

# Edelmetallkatalysatoren zur H<sub>2</sub>-Gasreinigung

Effiziente Katalysatoren für die Feingasreinigung unterstützen den Ausbau der Wasserstoffwirtschaft

Wasserstoff ist für den Übergang zu einer nachhaltigen, treibhausgasneutralen Wirtschaft von entscheidender Bedeutung. Als CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger, Kraftstoff oder in Grundchemikalien, als Transport- und Speichermedium kann er Schwankungen in der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien ausgleichen. Die Bereitstellung und Weiterentwicklung hierfür benötigter effizienter Katalysatoren für die H<sub>2</sub>-Feingasreinigung und -Umwandlung sind eine Kernkompetenz von Heraeus Precious Metals.

Derzeit wird Wasserstoff primär aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Im Jahr 2022 erreichte die Wasserstoffproduktion einen Rekord mit 95 Mio. t – wiederum verbunden mit erheblichen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Nachfrage wird weiter signifikant zunehmen, weshalb regenerativ erzeugter Wasserstoff unabdingbar ist. Es zeichnen sich zwei dominierende Herstellpfade ab: gemeinhin bezeichnet als „blauer Wasserstoff“ aus fossilen Quellen mit CO<sub>2</sub>-Speicherung und „grüner Wasserstoff“ aus der Elektrolyse von Wasser mittels erneuerbarer Energie. Für beide Routen ist die Speicherung und Reinigung des Wasserstoffgases essenziell, wobei katalytischen Prozessen und insbesondere dem Einsatz von Edelmetallkatalysatoren eine tragende Rolle beizumessen ist.

Für die Herstellung von H<sub>2</sub> durch Elektrolyse gibt es zahlreiche Verfahren. Unberührt von der konkret eingesetzten Technologie ist die Prozesskette der Wasserstoffbereitstellung jedoch meist identisch. Zunächst wird Wasser mit Hilfe erneuerbarer elektrischer Energie in die Elemente H<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> gespalten. Die Separierung der beiden Stoffströme im Elektrolyseur ist hierbei jedoch nicht optimal. Abhängig von der weiteren Verwendung des Wasserstoffs sind diverse Aufbereitungsschritte (Trocknung, Verflüssigung) vor der Nutzung oder Speicherung notwendig. Die Entfernung von Sauerstoffverunreinigungen ist dabei für jede nachgelagerte Anwendung des Gases



Christian Breuer,  
Heraeus Precious Metals



Ilaria Longobardo,  
Heraeus Precious Metals



Stefan Nottelmann,  
Heraeus Precious Metals

unverzichtbar, da dieser nicht nur bei der Nutzung in Brennstoffzellen oder in katalytischen Folgeprozessen stört, sondern auch aus Sicherheitsaspekten zu berücksichtigen ist. Im industriellen Maßstab sind für die O<sub>2</sub>-Entfernung Verfahren etabliert, etwa Adsorptionsmethoden (PSA, TSA), Membrantrenn- und Kryoverfahren. Pragmatisch ist aber die einfache katalytische O<sub>2</sub>-Umsetzung.

#### Katalytische Herausforderungen bei der Wasserstoffreinigung

Nachfolgend wird der bewährte Einsatz heterogener Edelmetallkatalysatoren zur Feinreinigung von Wasserstoff als gängiges, leicht umsetz- und skalierbares Verfahren



vorgestellt. Es werden wesentliche Faktoren für die Auswahl sowie die Vorteile der anwendungsspezifischen Nutzung von Materialien aus dem HeraPur-Katalysatorportfolio aufgezeigt, die ein effizientes Design der gesamten H<sub>2</sub>-Aufbereitungskette ermöglichen. Heraeus hat über 30 Jahre Erfahrung als Produzent und Lieferant von Katalysatoren für Gasreinigungsprozesse. Ausgehend von neuen Anforderungen, die sich aus der Produktion von Elektrolysewasserstoff ergeben, wurden frühzeitig Arbeiten zu einer neuen Generation maßgeschneiderter HeraPur-Katalysatoren angestoßen, diese kommerzialisiert und zur Marktreife geführt. Die Entwicklung wurde einerseits durch die geforderte Per-

formanceoptimierung der H<sub>2</sub>-Reinigung, andererseits durch wirtschaftliche Aspekte zur Minimierung der Edelmetallkosten vorangetrieben. Platin- und Palladium-Katalysatoren sind prädestinierte Systeme, die O<sub>2</sub> effektiv bereits bei Temperaturen deutlich unter 60 °C entfernen können. Dies erlaubt den Einsatz kompakter Festbett-Reaktoren, wodurch Katalysatoren wesentlich zu einer allgemeinen Prozessintensivierung und Energieeinsparung beitragen.

