

Wirtschaftliche und ökologische Fortschritte dank vielseitiger Membranen

Wie Ionenaustauschermembranen unsere Welt verändern können





Zusammenfassung

Ionenaustauschermedien haben vielseitige Einsatzmöglichkeiten, die auf unsere Wirtschaft und unseren Planeten positiv auswirken können. Ihre Vielseitigkeit ermöglicht die Entwicklung neuer Anwendungen und nachhaltigerer Geschäftsprozesse weltweit. Dieses Dokument behandelt verschiedene Ionenaustauschermaterialien erläutert, wobei der Fokus vor allem auf Ionenaustauschermembranen liegt. In der

Produktion vieler Industriezweige können IEM dazu beitragen, den Kohlenstoffausstoß zu verringern und effizientere Wege zum Umgang mit weltweiten Ressourcen wie Wasserstoff und Strom zu finden.

Sauberere und kostengünstigere Prozesse können unsere Welt verbessern

Effizienz und Kosteneinsparungen waren schon immer die wichtigsten Produktions- und Betriebsziele eines jeden Unternehmens; aber in den letzten Jahrzehnten ist die Nachhaltigkeit ebenso wichtig geworden. Die Umsetzung aller drei Ziele bedeutet, die Emissionen und Abfälle aus der Produktion zu reduzieren und sicherzustellen, dass die Prozesse langfristig kostengünstig und wiederholbar sind.

Manchmal können die für die Produktion oder den Betrieb erworbenen Materialien den Unternehmen helfen, diese Ziele zu erreichen. Es ist jedoch schwer, sich ein Produkt vorzustellen, das dazu beiträgt, mehr Effizienz, Kosteneinsparungen und Nachhaltigkeit in mehr als einer Branche zu ermöglichen. Aber es gibt solche vielseitigen und anpassungsfähigen Produkte: Ionenaustauschermedien.

Diese ionisch leitfähigen Materialien bilden die Grundlage für attraktive Konzepte wie die Wasserstoffwirtschaft. Die Wasserstoffwirtschaft¹ ist ein System, in dem Wasserstoff Kohlenwasserstoffe ersetzt und verwendet wird, um saubere Energie zu erzeugen, die Energiespeicherung zu unterstützen und eine effiziente Verteilung zu ermöglichen. Der Energiesektor ist jedoch nur einer von vielen Bereichen, in denen Ionenaustauschermedien Fortschritte bringen können. Insgesamt könnten Ionenaustauschermedien dank ihrer Vielseitigkeit zahlreiche wirtschaftliche und ökologische Verbesserungen für unsere Welt ermöglichen.



¹Quelle: <https://www.weforum.org/agenda/2018/11/this-is-the-potential-of-the-hydrogen-economy>

Typen von Ionenaustauschermedien: Membranen, Dispersionen und Polymere

Alle IXMs müssen chemisch beständig und in der Umgebung, in der sie eingesetzt werden, haltbar sein, wenn sie gute Leistungen erbringen sollen. Ionenaustauschermedien sind je nach Anwendung in verschiedenen Formen verfügbar. Dazu zählen:

Membranen

Ionenaustauschermembranen dienen als Separator und Festelektrolyt in elektrochemischen Zellen, wobei die Membran den Durchgang von Kationen und/oder Anionen von einer Zelle in die andere zulässt. Sie können zur Erzeugung von Wasserstoff, Energie und Natriumhydroxid oder zur Energiespeicherung mittels Redox-Flow-Batterien verwendet werden.

Verstärkte Membranen

Ionenaustauschermembranen können zudem mit festen und langlebigen Materialien verstärkt werden, um die mechanische Festigkeit des des Polymers zu verbessern. Dies trägt dazu bei, die Degradation zu verringern, die Haltbarkeit zu verbessern, größere Betriebsbereiche zu ermöglichen und die Lebensdauer der Membran zu verlängern. Verstärkte Membranen sind vorteilhaft und/oder für einige Anwendungen notwendig, wie z. B. die Chloralkali-Elektrolyse und Brennstoffzellen.

