

Alkalische Elektrolyse oder Anionenaustauschermembran?

Wasserelektrolyse: Aktuelle Lösungsansätze aus Forschung und Industrie zur Herstellung von grünem Wasserstoff

Wasserstoff gilt als „Wundermittel“ im Kampf gegen den Klimawandel. Speziell mit grünem Wasserstoff, der aus erneuerbaren Energien wie Solar oder Wind gewonnen wird, soll die energieintensive Industrie klimaneutral werden. Die Erzeugung von Wasserstoff etwa durch die Zerlegung von Wasser ist jedoch selbst energieintensiv. Für den Hochlauf der Wasserstoffproduktion sind die Energieeffizienz der Verfahren und die Skalierungsmöglichkeit im Anlagenbau entscheidende Wachstums- und Wettbewerbsfaktoren.



Keywords

- **Wasserstoffproduktion**
- **Elektrolyseverfahren**
- **Anlagenbau**

Bei der Elektrolyse wird Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff durch Zufuhr von elektrischem Strom gespalten. Mitentscheidend für eine klimaneutrale Wasserstoffwirtschaft ist daher die Entwicklung effizienter Elektrolyseverfahren. Nicht nur die chemische Industrie, sondern auch andere Sektoren wie die Stahlindustrie oder der Mobilitätssektor

werden große Mengen an Wasserstoff benötigen, die ohne Kohlendioxid-Emissionen erzeugt wird. Der prognostizierte Bedarf an Elektrolyseanlagen übersteigt bei Weitem das aktuelle Angebot. Laut einer Studie der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften besteht allein für die Industrie in Deutschland ein Bedarf im Jahr 2030 von mindestens 20 GW installierte

Elektrolyseleistung für die Herstellung von Wasserstoff. Installiert werden bis dahin maximal wohl aber nur 7 bis 8 GW.

Wie gelingt also die Produktion von effizienten und kostengünstigen Elektrolyseanlagen für eine großtechnische Wasserstoffherstellung? Zwei Veranstaltungen im März zeigten jüngst einige Lösungsansätze aus Forschung



In Rodenbach betreibt De Nora ein modernes Fertigungs- und Beschichtungsproduktionszentrum

© De Nora Deutschland



„
Wir sind gut vorbereitet auf den
Wachstumsmarkt Wasserstoff,
“

erläuterte Dr. Werner Ponikwar, CEO von
Thyssenkrupp Nucera, auf einem Open
House Event im März.

© Thyssenkrupp Nucera

und Industrie: Die dreitägige Chemiekonferenz „ICRC - International Conference on Resource Chemistry“ bei der Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau und ein Open House Event

von Thyssenkrupp Nucera und De Nora in Rodenbach bei Hanau. Der Fokus lag dabei auf der AEM-Elektrolyse (AEM = Anion Exchange Membrane) und der alkalischen Elektrolyse (AEL) von Wasser.

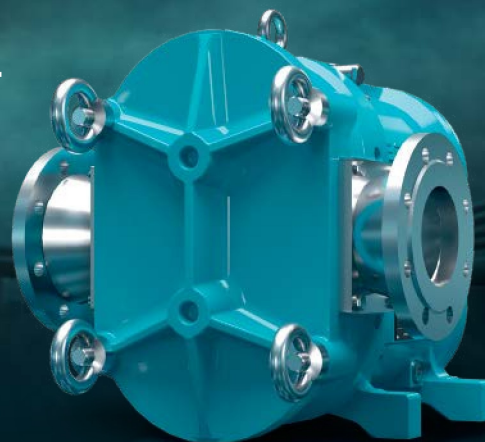
AEM-Elektrolyse kombiniert verschiedene Vorteile

Auf der Chemiekonferenz ICRC beim Fraunhofer IWKS diskutierte eine internationale Community über aktuelle Entwicklungen in der Ressourcenchemie. Dabei standen auch „Green Materials for Green Hydrogen“ im Mittelpunkt. Einen Interessanten Vortrag gab es unter anderem von Dr. Steffen Hasenzahl, Evonik Operations Creavis („Successful development and scale-up of materials as pre-condition for a climate neutral hydrogen economy“). Er berichtete über die Entwicklung eines anionenleitenden Polymers und dessen Verwendung zur Herstellung einer neuartigen Anionenaustauschermembran für die AEM-Elektrolyse. Die AEM-Technologie hat aus Sicht von Evonik das Potenzial, die kostengünstigste grüne Wasserstoffproduktion zu ermöglichen, da sie die Vorteile der AEL- und der PEM-Elektrolyse ohne deren Nachteile vereint.

