

WIR
VERSTEHEN
WASSERSTOFF



Erneuerbare Energie WASSERSTOFF

Massendurchfluss-, Druckmessung und -regelung



Bronkhorst®

Bronkhorst,

IHR Partner für Wasserstoffmessung
und -regelung



Warum Bronkhorst?

- ◆ Über 50.000 Instrumente für Wasserstoff hergestellt und geliefert
- ◆ Durchflussmesser - Druckregler - Durchflussregler - Regelventile - Verdampfer
- ◆ Instrumente für Wasserstoff in Labor, Pilot- und industriellen Anlagen
- ◆ 40 Jahre Erfahrung mit Wasserstoffanwendungen: Brennstoffzellen, Elektrolyse, Speicherung, Power-to-Gas, H₂-Katalyse, Lecktests, Befeuchtung und viele weitere
- ◆ Wasserstoffkalibrierungen
- ◆ Explosionsgeschützt, ATEX- und FM-zertifizierte Ausführungen
- ◆ Umfassende Feldbus-Konnektivität (Industrielles Ethernet, CAN 2.0, Serial RS232/RS485)
- ◆ Weltweite Unterstützung auf Werksebene durch mehr als 20 Servicebüros



Wir verstehen Wasserstoff

Bronkhorst unterstützt den Wasserstoffmarkt in den verschiedensten Anwendungen mit den umfangreichsten Produkten aus (Massen-)Durchfluss-, Druckmessern und -reglern für niedrige Durchflüsse. Wasserstoff spielt eine immer wichtigere Rolle in unserem Energiesystem. Daher halten wir jegliche Weiterentwicklung dieser Technologie für einen entscheidenden Faktor. Wir sind stolz darauf, die Forschung und die Weiterentwicklung von Schlüsseltechnologien zu unterstützen, die bei der Erzeugung, Umwandlung und Lagerung von Wasserstoff zum Einsatz kommen. Wir sorgen dafür, dass auch diese Industrie ihre Produktion ausweiten und die Entwurfskosten senken kann.

In dieser Marktbroschüre möchten wir einige dieser Anwendungen und Lösungen, die unsere Instrumente bereitstellen können, näher erläutern.

> Beispiele für Anwendungen

Brennstoffzellen

- ◆ Befeuchtung von Brennstoffzellen
- ◆ Effizienztests und Qualitätskontrolle
- ◆ Elektrodenkontamination (& Schädigung) durch Fremdgase, z.B. CO₂.
- ◆ Dichtheitsprüfung von Brennstoffzellen-Stacks

Wasserstoffproduktion

- ◆ Gasleistungsüberwachung (Elektrolyse)
- ◆ Natürliches Power-to-Gas mit Bakterien (Umwandlung von H₂ und CO₂ in Methan)

Speicherung

- ◆ Wasserstoffspeicherung in Metallhydrid
- ◆ Wasserstoffspeicherung in flüssigen organischen Wasserstoffträgern (LOHC)

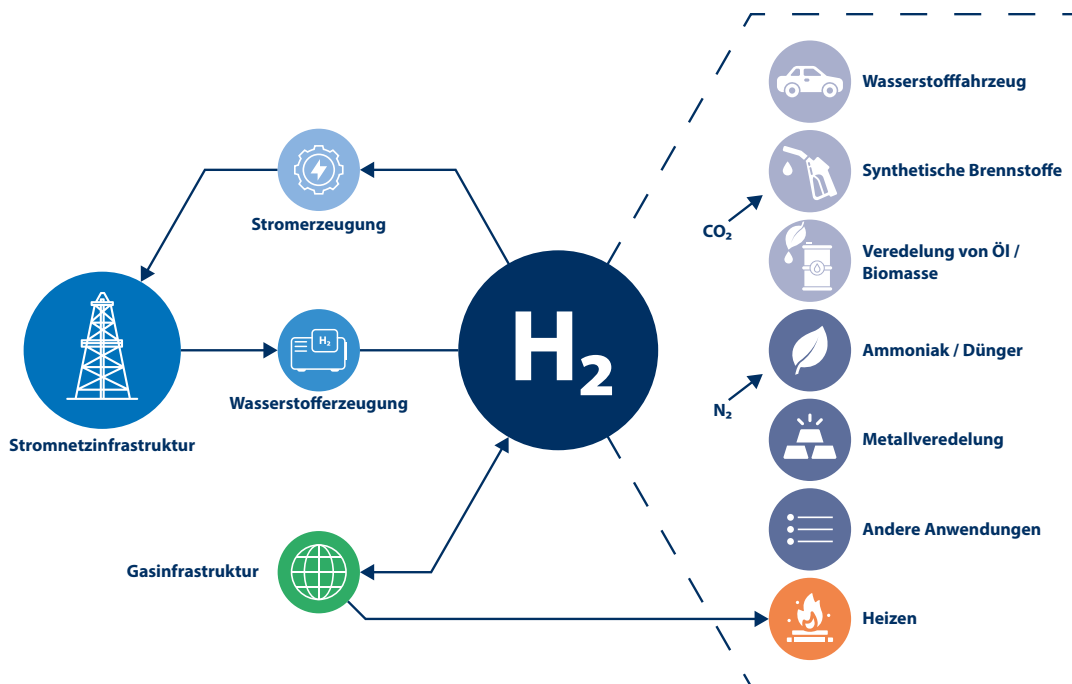
Odorierung von Wasserstoff mit flüssigen oder gasförmigen Odoriermitteln.