Dispersionen

Eine Dispersion ist ein Gemisch aus mindestens zwei Stoffen, die sich nicht oder kaum ineinander lösen oder chemisch miteinander verbinden. Polymerdispersionen werden üblicherweise zur Herstellung von Dünnschichten und Beschichtungen für Brennstoffzellenmembranen, Katalysatorbeschichtungen und eine Vielzahl elektrochemischer Anwendungen verwendet. Bei Brennstoffzellen können einige Dispersionen die Menge des als Katalysator eingesetzten Platins verringern.

Polymere

Polymere dienen als Trägerstruktur und Medium für den Ionenaustausch. Es gibt mehrere Arten von Ionenaustauscherpolymeren. Die meisten verfügbaren Polymere kommen in Trenn-, Reinigungs- und Dekontaminationsverfahren zum Einsatz, z. B. bei der Wasserenthärtung und -reinigung.

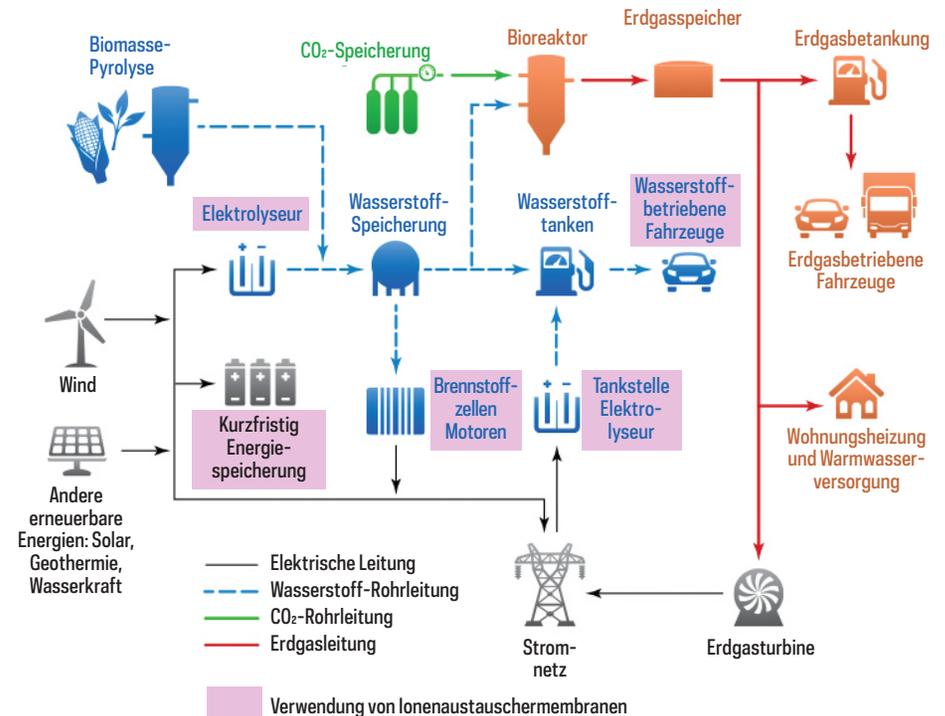


Großes Marktpotenzial für Ionenaustauschermembranen

Durch Ionenaustausch über Membranen lassen sich je nach Anwendungsbereich viele wünschenswerte Produkte herstellen. Am häufigsten werden Ionenaustauschermembranen in der Chloralkali-Elektrolyse und in Brennstoffzellen eingesetzt. Es gibt jedoch umfangreiche Möglichkeiten in neuen und wachsenden Anwendungen wie Brennstoffzellen, Wasserelektrolyse und Energiespeicherung.

