

- 1 Kathodenmaterial  $\text{LiCoPO}_4$
- 2 TEM-Aufnahme von einem Core-Shell-Partikel  $(\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$  mit Metalloxid beschichtet
- 3 Mit Hybridpolymer-Elektrolyt teilweise beschichtete Elektrode
- 4 Herstellung einer Glaskeramik

## NEUE MATERIALIEN FÜR BATTERIEN DER ZUKUNFT

Für die Verwirklichung von rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen (EV, PHEV) sowie für stationäre Anwendungen wie beispielsweise die Zwischenspeicherung von Strom aus Solar- und Windkraftanlagen müssen deutlich verbesserte Lithium-Ionen-Batterien entwickelt werden. Der Fokus liegt hierbei auf neuen Materialien, die neben einer erhöhten Energie- und Leistungsdichte eine längere Lebensdauer und gleichzeitig eine hohe Sicherheit aufweisen.

Am Fraunhofer ISC wird interdisziplinär an der Entwicklung neuer, aufeinander abgestimmter Zellkomponenten gearbeitet und diese Neuentwicklungen direkt in verschiedenen Zellen getestet.

### Elektrolyte

Ein großes Optimierungspotenzial insbesondere in Bezug auf hohe Sicherheit liegt bei den Elektrolyten. Anforderungen wie hohe Leitfähigkeit bei einer geringen Flammbarkeit

und hohe mechanische Stabilität bei gleichzeitig guter Elektroden-Anbindung verlangen nach einem »Allround-Talent«.

Das Fraunhofer ISC sieht eine Chance, in der Entwicklung von Hybridpolymerelektrolyte diesen hohen Ansprüchen gerecht zu werden.

Auf Basis organisch-anorganischer Hybridpolymere, die verglichen mit anderen Feststoffpolymeren eine hohe intrinsische ionische Leitfähigkeit haben (bis zu  $10^{-4}$  S/cm bzw.  $10^{-3}$  S/cm als Gel), werden verschiedene Composite entwickelt. Zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften werden funktionalisierte Silicat- oder Keramikpartikel eingearbeitet. So entstehen Materialien mit einer wesentlich geringeren Flammbarkeit sowie höherer thermischer Stabilität als bei zurzeit standardmäßig eingesetzten Flüssigelektrolyten. Außerdem kann durch den Einsatz dieser Hybridpolymere auf den Separator verzichtet und der Gesamtwiderstand erniedrigt werden.

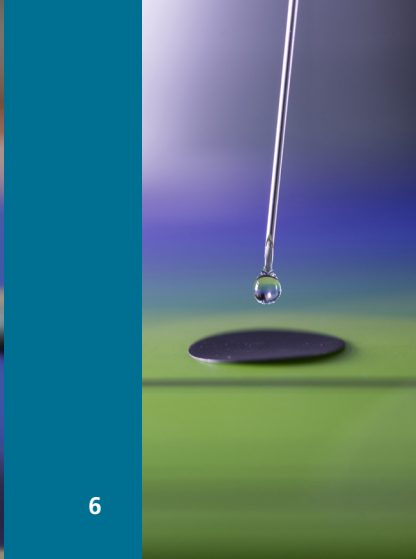
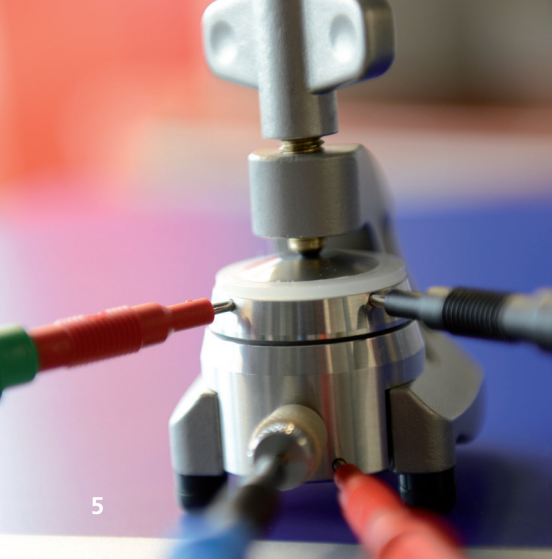
### Fraunhofer-Institut für Silicatiforschung ISC

Neunerplatz 2  
97082 Würzburg

Ansprechpartner

Dr. Henning Lorrmann  
Telefon +49 931 4100-519  
henning.lorrmann@isc.fraunhofer.de

[www.isc.fraunhofer.de](http://www.isc.fraunhofer.de)



