

Redox-Flow-Batterien für die Energiewende

Wind- und Solarstrom müssen für das langfristige Gelingen der Energiewende effizient und nachhaltig zwischengespeichert werden. Moderne und flexibel einsetzbare Redox-Flow-Batterien können den stationären Speichermarkt vom harten Ressourcenwettbewerb für Akkus in der E-Mobilität entkoppeln. Die neueste Generation dieser Batterien speichert Strom sogar ohne Metalle und etabliert sich als Alternative zu Lithium-Ionen-Akkus.

Tobias Janoschka

Der Ausbau erneuerbarer Energien schreitet weltweit voran. Doch während erneuerbarer Strom preisgünstig und effizient produziert werden kann, hinkt der Ausbau der benötigten Netz- und Speicherinfrastruktur hinterher. So fehlen umweltfreundliche, sichere und flexible Stromspeicher. Zudem gibt es regulatorische Hürden.

Doch dies ändert sich: Dank unermüdlicher Entwicklungsaktivitäten sind immer mehr neue Speichertechnologien verfügbar und der politische Wille, diese bedarfsgerecht und effizient einzusetzen, steigt.

Eine für stationäre Speicheranwendungen vielversprechende Technologieklasse ist die Redox-Flow-Batterie, auch Flussbatterie oder Flüssigbatterie genannt. Aktuell sind solche Flussbatterien weltweit mit einer Gesamtkapazität von 150 Megawattstunden (MWh) in Betrieb. Weitere 950 MWh in der Planungsphase zeigen das Interesse an dieser Technologie. Diese Angabe stammt vom Februar 2020 aus der „Global Energy Storage Database“ des US-amerikanischen Energieministeriums DOE (Department of Energy).



Einblick in eine metallfreie Redox-Flow-Batterie in Lelystad, Niederlande. Zu sehen sind zwei kleine, zur Überwachung der Batterie mit Sensoren ausgestattete Glasbehälter, in denen sich Speicherflüssigkeiten für den Plus- und den Minuspol der Batterie befinden. Über Rohrleitungen werden diese von Vorrattanks zu einem Zellstapel transportiert, wo der Elektronenaustausch und damit das Laden bzw. Entladen der Batterie stattfindet. Die Farbe der wässrigen Lösungen erlaubt eine Aussage zum Ladegrad der Batterie. *Bild: JenaBatteries*

Etwas Theorie

Eine Redox-Flow-Batterie enthält anstatt fester, in einer Verpackung verpackter Elektroden zwei Flüssigkeiten. Die

se werden in zwei Tanks gelagert – einem für den Plus- und einem für den Minuspol der Batterie. Diese Flüssigkeiten enthalten die nötigen Speicherstoffe in gelöster Form.

Beim Entladen der Batterie nimmt der Speicherstoff aus dem Tank für den Pluspol (der Kathode) Elektronen auf – er wird dabei „reduziert“. Der andere aus dem Tank für den Minuspol (der Anode) gibt Elektronen ab – er wird „oxidiert“. Dieser Prozess findet in einem Zellstapel statt, durch den die Flüssigkeiten gepumpt werden (englisch: „to flow“). Sie tauschen Elektronen über einen äußeren Stromkreis aus, während Ionen innerhalb der Zelle durch eine Trennmembran wandern und dabei die Ladungsneutralität herstellen.

Wird die Batterie mit Strom – idealerweise überschüssigem erneuerbaren Strom – geladen, fließen die Elektronen in die andere Richtung zurück. Die auf diese Weise wieder aufgeladene Batterie kann erneut eingesetzt werden, sie ist daher genau genommen ein Akku.

In ihrem Aufbau ähnelt eine Redox-Flow-Batterie folglich einem Brennstoffzellensystem. Sie hat den großen Vorteil, elektrisch wieder aufladbar zu sein.

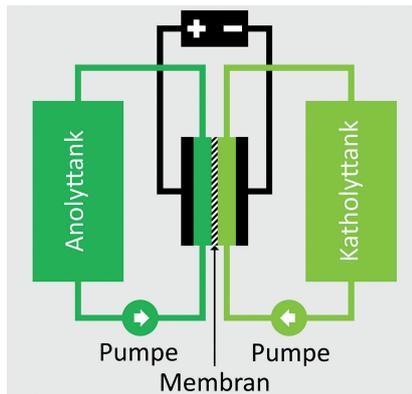
Zuerst Schwermetalle ...