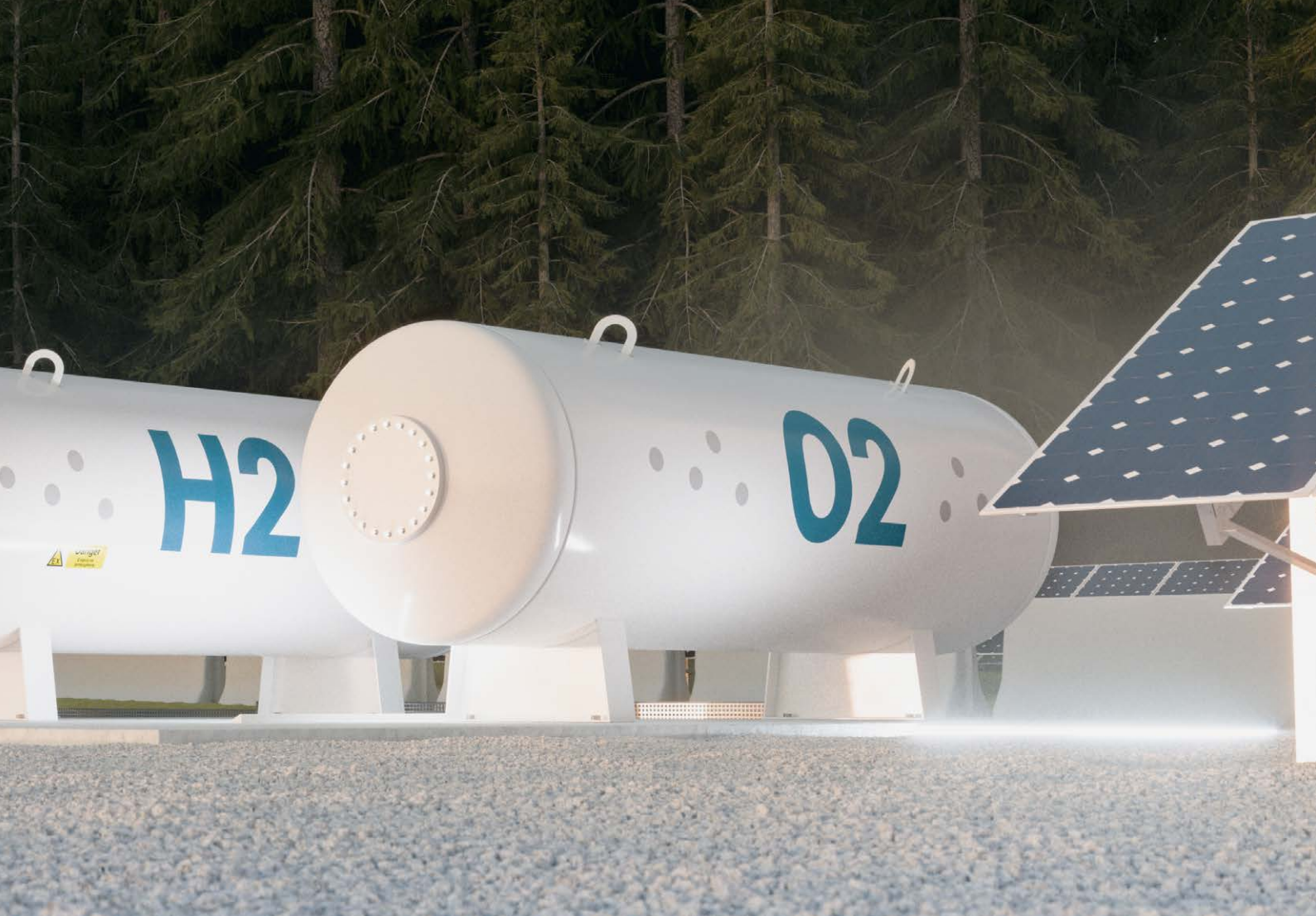




Wasserstoff spielt eine Schlüsselrolle bei der Energiewende

Bronkhorst hat Erfahrung in einer großen Vielfalt von H₂-Anwendungen, die in der Übersicht unten zusammengefasst sind. Jede dieser Anwendungen stellt spezifische Anforderungen: z.B. den Fokus auf Genauigkeit, reproduzierbare Durchflussrate oder ähnliches. Dank unserer 40 Jahre Erfahrung, einer auf die Praxis gerichteten Arbeitsauffassung und einem umfangreichen Sortiment an Produkten und Lösungen für niedrige Durchflüsse nehmen wir jede Herausforderung im Bereich der H₂-Durchflussmessung oder -regelung gerne an.





Wasserstoffanwendung? Bei Bronkhorst sind Sie richtig!

› Warum Bronkhorst?

- ◆ Über 50.000 Instrumente für Wasserstoff hergestellt und geliefert
- ◆ Durchflussmesser - Druckregler - Durchflussregler - Ventile - Verdampfer
- ◆ Instrumente für Wasserstoff in Labor, Pilot- und industriellen Anlagen
- ◆ 40 Jahre Erfahrung mit Wasserstoffanwendungen
- ◆ Wasserstoffkalibrierungen
- ◆ Explosionsgeschützte Durchflussmesser/-regler für Wasserstoff (mit ATEX-, KCs-, TIIS- oder FM-Zulassung)
- ◆ Weltweite Unterstützung auf Werksebene durch mehr als 20 Servicebüros
- ◆ Langfristige Beziehungen zu Lieferanten und Kunden

› Ihre Vorteile bei Bronkhorst

- ◆ Größtes Portfolio thermischer Massendurchflussmesser und -regler für Gase
- ◆ Hervorragende Reproduzierbarkeit und lang andauernde Stabilität
- ◆ Bewährte Qualität mit innovativer, modernster Technologie
- ◆ Flexible Integration dank zehn verfügbarer Feldbusoptionen
- ◆ Benutzerfreundlich und gebrauchsfertig: „Plug and Perform“
- ◆ Co-Entwicklung individueller Verteiler- oder Open-Frame-Lösungen





APPLIKATION

Befeuchtung von Brennstoffzellen

