Preiswert und ungefährlich:

Magnesium oder Natrium statt Lithium

Am Forschungsprojekt «Novel Ionic Conductors» arbeiten Forschende der Empa zusammen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universität Genf, des Paul-Scherrer-Instituts (PSI) und des polnischen Henryk-Niewodniczański-Instituts für Nuklearphysik.

Die jüngsten Arbeiten unter der Leitung von Empa-Forscher Arndt Remhof (siehe auch Seite 14) zeigen, dass Natrium und Magnesium sich für die Entwicklung neuer, reiner Feststoffbatterien eignen. Funktionstüchtige Prototypzellen auf Natriumbasis lieferten bereits vielversprechende Resultate. Der Elektrolyt ist zudem ungiftig, nicht brennbar und bleibt auch über 300 Grad chemisch stabil, was ihn besonders sicher macht. An der Universität Genf hat das Team um Hans Hagemann parallel dazu eine preiswertere Technik zur Herstellung des neuen Festelektrolyten entwickelt.

Das Team hat inzwischen auch einen Festelektrolyten für Magnesium entwickelt. Die bisherigen Forschungsprojekte auf diesem Gebiet lassen sich an einer Hand abzählen. Magnesium in Bewegung zu versetzen, ist schwierig, aber umso interessanter: Es ist leicht und in grossen Mengen verfügbar, zum Beispiel als Bestandteil von Schrottautos. Was noch wichtiger ist: Magnesium-Ionen sind zweifach positiv geladen, Lithium-Ionen dagegen nur einfach. In der Praxis bedeutet das, dass Magnesium bei gleichem Volumen fast doppelt so viel Energie speichern kann.

«Bei diesen ersten Arbeiten ging es vor allem um den Machbarkeitsnachweis», sagt die Empa-Forscherin Elsa Roedern. «Von einem funktionstüchtigen Prototyp sind wir noch weit entfernt, aber wir haben einen ersten, wichtigen Schritt in die richtige Richtung gemacht.»

Günstig und langlebig:   
Aluminium-Batterie mit Graphit-Kathode

Kostiantyn Kravchyk arbeitet in Forschungsgruppe von Maksym Kovalenko, die zugleich an der ETH Zürich und im Empa-Labor für Dünnfilme und Fotovoltaik beheimatet ist. Sein ehrgeiziges Ziel ist es, einen Akku aus den am häufigsten vorkommenden Elementen der Erdkruste zu machen – zum Beispiel Magnesium oder Aluminium. Diese Metalle bieten eine hohe Sicherheit selbst dann, wenn die Anode aus reinem Metall besteht – was bei einer Lithium-Ionen-Batterie viel zu gefährlich wäre. Diese zusätzliche Sicherheitsmarge bietet wiederum die Chance, die Batterien auf eine sehr einfache, preiswerte Art zusammenzubauen und die Produktion schnell hochzuskalieren.

Um eine solche Batterie zum Laufen zu bringen, muss die Elektrolytflüssigkeit aus speziellen Ionen bestehen, die bei Raumtemperatur nicht kristallisieren – also eine Art Schmelze bilden. In dieser «kühlen Schmelze» wandern die Metallionen, umrahmt von einer dicken Hülle aus Chloridionen, zwischen Kathode und Anode hin und her. Alternativ dazu könnten grosse Anionen aus organischen Chemikalien benutzt werden. Das bringt aber ein Problem mit sich: Wo sollen diese «dicken» Ionen hin, wenn die Batterie geladen wird? Zum Vergleich: Beim Lithium-Ionen-Akku besteht die Kathode aus einem Metalloxid, das die kleinen Lithium-Ionen während des Ladevorgangs aufnehmen kann (s. S. 13). Das funktioniert bei solch grossen Ionen nicht. Ausserdem sind die Ionen, um die es hier geht, negativ geladen, genau anders herum wie die Lithium-Ionen.

Kovalenkos Team löste das Problem mit einem Trick: Die Forscher stellten das Prinzip des Lithium-Ionen-Akkus auf den Kopf. Während im Lithium-Ionen-Akku die Anode (der Minuspol) aus Graphit besteht, wird bei Kovalenkos Batterie der Gaphit als die Kathode (Pluspol) eingesetzt. In den Zwischenräumen lagern sich die dicken Anionen ein. Die Anode (der Minuspol) ist bei Kovalenkos Batterie dagegen aus Metall.

Eine bemerkenswerte Entdeckung machte Kostiantyn Kravchyk auf der Suche nach dem «richtigen» Graphit: Er fand heraus, dass Abfall-Graphit, der bei der Stahlherstellung anfällt, so genannter «Kish-Graphit», sehr gut als Kathodenmaterial funktionieren. Auch natürlicher Graphit geht gut – wenn er in groben «Flakes» geliefert wird und nicht allzu fein vermahlen ist. Der Grund: Die Graphitschichten liegen an den Bruchkanten offen, und die dicken Metall-Chlorid-Ionen können leichter in die Struktur hineinschlüpfen. Dagegen eignet sich der fein vermahlene Graphit, der üblicherweise in Lithium-Ionen-Batterien zum Einsatz kommt, für Kovalenkos Batterie kaum: Durch das Vermahlen der Graphitpartikel werden die Schichten geknickt wie in einer zerknüllten Papierkugel. In diesen geknüllten Graphit können nur kleine Lithium-Ionen eindringen, die dicken Anionen der neuen Batterie dagegen nicht.

Die Graphit-Kathoden-Batterie, gebaut aus Abfallstoffen der Stahlherstellung oder aus rohen, natürlichen Graphit-Flakes, hat also das Potenzial, wirklich preisgünstig zu sein. Langlebig ist sie auch – darauf weisen jedenfalls erste Experimente hin. Über mehrere Monate überstand ein Laborsystem tausende von Lade- und Entladezyklen. «Die Aluminiumchlorid-Graphit-Batterie könnte bei einem täglichen Einsatz in einem Haus jahrzehntelang halten», meint Kravchyk.