

Großes Instrument für internationale Forschung an sehr kleinen Strukturen *Big Instrument for International Research on Very Small Structures*

Annemarie Happe

Teilchenbeschleuniger zählen zu den größten Anlagen, die Forschenden zur Verfügung stehen. In ihnen können Elektronen auf extrem hohe Geschwindigkeiten beschleunigt und zur Nanostrukturforschung herangezogen werden. Am Synchrotron Elettra in Triest werden zwei wichtige Messplätze, sogenannte Beamlines, von der TU Graz betreut – österreichische Universitäten und Unternehmen profitieren davon.

In einem Synchrotron werden Elektronen nahezu mit Lichtgeschwindigkeit durch mehrere Ablenkstationen unter Zuhilfenahme von extrem starken Magnetfeldern im Kreis geführt. Dabei verlieren sie Energie in Form von intensiver Synchrotronstrahlung, die das ganze Frequenzspektrum von Infrarot- bis zur harten Röntgenstrahlung abdeckt. Am rund 260 Meter langen Elettra-Speicherring in Triest wird die Strahlung in Form von Lichtwellen an zurzeit 26 Stellen, den sogenannten Beamlines, kontrolliert „abgezapft“ und für Experimente genutzt.

Die im Synchrotron erzeugte Röntgenstrahlung ist millionenfach stärker als jene von herkömmlichen Röntgenstrahlenquellen. Das ist enorm wichtig, wenn man kleinste Materialmengen charakterisieren möchte: Mit dem außergewöhnlich intensiven und brillanten Licht lassen sich der Aufbau und elektronische sowie magnetische Eigenschaften von Mikro-

Particle accelerators are among the biggest devices available to researchers. Inside them, electrons can be accelerated to extremely high speeds and their emitted radiation is used for research into nanostructures. Two important measuring stations – so-called “beamlines” – are overseen by Graz University of Technology at the Elettra Synchrotron in Trieste, much to the benefit of Austrian universities and companies.

In a synchrotron, electrons travelling at almost the speed of light are circulated around a ring using a number of deflectors with extremely strong magnetic fields. As they circulate, they lose energy in the form of intense synchrotron radiation, which covers the whole frequency spectrum from infrared to hard X-rays. At the approximately 260-metre-long Elettra storage ring in Trieste, the radiation is “tapped” in a controlled way at the 26 beamlines, each optimized for a specific experiment.

The X-rays produced in the synchrotron are millions of times stronger than those from traditional X-ray sources. This is extremely important if you want to characterise the tiniest quantities of material. The structure and electronic and magnetic properties of micro- and nanostructures can be investigated in detail using the extraordinarily intense and brilliant light. And while doing so, not only a wide range of materials at molecular resolution, but also dynamic processes in the very smallest of time scales can be investigated, explains Heinz Amenitsch from Graz University of Technology. Along with a staff of four, he supervises the two Austrian beamlines in the research facility situated on the Karst Plateau north of Trieste. “Here, enormous instruments are used for top international research on extremely small structures,” says Amenitsch.

Abbildung 1:
**Wissenschaft ohne Grenzen: die TU
Graz-Außenstelle in Triest.**

Figure 1:
*Science without borders: Graz University
of Technology outpost in Trieste.*



© TU Graz/Lunghammer

Abbildung 2:
Der Hochleistungs-
Röntgendetektor wird
präsentiert: Heinz Amenitsch
mit seinen beiden italieni-
schen Mitarbeiterinnen.

Figure 2:
*The presentation of the
high-performance X-ray
detector: Heinz Amenitsch
with his two Italian staff.*

und Nanostrukturen im Detail untersuchen. Und dabei können nicht nur verschiedenste Materialien mit molekularer Auflösung, sondern auch dynamische Prozesse in kleinsten Zeitskalen festgehalten werden, schildert Heinz Amenitsch von der TU Graz. Er betreut mit seinen vier Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der Forschungsanlage am Karstplateau nördlich von Triest die beiden österreichischen Beamlines. „Hier geschieht internationale Spitzenforschung an enorm großen Instrumenten für extrem kleine Strukturen“, so Amenitsch.