Das grundlegende Batteriekonzept geht auf den deutschen Chemiker Walther Kangro zurück, der 1949 ein erstes Patent anmeldete. Schon in dieser Pionierarbeit zeichneten sich die vielfältigen Möglichkeiten und Herausforderungen einer Flussbatterie ab. Während das Grundkonzept schnell beschrieben ist, besteht die Hauptfrage in der Auswahl der Speicherstoffe und des Lösungsmittels. Sie sollten möglichst langlebig und chemisch stabil sein, kostengünstig hergestellt werden können und eine möglichst hohe Energiedichte gewährleisten.

Diesen Anforderungen wurden zunächst in Säure gelöste Schwermetalle gerecht. Kangro beschrieb zum Beispiel eine Chrom-Batterie. In den 1970er-Jahren griff die US-amerikanische Nationale Aeronautik- und Raumfahrtbehörde (NASA) das Konzept auf und entwickelte eine Eisen-Chrom-Flussbatterie. Da es an modernen Materialien, wie der im Zellstapel verbauten Membran, welche die Flüssigkeiten von Plus- und Minuspol trennt und vor einer Vermischung bewahrt, mangelte, waren diese Systeme anfällig und von kurzer Lebensdauer.

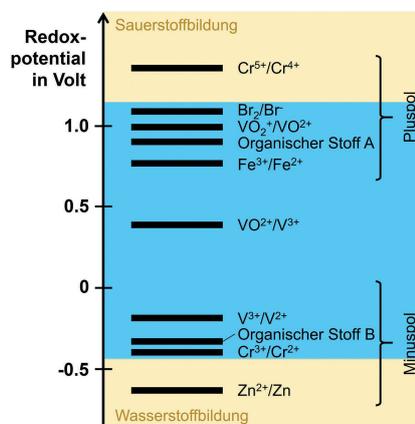
... dann Vanadium & Zink ...

In den 1980er-Jahren präsentierte die australische Forscherin Maria Skyllas-Kazacos die Vanadium-Redox-Flow-



Funktionsskizze einer Redox-Flow-Batterie.

Bild: JenaBatteries



Eine Übersicht von Speicherstoffen für Redox-Flow-Batterien: Stoffe mit hohem Redox-potenzial nehmen Elektronen leicht auf und sind für den Pluspol der Batterie geeignet. Stoffe mit niedrigem Redoxpotenzial geben leicht Elektronen ab und werden für den Minuspol eingesetzt. Aus der Differenz beider Potenziale ergibt sich die Zellspannung der Batterie.

Bild: JenaBatteries

Batterie. Diese hat sich zu einem standardisierten Produkt entwickelt, das von Unternehmen wie Dalian Rongke Power in China, VoltStorage in München, Voltron in Dortmund und UniEnergy Technologie in Mukilteo, USA hergestellt wird.

Angetrieben von starken Preisschwankungen und der schlechten Verfügbarkeit des Vanadiums, welches hauptsächlich in der konjunkturabhängigen Stahlindustrie zum Einsatz kommt, beschleunigte sich zur Jahrtausendwende die Suche nach Flussbatterie-Systemen, die ohne kritische (Schwer-)Metalle auskommen. So hat das australische Unternehmen RedFlow mit Sitz in Brisbane vor mehr als zehn Jahren eine Zink-Brom-Batterie entwickelt.

... und heute metallfrei

Seit den 2010er-Jahren wird verstärkt an Speicherstoffen gearbeitet, die gänzlich

ohne Metalle oder korrosive Halogenide auskommen. Mit dabei sind zwei deutsche Firmen: JenaBatteries aus dem thüringischen Jena und CMBlu Energy aus dem bayrischen Alzenau.

Solche Flussbatterien nutzen organische Speicherstoffe, die hauptsächlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff bestehen. Ihr Vorteil liegt darin, dass sie in nahezu jedem Chemiapark der Welt einfach, kostengünstig und sicher hergestellt werden können; unabhängig von knappen Batteriemetallen wie Kobalt, Nickel, Lithium oder Vanadium.

Die Lösung der JenaBatteries setzt auf organische Salze auf Basis so genannter Heterocyclen, also zyklische chemische Verbindungen. Diese wurden bisher in der Automobilfertigung als Lichtstabilisator für Kunststoffe oder in der Landwirtschaft als Pflanzenschutzmittel genutzt und kommen nun in einer neuartigen Funktion als Speicherstoff zum Einsatz.

