

Forschungsverbund für atomare Auflösung *Research Association for Atomic Resolution*

Annemarie Happe

Wer die Eigenschaften neuer Materialien steuern kann, hat einen Schlüssel zum technologischen Fortschritt in der Hand. Zum Verständnis der Strukturen sind komplexe Untersuchungen auf Nanometerskala, wie sie der Forschungsverbund FELMI-ZFE anbietet, unerlässlich. Möglich wird das in Graz u. a. mit einem der weltweit leistungsfähigsten Transmissionselektronenmikroskope – und exzellenten Expertinnen und Experten.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Grazer FELMI-ZFE dringen täglich in weitgehend unbekannte Welten vor: die des Mikro- und Nanokosmos. Während die Auflösungsgrenze des menschlichen Auges rund 0,1 mm beträgt, gehört für die Grazer Expertinnen und Experten der Blick auf Strukturen von wenigen Nanometern (1nm entspricht einem Millionstel Millimeter) zum Alltag.

Ultrascharfe Untersuchungen

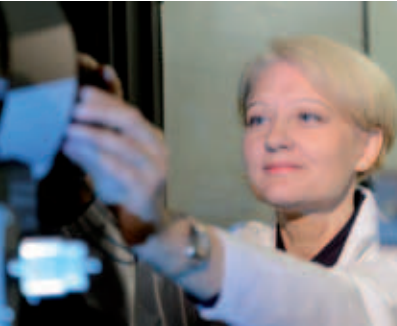
Ermöglicht werden die hochauflösenden Blicke mit bildgebenden und spektroskopischen Verfahren und Instrumenten. Kaum ein Industriezweig kommt mehr ohne diese ultrascharfen Untersuchungen aus, denn sie geben auf atomarer Ebene entscheidende Hinweise für die gezielte Verbesserung von Werkstoffeigenschaften. So sollen etwa Materialien für die Automobil- und Luftfahrtindustrie leichter und dennoch widerstandsfähiger und Computerchips noch kleiner und effektiver werden. Medikamente sollen gezielter freisetzbar und Werkstoffe von morgen sozusagen hart wie Diamant und zugleich verformbar wie Wachs sein. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FELMI-ZFE untersuchen u. a. Legierungen, Stähle, Keramiken, Verbundwerkstoffe, Mineralien, Polymere und Biomaterialien, um Ansatzpunkte einer Optimierung zu finden. Parallel dazu entwickeln sie Methoden, um die Substanzen >

Whoever can control the properties of new materials, holds the key to technological progress in their hands. Complex investigations at the nanometre scale, as carried out by the Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis (FELMI-ZFE) research association, are indispensable for understanding structures. This is possible at Graz by virtue of one of the world's most powerful transmission electron microscopes and its excellent specialists.

Staff of the Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis at Graz enter largely unknown territory on a daily basis: that of the micro and nano-cosmos. Whereas the resolution limit of the human eye is about 0.1 mm, looking at structures in the nanometre range (1nm is a millionth of a millimetre) is part of everyday life for the Graz experts.

Ultra sharp investigations

This high-resolution view is made possible using imaging and spectroscopic methods and instruments. There is hardly any branch of industry that can do without these ultra sharp investigations since they reveal secrets which are essential in the targeted improvement of material properties at the atomic level. Due to them, materials for the automotive and aerospace industries are becoming lighter yet more durable, and computer chips smaller but more effective; medicines can be more easily released, and tomorrow's materials can be made as hard as diamond, yet as malleable as wax. Staff at the Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis investigate alloys, steels, ceramics, composites, minerals, polymers and biomaterials, among other things, to discover optimisation starting points. Parallel to this, they develop methods to analyse and characterise substances even better. >



© ACR/WAPA – Fotoservices/Jämning

Abbildung 1:
Mihaela Albu am
Elektronenmikroskop.

Figure 1:
Mihaela Albu at the
electron microscope.

noch besser analysieren und charakterisieren zu können. „Ohne Elektronenmikroskopie wäre die Entwicklung modernster Materialien nicht denkbar“, betont Ferdinand Hofer, Leiter des Instituts für Elektronenmikroskopie und Nanoanalytik (FELMI) an der TU Graz. Und ohne die Kooperation mit dem ZFE könnte die Elektronenmikroskopie in Graz nicht auf jenem Niveau betrieben werden, das den Standort in der Steyregasse 17 zu einer führenden Einrichtung für Mikro- und Nanostrukturanalysen in Europa macht: Das ZFE wurde 1959 zur Stärkung der Interaktion zwischen der heimischen Industrie und der Wissenschaft gegründet. Zu den rund 30 Mitgliedern der Organisation (die auch Teil der „Austrian Cooperative Research, ACR, ist) zählen u. a. AT&S, austriamicrosystems, AVL List, Böhler Edelstahl, Borealis und die Treibacher Industrie AG.

