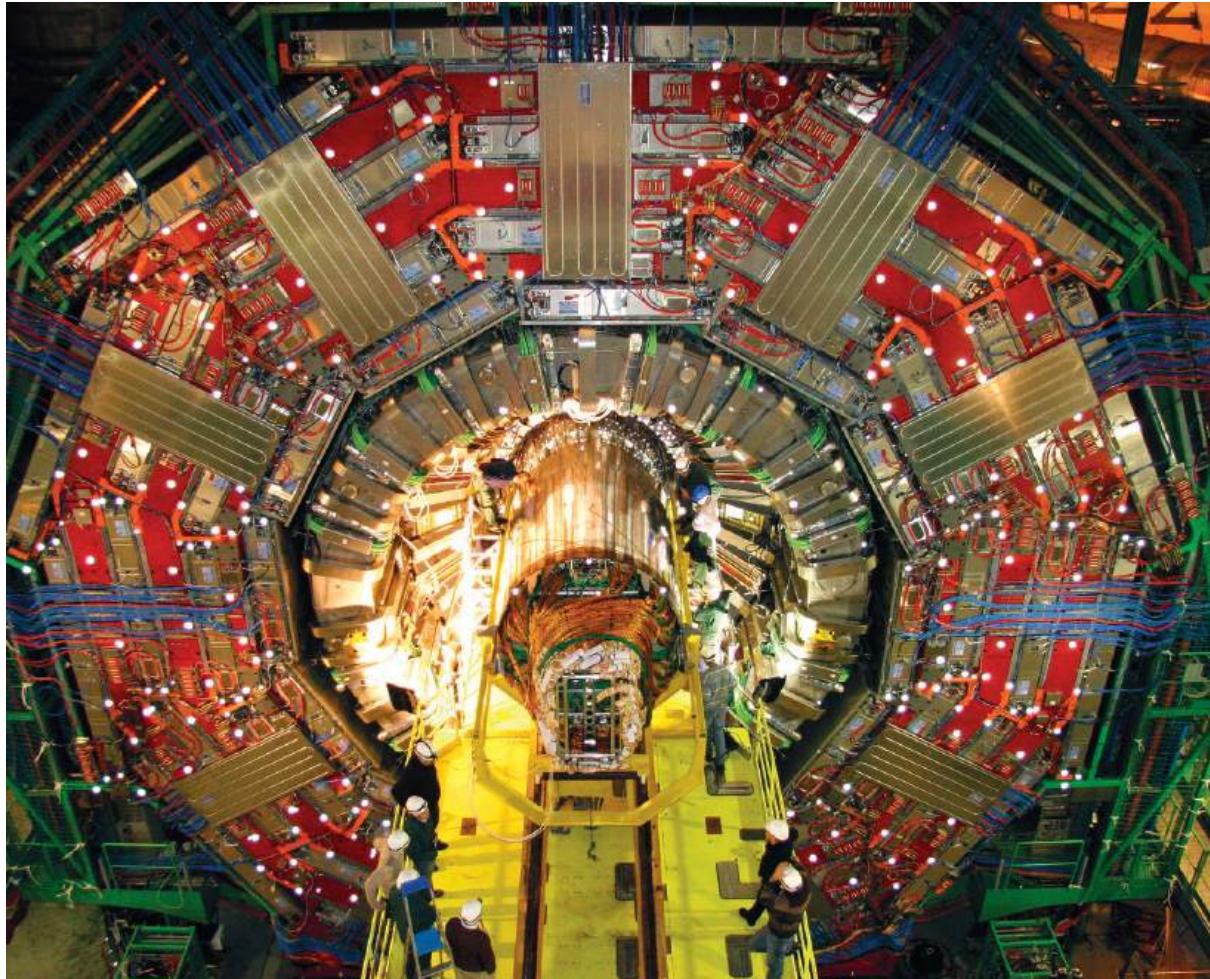




ÖSTERREICHISCHE
AKADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN



THINK BIG

ÖSTERREICHS BETEILIGUNG AN
INTERNATIONALER GROSSFORSCHUNG

HERAUSGEgeben von der Kommission für die Beteiligung an
INTERNATIONALER GROSSFORSCHUNG

THINK BIG

ÖSTERREICHS BETEILIGUNG AN
INTERNATIONALER GROSSFORSCHUNG

HERAUSGEgeben von der Kommission für die Beteiligung an
INTERNATIONALER GROSSFORSCHUNG

INHALT

EINLEITUNG

Österreichs Beteiligung an internationaler Großforschung	4
--	---

INTRODUCTION

Austrian Participation in International Research Initiatives	6
--	---

BESTEHENDE KOOPERATIONEN

BIOBANKING AND BIOMOLECULAR RESOURCES RESEARCH INFRASTRUCTURE – EUROPEAN RESEARCH INFRASTRUCTURE CONSORTIUM (BBMRI-ERIC)

Forschungsinfrastruktur europäischer Biobanken	10
--	----

EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH (CERN)

Die Erforschung der Materie	12
-----------------------------------	----

CHERENKOV TELESCOPE ARRAY (CTA)

Höchste kosmische Energien.....	16
---------------------------------	----

EUROPEAN CENTRE FOR THEORETICAL STUDIES IN NUCLEAR PHYSICS AND RELATED AREAS (ECT*)

Intellektuelles Zentrum für Kernphysik.....	18
---	----

SYNCHROTRONSTRAHLUNGSQUELLE ELETTRA

Lichtblitze in Nanowelten.....	20
--------------------------------	----

DIE GRABUNG EPHESOS

Größte Ausgrabung unter österreichischer Lizenz	22
---	----

KOOPERATION MIT ESA, NASA UND CO.

Weltraumphysik.....	24
---------------------	----

KOOPERATION MIT ESA, NASA UND CO.

Weltraumobservatorien.....	26
----------------------------	----

EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY (ESO)

Fenster zum Universum.....	28
----------------------------	----

EUROPEAN SYNCHROTRON RADIATION FACILITY (ESRF)

Struktur und Dynamik der Materie	30
--	----

EUROFUSION

Energie durch Kernfusion.....	32
-------------------------------	----

INTERNATIONAL CONTINENTAL SCIENTIFIC DRILLING PROGRAM (ICDP)

Tiefbohrprogramm zur Untersuchung geologischer Abläufe.....	34
---	----

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS (IIASA)

Lösungen für die zentralen Probleme unserer Zeit	36
--	----

INSTITUT LAUE – LANGEVIN (ILL)	
Mit Neutronen ins Innere der Materie blicken	38
INTERNATIONAL OCEAN DISCOVERY PROGRAM (IODP)	
Bohrungen im Meeresboden	40
HIGH ENERGY ACCELERATOR RESEARCH ORGANIZATION (KEK)	
Mit Präzisionsmessungen virtuellen Effekten auf der Spur	42
LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO (LNGS)	
Das Labor in den Tiefen des Bergmassivs.....	44
PHARAONISCHE GROSSPROJEKTE	
Der antike Suezkanal.....	46
ANGESTREBTE KOOPERATIONEN	
EXTREME LIGHT INFRASTRUCTURE (ELI)	
Neue Lasertechnologie	50
EUROPEAN SPALLATION SOURCE (ESS)	
Weltstärkste Neutronenquelle.....	52
FACILITY FOR ANTIPIRON AND ION RESEARCH (FAIR)	
Neues Zentrum für Hadronenphysik	54
X-RAY FREE-ELECTRON LASER (XFEL)	
Ultrakurze Röntgenlaserblitze	56

EINLEITUNG

ÖSTERREICHS BETEILIGUNG AN INTERNATIONALER GROSSFORSCHUNG

Forschung war stets eine Triebfeder für Internationalität und wird auch in Zukunft eine entscheidende Rolle bei der fortschreitenden Globalisierung spielen. CERN, EURATOM und ESA seien hier als Vorreiter genannt, aber auch zahlreiche kleinere Initiativen spielen dabei eine entscheidende Rolle. In vielen Gebieten der Grundlagenforschung gilt die Kooperation mit internationalen Großforschungsinitiativen als wesentliches Qualitätskriterium.

Durch die direkte oder indirekte Beteiligung Österreichs an vielen internationalen Großforschungsinitiativen konnten wesentliche wissenschaftliche Ergebnisse und Durchbrüche erzielt werden, die nur durch die Kooperationen mit Großforschungseinrichtungen erreichbar waren:

- Das Institut für Hochenergiephysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) war maßgeblich an der Entdeckung des Higgs-Bosons am CERN beteiligt.
- Österreichische Forscher/innen haben mit Experimenten an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) wesentlich zur Klärung von Protein- und Festkörpernanostrukturen beigetragen.
- Am Institut Laue-Langevin (ILL) in Grenoble konnte die am Atominstiut in Wien entwickelte Neutroneninterferometrie perfektioniert werden.
- Am ILL konnten österreichische Wissenschaftler/innen zahlreiche Quanten- und Gravitationsexperimente mit Neutronen realisieren.
- Eine genaue Messung der Antiprotonenmasse erfolgte unter österreichischer Beteiligung am CERN.
- Österreichische Forscher/innen haben im Rahmen von BELLE-Experimenten in Japan essentiell zur genauen Bestimmung der Stärke der „Schwachen Wechselwirkung“ beigetragen.
- Archäologische Untersuchungen im Bereich des östlichen Mittelmeeres haben breite internationale Anerkennung gefunden.

In den nächsten Jahren starten weitere maßgebliche internationale Forschungsinitiativen, wie sie auch vom European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI)

diskutiert und empfohlen werden (<http://www.esfri.eu/roadmap-2016>). Für eine kritische Durchleuchtung der bestehenden und der gewünschten Beteiligungen soll diese Broschüre einen Beitrag liefern. Eine ausführliche Dokumentation der bestehenden Situation in Österreich findet man auch im „Österreichischen Forschungsaktionsplan 2014–2020“ der österreichischen Bundesregierung (<http://www.bundeskanzleramt.at/DocView.axd?CobId=54964>).

Darin wird angeregt, dass ein neues Förderungselement entwickelt werden soll, um die Mitarbeit an internationa-

len Forschungsinitiativen weiter zu intensivieren. Diese internationalen Kooperationen sind natürlich auch mit Kosten verbunden. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um drei Kategorien: Die offiziellen Beteiligungs-kosten werden durch Verträge geregelt. Separate Projekt-kosten entstehen meist in Verbindung mit der Betreuung von Dissertationen und Masterarbeiten. Darüber hinaus entstehen auch Infrastrukturkosten, vor allem, wenn spezielle Instrumente an Großforschungsanlagen installiert und betrieben werden. Speziell die Infrastrukturkosten haben in letzter Zeit deutlich zugenommen; hier gibt es einen Nachjustierungsbedarf. Spitzenforschung ist ohne leistungsstarke Infrastruktur aber undenkbar. Die zufriedenstellende Finanzierung aller Kategorien ist eine Voraussetzung für die effiziente Nutzung internationaler Großforschungseinrich-tungen.

Aber auch bei den in Diskussion oder in Bau befindlichen Großforschungseinrichtungen sollte darauf geachtet werden, dass Österreich hier von Beginn an beteiligt ist, da bekanntlich die wesentlichsten neuen Resultate kurz nach Inbetriebnahme derartiger Einrichtungen erzielt werden.

Die Hauptnutzer/innen der Großforschungseinrichtungen sind die Universitäten und die Institute der ÖAW, wobei in den meisten Fällen mehrere dieser Institutionen beteiligt sind. In die Forschungsarbeiten ist eine Vielzahl von Studieren-den eingebunden, deren Ergebnisse sich in Masterarbeiten und Dissertationen niederschlagen. Diese Absolvent/inn/en profitieren neben der hohen fachlichen Ausbildung von dem an internationalen Großforschungszentren herrschenden

kooperativen Arbeitsstil und sind auch dadurch gerüstet, Österreich im Ausland optimal zu präsentieren.

Die von der ÖAW eingesetzte Kommission für die Beteiligung an internationaler Großforschung bemüht sich um eine rationale Bewertung der bestehenden internationalen Beteiligungen und um eine Bedarfsanalyse betreffend neu zu errichtender Großforschungseinrichtungen wie z.B. ELI (European Light Initiative), ESS (European Neutron Spallation Source) oder XFEL (X-ray Free Electron Laser) und FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research). Eine besondere Aufgabe neben der Etablierung entsprechender Beteiligungen wird auch die Schaffung geeigneter Förderungsinstrumente sein, um die für eine effiziente Nutzung notwendige Abdeckung der Infrastrukturkosten zu gewährleisten. Dabei sind auch „In-Kind“-Beiträge zu diskutieren.

Da an der Nutzung internationaler Großforschungseinrichtungen üblicherweise mehrere österreichische Universitäten und Institute der ÖAW beteiligt sind, sollte ein universitäts- und akademieunabhängiger Finanzierungspfad gefunden werden. Dies könnte durch die im „Österreichischen Forschungsaktionsplan“ angesprochene Absicht zur Schaffung eines neuen Förderungselements umgesetzt werden.

In der vorliegenden Broschüre der Kommission werden nun 22 Großforschungsinitiativen diskutiert, an denen österreichische Wissenschaftler/innen maßgeblich beteiligt sind oder eine Beteiligung beabsichtigen. Und es ist davon auszugehen, dass sich weitere Gruppen dieser Initiative der Kommission anschließen werden.

AUTOR/INN/EN:

Hartmut Abele, TU Wien
Heinz Amenitsch, TU Graz
Friedrich Aumayr, TU Wien
Wolfgang Baumjohann, ÖAW
Manfred Bietak, ÖAW
Joachim Burgdörfer, TU Wien
Helmut Denk, Universität Graz
Gerhard Glatzel, Universität für Bodenkultur Wien
Manuel Güdel, Universität Wien
Franz Kerschbaum, Universität Wien
Christian Köberl, Universität Wien
Gerhard Krexner, Universität Wien
Sabine Ladstätter, ÖAW
Oskar Paris, Montanuniversität Leoben
Werner Piller, Universität Graz
Norbert Przybilla, Universität Innsbruck
Helmut Rauch, TU Wien (Koordination)
Olaf Reimer, Universität Innsbruck
Jochen Schieck, ÖAW
Eberhard Widmann, ÖAW
Kurt Zatloukal, Medizinische Universität Graz

INTRODUCTION

AUSTRIAN PARTICIPATION IN INTERNATIONAL RESEARCH INITIATIVES

Scientific research has always been a driving force to achieving international economic and technological progress. These standards will continue to play a decisive role in view of the current process of globalization. The CERN, EURATOM and ESA projects, as well as many smaller-scale research initiatives, have contributed an important part in this historic progress. For many areas of basic research, cooperation with renowned international large initiatives is an important mark of quality. Currently, Austria is directly or indirectly involved in several international research activities, and additional initiatives of high quality and interest will be established in the near future.

Below we enumerate some relevant results which could only have been obtained by cooperation with large-scale research facilities:

- The Institute for High Energy Physics of the Austrian Academy of Sciences (OeAW) contributed substantially to the discovery of the Higgs particle at CERN.
- Austrian scientists conducting experiments at the European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) have contributed significantly to the understanding of protein- and solid state nanostructures.
- The technique of neutron interferometry, conceived at the Atominstitut Vienna, was perfected at the Institute Laue-Langevin (ILL) in Grenoble. A considerable number of new quantum and gravitational physics experiments have been realized.
- Accurate measurements of the mass of the antiproton have been performed at CERN.
- Archeological investigations in the eastern Mediterranean area received international recognition.

This document is intended to provide a basis for a critical screening of existing as well as desirable new participations. An extensive catalogue of the current situation may be found in „Österreichischer Forschungsaktionsplan 2014-2020“ [Austrian Action Plan for Science] of the Austrian government (<http://www.bundeskanzleramt.at/DocView>.

axd?CobId=54964). Within the general European scene, new international initiatives will start during the coming years. They have been identified by the European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI; <http://esfri.eu/roadmap-2016>). This roadmap declares, among other things, the need and the intention to develop a new science support mechanism aimed at covering the costs of international infrastructures. This brochure may contribute to the decision making process to join these European initiatives. It is evident that substantial costs are incurred in international cooperations. In essence, there are three categories for these costs:

- (a) The official costs of participation as defined in a contract (membership fee).
- (b) Separate costs that arise in connection with doctoral dissertations or master's-theses (project costs).
- (c) Costs needed to install and operate special instruments at multinational research facilities or to provide proper working conditions for a research team (infrastructure costs).

Costs of infrastructure have risen disproportionately in recent times, and are now in need of adjustment. Satisfactory financing for all the above categories is a sine qua non condition for an efficient use of any international large-scale facility. Since the main funding institutions are within the federal budget, money contributed by research-supporting institutions, and also from EU-projects and initiatives are important. In the case of large-scale facilities currently in discussion or in the planning stages, it is essential that Austria participates from the very beginning, because ground-breaking results are frequently obtained shortly after such facilities start operation.

