

Bewährte Lösungen aus der Automatisierung

Wasserstoff: Sicher von der Herstellung bis zur Verwendung

Ostfildern, 21. Mai 2025 - **Wasserstoff birgt als Energieträger weltweit großes Potenzial für den Klimaschutz und spielt eine Schlüsselrolle für das Erreichen von Klimazielen. Bei der Herstellung, beim Transport sowie der Speicherung und schließlich bei der Verwendung von Wasserstoff gibt es jedoch Risiken. Denn das Gas ist farb- und geruchlos und gleichzeitig hochentzündlich. Die ganzheitlichen sicheren Lösungen von Pilz bieten Schutz für die gesamte Wertschöpfungskette des Energieträgers. Sie sorgen für eine sichere, dynamische Überwachung von Prozessgrößen und ganzer Prozessabläufe. Sie tragen dazu bei, dass Wasserstoff nicht nur sauber, sondern auch safe und secure ist.**

Die Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff sind vielfältig: Nachhaltig produzierter Wasserstoff, sogenannter „Grüner Wasserstoff“, spielt in energieintensiven Produktionsstätten, wie der Chemie- oder Stahlproduktion, eine wichtige Rolle, da er fossile Brennstoffe ersetzen und CO₂-Emissionen reduzieren kann. Zudem lässt er sich speichern und im Bedarfsfall wieder verstromen oder als Treibstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge nutzen. Dabei birgt Wasserstoff Chancen und Risiken zugleich. Er ist leicht entflammbar und hochexplosiv, selbst wenn sich nur geringe Mengen mit Luft vermischen – die Entzündung ist bereits bei einem Wasserstoff-Anteil von nur vier Prozent in der Luft möglich. Luft und Wasserstoff dürfen daher nicht unkontrolliert gemischt werden, um die Gefahr einer Entzündung durch einen Funken oder Wärme zu vermeiden. Sowohl die sichere

Produktion, die Handhabung, als auch die Verwendung erfordern geeignete Sicherheitssysteme.

Anforderungen an die Sicherheitstechnik für Wasserstoff

Gasdichtheit, Robustheit von Absperreinrichtungen sowie Druckfestigkeit und Dichtigkeit von Rohren, Sensoren und Ventilen haben in der Wasserstoffindustrie eine besondere Bedeutung. Denn beispielsweise ein Gasleck, zu hoher Druck oder ein undichtes Ventil können schwere Folgen für Mensch, Anlage und Umwelt haben. Entsprechend werden Sicherheitsaufgaben häufig über besondere Materialeigenschaften und über mechanische Dimensionierungen gelöst: Je robuster beispielsweise Absperrventile sind, desto sicherer sind sie in ihrer Anwendung. Schließlich sind höchste Prozessdrücke in der Wasserstoff-Betankung von Fahrzeugen oder Zügen erforderlich.

Wasserstoff wird größtenteils in gasförmigem Zustand unter hohem Druck – zwischen 200 und 900 bar – gespeichert. Dadurch wird der Energieinhalt pro Kubikmeter erhöht. Gasförmiger Wasserstoff ist sehr flüchtig. Als eines der leichtesten Elemente breitet er sich schnell nach oben aus und vermischt sich mit Luft. Problematisch kann es dann werden, wenn sich Wasserstoff in geschlossenen Strukturen oder Gebäuden ansammelt, damit steigt die Entzündungs- oder Explosionsgefahr. Denn Wasserstoff ist hochentzündlich, bereits kleine Funken oder Hitzequellen können dann zu einer Explosion führen. Daher sind auch die kleinsten Leckagen an Wasserstoff-Leitungen, Ventilen, Verschraubungen und Tanks ein ernsthaftes Risiko. Zudem ist Wasserstoff ein farb- und geruchloses Gas. Wasserstoffbrände sind daher häufig schwer zu lokalisieren und zu löschen.

