



**Energie**

Nationale Forschungsprogramme 70 und 71

# Projekt

Neue Materialien für die Batterien der Zukunft



## Neue Materialien für die Batterien der Zukunft

Strom aus erneuerbaren Quellen wie Sonnen- und Windenergie fällt je nach Wetterverhältnissen unregelmässig an. Um dennoch die Stabilität des Stromnetzes zu gewährleisten, kommen vermehrt Batteriespeicher zum Einsatz. Wie solche Speicher bei gleicher Grösse viel mehr Energie speichern können, haben Forschende nun untersucht. Eine Lösung liegt in der Verwendung von Metall-Luft-Batterien, für deren Wiederaufladbarkeit aber neue Materialien notwendig sind, etwa selektive Membranen aus Molybdändisulfid, sowie Kronenether-basierte ionische Flüssigkeiten für die Elektrolyten in der Batterie.



Dezentral erzeugte Energie aus Sonne oder Wind benötigt lokale Speicherkapazitäten in stationären Batterien. Dabei helfen die neu entwickelten Batteriesysteme. *Quelle: Adobe Stock*





## Auf einen Blick

### Grössere Energiedichte

- Metall-Luft-Speichersysteme, speziell Lithium-Luft-Batterien, haben theoretisch eine 10- bis 30-fach höhere Energiedichte als herkömmliche wiederaufladbare Lithium-Ionen-Akkus.

### Wiederaufladbare Metall-Luft-Batterien

- Kommerzielle Metall-Luft-Batterien waren bisher nicht wiederaufladbar – dieses Forschungsprojekt legt die Grundlagen für wiederaufladbare Energiespeicher mit hoher Kapazität.

### Vielversprechendes Material

- Für den Bau neuer, leistungsfähigerer Batterien ist ein neuartiges Material auf der Basis von Molybdändisulfid vielversprechend.

### Neue Elektrolytzusätze

- Neue, auf Basis von Kronenethern hergestellte ionische Flüssigkeiten verbessern die auf dem Markt erhältlichen Elektrolyten und ermöglichen wiederaufladbare Lithium-Luft-Batterien.

Metall-Luft-Batterien bieten die Möglichkeit, auf wenig Raum viel Strom zu speichern. So kommen zum Beispiel Zink-Luft-Batterien wegen ihrer hohen Energiedichte in Hörgeräten zum Einsatz. Doch solche Metall-Luft-Batterien können bisher nicht wieder aufgeladen werden. Denn – anders als bei den zum Beispiel in Mobiltelefonen und anderen Geräten weit verbreiteten Lithium-Ionen-Akkus – ist es schwierig, das Entladen der Metall-Luft-Batterien reversibel zu machen. Eine besondere Herausforderung stellt sich dann, wenn Lithium als Metall verwendet wird, denn es muss vor Sauerstoff geschützt werden. Doch das lohnt sich, denn es weist die grösste Energiespeicherkapazität auf.

In diesem Projekt ist es den Forschenden nun gelungen, neue, auf Kronenethern basierende ionische Flüssigkeiten als Elektrolytzusätze zu entwickeln, die ein reversibles Laden und Entladen einer Lithium-Luft-Batterie erlauben. Kronenether sind ringförmige Moleküle, in deren Mitte die Lithiumionen transportiert werden können. Als ionische Flüssigkeiten sind sie im Gegensatz zu herkömmlichen Elektrolyten schwer entflammbar und sicher zu handhaben. Ausserdem konstruierten die Forschenden neue Membranen aus Molybdändisulfid, die auf der Kathodenseite der Batterie für eine selektive Zufuhr von Sauerstoff eingesetzt werden können. Diese Membranen sind auch bei hohen pH-Werten stabil und verstopfen beim Lade- und Entladeprozess nicht. Mit diesen Komponenten bauten die Wissenschaftler im Labor einen funktionierenden Prototyp, der sich erfolgreich wieder aufladen liess.

So soll künftig eine neue Generation von sicheren, wiederaufladbaren Lithium-Luft- und Lithium-Wasser-Batterien entstehen, die eine höhere Energiedichte als bisher liefern und sich als autarke Speichersysteme eignen.

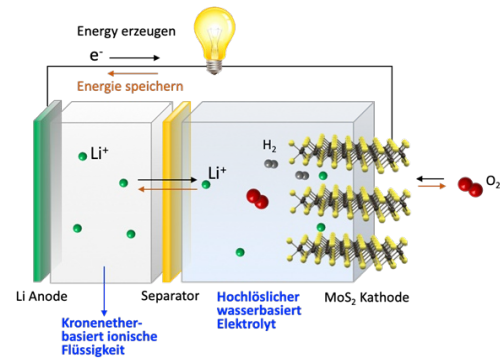
## Energiedichte fast wie Benzin

Diese neuen Batterietypen haben eine theoretische Energiedichte von 5 bis 12 Kilowattstunden (kWh) pro Kilogramm Eigengewicht. Das ist ein 10 bis 30 Mal besserer Wert als bei herkömmlichen wiederaufladbaren Energiespeichersystemen, die nur auf ungefähr 0,4 kWh pro Kilogramm kommen. Damit rücken die neuen Lithium-Metall-Batterien in die Nähe von Benzin, welches 13 kWh pro Kilogramm speichert. Zudem besitzen sie eine höhere spezifische Energiedichte (3800 Ah/kg) als andere Metall-Luft-Batterien (Zink: 820 Ah/kg; Aluminium: 2900 Ah/kg). Die Schwierigkeit besteht aber darin, solche Systeme wiederaufladbar zu machen und sie dann sicher zu betreiben. Ausserdem können bei extremen pH-Werten technische Probleme wie das Blockieren der Membran auftreten.