Anwendungen mit dem größten Potenzial für Ionenaustauschermembranen sind unter anderem:

- **Energieerzeugung** – Einsatz in Brennstoffzellen zur Umwandlung von Wasserstoff in Elektrizität
- **Wasserstofferzeugung** – Einsatz in der Wasserelektrolyse zur Umwandlung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff
- **Energiespeicherung** – Einsatz zur Speicherung zu viel produzierter erneuerbarer Energie mit Hilfe von Redox-Flow-Batterien und Wasserstoff²
- **Elektrochemische Prozesse** – Einsatz zur Herstellung von elektrochemischen Spezialprodukten, z. B. in der Chloralkali-Elektrolyse
- **Wasserreinigung** – Einsatz in der Entsalzung mittels Elektrodialyse



²Quelle: <https://www.sme.org/technologies/articles/2018/december/fuel-cells-lithium-ion-batteries-are-stand-out-candidates-for-energy-storage>

Ein genauerer Blick auf die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Ionenaustauschermembranen

Ionenaustauschermembranen eignen sich für den Einsatz unter unterschiedlichsten Bedingungen und behalten ihre Eigenschaften über einen langen Zeitraum. Dank dieser Flexibilität sind Konstrukteure und Ingenieure in der Lage, die Eigenschaften der Membran (wie z. B. die Dicke der Membran) auf ihre Anwendung abzustimmen und so die Prozesseffizienz und Produktqualität zu optimieren.

Je nach Modifizierung können Ionenaustauschermembranen dazu beitragen, die Effizienz, Kosten und Nachhaltigkeit in den folgenden Anwendungen zu verbessern:

Energieerzeugung

Viele Branchen setzen auf saubere Energieerzeugungsverfahren wie Brennstoffzellen, um CO₂-Emissionen zu vermeiden.³ Wenn Brennstoffzellen mit Wasserstoff betrieben werden, erzeugen sie neben elektrischer Energie lediglich Wärme und Wasser. Sie verwenden eine Ionenaustauschermembran, eine so genannte Protonenaustauschermembran (PEM), um Wasserstoffprotonen selektiv auszutauschen und Elektronen durch einen externen

Stromkreis zu zwingen, der elektrische Energie erzeugt. Brennstoffzellen produzieren elektrische Energie, solange ihnen Brennstoff zugeführt wird und benötigen keinen separaten Ladeschritt wie Batterien.

In der Zukunft könnten Brennstoffzellen die erste Wahl für den Antrieb von Verkehrsmitteln sein. Wasserstoffbetriebene Busse, Lkw, Autos, Züge, Flugzeuge und Frachtschiffe könnten irgendwann mit fossilen Brennstoffen betriebene Verkehrsmittel ersetzen. Diese Energielösung bietet das beste Verhältnis aus Nachhaltigkeit und Effizienz.

Wasserstoffherzeugung

Immer mehr internationale Bestimmungen verlangen eine Reduktion der Emissionen⁴ und haben das Streben nach einer Wasserstoffwirtschaft stärker in den Vordergrund gerückt.⁵ Obwohl die traditionellen Methoden zur Wasserstoffherzeugung –

Wasserdampf- oder Ölreformierung und Kohlevergasung – effizienter und nachhaltiger sind als die direkte Nutzung fossiler Brennstoffe, stoßen sie immer noch erhebliche Mengen an Treibhausgasen aus.

Die Wasserelektrolyse ist jedoch ein Prozess, durch den Wasserstoff ohne schädliche Emissionen erzeugt werden kann, solange die aufgewendete Energie aus einer erneuerbaren Quelle stammt.⁶ Während des Prozesses wandelt ein Elektrolyseur mittels einer Ionenaustauschermembran Elektrizität und Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff um, die für eine spätere Verwendung gespeichert werden können. Dieser gespeicherte Wasserstoff kann dann in Elektrizität umgewandelt werden, die bei Lastspitzen in die die Energienetze gespeist werden kann.

