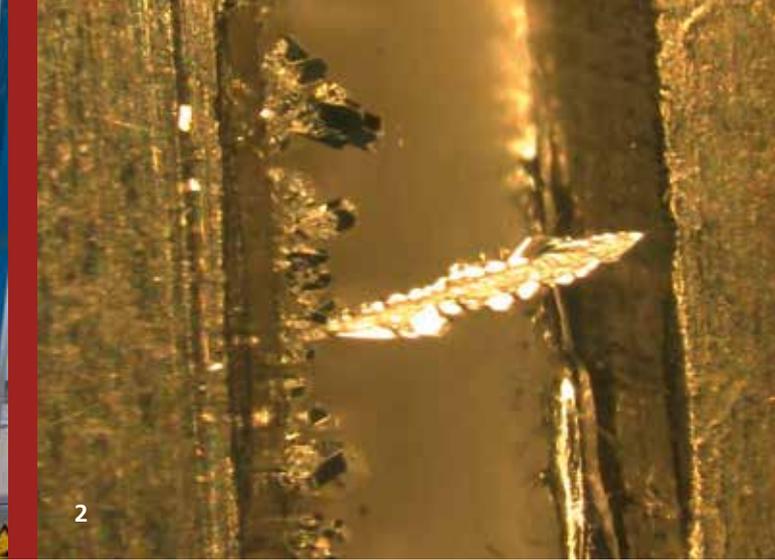


# BATTERIEMATERIALFORSCHUNG UND ZELLENTWICKLUNG





Für den Energiesektor besitzt elektrische Energie einen sehr hohen Wert, da sie sich in der Regel mit einfachen Mitteln in andere Energieformen, wie beispielsweise Wärme, elektromagnetische Strahlung oder mechanische Energie, umwandeln lässt. Sie nimmt deshalb in praktisch allen Bereichen der Gesellschaft eine dominierende Rolle ein. Allerdings stellt die Speicherung elektrischer Energie hinsichtlich der Effizienz, der Energiedichte und der Kosten eine besondere Herausforderung dar.

Das Fraunhofer ICT beschäftigt sich seit mehr als vier Jahrzehnten mit den unterschiedlichsten elektrochemischen Energiespeichersystemen und kann damit auf umfassendes Wissen und Erfahrungen für seine Kunden zurückgreifen. Das Know-how reicht von primären, nicht wiederaufladbaren Speichern über sekundäre, wiederaufladbare Speicher bis hin zu Aufbau, Bewertung und Testung komplexer, aus mehreren Zellen bestehender Batteriesysteme. Auch die Überwachung und das Energiemanagement dieser Systeme sowie die Ursachenforschung im Versagensfall zählen zu den Kompetenzen.

Die Energiedichte von Lithium-Ionen-Akkus konnte seit ihrer Einführung von Sony 1991 massiv gesteigert werden. Durch Reduktion des passiven Gewichts (Ableiter, Separator, Zellegehäuse), Steigerung der Aktivmasse und Aktivfraktion in der Elektrode, bessere Aktivmaterialien (NCA, NCM, LFP) und verbesserte elektrochemische Eigenschaften (Elektrolyt, Additive, Aktivmaterialstruktur) stieg die Energiedichte auf bis zu 240 Wh/kg und bis zu 700 Wh/l auf Zellebene. Zukünftige Hochenergiezellen werden auch diese außerordentlichen Werte überbieten können, indem noch dünnere Separatoren und dichtere Aktivmaterialien mit höheren Flächenkapazitäten eingesetzt werden. Dennoch sind den momentan kommerzialisierten Aktivmaterialien, die auf einer Interkalationsreaktion basieren, insbesondere bei der gravimetrischen Energiedichte Grenzen gesetzt.

Zukünftige Batteriesysteme setzen an diesem Punkt an und haben das Potential, zwei- bis dreimal höhere Energiedichten zu erzielen als kommerzialisierte Lithium-Ionen-Systeme. Die nahezu unbegrenzten natürlichen Ressourcen und die elektrochemischen Eigenschaften von Natrium, Silizium und Schwefel machen gerade diese Materialien als kostengünstige Elektroden interessant. So entwickelt das Fraunhofer ICT seit vielen Jahren kommerzialisierte Systeme auf Lithium-Ionen-Basis und forscht parallel an Systemen der nächsten Generation.

