



Bild: Isenburg

**Bild 1:** Die Grundlagen von Redox-Flow-Zellen werden zurzeit erforscht. Zellgeometrien und -materialien sollen optimiert werden. Ziel sind höhere Energiedichten, größere Effizienz, höhere Batterieleistungen sowie geringere Fertigungskosten.

# Redox-Flow-Zellen sollen mit neuen Elektrolyten besser werden

Noch in den 90er Jahren war die Elektrochemie eher ein Stiefkind der deutschen Forschung. Das änderte sich mit der Energiewende: Dringend benötigt werden neben dem Netzausbau auch Energiespeicher. Mit in den Vordergrund rücken hier die Redox-Flow-Zellen.

THOMAS ISENBURG

**D**erzeit wird weltweit an Redox-Flow-Batterien geforscht, mit Schwerpunkten in Japan, Australien und Deutschland. Durchgesetzt hat sich im Verlauf der Zeit Vanadium als Elektrolyt, weil es im Vergleich zu den bisher konkurrierenden Eisen-Chrom-Systemen bessere elektrochemische Eigenschaften vorweisen konnte und weil grundsätzlich das gleiche Element in beiden Halbzellen der Redox-Flow-Zellen

genutzt wird. Auch wenn die positive und die negative Elektrolytflüssigkeit gemischt werden, sinkt die Batteriekapazität nicht. Dieses ist nicht der Fall, wenn unterschiedliche Metalle verwendet werden. Bei gleicher Zellgröße haben Vanadium-Batterien somit eine höhere Leistung.

Auch in Deutschland gibt es umfangreiche Forschungs- und industrielle Initiativen. Bei der Fraunhofer-Gesellschaft beschäftigen

sich das Oberhausener Institut Umsicht und das Pfinztaler Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT mit dem Thema.

Fraunhofer Umsicht ist eines der ersten Institute, das sich in Deutschland intensiv mit Energiespeichern beschäftigt. Ein Ziel ist, höhere Wirkungsgrade zu erzielen, den Batterieaufbau zu vereinfachen und preisgünstigere Materialien einzusetzen. Nur so sind die hohen Systemkosten zu reduzieren,

die derzeit für kleine Leistungen um 10 kW sowie eine gespeicherte Energiemenge von 100 kWh rund 100.000 Euro betragen. Das Institut betreibt einen Energieprüfstand.

Beim Fraunhofer ICT wird zurzeit ein Windkraftwerk mit einem 2-MW-Redox-Flow-Speicher entwickelt. Hier wollen die Forscher das Zusammenspiel zwischen fluktuierender Energielieferung durch Windkraft und dem elektrochemischen, stationären Energiespeicher studieren. Die aktuelle Brisanz des Forschungsthemas bestätigt auch Dr. Peter Fischer, Gruppenleiter am Institut. Er sieht kurzfristig Anwendungen kleiner Module in Nischenmärkten. Dabei könnten sich Redox-Flow-Batterien etablieren. Der Markt für Speicher wird jedoch bei Großspeichern im einstelligen Megawattbereich gesehen.

### Redox-Flow-Energiespeicher gehören zum Forschungsschwerpunkt

Die Ostfalia ist die Hochschule für angewandte Wissenschaften an den Standorten Salzgitter, Suderburg, Wolfenbüttel und Wolfsburg. Hier lehrt Prof. Dr.-Ing. Robin Vanhaelst über Fahrzeugtechnik. Ein Forschungsschwerpunkt bei den Energiespeichern sind auch Redox-Flow-Zellen. Dabei hat er Anwendungen im Bereich der Elektromobilität im Visier.

