



Bildquelle: © malp - stock.adobe.com

PER REINHEITSGEBOT ZUR ENERGIEWENDE

Mit grünem Wasserstoff zur Dekarbonisierung: Als vielversprechender Energieträger kann grüner Wasserstoff zur Verringerung der Kohlenstoffemissionen und damit zu einer klimaneutralen Wirtschaft beitragen. Über die gesamte Wertschöpfungskette von der Erzeugung aus erneuerbaren Stromquellen über Transport, Lagerung und Nutzung des gasförmigen Elements muss auf die Einhaltung extrem hoher Reinheitsanforderungen geachtet werden, bei seiner Verwendung als Zusatzstoff auf eine exakte Regelung des Mischungsverhältnisses. Mit den passenden Messgeräten und Lösungen sowie der geballten Beratungsexpertise seines global verteilten Kompetenz-Teams bietet Endress+Hauser Kunden aus allen Branchen Unterstützung beim Einstieg in die Dekarbonisierung. **Von Ing. Peter Kemptner, x-technik**

Vermengt man Wasserstoff (H₂) mit Sauerstoff (O₂), entsteht eine hochexplosive Mischung namens Knallgas. Dessen Wirkung ist spätestens seit der Explosion des Luftschiffs Hindenburg allgemein bekannt. Bei dieser Reaktion verbinden sich die beiden Elemente zu Wasser (H₂O).

Zukunftshoffnung grüner Wasserstoff

Bei diesem Verbrennungsprozesses entstehen keine Abgase oder sonstige Schadstoffe. Deshalb und weil es sich um die häufigsten Elemente auf der Erde (Sauerstoff) bzw. im gesamten bekannten Universum (Wasserstoff) handelt, gilt der Wasserstoff als Zukunftshoffnung für eine nachhaltige Energieversorgung. Die Gewinnung von Wasserstoff (und bei derselben Gelegenheit Sauerstoff) kann durch Elektrolyse erfolgen. Dabei werden die Bestandteile des Wassers mittels elektrischer Energie getrennt. Dieser Prozess entscheidet dann auch über die Nachhaltigkeit des Einsatzes von Wasserstoff als Energieträger. Diese ist nur gegeben, wenn die dazu benötigte elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen kommt. Dann und nur dann spricht man von „grünem“ Wasserstoff.

Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Wasserstoff kann in Verbrennungsprozessen – etwa in Gasturbinen – fossile Brennstoffe wie Erdgas teilweise, in der Zukunft sogar ganz, substituieren. Darüber

hinaus kann er mittels Brennstoffzellen direkt in elektrische Energie umgewandelt werden. Das geschieht bereits in vielen Fällen in Bussen und Bahnen. Auch in der Industrie laufen Vorbereitungen für den Ersatz fossiler Brennstoffe durch grünen Wasserstoff, um die CO₂-Emissionen drastisch zu senken. Zudem eignet sich grüner Wasserstoff als Speichermedium für die Energiemengen aus der schwankenden und bedarfsunabhängigen Produktion in Wind- und Sonnenkraftanlagen. Dazu kann man in Schwachlastzeiten überschüssige elektrische Energie zur Produktion von Wasserstoff nutzen und diesen bei Bedarf (und lukrativen Tarifen) wieder verstromen.

Wasserstoff ist anders

Bei Erzeugung, Transport, Lagerung und Nutzung verhält sich der Wasserstoff ähnlich, aber doch anders als bekannte Energieträger, etwa Erdgas. „Die deutlich höhere Explosivität, aber auch die Notwendigkeit einer extrem hohen Reinheit stellen Verfahrenstechniker vor Herausforderungen“, erklärt Norbert Meszaros, Business Driver Energy Transition bei Endress+Hauser. „Sie machen entlang der gesamten Wertschöpfungskette ständige Messungen und Analysen mit höchster Präzision erforderlich.“

Endress+Hauser liefert als Komplettanbieter ein sehr breites Portfolio an geprüften, eichfähigen Mess- >>



Weil bei der Verbrennung von Wasserstoff keine Abgase oder sonstigen Schadstoffe entstehen und es sich um das häufigste Element im gesamten bekannten Universum handelt, gilt dieser als Zukunftshoffnung für eine nachhaltige Energieversorgung. (Bilder: Endress+Hauser)



Mit der patentierten differenziellen Absorptionsspektroskopie misst der TDLAS-Analysator **geringste Verunreinigungen und Restfeuchte im Wasserstoff**. QF-Analysatoren (Quenched Fluorescence) messen den Sauerstoffgehalt zuverlässig und exakt.



geräten und Sensoren für die Flüssigkeits- und Gasanalyse. Das beginnt bereits mit den Coriolis-Messgeräten für die hoch genaue Durchflussmessung und geht bis zu den Geräten für die Bestimmung von Qualität und Zusammensetzung von Gasen und Flüssigkeiten. Die Geräte des Herstellers eignen sich durch ihre Kommunikationsprotokolle für die nahtlose Systemintegration, die permanente Zustandsüberwachung mittels Heartbeat Technology ermöglicht einen Betrieb mit höchster Zuverlässigkeit. Speziell für die Druckmessung in der Wasserstoff-Elektrolyse hat Endress+Hauser eine Druckmesszelle mit goldbeschichteter Membran entwickelt. Die Beschichtung reduziert die Durchlässigkeit der Membrane und verhindert so, dass die im Vergleich z. B. zu Erdgas wesentlich kleineren H_2 -Moleküle durchdiffundieren.