³Quelle: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/early-adoption-fuel-cell-technologies>

⁴Quelle: <https://afdc.energy.gov/fuels/laws/HY?state=US>

⁵Quelle: https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_benefits.html

⁶Quelle: http://www.sciencenter.org/climatechange/d/cart_activity_guide_energetic_electrolysis.pdf

Industrielle Elektrolysesysteme werden durch Verbesserungen in der Membrantechnologie immer wirtschaftlicher und kommerzieller, sodass sie in Zukunft leichter eingesetzt werden können.

Energiespeicherung

Effiziente und effektive Energiespeicherung ist für die globale Energieversorgung und die Energieinfrastrukturen von entscheidender Bedeutung, da sie einige der größten Probleme im Zusammenhang mit der industriellen Erzeugung erneuerbarer Energie lösen kann.

Zum Beispiel stehen große Mengen an Wind- und Sonnenenergie meist dann zur Verfügung, wenn die Nachfrage gering ist, da sie fluktuierend produziert werden. In ähnlicher Weise bleibt überschüssige Energie aus der Basisstromproduktion in Zeiten geringer Nachfrage oft ungenutzt. In beiden Fällen kann die Energie in einer Redox-Flow-Batterie gespeichert und bei erhöhter Nachfrage bereitgestellt werden.⁷ Die Verwendung von Redox-Flow-Batterien maximiert auf diese Weise die Produktion erneuerbarer Energie, ohne die Versorgungsnetze zu destabilisieren.

Redox-Flow-Batterien sind wiederaufladbare Batterien. Sie bestehen aus zwei Elektrolytkreisläufen, die über eine Membran getrennt sind. Mit Hilfe dieser Elektrolyte lässt sich elektrische Energie erzeugen, indem durch eine galvanische Zelle geleitet werden, deren beiden Hälften durch eine Ionenaustauschermembran getrennt sind. Dieses System ermöglicht die Entkoppelung der gespeicherten von der erzeugten Energie und

bietet so eine höhere Flexibilität im Vergleich zu anderen Batterien. So zum Beispiel hinsichtlich Kapazität: Redox-Flow-Batterien eignen sich für den Einsatz in einem breiten Spektrum von Energiespeicheranwendungen und ermöglichen Kapazitäten im Bereich von kW/h bis hin zu MW/h. Letztendlich bieten sie eine wirtschaftliche, sichere und umweltverträgliche Lösung zur Speicherung elektrischer Energie.⁸



⁷Quelle: <https://www.sciencemag.org/news/2018/10/new-generation-flow-batteries-could-eventually-sustain-grid-powered-sun-and-wind>

⁸Quelle: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/redox-flow-battery>

Chloralkali-Elektrolyse

Nahezu die Hälfte der weltweiten Chemieproduktion hängt von den beiden Hauptprodukten der Chloralkali-Elektrolyse ab: Natriumhydroxid, auch Ätznatron bzw. Ätzlauge, sowie Chlor.⁹ Chlor allein wird zur Herstellung von Baustoffen aus Polyvinylchlorid (PVC) und vielen anderen chemischen Zwischenprodukten verwendet. Natriumhydroxid allein wird zur Herstellung vieler Massenprodukte wie Papier, Aluminium, kommerzielle Abfluss- und Ofenreiniger, Seifen und Reinigungsmittel verwendet. Chlorbleiche wird aus beiden Chemikalien hergestellt.