Es bringt Vorteile, Sicherheit nicht ausschließlich auf eine statische Zustandsprüfung zu begrenzen. Erprobte und verfügbare Sicherheitsprinzipien aus der Automatisierung und der funktionalen Sicherheit können in der Wasserstoffindustrie eingesetzt werden. Die Lösungen helfen, Sicherheit immer als eine übergreifende Überwachungsfunktion von Bauteilen und ihrem funktionalen Zusammenhang in der Prozesskette zu betrachten. Zusätzlich zu den statischen Sicherheitseigenschaften der Komponenten können sichere, bewährte Automatisierungslösungen beispielsweise die dynamische Druck- und Temperaturüberwachung oder die sichere Einhaltung von Belastungsgrenzen nachgeschalteter Strukturen übernehmen. Die Steuerungssysteme von Pilz erkennen Gaslecks zuverlässig durch die Auswertung von Gas-Detektoren und überwachen sicher Temperatur, Druck, Füllstand, Spannung, Strom, aber auch den Not-Halt. Sie erkennen Fehler im Millisekundenbereich und leiten vordefinierte Sicherheitsreaktionen ein, die Mensch und Anlage schützen.

Sicher produzieren: Elektrolyse und Dampfreformierung

Wasserstoff kann auf verschiedene Weisen hergestellt werden. Bei der Elektrolyse wird grundsätzlich mittels elektrischem Strom Wasser in seine Bestandteile gespalten und schließlich gasförmiger Sauerstoff und Wasserstoff gewonnen. Die unterschiedlichen Elektrolyseverfahren erfordern unterschiedliche sicherheitstechnische Betrachtungen. Für manche der Verfahren werden hohe Drücke und Temperaturen benötigt, die überwacht und geregelt werden müssen, um Unfälle zu vermeiden. Bei der PEM-Elektrolyse ist beispielsweise die Überdruckventilentlastung ein wichtiger Sicherheitsmechanismus, bei der sich das Ventil automatisch öffnet und überschüssiger Wasserstoff entweichen kann. Die sichere Kleinststeuerung PNOZmulti

2 von Pilz hat sich branchenübergreifend bei der Überwachung von Sicherheitsfunktionen bewährt – wie etwa bei den Gasdrücken. Das liegt vor allem an der hohen Messgenauigkeit dieser sicherheitstechnischen Werte, auf Basis derer eine Sicherheitsmaßnahme eingeleitet wird – das macht Anlagenteile mit Einsatz der sicheren Kleinststeuerung besonders effizient und sicher.

Neben der Drucküberwachung können weitere im Wasserstoffherstellungsprozess erforderlichen Sicherheitsfunktionen mit hoher Genauigkeit überwacht werden. Dazu gehören Temperatur, Füllstand sowie Gas- und Leckage-Erkennung. Bei Elektrolyseuren überwacht das PNOZmulti 2 auch Gleichrichterspannung und -strom. Das ist wichtig, da Schwankungen oder zu hohe Spannungen beispielsweise die Zellen schneller abnutzen und zu vorzeitigem Verschleiß führen können.

Die Dampfreformierung ist ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus kohlenstoffhaltigen Energieträgern und Wasser. Dabei reagiert ein Brennstoff, wie beispielsweise Erdgas oder Methanol, unter hohen Temperaturen und Drücken mit Wasserdampf. Es entstehen Wasserstoff und Kohlendioxid. Dieses Verfahren erfordert hohe Temperaturen, die durch den Einsatz von Brennern erreicht werden. Die Norm „ISO 16110-1:2007: Wasserstofferzeuger unter Verwendung von Technologien zur Brennstoffaufbereitung - Teil 1: Sicherheitsnorm“ erläutert alle wesentlichen Gefahren wie EMV, elektrische Aspekte, Hochdruckaspekte, Verhinderung von Explosionen usw., in Bezug auf die Sicherheit der Wasserstofferzeugung aus fossilen Brennstoffen. Die Kleinststeuerung PNOZmulti 2 Burner und das Automatisierungssystem PSS 4000 können nicht nur Temperaturen und Drücke sicher überwachen,

sondern auch die sichere Steuerung und Überwachung der Feuerungstechnik übernehmen.