Im Inneren des Automotors reagiert Benzin direkt mit dem Sauerstoff aus der Luft; der Verbrennungsvorgang liefert die Energie, die das Fahrzeug antreibt. Dies ist der konventionelle Weg. Chemische Energie wird in nutzbare mechanische Energie umgewandelt. Eine sauberere, vielversprechendere Alternative dazu ist die Brennstoffzelle. Sauerstoff und Brennstoff wie z.B. Wasserstoff werden der Brennstoffzelle zugeführt, um elektrochemisch zu reagieren. Dabei entsteht nur ein harmloses Nebenprodukt, nämlich Wasser.

Infolgedessen fließen Elektronen durch einen externen Stromkreis, der einen Elektromotor antreibt. Die chemische Energie aus dem Brennstoff wird also in elektrische Energie umgewandelt. Brennstoffzellen bestehen im Wesentlichen aus einem Stack von zwei Elektroden mit einer Elektrolytmembran dazwischen. Dank dieser Elektrolytmembran können Ionen Energie leiten und erzeugen. In einer Polymerelektrolyt-Membran-Brennstoffzelle - PEMFC - müssen die Elektrolyte in einem hydratisierten Zustand sein, um eine hohe Ionen-(Protonen-)Leitfähigkeit und damit eine optimale Leistung aufrechtzuerhalten. Die Befeuchtung einer solchen Brennstoffzelle ist unerlässlich. Dies ist ein typisches Verfahren, das bei Automobil- und Stationäranwendungen zum Einsatz kommt.

➤ Anwendungsanforderungen

Sorgfältige, deterministische Feuchtigkeitsregelung ist unerlässlich, um die langlebige Brennstoffzelle für die spezifische Anwendung zu entwerfen. Da die Rolle vieler Eingangsparameter wie Gasdurchfluss, Wasserdampfgehalt und Art der Brennstoffzelle untersucht wird, ist ein breites Spektrum an Gasdurchflüssen erforderlich - einschließlich sehr geringer Durchflüsse. Außerdem muss der Arbeitspunkt schnell geändert werden können.