The main users utilizing large-scale research facilities are universities and institutes of the Austrian Academy of Sciences. In all scientific activities, students are closely involved, and their results are presented in the corresponding theses for a doctor's or a master's degree. In addition to their scientific education, these graduates benefit from the atmosphere and the cooperative style

of working at an international, large-scale facility. This experience qualifies them well to represent Austria on an international level.

The Austrian Academy of Sciences has installed a Commission for Cooperation with Large Scale Facilities. This is undertaking an evaluation of currently active international participations as well as an analysis of the demand and requirements of large-scale facilities under construction, such as ELI (European Light Initiative), ESS (European Neutron Spallation Source) or XFEL (X-Ray Free Electron Laser) and FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research). A separate task, in addition to establishing appropriate participations, will be the construction of suitable instruments tailored to the requirements of the prospective users, in order to guarantee the funds for infrastructure required for an efficient use of the facility. Because use of an international large-scale research facility is customarily shared by several universities and institutes of the Austrian Academy of Sciences, it is absolutely essential to establish means of financing that are completely independent of the universities and the OeAW. It is worthwhile to point out that the Austrian Action Plan for Science contains a statement of intent to create a new science support fund for international infrastructure costs. The members of the Commission for Cooperation with Large Scale Facilities would very much welcome additional partners interested in joining this initiative to strengthen international cooperation in research.

AUTHORS:

Hartmut Abele, TU Wien (Vienna)
 Heinz Amenitsch, Graz University of Technology
 Friedrich Aumayr, TU Wien (Vienna)
 Wolfgang Baumjohann, OeAW
 Manfred Bietak, OeAW
 Joachim Burgdörfer, TU Wien (Vienna)
 Helmut Denk, University of Graz
 Gerhard Glatzel, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna
 Manuel Güdel, University of Vienna
 Franz Kerschbaum, University of Vienna
 Christian Köberl, University of Vienna
 Gerhard Krexner, University of Vienna
 Sabine Ladstätter, OeAW
 Oskar Paris, Montanuniversität Leoben
 Werner Piller, University of Graz
 Norbert Przybilla, University of Innsbruck
 Helmut Rauch, TU Wien (Vienna) (Coordination)
 Olaf Reimer, University of Innsbruck
 Jochen Schieck, OeAW
 Eberhard Widmann, OeAW
 Kurt Zatloukal, Medical University of Graz

BESTEHENDE KOOPERATIONEN

BIOBANKING AND BIOMOLECULAR RESOURCES RESEARCH INFRASTRUCTURE – EUROPEAN RESEARCH INFRASTRUCTURE CONSORTIUM (BBMRI-ERIC)

FORSCHUNG INFRASTRUKTUR EUROPÄISCHER BIOBANKEN

Die europaweite Forschungsinfrastruktur BBMRI-ERIC verbessert die Zugänglichkeit zu qualitätskontrollierten biologischen Proben und assoziierten Daten aus verschiedenen Bevölkerungssteilen Europas. In Kombination mit dem Know-how der beteiligten Kliniken, Patholog/inn/en, Genetiker/innen, Bioinformatiker/innen und Molekularbiolog/inn/en wird eine weltweit einzigartige Infrastruktur für die medizinische Grundlagenforschung und translationale Forschung aufgebaut, mit dem Ziel, personalisierte Medizin und neue Strategien zur Krankheitsprävention der europäischen Bevölkerung zu entwickeln.



Forschungsinfrastrukturen wie BBMRI-ERIC führen zu einer gemeinsam nutzbaren Daten- und Wissensbasis von öffentlichen Institutionen und Industrie.

Foto: ZWT, Paul Ott

Menschliche biologische Proben und assoziierte Daten über den Gesundheitsstatus und Lebensstil der Probenspender/innen ermöglichen den Einblick in Krankheitsursachen sowie molekulare Krankheitsmechanismen und Faktoren, die die Wirksamkeit von Medikamenten bestimmen. Durch die Entwicklung und Implementierung neuester Technologien für Proben und Datenmanagement sowie die Bereitstellung biologischer Proben und Daten von optimaler Qualität unterstützt BBMRI-ERIC künftige Spitzenleistungen in der medizinischen Forschung.

KOOPERATION AKADEMISCHER UND INDUSTRIELLER FORSCHUNG

Gleichzeitig wird dadurch die Wettbewerbsfähigkeit erhöht, denn das Modell von Expertenzentren ermöglicht es der Biotech- und Pharmaindustrie, das enorme Potenzial der europäischen Biobanken vorwettbewerbslich zu nutzen und mit akademischen Forscher/inne/n zusammenzuarbeiten. Dadurch werden Forschungskooperationen von akademischen und industriellen Konsortien erleichtert.

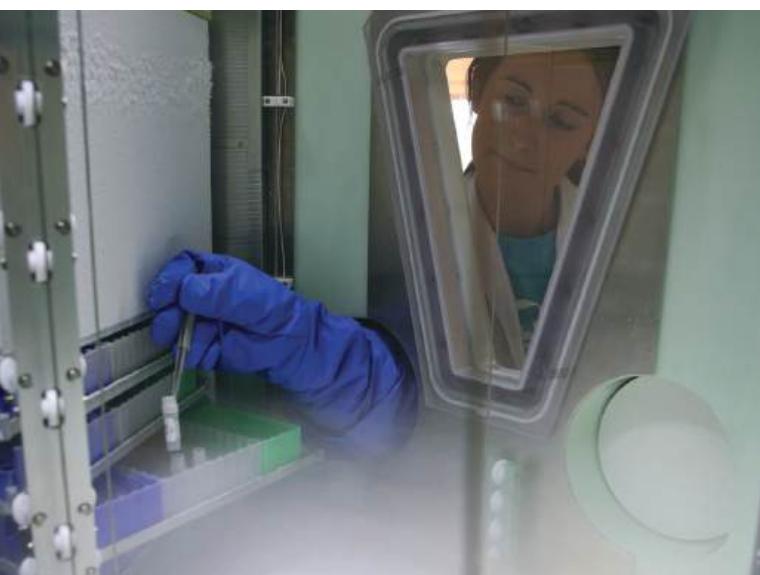
Diese Expertenzentren sollen zu einer von öffentlichen Institutionen und Industrie gemeinsam nutzbaren Daten- und Wissensbasis führen. Neben klinischen, ethischen und juristischen Akteur/inn/en sind auch Patient/inn/en-organisationen im BBMRI-ERIC involviert, um die Vereinbarkeit der rasanten Entwicklung der biomedizinischen Forschung mit den gesellschaftlichen Normen und Werten zu gewährleisten.

HEADQUARTERS IN GRAZ

Am 3. Dezember 2013 wurde BBMRI offiziell der gemeinschaftliche Rechtsstatus eines European Research Infrastructure Consortium (ERIC) mit Sitz in Graz zuerkannt. Diese Rechtsform wurde entwickelt, um den gemeinsamen Aufbau und Betrieb von Forschungsinfrastrukturen im europäischen Interesse zu erleichtern. Der ERIC-Status ermöglicht es, Biobanken und biomolekulare Ressourcen in einen gesamteuropäischen Rahmen zu bringen. Damit wird der Zugang zu Sammlungen von Partnerbiobanken und biomolekularen Ressourcen, deren Know-how und deren Dienstleistungen auf einer nicht wirtschaftlichen Grundlage vereinfacht.

EUROPAWEITE ZUSAMMENARBEIT

BBMRI-ERIC ist eine Forschungsinfrastruktur der ESFRI (European Strategy Forum for Research Infrastructures) Roadmap. Sie besteht derzeit aus 18 Mitgliedsstaaten und einer internationalen Organisation und ist somit eine der größten Forschungsinfrastrukturen für Biowissenschaften in Europa. Vollmitglieder sind Österreich, Belgien, die Tschechische Republik, Estland, Finnland, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Italien, Malta, die Niederlande, Norwegen, Schweden und das Vereinigte Königreich. Beobachterstatus haben Polen, die Schweiz, die Türkei, Zypern und die internationale Organisation IARC / WHO. Die Mitgliedsstaaten haben rund 135 Mio. Euro für Investitionen in ihre Biobanken zugesagt.



BioBank Graz

Foto: Medizinische Universität Graz

NUTZEN VON BIOBANKEN

In Biobanken werden große Mengen von biologischem Material wie beispielsweise DNA-, Blut- oder Gewebeproben zusammen mit Hintergrundinformationen wie Krankengeschichte oder Lebensumstände bzw. Artidentifizierung, Sammelpunkt etc. der Spender/innen bzw. der Organismen gespeichert. Diese biologischen Proben sind zur Erforschung von Krankheiten und der Entwicklung neuer Diagnose- und Therapiemöglichkeiten von grundlegender Bedeutung.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

BBMRI-ERIC Headquarters (Graz) und BBMRI.at/Medizinische Universität Graz (Koordination des österr. Knotens)

Partnereinrichtungen:

Beteiligte Länder: BE, CZ, DE, UK, EE, GR, FR, IT, MT, NL, NO, AT, FI, SE

Beobachterstatus: PL, CH, TR, CY, IARC / WHO

Gründungsdatum:

3. Dezember 2013

Nähere Informationen:

<http://bbmri-eric.eu>; bbmri.at

Österreichischer Kontakt:

Jan-Eric Litton (BBMRI-ERIC)

jan-eric.litton@bbmri-eric.eu

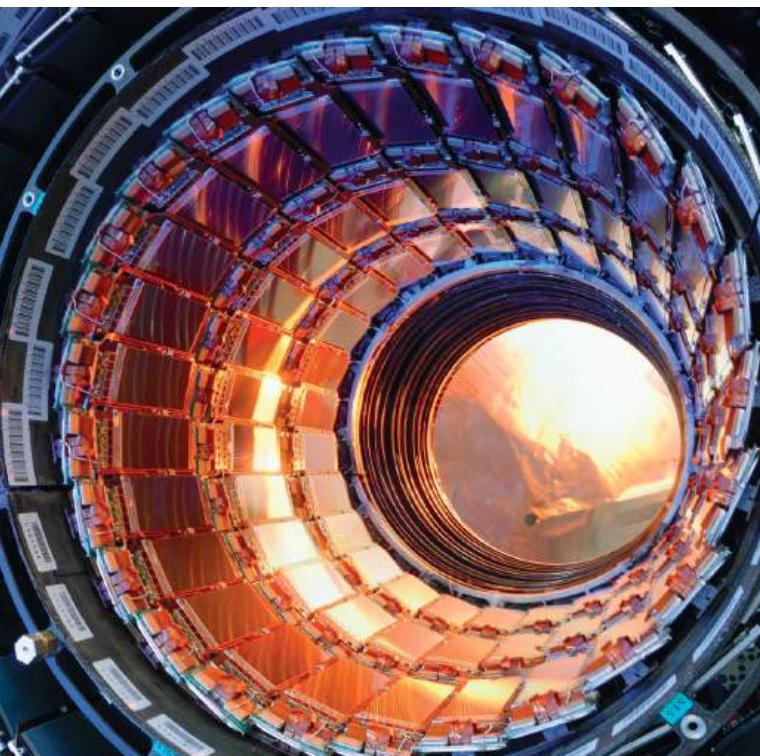
Kurt Zatloukal (BBMRI.at)

kurt.zatloukal@medunigraz.at

EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH (CERN)

DIE ERFORSCHUNG DER MATERIE

CERN ist eine internationale Großforschungseinrichtung für Teilchenphysik, die von 22 Mitgliedsländern gemeinsam getragen wird. Österreich, das seit 1959 Mitglied ist, trägt mit 2,2 Prozent zum jährlichen Budget bei. Insgesamt sind mehr als 10.000 Wissenschaftler/innen aus mehr als 85 Nationen an Experimenten und Forschung beteiligt. Für die Gastwissenschaftler/innen stellt CERN die Infrastruktur, insbesondere die Teilchenbeschleuniger, für die Durchführung der Experimente zur Verfügung. Die Detektoren für diese Experimente werden in der Regel von den Gastwissenschaftler/inne/n an den Universitäten und Forschungsinstituten, wie z. B. dem ÖAW-Institut für Hochenergiephysik oder dem Stefan-Meyer-Institut für subatomare Physik der ÖAW, entwickelt und gebaut.



Teile des Spurdetektors des CMS-Experiments, der aus Sensoren aus Silizium besteht.

Foto: CERN

Österreichs Universitäten und Forschungsinstitute sind an mehreren Experimenten am CERN beteiligt. Das Institut für Hochenergiephysik (HEPHY) der ÖAW hat zur Entwicklung und Realisierung des CMS-Experiments entscheidend beigetragen. Das Stefan-Meyer-Institut für subatomare Physik (SMI) der ÖAW ist am Forschungsprogramm des Antiproton Decelerators und seit 2015 auch am ALICE-Experiment beteiligt. Zusätzlich gibt es auch kleinere Beteiligungen der Universität Innsbruck am ATLAS-Experiment sowie der Technischen Universität Wien und der Universität Wien am nTOF-Experiment. Neben den Beteiligungen über die Universitäten und Forschungseinrichtungen arbeiten österreichische Wissenschaftler/innen, Ingenieure/Ingenieurinnen und Techniker/innen, die vom CERN angestellt sind, an den verschiedenen Beschleunigern und Experimenten mit. Das CERN ist außerdem eine wichtige Basis für theoretische Physiker/innen österreichischer Universitäten.

ÖSTERREICHS BEITRÄGE ZUM ATLAS-EXPERIMENT

Bei der Mitarbeit der Arbeitsgruppe für Hochenergiephysik (IHG) des Instituts für Astro- und Teilchenphysik der Universität Innsbruck am ATLAS-Experiment liegen die Schwerpunkte im Bereich der Analyse der gewonnenen Daten. Besondere Beiträge konnte die IHG dabei zur Rekonstruktion der Teilchenbahnen aus den Detektorsignalen sowie zur Entwicklung eines schnellen Simulationsprogramms zur Bestimmung der Nachweisempfindlichkeit des Detektors leisten.

Die hohe Ereignisrate des Large Hadron Collider (LHC) eröffnet die Möglichkeit zur Analyse spezieller, sehr seltener Prozesse, darunter solcher, die besonders für die Untersuchung der sogenannten CP-Verletzung geeignet sind. Dabei handelt es sich um eine Asymmetrie, die als Voraussetzung für das Vorherrschen der Materie gegenüber der Antimaterie im Weltall angesehen wird. Eine „neue Physik“ jenseits des Standardmodells sollte sich in diesen Zerfällen besonders deutlich manifestieren. In einem vom Wissenschaftsfonds FWF geförderten Projekt konnte die IHG bereits neue Erkenntnisse zum Verständnis dieser Reaktionen beitragen.

COMPACT MUON SOLENOID (CMS)

Weltweit umfasst die CMS-Kollaboration etwa 3.200 Personen aus 42 Ländern und 200 wissenschaftlichen Institute. Das CMS-Experiment ist neben dem ATLAS-Experiment eines der beiden Vielzweckexperimente am Large Hadron Collider. Der LHC ist seit 2008 in Betrieb und mit den verschiedenen Experimenten aktuell das größte Unternehmen im Bereich der Teilchenphysik. Mit dem CMS- und ATLAS-Experiment wurde 2012 erstmals das Higgs-Boson nachgewiesen. Das HEPHY ist Gründungsmitglied der CMS-Kollaboration und hat dabei einen wesentlichen Beitrag geleistet.

Beim LHC werden Protonen bei Energien bis zu dreizehn Teraelektronenvolt zur Kollision gebracht. Dadurch können unentdeckte Elementarteilchen erzeugt werden. Diese könnten der Schlüssel zur Beantwortung offener Fragen sein und zu einer neuen Theorie jenseits des bekannten Standardmodells führen.

AUF DER SUCHE NACH DER NEUEN PHYSIK

Die fundamentalen Bausteine der Materie und deren Wechselwirkung untereinander werden theoretisch mit dem Standardmodell der Teilchenphysik beschrieben. Mit der Entdeckung des Higgs-Bosons am LHC wurden alle Teilchen des Modells experimentell nachgewiesen. Damit beginnt für die Forschung der elementaren Bausteine ein neues Zeitalter. Das Standardmodell ist komplett, jedoch wissen wir, dass dieses nur eine effektive Theorie einer umfassenderen, allgemeineren Theorie sein kann. So ist z. B. die Gravitation nicht Teil davon. Eine umfassende Theorie müsste diese fundamentale Wechselwirkung sowie das Standardmodell beinhalten.

