

Die Entwicklung der Energiespeicherung

Seien Sie dem Megatrend der
Energiespeicherung einen Schritt voraus und
entdecken Sie die neuesten Technologien für
verschiedene Anwendungen.





Zusammenfassung

Vor weniger als zehn Jahren sah es im Bereich Energiespeicherung noch ganz anders aus als heute. Im Jahr 2012 gab es weltweit lediglich eine Energiespeicherkapazität von 0,34 Gigawatt (GW). Allein im Jahr 2017 wurden rund 6 GW modernster Energiespeicherlösungen installiert. Da die Bevölkerung, der Energieverbrauch und der Anteil der erneuerbaren Energien weiterwachsen, dürfte auch die Energiespeicherung stetig zunehmen und bis 2022 mehr als 40 GW erreichen.¹

Versorgungsunternehmen und die Privatwirtschaft interessieren sich besonders für großformatige

Energiespeicheranwendungen, da sie die Zuverlässigkeit der Energieversorgung und die Leistungsfähigkeit der Stromnetze verbessern, starke Schwankungen bei den Stromkosten ausgleichen und dazu beitragen können, dass Strom aus fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen zuverlässig und rund um die Uhr verfügbar ist.

Nafion™ Membranen der Serien 300, 400 und 500 sind verstärkte, vollständig sulfonierte Polymer-Membranen, die für die Herstellung von verdünnter Lauge und Kalilauge entwickelt wurden. Nafion™ 500 Membranen sind ein- oder beidseitig oberflächenmodifiziert, um die Gasabgabe zu optimieren.

Zunehmende Diversität bei Energiespeicherprojekten

Im Jahr 2022 wird der weltweite Markt für Energiespeicherung voraussichtlich 40 GW überschreiten. Dieser starke Anstieg ist nicht nur durch ein höheres Volumen geprägt, sondern auch durch eine wachsende Vielfalt an Projekt *und Größen* – einschließlich sowohl größer als auch kleinerer Projekte.

Die Vorteile der industriellen Energiespeicherung sind ein heiß diskutiertes Thema bei Energieversorgern und Unternehmen gleichermaßen



Egal, ob im kleinen oder großen Maßstab: Energiespeicherung kennt keine Unterschiede

Ob Wearables und Kfz oder Stützung der Stromversorgung großer Gemeinschaften – die Nachfrage nach Energiespeicherung nimmt stetig zu, für alle Arten von Anwendungen. Technisch gesehen gibt es keine offizielle Abgrenzung zwischen mobilen, kleinen und großen Energiespeicheranwendungen, aber das folgende Diagramm sollte ein relativ klares Bild vermitteln. Im weiteren Verlauf dieses Whitepapers konzentrieren wir uns auf die industrielle Energiespeicherung auf der Grundlage ihres Inputs. Obwohl das Farbcodierungssystem immer detaillierter und komplexer geworden ist, kommen die vier hier aufgeführten am häufigsten vor.

Ein leistungsfähiges Konzept: Warum großformatige Energiespeicheranwendungen so stark an Popularität gewinnen

Angesichts der vielen möglichen Vorteile der industriellen Energiespeicherung ist es nicht verwunderlich, dass dieses Thema bei Energieversorgern und Unternehmen gleichermaßen heiß diskutiert wird. Industrielle Energiespeicheranwendungen können:

- die **Qualität der Stromversorgung verbessern**, indem sie den schwankenden, unvorhersehbar steigenden oder abnehmenden Stromfluss ausgleichen.
- die **Zuverlässigkeit der Stromversorgung verbessern** durch Bereitstellung einer Ersatzstromquelle für den Fall, dass die Hauptstromquelle ausfällt.
- die **Auslastung von Stromübertragungs- und Verteilungseinrichtungen (T&D) verbessern**, indem sie Energie, die den aktuellen Bedarf übersteigt, zwischenspeichern.
- den **kostspieligen Ausbau der Netzinfrastruktur unnötig machen oder aufschieben**.
- **schwankende Energiekosten** ausgleichen in Märkten, in denen die Kosten für die Stromerzeugung zu einem bestimmten Zeitpunkt deutlich niedriger sind als zu einem anderen.
- **erneuerbare Energien verfügbar machen und damit im Vergleich zu weniger nachhaltigen Alternativen** wie fossilen Brennstoffen (z. B. Kohle und Erdgas) einen Mehrwert bieten.