Durch das Baukastensystem der Hybridpolymere können die Elektrolyte entsprechend der jeweiligen Anforderungen einfach chemisch angepasst und optimiert werden. Dazu zählen unter anderem:

- Hohe Leitfähigkeit von  $10^{-3}$  S/cm (Gel-Formulierung)
- Hohe mechanische Stabilität (Für Li-Metall-Anwendungen)
- Hohe Transparenz (Anwendungen in elektrochromen Fenstern)
- Hohe Sicherheit (mobile Anwendungen)

Neben Polymer basierten Elektrolyten liegt ein weiterer Schwerpunkt der Materialforschung in der Entwicklung von Lithium-Ionen leitfähigen Glaskeramiken. Diese besitzen eine potenziell hohe Lithium-Ionen-Leitfähigkeit, eine sehr hohe elektrochemische Stabilität und sind nicht flammbar. Das Fraunhofer ISC stützt sich bei der Entwicklung anorganischer Elektrolyte für Lithium-Ionen-Batterien und alternative Batteriekonzepte auf jahrzehntelange Erfahrungen in der Entwicklung von Glas-Keramiken. Über eine vollautomatische Glas-Screening-Anlage ist es möglich, bis zu sechs Materialien am Tag zu screenen und diese automatisch zu charakterisieren.

Um die Anforderungen der gesamten Zellchemie zu erfüllen, werden die neu entwickelten Materialien in enger Zusammenarbeit mit der Elektrodenentwicklung getestet. Dadurch können elektrochemische Zellen nach Kundenwünschen maßgefertigt und analysiert werden.

## Elektrodenmaterialien

Für die Realisierung von höheren Energie- und Leistungsdichten für die nächste Generation von Lithium-Ionen-Batterien werden am Fraunhofer ISC unterschiedliche technologische Ansätze verfolgt. So werden neue Hochvolt-geeignete Aktivmaterialien wie Si/C-Komposite für Anoden und Olivin-Strukturen wie beispielsweise  $\text{LiCoPO}_4$  und dotierte Lithium-Metall-Phosphate für Kathoden synthetisiert und elektrochemisch vermessen. Des Weiteren werden bestehende kommerzielle Hochleistungsmaterialien wie  $\text{Li}(\text{Mn}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$  mittels funktionaler Beschichtungen mit Hybridpolymer-Materialien, Metalloxiden oder -fluoriden in sogenannte Core-Shell-Strukturen überführt, die neben einer verbesserten Stabilität des Aktivmaterials gegenüber dem Elektrolyten (höhere Lebensdauer) z. T. auch eine verbesserte elektrische Leitfähigkeit haben.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt ist die Entwicklung neuartiger Elektroden für Lithium-Ion Capacitors - Energiespeicher mit maßgeschneiderten Energie- und Leistungsdichten. Durch die Kombination der leistungsstarken Doppelschichtkondensator-Materialien mit den Vorteilen von Batteriematerialien, die durch Einlagerung von Lithium-Ionen eine hohe Energiedichte erzielen, können neue Energiespeichersysteme mit verbesserter Leistungsdichte erreicht werden.

## Unsere Leistungen

- Abgestimmte Entwicklung von Elektrolyt- und Elektrodenmaterial
- Messzellbau nach Kundenwunsch (Labormesszelle bis  $2,5 \text{ cm}^2$ , Pouchbag)
- Zyklisierung unter extremen Umweltbedingungen ( $-20^\circ\text{C}$  bis  $+80^\circ\text{C}$ , 0-100% relative Luftfeuchte)
- Cyclovoltammetrie und Impedanz-Spektroskopie (EIS,  $-20$  bis  $+120^\circ\text{C}$ )
- 3D-Laserscanning-Mikroskopie (LSM) für die optische Untersuchung von Elektrodenoberflächen
- Scanning Electrochemical Microscopy (SECM)

Die enge Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Angewandte Analytik ZAA des Fraunhofer ISC ermöglicht darüber hinaus eine umfassende Charakterisierung der entwickelten Materialien, z. B. durch

- Elektronenmikroskopie: (Kryo-) REM, TEM, Vierpunktanalyse
- Spektroskopische Methoden (NMR, FTIR, Raman, XPS)
- Röntgenbeugung (XRD)
- Thermogravimetrie mit Online-Massen- und IR-Spektrometer sowie Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC)

**5** Kommerziell erhältliche 3-Elektroden-Zelle zum Testen der Materialien

**6** Aufbringen eines Hybridpolymer-Elektrolyten auf einer Elektrode

**7** Anoden- und Kathodenfertigung über Siebdruck