Neue astrophysikalische Messungen haben ergeben, dass mit dem Standardmodell nur ca. fünf Prozent des gesamten Energie-Materie-Budgets des Universums beschrieben werden. Die restliche Masse bzw. Energie besteht aus der

sogenannten Dunklen Materie bzw. Dunklen Energie. Die Suche nach einer konsistenten Beschreibung der Physik, die über das Standardmodell der Teilchenphysik hinausreicht und die astrophysikalischen Beobachtungen ebenfalls umfasst, ist die zentrale Fragestellung der modernen Teilchenphysik und damit auch des CMS-Experiments.

ÖSTERREICHS ZENTRALE ROLLE BEIM CMS-EXPERIMENT

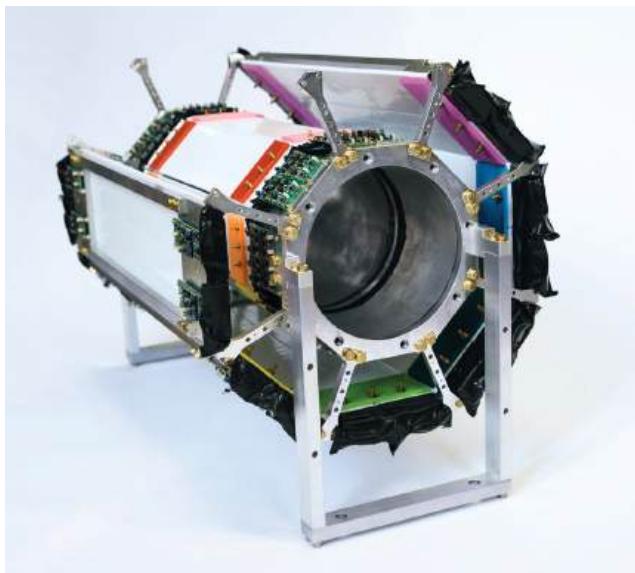
Die Entwicklung der Konzepte für das CMS-Experiment reichen bis in die 1990er Jahre zurück. Das HEPHY war von Beginn an dabei. Es ist maßgeblich an der Optimierung des CMS-Experiments für zukünftige Ausbaustufen, die für das Jahr 2025 geplant sind, beteiligt. Im Rahmen einer Industriekooperation mit Infineon Austria werden dabei u.a. neue Detektorkomponenten für den Spurdetektor und das Kalorimeter zur Messung der Energie entwickelt. Eine CMS-Gruppe am HEPHY beteiligt sich mit hoher Priorität an der Physikauswertung des Experiments und konzentriert sich dabei auf ein besseres Verständnis der starken Wechselwirkung, der Eigenschaften des Higgs-Bosons und der Suche nach einer „neuen Physik“, die über das Standardmodell hinausreicht.

ANTIPROTON DECELERATOR (AD)

Der Antiproton Decelerator am CERN ist weltweit die einzige Versuchsanlage, die niedrigenergetische Antiprotonen für die Untersuchung von Antimaterie generiert und zur Verfügung stellt. Das Hauptaugenmerk des AD liegt in der Bildung von Antiwasserstoff, dem einfachsten nur aus Antimaterie bestehenden Atom (ein gebundener Zustand aus einem Antiproton und einem Positron), und anderen exotischen Atomen, bei denen das Elektron durch ein negativ geladenes Antiproton ersetzt wird. Die Experimente mit Antiwasserstoff haben das Ziel, die Materie-Antimaterie-Symmetrie zu untersuchen und die Gravitation von Antimaterie zum ersten Mal experimentell zu überprüfen.

ERZEUGUNG VON ANTIPROTONEN

Da Antiprotonen auf der Erde nicht natürlich vorkommen, müssen sie künstlich erzeugt werden. Kern des AD am CERN ist ein Speicherring, der die erzeugten Antiprotonen abbremst, abkühlt und sie gegenwärtig fünf verschiedenen Experimenten zur Verfügung stellt: ATRAP, ASACUSA, ALPHA, AEgIS und BASE. Damit bietet dieser „Antiproton Entschleuniger“ eine weltweit einzigartige Forschungsinfrastruktur.



Detektor zum Nachweise von Antiwasserstoffannihilationen

Foto: SMI

SPEKTROSKOPIE VON ANTIWASSERSTOFF: ASACUSA

Ein direkter Vergleich der Materie-Antimaterie-Symmetrie (CPT-Symmetrie) ist durch den spektroskopischen Vergleich von Wasserstoff und Antiwasserstoff möglich. Diese sind durch die CPT-Symmetrie auseinander hervorgehende Spiegelbilder.

Die ASACUSA-Kollaboration, an der das SMI federführend beteiligt ist, verfolgt die Strategie, einen polarisierten Strahl von Antiwasserstoff zu erzeugen und die Hyperfeinstruktur des Grundzustandes durch Mikrowellenspektroskopie zu bestimmen. Diese Messung würde zu einem der empfindlichsten Tests der CPT-Symmetrie führen. Das SMI ist für den Teil der Apparatur verantwortlich, mit dem die Messung der Hyperfeinstruktur bei ASACUSA vorgenommen wird.

GRAVITATION VON ANTIMATERIE: AEgis

Die AEgis-Kollaboration hat die erste genaue Messung der Gravitation von Materie und Antimaterie zum Ziel. Dazu entwickelt sie ebenfalls einen Strahl von Antiwasserstoffatomen, allerdings mit sehr viel niedrigerer Geschwindigkeit, um den Fall der Antiatome im Gravitationsfeld der Erde messen zu können. AEgis soll nun die Gravitation zwischen Materie und Antimaterie, die bislang noch nie präzise gemessen werden konnte, untersuchen. Diese wird durch das schwache Äquivalenzprinzip aus Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie bestimmt. Die Messungen könnten wichtige experimentelle Daten für die Entwicklung der Quantengravitation liefern.

Schwerpunkt des SMI ist bei diesem Forschungsprojekt die Erzeugung von Positronen und Positronium (ein aus Positron

und Elektron bestehendes exotisches Atom), mit Hilfe derer Antiwasserstoff erzeugt wird, die präzise Vermessung der Magnetfelder innerhalb des Versuchsaufbaus, und die Detektion von Antiwasserstoff.

BESCHLEUNIGUNG DER EXPERIMENTE DURCH ELENA

Österreich unterstützt durch seine Mitgliedschaft an der Forschungseinrichtung CERN auch den Antiproton Decelerator. Der AD ist seit dem Jahr 2000 in Betrieb, gegenwärtig ist eine Erweiterung mit Namen ELENA im Bau, mit der die Endenergie der Antiprotonen um einen Faktor 50 auf 100 Kiloelektronenvolt gesenkt werden soll. Damit wird die Effizienz, mit der die Antiprotonen in sogenannten Penningfallen eingefangen werden, drastisch erhöht und somit der Fortschritt der Experimente beschleunigt. Das SMI ist bei den zwei Forschungsprogrammen ASACUSA und AEgis ein zentraler Partner. Die Beteiligung wird durch einen ERC Grant des SMI-Direktors Eberhard Widmann unterstützt.

A LARGE ION COLLIDER EXPERIMENT (ALICE)

Die ALICE-Kollaboration am CERN hat einen eigenen Schwerionendetektor gebaut, um die einmalige Schwerpunktsenergie am LHC für ihre Experimente zu nutzen. Im Mittelpunkt steht die Untersuchung der starken Wechselwirkung unter extremen Bedingungen, wie sie Mikrosekunden nach dem Urknall vorgeherrscht haben. Damit sollen die Eigenschaften dieses noch weitgehend unbekannten Zustands aus Quarks und Gluonen (Quark-Gluon-Plasma) bestimmt werden.

Diese frühe Phase des Universums und deren Eigenschaften sind nicht durch direkte Messungen zugänglich. Allerdings werden eine ähnliche Energiedichte und Temperatur bei der Kollision ultra-relativistischer Schwerionen erreicht. Der dabei erzeugte „Feuerball“ wird zum einen durch dessen Größe, Temperatur und zeitliche Entwicklung charakterisiert, eignet sich aber auch zum Studium genereller Eigenschaften dieser extremen Form von Materie und damit zum Test der Quantenchromodynamik.

WIE HAT SICH DIE MATERIE IM UNIVERSUM ENTWICKELT?

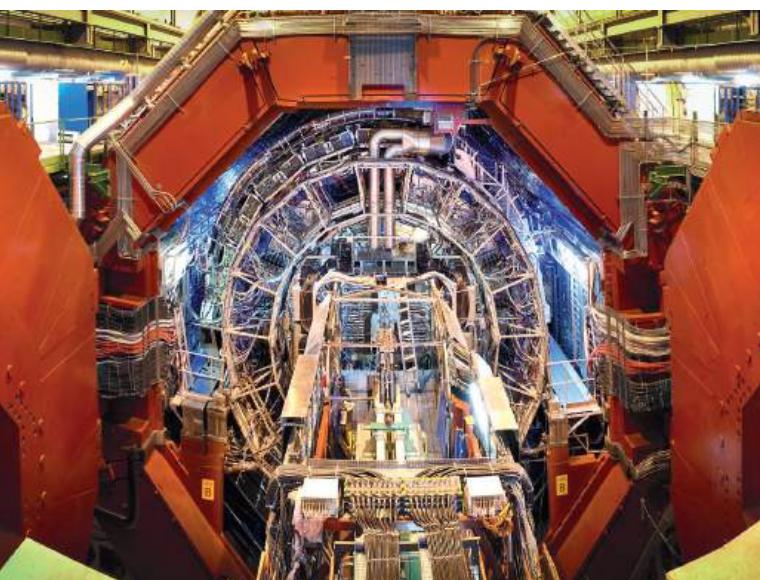
Anders als die zur Teilchensuche konstruierten Anlagen CMS und ATLAS trägt ALICE schon im Namen, dass es auf Kollisionen von großen Teilchen spezialisiert ist. Bei Zusammenstößen zwischen im LHC beschleunigten Bleikernen werden mehrere tausend Teilchen erzeugt. Hierfür wird Blei Isotop ^{208}Pb verwendet. Solche stabilen Kerne sind die idealen Reaktionspartner für das ALICE-Experiment.

Für eine vollständige Charakterisierung ist es notwendig, die Teilchenzahl, deren Masse, Energie, Impuls und insbesondere die Teilchenspezies zu bestimmen. Das übergeordnete Ziel ist, durch die Untersuchung dieser Bleikollisionen Hinweise darauf zu finden, wie sich die Materie im Universum entwickelt hat.

ALICE IN ÖSTERREICH

Der Detektor der ALICE-Kollaboration ist für Stöße von schweren Kernen mit einer bisher noch nie dagewesenen Anzahl von Teilchenspuren ausgelegt. Das SMI ist mit der „New Frontier Group“ seit Juli 2015 Mitglied von ALICE und hauptsächlich in der Analyse von Elektronen-Positronen-Paaren bei kleinen invarianten Massen engagiert. Diese geben Aufschluss sowohl über die Temperatur und zeitliche Entwicklung des Quark-Gluon-Plasmas, als auch über mögliche In-Medium-Modifikation stark wechselwirkender Teilchen.

Im Jahr 2018 ist ein Upgrade der ALICE-Detektoren geplant, an dem auch das SMI beteiligt ist.



Der ALICE-Detektor

Foto: CERN, A. Saba

MEDAUSTRON

Um Teilchenkollisionen mit den beschriebenen Detektoren untersuchen zu können, werden Teilchenbeschleuniger benötigt, die für die Geschwindigkeitszunahme der Protonen oder Schwerionen sorgen. Derartig beschleunigte Teilchen wie beispielsweise Protonen oder Kohlenstoffionen können auch in der Medizin, im Rahmen einer speziellen Form der Strahlentherapie, zur Bekämpfung von Krebserkrankungen eingesetzt werden. In Wiener Neustadt wurde ein derartiges Projekt in Kooperation mit dem CERN umgesetzt. Bei MedAustron liefert ein Teilchenbeschleuniger unterschiedliche Ionenarten und Energien für die medizinische Anwendung am Patienten, aber auch für Zwecke der nichtklinischen Forschung.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Institut für Hochenergiephysik (HEPHY) der ÖAW und Stefan-Meyer-Institut für subatomare Physik (SMI) der ÖAW

Partnereinrichtung:

CERN, bei Meyrin im Kanton Genf (Schweiz)

Projektdauer:

Unterschiedliche Projektbeteiligungen seit 1959

Nähere Informationen:

home.cern; www.oeaw.ac.at/smi; www.antimaterie.at; www.hephy.at; cms.web.cern.ch; Aliceinfo.cern.ch; home.cern/about/accelerators/antiproton-decelerator

Österreichischer Kontakt:

Jochen Schieck (HEPHY)
jochen.schieck@oeaw.ac.at
Eberhard Widmann (SMI)
eberhard.widmann@oeaw.ac.at



CHERENKOV TELESCOPE ARRAY (CTA)

HÖCHSTE KOSMISCHE ENERGIEN

Cherenkov Telescope Array (CTA) ist das Projekt eines internationalen Konsortiums zur erdbasierten Gammastrahlen-Astronomie. Gemeinsames Ziel ist die Erforschung neuer Phänomene im Universum im Gammastrahlenspektrum. Hierfür werden 100 Teleskope an zwei Standorten in verschiedenen Hemisphären installiert. Damit wird erstmalig der Zugang zum Gesamthimmel ermöglicht. CTA ist die einzige astronomische Infrastruktur für österreichische Forscher/innen im Bereich Hochenergieastrophysik. Sie ermöglicht sowohl Synergien als auch Ergänzungen zu Kollisionsexperimenten an Teilchenbeschleunigern.

Die wissenschaftlichen Anwendungen von CTA reichen von Hochenergieastrophysik über Grundlagenphysik bis hin zur Kosmologie. Die internationale Kooperation plant kosmische Gammastrahlung der höchsten Energien bis zu einem Petaelektronenvolt zu vermessen. Rund 1.000 involvierte Wissenschaftler/innen aus 31 Ländern wollen so das Universum nach kosmischen Teilchenbeschleunigern wie Supernova-Explosionen, Doppelsternsystemen oder aktiven Galaktischen Kernen durchsuchen.

Das Projekt wurde 2008 in die ESFRI Roadmap (siehe S. 4) aufgenommen. Die Vorbereitung von CTA wurde und wird von der Europäischen Kommission in FP7 und H2020 unter „Developing new world-class research infrastructures“ gefördert, aber wesentlich durch nationale Beiträge getragen.

CTA OBSERVATORIUM

CTA plant ein noch nie dagewesenes Observatorium mit Teleskopen in der Atacamawüste in Chile und auf La Palma (Kanaren). Mit einem Messbereich von einigen zehn Gigaelektronenvolt bis über ein Petaelektronenvolt wird das CTA-Observatorium (CTAO) die Empfindlichkeit der aktuellen Generation von Tscherenkov-Teleskopen wie MAGIC auf La Palma, H.E.S.S. in Namibia und VERITAS in Arizona um das fünf- bis zehnfach übertreffen.

Im Wesentlichen soll das CTAO zur Erforschung von drei zentralen wissenschaftlichen Themen beitragen: Ursprung und Rolle kosmischer Teilchenstrahlung im Universum, die Physik der Beschleunigungsprozesse in der Umgebung von Schwarzen Löchern und Neutronensternen sowie das Verständnis von Materie und Physik jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik.