Industrielle Energiespeichieranwendungen und -technologien

Der Markt für großformatige Energiespeicherung kann in zwei Segmente unterteilt werden: BTM-Speicher (hinter dem Heimzähler) und FTM-Speicher (vor dem Heimzähler).

BTM-Speicher



Als BTM werden Energiespeicher bezeichnet, die für Notstromsysteme in Unternehmen oder Krankenhäusern, in Mikronetzen

von Industrieanlagen oder in Häusern mit Photovoltaik-Dächern eingesetzt werden. Diese Systeme für den privaten, gewerblichen und industriellen Einsatz sind nicht im Besitz eines Stromanbieters und sind für die Energieversorgung vor Ort bestimmt. Die Technologie in diesen BTM-Anwendungen zielt darauf ab, den Kunden Einblicke in Energie- und Kosteneinsparungen zu geben, z. B.:

Management von Leistungsentgelten

Was es bringt: Ermöglicht es Endverbrauchern, Energie einzuspeichern, wenn die Leistungsentgelte am niedrigsten sind (in der Regel nachts). Somit lassen sich die hohen Strompreise während der Lastspitzen am Tag umgehen, sodass sie Geld sparen.

Anforderungen: Verringert die maximale Stromaufnahme in Spitzenlastzeiten und begrenzt die Stromaufnahme, um die Stromversorgung kleinerer Systeme für einen kurzen Zeitraum zu sichern

Häufige Energiespeichertechnologien: Lithium-Ionen- und Blei-Säure-Batterien und Hochleistungs-Schwungräder

FTM-Speicher



Als FTM werden Energiespeicher bezeichnet, die sich im Besitz eines Energieversorgers befinden und bei der Erzeugung und Bereitstellung von

elektrischer Energie eingesetzt werden. Diese Anwendungen produzieren elektrischen Strom und sind mit Übertragungs- und Verteileinrichtungen verbunden, um den Strom im großen Rahmen an Versorgungsunternehmen oder Endverbraucher zu vertreiben. Beispiele sind unter anderem:

Nebenleistungen

Was es bringt: Spezielle Leistungen zur Unterstützung des kontinuierlichen Stromflusses, sodass das Angebot stets der Nachfrage entspricht und die Netzstabilität und -sicherheit gewahrt bleibt.

Anforderungen: Häufige und kurze Entladungen

Häufige Energiespeichertechnologien: Lithium-Ionen- und Blei-Säure-Batterien und Hochleistungs-Schwungräder

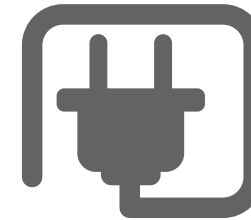
Integration erneuerbarer Energien

Was es bringt: Zeitlich unabhängige Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Sonne, Wind usw.), d. h. Speicherung zu Zeiten, in denen sie im Überfluss vorhanden ist (tagsüber bei PV-Modulen) und Abgabe, wenn dies nicht der Fall ist (nachts): So können erneuerbare Energiesysteme ihr volles Potenzial ausschöpfen.

Anforderungen: Die Lade- und Entladezeit muss im Durchschnitt mehr als vier Stunden betragen

Häufige Energiespeichertechnologien: Redox-Flow-Batterien

Übertragungs- und Verteilungseinrichtungen (T&D)



Was es bringt: Optimiert die Stabilität des Stromnetzes, die Leistungsfähigkeit und die Kosten. Beispiel: In Spitzenlastzeiten wird die Notwendigkeit verringert, große

Strommengen mit Hilfe von Übertragungs- und Verteilungseinrichtungen über weite Strecken zu übertragen.

Anforderungen: Variieren stark, abhängig von der jeweiligen Anwendung

Häufige Energiespeichertechnologien: Redox-Flow-, Natrium-Schwefel-, Blei- und Lithium-Ionen-Batterien sowie Hochleistungs-Schwungräder

Industrielle Energiespeicheranwendungen im Fokus: T&D-Anwendungen

Energiespeicheranwendungen im Bereich Übertragung und Verteilung (T&D) sind sehr vielfältig, wobei sich die Grenzen zwischen den Unterkategorien überschneiden, da diese Dienste komplementär, wenn nicht sogar ähnlich sind. Beispiele für Unterkategorien im Bereich T&D sind:

Rückstellung fälliger Erneuerungen

Nutzen: Ermöglicht in älteren Netzen die Bereitstellung von elektrischem Strom bei Bedarfsspitzen. So sind Versorgungsunternehmen in der Lage, die Erneuerung des betroffenen Systems oder die Installation eines neuen Systems zurückzustellen .