Die ausgereifteste und älteste Technologie ist die alkalische Elektrolyse mit einem porösen Diaphragma als Separator zwischen den beiden Halbzellen, in denen Wasserstoff und Sauerstoff gebildet werden. Weniger ausgereift ist die PEM-Elektrolyse (Protonenaustauschmembran), gefolgt von der AEM-Elektrolyse (Anionenaustauschermembran), die beide eine Ionenaustauschermembran als Separator verwenden. Ähnlich wie bei AEL ermöglicht das alkalische Medium die Verwendung kostengünstiger Elektrokatalysatoren und Elektrolyseure-Komponenten. Wie bei der PEM-Elektrolyse ermöglicht

INDUSTRIELL INDIVIDUELL

MASSGESCHNEIDERTE DREHKOLBENPUMPEN
FÜR NAHEZU JEDES MEDIUM



Warum wir wissen, welches die optimale Pumpe für Sie ist?
Weil wir Ihre Prozesse verstehen. Aus Erfahrung.
www.boerger.de

ACHEMA2024

Halle 8 | Stand A38

BÖRGER
EXCELLENCE - MADE TO LAST

CITplus-Wissen

Die elektrochemische und energieintensive Spaltung (Elektrolyse) von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff ist seit rund 200 Jahren bekannt, rückt aber erst jetzt durch die Nutzung erneuerbarer Energien in den Fokus der großtechnischen Wasserstoffherstellung. Die Entwicklung effizienter Elektrolyse-Verfahren gilt als entscheidend für eine klimaneutrale Wasserstoffwirtschaft. Es gibt verschiedene Verfahren, und die richtige Wahl hängt von verschiedenen Faktoren ab. Bislang liefern sich verschiedene Elektrolyse-Technologien ein Kopf-an-Kopf-Rennen:

- Bei der **alkalischen Elektrolyse (AEL)** werden flüssige basische Elektrolyte wie Kalilauge-Lösungen genutzt, um Wasserstoff mit hohem Reinheitsgrad zu gewinnen. Die Alkalische Elektrolyse eignet sich gut für große Anlagen mit konstanter Stromversorgung. Sie hat eine lange Tradition, gilt jedoch als weniger effizient als alternative Verfahren.
- Die Polymerelektrolytmembran oder **Protonenaustauschmembran-Elektrolyse (PEM-Elektrolyse)** ist sehr dynamisch und für die Kopplung mit schwankenden Stromquellen besser geeignet als die alkalische Elektrolyse, benötigt aber für die Elektroden unter anderem das seltene Edelmetall Iridium. Diese Methode ist effizienter als die AEL und hat eine schnellere Reaktionsgeschwindigkeit.
- Die **Anionenaustauschmembran-Elektrolyse (AEM-Elektrolyse)** kombiniert die Vorteile der alkalischen Elektrolyse (Wirtschaftlichkeit) und der PEM-Elektrolyse (Lebensdauer).
- Die **Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEC – Solid Oxide Electrolyzer Cell)** erfolgt bei hohen Temperaturen von 800 bis 900 °C, als keramischer Festoxid-Elektrolyt kommt z.B. Zirkoniumdioxid zum Einsatz. Die Methode bietet Vorteile bzgl. Effizienz und Wärmerückgewinnung und kann in Kombination mit erneuerbaren Energiequellen wie Solarenergie oder Geothermie eingesetzt werden.

die Polymerelektrolytmembran den Betrieb bei hohen Stromdichten und die Wasserstoffproduktion unter Differenzdruck. Um diese Vorteile zu nutzen, muss die Anionenaustauschmembran eine hohe Ionenleitfähigkeit mit einer hohen chemischen und mechanischen Stabilität kombinieren.