EIN GEMEINSCHAFTSPROJEKT ZUR ERFORSCHUNG DES UNIVERSUMS

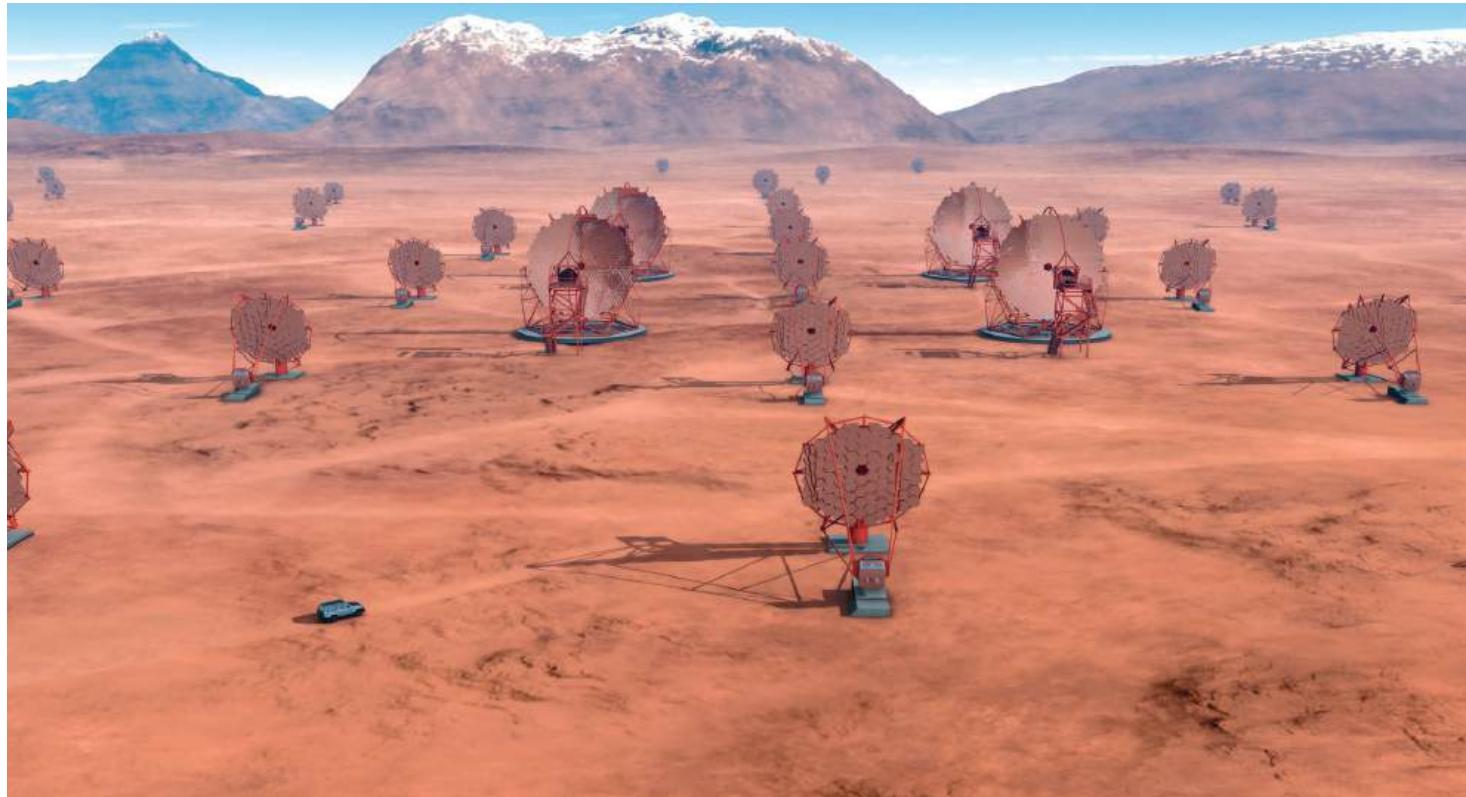
CTA bietet mit dem leistungsfähigen CTAO ein Observatorium, das allen Interessierten offensteht und mit dem sich in einzigartiger Weise Gammastrahlen aus dem Kosmos studieren lassen. Organisatorisch ist CTAO eine gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung nach deutschem Recht, die von internationalen Gesellschaften getragen wird. In einem völkerrechtlichen Abkommen verpflichten sich die Regierungen der Partnerländer, das CTA-Observatorium gemeinsam zu bauen und zu betreiben. Österreich ist derzeit im Begriff, neben dem CTA-Konsortium auch dieser rechtlichen Struktur beizutreten.

Das CTAO wird ein gemischtes Beobachtungsprogramm für Konsortiumsprojekte, Gastbeobachter/innen und Archivnutzer/innen anbieten.

KAMERAPROJEKT UNTER ÖSTERREICHISCHER BETEILIGUNG

In Österreich wurde erst vor wenigen Jahren der Weg in die noch junge Wissenschaftsdisziplin Astroteilchenphysik eingeschlagen.

Das Institut für Astro- und Teilchenphysik der Universität Innsbruck ist Mitglied und österreichische Ländervertreterung beim CTA-Konsortium. Ebenfalls ist es aktiver Partner bei der Entwicklung von Teleskopkomponenten. Hier ist vor allem die FlashCam-Entwicklung für eine Einzelphotonenelektronen-Kamera im Nanosekundenbereich für die Medium Size Telescopes (MST) in Chile zu nennen.



Künstlerische Darstellung des Cherenkov Telescope Array (CTA) Observatoriums in der Atacamawüste.

Foto: G. Pérez, IAC (SMM)

DAS TSCHERENKOW-PRINZIP

Wenn Gammaquanten in die Erdatmosphäre eindringen, entstehen Schauer von sekundären, geladenen und ungeladenen Teilchen. Solche Elementarteilchen-Kaskaden verlaufen viele Kilometer durch die Atmosphäre. Die Kaskadenteilchen erzeugen dabei das blaue „Tscherenkov-Licht“ (benannt nach dem Entdecker P. A. Tscherenkov, Nobelpreis 1958). Dieses emittierte Licht lässt sich mit Teleskopen registrieren. Bildlich gesprochen fotografiert das Teleskop das die Teilchenkaskade begleitende Licht, genauso wie man die Spur eines Meteors mit einer normalen Kamera aufnehmen kann. Trotz des enormen Erfolgs der Gamma-Astronomie mit Tscherenkov-Teleskopen (H.E.S.S., MAGIC und VERITAS) gibt es zahlreiche offene Fragen. Sie sollen von der Tscherenkov-Teleskopanlage der nächsten Generation, dem Cherenkov Telescope Array Observatorium (CTAO), beantwortet werden.

Österreichische Forschungseinrichtung:

Universität Innsbruck

Partnereinrichtungen:

Standorte: CTAO in der Atacamawüste (Chile) und auf La Palma (Kanaren)

Kollaborationspartner: 31 Staaten

Projektdauer:

Geplante Inbetriebnahme: 2020

Nähere Informationen:

www.cta-observatory.org; www.uibk.ac.at/astro

Österreichischer Kontakt:

Olaf Reimer
olaf.reimer@uibk.ac.at



EUROPEAN CENTRE FOR THEORETICAL STUDIES IN NUCLEAR PHYSICS AND RELATED AREAS (ECT*)

INTELLEKTUELLES ZENTRUM FÜR KERNPHYSIK

Das Europäische Zentrum für theoretische Studien in Kernphysik und verwandten Forschungsgebieten (ECT) befindet sich in Trient (Italien). Mit einer differenzierten und gut strukturierten Kombination von wissenschaftlichen Aktivitäten stellt es eine zentrale Einrichtung für die internationale Wissenschaftscommunity dar. Als intellektuelles Zentrum für Kompetenz fördert das ECT* die Koordination von europäischen Aktivitäten im Bereich der Kernphysik und ergänzt dadurch Forschungseinrichtungen an Universitäten und experimentellen Labors.*



Teilnehmer/innen am Workshop „Speakable in quantum mechanics: atomic, nuclear and subnuclear physics tests“, Trient, 29. August bis 2. September 2011, Organisation: C. Curceanu (Frascati), J. Marton (Vienna), E. Milotti (Triest)

Foto: SMI, J. Marton

Das ECT* trägt wesentlich zum Erfolg der europäischen Grundlagenforschung im Bereich der Physik bei. Der wissenschaftliche Fokus im Bereich der Kernphysik ist dabei sehr breit. Er umfasst Themen wie Kernstruktur, Kernreaktionen, Quantenchromodynamik, Hadronenphysik, Physik der Materie unter extremen Bedingungen und Ultrarelativistische Schwerionenphysik. Auch die Bereiche Astrophysik, Teilchenphysik, Festkörperphysik, Vielteilchen-Theorie, Bose-Einstein-Kondensate, Quantentheorie und Computational Physics sind inkludiert.

Das ECT* ist als Europäische Forschungsinfrastruktur registriert und Mitglied des Nuclear Physics European Collaboration Committee (NuPECC) der Europäischen Wissenschaftsstiftung (ESF).

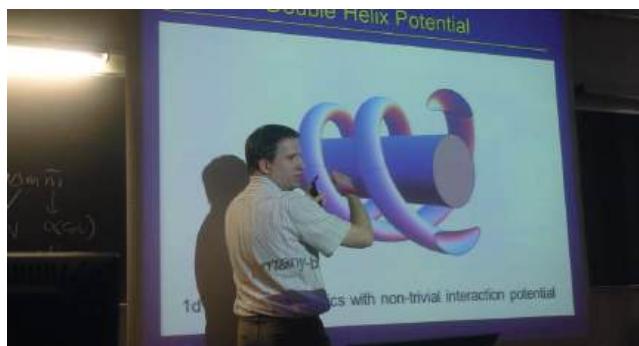
VERBINDUNG VON THEORETISCHER UND EXPERIMENTELLER PHYSIK

Das Besondere am ECT* ist die Verbindung von theoretischer Physik und Experimentierprogrammen. Es bietet eine Vielzahl an Workshops, Kollaborationstreffen, Doktoratsprogrammen und spezifischen Kursen an. Außerdem werden Fellowships für Wissenschaftler/innen (z. B. Post-Docs) angeboten.

Im Jahr 2014 haben insgesamt 762 Wissenschaftler/innen aus 39 Ländern das Zentrum in Trient besucht und an den Aktivitäten teilgenommen.

INTERNATIONALE UNTERSTÜTZUNG

ECT* erhält neben der regionalen Förderung durch die Fondazione Bruno Kessler (FBK) und die Provinz Trient Förderungen von EU-Mitgliedstaaten. Größte Beitrags-



Arno Rauschenbeutel (ATI Vienna) beim Workshop „Speakable in quantum mechanics: atomic, nuclear and subnuclear physics tests“, Trient, 29. August bis 2. September 2011.

Foto: SMI, J. Marton

geber sind Deutschland, Italien und Frankreich. Weitere Förderländer sind Belgien, Tschechien, Finnland, Ungarn, die Niederlande, Polen, Rumänien und Großbritannien. Österreich war in der Vergangenheit Mitglied, hat im Jahr 2012 jedoch erklärt, nicht mehr weiter beitragen zu können. Der ohnehin bescheidene österreichische Beitrag würde sich dabei auf 15.000,- Euro jährlich belaufen.

ÖSTERREICHISCHE WISSENSCHAFTLER/INNEN AM ECT*

Das Zentrum für theoretische Studien wird von österreichischen Wissenschaftler/innen der Universität Graz, der Universität Wien und der Technischen Universität Wien sowie von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften stark genutzt. Das ECT* bietet vor allem für junge Wissenschaftler/innen einzigartige Möglichkeiten, ihre Forschungsergebnisse in internationalen Workshops zu präsentieren, wobei die finanzielle Unterstützung durch das ECT* die Teilnahme ermöglicht.

GESCHICHTE UND GRÜNDUNG

ECT* entstand aus der gemeinsamen Anstrengung der europäischen Wissenschaftsgemeinschaft der Kernphysiker/innen und den wissenschaftlichen Einrichtungen der Autonomen Provinz Trient, ein europäisches Theoriezentrum einzurichten. Die Idee eines europäischen Zentrums wurde für etwa zwei Jahre diskutiert. Es fanden zahlreiche Ad-hoc-Sitzungen und Abstimmungen in Fachzeitschriften statt, in denen die Ziele des Zentrums zusammen mit den personellen und finanziellen Mitteln für die Umsetzung definiert wurden.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Universität Wien, Universität Graz, TU Wien und ÖAW

Partnereinrichtung:

ECT* in Villazzano (Italien)

Projektdauer:

Seit 2008

Nähere Informationen:

www.ectstar.eu

Österreichischer Kontakt:

Eberhard Widmann
eberhard.widmann@oeaw.ac.at



SYNCHROTRONSTRAHLUNGSQUELLE ELETTRA

LICHTBLICKE IN NANOWELTEN

Seit 1996 ist die österreichische Kleinwinkelstrahlführung am Elektronenspeicherring Elettra bei Triest in Betrieb. Die Kleinwinkelstreuung ist eine vielseitige Standardmethode der Strukturbestimmung im Größenbereich von 1 bis 100 Nanometern. Die Methode ermöglicht vor allem Einblicke in dynamische strukturelle Änderungen von Molekülen, supramolekularen Clustern und neuen Nanomaterialien in der flüssigen, festen und gasförmigen Phase bzw. an Oberflächen. Das Spektrum möglicher Anwendungen reicht von medizinischer Diagnostik bis zu Bauteilen für die Fahrzeugindustrie.



Der Speicherring Elettra und der Freie Elektronen Laser FERMI auf dem Karst über der Stadt Triest.

Foto: Roberto Barnabà, mit freundlicher Genehmigung durch Elettra Sincrotrone Trieste

Ein Elektronenspeicherring ist eine kreisrunde Beschleunigerbahn mit einer bestimmten Anzahl an Auslässen für produzierte intensive Lichtstrahlen. In Triest ist das Herzstück ein Beschleunigerring mit einem Umfang von 260 Metern, in dem die nahezu lichtschnellen Elektronen durch elektromagnetische Felder beschleunigt und mit Magnetfeldern auf der Kreisbahn gehalten werden.

ECHTZEIT-STRUKTURAUFKLÄRUNG UNTER REALEN UND EXTREMEN BEDINGUNGEN

In derartig extreme Geschwindigkeit versetzt, geben die Elektronen bei Ablenkung in den Magnetfeldern einen Teil ihrer Energie in Form von hoch gebündeltem Licht ab. Dieses intensive Licht deckt das gesamte Frequenzspektrum von Infrarot- bis Röntgenstrahlung ab. Es lässt sich in sogenannten Beamlines gebündelt abzweigen und fokussieren. Kleinwinkelstreuung von Röntgenstrahlung ermöglicht die Echtzeit-Strukturaufklärung unter realen bzw. auch extremen Bedingungen, wie zum Beispiel bei tiefen und hohen Temperaturen, hohem Druck, elektrischen Entladungen oder Flammen, als auch während chemischer Reaktionen.

VIELSEITIGE, INTERDISziPLINÄRE ANWENDUNGS-BEREICHE

Jährlich nutzen hunderte Forscher/innen und Ingenieure/Ingenieurinnen aus nahezu allen Bereichen der Naturwissenschaften und Technik die Großforschungsanlage im nördlichen Italien für ihre wissenschaftlichen Experimente. Die Anwendungsfelder von Kleinwinkelstreuung reichen von Biologie, Chemie, Biophysik, Materialwissenschaften bis hin zur Metrologie. Sie dient z. B. zur Charakterisierung von Ladungs- und Entladungsprozessen in Batterien, zur Optimierung von Photovoltaik-Materialien, zur Herstellung von „functional food“ wie fettarme Gele und zur Verbesserung

der Aufnahme und des Transports von pharmazeutischen Wirkstoffen. Sogar in der Kunst kommt sie z. B. bei der Restaurierung von Fresken zum Einsatz.

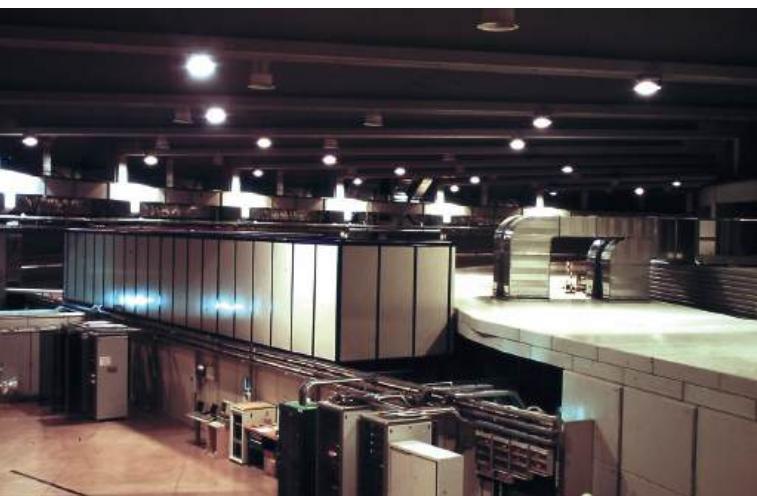
NUTZUNG DURCH DIE ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGS LANDSCHAFT

Der Betrieb der österreichischen Kleinwinkelstation ermöglicht österreichischen Wissenschaftler/inne/n einen privilegierten Zugang. Für österreichische Experimente steht eine Strahlzeit im Ausmaß von 100 Messtagen pro Jahr zur Verfügung, was ungefähr 25 Experimenten entspricht. Der Nutzerkreis umfasst 15 Arbeitsgruppen von acht Institutionen, die diese Anlage mehr oder weniger regelmäßig verwenden.

DEEP X-RAY LITHOGRAPHY

Neben der Kleinwinkelstreuungsstrahlführung stehen österreichischen Forscher/inne/n auch rund 2.000 Stunden Strahlzeitstunden an der Deep X-ray lithography (DXRL) zur Verfügung. DXRL bedeutet übersetzt Röntgentiefenlithographie. Diese Methode nutzt die Röntgenstrahlung von Elettra zur Herstellung von dreidimensionalen Nanostrukturen aus mitunter neuartigen Materialien.

