



## Seeing the Invisible

**Anfang 2001 wurde am Forschungsinstitut für Elektronenmikroskopie (FELMI) der TU Graz das erste analytische Hochauflösungselektronenmikroskop Österreichs installiert. Dieses Instrument wird für die Charakterisierung von Materialien bei atomarer Auflösung eingesetzt werden. Mit dem neuen Mikroskop hoffen Wissenschaftler der TU Graz Antworten auf bislang ungeklärte Fragen der Materialwissenschaften zu finden, beispielsweise bei der Aufklärung der Struktur von inneren Grenzflächen in Werkstoffen oder von nanostrukturierten Materialien.**

An der TU Graz konnte am Beginn des Jahres 2001 das erste Analytische Hochauflösungselektronenmikroskop Österreichs installiert werden. Es handelt sich bei diesem Vorhaben sicherlich um ein Leitprojekt für die Wissenschaft und Forschung in der Steiermark, mit dem die TU Graz in einem zukunftsreichen Gebiet der Wissenschaften – der Nano- und Mikrotechnologie – an vorderster Front mitspielen kann.

Mit diesem Elektronenmikroskop ist es möglich mit hoher Vergrößerung in das Innere von Festkörpern zu schauen. Damit kann die atomare Struktur aufgeklärt, Defekte identifiziert und die chemische Zusammensetzung gemessen werden – alles Phänomene, die für die Materialeigenschaften von grundlegender Bedeutung sind.

Die nicht unbeträchtlichen Kosten von etwa 19 Millionen Schilling konnten durch die gemeinsame Anstrengung der TU Graz und des Vereines zur Förderung der Elektronenmikroskopie aufgebracht werden. Das Projekt wurde auch durch eine FFF-Förderung maßgeblich unterstützt. Eine wesentliche Voraussetzung für den Standort an der TU Graz liegt in der Kooperation des FELMI der TU Graz mit dem Zentrum für Elektronenmikroskopie Graz begründet. Dadurch besteht an der TU Graz ein Cluster für Mikroskopie, der die unbedingt erforderliche "kritische Masse", langjährige Erfahrung und auch vielfältige Kontakte zur Industrie aufbringt, die für die erfolgreiche und rasche Umsetzung in die Praxis unbedingt erforderlich sind.

Bei dem neuen "Supermikroskop" handelt sich um ein 200 kV Transmissionselektronenmikroskop, das mit einer Feldemissionskathode, einer Hochauflösungs-Objektivlinse und einem neu entwickelten Energiefilter-Spektrometer ausgerüstet ist. Auf Grund der verbesserten Auflösung der Elektronenlinsen sowie der hohen Helligkeit und Kohärenz der Feldemissionskathode wird erstmals in Graz der Bereich der Hochauflösungselektronenmikroskopie in breitem Umfang zugänglich. Bei sehr hohen Vergrößerungen (bis zu 2 millionenfach) kann der kristallographische Aufbau von Festkörpern mit atomarer Auflösung studiert werden, woraus Aussagen über die Struktur von Korngrenzen, Phasengrenzflächen und Defekten in Festkörpern abgeleitet werden können, die für das tiefere Verständnis der Eigenschaften von modernen High Tech Werkstoffen unbedingt erforderlich sind. Der Informationsgehalt dieser Hochauflösungsbilder wird zusätzlich durch spezielle Analyseverfahren, mit denen die lokale chemische Zusammensetzung in Nanometer kleinen Probenbereichen gemessen werden kann, wesentlich erweitert (1 Nanometer = 1 Millionstel Millimeter). Dazu wurde das Mikroskop mit dem bereits erwähnten abbildenden Energiefilter-Spektrometer ausgerüstet, mit dem die Energieverluste, die Elektronen auf ihrem Weg durch die Probe erleiden, analysiert werden können. Diese Elektronenenergieverlust-Spektrometrie stellt eine langjährige Forschungsschwerpunkt des Institutes dar und ermöglichte bereits mit dem im Jahr 1990 installierten Mikroskop Elementaranalysen mit einer Ortsauflösung von etwa 2 Nanometer. Auf Grund der wesentlich gesteigerten Leistungsfähigkeit der neuen Anlage rechnen wir mit einer Verbesserung der Ortsauflösung bis weit in den Sub-Nanometerbereich hinein.

Die Einsatzbereiche des neuen Mikroskops sind vielfältig und

reichen von klassischen Werkstoffen wie Stählen, Legierungen und Keramiken bis hin zu Halbleiterbauelementen, nanostrukturierten Materialien, Umweltproben und sogar medizinisch-biologischen Fragestellungen. Nach der Einarbeitungsphase wird das neue Mikroskop schwerpunktmäßig für Forschungsarbeiten in Kooperation mit anderen TU-Instituten eingesetzt, aber darüber hinaus besteht auch eine intensive Zusammenarbeit mit ausländischen Forschergruppen und über das ZFE Graz auch mit vielen Industriebetrieben im Bereich der Hochtechnologie (bis in die USA). Die

zukünftigen Forschungsarbeiten des Institutes werden sich in erster Linie mit der Weiterentwicklung der Nanobereichsanalytik mit Hilfe der Elektronenenergieverlust-Spektrometrie zusammen mit der Strukturaufklärung mittels Hochauflösungselektronenmikroskopie beschäftigen.

Das ist aber erst der Anfang des Leitprojektes, denn das FELMI plant bereits eine entscheidende Erweiterung des Supermikroskops: Dazu ist beabsichtigt das Mikroskop in einer weiteren Projektphase mit



einem völlig neuartigen Zusatz – einem Monochromator für die Elektronenquelle – auszurüsten. Bei diesem Vorhaben handelt sich um eine Kooperation mit den Herstellern Philips-FEI in Eindhoven (Niederlande) und Gatan (USA). Falls dieses Projekt finanziert werden kann, wäre es nach der TU Delft (Niederlande) weltweit die erst zweite Installation. Mit dem Monochromator können Elektronenenergieverlustspektren mit wesentlich verbesserter Energieauflösung gemessen werden, wodurch es möglich wird Aussagen über chemische Bindungen in Nanometer kleinen Probenbereichen z.B. in Korngrenzen oder in einzelnen Nanoteilchen zu erhalten.

*The first analytical high resolution transmission electron microscope in Austria was installed at the Research Institute for Electron Microscopy (FELMI) of TU Graz in January 2001. This instrument will be primarily used for the characterization of materials at an atomic scale. It will become increasingly important for both the development and the application of advanced technology, because understanding the microstructure of materials is a prerequisite for the improvement of material properties. In this respect, analytical transmission electron microscopy (AEM) is an indispensable tool, as it provides a unique combination of high spatial resolution imaging together with elementary and even chemical information of morphological and structural details with nanometer resolution.*

*For many years already, the research activities of the "Research Institute for Electron Microscopy" focus on improving novel characterization techniques, and over the time, the institute became renowned for its high level of expertise in this field. Consequently, the introduction of the new microscope which is equipped with a field emission gun and a high resolution imaging filter allows us to keep path with the frontier of microscopy. The improved performance in particular with respect to imaging and analytical capabilities allows to study materials even at the atomic scale. Small scale features in new classes of materials such as nanostructured systems, nanoparticles and semiconducting devices can now be investigated more accurately. We intend to employ the new instrument both for basic research in cooperation with other institutes of Graz University of Technology as well as for industrial research.*