

## AiX-R

AI-Supported X-Ray Microscopy for Correlative Material Characterization

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Kooperationsstrukturen, Kooperationsstrukturen, F&E-Infrastrukturförderung Ausschreibung 2023	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.06.2024	<b>Projektende</b>	31.05.2027
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2027	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	X-ray microscopy, artificial intelligence, imaging, tomography		

### Projektbeschreibung

Die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer moderner funktionaler Bauelemente wie z.B. Batterien, Brennstoffzellen oder energieeffiziente Leistungshalbleiter etc. hängt stark von den verwendeten Materialien, deren Struktur und Eigenschaften ab. Moderne Geräte weisen in der Regel komplexe Architekturen mit unterschiedlichen Längenskalen auf und zeigen mehrere Materialien. Für eine ordnungsgemäße Geräteverbesserung ist es nicht nur entscheidend, die gesamte Gerätestruktur einschließlich möglicher Ausfälle aufzudecken, sondern auch deren Zusammenhang mit den zugrunde liegenden Eigenschaften (mechanisch, elektrochemisch, thermisch usw.) zu verstehen. Um ein tiefes Verständnis der Bauelementstruktur und der Materialmikrostruktur zu erlangen, ist der Einsatz fortschrittlicher Charakterisierungsmethoden erforderlich. Insbesondere 3D-Bildgebungsverfahren mit Post-Mortem- und In-Operando-Fähigkeiten bieten in diesem Zusammenhang neue Möglichkeiten. Hier ist eine ausreichende räumliche Auflösung und ein ausreichender Kontrast notwendig, um die verschiedenen Merkmale und Komponenten innerhalb des Gerätes darzustellen. Des Weiteren ist ein entsprechendes Sichtfeld (FOV) wichtig, um eine statistisch relevante Menge an Bilddaten zu erhalten. Die End-to-End-Charakterisierung mit hoher Präzision, Zuverlässigkeit und Effizienz über verschiedene Längenskalen hinweg ist jedoch nicht trivial. Die kürzlich eingeführte Röntgenmikroskopie (XRM) ist ein zerstörungsfreies dreidimensionales (3D) tomographisches Bildgebungsverfahren, das auf der Synchrotron-Technologie basiert, und die Möglichkeiten von Phasenkontrast-Bildgebung bietet. XRM eignet sich zum Scannen ganzer Geräte oder einzelner Materialkomponenten mit hoher Auflösung bis zu einer Voxelgröße von etwa 40 nm und bietet einen hohen Kontrast und ein ausreichendes Sichtfeld hinsichtlich statistischer Analyse.

Ziel dieses Projektes ist die Anschaffung eines XRM und die Vervollständigung der bestehenden 3D-Charakterisierungsinfrastruktur am MCL, die in Österreich einzigartig ist. Hier soll das XRM sowohl Möglichkeiten für die postmortale als auch für die in-operando (elektrochemische und mechanische Belastung) 3D-Charakterisierung über verschiedene Längenskalen von der Geräte- bis zur Materialebene bieten. Zusätzlich soll künstliche Intelligenz für die Bildrekonstruktion und -analyse sowie zur Aufdeckung der zugrundeliegenden Struktur-Eigenschafts-Beziehung miteinbezogen werden. Ein starker Forschungsfokus liegt dabei auf nachhaltige Themen im Bereich Batterien, aber auch Festoxid-Brennstoffzellen und Festoxid-Elektrolysezellen sowie der Erforschung energieeffizienter Bauelemente z.B. in der Mikroelektronik. Die Nutzung des XRM und die daraus resultierende Forschung werden Innovationen freisetzen, indem sie

Digitalisierung mit Nachhaltigkeit als Teil der „Twin Transition“ kombinieren.

## **Abstract**

The performance and life-span of modern functional devices e.g. batteries, fuel cells or energy efficient power semiconductors etc. is strongly connected to the applied materials, their structure and properties. Modern devices usually display complex architectures with various length scales and show multiple materials. For proper device improvement it is not only crucial to uncover the whole device structure including possible failures but also to understand its correlation with the underlying properties (mechanical, electrochemical, thermal etc.). In order to gain a deep understanding of the device structure and material microstructure, it requires the use of advanced characterization methods. In particular, 3D imaging techniques with post-mortem and in-operando capabilities provide new possibilities in this context. Here, sufficient spatial resolution and contrast is necessary to represent the various features and components within the device. Furthermore, a corresponding field of view (FOV) is important for obtaining a statistically relevant amount of image data. However, the end-to-end characterization with high precision, reliability and efficiency over different length scales is non-trivial. Recently introduced X-ray microscopy (XRM) is a non-destructive three-dimensional (3D) tomographic imaging technique based on synchrotron technology for the laboratory environment including phase contrast imaging possibilities. XRM is suitable for scanning either entire devices or individual material components with high resolution down to about a Voxel size of 40 nm, as well as provides high contrast and a sufficient field of view with respect to statistical analysis.

The aim of this project is to purchase an XRM and complete the existing 3D characterization infrastructure at the MCL, unique in Austria. Here, the XRM shall provide possibilities for post-mortem as well as in-operando (electrochemical and mechanical loading) 3D characterization across different length scales from device to material level, and shall include artificial intelligence for image reconstruction and analysis as well as to uncover the underlying structure-property relationship. A strong focus will be made on sustainable research comprising batteries, but also solid oxide fuel cells and solid oxide electrolysis cells as well as the research on energy efficient devices e.g. in microelectronics. The utilization of the XRM and resulting research will unleash innovation, by combining digitalization with sustainability as part of the twin transition.

## **Projektpartner**

- Materials Center Leoben Forschung GmbH