Diese Nanostrukturen werden in weiterer Folge mit dem Fertigungsverfahren LIGA (kurz für Lithografie, Galvanik und Abformung) zu „Schablonen“ für verschiedene Mikrobauteile aus Metall, Keramik oder Legierungen weiterverarbeitet, beispielsweise zu Mikrogeneratoren, Mikronadeln bis hin zu Mikrolin



Österreichische Kleinwinkelstrahlführung bei Elettra

Foto: TU Graz, Heinz Amenitsch

CENTRAL EUROPEAN RESEARCH INFRASTRUCTURE (CERIC-ERIC)

Sowohl die Kleinwinkelstrahlführung als auch DXRL sind Teil der „Central European Research Infrastructure“, die seit Juni 2014 existiert. Sie stellt eine einzigartige europäische Infrastruktur für die Bereiche Materialentwicklung, Biomaterialien und Nanotechnologie dar. Industrie und Forschung profitieren vom Zugriff auf modernste Techniken und von der Unterstützung durch Expertenteams.

Österreichische Forschungseinrichtung:

Technische Universität Graz im Auftrag des BMWFW im Rahmen von 5-Jahres Verträgen

Partnereinrichtungen:

Elettra – Sincrotrone Trieste S.C.p.A. bei Triest (Italien) und CERIC-ERIC

Projektdauer:

Bauphase 1992–1995; Betrieb ab 1996 ÖAW, seit 2012 TU Graz

Nähere Informationen:

www.elettra.eu; www.tugraz.at; www.ceric-eric.eu

Österreichischer Kontakt:

Heinz Amenitsch
amenitsch@tugraz.at

DIE GRABUNG EPHESOS

GRÖSSTE AUSGRABUNG UNTER ÖSTERREICHISCHER LIZENZ

Seit mehr als 120 Jahren ist Ephesos eine Grabung des Österreichischen Archäologischen Instituts (ÖAI) und heute die größte geisteswissenschaftliche Forschungsunternehmung Österreichs im Ausland. Ephesos kann auf eine 9.000-jährige Siedlungsgeschichte zurückblicken und zählte zu den größten Metropolen der Antike. In den letzten Jahren hat sich die Grabung zu einer europäischen Plattform für archäologische Grundlagenforschung und zu einem Kompetenzzentrum für interdisziplinäre Anwendungen in der Archäologie entwickelt.



Ephesos, Hadrianstempel an der Kuretenstraße

Foto: ÖAW / ÖAI, Niki Gail

Forschungsgrabungen sind langfristige Unternehmungen und bestehen aus vielen unterschiedlichen, zeitlich befristeten Einzelprojekten, wobei Ephesos heute zu den größten archäologischen Feldprojekten weltweit gehört. Der Tempel der Artemis wurde als eines der „sieben Weltwunder“ gelistet, und die Basilika des hl. Johannes gehörte zu den wichtigsten Pilgerstätten des frühen Christentums. Als Forschungsgegenstand steht mit Ephesos eine Stadtanlage samt ihrem Umland zur Verfügung, die vom Neolithikum bis in die frühe Neuzeit durchgehend besiedelt war, und zwar immer als Zentralort der Region.

INTERDISZIPLINÄRER FORSCHUNGSANSATZ

Die im Rahmen der durchgeführten Projekte chronologisch wie topographisch übergreifenden Problemstellungen fordern eine Vernetzung unterschiedlicher Forschungsansätze, Disziplinen und Methoden, wodurch sinnvolle Synergien erzielt werden können. Durch sie kann die Beschränkung auf einen Fundplatz oder einen Zeithorizont zugunsten einer diachronen und räumlich weit gefassten Betrachtungsweise überwunden werden. Dafür ist nicht nur eine Vernetzung der archäologischen und alttumswissenschaftlichen Spezialdisziplinen unbedingt notwendig, sondern auch der Einsatz naturwissenschaftlicher Methoden und technischer Anwendungen erforderlich. Darüber hinaus ist eine trans- und interdisziplinäre Kooperation mit fachverwandten Disziplinen sowie mit Komplementärwissenschaften der Regelfall.

HOHE RELEVANZ DER FORSCHUNGSSUNDERNEHMUNG

Die produktive Rolle in der internationalen Wissenschaftslandschaft, die Attraktivität für renommierte Forschungseinrichtungen, die hohe Akzeptanz in der internationalen scientific community, aber auch die zahlreichen Auszeichnungen für Forscher/innen und exzellente Nachwuchswissenschaftler/innen mit herausragenden Karrieren stehen für die ungebrochene Relevanz der Unternehmung.

NOTWENDIGE KONSERVIERUNGSSARBEITEN

Ein integraler Bestandteil des Forschungsprogramms sind die evidenzbasierte Restaurierungswissenschaft und die Denkmalpflege. Eine Großgrabung wie Ephesos mit einem umfangreichen, oberirdisch sichtbaren und daher zu erhaltenen Denkmälerbestand stellt an die Konservierung und Restaurierung große wissenschaftliche und logistische Anforderungen. Ein verantwortungsvoller Umgang mit den Ruinen und der Ruinenlandschaft impliziert notwendige Konservierungsarbeiten, um den weiteren Verfall aufzuhalten, aber auch langfristige restauratorische Projekte zum dauerhaften Schutz der Denkmäler. Ephesos bietet die Möglichkeit, konservierungs- und restaurierungswissenschaftliche Methodenentwicklung zu betreiben, sofern die dafür notwendigen personellen wie finanziellen Ressourcen mittelfristig zur Verfügung gestellt werden.

HERAUSFORDERUNG FINANZIERUNG

Das Aufgabenprofil in Ephesos erfordert eine ganz spezifische Forschungsinfrastruktur, insbesondere zur Durchführung und anhaltenden Sicherung der archäologischen Feldprojekte. Diese bedürfen allerdings auch einer langfristigen Finanzierungssicherheit. Dazu zählen speziell operative Geldmittel für die Finanzierung der Grabungsaktivitäten (Arbeitskräfte, Geräte, Materialien), die Abdeckung gesetzlich vorgeschriebener Leistungen in den Gastländern (Wächter, Wartungskosten, Gebühren, Mieten für Depots, Sicherheitsmaßnahmen etc.) und für die Durchführung notwendiger Konservierungs- und Restaurierungstätigkeiten. Zur Qualitätssicherung unbedingt benötigt werden ein Kernteam von Spezialist/inn/en, eine nachhaltige Infrastruktur sowie die Gelegenheit zu nachhaltiger Projektplanung. Die Kosten dafür können über Drittmittelprojekte nicht eingeworben werden, bilden aber Grundlage für sämtliche Forschungsaktivitäten.

ZENTRALE GELDGEBER

Die Basisfinanzierung der Grabung Ephesos erfolgt durch die öffentliche Hand. Zahlreiche innovative Forschungsprojekte werden durch den Wissenschaftsfonds FWF sowie das European Research Council ermöglicht. Die nationalen und internationalen Kooperationspartner führen ihre Forschungen selbstständig durch und bringen eigene Finanzierungen ein, wobei sie auf die logistische und organisatorische Unterstützung des ÖAI zurückgreifen können. Die öffentlichen Gelder sowie die kompetitiv eingeworbenen Forschungsmittel decken jedoch nur die Kosten für den wissenschaftlichen Bereich. Die zeit- und kostenintensiven, aber auch dringend notwendigen Restaurierungsarbeiten werden dadurch nicht finanziert. Hierfür müssen private Gelder eingeworben werden.

Österreichische Forschungseinrichtung:

Österreichisches Archäologisches Institut (ÖAI) der ÖAW

Partnereinrichtungen:

Durchschnittlich jährlich 20 (2015): AT, DE, TR, IT, FR, UK, NL, BG, RU, US, GR, HR, ES, CZ, AU, BE, CA, MK, PL, RS, SK, HU

Projektdauer:

Seit 1895 mit Unterbrechungen, jährlich genehmigt durch das Ministerium für Kultur und Tourismus der Republik Türkei

Nähere Informationen:

www.oeai.at

Österreichischer Kontakt:

Sabine Ladstätter
sabine.ladstaetter@oeai.at

KOOPERATION MIT ESA, NASA UND CO.

WELTRAUMPHYSIK

Die Erforschung des Weltalls, die Frage nach dem Woher und Wohin, ist ein uraltes Anliegen des Menschen. Das Grazer Institut für Weltraumforschung (IWF) der ÖAW beschäftigt sich mit der Physik und der Erkundung des Sonnensystems. Wissenschaftlich befasst es sich vor allem mit der Weltraumplasmaphysik, mit der oberen Atmosphäre von Planeten und Exoplaneten sowie mit dem Schwerkfeld von Erde und Mond. Es ist derzeit an 18 internationalen Weltraummissionen beteiligt.

Österreich nimmt seit 1975 an ESA-Programmen teil, 1981 wurde es assoziiertes Mitglied und 1987 Vollmitglied. Die Beteiligung an ESA-Missionen hat auch die Kooperation mit der NASA und anderen Raumfahrtagenturen ermöglicht. Neben einzelnen Arbeitsgruppen an österreichischen Universitäten ist das Institut für Weltraumforschung der ÖAW der größte Nutznießer der ESA-Mitgliedschaft. Mit knapp 100 Mitarbeiter/innen aus rund 20 Nationen ist das IWF eines der größten Institute der ÖAW.

WELTRAUMTAUGLICHE GERÄTE FÜR DIE RAUMFAHRT

Das IWF beschäftigt sich seit über 40 Jahren mit der Physik und der Erforschung des Sonnensystems. Es verdankt sein hohes Ansehen der Entwicklung von weltraumtauglichen Geräten, deren Messungen am Institut wissenschaftlich analysiert und physikalisch interpretiert werden. Die Schwerpunkte dabei sind der Bau von Magnetometern und Bordcomputern sowie die Laserdistanzmessung zu Satelliten, die am Observatorium Lustbühel – einer Außenstelle des Instituts – durchgeführt wird.

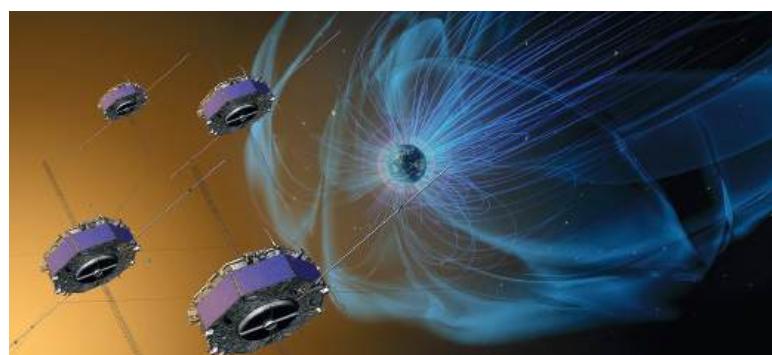
DIE WELTRAUMMISSIONEN DES IWF

Derzeit ist das IWF an 18 internationalen Weltraummissionen beteiligt, die von der ESA, der NASA oder nationalen Weltraumagenturen in Japan, Russland und China geleitet werden. Die wichtigsten Missionen sind:

- Die NASA-Raumsonde **Cassini** (Start 1997) umkreist seit 2004 den Ringplanet Saturn. Das IWF ist bei der Messung der Radiostrahlung des Saturns und der Gewitterblitze beteiligt.
- Die vier **Cluster-Satelliten** der ESA (Start 2000) erforschen die Erdmagnetosphäre. Das IWF hat Instrumente zur Potenzialregelung der Satelliten und zur Messung der magnetischen und elektrischen Felder (mit-)gebaut.
- Die ESA-Sonde **Rosetta** (Start 2004) umkreist seit 2014 den Kometen Churyumov-Gerasimenko. Unter der Leitung

des IWF wurde ein Rasterkraftmikroskop gebaut, das Staubteilchen des Kometen auf millionstel Millimeter genau abtasten kann.

- Die NASA-Mission **THEMIS** (Start 2007) erforscht die Ursache von magnetischen Teilstürmen der Erdmagnetosphäre. Das IWF war am Bau der Magnetometer beteiligt.
- Die NASA-Raumsonde **Juno** (Start 2011) wird den Planeten Jupiter erforschen. Das IWF ist an der Antennenkalibrierung für das Radiowelleninstrument beteiligt.
- Die zwei **Van Allen Probes** der NASA (Start 2012) untersuchen die physikalischen Prozesse im Strahlungsgürtel der Erde. Das IWF ist an den Messungen der elektromagnetischen Felder beteiligt.
- Bei der NASA-Mission **MMS** (Start 2015) führen Satelliten 3D-Messungen in der Magnetosphäre der Erde durch. Das IWF hat die Federführung bei der Potenzialregelung der Satelliten und ist an den Elektronenstrahlinstrumenten sowie den Magnetometern beteiligt.
- **CSES** (Start 2017) ist ein chinesischer Satellit zur Erforschung der Ionosphäre der Erde. Das IWF baut zusammen mit der TU Graz ein völlig neuartiges Skalarmagnetometer.



Die vier MMS-Satelliten der NASA wurden am 13. März 2015 gestartet, um dreidimensionale Messungen in der magnetischen Schutzhülle der Erde durchzuführen und die „magnetische Rekonnexion“ zu untersuchen.
Foto: NASA



Die Weltraumflotte der ESA in unserem Sonnensystem

Foto: ESA

- Die europäisch-japanische Mission **BepiColombo** (Start 2018) dient der Erforschung des sonnennächsten Planeten Merkur. Das IWF ist an den Magnetometern beteiligt.
- Das ESA-Weltraumteleskop **CHEOPS** (Start 2018) wird bereits entdeckte Exoplaneten genauer unter die Lupe nehmen. Das IWF baut einen der beiden zentralen Bordcomputer, für den die Universität Wien Software beisteuert.
- Die ESA-Raumsonde **Solar Orbiter** (Start 2018) wird die Sonne aus nächster Nähe erforschen. Das IWF macht die Antennenkalibrierung, baut den Bordcomputer für das Radiowelleninstrument und ist am Magnetometer beteiligt.
- **JUICE** (Start 2022) ist die erste ESA-Mission ins äußere Sonnensystem. Sie wird den Gasriesen Jupiter und seine Monde untersuchen. Das IWF ist am Bau der Magnetometer und an der Antennenkalibrierung beteiligt.
- Ziel der ESA-Mission **PLATO** (Start 2024) ist die Suche nach extrasolaren Planetensystemen. Das IWF und die Universität Wien sind an der Datenkomprimierungseinheit beteiligt.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Institut für Weltraumforschung (IWF) der ÖAW, Universität Wien, Universität Graz, Universität Innsbruck, TU Wien und TU Graz

Partnereinrichtungen:

ESA, NASA und nationale Weltraumagenturen in Japan, Russland und China

Projektdauer:

Seit 1970

Nähere Informationen:

www.esa.int; www.iwf.oeaw.ac.at

Österreichischer Kontakt:

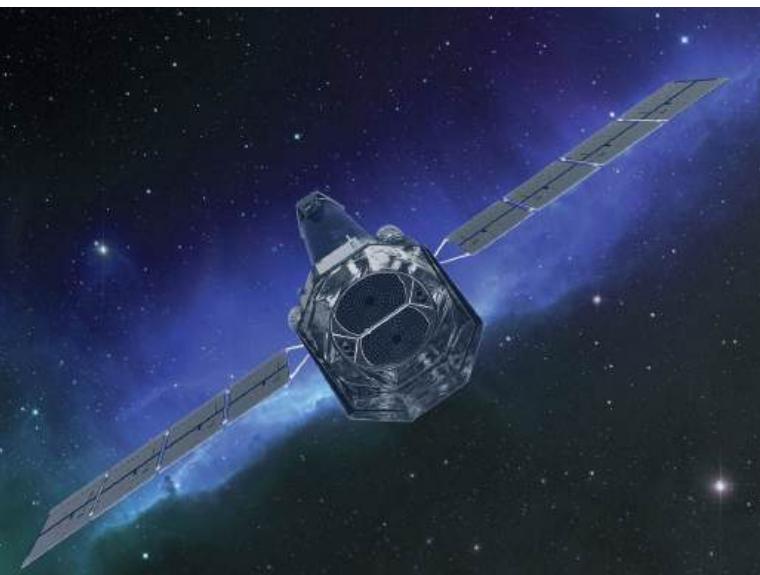
Wolfgang Baumjohann
wolfgang.baumjohann@oeaw.ac.at



KOOPERATION MIT ESA, NASA UND CO.

WELTRAUMOBSERVATORIEN

Die Astrophysik untersucht Ursprung, Aufbau und Entwicklung der Objekte im Universum, von Planeten über Sterne bis hin zu den entferntesten Galaxien. Dazu bedient sie sich nicht nur erdegebundener Teleskope, sondern vermehrt auch Großobservatorien im Weltraum. Das Institut für Astrophysik der Universität Wien steuert wichtige Beiträge zu zahlreichen Weltraumteleskopen bei und beteiligt sich führend an der Interpretation und Modellierung der damit gewonnenen, astrophysikalischen Daten.