➤ Wichtige Aspekte

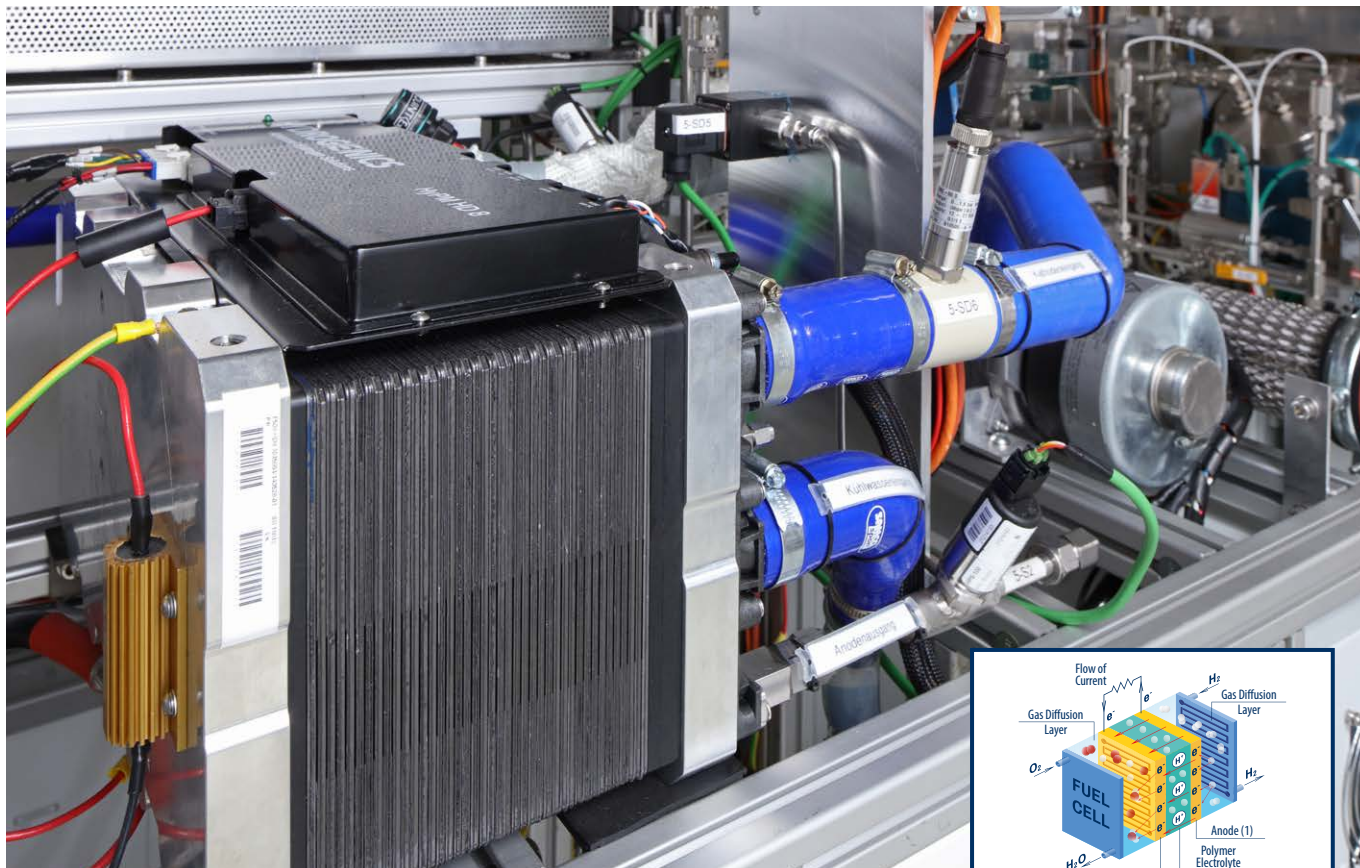
- ◆ Schneller Wechsel des Arbeitspunkts
- ◆ Konstante Befeuchtung möglich, auch bei kleinen Durchflüssen
- ◆ Präzise Regelung und Messung von Medien
- ◆ Qualitätssicherung durch alle Parameter



CEM
Flüssigkeitsdosiersystem mit geregelter Verdampfung



Scan mich!
Hier gibt es weitere
Informationen.



