

ELEKTROCHEMISCHE ENERGIESPEICHERUNG – ZUR ZUKUNFT VON LI- UND NA-BATTERIEN

Martin WILKENING¹

Inhalt

Das Verbrennen billiger, fossiler Brennstoffe erzeugt in vielen Industriestädten hohe Feinstaubwerte und trägt maßgeblich zum NO_x-Ausstoß und CO₂-Emissionen bei. Alternative Möglichkeiten der Energiekonversion für die mobile und stationäre Stromversorgung müssen dringend weiterentwickelt werden. Die Speicherung elektrischer Energie, z.B. aus Windparks, Wasserkraftwerken und Photovoltaikanlagen, kann mittelfristig durch sichere und leistungsfähige elektrochemische Energiespeicher erfolgen. Die Einführung „emissionsfreier“ Neufahrzeuge soll ebenfalls die Probleme lösen; immerhin werden 23 % der CO₂-Emissionen durch den Personen- und Gütertransport verursacht [1]. Ob die zurzeit diskutierten Fahrzeuge im Hinblick auf Produktion und Lebensdauer tatsächlich eine „grüne Bilanz“ aufweisen, ist zumindest diskussionswürdig. Auf deutschen Straßen sind beispielsweise um die 40 Millionen PKW unterwegs, aber nur 0,07 % davon sind Elektroautos. Lithiumbatterien sind, z.B. neben Brennstoffzellen, eine der praktikablen Speichermöglichkeiten.

In den meisten Fällen sind Elektroautos mit Li-Batterien, die fast ausschließlich in Asien gefertigt werden, aber noch zu teuer. Zudem birgt die mittlerweile konventionelle Li-Ionenbatterie ein Risiko: die verwendeten flüssigen, aprotischen Elektrolyte sind entflammbar. Unsachgemäße Handhabung oder Herstellungsfehler, wie der Multimilliarden-Dollarverlust des Handy-Herstellers Samsung zeigt, können die Zellen ungewollt und irreversibel schädigen. Dies ist dramatisch für Mobiltelefone aber wesentlich dramatischer für hochskalierte Systeme in Fahrzeugen oder in stationären Speichern. Festkörperbatterien mit keramischen Elektrolyten stellen eine vielversprechende Lösung dar (Abb. 1).

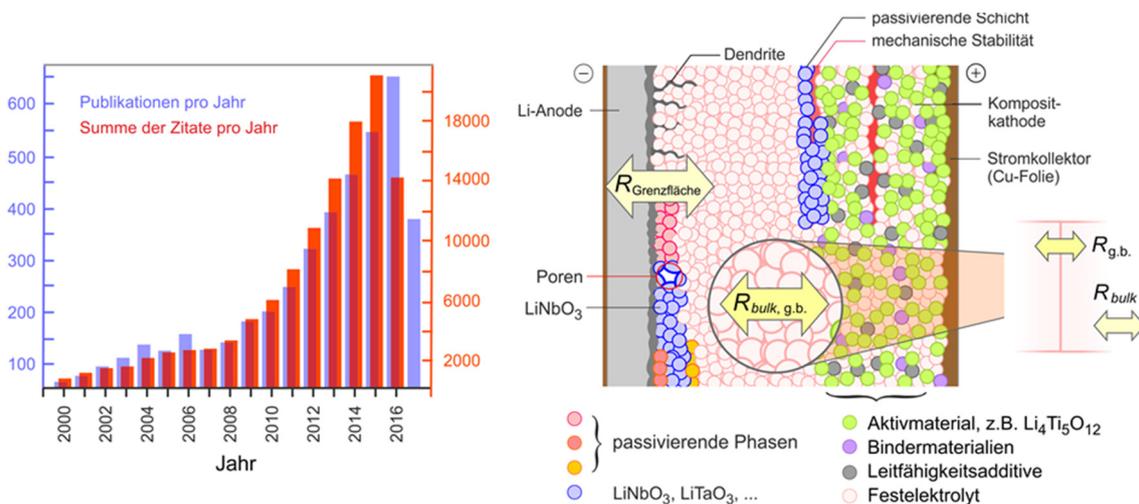


Abbildung 1: a) Anzahl der Publikationen und Zitate, die sich dem Thema „Keramische Festkörperbatterien“ widmen (Web of Science (Reuters), Suchbegriff: all-solid-state-batteries, Stand: 10. August 2017).
 b) Schematische Darstellung einer Festkörperbatterie mit Li-Anode und keramischem Elektrolyten, siehe [2].