#### Elektrolysewasserstoff enthält technisch bedingt Sauerstoffverunreinigungen.

Der O<sub>2</sub>-Gehalt in Wasserstoff kann von wenigen 100 ppm bis zu 0,6 Vol.-% und mehr variieren und wird in erster Linie von der Elektrolýsetechnologie und den Betriebsbedingungen beeinflusst. Die Sauerstoffgrenzwerte nachgelagerter Prozesse unterscheiden sich je nach Anwendung erheblich. Für viele katalysierte Reaktionen oder für Anwendungen in der Elektronik- und Halbleiterindustrie ist die Entfernung von Sauerstoff auf niedriges ppm- bis hin zum ppb-Niveau zwingend, da Restsauerstoff zu einer schnellen Degradation oder Deaktivierung eingesetzter Materialien führen kann. Bei Brennstoffzellen definiert die ISO 14687 verschiedene zulässige Wasserstoffreinheitsgra-

de (O<sub>2</sub> begrenzt: 5–200 ppm). Die Bandbreite verdeutlicht, dass eine auf die spezifischen Anforderungen abgestimmte Katalysatorlösung entscheidend für die Effizienz des Gesamtsystems ist.

#### Katalysatoren mit feinverteilten Edelmetallkomponenten

Platin und Palladium haben sich als Materialien für die Niedertemperatur-Wasserstoffoxidation etabliert. Heraeus Expertise liegt in der Herstellung von Katalysatoren mit feinverteilten Edelmetallkomponenten auf stabilen, hochporösen Trägermaterialien im industriellen Maßstab, mit denen maximale O<sub>2</sub>-Umsätze bei minimalem Edelmetalleinsatz erzielt werden können. Im Zuge der Materialentwicklung führt Heraeus dazu katalytische Belastungstests an den Katalysatoren durch, die auf Anwendungen für Elektrolyseure zugeschnitten wurden. Unter anspruchsvollen Betriebsbedingungen – bei niedrigen Temperaturen und sehr hohen Raumgeschwindigkeiten – werden Unterschiede zwischen verschiedenen Materialien hervorgehoben. Ein Pt-Katalysator kann hierbei exemplarisch etwa einen Umsatz von ca. 98,5% O<sub>2</sub> zeigen, während ein angepasster bimetallischer Pt-Pd-Katalysator unter identischen Bedingungen noch immer mehr als

99,9% Umsatz erzielt. Beide Werte bewegen sich nahe des Vollumsatzes – abhängig der nachfolgenden Wasserstoffnutzung kann dieser geringe Unterschied jedoch bereits entscheidend für ein Einhalten der O<sub>2</sub>-Zielwerte sein.

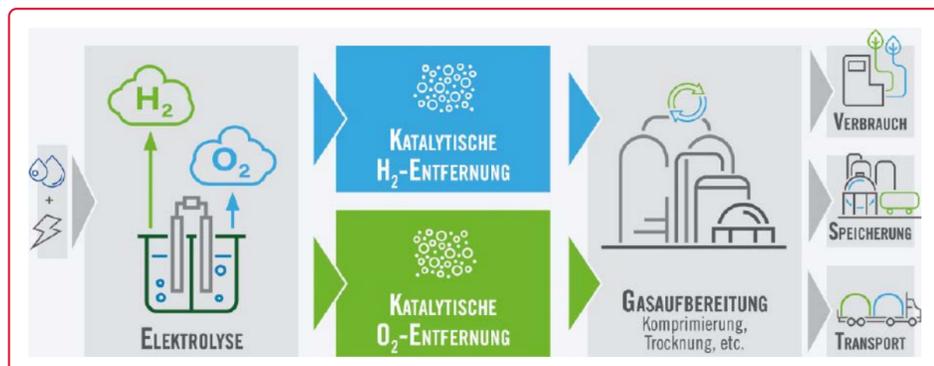
H<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> können, katalysiert von Edelmetallen, bereits unterhalb von Raumtemperatur reagieren. In der Praxis existieren jedoch Einschränkungen hinsichtlich der sinnvoll nutzbaren unteren Temperaturgrenze, was eine Anpassung der Betriebsbedingungen und die gezielte Auswahl des optimalen Edelmetallgehalts erfordert. Ein entscheidendes Kriterium für den geeigneten Katalysator und das Reaktordesign stellt Wasser im Gasstrom dar. Nahe vollständiger Sättigung kann es zu deutlichen Auswirkungen auf die Katalysatoraktivität kommen, was insbesondere für Reinstwasserstoff relevant ist. Pt- und Pd-Katalysatoren verhalten sich hinsichtlich ihrer Wassertoleranz bei der O<sub>2</sub>-Entfernung bei tiefen Temperaturen unterschiedlich, so dass die genaue Kenntnis der Zusammensetzung des Feeds und der geforderten H<sub>2</sub>-Reinheit entscheidend für die Wahl des Katalysators ist. Stark schwankende Energieverfügbarkeit und ein resultierender schwankender H<sub>2</sub>-Massenstrom muss in der Planungsphase ebenso berücksichtigt werden. In enger Kooperation mit dem Kunden wird daran gearbeitet, das technisch beste und wirtschaftlichste Design jeder individuellen katalytischen Reinigungsstufe zu definieren.