Flexible Tankgröße

Flussbatterien sind für die Energiewende interessant. Ihre Stärke liegt unabhängig von den eingesetzten Speicherstoffen in ihrer guten Skalierbarkeit. Von kleinen Heimspeichern bis hin zu Netzspeichern können sie von wenigen Kilowattstunden bis zu hunderten Megawattstunden ein breites Spektrum an Anwendungen abdecken. Dies wird durch die einfache Anpassung der Tankgröße erleichtert.

So bietet etwa VoltStorage, München, eine kühlschrankgroße Vanadium-Redox-Flow-Batterie an, die mit 6 kWh gut zur heimischen Photovoltaikanlage passt. Am anderen Ende der Skala arbeitet der norddeutsche Energieversorger EWE aus Oldenburg mit der Friedrich-Schiller-Universität Jena an der größten Batterie der Welt: einer metallfreien Flussbatterie mit Salzkavernen als unterirdischen Speichertanks.

Die Flexibilität der Batterien wird darüber hinaus erhöht, indem die Leistung anhand der Anzahl der Zellstapel unabhängig von der Speicherkapazität frei eingestellt werden kann. Dies ist bei anderen Batterien, wie zum Beispiel dem Lithium-Ionen-Akku nicht möglich, und erlaubt die Anwendung in speicherintensiven Bereichen etwa bei Tag-Nacht-Pufferungen als auch an den Regelenergiemärkten, welche mehr Leistung benötigen.

Wasser brennt nicht

Dank der Verwendung wasserhaltiger Speichermedien sind die Batterien nicht brennbar und somit sicher. Gleichzeitig erreichen sie eine hohe Lebensdauer von 20 Jahren, da die Elektroden beim Ladevorgang nicht wie bei Lithium-Ionen-Akkus üblich mechanisch beansprucht werden.

Als „Stromspeicher-Maschine“ sind Flussbatterien durch den Austausch einzelner Komponenten zudem leicht reparierbar, ohne ihre komplette Funktion einzubüßen, wie dies bei klassischen Batteriezellen der Fall wäre. Tiefenentladung stellt kein Problem mehr dar und die räumliche Trennung der Speicherflüssigkeiten in zwei Tanks verhindert eine Selbstentladung. All dies führt zu relativ geringen Energiespeicherkosten und ökologisch sowie ökonomisch nachhaltigen Speicherlösungen.

Gute Zusammenarbeit

Die Entwicklung der Redox-Flow-Batterien ist beispielhaft für den vielfach geglückten Transfer von Forschungser-



In dem Container im niederländischen Lelystad befindet sich eine metallfreie Redox-Flow-Batterie von JenaBatteries. Es ist ein in einem Smart Grid eingesetzter Prototyp. Er hat eine Speicherkapazität von 100 kWh. Gespeichert wird überschüssiger Sonnen- und Windstrom. *Bild: JenaBatteries*

gebnissen in kommerzielle Hochtechnologieprodukte. Und es wird weiter geforscht. Ein Beispiel: Das Fraunhofer Institut für chemische Technologie (ICT) im baden-württembergischen Pfinztal sucht im Projekt „Sonar-Redox“ nach neuen Materialien für die übernächste Batteriegeneration mit höheren Energiedichten und niedrigeren Herstellkosten.

Ein Beispiel für die Innovationskraft des Batteriestandortes Europa ist auch der Prototyp einer metallfreien Flussbatterie, die im niederländischen Lelystad steht. Sie wurde von JenaBatteries in dem europäischen Verbundprojekt EnergyKeeper entwickelt. In ein intelligentes Stromnetz – einem „Smart Grid“ – eingebunden, kann diese 100-kWh-Batterie Solar- und Windstrom speichern und damit etwa zehn Haushalte für einen kompletten Tag abpuffern.

Es wird spannend: In den nächsten Jahren werden sich die nachhaltigsten Systeme durchsetzen und auf dem Markt für stationäre Stromspeicher eine verlässliche Alternative zu Lithium-Ionen-Akkus werden.

<https://jenabatteries.de>



**Tobias
Janoschka**

Gründer und Leiter der Unternehmensentwicklung, JenaBatteries GmbH

tobias.janoschka@jenabatteries.de

Bild: JenaBatteries