#### ■ Lithium-Schwefel (Li-S) und Natrium-Schwefel (Na-S) |

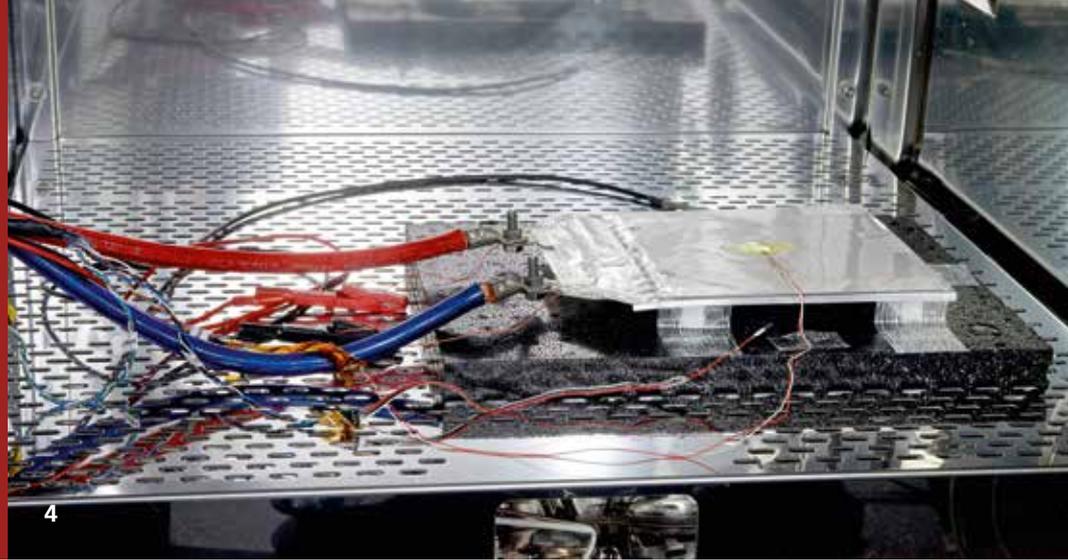
Mit Schwefelkathoden lassen sich um ein Vielfaches höhere Kapazitäten erzielen als mit Lithium-Ionen-Kathoden. Durch das Verständnis der Reaktionsmechanismen und der Elektrolyt- und Elektrodendegradation ist es dem Fraunhofer ICT gelungen, Schwefelkathoden entsprechend zu verbessern. Ziel ist es, aus kommerzialisierten Ausgangsmaterialien kostengünstige Schwefelkathoden für hohe Energiedichten auf Zellebene bei großen Zyklenzahlen zu erzielen.

#### ■ Natrium-Sauerstoff (Na-O<sub>2</sub>) und Lithium-Sauerstoff (Li-O<sub>2</sub>) |

Sauerstoff als Kathodenmaterial muss nicht in der Batterie mitgeführt, sondern kann der Luft entnommen werden. Dadurch lässt sich die Energiedichte von Lithium-Ionen-Batterien deutlich erhöhen. Die Verbesserung der elektrochemischen Umsetzung des Sauerstoffs sowie vertieftes Verständnis des Reaktionsmechanismus sind aktuelle Forschungsschwerpunkte. Natrium-Sauerstoff-Batterien ermöglichen eine deutliche Senkung der Polarisation und dadurch einen höheren Wirkungsgrad, sind aber noch im Forschungsstadium. Die Entwicklung geeigneter Elektrolyten steht hier im Fokus der Arbeiten.



3



4

### ■ Natriummetall (Na), Lithiummetall (Li), Silizium (Si) |

Durch ihre hohe Zyklenstabilität werden Graphitanoden in fast allen Lithium-Ionen-Zellen eingesetzt. Mit Anoden aus metallischem Natrium, Lithium oder Silizium lässt sich die Energiedichte entsprechender Zellen erheblich steigern. Das Fraunhofer ICT arbeitet deshalb an einer verbesserten, homogenen Abscheidung von Metallanoden und an der Entwicklung optimierter Elektrolyte für Silizium-Anoden. Mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie werden Einblicke in die Elektroden ermöglicht und damit ein besseres Verständnis der elektrochemischen Vorgänge. Post-mortem- und In-situ-Untersuchungen solcher luft- und feuchteempfindlichen Materialien sind am Fraunhofer ICT durchführbar.