#### Zusammenfassung

Edelmetalle sind zentrale Elemente der Prozesskette zur Erzeugung und Nutzung von erneuerbarem Wasserstoff. Ihre Rolle ist entscheidend für die Applikation von Elektrolyse-Wasserstoff in der zukünftigen Industrielandschaft. HeraPur-Gasreinigungskatalysatoren bieten dazu optimierte und effiziente Lösungen für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft. Über etablierte Recyclingprozesse lassen sich die Edelmetalle mit Ende der Katalysatorlaufzeit nahezu vollständig rückgewinnen.

Stefan Nottelmann, Application Engineer; Ilaria Longobardo, Sales Managerin; Christian Breuer, Global Technology and Application Manager, Heraeus Precious Metals, Hanau

■ [ilaria.longobardo@heraeus.com](mailto:ilaria.longobardo@heraeus.com)  
■ [www.heraeus-precious-metals.com](http://www.heraeus-precious-metals.com)



Prozesskette „Grüner Wasserstoff“: H<sub>2</sub>-Herstellung mittels Elektrolyse mit anschließender Gasreinigung zur Weiterverarbeitung oder Speicherung.

SOURCING  
LOGISTIK  
DISTRIBUTION  
LOHNPRODUKTION

**DAS GANZE SPEKTRUM  
GEBÜNDELT IN EINEM  
PARTNER.**

Über 20.000 Kunden weltweit vertrauen auf uns als ihren Single Sourcing Partner für die bedarfsgerechte und sichere Distribution ihres chemischen Bedarfs.  
Kunde werden auf [hugohaeffner.com](http://hugohaeffner.com)

**HÄFFNER**  
GMBH & CO. KG

**RG**  
Richard Geiss GmbH

**REINHEIT IN PERFEKTION**  
HOCHREINE LÖSEMITTEL - PERFEKTE ERGEBNISSE

- AUFARBEITUNG VON LÖSEMITTELN
- VERTRIEB HOCHREINER DESTILLATE
- LOHNDESTILLATION
- LOHNVEREDELUNG VON LÖSEMITTELN
- SUPPORT UND ANWENDUNGSBERATUNG
- SICHERHEITSSYSTEME FÜR LÖSEMITTEL
- TANKCONTAINERLOGISTIK

Richard Geiss GmbH | D-89362 Offingen/Donau | T + 49 8224 807-0  
F + 49 8224 807-37 | [info@geiss-gmbh.de](mailto:info@geiss-gmbh.de) | [www.geiss-gmbh.de](http://www.geiss-gmbh.de)

**wolfram chemie**

**Catalyzing  
sustainability with  
advanced R&D  
services**

SCHWERPUNKTE:

- Materialien für die Energiespeicherung und -umwandlung
- Rohstoffe für neue Technologien
- Technologische Innovationen im Bereich der erneuerbaren Energien
- Nachhaltigkeit bei industriellen Prozessen

+49 30 992 118 210  
[contact@wolfram-chemie.com](mailto:contact@wolfram-chemie.com)  
[WWW.WOLFRAM-CHEMIE.COM](http://WWW.WOLFRAM-CHEMIE.COM)