Durch die Integration der innovativen anionenleitenden Anionenaustauschmembran in

einen AEM-Elektrolyseur können laut Evonik die Investitions- und Betriebskosten der grünen Wasserstoffherzeugung im Vergleich etwa zur PEM-Wasserelektrolyse, gesenkt werden. Da der Betrieb der AEM-Elektrolyse unter leicht alkalischen Bedingungen stattfindet, können edelmetallfreie Katalysatoren für die Elektroden und preiswerte Werkstoffe für die Zellen eingesetzt werden.



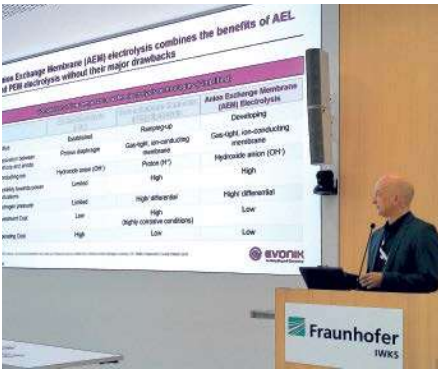
Thyssenkrupp Nucera setzt auf alkalische Wasserelektrolyse

Wie die Transformation der Energiewende schon in der Industrie funktioniert, zeigte sich beim ersten gemeinsamen „Joint Open House“ von Thyssenkrupp Nucera und De Nora. Seit mehr als 20 Jahren bündeln beide Hightech-Unternehmen ihr Know-how auf dem Gebiet der Elektrolyse. Beide Unternehmen informierten die internationale Finanzwelt darüber, wie sie sich auf den Zukunftsmarkt Wasserstoff vorbereiten. Analysten, Investoren sowie Kunden erfuhren unter anderem von den beiden CEOs, Dr. Werner Ponikwar von Thyssenkrupp Nucera und Paolo Dellachà vom De Nora Mutterkonzern in Mailand, wie die Elektrolysetechnologien beider Unternehmen die Dekarbonisierung der Industrie und ein transformiertes globales Energiesystem beschleunigen. „Unser gemeinsames Engagement für den kontinuierlichen technologischen Fortschritt bildet die Grundlage dieser langjährigen Partnerschaft, da wir zusammenarbeiten, um Umweltbewusstsein und innovative Lösungen zusammenzubringen. Wir haben die Power zum industriellen Scale-up. Wir sind gut vorbereitet auf den Wachstumsmarkt Wasserstoff“, erläuterte Dr. Werner Ponikwar.

Dafür werden unter anderem effiziente Elektroden benötigt. Die De Nora Deutschland aus Rodenbach gehört zu den Weltmarktführern in der Herstellung und im Vertrieb von Elektroden und Beschichtungen, die in elektrochemischen Prozessen eingesetzt werden, und ist auf Technologien zur Herstellung von grünem Wasserstoff spezialisiert. Das Unternehmen entwickelt, fertigt und vertreibt Anoden aus Titan und Nickel mit Mischoxid- oder Platinbeschichtungen, Elektrolysesysteme zur Metallrückgewinnung sowie für Oxidations- und Reduktionsprozesse. Die Weiterentwicklung und Produktoptimierung sowie gemeinsame Entwicklungen mit der Großchemie stehen dabei im Blickpunkt. Die Mischproduktion umfasst vor Ort in Rodenbach die klassische Elektrodenproduktion für die Elektroindustrie, für die Galvanikindustrie und für den Korrosionsschutz. Hauptprodukt sind 2,7 m² große rechteckige schwarze, metallische, feinmaschige, flache Membranzellen für den Einsatz in der Chloralkalielektrolyse zur Herstellung von Grundchemikalien wie Chlor.

Meilenstein-Projekt: Scalum, ein innovatives Standardmodul für die alkalische Wasserelektrolyse, um grünen Wasserstoff im industriellen Maßstab herstellen zu können.

© Thyssenkrupp Nucera



Auf der Chemiekonferenz ICRC beim Fraunhofer IWKS informierte Dr. Steffen Hasenzahl, Evonik Operations Creavis, über die Entwicklung eines anionenleitenden Polymers und dessen Verwendung zur Herstellung einer neuartigen Anionenaustauschermembran für die AEM-Elektrolyse.