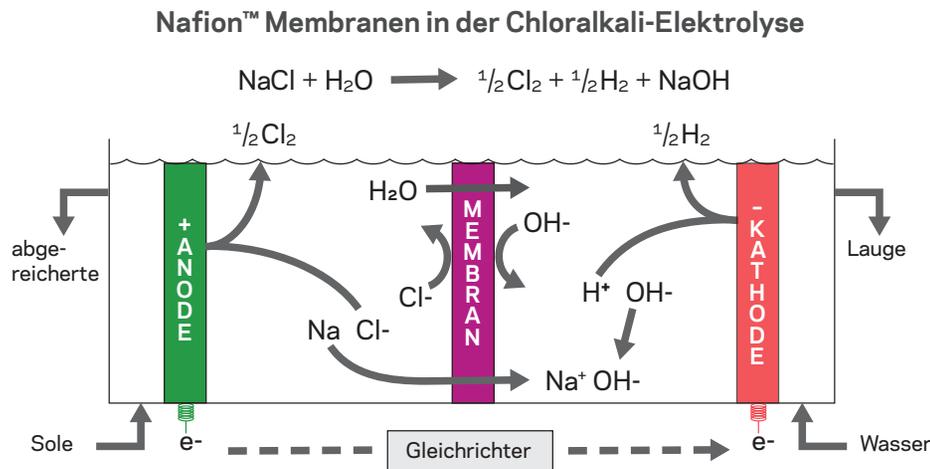
Frühere Produktionstechniken für Chlor und Natriumhydroxid waren sowohl gefährlich für die Arbeiter als auch energieaufwändig und umweltschädlich. Moderne und sicherere Produktionsverfahren verwenden eine Ionenaustauschermembran zwischen zwei Halbzellen, um Sole in Chlor und Natriumhydroxid zu elektrolysieren. Dank Ionenaustauschermembranen verbraucht die Chloralkali-Elektrolyse weniger Energie und hat eine wesentlich geringere Auswirkung auf die Umwelt.

Meerwasserentsalzung

Süßwasser macht etwa 3 % der weltweiten Wasservorkommen aus, wobei zwei Drittel davon in Gletschern gefroren oder anderweitig unzugänglich sind.¹⁰ Darüber hinaus haben weltweit fast 1,1 Milliarden Menschen keinen Zugang zu Trinkwasser.¹¹ Leider werden die rasch wachsenden städtischen Gebiete die Wasserknappheit zunehmend verschärfen, und der Klimawandel wird die Nachfrage nach Süßwasser weiter verstärken.¹²

Traditionelle Entsalzungsverfahren, die dem Meerwasser Salze und Mineralien entziehen und zur Verwendung durch den Menschen oder zur Bewässerung brauchbar machen, sind kostspielig und verbrauchen viel Energie. Eine praktischere und kostengünstigere Alternative ist die Verwendung von Ionenaustauschermembranen für die Elektrodialyse. Bei der Elektrodialyse werden Salzionen von einer Lösung durch eine Ionenaustauschermembran hindurch zu einer anderen Lösung transportiert, indem eine elektrische Potentialdifferenz angelegt wird.

Diese Membran-basierte Lösung könnte eine entscheidende Rolle bei der Deckung des weltweiten Süßwasserbedarfs sowie bei der Erzeugung von sauberem Wasser für die Landwirtschaft, die Medizin und die chemische Industrie spielen.



⁹Quelle: <https://www.marketwatch.com/press-release/chlor-alkali-market-research-reports-2019-global-industry-size-share-emerging-trends-growth-boosted-by-demand-and-advanced-technology-till-2022-mrfr-2019-07-08>

¹⁰Quelle: https://www.usgs.gov/faqs/how-much-earths-water-stored-glaciers?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products

¹¹Quelle: <https://www.worldwatercouncil.org/en/water-supply-sanitation>

¹²Quelle: <https://www.unwater.org/water-facts/climate-change>

Weltweite Ressourcen in größerem Umfang erschließen und für alle zugänglich machen

Ionenaustauschermembranen spielen in der modernen Welt von heute eine wichtige Rolle und bestimmen die Zukunft der Energieerzeugung, Energiespeicherung, elektrochemischen Verarbeitung und Wasserreinigung. Für eine effiziente Funktion müssen Ionenaustauschermembranen die für die jeweilige Zelle richtigen Ionentransporteigenschaften besitzen. Zu diesen Eigenschaften gehören

- hohe Leitfähigkeit
- chemische Beständigkeit
- hohe Betriebstemperaturbereiche
- geringe Permeabilität
- ausgewogene Kombination aus Langlebigkeit und Leistung

In all diesen Bereichen können Nafion™ Membranen punkten.