TU Graz-Außenstelle im Triestiner Karst

„Die Anlage bietet hervorragende Möglichkeiten für Wissenschaft und Industrie“, schildert der Forscher, der seit 20 Jahren ein Pendlerleben zwischen Graz und Triest führt. „Der dauerhafte, regelmäßige Zugang über eine Forschungsstelle an einer Großforschungsanlage wie Elettra ermöglicht es, Experimente zu entwickeln, die über das übliche Maß der Zusammenarbeit hinausgehen und somit über normale Antragsforschung für Strahlzeit unmöglich wären“, so der 50-Jährige, der seit dem Vorjahr der TU Graz-Außenstelle in Triest vorsteht. Nahezu seit Beginn von Elettra vor 18 Jahren betreibt Österreich die SAXS-Röntgen-Kleinwinkel-Beamline. Werden dünne Proben mit extrem feiner und zugleich harter Röntgenstrahlung beleuchtet, liefern sie ein Streubild, dessen Analyse Rückschlüsse auf ihre Struktur erlaubt. Das macht man sich in den Materialwissenschaften oder auch in der molekularbiologischen Grundlagenforschung zunutze. In der Materialforschung werden aktuell z. B. spezielle Aluminiumlegierungen für den Flugzeugbau untersucht.

Zwei Beamlines für Wissenschaft und Industrie

„Die österreichische SAXS-Strahlführung wurde konzipiert, um schnelle Strukturumwandlungen wie Phasenübergänge in organischen und anorganischen Membranen, Selbststrukturierung von Nanomaterialien, Nanoteilchen usw. mit zeitaufgelösten Messungen zu verfolgen. Damit können die grundlegenden Prinzipien dieser Prozesse aufgeklärt werden“, erläutert Amenitsch. Der im Vorjahr neu angekaufte Röntgendetektor macht nun auch Studien zu Prozessen „in der Zeitskala von Millisekunden und Submillisekunden, in der Zukunft auch Nanosekunden“ durchführbar.

Graz University of Technology outpost on the Triestine karst

“The synchrotron offers marvellous opportunities for science and industry,” explains the researcher, who has been living a commuter life between Graz and Trieste for 20 years. “Enduring, regular access to a research position on a large-scale research facility such as Elettra makes it possible to develop experiments which go beyond the usual degree of co-operation and which would not be possible through applications for beam time,” adds the 50-year-old, who has been head of the Graz University of Technology outpost for two years. Austria has operated the SAXS (Small Angle X-ray Scattering) beamline since the beginning of Elettra 18 years ago. If thin samples are illuminated with extremely fine and hard X-rays, they provide a scattering image whose analysis allows conclusions to be drawn about their structure. This knowledge is put to good use in the materials sciences or in molecular biology. Currently, for example, special aluminium alloys are being investigated for aircraft construction in materials research.

Two beamlines for science and industry

“The Austrian SAXS beam guidance was conceived to pursue fast structural changes, such as phase transitions in organic and inorganic membranes, self structuring of nanomaterials, nanoparticles, etc using time-resolved measurements. In this way, the basic principles of these processes could be explained,” explains Amenitsch. The new X-ray detector bought in the previous year now makes studies on processes possible “in the time scale of milliseconds and sub-milliseconds, and in the future, also of nanoseconds”.

International research

Researchers throughout the world use the Austrian beamlines for basic research – for instance in the fields of electronics, materials sciences and materials technology, pharmacy and medicine – an essential contribution also to the internationalisation and profiling of Graz University of Technology. About a third of the measuring and working time of about 5,000 hours has been explicitly made over to Austrian researchers. But before this, they have to face an international jury. Some 70 measurement projects were carried out at the Austrian stations last year. For this reason they are among the most desired beamlines of Elettra.

Internationale Forschung

Forscherinnen und Forscher weltweit nutzen die österreichischen Beamlines für Grundlagenforschung etwa im Bereich der Elektronik, der Materialwissenschaften und der Werkstofftechnik, der Pharmazie und Medizin – und leisten somit einen wesentlichen Beitrag zur Internationalisierung und Profilbildung der TU Graz. Rund ein Drittel der Mess- und Arbeitszeit von jährlich etwa 5.000 Stunden steht explizit österreichischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zur Verfügung. Zuvor müssen sie sich einer internationalen Jury stellen. Etwa 70 Messprojekte wurden im Vorjahr an den österreichischen Stationen durchgeführt. Damit zählen diese zu den begehrtesten Beamlines von Elettra überhaupt.