Da Redox-Flow-Batterien aus flüssigen Elektrolyten bestehen, ist eine Vision, sie ähnlich wie fossile Kraftstoffe zu verwenden. Die im Elektrolyt gespeicherte Energie kann beim Entladen in Bewegungsenergie umgewandelt werden. Als Energiespeicher kann ein Tanksystem dienen. Auch kann das be-



Bild: Isenbürg

**Bild 2: Prof. Dr. Julian Bachmann von der Universität Erlangen forscht an der Entwicklung neuartiger nanostrukturierter Materialien und Grenzflächen für die Energieumwandlung.**

stehende Tankstellensystem genutzt werden. Damit wird die Tankstelle zu einem Energiespeicher für elektrische Energie. Zuvor kann der Elektrolyt mit regenerativer Energie aus den bekannten Verfahren gespeichert werden. Vanhaelst hält hier die Bündelung der Interessen von Mineralölfirmen, OEMs und Energielieferanten für möglich.

Zu den Vorteilen von Redox-Flow-Zellen meint Vanhaelst: „Diese Technik zeichnet sich durch eine hohe Zyklusfestigkeit mit bis zu 10 000 Be- und Entladezyklen aus.“ Damit ist eine Lebensdauer von bis zu 40 Jahren möglich. Noch ist die Energiedichte der Elektrolyte mit etwa 30 Wh/l gering bei ei-

nem Wirkungsgrad zum Be- und Entladen von 70 bis 86 %. Auch seien die Marktpreise noch zu hoch, sodass sich mit den Aggregaten keine Gewinne bei der Energiespeicherung erzielen ließen, so Vanhaelst weiter.

Die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) forscht zu einem weiteren Projekt unter dem Namen Tubulair. Entwickelt werden soll eine neuartige Redox-Flow-Batterie, die sich durch hohe Leistungsfähigkeit und niedrige Herstellungskosten auszeichnet. Das Vorhaben wird mit 5 Mio. Euro von der Bundesregierung gefördert. Dabei handelt es sich um eine Initiative der Bundesministerien für Wirtschaft und Technologie (BMWi), für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie für Bildung und Forschung (BMBF). Sie fördern intensiv die Entwicklung von Energiespeichern. Ein Leuchtturmprojekt sind „Batterien in Verteilernetzen“.

### Projekt für mehr Leistungs- und Speicherdichte von Redox-Flow-Zellen

Das Projekt „Tubulair“ will für eine erfolgreiche Markteinführung von Redox-Flow-Batterien die Leistungs- und Speicherdichte verbessern und die Herstellungskosten senken. Im Gegensatz zu herkömmlichen Redox-Flow-Batterien ist vorgesehen, lediglich eine statt zwei verschiedener flüssiger Elektrolytlösungen sowie die komprimierte Umgebungsluft zu verwenden. Auch sollen die Zellen eine zylinderförmige Struktur haben und dann als Meterware hergestellt werden. Wichtige Entwicklungsaspekte sind die Optimierung der Geometrie der Redox-Flow-Zellen sowie die Anpassung der Elektro-

## Hintergrund

### So funktioniert eine Redox-Flow-Zelle

Der Begriff Redox ist eine Kombination der Wörter Reduktion und Oxidation. Redox-Flow-Zellen machen sich Oxidationen (Elektronenabgabe-) und Reduktionen (Elektronenaufnahmeprozesse) zwischen unterschiedlichen Medien zunutze.

Wesentliche Bauteile sind zwei Tanks, zwei Elektroden, die jeweils durch eine für Ionen durchlässige Membran getrennt sind. Durch eine leitende Verbindung zwischen den Elektroden können Ströme zum Laden oder Entladen fließen. Dabei werden die Medien an einer für Ionen durchlässigen Membran aus Tanks vorbeigepumpt. Dies wird auch als galvanisches Element bezeichnet. Im Fall der Vanadium-Halbzellen wandeln sich zum Laden oder Entladen durch Elektronenübertragungsprozessen  $\text{VO}_2^+$ -Ionen in  $\text{VO}^{2+}$ -Ionen um. Sie geben die Elektronen an die Elektrode ab.