Anforderungen: Benötigt im Durchschnitt einige Stunden pro Tag eine erhebliche Energiemenge

Häufige Energiespeichertechnologien: Lithium-Ionen-Batterien, für weniger als vier Stunden pro Tag, oder Redox-Flow-Batterien, wenn die Nutzungsdauer länger sein soll

Abflachung von Lastkurven

Was es bewirkt: Unterstützt die Energieübertragung in andere Netze durch Ausgleich von Lastkurven bei Bedarfsspitzen

Anforderungen: Benötigt im Durchschnitt einige Stunden pro Tag eine erhebliche Energiemenge

Häufige Energiespeichertechnologien: Lithium-Ionen-Batterien, für weniger als vier Stunden pro Tag, oder Redox-Flow-Batterien, wenn die Nutzungsdauer länger sein soll



Batteriespeicher: Die praktikabelsten Technologien für Anwendungen im Bereich T&D

Batteriespeicher haben sich bei zahlreichen T&D-Anwendungen durchgesetzt, da sie in vielen verschiedenen Umgebungen eingesetzt werden können, sehr langlebig sind und eine schnelle Reaktionszeit und Energiedichte besitzen. Sie sind in vielen verschiedenen Formen, Größen und Typen verfügbar – mit jeweils eigenen Vorteilen, die von der jeweiligen Anwendung abhängig sind.

Lithium-Ionen-Batterie

Vorteile: Effizientester Batteriespeicher mit der besten Energiedichte. Darüber hinaus besitzen diese Batterien eine überdurchschnittlich lange Lebensdauer, was zu niedrigen Stromentstehungskosten beiträgt (die nur von Redox-Flow-Batterien übertroffen werden). Sie sind zudem eine etablierte und weit verbreitete Technologie mit einer starken Wertschöpfungskette und wirtschaftlichen Vorteilen.

Nachteile: Sie besitzen ein erhebliches Brandrisiko, das bei großformatigen Anwendungen eine ernsthafte Bedrohung darstellen könnte. Die Hochleistungsbatterien bereiten Probleme bei der Entsorgung. Zudem können sie bei Tiefentladung oder Zyklusbetrieb ihre Speicherkapazität verlieren.

Blei-Säure-Batterie

Vorteile: Kostengünstigster Batteriespeicher bei der Anschaffung und sehr effizient mit einer hohen Energiedichte. Liefert zuverlässig hohe Stoßströme zu niedrigen Kosten.

Nachteile: Die geringe Entladezeit und die kurze Lebensdauer führen im Laufe der Zeit zu höheren Energiekosten. Außerdem ergeben sich Umweltprobleme, da sie nicht auf Mülldeponien entsorgt werden können.

Natrium-Schwefel-Batterie (NaS)

Vorteile: Sie bietet eine hohe Energiedichte und eine lange Entladezeit (die nur von Redox-Flow-Batterien übertroffen wird). Sie ist kostengünstig und besitzt eine durchschnittliche Lebensdauer.

Nachteile: Es werden gefährliche Stoffe wie metallisches Natrium eingesetzt, die bei Kontakt mit Wasser brennbar sind. Außerdem sind für den Betrieb hohe Temperaturen erforderlich (300–350 °C [572–662 °F]), wobei einige Versionen bei höherer Entladetiefe unerwünschte Natriumdisulfid (Na_2S_2)-Feststoffe bilden.

Redox-Flow-Batterie

Vorteile: Sie sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich, die sich durch die verwendeten Elektrolyten unterscheiden. Sie besitzen eine lange Lebensdauer von mehr als 20 Jahren und ermöglichen langfristig gerechnet die günstigsten Kosten unter allen Batteriespeichern. Zudem sind sie skalierbar, wartungsfreundlich, nicht entflammbar, sicher und umweltfreundlich und verfügen über eine Tiefentladezeit von vier Stunden oder mehr.

Nachteile: Die Installationskosten sind höher, während die Energiedichte und der Wirkungsgrad geringer sind.

Batteriespeicher sind in vielen T&D-Anwendungen sehr beliebt, da sie in vielen verschiedenen Umgebungen eingesetzt werden können.

KRITERIEN	LITHIUM IONEN	BLEI SÄURE	NaS	REDOX
Effizienz				
Energiedichte				
Entladezeit (bei Nennleistung)				
Zykluslebensdauer				
Installationskosten				
Stromnivellierungskosten				
Sicherheit				
Umwelt				

Was sind Redox-Flow-Batterien?