Effizient und sicher speichern und transportieren

Nach der Herstellung kann Wasserstoff auf verschiedene Arten gelagert und transportiert werden, abhängig von den Produktionsverfahren, der Entfernung und den Bedürfnissen der Endverbraucher. In komprimierter Form kann der Energieträger beispielsweise auf Schiene, Wasser oder Straße transportiert werden. Um Wasserstoff effizient und sicher transportfähig zu machen, muss er zuvor gespeichert werden, beispielsweise mit der Druckgasspeicherung. Dabei wird der Energieträger stark komprimiert und in speziellen Hochdrucktanks gelagert. Da Wasserstoff ein sehr leichtes und flüchtiges Gas ist, braucht es eine Drucküberwachung, um es effizient zu speichern. Besondere Sicherheitsvorkehrungen sind hier essenziell, da zu hohe oder zu niedrige Drücke ernsthafte Folgen haben können.

Ein Liner für Wasserstoff ist eine wichtige Komponente in Wasserstoffdruckbehältern. Er bildet die innere Schicht des Tanks und dient dazu, den Wasserstoff sicher zu speichern und abzudichten. Die Druckdifferenz zwischen der Innenseite und der Außenseite verändert sich stark bei Druckwechsellvorgängen – beispielsweise bei der Befüllung des Tanks, der Entnahme von Wasserstoff oder auch bei Temperaturschwankungen. Diese schnellen Druckveränderungen können bei wiederholtem Auftreten zu Spannungen im Verbundmaterial führen. Die Folge: Delamination des Materials (die einzelnen Schichten des Materials lösen sich voneinander ab), eine beeinträchtigte Lebensdauer des Druckbehälters sowie Leckagen und schlimmstenfalls auch

Explosionen. Zum Schutz der Wasserstoff-Tanks und vor allem der Menschen im Umfeld der Übergabestellen, sind beim Befüllen und Entleeren der Tanks besondere Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

Die sichere, industriebewährte Kleinststeuerung PNOZmulti 2 von Pilz überwacht mit fehlersicherer Analogwertverarbeitung Übergabeprozesse zuverlässig – und stoppt im Fehlerfall einen Vorgang umgehend. In Bremerhaven, Deutschland, setzt GP JOULE auf die Sicherheitslösungen von Pilz. Das Energieunternehmen verwandelt dort überschüssigen Strom in CO₂-neutralen Wasserstoff, speichert diesen in Tanks auf speziellen LKW-Anhängern und liefert so das leicht entzündliche Gas an Wasserstofftankstellen im Stadtgebiet. Dort tanken unter anderem Fahrzeuge der Bremerhaven Bus die grüne Energie. Das Be- und Entladen der unter hohem Druck stehenden mobilen Transportbehälter erfolgt an allen Übergabestellen gleichermaßen einfach, schnell und vor allem sicher.

Hohes Maß an Sicherheit

Druck- und Temperaturüberwachung sowie Füll- und Entleerungsgeschwindigkeit – Die Hersteller von Wasserstoff-Tanks geben Grenzwerte für ihre Befüllung und Entleerung an. Diese Werte in jedem Betriebszustand einzuhalten, ist schließlich die Aufgabe des Druckregelventils und der Steuerungs- und Überwachungsfunktion im Dispenser (Einheit zur Wasserstoffbetankung). Eine große Aufgabe, denn diese Wasserstoffquelle ist schließlich auch verantwortlich für die Sicherheit der sogenannten Wasserstoffschenke, also dem Speicher, in den der Wasserstoff fließt (wie beispielsweise ein Fahrzeug). In der Wasserstoffschenke befindet sich kein elektrisch steuerbares Absperrventil, das den Druck oder Durchfluss aktiv begrenzen könnte. Das macht einen sicherheitsgerichteten

Datenaustausch zwischen der Wasserstoffquelle und –senke schwierig. Eine Sicherheitssteuerung auf der Seite der Wasserstoffquelle schützt beide Seiten und damit den gesamten Prozess der Befüllung oder Entleerung.