International sichtbar durch Zusammenarbeit

„Das ZFE unterstützt FELMI beim Ausbau der Infrastruktur, was bei den begrenzten Ressourcen der Unis immer wichtig ist. Andererseits hält es eine hoch qualifizierte Stammebelegschaft bereit“, schildert Hofer. Gemeinsam verfügt man über aktuell 47 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (davon 22 vom ZFE) für industrienaher Projekte und die wissenschaftliche Grundlagenforschung. Gemeinsam wird im Forschungsverbund mit rund 30 Uni-Instituten und Zentren in Österreich und im Ausland – wie etwa in Jülich, Lausanne, Sevilla und Oxford – sowie mit rund 100 Unternehmen kooperiert. „Die Zusammenarbeit vor Ort macht uns international sichtbar“, so Hofer.

Durch die Kombination der Methoden der Materialcharakterisierung mit dem „Gerätepark“ am FELMI-ZFE wird eine immense Datenfülle erreicht: „Wir können Information zur lokalen Morphologie, Kristallstruktur, chemischen Zusammensetzung und zum Bindungsverhalten und zu physikalischen Eigenschaften erhalten. Und wir können Phänomene wie z. B. Defekte, innere Grenzflächen, die Sekundärphasen in Festkörpern und deren Wechselwirkungen mit der Festkörpermatrix erfassen“, zählt Hofer auf. Das Highlight unter den Grazer Instrumenten ist das Großgerät ASTEM (Austrian Scanning Transmission Electron Microscope) – eines der weltweit leistungsfähigsten Raster-Transmissionselektronenmikroskope. Das ASTEM liefert Vergrößerungen im Maßstab 1:1.000.000. Dazu rastert ein mit 0,07 nm enorm feiner und zugleich sehr starker Elektronenstrahl die nur 10 bis 100 nm „dicken“ Proben ab, schildert Mihaela Albu von der Abteilung Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) des

“The development of cutting-edge materials would be inconceivable without electron microscopy,” stresses Ferdinand Hofer, head of the Institute of Electron Microscopy and Nanoanalysis (FELMI) at Graz University of Technology. And without the cooperation of the Austrian Centre for Electron Microscopy (ZFE), electron microscopy in Graz could not be carried out at the level necessary for the Institute at Steyregasse 17 to have become a leading European establishment for structural micro and nano-analysis. The Austrian Centre for Electron Microscopy (ZFE) was founded in 1959 to strengthen collaboration between domestic industry and science. Among the approximately 30 members of the organisation (which is also part of Austrian Cooperative Research, ACR) are AT&S, austriamicrosystems, AVL List, Böhler Edelstahl, Borealis and Treibacher Industrie AG.

International visibility through co-operation

“The Austrian Centre for Electron Microscopy supports the Institute of Electron Microscopy and Nanoanalysis in expanding infrastructure, something which is always crucial when dealing with the limited resources of universities. On top of this, it also keeps a highly qualified core workforce operational,” explains Hofer. Together, they have an available workforce of 47 staff (22 work for the Austrian Centre for Electron Microscopy) for industry-oriented projects and basic scientific research. Together, the research association co-operates with some 30 universities and centres in Austria and, among others, in Jülich, Lausanne, Seville and Oxford, as well as with about 100 companies. “Co-operation on the ground makes us internationally visible,” adds Hofer.

Through the combination of methods of material characterisation using the “equipment pool” at the Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis (FELMI-ZFE), a huge amount of data is being captured. “We can keep information on local morphology, crystalline structure, chemical composition and bonding behaviour and physical properties. And we can record phenomena such as defects, inner boundary surfaces, the secondary phases in solids and their interactions with the solid body matrix,” lists Hofer. The highlight among the instruments at Graz is the ASTEM – Austrian Scanning Transmission Electron Microscope: one of the world’s most powerful scanning transmission electron microscopes. “The ASTEM provides enlargements to a scale of 1:1,000,000. To do this, an amazingly fine and extremely powerful electron beam of 0.07 nm scans samples with a “thickness” of only 10 to 100 nm,” explains Mihaela Albu of



ZFE. Detektoren fangen die durch Wechselwirkung mit den Atomen gestreuten Elektronen auf. Daraus können Rückschlüsse auf Details in atomarer Größenordnung gezogen und in Bilder übersetzt werden. „Atompositionen und Abstände zwischen den Atomen werden direkt erkennbar“, so Albu.