Das Röntgenobservatorium Athena

Foto: ESA

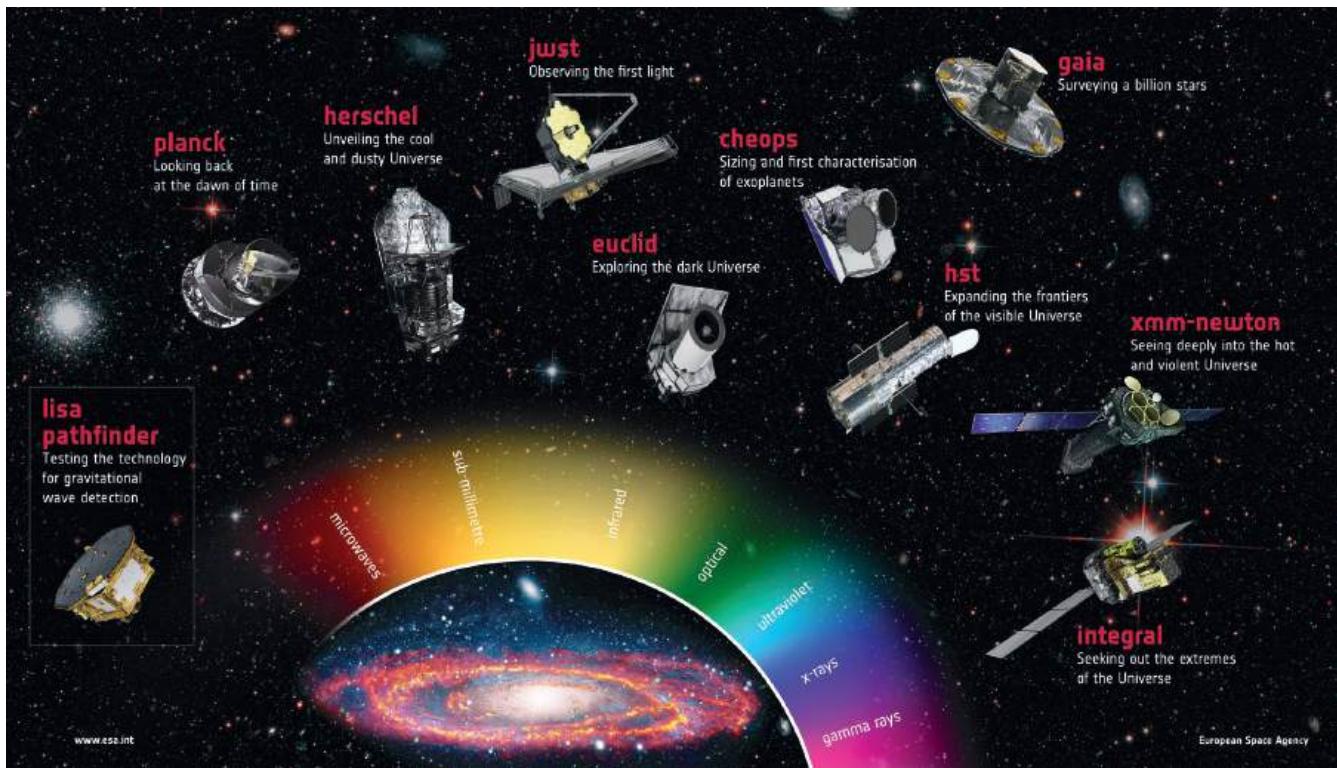
Weltraumteleskope haben der astrophysikalischen Forschung das ganze elektromagnetische Spektrum eröffnet. Die vom Erdboden aus nicht beobachtbaren Infrarot-, Ultraviolet-, Röntgen- und Gammastrahlungen haben in den letzten Jahrzehnten unser Bild des Universums revolutioniert. So geben heiße Plasmen, kühler Staub und komplexe Moleküle einzigartigen Aufschluss über die Entstehung und Entwicklung von Planeten, Sternen und Galaxien. Auch die Suche nach Leben und dessen Ursprünge sind ins Zentrum der Weltraumforschung gerückt. Das Institut für Astrophysik der Universität Wien beteiligt sich seit zwei Jahrzehnten an wissenschaftlichen Großobservatorien der ESA und arbeitet federführend an Datenauswertung und Modellierung. Die Universität Wien und die TU Graz haben auch die ersten österreichischen Satelliten in die Erdumlaufbahn gebracht. Es wird mit der österreichischen Industrie zusammengearbeitet

und in den letzten Jahren auch zunehmend mit dem Institut für Weltraumforschung (IWF) der ÖAW in Graz im Rahmen von komplementären Beiträgen.

SOFTWARE UND WISSENSCHAFTSPLANUNG FÜR WELTRAUMOBSERVATORIEN

Das Institut für Astrophysik (IfA) ist mit rund 70 Mitarbeiter/innen das größte astronomische Institut Österreichs. Seine Arbeitsgruppen befassen sich mit den Entstehungs- und Entwicklungsprozessen von Planeten, Sternen und Galaxien sowie der Bedingungen für das Leben. Das Institut nimmt auch aktiv an der Entwicklung modernster Weltraumobservatorien teil. Seine international anerkannte Spezialität ist die Steuersoftware sowie die Signalverarbeitung an Bord der Satelliten. Parallel dazu bringen sich die Forscher/innen auch in die Planung und Reduktion der anfallenden Daten ein. Zu den wichtigsten Beiträgen gehören:

- Die ersten österreichischen Satelliten **Uni-BRITE** und **TUGSAT** (Start 2013) bilden mit drei weiteren Satelliten ein Netzwerk, das die Variabilität von Sternen untersucht. Die Satelliten wurden unter der Leitung des IfA bzw. der TU Graz entwickelt.
- Die ESA-S-Class-Mission **CHEOPS** (Start 2018) wird einzelne Exoplaneten charakterisieren. Hier steuert das IfA die Steuersoftware zum Bordcomputer des IWF bei und beteiligt sich im Wissenschaftsteam.
- Das NASA/ESA-**James Webb Space Telescope** (Start 2018) wird als Nachfolger von Hubble das Infrarotuniversum mit unerreichter Empfindlichkeit beobachten. Das IfA beteiligt sich wissenschaftlich über einen Schweizer Hardware-Beitrag.
- Der ESA-China-Satellit **SMILE** (Start 2020) wird erstmalig die UV- und Röntgenstrahlung der Erdmagnetosphäre erkunden. Soft- und Computer-Hardware werden vom IfA bzw. dem IWF beigesteuert.
- Die ESA-M-Class-Mission **PLATO** (Start 2025) wird Millionen Sterne nach erdähnlichen Planeten absuchen. Das IfA



Die Weltraumflotte der ESA für Astrophysik

Foto: ESA

trägt (gemeinsam mit dem IWF) zur On-Board-Signalverarbeitung und Wissenschaftsplanung bei.

- Die ESA-M-Class-Mission **ARIEL** (Start 2028; bewilligt für Phase A) wird Atmosphären von Exoplaneten spektroskopieren. Das IfA liefert Flugsoftware.
- Die ESA-L-Class-Mission **Athena** (Start 2028) wird das größte Röntgenteleskop darstellen. Das IfA beteiligt sich an der Steuersoftware, das IWF an der Hardware.
- Die ESA-M-Class-Mission **ARAGO** (Start 2030, Antragsphase) soll Sterne im Ultravioletten beobachten. Das IfA trägt mit Flugsoftware bei.
- Die ESA-JAXA-M-Class-Mission **SPICA** (Start 2030, Antragsphase) widmet sich der Infrarotastronomie. Das IfA steuert Instrumentensoftware bei.

Auch Missionen wie **Gaia** oder **Most** beinhalten wichtige IfA-Beiträge. Daneben haben eine Reihe von Entwicklungs- und Qualifizierungsprojekten die einschlägige Expertise auf dem Sektor „Intelligenz für Weltraumsysteme“ am IfA entscheidend ausgebaut.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Institut für Astrophysik (IfA) der Universität Wien, Institut für Weltraumforschung (IWF) der ÖAW und TU Graz

Partnereinrichtungen:

ESA, NASA und nationale Weltraumagenturen in Frankreich, China, Japan, Kanada und Polen

Projektdauer:

Seit den 1990er Jahren

Nähere Informationen:

www.esa.int; www.astro.univie.ac.at

Österreichischer Kontakt:

Manuel Guedel
manuel.guedel@univie.ac.at
 Franz Kerschbaum
franz.kerschbaum@univie.ac.at



EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY (ESO)

FENSTER ZUM UNIVERSUM

Die Beteiligung Österreichs am European Southern Observatory ermöglicht Wissenschaftler/inne/n an österreichischen Universitäts- und Forschungsinstituten den Zugang zu den weltweit höchstentwickelten Observatorien im optischen/infraroten und (Sub-)Millimeter-Wellenlängenbereich. Den Forschungsschwerpunkt bildet das Studium des Ursprungs, Aufbaus und der Entwicklung von Sternen, Planeten und Galaxien. In enger nationaler Zusammenarbeit werden Beiträge zur Instrumentierung des im Bau befindlichen European Extremely Large Telescope der ESO geleistet.



Illustration des vorraussichtlich 2024 in Betrieb gehenden European Extremely Large Telescope.

Illustration: ESO/L. Calçada/ACe Consortium

Die moderne Astrophysik erlebte in den letzten zwei Jahrzehnten gewaltige Umbrüche. Mehr als 95 Prozent des Kosmos erwiesen sich als unbekannt. Dunkle Materie und Dunkle Energie dominieren über die uns bekannte Materie. Viele offene Fragen zum Ursprung, Aufbau und zur Entwicklung der großräumigen kosmischen Strukturen, der Galaxien, Sterne und Planeten bedürfen der Klärung. Beobachtungen mit Großteleskopen liefern entscheidende Wegmarken auf dem langen Pfad zur Beantwortung der Frage nach unserem Platz im Universum.

BEOBACHTUNGEN AM SÜDHIMMEL

Die europäische Südsternwarte (European Southern Observatory, ESO) wurde 1962 gegründet, um europäischen Astronom/inn/en Beobachtungsmöglichkeiten am Südhimmel zu verschaffen. An drei Standorten in der Atacamawüste in Chile betreibt die ESO über ein Dutzend Teleskope. Daraunter befinden sich die 8,2 Meter großen Spiegel des Very Large Teleskope (VLT) am Cerro Paranal, die im Rahmen des VLT-Interferometers auch zusammengeschaltet werden können. Ebenfalls in Chile wird seit 2014 auf dem Cerro Armazones das European Extremely Large Telescope (E-ELT) errichtet. Mit 39 Metern Spiegeldurchmesser wird es das weltgrößte Observatorium der nächsten Jahrzehnte im optischen/infraroten Wellenlängenbereich. Dessen „First Light“ wird für 2024 erwartet. Durch den ESO-Beitritt 2008 erhielt Österreich auch einen Zugang zu dem mitbetriebenen Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA). ALMA befindet sich auf dem über 5.000 Meter hoch gelegenen Chajnantorplateau in Chile. Mit 66 interferometrisch geschalteten Antennen bildet es das weltgrößte Radioteleskop zum Studium des kühlen Universums.

VORTEILE FÜR ASTROPHYSIK IN ÖSTERREICH

Im Zuge des ESO-Beitritts wurde die österreichische Astrophysik deutlich gestärkt. Gegenwärtige Forschungsschwer-

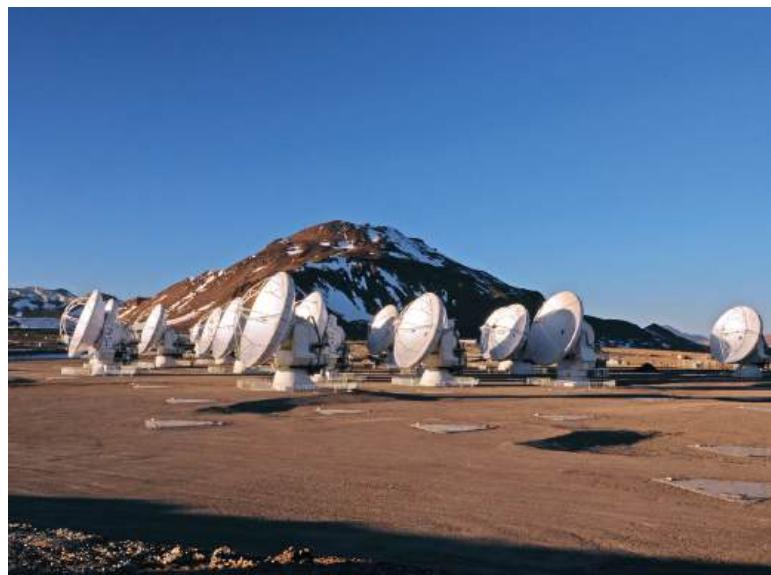
punkte decken weite Gebiete der Galaktik und Extragalaktik ab: die Entstehung und Entwicklung von Stern- und Planetensystemen, Sonnenphysik, Stellarastrophysik inklusive Asteroseismologie, Exoplaneten, Entstehung und Entwicklung von Galaxien und Galaxienhaufen. Als Triebkraft einer Vielzahl von Projekten besitzen die in kompetitiven Auswahlverfahren höchst erfolgreich eingeworbenen Beobachtungszeiten bei ESO und ALMA besondere Bedeutung. International anerkannte Expertise wurde in österreichischen ESO-In-Kind-Projekten zur Modellierung des Himmelshintergrunds und zu mathematischen Algorithmen für die adaptive Optik des E-ELT gewonnen.

BEITRÄGE ZUR ENTWICKLUNG DER MESSINSTRUMENTE DES E-ELT

In enger nationaler Zusammenarbeit leisten alle universitären astrophysikalischen Forschungseinrichtungen in Österreich, wie auch das Johann Radon Institute for Computational and Applied Mathematics der ÖAW und das Institut für Industriemathematik der Universität Linz Beiträge zur Instrumentierung des E-ELT. Mitgliedschaften bestehen in den internationalen Konsortien zur Nahinfrarot-Kamera MICADO, dem im mittleren Infrarot operierenden Multi-funktions-Instrument METIS und dem Multiobjekt-Spektrographen MOSAIC. Schwerpunkte der Arbeiten bilden die Entwicklung von Software und Algorithmen für die Datenverarbeitung und zur Simulation von Beobachtungsdaten, zur Modellierung und Steuerung adaptiver Optikkomponenten und Beiträge zum Wissenschaftsprogramm am E-ELT.

DAS NEUE ULTRASCHARFE AUGE MICADO

Konzipiert als „first light“-Instrument wird MICADO die Hauptkamera des E-ELT. Diese Nahinfrarotkamera bietet die Möglichkeit, ultrascharfe Aufnahmen des Kosmos zu machen, um z.B. Exoplaneten nahe an ihrem Heimatstern abzubilden. Unter Nutzung von adaptiver Optik wird das Auflösungsvermögen dieser Kamera wenige Mikrobogensekunden betragen – damit wäre es möglich, ein drei Zentimeter großes Objekt an Bord der Internationalen Raumstation zu sehen. MICADO wird auch spektrographische Fähigkeiten haben, mit denen es möglich sein wird, einen weiten Spektralbereich simultan abzudecken.



Das Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array

Foto: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/W. Garnier (ALMA)

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Universität Wien, Universität Innsbruck, Universität Linz, Universität Graz, Johann Radon Institute for Computational and Applied Mathematics (RICAM) der ÖAW

Partnereinrichtungen:

ESO (16 Mitgliedsländer, europäische Zentrale in Garching bei München), ALMA (ESO mit Japan und USA)

Projektdauer:

Österreichischer Beitritt 2008

Nähere Informationen:

www.eso.org; www.almaobservatory.org

Österreichischer Kontakt:

Norbert Przybilla
norbert.przybilla@uibk.ac.at



EUROPEAN SYNCHROTRON RADIATION FACILITY (ESRF)

STRUKTUR UND DYNAMIK DER MATERIE

Die ESRF stellt harte Röntgenstrahlung zur Untersuchung von Struktur und Dynamik der Materie zur Verfügung. Mit einem Umfang von 844 Metern ist dieser Elektronenbeschleuniger weltweit der drittgrößte seiner Art. Fünfzig Messstationen erlauben unterschiedlichste Experimente in den Bereichen Physik, Chemie, Biologie, Paläontologie, Materialwissenschaften bis hin zu Medizin und sogar Kunst. Österreichische Forscher/innen nutzen die einzigartigen Möglichkeiten der ESRF schon seit vielen Jahren äußerst erfolgreich.