Polymer Electrolyte Membrane (PEM) Fuel Cell

APPLIKATION

Dichtheitsprüfung von Brennstoffzellen-Stacks

Die eigentliche Funktion der Brennstoffzellen besteht darin, Wasserstoff und Sauerstoff nicht direkt miteinander reagieren zu lassen, sondern indirekt und kontrolliert. Diese Reaktionspartner werden getrennten Teilen der Brennstoffzelle zugeführt. Sie reagieren innerhalb der Brennstoffzelle zu Wasser als Reaktionsprodukt und elektrischem Strom als Ergebnis.

Um zu verhindern, dass eine vorzeitige direkte Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff die Leistung der Brennstoffzelle mindert, darf es keine Kurzschlusslecks zwischen der Wasserstoff- und der Sauerstoffseite geben. Darüber hinaus darf keine der Seiten blockiert werden.

Für Automobilhersteller ist es wichtig, mit qualitativ hochwertigen Brennstoffzellen-Stacks zu arbeiten. Als Stacks werden mehrere in Reihe geschaltete Brennstoffzellen bezeichnet, denn damit wird eine höhere Spannung erreicht. Während der Montage kann es zur Kontamination der Stacks mit Partikeln kommen. Dies gilt es unbedingt zu verhindern. Der Vertriebspartner von Bronkhorst - Wagner Mess- und Regeltechnik - unterstützte einen Automobilhersteller mit Instrumenten, die eine solche Qualitätskontrolle durchführen können.

➤ Anwendungsanforderungen

Teil des Qualitätsprozesses unseres Kunden ist es, die Qualität der Brennstoffzelle zu überprüfen. Es muss ein Wert für ein optimales Strömungswiderstandsfenster definiert werden. Durch Zuführen eines Gasdurchflusses und Messen eines Druckanstiegs oder -abfalls kann der Strömungswiderstand quantifiziert werden. Ein zu geringer Strömungswiderstand ist ein Indiz für ein Leck, ein zu hoher Strömungswiderstand für eine teilweise blockierte Brennstoffzelle. Diese Tests müssen sowohl auf der Wasserstoff- als auch auf der Sauerstoffseite der Brennstoffzelle durchgeführt werden.

➤ Wichtige Aspekte

- ◆ Reproduzierbarkeit
- ◆ Reinheit des Gases
- ◆ Durchflussdruckregelung
- ◆ Flexibilität



Scan mich!
Hier gibt es weitere
Informationen.



EL-FLOW Prestige FG-201CV
Massendurchflussmesser/-regler für Gase



APPLIKATION

Power-to-Gas

Die Entwicklung neuer (innovativer) Technologien für die nachhaltige Erzeugung von Wasserstoff hat bei uns hohe globale Priorität. Wir unterstützen mehrere (mikro)biologische Forschungsinitiativen und bringen unsere eigene umfangreiche Erfahrung im Bereich Fermentationsprozesse in diese Branchen ein. „Power-to-Gas“ bezeichnet die Umwandlung von Elektrizität in Gas. Ein bekanntes Beispiel ist die Verwendung von Elektrizität für die Elektrolyse von Wasser zur Erzeugung von Wasserstoff, wobei Sauerstoff als Nebenprodukt anfällt. Dieser Wasserstoff kann in seinem Istzustand verwendet werden - z.B. zur Speisung von Brennstoffzellen -, aber das ist noch nicht alles. Reagiert der Wasserstoff anschließend mit Kohlendioxid zu Methan, kann dieses in das Erdgasnetz eingespeist werden. In Ländern wie Deutschland und den Niederlanden besteht eine Infrastruktur für den Transport von Erdgas in Leitungen vom Ort der Gewinnung oder Verarbeitung zum Ort der Nutzung - für die Zentralheizung in Häusern oder für den Herd in der Küche. Es gibt mehrere Unternehmen, die Technologien entwickeln, in denen Bakterien Methan produzieren. Als „Nahrung“ dient den Bakterien Kohlendioxid und Wasserstoff. Dies kann als eine natürliche Power-to-Gas-Anwendung zur Speicherung von Ökostrom und auch als eine Aufbereitungstechnologie für Prozessgase, die Kohlendioxid (CO₂) enthalten, angesehen werden. Natur trifft Technik!



Scan mich!
Hier gibt es weitere
Informationen.

