUM UNTERNEHMEN

müller quadax hat seinen Stammsitz im baden-württembergischen Forchtenberg und hat 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Gruppe 300). Die Produkte des Unternehmens kommen weltweit zum Einsatz – überall dort, wo durch hohe Drücke und extreme Temperaturen kompromisslose Qualität und höchste Anforderungen Hand in Hand gehen müssen. Die müller quadax gmbh versteht sich als Innovationstreiber, der mit viel Erfahrung und Zuverlässigkeit für seine Kunden ansprechbar ist. Als Mitglied der Müller CO-AX Gruppe, die als Weltmarktführer agiert, nutzt das Unternehmen dieses Umfeld und kann dadurch weltweit Projekte in jeder Größe abwickeln. Das Motto der Firma heißt: Think Global, Act Local. Das im Hause entwickelte 4- offset Konstruktionsprinzip für Absperrklappen wird aus den hochwertigsten Materialien auf modernen 5-Achs-Bearbeitungszentren umgesetzt. Die Fertigung der Armaturen erfolgt komplett am Standort Deutschland. Einsatzbereit sind die Armaturen jedoch weltweit.



belegt (siehe Fachbericht Zegers in dieser Ausgabe). Zudem ist die Quadax®-H₂-Klappe mit einem speziellen Dichtring in einem Sonderwerkstoff ausgerüstet, um selbst bei diesen extrem tiefen Temperaturen einwandfrei zu funktionieren. Weil die Scheibe reibungslos in den Sitz einfährt, wird der Verschleiß deutlich verringert. Bei der Werkstoffauswahl setzt müller-quadax gmbh auf Legierungen mit einem Nickelanteil von 10 bis 30 Prozent. Diese Legierungen weisen beim Kontakt mit Wasserstoff nur eine sehr geringe Versprödung auf und die Bauteile verlieren nicht an Festigkeit.

FÜR EXTREME BETRIEBSBEDINGUNGEN

Dank 4-fach exzentrischer Bauweise und modernster Fertigungstechnologie erfüllen die Absperrklappen von Quadax® selbst allerhöchste Dichtigkeitsanforderungen nach den gängigen Normen. Extremtemperaturen von -270 °C bis +800 °C sind bei vielen Anwendern der Absperrklappen des Herstellers keine Seltenheit. Zu den Referenzen zählen neben Kunden wie Linde und Air Liquide unter anderem namhafte Anwender im Bereich der Raumfahrt. Deren Anwendungen sind sehr anspruchsvoll und stellen enorme Anforderungen an Qualität und Sicherheit. Die Treibstoffe bestehen aus flüssigem Wasserstoff in Verbindung mit anderen

chemischen Substanzen. Bei der Herstellung und der Lagerung von flüssigen Raketentreibstoffen als auch bei der Betankung der Rakete mit kryogenen Treibstoffkomponenten, die eine Temperatur von teilweise kälter als -220° C haben, steht die Zuverlässigkeit und damit die Sicherheit an erster Stelle, denn kleinste Leckagen können verheerende Folgen haben.

Autoren



PATRICK HOFACKER
 Geschäftsführer
 müller quadax gmbh
 74670 Forchtenberg
 Tel.: +49 7947 94343-0
 info@quadax.de



MICHAEL KNORR
 Technischer Geschäftsführer
 müller quadax gmbh
 74670 Forchtenberg
 Tel.: +49 7947 94343-0
 info@quadax.de