Beste Forscherin der ACR

Durch den in Graz mitentwickelten zusätzlichen Energiefilter (GIF) und ein neues Röntgenspektrometer können die spektroskopischen Methoden bis zur atomaren Auflösung ausgereizt werden, wie Albu erläutert. So können nunmehr Röntgenspektren und Energieverlustspektren simultan und mit bisher unerreichter Geschwindigkeit von 1.000 Spektren pro Sekunde gemessen werden. Die aus Rumänien gebürtige Kernphysikerin, die in Graz als Expertin für analytische Elektronenmikroskopie von Werkstoffen tätig ist, benötigt das ASTEM u. a. für Untersuchungen von Hightech-Stählen: Der Einsatz der zusätzlichen Methoden erlaube u. a. in Chromstählen die Charakterisierung von bis zu Nanometern kleinen Karbiden und Nitriden, die für die hohe Festigkeit im Hochtemperaturbereich ausschlaggebend sind (Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik der TU Graz). In einem anderen Projekt hat sich Albu gemeinsam mit dem Gießerei-Institut Leoben erfolgreich um Verbesserungen der mechanischen Eigenschaften von Magnesium- bzw. Aluminium-Siliziumlegierungen für den Autobau bemüht. „Die Spitzengeräte sind die Arbeitsgrundlage – die Basis für den Erfolg sind jedoch hochmotivierte Spitzenforscherinnen und -forscher, die mit ihnen arbeiten, die Auswertungsmethoden ständig verbessern, die Anwendungsmöglichkeiten ständig vorantreiben und neue Ideen entwickeln – zum Wohl der Forschung und der Industrie“, betonte Hofer mit Seitenblick auf Albu. Die 43-jährige Forscherin wurde jüngst für die Entwicklung neuer Analyse- und Auswertungsmethoden als beste Forscherin der ACR mit dem ACR Woman Award 2014 ausgezeichnet. ■

the Department of Transmission Electron Microscopy (TEM) at the Austrian Centre for Electron Microscopy. Detectors catch electrons which have been scattered due to the interaction with the atoms. From this, inferences regarding details can be drawn at the atomic scale and translated into images. "Positions of atoms and gaps between the atoms are directly recognisable," adds Albu.

Best ACR researcher

"The energy filter (GIF), which was co-developed at Graz, and a new X-ray spectrometer allow spectroscopic methods to be run through down to the atomic level," explains Albu. This means that X-ray spectra and energy loss spectra can now be simultaneously measured with previously unreachable speeds of 1,000 spectra per second. The Romanian-born nuclear physicist, who works at Graz as an expert in the analytic electron microscopy of materials, needs the ASTEM for investigations of high-tech steels, among other things. The use of these additional methods allows the characterisation down to the nanometre scale of small carbides and nitrides, which are important for high strength in the high temperature range, in chrome steels and other materials (collaboration with the Institute of Materials Science and Welding at Graz University of Technology). In another project, together with the Austrian Foundry Research Institute, Leoben, Albu has successfully contributed to improving the mechanical properties of magnesium and/ or aluminium-silicon alloys for use in automobile construction. "The top instruments form the working basis. The foundation for success, however, is provided by the highly motivated top researchers working with them who are constantly improving methods of analysis, advancing application possibilities and developing new ideas for the benefit of research and industry," emphasises Hofer with a sideways glance at Albu. The 43-year-old researcher was recently awarded the ACR Woman Award 2014 as best ACR researcher for the development of new analysis and evaluation methods. ■

Abbildung 2:
Mihaela Albu wurde für ihre Forschungen mit dem ACR Woman Award 2014 ausgezeichnet. Im Bild (v. l. n. r.) Vizekanzler und Wissenschaftsminister Reinhold Mitterlehner, Mihaela Albu sowie ACR-Präsident Martin Leitl.

Figure 2:
Mihaela Albu was awarded the ACR Women Award for her research. In the photo (from left to right) Vice-Chancellor and Federal Minister of Science Reinhold Mitterlehner, Mihaela Albu and ACR President Martin Leitl.