Warum ist die Fachwelt so begeistert von Redox-Flow-Batterien?

Diese relativ neue Technologie eignet sich für ein breites Spektrum von Energiespeicheranwendungen, von Kapazitäten im Bereich kW/h bis hin zu MW/h. Redox-Flow-Batterien ermöglichen wirtschaftliche, sichere und umweltverträgliche Lösungen sowie Energiespeichersysteme mit geringer Anfälligkeit.

Wie funktionieren Redox-Flow-Batterien?

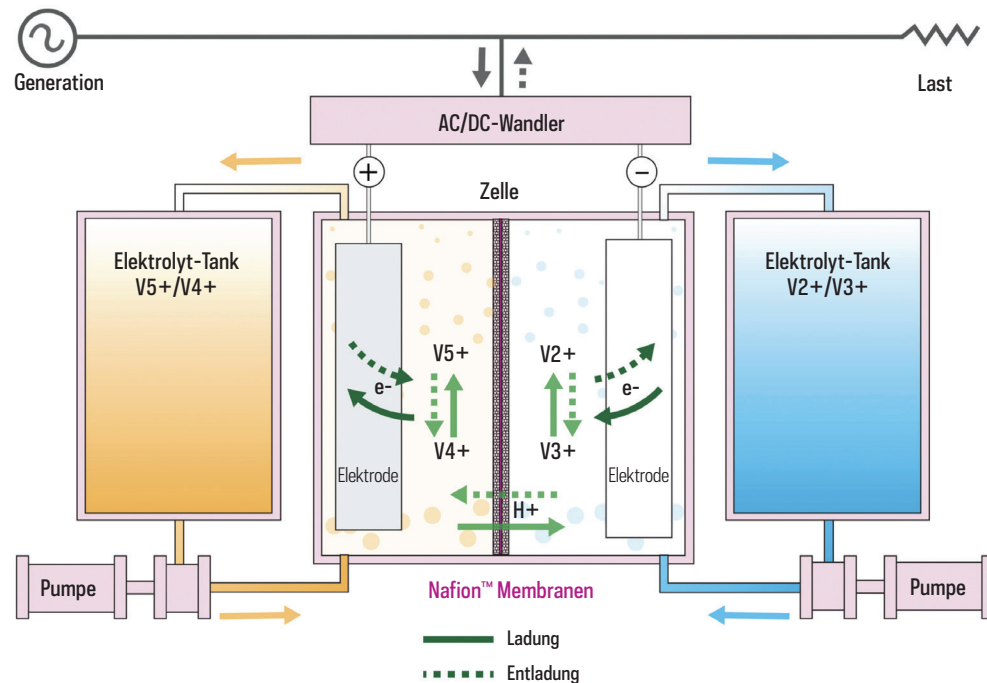
Redox-Flow-Batterien basieren auf elektrochemischen Vorgängen und speichern elektrische Energie mit Hilfe flüssiger Elektrolyte, die in Tanks gelagert und während der Lade-/Entladezyklen durch die galvanische Zelle gepumpt werden. Die galvanische Zelle besteht aus zwei Halbzellen – einer Anode und einer Kathode – die durch eine Membran getrennt sind, die die beiden Seiten der Zelle chemisch und elektrisch voneinander trennt. Die Membran ermöglicht auch den Ionentransport, um die elektrochemische Reaktion auf beiden Seiten der Zelle zu ermöglichen.

Warum sind Redox-Flow-Batterien so leistungsfähig und effizient?

Entscheidend für eine möglichst hohe Leistungsfähigkeit und Effizienz einer Redox-Flow-Batterie ist die Auswahl der

Ionenaustauschermembran. Energieversorger und Unternehmen sollten sich für Redox-Flow-Batterien mit Membranen entscheiden, die die folgenden Eigenschaften aufweisen:

- **Lange Lebensdauer:** Wählen Sie Membranen, die eine ausgezeichnete chemische Beständigkeit und mechanische Festigkeit in rauen Umgebungen aufweisen, um eine Abnahme der Speicherkapazität im Laufe der Zeit zu vermeiden.
- **Geringer Ionenwiderstand:** Wählen Sie Membranen, die einen minimalen Ionenwiderstand aufweisen, um sicherzustellen, dass die Ionen die Membran effizient passieren können.
- **Geringe Kreuzkontamination:** Wählen Sie Membranen, die die Vermischung von positiven und negativen Elektrolyten (Anode und Kathode) verhindern, was zu einer vorzeitigen Entladung führen könnte.
- **Kosten:** Wählen Sie Membranen, die eine lange Lebensdauer von 20 Jahren oder länger besitzen, um die langfristigen Stromgestehungskosten zu senken.





