Unentflammbar und auslaufsicher:  
Natriumborhydrid als Ionenleiter

Arndt Remhof, Gruppenleiter in der Abteilung von Corsin Battaglia, nutzt Amid-Borhydrid-Kristalle auf der Suche nach viel versprechenden Festkörperelektrolyten. Remhof hat langjährige Erfahrung mit dieser Materialklasse: Er hat sie bereits als Wasserstoffspeicher unter die Lupe genommen. Nun steht die Ionenleitfähigkeit dieser Festkörper im Fokus seiner Arbeit.

In diesem Jahr konnte er mit seinem Team bereits viel versprechende Ergebnisse veröffentlichen: Die Leitfähigkeit des an der Empa entwickelten Festkörperelektrolyten aus Amid-Borhydrid ist bei Raumtemperatur vergleichbar mit einem Flüssigelektrolyten. Auch ist der neuartige Festkörperelektrolyt selbst bei Temperaturen von bis zu 150 Grad Celsius noch stabil – herkömmliche Flüssigelektrolyten wären bei derart hohen Temperaturen ein Sicherheitsrisiko.

Noch steckt das Projekt in den Kinderschuhen und hat mit einigen Schwierigkeiten zu kämpfen. So hält das Amid-Borhydrid bislang erst eine Spannung von gut einem Volt stand. Das ist zu wenig für eine markttaugliche Batterie. Um dieses Problem anzugehen, sind die Forschenden zurzeit dabei, alternative Borverbindungen zu entwickeln und zu untersuchen – und haben damit auch bereits eine Spannung von immerhin drei Volt erzielt. «Der erste Schritt, um in Zukunft die flüssigen Lithium-Ionen-Batterien durch Festkörper-Akkus ersetzen zu können», erklärt Empa-Forscher Léo Duchêne, der die ersten 3-Volt-Prototypen entwickelt hat.

Stark und ungefährlich:  
Lithium-Metallanode und fester Elektrolyt

In eine Batterie gehört einfach überhaupt keine brennbare Flüssigkeit, meint Stephan Bücheler. «Die Batterie, an der wir forschen, soll während des Betriebs und selbst bei einem Ausfall keinerlei gefährliche Stoffe von sich geben», sagt der Empa-Forscher. Er ist Spezialist für die Herstellung und Charakterisierung dünner Halbleiterschichten und experimentiert an der Empa seit mehreren Jahren an flexiblen Dünnschicht-Solarzellen. Mit diesem Know-how geht er nun das Thema Batterien an.

«Dünnschicht-Solarzellen sind eine sinnvolle Sache – Dünnschicht-Batterien sind es eher nicht», erläutert Bücheler. «Denn leistungsfähige Batterien haben immer ein gewisses Volumen. Es bringt allerdings durchaus Vorteile, wenn man an bestimmten Stellen einer Batterie dünne Schichten einbaut.» Bei Büchelers Forschung geht es um den Elektrolyten – also den Teil der Batterie, der für die Ionenleitung zwischen Anode und Kathode, den beiden Polen, zuständig ist. Er muss einerseits stabil und ohne Löcher sein, damit es keinen Kurzschluss gibt. Berühren sich Anode und Kathode, ist die Batteriezelle nämlich tot. Andererseits sollen sich die Ionen beim Laden und Entladen möglichst schnell bewegen. Je kürzer also der Weg, desto leistungsfähiger die Batterie. Genau hier beginnt die Herausforderung für den Dünnschichtspezialisten. Der hauchdünne Festkörper, den er erfinden will, soll mechanisch stabil sein und hohe Spannungen aushalten. Zugleich soll er Lithium-Ionen möglichst leicht durchlassen.

Bücheler experimentiert mit Legierungen aus Lithium, Lanthan und Zirkonoxid, versetzt mit einigen Prozentanteilen weiterer Metalle. Für die Herstellung seiner hauchdünnen Schichten benutzt er eine so genannte Sputtering-Anlage: Unter Hochvakuum wird aus mehreren Tiegeln Material abgetragen, das sich auf einem Probenplättchen niederschlägt. Die so erzeugte Legierung wird mit einer Reihe physikalischer Analysemethoden auf ihre Tauglichkeit untersucht – zum Beispiel per Röntgendiffraktometrie, Raman-Spektroskopie, Röntgen-Fotoelektronen-Spektrometrie und Massenspektrometrie.

Das heikle an der Dünnschichttechnik: Die Verbindung der einzelnen Schichten untereinander muss über die gesamte Fläche der Batterie sehr innig und gleichmässig sein. «Wenn die Ionen an einigen Stellen stärker fliessen als an anderen, dann versagt die Batterie sehr bald», so Bücheler. Doch die Suche nach dem richtigen Material könnte sich am Ende lohnen. Eine Lithium-Ionen-Batterie mit festem Dünnschicht-Elektrolyten benötigt keine Graphit-Anode mehr, wie die heutigen «nassen» Lithium-Ionen-Akkus. Die Anode kann aus metallischem Lithium bestehen, was die Ladungsdichte der Batterie wesentlich steigert. Bei gleichem Gewicht und gleichem Volumen wäre ein solcher Akku deutlich leistungsfähiger – und liesse sich auch schneller laden.