Nafion™ Membranen haben aufgrund ihrer ausgezeichneten chemischen, thermischen und mechanischen Stabilität als Protonenleiter für Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen (PEM-Brennstoffzellen) große Beachtung gefunden. Zudem besitzen Nafion™ Membranen eine lange Lebensdauer und hohe Leistung und sind daher eine bevorzugte Lösung für neue Systeme oder bestehende Prozesse, die Ionenaustauschermembranen erfordern.



Den Energiemarkt neu erfinden – mit Nafion™ Membranen

Dank seiner mehr als 50-jährigen Erfahrung verfügt das Team Nafion™ Membranen und Dispersionen über das entsprechende Know-how, um der Energiewirtschaft den Weg zu einer sichereren und saubereren Welt zu ebnet. Nafion™ Ionenaustauschermembranen gelten als bevorzugte Produkte für die Chloralkali-Elektrolyse, denn sie bieten beispiellose Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit. Heute ermöglichen Nafion™ Membranen zudem innovative Lösungen für die Energiespeicherung, die Brennstoffzellentechnik, die Wasserelektrolyse, die Herstellung ultrareiner Chemikalien und andere Spezialanwendungen.

Nafion™ Membranen von Chemours bieten:

höchste chemische Beständigkeit und Protonenleitfähigkeit

Nafion™ Membranen bestehen aus einem flexiblen, hydrophoben Grundgerüst, das eine sehr hohe mechanische Festigkeit und chemische Beständigkeit besitzt, während die funktionellen Gruppen eine hohe Protonenleitfähigkeit ermöglichen.

Geeignet für alternative Elektrolytssysteme

Dank des fundierten Know-hows und der Branchenerfahrung von Chemours lassen sich die Eigenschaften von Nafion™ Membranen wie Ionenleitfähigkeit und Übergang auf verschiedenen Ebenen mit Hilfe von der Monomer-, Polymer- und Membran-Herstellungungsverfahren abstimmen.

Bewährte Leistung dank branchenführender Praxiserfahrung

Nafion™ Ionenaustauschmembranen haben sich in verschiedenen Branchen als Material der Wahl etabliert.



Die hierin gemachten Angaben und Empfehlungen werden kostenlos zur Verfügung gestellt und erfolgen auf der Grundlage der Chemours vorliegenden Informationen. Chemours übernimmt keine Gewährleistung oder Haftung, sei es ausdrücklich oder stillschweigend, für die gemachten Angaben oder Empfehlungen. Die zur Verfügung gestellten Informationen sind nicht als Gewährung einer Lizenz oder als Empfehlung zur Verletzung von Patenten oder Schutzrechten Dritter zu betrachten.

© 2023 The Chemours Company FC, LLC. Nafion™ und damit verbundene Logos sind markenrechtlich geschützt für The Chemours Company FC, LLC. Chemours™ und das Chemours-Logo sind markenrechtlich oder urheberrechtlich geschützt für The Chemours Company.

C-11911-DE (04/23)

Es ist Zeit für den nächsten Schritt. Kommen Sie mit?

Besuchen Sie **Nafion.com** oder wenden Sie sich telefonisch an einen unserer technischen Experten:

Vereinigte Staaten und Kanada+1 844 773 2436 oder +1 302 773 1000
Asien-Pazifik – Nord+86 400 8056 528
Asien-Pazifik – Süd+91 124 479 7400
Europa/Mittlerer Osten/Afrika.....+41 22 719 1500
Brasilien 0800 110 728
Mexiko.....+1 800 737 5623 oder +55 55 5125 4907 (DF)

Weitere Vorteile von Nafion™ Membranen für Elektrolyseanwendungen

- lange Lebensdauer
- hohe Leistung
- Geeignet für ätzende und Niederspannungs-Umgebungen
- langzeitiger Eigenschaftserhalt
- hervorragend geeignet für Anwendungen im Bereich fluktuierender erneuerbarer Energien