Mit der Druckrampenüberwachung (Gradientenüberwachung) können variable Prozessgrößen sicher kontrolliert und Anomalien oder Fehler frühzeitig erkannt werden. Die sichere Kleinststeuerung PNOZmulti 2 überwacht mit fehlersicherer Analogwert-Verarbeitung die Einhaltung relevanter Parameter respektive kritische Grenzwerte bei Druck, Temperatur sowie Be- und Entladegeschwindigkeit des Wasserstoffs. Im Detail umfasst das System das Basisgerät PNOZ m B1 mit mehreren Analogwert-Eingangsmodulen, die die erforderliche hohe Auflösung mit geringer theoretischer Fehlerabweichung garantieren und einem Relais-Ausgangsmodul zur Ansteuerung der Sicherheitsventile. Zudem können Feldbusschnittstellen erweitert werden, um einen einfachen Austausch von Diagnosedaten mit der Prozesssteuerung zu ermöglichen. Der im Softwaretool PNOZmulti Configurator integrierte Baustein „Sichere Rampenüberwachung“ hat die von einem Speicherbehälter vorgegebenen Grenzparameter zur Drucküberwachung zuverlässig im Blick. Wird ein Wert über- oder unterschritten, löst die sichere Kleinststeuerung PNOZmulti 2 eine notwendige Reaktion aus – beispielsweise das Schließen eines Ventils oder die Drosselung der Leistung eines Kompressors. Ein PNOZmulti 2 Analogeingang erreicht die sicherheitstechnische Genauigkeit von 1 Prozent. Muss beispielsweise ein Druckbereich von 0 bis 1000 bar überwacht werden, beträgt bei 1000 bar Messbereich die messtechnische Abweichung nur 10 bar. Im Vergleich dazu wären es bereits 50 bar Messabweichung, würde die sicherheitstechnische Genauigkeit eines sicheren Analogeingangs

beispielsweise „nur“ 5 Prozent betragen. Damit ist eine präzise Grenzwerteinstellung mit dynamischer Grenzwertüberwachung bis zum Sicherheitsniveau SIL 3 gemäß IEC 62061 möglich.

Zuverlässig tanken an der Wasserstofftankstelle

Ein wichtiges Einsatzgebiet von Wasserstoff ist der Antrieb von Fahrzeugen. Damit Wasserstoff als Treibstoff in Verbrennungsmotoren genutzt werden kann, braucht es die entsprechende Infrastruktur. Daher sind Wasserstofftankstellen (HRS) entscheidend für die Entwicklung der Wasserstoffmobilität. Eine Wasserstofftankstelle besteht aus einem Kompressionsbereich, in dem das Gas auf bis zu 1000 bar verdichtet werden kann, einem Kühlsystem, Hochdruckspeichertanks und der Zapfsäule. Die Einrichtung und Verwaltung einer Wasserstofftankstelle wird von den lokalen Behörden genehmigt und unterliegt den Vorgaben nationaler oder regionaler Gesetze. Zu den Sicherheitsfunktionen, die an der Wasserstofftankstelle berücksichtigt werden müssen, gehören die Wasserstoffleck-, Flammen- und Rauchererkennung sowie die Temperatur- und Drucküberwachung. In Frankreich sorgt das Automatisierungssystem PSS 4000 von Pilz für die Sicherheit bei der Abgabe von Wasserstoff an mehr als 10 öffentlichen Tankstellen. Pilz Frankreich arbeitet dort seit 2023 mit der Unternehmen Hydrogen Refueling Solutions (HRS) zusammen. Dank dem dezentralen Aufbau und den dezentralen Fail-Safe-Analogeingängen von PSS 4000 kann das gesamte System mit kurzen Verkabelungswegen und modular aufgebaut werden.