Auf der anderen Seite der Halbzelle findet ein

anderer Prozess statt. Hier laufen die Elektronenübertragungsschritte zwischen  $\text{V}^{2+}$ - und  $\text{V}^{3+}$ -Ionen ab. Dabei werden Elektronen von der Elektrode, aufgenommen. Beim Entladen entsteht eine Spannung zwischen den Elektroden und ein Strom kann fließen.

Zuvor muss jedoch, zum Beispiel erzeugt durch überschüssige Energie aus erneuerbaren Quellen, das System geladen worden sein, indem die Prozesse in die umgekehrte Richtung ablaufen.

Zwecks Ladungsausgleichs wandern Protonen durch die Membran. Damit auch immer genügend Metallionen an den Elektroden zur Verfügung stehen, werden die Elektrolytflüssigkeiten entlang der Elektroden gepumpt. Die Tanks dienen damit als Speichermedium. Durch ihre Größe lässt sich die gespeicherte Energiemenge steuern.

denoberflächen durch eine geeignete Nanostrukturierung. Daneben kann der Elektrolyt bezüglich der in ihm gespeicherten Energiemenge optimiert werden. Hierzu arbeiten die Projektpartner in unterschiedlichen Aspekten.

Unlängst trafen sich die Projektpartner in Hamburg und gaben eine Übersicht über die geplanten Forschungsaktivitäten in Hamburg. Das Projekt wird von Prof. Dr. Wolfgang Winkler, Leiter des Instituts für Energiesysteme und Brennstoffzellentechnik, sowie seinem Mitarbeiter Simon Ressel an der HAW koordiniert. Weitere Projektpartner sind die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, die Universität Hamburg, das Institut für Interactive Materials Research (DWI) an der RWTH Aachen, das Dechema-Forschungsinstitut sowie die Unternehmen Fuma-Tech GmbH und Uniwell Rohrsysteme GmbH & Co. KG.

Zentraler Forschungsgegenstand ist, die klassische Vanadium-Zelle auf einer Seite durch feuchte Luft auszutauschen. Durch diese Bauform wird das Volumen an ionischen Substanzen zur Energiespeicherung halbiert. Damit lässt sich mit dem gleichen Speichervolumen eine wesentlich größere Energiemenge speichern. Ein Teilprojekt ist die Optimierung der Elektrodenoberflächen. Dies ist der Forschungsgegenstand von Prof. Dr. Julian Bachmann an der Universität Erlangen. Eines seiner Forschungsgebiete ist die Entwicklung neuartiger nanostrukturier-

ter Materialien und Grenzflächen für die Energieumwandlung.

Prof. Dr. Peter Burger von der Universität Hamburg sucht in diesem Zusammenhang nach neuen Elektrolytflüssigkeiten, die in der Lage sind, mehr Energie zu speichern. Damit soll die Energiedichte der Elektrolytflüssigkeiten erhöht werden. Erste Ergebnisse liegen in Form des Clusterions  $(\text{H}_3\text{V}_{10}\text{O}_{28})^{3-}$  vor. Prof. Dr.-Ing. Matthias Wessling von der RWTH Aachen widmet sich neuen Katalysatorsystemen auf den Elektrodenoberflächen. Diese sollen den Prozess weiter verbessern.

### Marktfähige Fertigungsverfahren für Redox-Flow-Zellen gesucht

Die Industriepartner Fuma-Tech GmbH und Uniwell Rohrsysteme GmbH & Co. KG beschäftigen sich mit der Umsetzung der Forschungsergebnisse in marktfähige Fertigungsverfahren und Produkte. Schwerpunkt bilden dabei die Membranen sowie die Extrusionstechnik zur Herstellung der Redox-Flow-Batterien mit zylindrischer Geometrie.

Der Werkzeugmaschinenhersteller Gildemeister AG aus Bielefeld hat bereits ein Programm aus planar aufgebauten Vanadium-Redox-Flow-Systemen aufgelegt. Am Unternehmensstandort ist schon die Vision einer E-Tankstelle zu besichtigen. Vieles deutet auf Marktoptionen dieser Batterien in den Bereichen Elektromobilität und erneuerbare Energien hin.

**MM**