

## 3DnanoAnalytics

High-resolution and high-precision analytical studies of defect-element interactions in materials

|                                 |  |                        |               |
|---------------------------------|--|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | F&E Infrastruktur, F&E Infrastruktur, F&E Infrastruktur 1. Ausschreibung   | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.05.2017   | <b>Projektende</b>     | 31.10.2019    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2017 - 2019  | <b>Projektlaufzeit</b> | 30 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | Werkstofftechnik; Raster-Transmissionselektronenmikroskopie (STEM); Mikrostrukturanalytik; Metalle; Aluminiumlegierungen |                        |               |

### Projektbeschreibung

Ein vertiefendes Verständnis von materialphysikalischen Vorgängen und deren Auswirkung auf die Mikrostruktur ist notwendig, um gezielt die Eigenschaften von modernen Werkstoffen zu verbessern. Der Zusammenhang zwischen Herstellung, Gefüge und endgültigem Eigenschaftsprofil der Werkstoffe ist nur mit den neuesten Techniken darstellbar und setzt tiefes Expertenwissen auf dem Gebiet der Werkstoffkunde voraus. Eine derartige Charakterisierung verspricht in Kombination mit neuen Simulationsmethoden großes Potenzial für die Neuentwicklung und Verbesserung von Materialien.

Die Anschaffung eines analytischen Raster-Transmissionselektronenmikroskops (Chem-STEM) der neuesten Generation mit Super-EDX Technologie erlaubt der Montanuniversität, ihre Kompetenzen im Bereich der Werkstofftechnik und Materialcharakterisierung entscheidend zu erweitern. An der Montanuniversität liegt bereits eine exzellent ausgebaute Forschungsinfrastruktur im Bereich der Herstellung, Verarbeitung und Charakterisierung vor, welche die wichtigsten Materialklassen (Metalle, Keramiken, Beschichtungen, funktionelle Werkstoffe, Kunststoffe) umfasst. Im Bereich der Mikroskopie ist die Montanuniversität gut aufgestellt, weist aber bei der orts aufgelösten Analytik eine Lücke in der Längenskala vom Nanometer- in den Mikrometerbereich auf. Durch die neue Super-EDX Technologie, welche eine extrem schnelle und hochauflösende Analyse der chemischen Zusammensetzung über mehrere Detektoren innerhalb eines Elektronenmikroskops aufweist, kann die Lücke in der orts aufgelösten Analytik zwischen den bereits vorhandenen Methoden im Mikrometer-Bereich (Mikrosonde, Rasterelektronenmikroskopie) und jenen mit atomarer Auflösung (Atomsonde) überbrückt werden. Ebenso ist es möglich korrelative Mikroskopie an Proben mittels Chem-STEM-Tomographie und Atomsonden-Tomographie zu betreiben.

Die neuesten Geräte dieser Art besitzen die einzigartige Kombination aus hochauflösender Bildgebung mit extrem schneller chemischer Analyse und der simultanen Bestimmung der Kristallographie. Zentral ist ebenfalls die Möglichkeit der automatisierten Tomographie. Dies hebt eine Limitierung der konventionellen Transmissionselektronenmikroskopie auf, und ermöglicht die 3D-Darstellung von einzelnen Mikrostrukturelementen. Damit kann die Interaktion zwischen kristallographischen Defekten (Korn- und Phasengrenzen, Ausscheidungen, Versetzungen, usw.) mit chemischen Elementen im Material bestmöglich untersucht werden. Diese Interaktion bestimmt sehr oft das Materialverhalten während der

Herstellung (z.B. die Umformbarkeit von Metallen) oder die Eigenschaften im Einsatz (z.B. das Korrosionsverhalten von Aluminiumlegierungen).

Der Bereich der Werkstofftechnik zählt zu den Stärkefeldern der österreichischen Forschungs- und Industrielandschaft. Somit, profitiert nicht nur die Montanuniversität von der neuen Infrastruktur, sondern die Innovation in Österreich insgesamt.

## **Abstract**

Understanding of materials physics and its relation to the microstructure is necessary in order to improve the properties of advanced materials. A deep relationship between production, structure and final properties of materials can be only established via the use of latest characterization techniques together with high expertise in the field materials engineering. In combination with computational material science the potential for innovation in materials engineering is enormous and can thus provide new directions for advanced and accelerated development of new and improved materials.

The acquisition of an analytical scanning transmission electron microscope (Chem-STEM) of the latest generation with Super-EDX technology enables Montanuniversitaet to significantly expand their expertise in the field of materials engineering and materials characterization. Montanuniversitaet has already an excellent research infrastructure in the field of production, processing and characterization, which includes most classes of materials (metals, ceramics, coatings, functional materials, polymers). Although Montanuniversitaet is well positioned in the field of microscopy, there exists a gap of spatially resolved analysis in the length scale from the nanometer to the micrometer range. The new Super-EDX technology offers an extremely fast and high-resolution analysis of the chemical composition via several detectors within an electron microscope and can bridge the gap between the already existing devices for analysis in the micrometer (microprobe, scanning electron microscopy) and sub-nanometer range (atom probe). Moreover, it enables correlative microscopy via Chem-STEM tomography and atom probe tomography.

Recent analytical scanning transmission electron microscopes achieve a unique combination of high-resolution imaging with extremely fast chemical analysis and the simultaneous determination of crystallography. Central is also the possibility of automated tomography. This removes a limitation of conventional transmission electron microscopy and enables 3D-investigations of individual microstructure elements. Thus the interaction between crystallographic defects (grain and phase boundaries, precipitates, dislocations, etc.) and chemical elements can be examined at highest precision. This is a key issue in materials engineering, since these interactions often determine the material behavior during processing (e.g. formability of metals) or materials properties under service conditions (e.g. corrosion behavior of aluminum alloys).

Materials engineering is an undisputed strength of Austria's research and industry. Thus, not only Montanuniversitaet benefits from the new infrastructure and it will generally boost innovation in materials engineering in Austria.

## **Projektpartner**

- Montanuniversität Leoben