© Dr. Jörg Wetterau



Dr. Jörg Wetterau,
Labor für Kommunikation

Evonik auf der Achema
Halle 9.0 – Stand D78

Fraunhofer IKTS auf der Achema
Halle 4.0 – Stand D3

Wiley Online Library



Meilenstein-Projekt Scalum

Ein weiteres Anwendungsfeld sind Brennstoffzellenelektroden (Gasdiffusionselektroden). Aufgrund der Wasserstoffthematik ist die Nachfrage nach diesen Elektroden kontinuierlich steigend. Zusammen mit Thyssenkrupp Nucera fertigt De Nora Elektrolyseure für die Gewinnung von Wasserstoff im Gigawattbereich. Elektroden-Know-how aus Rodenbach findet sich daher auch im neuen Meilenstein-Projekt von Thyssenkrupp Nucera: Scalum, ein innovatives Standardmodul für die alkalische Wasserelektrolyse, um grünen Wasserstoff im industriellen Maßstab herstellen zu können. Der Anlagenbauer kombiniert rund 300 hocheffiziente Zellen zu einer leistungsstarken Einheit mit einer Systemleistung von 20 MW. Konzipiert als standardisierte modulare Lösung, die einfach miteinander verbunden und Einheit für Einheit skaliert werden kann. Ein Modul ist 40 m lang und 5 m hoch. Auf einem Fußballfeld durchschnittlicher Größe können ungefähr 20 dieser Hightech-Module platziert werden. Eine neue Zwei-Gigawatt-Anlage mit diesen Modulen in Saudi-Arabien wird bspw. eine Größe von fünf Fußballfeldern haben.

Heute ist die alkalische Wasserelektrolyse laut Thyssenkrupp Nucera die einzige verfügbare Lösung zur Herstellung von grünem Wasserstoff im industriellen Maßstab im Bereich von mehreren hundert Megawatt bis hin zu Gigawatt. Der grüne Wasserstoffmarkt benötigt nach Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA) für 2050 die 3.000-fache jährliche Menge an grünem Wasserstoff im Vergleich zu heute, um Klimaneutralität zu ermöglichen. Entsprechend muss auch die Herstellung von Elektrolyseuren deutlich hochgefahren werden, um den Wasserstoffbedarf zu decken. „Stand jetzt liegt die weltweit installierte Elektrolysekapazität bei etwas mehr als einem Gigawatt. Wir brauchen bis 2050 aber die 3.000-fache Leistung“, veranschaulichte Werner Ponikwar beim Open House-Event in Rodenbach. Und das bedeutet: Bis 2050 müssen pro Jahr im Schnitt 115 Gigawatt dazukommen.

Klar ist: Um diese Leistung in Zukunft zur Verfügung stellen zu können, müssen alle Elektrolyseverfahren zur Erzeugung von grünem Wasserstoff (s. Infokasten) parallel wei-

terentwickelt werden. Nicht ohne Grund stärkt der Dortmunder Anlagenbauer daher auch sein Technologieportfolio durch die Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEC -Solid Oxide Electrolyzer Cell) des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme IKTS. Thyssenkrupp Nucera und das Fraunhofer IKTS gehen hierzu eine strategische Partnerschaft ein. Die Kooperation soll helfen, die letzten Schritte hin zur industriellen Fertigung und Anwendung der Hochtemperatur-Elektrolyse zu gehen.

Thyssenkrupp Nucera AG & Co. KGaA, Dortmund
info@thyssenkrupp.com
www.thyssenkrupp-nucera.com

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden
www.ikts.fraunhofer.de

Evonik Operations GmbH Creavis, Marl
info-creavis@evonik.com · www.creavis.com

SERVICE IM FOKUS



C. OTTO GEHRCKENS
DICHTUNGSTECHNIK

SERIENTÄTER



ACHEMA2024

Besuchen Sie uns:
am 10.-14.06.2024
in Halle 8.0, Stand E61

Wir gestehen,
COG trägt die Verantwortung für viele serienmäßige Erfolge unserer Kunden. Von der Idee über die Mischungsentwicklung bis zur Produktion kundenspezifischer Elastomerlösungen und Assembling.

- Einzelne O-Ringe oder komplett montiert
- Full Service: Entwicklung, Konstruktion und Prototyping
- Logistik, Produktion, Montage und Konfektionierung

Fordern Sie jetzt Akteneinsicht in die Erfolge unserer Kunden an: info@cog.de

COG.de