Verstärkte Präsenz auf dem wachsenden Markt für Ionenaustauschermembranen

Nafion™ ist seit über 50 Jahren führend im Bereich Energiespeicherung und bietet eine bewährte Technologie für ein breites Spektrum an elektrochemischen Anwendungen in der Raumfahrt-, Militär-, Energie- sowie anderen Industrien. Nafion™ Membranen sind auch in einer Größenordnung verfügbar, die ausreicht, um den schnell wachsenden globalen Markt für Redox-Flow-Batterien zu bedienen, insbesondere für Energiespeicheranwendungen in Verteilernetzen.

In den letzten Jahren haben Redox-Flow-Batterien (RFB) aufgrund ihrer Sicherheit, Recyclingfähigkeit und der einzigartigen Eigenschaft, ein erweiterbares Energiespeichermedium zu verwenden, in der Forschung im Bereich Energiespeicherung Aufmerksamkeit erregt. Für Chemours gelten Redox-Flow-Batterien als die nächsten innovativen Kandidaten für Nafion™ Energiespeicheranwendungen auf Netzebene, da sie im Vergleich zu Lithium-Ionen-Batterien die Vorteile einer langen Zykluslebensdauer (15–20 Jahre) besitzen, nicht brennbar und gering nur toxisch sind.

Wir bei Chemours bauen den Markt, den wir mit Nafion™ Membranen geschaffen haben, weiter aus und bieten:

Überragende 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.

Anpassungsfähigkeit an alternative Elektrolytsysteme

Dank unseres Know-hows und unserer Branchenerfahrung können die Eigenschaften der Nafion™ Membranen wie Ionenleitfähigkeit und -übergang auf verschiedenen Ebenen der Monomer-, Polymer- und Membran-Verarbeitungstechnik abgestimmt werden.

Die Grenzen hinsichtlich Systemeffizienz verschieben

Wir erwarten, dass neue, speziell für RFB-Anwendungen entwickelte Nafion™ Membranen, die die Anforderungen des Marktes und der RFB-Forschungsgemeinschaft noch besser erfüllen werden.

Bewährt dank branchenweit führender Praxiserfahrung

Nafion™ Ionenaustauschermembranen haben sich als Referenzmaterial sowohl für bereits kommerzialisierte RFB als auch für neue, in der Entwicklung befindliche Redox-Technologien bewährt.

Weitere Vorteile von Nafion™ für Redox-Flow-Anwendungen

- Geringer elektrischer Widerstand
- Geringe Selbstentladung
- Verbesserte mechanische Eigenschaften
- Verringerter Elektrolytübergang
- Beständig in rauen Umgebungen
- Recyclbarer Supersäure-Katalysator
- Sehr hoher Feuchtigkeitstransport

Den Energiemarkt neu erfinden – mit Nafion™ Membranen

Mit mehr als 50 Jahren Erfahrung verfügt Team für Nafion™ Membranen und Dispersionen über das nötige Know-how, um Kunden bei der Erzeugung von sauberem Wasserstoff mittels Wasserelektrolyse zu unterstützen. Dadurch werden die Wasserstoffwirtschaft ermöglicht und unser gemeinsames Streben nach einer sichereren, nachhaltigeren Welt gefördert. Heute bieten Nafion™ Membranen zudem innovative Lösungen für die Energiespeicherung, die Brennstoffzellentechnik, die Wasserelektrolyse, die Herstellung ultrareiner Chemikalien und andere Spezialanwendungen.

Nafion™ Membranen von Chemours besitzen:

Überragende 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.

Höhere Effizienz dank geringerer ohmscher Verluste

Im Vergleich zu anderen Wasserelektrolyse-Technologien bietet Nafion™ unter anderem eine höhere Zuverlässigkeit, um die Produktivität zu maximieren und die Gesamtbetriebskosten zu optimieren.

Bewährte Leistung dank branchenweit führender Praxiserfahrung

Nafion™ Ionenaustauschermembranen haben sich in verschiedenen Branchen als Material der Wahl etabliert. Im Vergleich zu anderen Technologien bieten sie einen sichereren, stabileren und wartungsärmeren Betrieb.



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-11709-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/Naher 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 Umgebungen mit geringer Stromdichte
- langzeitiger Eigenschaftserhalt
- hervorragend geeignet für Anwendungen, im Bereich fluktuierender erneuerbarer Energien