## Leistungsfähiger und sicherer Elektrolyt

Die neuen, Kronenether-basierten ionischen Flüssigkeiten verbessern aufgrund ihrer Eigenschaften die am Markt erhältlichen Elektrolyte. Wenn sie den Elektrolyten beigegeben werden, führt dies zu höheren Kationen-Überführungszahlen ( $>0,5$ ), wohingegen die Elektrolyte selbst nur  $0,3-0,4$  erreichen. Mit der Kationen-Überführungszahl bezeichnet man den Anteil des Kationen-Stroms am gesamten elektrischen Strom. Ziel ist ein Wert möglichst nahe bei 1, denn je näher diese Zahl bei 1 liegt, desto höher wird die Energiedichte.

Dank ihrer Eigenschaften (hohe Ionenleitfähigkeit, hohe thermische und chemische Stabilität, Nicht-Entflammbarkeit und gute elektrochemische Stabilität) dürften die auf Kronenethern basierenden Elektrolyte zudem sicherer sein. Mit den neuen Elektrolyten trat an der Kathode offenbar keine Verstopfung der winzigen Poren auf, sodass die Ionen immer passieren konnten und eine reversible Redoxreaktion (mit Luftsauerstoff) möglich war.



Der schematische Aufbau einer Luft-Metall-Batterie Katharina Fromm

## Vielfältig einsetzbare Membran

Aufgrund der systematischen Untersuchung der lamellenartig aufgebauten Molybdändisulfid-Membran verstehen die Forschenden nun die ausgeprägte Stabilität des Materials auch unter extremen Bedingungen wie stark basischem pH. Daher könnte sich das Material für den Einsatz in Elektrolytlösungen mit einer grossen Bandbreite von pH-Werten eignen.

Dank der vielversprechenden katalytischen Aktivität des Molybdändisulfids wurde eine stabile Versorgungsspannung von mehr als 2,2 Volt über mehr als zweieinhalb Tage erzielt. Das neuartige Material auf der Basis von Molybdändisulfid ist aussichtsreich für den Bau einer Reihe neuer Systeme für die Energieumwandlung und Energiespeicherung.

## Breites Anwendungsgebiet

Die neu entwickelten Akkusysteme sind vor allem für stationäre Anwendungen in Siedlungsgebieten oder abgelegenen Orten gedacht, um überschüssige Energie zu speichern und zu Zeiten mit grossem Bedarf wieder abzugeben. So stabilisieren sie das Stromnetz und helfen, die Ziele der Energiestrategie 2050 zu erreichen.

Die Batterien könnten aber auch zu mobilen Akkus für Elektroautos weiterentwickelt werden, denn auch da ist eine hohe Energiedichte gefragt. Doch noch gibt es die neuartigen Batterien erst im Labor. Für eine Massenproduktion müsste noch ein einfaches Verfahren zur Herstellung der Molybdändisulfid-Membran ohne Zusätze oder Verdickungsmittel entwickelt werden.

Dank ihrer nachgewiesenen Stabilität in einer harschen, wässrigen Umgebung lassen sich die Molybdändisulfid-Lamellen wahrscheinlich mit einer Vielzahl von Elektrolyten einsetzen, die in Energieumwandlungs- und -speichereinheiten vorliegen können. Weiter lassen sich die neu entwickelten ionischen Flüssigkeiten dank ihrer einstellbaren und damit variablen Struktur mit nur geringen Anpassungen in unterschiedlichsten Alkali-Metall-Batterien einsetzen. Aufgrund ihrer hohen  $\text{Li}^+$ -Ionenleitfähigkeit und ihrer guten elektrochemischen Stabilität sind sie im besten Fall nicht nur in Lithium-Sauerstoff-Batterien, sondern auch in modernen Lithium-Ionen-Batterien verwendbar.

Mit dem erfolgreichen Bau einer Lithium-Wasser-Batterie könnte schliesslich der Weg zu einem Energie- und Wasserstoff-Versorgungssystem geebnet werden.



## Produkte aus diesem Projekt

- Interview auf RTS  
Publikationsdatum: 05.08.16
- Kick-off Poster  
Publikationsdatum: 30.11.-1
- Nanoparticle shapes ...  
Publikationsdatum: 30.11.-1



## Team & Kontakt

Prof. Katharina Fromm

Universität Freiburg

PER 10 bu. 114

Ch. du Musée 9

1700 Fribourg

+41 26 300 87 32

[katharina.fromm@unifr.ch](mailto:katharina.fromm@unifr.ch)



Katharina M. Fromm  
Projektleiterin



Hyung Gyu Park

Alle Aussagen diesen Seiten bilden den Stand des Wissens per  
10.05.2019 ab.