■ **Superkondensatoren** | Industrierelevante Schwachstellen heutiger Lithium-Ionen-Energiespeicher sind häufig eine unzureichende Stabilität bei hohen Temperaturen, eine relativ kurze Zyklenlebensdauer und nicht praktikable Ladezeiten. Elektrochemische Kondensatoren haben hingegen ein signifikantes Potential in der Energierückgewinnung, da ihre physikalischen Ladungsprozesse eine ultraschnelle Energiespeicherung bei längerer Lebensdauer ermöglichen. Um die oftmals noch unzureichenden Energiedichten zu erhöhen, entwickelt das Fraunhofer ICT im Kundenauftrag neuartige Hybridkondensatoren. Ein weiteres Ziel zur Verbesserung der Performance ist der Einsatz unterschiedlicher ionischer Liquide als Elektrolyt sowie anorganischer Oxide als Elektrodenmaterial.

■ **Elektrolyt, Separation und Festionenleiter** | Durch die umfangreiche Erfahrung mit organischen, anorganischen und ionischen Liquiden als Elektrolyt für Natrium- und Lithium-Ionen-Zellen ist es am Fraunhofer ICT möglich, Separatoren und Elektrolyte mit am Markt verfügbaren Materialien zu benchmarken. Mit Hilfe von  $\text{Li}^+$ - bzw.  $\text{Na}^+$ -Festionenleitern als Separationssystem können insbesondere Stabilitätsprobleme organischer Elektrolyte in Systemen der nächsten Generation umgangen werden.

■ **Materialanalytik** | Durch Einsatz von Ionenchromatographie, Gaschromatographie, Massenspektroskopie, energiedispersiver Röntgenstrahlung am Rasterelektronenmikroskop (REM-EDX), Raman- und fouriertransformierte Infrarotspektroskopie (FTIR) können Elektroden, Elektrolyte und der Reaktionsmechanismus diverser elektrochemischer Systeme untersucht und charakterisiert werden.

■ **Testung und Benchmarks** | Das Fraunhofer ICT führt an kommerzialisierten Zellen, Zellwickeln und Elektroden mechanische, elektrische und thermische Sicherheitstests durch. Elektrochemische Tests zu Zyklenzahl, Temperatur und Leistung und physikalische Untersuchungen zu Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität für Simulationsberechnungen ergänzen das Portfolio. Die Ergebnisse werden für eigene Simulationen oder für Analysen im Kundenauftrag genutzt.

■ **Messzellen und Messverfahren** | Das Fraunhofer ICT verfügt über zahlreiche Messzellen in 2-, 3- oder 4-Elektrodenanordnung für Elektroden mit unterschiedlichen Durchmessern und Geometrien, Zellen für Sauerstoffkathoden, für optische in-situ Messungen, zur in-situ Bestimmung der Elektrolytdekomposition und mehrlagige Pouch-Zellen als Demonstrationsobjekt.

Kommen Sie gerne auf uns zu – mit maßgeschneiderten Werkzeugen können wir unsere Messsysteme genau Ihren Wünschen anpassen.

- 1 *Elektrochemische Batteriematerialtests.*
- 2 *Na-Dendrit in  $\text{NaClO}_4$  in EC:DMC Elektrolyt.*
- 3 *Traktionsbatteriemodul.*
- 4 *Test einer Batteriezelle in Klimakammer.*

**BATTERIEMATERIALFORSCHUNG  
UND ZELLENTWICKLUNG**

**Fraunhofer-Institut für  
Chemische Technologie ICT**

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7  
76327 Pfinztal (Berghausen)

Institutsleitung:  
Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

**Ansprechpartner**

Dr. Markus Hagen  
Telefon +49 721 4640-716  
markus.hagen@ict.fraunhofer.de

Thomas Berger  
Telefon +49 721 4640-319  
thomas.berger@ict.fraunhofer.de

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