Seit 2011 betreuen die heimischen Forscherinnen und Forscher auch die DXRL-Beamline, die die Herstellung dreidimensionaler Nanostrukturen mithilfe von Röntgentiefenlithografie ermöglicht. „Hier werden keine Strukturen untersucht, sondern es werden Strukturen im Größenbereich von 200 nm bis zu 100 μm gemacht“, so der Grazer Koordinator. Dabei wird das Phänomen der Strukturveränderung von Materialien aufgrund der Lichteinwirkung genutzt. Die Röntgenstrahlung dieser Beamline kommt aber auch zur Beschleunigung bzw. Initiierung photochemischer Prozesse zum Einsatz. So können über die Belichtung durch Schablonen neue Materialien hergestellt und diese auch gleichzeitig fixiert werden.

Für industrielle Partnerinnen und Partner sind die österreichischen Beamlines zu einer wertvollen Facility geworden: So gibt es u. a. eine Kooperation mit dem Messtechnik-Unternehmen Anton Paar. Diese habe sich laut Amenitsch in Hinblick auf die Entwicklung innovativer Messmethoden als „eine Bereicherung für beide Seiten“ erwiesen. Schon nach dem ersten Jahr in der Obhut der TU Graz zeichne sich nun ab, dass es aufgrund der Wirtschaftskontakte der Universität in den nächsten Jahren zu einem deutlichen Ausbau der Kooperationen mit Unternehmen kommen werde.

Die beiden Beamlines wurden im Zuge der Restrukturierung der ÖAW im Vorjahr der TU Graz (Institut für Anorganische Chemie) zugeordnet. Betrieb und Personal werden vom Wissenschaftsministerium im Rahmen der Leistungsvereinbarung abgegolten. Zurzeit laufen die letzten Verhandlungen für ein zentrales europäisches Forschungsinfrastruktur-Konsortium C-ERIC, in das sich Österreich über die TU Graz mit den beiden Beamlines einbringen will. ■

Abbildung 3:

Als einzigartiger Teilchenbeschleuniger bietet das Elektronensynchrotron Elettra in Triest faszinierende Analyseinstrumente für Forschung und Industrie. Forschende aus nahezu allen Bereichen der Naturwissenschaften und Technik nutzen die Großforschungsanlage für ihre wissenschaftlichen Experimente.

Figure 3:

A unique particle accelerator, the Elettra electron synchrotron in Trieste offers fascinating analytic instruments for research and industry. Researchers from almost all areas of science make use of the large-scale research facility for their scientific experiments.

Since 2011, the team of Austrian researchers have also supervised the DXRL beamline, which enables three-dimensional nanostructures to be made using deep X-ray lithography. "Here, structures are not investigated, but rather created - in sizes from 200 nm to 100 μm ." says the co-ordinator from Graz. At the same time, the phenomenon of the structural change of materials based on the effects of light is used. X-rays from this beamline are also employed for accelerating or initiating photochemical processes. Thus, by means of exposure to them using templates, new materials can be produced and at the same time fixed.

The Austrian beamlines have become a valuable facility for industrial partners. An example of this, among other things, is a joint project with the measurement technology company Anton Paar. As regards the development of innovative measuring methods, this has proved to be a true benefit for both parties. After the first year in the charge of Graz University of Technology, it emerged that due to the University's contacts with industry a definite co-operation with companies would be developed in the next few years.

Both beamlines were assigned to Graz University of Technology (Institute of Inorganic Chemistry) in the course of restructuring the Austrian Academy of Sciences (ÖAW) in the previous year. The operation and the staff are remunerated by the Ministry of Science in the framework of the performance agreement. Final negotiations are currently being carried out for a Central European Research Infrastructure Consortium (C-ERIC), in which Austria in the form of Graz University of Technology wants to participate with the two beamlines. ■