› Anwendungsanforderungen

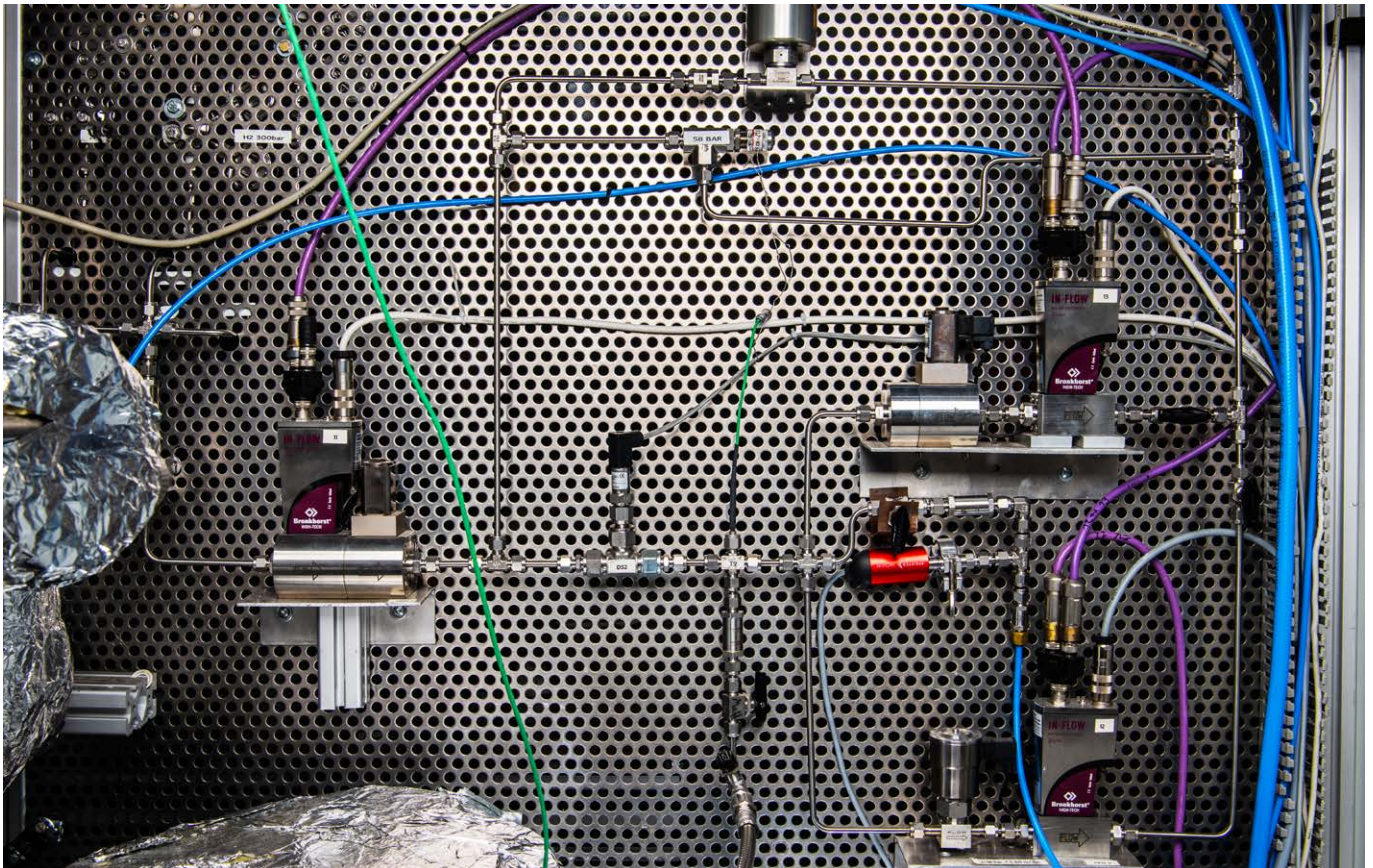
Ein Hauptziel der Forscher ist es, die Effizienz der Bakterien bei der Umwandlung von Wasserstoff in Methan zu optimieren. Das Verfahren wird zunächst im kleinen Maßstab getestet, um die optimale Bakterienart zu selektieren. Optimierungsparameter für diesen Prozess sind H₂- und CO₂-Durchfluss, Art der Bakterien, Temperatur und Druck. Dazu wird eine Lösung benötigt, um Wasserstoff (und Kohlendioxid) genau und reproduzierbar dem bakterienhaltigen Reaktionsgefäß zuzuführen.