Experimentierhalle und Speicherringgebäude der ESRF

Foto: ESRF, P. Ginter

Forschungsgruppen aus Österreich untersuchen mithilfe der Synchrotronstrahlung die Struktur und Funktion von biologischen Makromolekülen oder benützen sie zur Entwicklung und Charakterisierung von neuartigen Nanostrukturen und Hochleistungswerkstoffen. Die ESRF gehört zu den besten Quellen für harte Röntgenstrahlung. Die Messstationen laufen seit 20 Jahren und stellen jährlich Messzeit von 5.000 Tagen zur Verfügung.

SYNCHROTRONFORSCHUNG IN ÖSTERREICH

Die österreichische Synchrotrongemeinschaft wächst seit Jahren kontinuierlich und umfasst mittlerweile weit über 100 aktive Nutzer/innen. Forschungsgruppen von mindestens 12 österreichischen Universitäten sowie Instituten der ÖAW und

anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen nutzen regelmäßig Synchrotronstrahlung in ganz Europa und sogar in den USA und Japan für ihre Projekte. Mehr als 100 Peer-Reviewed-Publikationen erscheinen pro Jahr aus diesen Aktivitäten. Mehr als 40 Prozent dieser Forschungsleistungen werden an der ESRF in Grenoble erarbeitet.

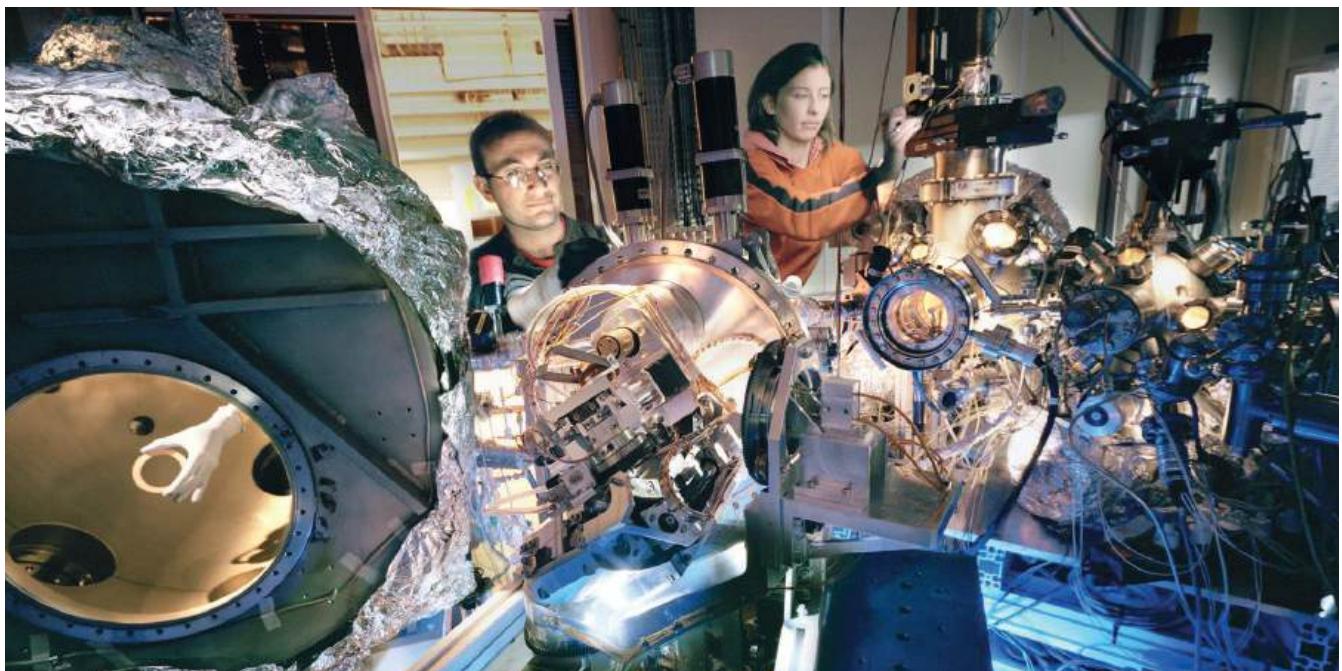
Als assoziiertes Mitgliedsland hat Österreich im Vergleich zu den Vollmitgliedern kein direktes Mitspracherecht bei strategischen Entscheidungen des ESRF-Councils, sondern lediglich einen Beobachterstatus.

50 BIS 60 MESSTAGE PRO JAHR FÜR ÖSTERREICHISCHE FORSCHER/INNEN

Der österreichische ESRF-Anteil wurde aufgrund des kontinuierlich steigenden Bedarfs im Jahr 2012 von einem Prozent auf 1,3 Prozent erhöht. Die Zuteilung von Messzeit an einzelne Forschungsgruppen erfolgt, wie international üblich, auf Basis einer Begutachtung von Beamtime Proposals durch international besetzte Beamtime Review Panels. Bei einer mittleren Anzahl von etwa drei Tagen pro Experiment können österreichische Forschergruppen jährlich somit 15 bis 20 Experimente durchführen. Aufgrund der Tatsache, dass österreichische Gruppen an vielen Kooperationen mit anderen Mitgliedsländern beteiligt sind, ist die tatsächliche Zahl an Experimenten mit österreichischer Beteiligung in etwa doppelt so hoch.

ZENTRALE HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE ZUKUNFT

Neben der absoluten Notwendigkeit der Weiterführung der sehr erfolgreichen Beteiligung Österreichs an der ESRF ist es vor allem wichtig, die vertraglich beschränkte Strahlzeit in Richtung des tatsächlichen Bedarfs zu erhöhen. Um international konkurrenzfähig zu bleiben, wäre es außerdem nötig,



Zwei Wissenschaftler/innen untersuchen elektronische und magnetische Strukturen ihrer Proben an einer Ultrahochvakuum-Station an einer Beamline der ESRF.

Foto: ESRF, P. Ginter

durch Long-term Proposals über mehrere Jahre garantierte Strahlzeit zur erhalten. Hierfür müssen sich Nutzergruppen finanziell – insbesondere durch Bereitstellung von Infrastruktur – an Vorhaben beteiligen.

SYNCHROTRONSTRAHLUNGSQUELLEN

In Synchrotronstrahlungsquellen werden geladene Teilchen auf extrem hohe Geschwindigkeiten beschleunigt. Mit starken Magneten werden sie durch mehrere Ablenkstationen im Kreis geführt, wobei sie bei jeder Ablenkung hochintensive Röntgenstrahlung emittieren. Diese Strahlung wird für Experimente genutzt. Alle Synchrotronstrahlungsquellen haben gemeinsam, dass durch sie fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigte Elektronen oder Positronen gelenkt werden. Geräte mit österreichischer Beteiligung sind die Europäische Synchrotronstrahlungsquelle ESRF in Grenoble und die italienische Quelle ELETTRA in Triest.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Etwa 45 Arbeitsgruppen von 15 (vorwiegend universitären) österreichischen Instituten / Vertragspartner ist die ÖAW im Auftrag des BMWFW im Rahmen von 5-Jahres-Verträgen

Partnereinrichtung:

ESRF in Grenoble (Frankreich)

Projektdauer:

Seit 2003

Nähere Informationen:

www.esrf.eu

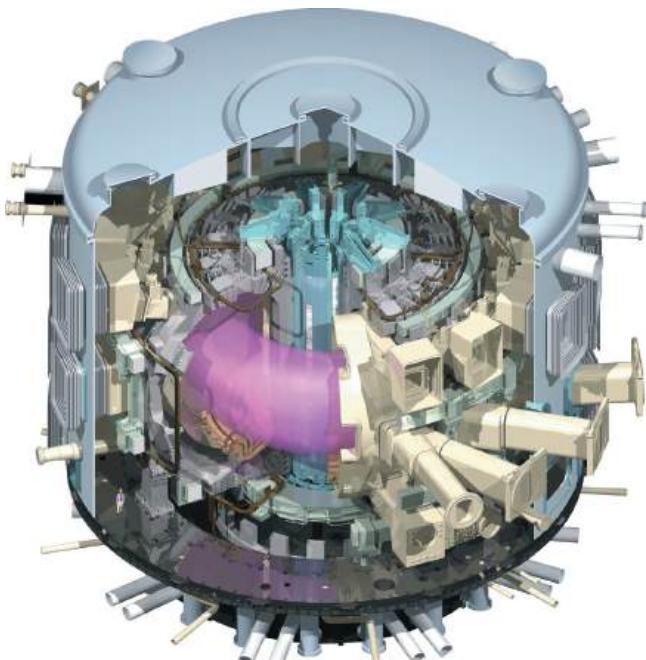
Österreichischer Kontakt:

Oskar Paris
oskar.paris@unileoben.ac.at

EUROFUSION

ENERGIE DURCH KERNFUSION

Eine saubere, umweltfreundliche und praktisch unerschöpfliche Energiequelle: Kernfusion zur Erzeugung von elektrischer Energie einzusetzen, gehört seit Jahrzehnten zu den großen Zielen der Wissenschaft. Mehrere Arbeitsgruppen in Österreich leisten im Rahmen des von der ÖAW koordinierten Fusionsforschungsprogramms Fusion@ÖAW ihren Beitrag dazu, diese Vision Wirklichkeit werden zu lassen. Das Programm ist Mitglied von EUROfusion, einem Konsortium bestehend aus Einrichtungen in Ländern der Europäischen Union und der Schweiz.



Der International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) befindet sich derzeit in Cadarache (Südfrankreich) im Bau.

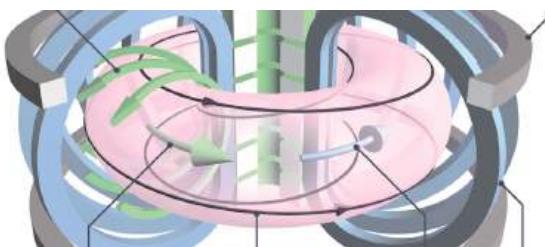
Foto: ITER Organization, <http://www.iter.org/>

Der seit Jahrzehnten wachsende Energiebedarf der Menschheit stößt sowohl durch die immer knapper werdenden Ressourcen als auch durch mit ihm einhergehende Umweltbeeinträchtigungen immer mehr an Grenzen. Besonders gefragt sind deshalb einerseits alle erneuerbaren Energiequellen, wie Sonnen-, Wasser- und Windenergie, andererseits auch ein neuer, praktisch unerschöpflicher Energieträger, der durch die Kernfusion in Aussicht gestellt wird. Kernfusion ist die Energiequelle unserer Sonne und aller Sterne im Universum. Ziel der weltweiten Fusionsforschung ist es, die bei der Verschmelzung von Wasserstoffkernen zu Helium frei werdende Energie, für die Menschheit nutzbar zu machen.

Derzeit ist die Fusion am einfachsten mit den beiden Wasserstoffisotopen Deuterium und Tritium durchzuführen, weshalb sie als Ausgangskomponenten für zukünftige Fusionskraftwerke ausgewählt wurden. Bei der Verschmelzung der beiden Elemente entstehen Helium und ein Neutron, dabei wird millionenfach mehr Energie als bei einer chemischen Verbrennung freigesetzt.

ITER – DAS GEWALTIGSTE ENERGIEPROJEKT DER MENSCHHEITSGESCHICHTE

Die Fusionsforschung hat sich seit ihren Anfängen in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts kontinuierlich auf ihr anspruchsvolles Ziel zubewegt. Derzeit wird im Süden Frankreichs der erste Fusionsreaktor gebaut, der ca. zehnmal mehr Energie aus Fusion liefern wird, als zur Heizung des Plasmas notwendig ist. Beim International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) handelt es sich um das größte Energieprojekt, das bisher durchgeführt wurde. Im Rahmen der von der ÖAW koordinierten österreichischen Beteiligung am EUROfusion-Konsortium der EU leisten dazu auch österreichische Arbeitsgruppen einen wesentlichen Beitrag.



Das Tokamakprinzip: Plasmaeinschluss durch Magnetfelder
Foto: <https://www.euro-fusion.org>

PARTNERINSTITUTIONEN IM NETZWERK FUSION@ÖAW

Im österreichischen Netzwerk sind unterschiedliche Forschungseinrichtungen aktiv. So werden an der Technischen Universität Graz, der Technischen Universität Wien und der Universität Innsbruck die plasmaphysikalischen Grundlagen von Fusionsreaktoren experimentell und mittels Modellrechnungen untersucht (Transport, Turbulenzen, Plasmarandschicht). Ein wesentlicher Teil dieser Forschung erfolgt dabei im Rahmen des Mobility-Programms direkt an europäischen Kernfusionsexperimentieranlagen wie dem JET (Joint European Torus) in Culham/UK oder dem ASDEX-Upgrade Tokamak-Experiment in Garching bei München.

VORTEILE FÜR WISSENSCHAFT UND UNTERNEHMEN

Das Erich-Schmid-Institut für Materialwissenschaft der ÖAW und das Atominstitut der Technischen Universität Wien sind seit vielen Jahren höchst erfolgreich auf dem Gebiet der Fusionstechnologie (Materialforschung, Divertermaterialien, supraleitende Magnetspulen, Isolationsmaterialien) tätig. In Salzburg beschäftigt sich eine Forschungsgruppe mit der Entwicklung von langfristigen Energieszenarien. Darüber hinaus kooperiert Fusion@ÖAW mit namhaften österreichischen Unternehmen und der Wirtschaftskammer Österreich, um affine Industriebetriebe über neueste Entwicklungen und Perspektiven zu informieren.

AUSBILDUNG FÜR JUNGWISSENSCHAFTLER/INNEN

Durch die finanzielle Förderung aus EU-Mitteln, aber auch durch nationale Förderung über die Kommission zur Koordination der Kernfusionsforschung an der ÖAW, werden Arbeitsplätze für 20 bis 30 junge Wissenschaftler/innen pro Jahr (Doktorand/inn/en bzw. junge PostDocs) geschaffen. Sie erarbeiten die physikalischen und technologischen Grundlagen für die Realisierung dieser einzigartigen und vielversprechenden neuen Methode zur Energiegewinnung.

FUSION@ÖAW

Das Fusion@ÖAW Koordinationsbüro bündelt Forschungs- und Entwicklungsprojekte österreichischer Forschungsinstitute und Unternehmen im Bereich der Kernfusion. Darüber hinaus hat Fusion@ÖAW die Aufgabe, interessierte Unternehmen über den aktuellen Stand des ITER-Baus zu informieren. Fusion@ÖAW ist das Nachfolgenetzwerk der Assoziation EURATOM-ÖAW, die seit ihrer Gründung im Jahr 1996 alle österreichischen Beiträge zum Europäischen Fusionsforschungsprogramm koordinierte. Seit 2014 erfolgt die Beteiligung am Europäischen Fusionsforschungsprogramm gemeinsam mit anderen europäischen Mitgliedstaaten unter dem EU-Programm „Horizon 2020“.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

TU Wien, TU Graz, Universität Innsbruck, Research Studios Austria und Erich-Schmid-Institut für Materialwissenschaft (ESI) der ÖAW

Partnereinrichtungen:

Nationale Fusion-Labs der EURATOM Mitgliedstaaten und der Schweiz

Projektdauer:

Seit 1996

Nähere Informationen:

www.euro-fusion.org; www.oeaw.ac.at/fusion; www.iter.org

Österreichischer Kontakt:

Friedrich Aumayr
aumayr@iap.tuwien.ac.at

INTERNATIONAL CONTINENTAL SCIENTIFIC DRILLING PROGRAM (ICDP)

TIEFBOHRPROGRAMM ZUR UNTERSUCHUNG GEOLOGISCHER ABLÄUFE

Österreich ist seit 2001 Mitglied beim wissenschaftlichen Großforschungsprogramm International Continental Scientific Drilling Program (ICDP). Seit dieser Zeit sind Wissenschaftler/innen u.a. der Universitäten Wien, Graz, Leoben, Innsbruck und Salzburg sowie der ÖAW an Forschungsprojekten beteiligt bzw. in einigen Fällen auch als Projektleiter/innen tätig. Diese Mitgliedschaft ermöglicht heimischen Spitzenforscher/inne/n nicht nur die Teilnahme an den verschiedensten Projekten, sondern – was noch wichtiger erscheint – eigene Projektvorschläge zu entwickeln, umzusetzen und koordinierend zu leiten.

ICDP verfolgt das Ziel, wesentliche Grundlagen zum Verständnis der auf der Erde ablaufenden geologischen Prozesse zu erarbeiten und ihren Aufbau besser zu verstehen. Als geeignete Instrumente dienen landbasierte Tiefbohrungen und ihre wissenschaftlichen Auswertungen. Zwischen den Jahren 2000 und 2010 wurden insgesamt 160 wissenschaftliche Projekte mit 388 Proponenten gefördert. Damit wurde ICDP zu einem der weltweit bedeutendsten und erfolgreichsten Programme in den Erdwissenschaften.



