

# Optimierung der Elektrodeneigenschaften für Lithium-Festkörperbatterien

**Dr. Henry Auer, M. Sc. Silian Yanev, Dr. Sören Höhn, Dipl.-Ing. Kerstin Sempff, Dr. Timo Paschen, Dr. Kristian Nikolowski, Prof. Silke Christiansen, Dr. Mareike Partsch**

Das Fraunhofer IKTS entwickelt Elektroden und Zellen für Festkörperbatterien mit oxidischen, sulfidischen und polymeren Elektrolyten. Zur gezielten Verbesserung der Elektrodeneigenschaften werden bildgebende mit elektrochemischen Verfahren kombiniert. Die neu etablierten Arbeitsabläufe ermöglichen die gezielte Optimierung der Elektrodemorphologie. Dadurch werden Festkörperbatterien in deutlich kürzeren Iterationszyklen entwickelt.

Eine Kathode bestehend aus einem Aktivmaterial (NCM811) und einem hochleitfähigen, sulfidischen Elektrolyten wurde optimiert, sodass bei einem möglichst hohen Aktivmaterialgehalt die Funktion (also eine hohe Kapazität bei hoher Ratenfähigkeit) verbessert wird. Die Elektroden von Festkörperbatterien sind komplexer aufgebaut als die konventioneller Lithium-Ionenbatterien. Unterschiedliche Materialklassen im Bereich der anorganischen Festionenleiter – Oxidkeramiken, Sulfide und Halogenide – sowie Polymere werden hier eingesetzt. Der feste Elektrolyt ist eine zusätzliche Komponente, die beim Herstellungsprozess eingebracht wird. Dabei bilden sich zwei ineinander verschränkte leitende Netzwerke (Bild oben) für Elektronen über das Aktivmaterial (blaue Pfeile) und für Ionen über dem sulfidischen Festelektrolyten (orangene Pfeile) aus. Passive Komponenten wie Binder oder Restporosität stören diese Leitung.

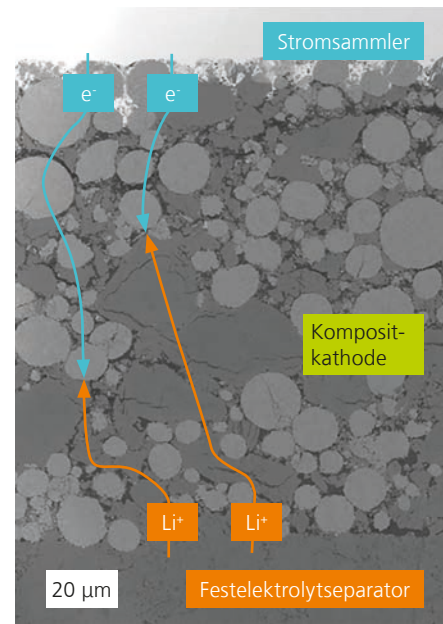
Für ein detailliertes Verständnis und zur Optimierung dieser komplexen Morphologie wurden elektrochemische Messungen mit direkten bildgebenden Verfahren (Bild mitte) kombiniert. Aus Kapazitäts-, Ratenfähigkeits- und Impedanzmessungen lassen sich Informationen zur elektrochemischen Anbindung der Aktivmaterialpartikel und der effektiven ionischen sowie elektronischen Leitfähigkeiten gewinnen.

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen an Elektroden unterlegen diese Information mit morphologischen Daten zu Homogenität und Leitpfaden. Sekundärionen-Massenspektroskopie (SIMS) im Heliumionenmikroskop macht zusätzlich die Anbindung einzelner Aktivmaterialpartikel mittels Lithium-Analytik sichtbar.

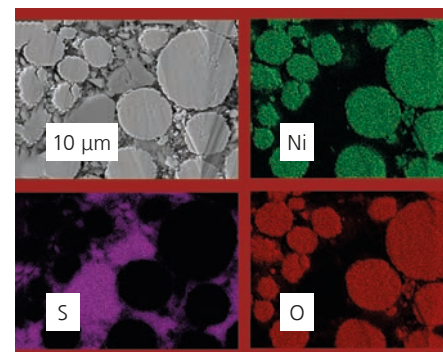
Eine wesentliche präparative Herausforderung für die im Bild oben gezeigten sulfidischen Kathoden lag in den hohen Ansprüchen an die Arbeitsatmosphäre. Für die Analytik wurde deshalb ein Workflow, bestehend aus Präparation, Überführung und Messung, unter Schutzgas etabliert. So können frische oder aus Festkörperbatterien zurückgewonnene Elektroden vollständig kontaminationsfrei unter Luftausschluss präpariert und analysiert werden. Durch diese Kombination konnten Elektroden mit guten elektrochemischen Eigenschaften (Bild unten) in deutlich kürzeren Iterationszyklen entwickelt werden.

## Leistungs- und Kooperationsangebot

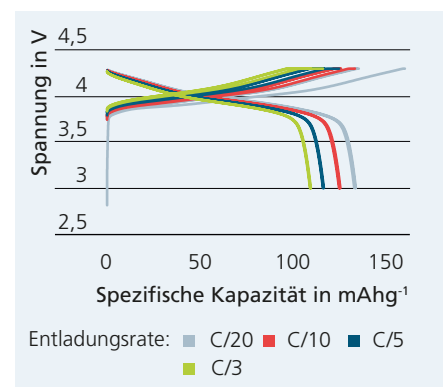
- Entwicklung und Post-Mortem-Analyse von Festkörperbatterien und Komponenten
- Elektrochemische Analyse: Ionen- und Elektronenleitfähigkeit, Voll- und Halbzellbau
- Ionenstrahlpräparation, analytische Feldemissions-Rasterelektronen- und Heliumionenmikroskopie, Lithiumdetektion (SIMS)



FESEM-Aufnahme des Schnitts durch eine sulfidische Festkörperbatterie; Leitpfade für Elektronen (blau) und Lithium-Ionen (orange).



FESEM-Querschnittsaufnahme und EDX-Elementverteilung der Kompositkathode.



Ratentest der Festkörperbatterie.