

# Nanoanalytik an Batterien: Vom Mikrometer bis zur atomaren Auflösung

Dr. Zhongquan Liao, Dr. Juliane Posseckardt, Sylvia Conzendorf, M.Sc. Stefan Weitz, Dr. Birgit Jost, Dr. André Clausner

In Deutschland und Europa sind Batterien derzeit die Schlüsselkomponente für den Übergang zu nachhaltiger Energie und Mobilität. Mit der steigenden Nachfrage nach sichereren, effizienteren, schneller ladenden und langlebigeren Batterien wird fortschrittliche Nanoanalytik in der Forschung und Entwicklung immer wichtiger. Methoden wie die Röntgenmikroskopie (XRM), die Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) ermöglichen es, Batteriematerialien vom Mikrometer bis zu atomarer Auflösung zu analysieren und zu visualisieren. Dabei werden strukturelle, chemische und morphologische Informationen offengelegt, die deren Leistung und Degradation bestimmen. Diese Erkenntnisse sind entscheidend für die Entwicklung der nächsten Generation von Batterien und unterstützen die Führungsrolle Europas im Bereich der sauberen Energietechnologien.

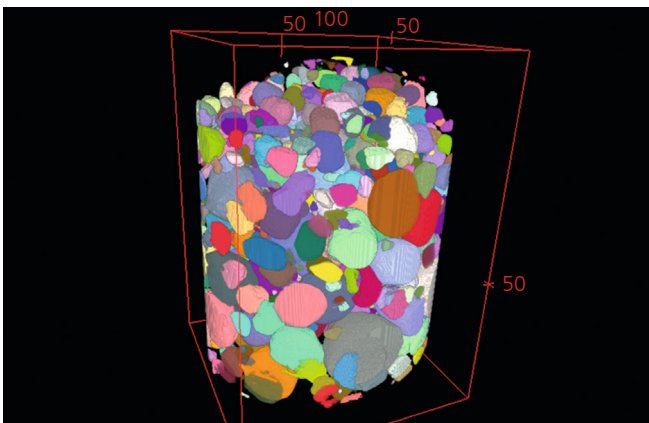


Abb. 1: Segmentierung der Partikel (Falschfarben), Größenangabe in  $\mu\text{m}$ .

XRM ist eine nicht-destruktive Bildgebungsmethode zur Untersuchung der inneren Struktur von Materialien. Am Fraunhofer IKTS wird die darauf basierende Nanotomographie eingesetzt, um 3D-Modelle zu erstellen mit denen das gesamte Probenvolumen von Batteriematerialien untersucht werden kann (Abb. 1). Dabei können die Partikelverteilung sowie die Größe und Form einzelner Partikel ermittelt werden. Darüber hinaus werden Risse und Hohlräume innerhalb der Partikel sichtbar.

Als destruktive Bildgebungsmethode kann mit der Slice- und View-Methode im REM ebenfalls die 3D-Struktur von Batteriematerialien mit höherer Auflösung im Nanometerbereich untersucht werden, während die Elektronenrückstreuung (EBSD)-Methode im REM die Analyse der Korngröße und Textur sogar eines einzelnen Batteriepartikels ermöglicht (Abb. 2). So kann die Leistung der Batterie mit der Kornorientierung verknüpft werden.

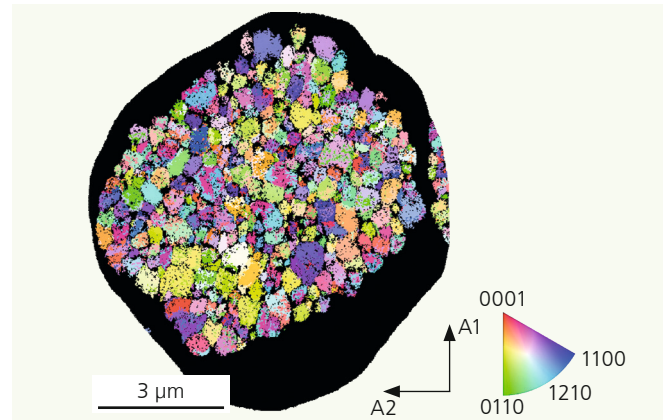


Abb. 2: Inverse Polfigur-Karte eines einzelnen Batteriepartikels.

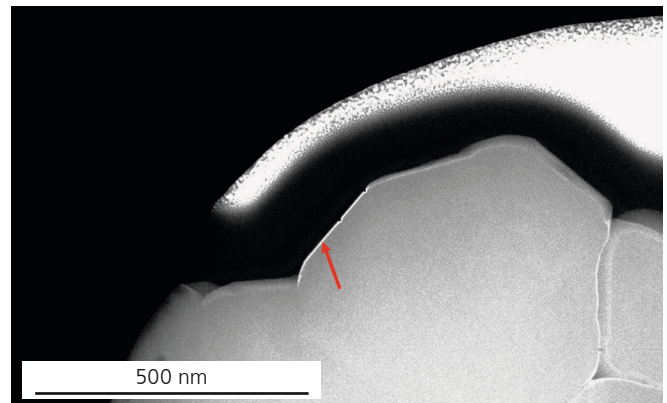


Abb. 3: HAADF-Bild von Kathoden-Partikelkörnern.

TEM bietet von den dargestellten Methoden die höchste räumliche Auflösung zur Analyse der Mikrostruktur und Zusammensetzung von Batteriematerialien bis zur atomaren Ebene. Ein Beispiel dafür ist eine ultradünne Schicht von etwa 1 nm Dicke auf der Kornoberfläche, die durch Atomlagenabscheidung (ALD) beschichtet wurde und durch High-Angle Annular Dark-Field Imaging (HAADF) eindeutig bestätigt werden konnte (Abb. 3).

Die dargestellte Palette an Analysemethoden ist in ihrer Breite einzigartig. Am Fraunhofer IKTS können so Batteriematerialien bis zur atomaren Ebene umfassend charakterisiert werden. Das trägt entscheidend zur Entwicklung hochleistungsfähiger und langlebiger Batterien bei.

PowerCo