› Wichtige Aspekte

- ◆ Reproduzierbarkeit
- ◆ Betrieb unter ATEX-Bedingungen der Zone 2
- ◆ Automatisierung



IN-FLOW F-201A1
Massendurchflussmesser/-regler für Gase in Industrieausführung



APPLIKATION

Wasserstoffspeicherung in Metallhydrid

Unser Support setzt sich in der Entwicklung von weiteren, besseren Wasserstoffträgern und Prozessoptimierung fort, zum Beispiel bei der Anwendung von Hydriden. Wasserstoffbetriebene Lastwagen, Busse oder Autos ähneln den üblichen batteriebetriebenen „Elektro“-Autos, die wir jeden Tag mehr und mehr sehen, sehr. Auch wasserstoffbetriebene Fahrzeuge sind Elektrofahrzeuge, aber die Art des Antriebs ist etwas anders: Wasserstoff und Sauerstoff reagieren in einer Brennstoffzelle und erzeugen Strom, der einen Elektromotor antreibt. Während batteriebetriebene Fahrzeuge ihre Energie aus vorgeladenen Lithium-Ionen-Batterien beziehen, wird der Wasserstoff für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge heute in der Regel in borgelegenen Drucktanks gespeichert.

Für eine maximale Energiedichte muss der gespeicherte Wasserstoff auf Drücke von bis zu 700 bar verdichtet werden, um in das begrenzte Tankvolumen zu passen und eine ausreichende Laufleistung zu gewährleisten. Diese Tanks müssen stark genug sein, um dem hohen Druck standhalten zu können, und sie sollten auch für Wasserstoff undurchlässig sein, damit Austreten des Gases verhindert wird. Zur Vorbeugung von Sicherheitsproblemen im Zusammenhang mit diesem extremen Druck und Vermeidung von Energieverschwendung bei der Komprimierung des Wasserstoffs auf diesen Druck wird jedoch nach Alternativen für diese Tanks gesucht.

> Anwendungsanforderungen

In Metallhydridbehältern wird Wasserstoff durch reversible chemische Reaktionen zwischen einer Metalllegierung und gasförmigem Wasserstoff gespeichert. Das feste Metallhydrid wirkt wie ein Schwamm, der den Wasserstoff aufnimmt und wieder abgibt. Um zu untersuchen, unter welchen Prozessbedingungen das Be-/Entladen von Wasserstoff am besten funktioniert, müssen Wasserstoffströme und der Prozessdruck präzise gemessen und geregelt werden. Da wir es zudem mit einer Forschungsumgebung zu tun haben, müssen die Soll- und Messwerte für Analysezwecke adäquat erfasst werden.

> Wichtige Aspekte

- ◆ Durchflussdruckregelung
- ◆ Reproduzierbarkeit
- ◆ Sichere Methode zur Speicherung von Wasserstoff
- ◆ Anwendung bei relativ niedrigem Druck im Vergleich zu herkömmlichen Speichermethoden



IN-PRESS P-512CI
Druckmesser/-regler in Industrieausführung



Scan mich!
Hier gibt es weitere
Informationen.



APPLIKATION

Wasserstoffspeicherung in flüssigen organischen Wasserstoffträgern (LOHC)

Ein weiteres Beispiel für einen Wasserstoffträger ist LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier), der sich auch unter normalen atmosphärischen Bedingungen anwenden lässt. Wann immer zwischen der Produktion von Wasserstoff und seiner Verwendung eine Zeitspanne liegt, muss der Wasserstoff an einem bestimmten Ort gespeichert werden, vorzugsweise in der Nähe des Anwendungsortes. Einige deutsche Unternehmen und Forschungsinstitute forschen an einer neuen Methode zur Speicherung von Wasserstoff: In synthetischen Wärmeträgerölen auf Aromatenbasis, die normalerweise in Bäckereisystemen und anderen Hochtemperaturanwendungen eingesetzt werden. Hier fungiert das Wärmeträgeröl als flüssiger organischer Wasserstoffträger, LOHC. Der Wasserstoff wird in den flüssigen organischen Trägern durch eine katalytische Reaktion gespeichert. Die Flüssigkeit hat jetzt eine geringe Viskosität und sieht wie Wasser aus. Nach der Hydrierung hat die Viskosität zugenommen und die Flüssigkeit ähnelt äußerlich Honig. Der mit Wasserstoff beladene LOHC ist schwer entflammbar. Dadurch sind LOHCs ein sicheres Transportmedium für Wasserstoff an den Verwendungsort, wo er aus seiner Trägerflüssigkeit entladen werden kann. Nach der Entladung kann die Trägerflüssigkeit wieder neu beladen werden.