Hoher Reinheitsbedarf

Bereits vor der Elektrolyse ist eine Eingangsprüfung erforderlich, denn unabhängig vom Elektrolyseverfahren zur Wasserstoffherzeugung wird hochreines Wasser benötigt. Je nach Transportart und Verwendung muss

der Wasserstoff hohe Qualitätsstandards erfüllen. Insbesondere in Brennstoffzellen kann nur besonders reiner Wasserstoff verarbeitet werden. Unerwünscht sind hier vor allem Sauerstoff und Restfeuchte, da diese zu Korrosion führen und damit die Funktion der Umwandlungsapparate beeinträchtigen könnten. Diese müssen daher im Spurenbereich als Partikel pro Million oder sogar pro Milliarde (Parts per Million/Billion; ppm/ppb) gemessen werden.

Hochpräzise Feuchtigkeitsmessung

Das macht eine permanente Kontrolle der Wasserstoffqualität nach der Elektrolyse nötig. Für die Feuchtigkeitsmessung bietet Endress+Hauser mit dem J22 ein patentiertes Gasanalysemessgerät an, das mit der TDLAS-Technologie (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy) arbeitet. Dabei werden anhand der gemessenen Absorption der Laserstrahlen die Konzentration von Gasbestandteilen wie Methan oder Wasserdampf bestimmt und Rückschlüsse auf Druck und Temperatur gezogen. „Die differenzielle Absorptionsspektroskopie ist eine patentierte Lösung von Endress+Hauser“, er-



Der Einstieg in die Dekarbonisierung der Wirtschaft ist oft einfacher, als viele vermuten und wir unterstützen Unternehmen aus allen Branchen gerne dabei.

Norbert Meszaros, Business Driver Energy Transition bei Endress+Hauser



Ein Raman-Analysator Rxn5 von Endress+Hauser bestimmt inline Zusammensetzung und Energiegehalt des Gasgemisches und **hilft, eine für das Verbrennungssystem schädliche Überdosierung zu verhindern.**

läutert Norbert Meszaros. „Damit kann das Gerät sehr schnell Veränderungen der Zusammensetzung detektieren und auch geringste Verunreinigungen zuverlässig messen und quantifizieren.“ Darüber hinaus besteht kein Kontakt zwischen Sensor und Medium und der J22 kommt ohne bewegliche Teile aus. Deshalb ist er äußerst robust, wartungsarm und entsprechend langlebig.

hen zulasten der Anlagenverfügbarkeit. Auch für die exakte Messung solcher Verunreinigungen eignen sich die Gasanalysegeräte von Endress+Hauser sehr gut.

Der sukzessive Umstieg

Der Weg zur Dekarbonisierung kann – und muss in vielen Fällen – schrittweise erfolgen. Ein probates >>

Schnelle Restsauerstoffmessung

Das Sauerstoffanalysegerät OXY5500 arbeitet ebenfalls auf Basis der Spektroskopie. Es nutzt das Verfahren der Fluoreszenzlöschung (Quenched Fluorescence; QF), um zuverlässig den Sauerstoffgehalt in Gasen zu messen. Dazu wird eine Sensorsonde in den Prozessstrom eingeführt und über einen Lichtwellenleiter mit der Steuerung verbunden. OXY5500 wurde nicht spezifisch für Wasserstoff-Anwendungen geschaffen, sondern findet bereits seit Jahren erfolgreiche Verwendung in Erdgasanlagen. „Die QF-Technologie ist wesentlich schneller als die auch heute noch häufig verwendeten galvanischen Oximetriesensoren, OXY5500 liefert kontinuierlich Messergebnisse in Echtzeit“, betont Norbert Meszaros. „Zudem ist es durch das Fehlen beweglicher Teile robust und wartungsarm.“

Der Weg zum Verbraucher

Auch auf dem Weg vom Erzeuger zum Verbraucher – also bei Transport und Lagerung – empfiehlt sich eine lückenlose Kontrolle der Wasserstoffqualität. Zusätzlich zu Restfeuchte und Sauerstoffgehalt sollten Verunreinigungen durch Säuren wie H_2S , CO_2 und H_2O minimiert werden, denn diese begünstigen die Korrosion und ge-



Wesentlich schneller als herkömmliche Gas-Chromatografen ermöglicht der kompakte, für den Ex-Bereich zertifizierte Raman-Rxn5- Prozessanalysator eine sichere Analyse von Gasen.

