

Vielversprechende Feststoff-Elektrolyte für leistungsstarke Lithium-Ionen Batterien

Leistungsfähige, langlebige Energiespeicher sind für viele Zukunftstechnologien von zentraler Bedeutung. Dr. Daniel Mutter vom Freiburger Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM konnte klären, wie Feststoff-Elektrolyte aus Keramik chemisch zusammengesetzt sein müssen, um gute Leistung in Lithium-Ionen Batterien zu erbringen.

„Die Überlegung, dass keramische Festkörper-Elektrolyte eine vielversprechende Alternative für herkömmliche Flüssig-Elektrolyte in Batterien und Akkumulatoren sein könnten, ist in der Materialwissenschaft nicht neu“, erklärt Dr. Daniel Mutter, Wissenschaftler der Gruppe Materialmodellierung am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM. Im Vergleich zu herkömmlichen Flüssig-Elektrolyten sind Festkörper-Elektrolyte sicherer im laufenden Betrieb: Sie bergen eine deutlich geringere Explosionsgefahr und bei einer Beschädigung, beispielsweise durch einen Crash, tritt keine Säure aus, die bei Menschen Verätzungen und Vergiftungen hervorrufen kann.

Im Allgemeinen fällt die ionische Leitfähigkeit von Keramik-Materialien geringer aus als die von Flüssig-Elektrolyten. Eine hohe ionische Leitfähigkeit verspricht jedoch die Klasse der NZP-Keramiken: Ihr struktureller Aufbau ermöglicht die Existenz von „Wanderpfaden“, auf denen sich Lithium-Ionen leicht fortbewegen können. Das macht sie zum interessanten Kandidat für hochleistungsfähige Festkörperelektrolyte für Lithium-Ionen-Batterien.

Unklar war bisher allerdings, warum bestimmte Verbindungen leistungsfähiger sind als andere und welche tatsächlich besonders gute Leistung erbringen. Die Anforderungen an die Materialeigenschaften von Batterie-Elektrolyten sind beachtlich: Die ionische Leitfähigkeit soll hoch und die verwendeten chemischen Elemente sowohl ungiftig als auch reichhaltig in der Erdkruste vorhanden sein. Dr. Mutter identifizierte mithilfe atomistischer Simulationen mehrere Kombinationen chemischer Elemente für NZP-Keramiken, die für diese

Anforderungen besonders vielversprechend sind (Bild 1). Der Vorteil: Die tatsächliche Synthese ist teuer und benötigt Ressourcen.

Kürzeres Laden bei längerem Betrieb

„Diese besonders vorteilhaften Keramik-Festkörper-Elektrolyte können wir unter Umständen mit sehr leistungsfähigen Lithium-Metall-Anoden kombinieren – das ist bei den heute gebräuchlichen flüssigen Elektrolyten nicht möglich, denn sie reagieren stark mit metallischem Lithium und beschädigen dadurch die Batterie“, erklärt Dr. Mutter. „Im nächsten Schritt könnten wir mit Partnern praktisch testen, ob unsere vorhergesagten Elektrolytmaterialien die Ionenleitfähigkeit wie erwartet deutlich steigern und daraus bestehende Batterien eine sehr viel höhere Energie- und Leistungsdichte erreichen“, sagt der Physiker. Das hieße konkret: Kürzere Ladedauer bei längerer Betriebszeit, was insbesondere für die Elektromobilität von Vorteil wäre. Zudem bedeutet diese Kombination weniger Gewicht, da Lithium-Metall-Anoden bei gleicher Kapazität deutlich leichter sind als die bisher verwendeten Graphit-Anoden.

Die chemischen Elemente, aus denen die Elektrolytmaterialien bestehen, an denen Dr. Mutter forscht, sind zahlreich in der Erdkruste in Europa vorhanden und verhältnismäßig leicht abbaubar. So wird vermieden, dass Elemente wie etwa Kobalt zur Herstellung benötigt werden.

Über die Vorhersage vielversprechender Zusammensetzungen hinaus trägt Dr. Mutter mit seiner Forschung zum besseren Verständnis der atomaren Vorgänge in NZP-

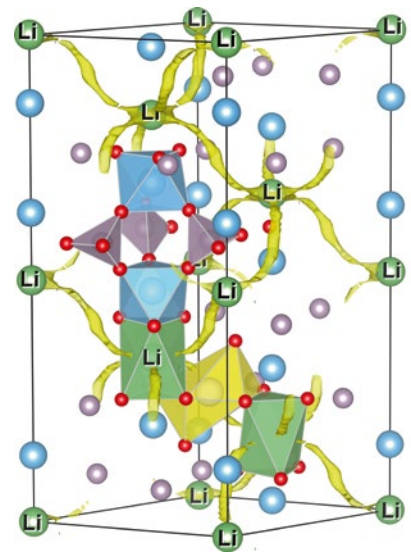


Bild 1 Hoffnungsträger für noch leistungsfähigere Lithium-Ionen-Batterien: Festkörper-Elektrolyt (hier $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$, Li-grün, Ti-blau, P-lila, O-rot) mit Darstellung der „Wanderungspfade“ für Lithium-Ionen (gelbe Bänder). (© Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM)

Keramiken bei. Er fand heraus, dass die für die Lithium-Ionen-Wanderung nötige Migrationsenergie auf eine andere Weise von der Sauerstoffumgebung um den Ionenwanderungspfad abhängt als bisher vermutet. Identifizierte Struktur-Eigenschaftsbeziehungen ermöglichen deutlich fundiertere Vorhersagen über die Auswirkungen der elementaren Besetzungen auf das Strukturgerüst und die Ionenleitfähigkeit der NZP-Keramiken. ◀

Kontakt:
Fraunhofer-Institut für
Werkstoffmechanik IWM, Freiburg,
www.materials.fraunhofer.de