Funktionale Sicherheit braucht Industrial Security

Mit der digitalen Vernetzung und dem dezentralen Aufbau von Anlagen und Systemen der Wasserstoffindustrie wird das Thema Industrial Security immer wichtiger. Dabei geht es um die Sicherheit von Steuerungsnetzwerken in Produktions- und Industrieanlagen der Fabrikautomation und Prozesssteuerung. Um einen unberechtigten Zugriff auf das Steuerungsnetz zu verhindern, müssen potenzielle Schwachstellen rechtzeitig erkannt und behoben werden. Ein Beispiel ist der Fernzugriff auf einen Container für die Wasserstoffproduktion, die den Status des Systems überprüft. Wenn die Gefahr besteht, dass über diese Verbindung sicherheitsrelevante Teile des Systems unerlaubt verändert werden können, muss dieser Anlagenteil besonders abgesichert werden. Denn er gewährleistet den sicheren Betrieb. Systeme für Zugangs- und Berechtigungsmanagement, wie etwa das I.A.M. (Identification and Access Management) von Pilz, unterstützen bei der Authentifizierung von Nutzern über die Betriebsartenwahl oder der Daten- und Netzwerksicherheit, bis zum Zugangsmanagement.

Safety und Security ganzheitlich gedacht

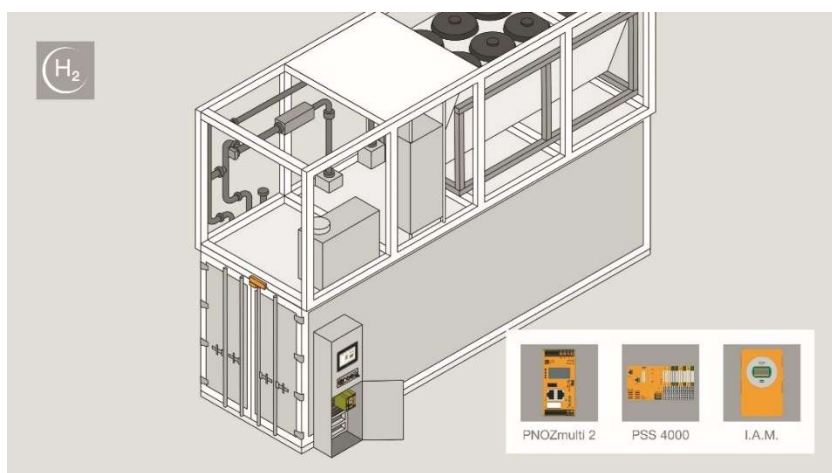
Automatisierungslösungen können die klassischen, mechanischen Sicherheitseigenschaften der Wasserstoffindustrie wertvoll ergänzen. Denn die Funktionale Sicherheit betrachtet immer den gesamten Lebenszyklus von Sicherheitseinrichtungen. Eine durchgängige systematisch-funktionale Sicherheitsbetrachtung schützt Menschen, Anlage und Umwelt – angefangen bei der Herstellung des Energieträgers bis hin zur Verwendung an der Wasserstofftankstelle. Pilz ist zudem überzeugt davon, dass nur eine ganzheitliche Betrachtung von Safety und Security einen umfassenden Schutz gewährleistet. Denn Security schützt die Verfügbarkeit von Anlagen und Maschinen vor Manipulationen und Fehlbedienung.

((Zeichen: 15.041))

Bildmaterial:



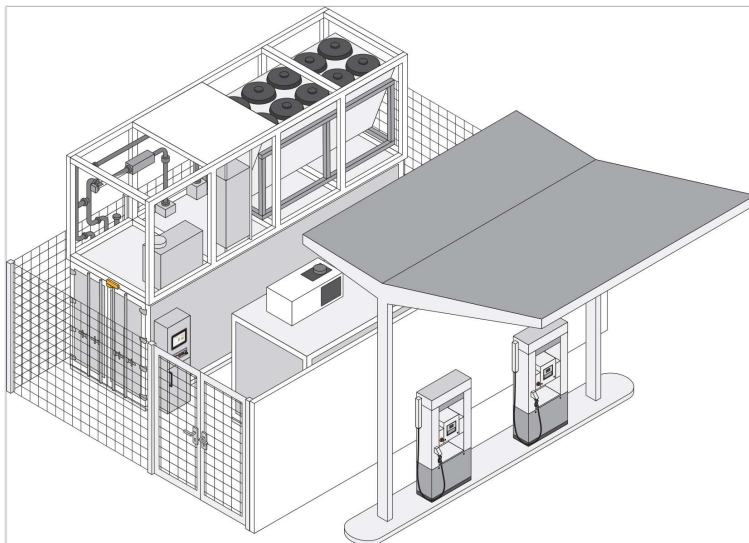
BU: Funktionale Sicherheit im Elektrolyseverfahren wird beispielsweise unter Einsatz von sicheren Analogeingängen der sicheren Kleinststeuerung PNOZmulti 2 oder des Automatisierungssystems PSS 4000 realisiert. Verfügbar sind auch Systeme für Zugangs- und Berechtigungsmanagement, um Manipulationen jeglicher Art zu verhindern. **Copyright:** © iStock.com/jeremyiswild, © Pilz GmbH & Co. KG



BU: Elektrolyseure zur Erzeugung von [Wasserstoff](#) - Safe und Secure überwacht mit Automatisierungssystemen von Pilz **Copyright:** Pilz GmbH & Co. KG



BU: Typische Sicherheitsfunktionen an einer Wasserstofftankstelle sind Wasserstoffleck-, Flammen- und Rauchererkennung sowie Temperatur- und Drucküberwachung. **Copyright:** © iStock.com/Scharfsinn86, © Pilz GmbH & Co. KG



BU: Die Vermeidung explosionsfähiger Atmosphären ist ein grundlegendes Instrument des Explosionsschutzes an Wasserstofftankstellen. Hierbei sind die frühzeitige Detektion und schnelle Ortung von Leckagen sowie das Einleiten geeigneter Maßnahmen maßgeblich. **Copyright:** Pilz GmbH & Co. KG

Pilz – The Spirit of Safety

Pilz ist globaler Anbieter von Produkten, Systemen und Dienstleistungen für die Automatisierungstechnik. Als Pionier der sicheren Automation schafft Pilz Sicherheit für Mensch, Maschine und Umwelt. Gegründet 1948 ist das Familienunternehmen mit Stammsitz in Ostfildern heute weltweit mit 2.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in 42 Tochtergesellschaften und Niederlassungen vertreten.

Der Technologieführer bietet komplette Automatisierungslösungen für Safety und Industrial Security an der Maschine. Diese umfassen Sensorik sowie Steuerungs- und Antriebstechnik – inklusive Systemen für die industrielle Kommunikation, Diagnose und Visualisierung. Ein internationales Dienstleistungsangebot mit Beratung, Engineering und Schulungen rundet das Portfolio ab. Lösungen von Pilz kommen über den Maschinen- und Anlagenbau hinaus in zahlreichen Branchen zum Einsatz, wie etwa der Intralogistik, der Verpackung und der Bahntechnik oder im Bereich Robotik.

www.pilz.com

Pilz in sozialen Netzwerken:

Auf unseren Social-Media-Kanälen geben wir Hintergrundinformationen rund um das Unternehmen sowie die Menschen bei Pilz und berichten über Aktuelles aus der Automatisierungstechnik.

 www.pilz.com/facebook
 www.pilz.com/xing
 www.pilz.com/youtube
 www.pilz.com/linkedin

Kontakt für die Presse:

Martin Kurth

Unternehmens-
und Fachpresse
Tel: +49 711 3409-
158
m.kurth@pilz.de

Sabine Karrer

Fach- und
Unternehmenspresse
Tel: +49 711 3409-
7009
s.skaletz-karrer@pilz.de

Jenny Skarman

Fachpresse
Tel: +49 711 3409-
1067
j.skarman@pilz.de

Eva Gellner-Rößle

Fachpresse
Tel: +49 711 3409-
7147
e.roessle@pilz.de

Hansjörg Sperling- Wohlgemuth

Kongress- und
Vortragsmanagement
Tel: +49 711 3409-239
h.sperling@pilz.de