Wie ein 2021 eröffnetes kombiniertes Gas- und Dampf-Kraftwerk in Hannibal, Ohio (USA) des Energieerzeugers Long Ridge Energy für den gemischten Betrieb mit Wasserstoff und Erdgas zeigt, **können Gasturbinen auch mit Wasserstoffgemischen betrieben werden**, um die Dekarbonisierung voranzutreiben.



Mittel dazu ist die Beimengung von Wasserstoff zu Erdgas für die Stromerzeugung in Gaskraftwerken. „So wie nicht alle Diesel-Pkw Bio-Diesel vertragen, können nicht alle Gas- oder Dampfturbinen mit reinem Wasserstoff betrieben werden“, weiß Norbert Meszaros. „Schon die zulässigen 10 bis 20 Prozent Beimengung reduzieren erheblich den CO₂-Ausstoß.“

Dazu sind genaue Messungen von Durchfluss und Zusammensetzung des Gasgemisches erforderlich. Das eine ist die Domäne der bewährten Coriolis-Durchflussmessgeräte von Endress+Hauser. Für die Messung des Wasserstoffanteils im Gas bietet das Unternehmen mit dem Rxn5 einen schlüsselfertigen Prozessanalysator an, der nach dem Prinzip der Raman-Spektroskopie arbeitet. Benannt nach dem indischen Physiker C. V. Raman, dient diese der spektroskopischen Untersuchung der inelastischen Streuung von Licht an Molekülen oder Festkörpern (Raman-Streuung). Der kompakte, für den Ex-Bereich zertifizierte Raman-Rxn5-Prozessanalysator ermöglicht eine sichere Analyse von Gasen. Er liefert in Kombination mit einer Raman Rxn-30-Sonde binnen 15 Sekunden exakte Messwerte und ermöglicht dadurch wesentlich schnellere Reaktionen als herkömmliche Gas-Chromatografen. Darüber hinaus erfolgt die Messung ohne Trägergas und inline, also direkt im Prozess.

Erfolgreicher Einsatz im Gaskraftwerk

In der Praxis bewährt hat sich das Gerät z. B. bei einem kombinierten Gas- und Dampf-Kraftwerk in Hannibal am Fluss Ohio im gleichnamigen US-Bundesstaat. Die 485-Megawatt-Anlage des Energieerzeugers Long Ridge Energy ging im Oktober 2021 als eine der ersten Anlagen für den gemischten Betrieb mit Wasserstoff und Erdgas in Betrieb. Dort bestimmt ein Raman-Analysator Rxn5 inline Zusammensetzung und Energiegehalt des Gasgemisches.

Das ermöglicht eine Validierung des Mischungsverhältnisses beinahe in Echtzeit und verhindert eine Überdosierung. Eine solche könnte zu Beschädigungen am Verbrennungssystem führen. Parallel dazu misst ein Coriolis-Durchflussmessgerät Proline Promass Q am Wasserstoff-Beimischpunkt Massefluss, Dichte und Volumenstrom, während ein Coriolis-Durchflussmesser Proline Promass F den Gasfluss in der Hauptleitung überwacht. So lässt sich der Prozentsatz – aktuell sind es fünf Prozent, dieser Wert soll jedoch noch gesteigert werden – der Beimengung exakt regeln.

„Die Erfahrung von Long Ridge Energy zeigt, dass bestehende Gasturbinen mit geringem Anpassungsaufwand auch mit Wasserstoffgemischen betrieben werden können“, bilanziert Cory Marcon, Branchenmanager für Kraftwerke und Energie bei Endress+Hauser USA. „So kann die Kraftwerksindustrie weltweit recht rasch zur Dekarbonisierung der Stromerzeugung beitragen.“

Über die Technik hinaus

Endress+Hauser unterstützte den Energieerzeuger bereits während der Planungs- und Bauphase mit dem nötigen Know-how zur Unterstützung der Prozesssteuerung. Der weltweit tätige Mess- und Analysetechnikhersteller hat ein global verteiltes Kompetenz-Team für die Energiewende aufgebaut, dem auch Norbert Meszaros angehört. Somit kann Endress+Hauser auf Erfahrungen aus dem ständigen Austausch mit verschiedenen Stakeholdern zurückgreifen, um Kunden bei der Umsetzung von Dekarbonisierungsprojekten in den einzelnen Ländern zum Erfolg zu begleiten. „Ein altes Sprichwort lautet: Es gibt nichts Gutes, außer man tut es“, erklärt Meszaros. „Der Einstieg in die Dekarbonisierung der Wirtschaft ist oft einfacher, als viele vermuten und wir unterstützen Unternehmen aus allen Branchen gerne dabei.“

www.at.endress.com