Die EU sieht mittlerweile deutlichen Handlungsbedarf, neue Generationen von Batterien zu fördern und Programme zur Etablierung von europäischen Batterieproduktionsstätten zu konzipieren, um dem deutlichen Technologievorsprung in Asien nachzukommen. In diesen Konzepten spielen sowohl erweiterte ‚klassische‘ Li-Ionenbatterien eine Rolle (Generationen 1 und 2), z.B. mit neuen hochleistungsfähigeren Kathoden- und Anodenmaterialien (Generation 3), als auch Festkörperbatterien (Generation 4, siehe Abb. 1b) und Metall-Sauerstoff-Systeme (Generation 5).

¹ Technische Universität Graz, Institut für Chemische Technologie von Materialien / Christian Doppler Labor für Lithiumbatterien, Stremayrgasse 9, 8010 Graz, wilkening@tugraz.at, www.lithium.tugraz.at, www.ictm.tugraz.at

Im Bereich stationärer Speicher könnten Na-basierte Systeme eine Vorreiterrolle einnehmen. Auch Na-Festkörperbatterien gehören derzeit zu den hochaktuellen Forschungsthemen. Dabei sind natürlich auch Fragen zur Rohstoffverfügbarkeit und der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge von zentraler Bedeutung.

Unabhängig von diesen Bemühungen oder Modetrends sind kristalline, nanokristalline oder amorphe Ionenleiter ein beständiges Studienobjekt der physikalisch-chemischen Grundlagenforschung, wenn es um die Charakterisierung des Ionentransportes auf unterschiedlichen Längenskalen geht. Fragen nach den Formen der zugrundeliegenden Bewegungskorrelationsfunktion, den elementaren Selbstdiffusionsmechanismen oder der Präsenz von unabhängigen oder korrelierten Bewegungen sind von zentraler Bedeutung [2].

Geeignete Festkörperelektrolyte müssen folgende Anforderungen erfüllen, um in der Praxis mit ihren flüssigen Analoga konkurrieren zu können:

- sehr hohe ionische Leitfähigkeit, $> 10^{-3}$ S/cm bei z.B. Raumtemperatur, schwache Temperaturabhängigkeit, um einen nahezu ungehinderten Ionen transport zu gewährleisten; geringe Grenzflächen- und Durchtrittswiderstände
- elektronisch isolierend, d.h. die ionische Überführungszahl t_{ion} ist praktisch eins. Es bilden sich keine Li-Gradienten und somit keine Überspannungen aus
- elektrochemisch stabil über einen großen Potentialbereich, z.B. bis zu 5 V; Stabilität gegenüber metallischem Li, falls Li-Anoden anstelle von Insertionsmaterialien wieder zum Einsatz kommen sollen
- flexibel und kostengünstig herstellbar, z.B. auch in Form von Hybridmaterialien
- nicht toxisch, Verwendung von Elementen mit hoher natürlicher Häufigkeit, z.B. Na, Fe

Noch immer wird fieberhaft nach passenden Kandidaten zur Entwicklung von *all-solid-state batteries* gesucht. Schnelle Ionenleiter sind für alle Festkörperbatterien die Hauptvoraussetzung ihrer Realisierung. Oxidische Materialien, wie z.B. Li-Granate [3], oder Sulfide [4] mit geringerer Härte sind attraktive chemische Verbindungen. Im Vortrag werden auf zukünftige Materialentwicklungen und Trends zur Realisierung der nächsten Generation von Li- und Na-basierten Batterien eingegangen.

Referenzen

- [1] F. Creutzig, P. Jochem, O. Y. Edelenbosch, L. Mattauch, D. P. van Vuuren, D. McCollum, and J. Minx, *Science* 350 (2015) 911.
- [2] M. Uitz, V. Epp, P. Bottke, M. Wilkening, *J. Electroceram.* 38 (2017) 142.
- [3] B Stanje, D. Rettenwander, S. Breuer, M. Uitz, S. Berendts, M. Lerch, R. Uecker, G. Redhammer, I. Hanzu, M. Wilkening, *Ann. Phys.* 529 (2017) 1700140.
- [4] V. Epp, O. Gün, H.-J. Deiseroth, M. Wilkening, *J. Phys. Chem. Lett.*, 4 (2013) 2118.