

Von der animalischen Elektrizität zur modernen Festkörperelektrochemie – ein CD-Labor für Lithium-Batterien

Abgesehen von einem noch umstrittenen Fund eines Tongefäßes nahe der heutigen Stadt Bagdad (ca. 250 v. Chr.), das einen Eisenstab und einen Kupferzylinder enthielt, begann erst mit den Experimenten von Luigi Galvani die moderne Elektrochemie. Dies waren die ersten Schritte in Richtung elektrochemischer Energiespeicher, die uns im täglichen Leben nunmehr fast ständig begleiten. Das neu gegründete Christian-Doppler-Labor für Lithium-Batterien an der TU Graz versucht, zu einem besseren Verständnis der festkörperelektrochemischen Prozesse beizutragen.

Michael Sternad, Stefan Freunberger, Martin Wilkening

Der Italiener Galvani entdeckte 1780 in Bologna durch Zufall die Kontraktion von Froschschenkelmuskeln, wenn diese in Berührung mit zwei unterschiedlichen Metallen wie z. B. Eisen und Kupfer kommen. Er schrieb damals dieses Phänomen der sogenannten „Tierelektrizität“ zu. Aus thermodynamischer Sicht sind die elektrochemischen Potentiale der beteiligten Komponenten in den unterschiedlichen flüssigen und festen Phasen dieses galvanischen Elementes die Ursache für den Elektronen- und Ionentransport. Das Grundprinzip für moderne Lithium-Ionen-Batterien ist das gleiche: In jeder Batterie sind zwei Li⁺-leitfähige Materialien miteinander kombiniert, die sich in ihren elektrochemischen Potentialen unterscheiden.

Batterie im Fokus

In einer Batterie sind beide Elektrodenräume über eine elektronisch isolierende, aber ionisch leitende Phase voneinander getrennt. Den direkten Kontakt ermöglicht die elektronisch leitende Verbindung in Form eines Metalls, sodass der Elektronen- vom Ionentransport räumlich getrennt werden kann. Während des Ladeprozesses einer Batterie werden Li-Ionen reversibel aus der Kathode aus- und in die gemischtleitende Anode eingelagert. Materialien mit einem hohen Festkörper-Diffusionskoeffizienten sind von Vorteil und erleichtern die Wanderung der Teilchen. Neben Wasserstoff ist Lithium ein Element mit geringer Atommasse und einem kleinen Ionenradius. Es ist eines der schnellsten ionischen Ladungsträger. Seine Eigenschaften ermöglichen u. a. die Entwicklung leistungsfähiger Batterien mit großen gravimetrischen Energiedichten.

Heutzutage werden Milliarden von Batterien unterschiedlichen Typs in Asien produziert und verkauft. Die Materialwahl und das Design sind dabei genau auf das Einsatzgebiet zugeschnit-

ten. Neben ihrer Anwendung in z. B. tragbaren Geräten erfährt die Lithium-Ionen-Batterietechnologie angesichts der Verknappung fossiler Brennstoffe seit einigen Jahren auch eine Renaissance im Bereich der elektromobilen Zukunft und der stationären Energiespeicherung.

CD-Labor an der TU Graz

Das neu gegründete Christian-Doppler-Labor an der TU Graz beschäftigt sich neben anwendungsorientierten Fragestellungen zur elektrochemischen Batteriealterung und -schädigung (AVL List) u. a. auch mit der Entwicklung von Kleinstbatterien auf Basis leistungsfähiger mikrostrukturierter Anodenmaterialien (Infineon Technologies Austria). Im Fokus der Grundlagenforschung stehen Materialentwicklungen und Studien zu elektrochemischen Prozessen an den unterschiedlichen makro- und mikroskopischen Grenzflächen innerhalb einer Zelle. Die dynamischen Translationsprozesse der Li-

lonen sollen mit komplementären festkörperelektrochemischen Methoden auf möglichst großer Längen- und Zeitskala untersucht werden. Die Kombination von Kernresonanz- und Leitfähigkeitsspektroskopie bietet für diese Zielsetzung einen einzigartigen Zugang, der in dieser Weise nur an wenigen Standorten weltweit betrieben wird.

Die Verfügbarkeit von noch leistungsfähigeren Batterien steht und fällt mit der Entwicklung von neuen Funktionsmaterialien, deren Eigenschaften gezielt kontrolliert werden können. Die Suche nach hochleitfähigen und zum Teil nanostrukturierten ein- oder mehrphasigen Festkörper-Ionenleitern nimmt seit Jahren bei Chemikern, Physikern und Materialwissenschaftlern eine Spitzenstellung ein. Die universitären Ergebnisse der letzten Jahre, insbesondere im Bereich der Li-Luft-Batterietechnologie, waren bemerkenswert, sodass eine gute Entwicklung der Lithium-Technologie erwartet werden kann. ■



Testeinrichtung zur elektrochemischen Untersuchung von Batteriemodellzellen in der Arbeitsgruppe Wilkening (TU Graz, Institut für Chemische Technologie von Materialien).