› Anwendungsanforderungen

Die Unternehmen untersuchen, bei welchem Druck die Reaktion für das Be- und Entladen am besten funktioniert. Dazu müssen dem Reaktor präzise LOHC- und Wasserstoffdurchflüsse zugeführt werden. Der schwierige Teil hier ist die Veränderung der Viskosität des LOHC vor und nach der katalytischen Reaktion. Die Massendurchflussinstrumente müssen mit diesen Viskositätsveränderungen zurechtkommen.

› Wichtige Aspekte

- ◆ Fähigkeit, viskose Flüssigkeit zu dosieren und zu pumpen
- ◆ Genauigkeit
- ◆ Massendurchflussinstrumente müssen mit Viskositätsveränderungen zurechtkommen



Scan mich!
Hier gibt es weitere
Informationen.



MINI CORI-FLOW™ M14
Coriolis-Massendurchflussmesser/-regler für Flüssigkeiten und Gase

Führend in Mess- und Regeltechnik für niedrige Durchflüsse

Bronkhorst High-Tech ist Marktführer im Bereich der Fluid-Handlingtechnik für niedrige Durchflüsse. Wir bieten ein umfangreiches Produktsortiment thermischer, Coriolis und Ultraschalldurchflussmesser und -regler für niedrige Gas- und Flüssigkeitsdurchflüsse. Unsere Durchflussinstrumente werden für eine Vielzahl von Anwendungen in Labor, Maschinen, Industrie- und Gefahrenbereichen eingesetzt. Durch Teilen unseres Wissens und enge Zusammenarbeit mit OEM-Kunden entwickeln wir kundenspezifische Low-Flow-Lösungen, z.B. multifunktionale, vorgetestete Module oder Skids zur Regelung von Gas-, Flüssigkeits- oder Dampfdurchflüssen.



Bronkhorst hat seinen Hauptsitz in Ruurlo (NL) und wird von 12 hundertprozentigen Tochterunternehmen in Europa, den USA und Asien vertreten. Zusätzlich wird unser Vertriebsnetzwerk durch Distributoren in über 30 Ländern verstärkt.

› Der Kunde an erster Stelle

Bronkhorst bietet nicht nur ein umfangreiches Standardproduktsortiment, sondern arbeitet auch mit Kunden zusammen, um die besten kundenspezifischen Lösungen im Bereich von Prozessmessung und Durchflussregelung zu entwickeln. Unsere globale Orientierung mit lokalem Schwerpunkt gewährleistet, dass unser internationales Distributorennetzwerk Vor-Ort-Support bieten und unseren Kunden die besten Lösungen für jede Anwendung empfehlen kann. Dieser Ansatz beinhaltet auch Produktpassungen, um sicherzustellen, dass die kleineren Details Ihrer Anwendung gegebenenfalls mit einer personalisierten Lösung umgesetzt werden.



› Fakten und Zahlen

- ◆ Über 40 Jahre Erfahrung im Bereich Massendurchfluss und Druck
- ◆ Über 1.000.000 gelieferte Instrumente
- ◆ Ca. 460 Mitarbeiter am niederländischen Hauptsitz
- ◆ 12 Zweigniederlassungen; ca. 150 Mitarbeiter
- ◆ Vertretungen in über 40 Ländern; über 20 Servicebüros
- ◆ 20% der Mitarbeiter sind im Forschungs- und Entwicklungsbereich tätig
- ◆ Reinraum nach ISO 14644-1 Klasse 6 mit Strömungsprüfständen der Klasse 5
- ◆ Zertifizierung nach ISO-9001 und ISO 14001
- ◆ Bronkhorst Kalibrierzentrum, ISO 17025:2017

› Weltweiter Support

Support kann an vielen verschiedenen Standorten weltweit angeboten werden. Sie finden Vertriebshändler/Servicebüros in Ihrer Nähe auf unserer Website www.bronkhorst.com/distributors.

In dringenden Fällen ist unser internationales Support-Team rund um die Uhr verfügbar, um Ihre Anfrage sofort zu beantworten oder passende weitere Maßnahmen einzuleiten.

Bitte wenden Sie sich telefonisch an: +31 859 02 1866



www.bronkhorst.com

Bronkhorst High-Tech B.V.
Nijverheidsstraat 1a
NL-7261 AK Ruurlo, Nederlande

Tel. +31 573 458800
info@bronkhorst.com



9.61.076A L2101486 ©Bronkhorst*