ICDP Bohrung am El'gygytgyn Impaktkrater in Chukotka, 2009

Foto: Christian Köberl

VORTEILE FÜR DIE GEOWISSENSCHAFTEN

ICDP ist ein international geleitetes und operierendes Forschungsprogramm, das fundamentale geowissenschaftliche Themen von globaler Bedeutung untersucht. Die Ergebnisse kommen den gesamten Erdwissenschaften zugute. ICDP bietet ausgezeichnete Möglichkeiten für internationale Kooperationen auf höchstem wissenschaftlichem Niveau. Darüber hinaus bringt die Beteiligung eine Reihe von weiteren Vorteilen, wie die große Themenvielfalt von Zielgebieten, Kostenteilung durch Beteiligung von wissenschaftlichen Partnerorganisationen, neue internationale Partnerschaften und Wissenstransfer. Weitere positive Aspekte sind die Integration und Beteiligung von Angehörigen verschiedener Universitäten, eine intensive Projektvor- und nachbereitung, Aufbau von Netzwerken innerhalb der geowissenschaftlichen Community, Imagegewinn für die österreichischen Geowissenschaften und die Interdisziplinarität der angewandten Forschungsthematik.

ÜBERDURCHSCHNITTLICHER NUTZEN FÜR ÖSTERREICH

Seit 2001 waren österreichische Wissenschaftler/innen bei insgesamt 10 Projekten als Projektleiter/innen tätig. Der Rückfluss ist für ein kleines Land wie Österreich, und bei Berücksichtigung des relativ geringen finanziellen Aufwandes, überdurchschnittlich. Österreichische Teilnehmer/innen an Projekten von ICDP wurden auch durch nationale Förderinstrumente, insbesondere den FWF, unterstützt. Durch die

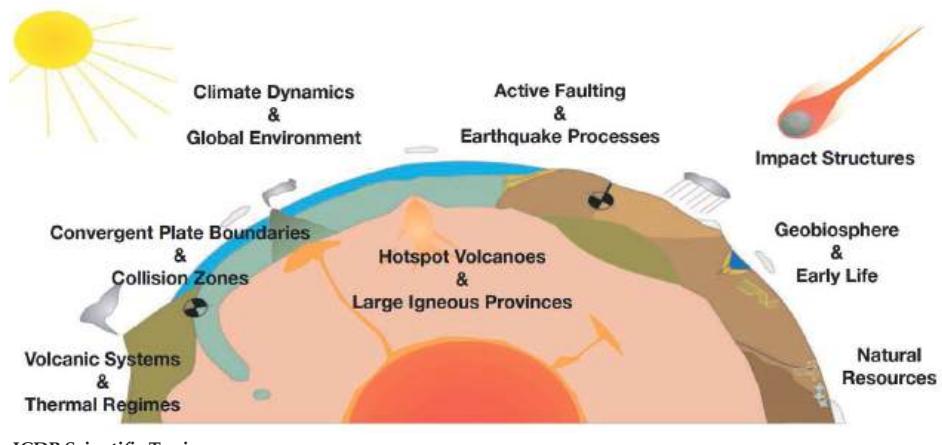


Foto: ICDP

Mitgliedschaft Österreichs war es in der Vergangenheit aber auch möglich, Einfluss auf die Gestaltung des Forschungsportfolios von ICDP auszuüben.

EINE AUSWAHL AN PROJEKTEN MIT ÖSTERREICHISCHER BETEILIGUNG:

- 2000–2004: ICDP „Chicxulub-Krater-Bohrprojekt“ in Mexiko. Die Universität Wien stellte den Teamleiter des Projekts, der für die Koordination von rund 20 Forschungsteams aus ca. 12 Ländern verantwortlich war.
- 2002: Full Proposal „Bosumtwi Impaktkrater“ in Ghana. Christian Köberl von der Universität Wien ist einer von 4 Principal Investigators und zugleich Koordinator. Projektumfang ca. 1,8 Millionen US-Dollar / Bohrung 2004 / Untersuchungen 2005 bis heute.
- 2004: Full Proposal „Chesapeake Bay Impact Structure Drilling Project“ in den USA. Christian Köberl von der Universität Wien ist einer der 4 Principal Investigators. Projektumfang ca. 1,8 Millionen US-Dollar mit einem Zusatzproposal im Jahr 2005 von ca. 300.000 US-Dollar / Bohrung 2005–2006 / Untersuchungen 2006–2013.
- 2005: Full Proposal „Lake El'gygytgyn Drilling Project“ in Ostsibirien. Christian Köberl ist erneut einer von 4 Principal Investigators. Projektumfang ca. 10 Millionen US-Dollar / Bohrung 2009 / Untersuchungen 2010 bis heute.
- 2008/9: Drilling Proposal „Coral Reef Front Migration“ (COREF) auf den Ryukyu Islands in Japan. Es handelt sich um ein Gemeinschaftsprojekt mit dem International Ocean Discovery Program (IODP). Werner Piller von der Universität Graz ist einer von 6 Principal Investigators. Bohrungen 2013.
- 2008: Kontinentalbohrungen für das Vorhaben „Continuous Highresolution Terrestrial Archives and Greenhouse Climate Change“ im Songliao Basin in China. Das Projekt findet unter österreichischer Projektleitung statt (Christian Köberl, Co-Principal Investigator). Gesamtprojektkosten ca.

25 Millionen US-Dollar / Bohrung 2014–2016 / Untersuchungen ab 2014.

- 2014: Chicxulub Bohrprojekt in Mexiko. Ein Gemeinschaftsprojekt mit IODP. Christian Köberl ist einer von 6 Principal Investigators. Projektumfang ca. 1 Million US-Dollar / Bohrung (zusammen mit IODP) 2016.
- 2014–2015: Bohrprojekt Schweiz/Österreich „Overdeepened Alpine Valleys“. Das Projekt mit österreichischer Beteiligung durch Christoph Spötl von der Universität Innsbruck und Markus Fiebig von der Universität für Bodenkultur in Wien befindet sich in Revision.
- 2016–17: Bohrprojekt in Tansania: „Tanzania Onshore Paleogene Integrated Coring“ (TOPIC). Christian Köberl ist Co-Principal Investigator, die Bohrung ist für 2017 geplant.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Universitäten Wien, Graz, Innsbruck, Salzburg, Montanuniversität Leoben und Universität für Bodenkultur Wien, Naturhistorisches Museum Wien, ÖAW

Partnereinrichtung:

Großforschungsprogramm ICDP

Projektdauer:

Seit 2001

Nähere Informationen:

<http://www.icdp-online.org>

Österreichischer Kontakt:

Christian Köberl
christian.koeberl@univie.ac.at

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS (IIASA)

LÖSUNGEN FÜR DIE ZENTRALEN PROBLEME UNSERER ZEIT

Die internationale und interdisziplinäre Forschungseinrichtung IIASA befindet sich in Laxenburg bei Wien. Ihre Aufgabe besteht darin, mit Hilfe der angewandten Systemanalyse Lösungen für globale und universelle Probleme zum Wohl der Menschen und der Umwelt zu finden. Die erzielten Erkenntnisse und Richtlinien werden den politischen Entscheidungsträger/inne/n weltweit zur Verfügung gestellt.



IIASA-Sitz in Laxenburg

Foto: IIASA, Matthias Silveri

Das IIASA wurde 1972 auf Initiative der USA und der damaligen UdSSR gegründet, um eine wissenschaftliche Brückenfunktion zwischen Ost und West einzunehmen. Im Mittelpunkt der interdisziplinären Forschungsarbeiten des Instituts stehen Probleme mit globaler Bedeutung wie Umwelt-, Energie- oder Bevölkerungsfragen. Um die Freiheit von politischen Einflussnahmen des IIASA sicherzustellen, ist in den Statuten verankert, dass die Mitgliedsländer nicht durch Regierungseinrichtungen, sondern durch politisch unabhängige wissenschaftliche Einrichtungen vertreten sind.

Das IIASA wird von verschiedenen nationalen Forschungsförderungsagenturen aus Nord- und Südamerika, Europa, Asien, Ozeanien und Afrika finanziert, was den Status einer unabhängigen Institution garantiert.

EIN INTERNATIONALES UND INTERDISZIPLINÄRES NETZ AUS FORSCHER/INNE/N

Derzeit forschen über 330 Wissenschaftler/innen aus 49 Ländern aus den Bereichen Mathematik, Geisteswissenschaft, Naturwissenschaft, Wirtschaft und Technologie am IIASA. Neben weltbekannten Personen – vier Nobelpreisträger waren am IIASA tätig – arbeiten dort auch junge Wissenschaftler/innen am Anfang ihrer Karriere. Zudem bezieht das IIASA aus seinem weltweiten Forschungsnetz von ca. 2.500 externen Forscher/inne/n in 65 Ländern lokale und regionale Daten.

Österreich ist im Council (Beratungs- und Steuerungsgremium des IIASA) durch die Österreichische IIASA-Kommission bei der Österreichischen Akademie der Wissenschaften repräsentiert.

LÖSUNGEN FÜR DIE GLOBALEN HERAUSFORDERUNGEN

Die Mission des IIASA ist es, politische Entscheidungsträger/innen weltweit mit wissenschaftlichen Erkenntnissen und Leitlinien zu versorgen. Mithilfe der angewandten Systemanalyse sollen Lösungen für globale Probleme gefunden werden, mit dem Ziel das Leben der Menschen zu verbessern und die Umwelt zu schützen.

Seit 2016 verfolgt das IIASA einen neuen Ansatz. Bisher wurden spezifische Problembereiche wie z. B. Energie und Klima getrennt von deren Treibern bzw. Ursachen, wie z. B. Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum und Auswirkungen wie Umweltzerstörung untersucht. Probleme, Ursachen und Auswirkungen sind jedoch sich stark beeinflussende Elemente der Systemanalyse. So sind Wirtschaftswachstum und Umweltqualität eng miteinander verbunden. Das Problem der Nachhaltigkeit in all seinen Dimensionen erfordert einen Ansatz, der diverse komplexe und dynamische Systeme miteinander verbindet. Das IIASA hat diese Herausforderung angenommen und hat seinen Ansatz entsprechend angepasst.

SCHWERPUNKTE DER ZUSAMMENARBEIT IN ÖSTERREICH

In Österreich gibt es eine umfangreiche Kollaboration in den verschiedensten Bereichen mit derzeit über 50 Einrichtungen. Darunter befinden sich unter anderem zahlreiche Universitäten, das WIFO, Joanneum Research, Climate Change Center Austria (CCCA) und die Österreichische Agentur für Ernährungssicherheit (AGES).

Ein Beispiel für die produktive Zusammenarbeit ist die Bevölkerungsprognose für Österreich, inklusive relevanter

Faktoren wie Bildung, Charakteristika der Bevölkerung (z. B. Alterung) und Wirtschaftswachstum. Sie wurde vom Wiener Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital gemeinsam mit Demograf/inn/en am IIASA erstellt. Weiters wurde 2014 ein Austrian Climate Change Assessment Report sowie Strategien zur kostengünstigsten Verringerung von Treibhausgasemissionen erarbeitet. Zurzeit werden auch zahlreiche gemeinsame Projekte zu den Schnittstellen Landnutzung, Wälder, Energie, Wasser und Klimawandel in Österreich und Europa durchgeführt.

SYSTEMANALYSE

Die Systemanalyse ist eine Methode der Systemtheorie, bei der ein Modell eines bereits existierenden oder geplanten Systems erstellt wird. Dabei handelt es sich um ein begrenztes, reduziertes und abstrahiertes Abbild der Wirklichkeit. Mit dessen Hilfe können Aussagen über vergangene und zukünftige Entwicklungen des Systems in bestimmten Szenarien gemacht werden. Dieser Vorgang ist auf nahezu jedes System anwendbar. Österreichische und IIASA-Wissenschaftler/innen forschen gemeinsam an der Weiterentwicklung von Methoden der Systemanalyse.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

50 Einrichtungen (darunter österr. Universitäten, WIFO, Joanneum Research, Climate Change Center Austria (CCCA), Österreichische Agentur für Ernährungssicherheit (AGES) usw.)

Partnereinrichtung:

IIASA in Laxenburg (Österreich)

Projektdauer:

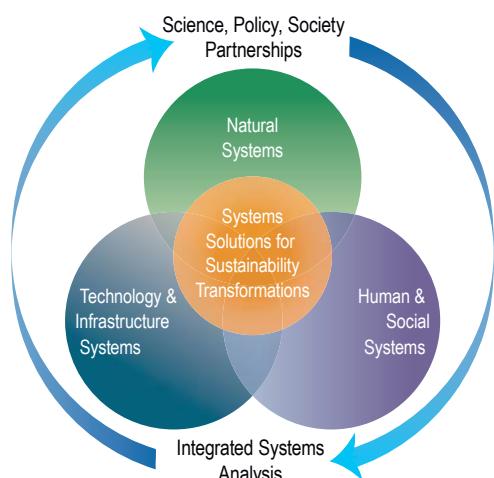
Seit 1972

Nähere Informationen:

www.iiasa.ac.at

Österreichischer Kontakt:

Gerhard Glatzel
gerhard.glatzel@oeaw.ac.at



Der IIASA-Forschungsrahmen

Foto: IIASA



INSTITUT LAUE – LANGEVIN (ILL)

MIT NEUTRONEN INS INNERE DER MATERIE BLICKEN

Das ILL in Grenoble (Frankreich) ist seit Jahrzehnten weltweit führend auf dem Gebiet der Forschung mit und über Neutronen. Etwa 40 Instrumente werden jährlich von rund 1.500 Wissenschaftler/innen für Experimente genutzt. Primär werden Fragestellungen der Grundlagenforschung in Physik, Chemie, Biologie und Kernphysik untersucht. Daneben widmet sich das ILL aber auch zunehmend anwendungsorientierten Problemen in den Bereichen Technik, Materialforschung und Medizin. Österreich nutzt das ILL erfolgreich seit 25 Jahren als Mitglied. Darauf hinaus betreibt es das Instrument S18. An diesem wird schwerpunktmäßig Forschung zu den Grundlagen der Quantenmechanik durchgeführt.

Das ILL wurde 1971 als hochintensive Neutronenquelle auf Basis eines Hochflussreaktors in Betrieb genommen. Es ermöglichte Europa, langfristig eine Spitzenposition auf dem Gebiet der Forschung mit Neutronen einzunehmen. Ursprünglich war es ein französisch-deutsches Gemeinschaftsunternehmen, jedoch stieß kurz darauf Großbritannien als dritter Gesellschafter hinzu. So wurde das ILL zu einem Symbol gelungener Forschungskooperation auf europäischer Ebene.



Experiment mit österreichischer Beteiligung zur Untersuchung des Betazerfalls des Neutrons am Strahlplatz PF1

Foto: ILL

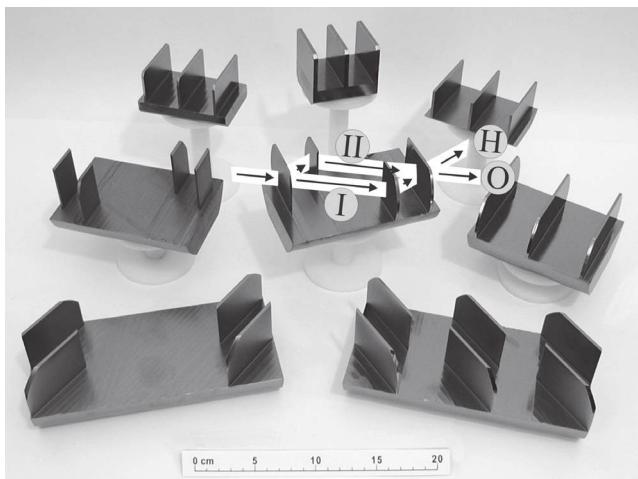
Mittlerweile wurde die wissenschaftliche Nutzung durch die Mitgliedschaften von über zehn weiteren Nationen ausgebaut. Österreich ist 1990 als eines der ersten neuen Mitglieder dem ILL beigetreten. Inzwischen ist die österreichische Mitgliedschaft im Rahmen des Konsortiums CENI (Central European Neutron Initiative) geregelt. Neben Österreich gehören dem Konsortium noch die Tschechische Republik, Ungarn und die Slowakei an. Der zurzeit laufende Fünfjahresvertrag sichert Österreich für den Zeitraum bis Ende 2018 einen Anteil von 1,3 Prozent der gesamten Strahlzeit.

UNTERSUCHUNGEN BEI UNGEÖHNLICHEN BEDINGUNGEN

Neutronen werden vorwiegend als Sonden eingesetzt, um verschiedene Eigenschaften kondensierter Materie zu untersuchen, insbesondere deren Struktur und Dynamik. Da die Partikel elektrisch neutral sind, werden sie weder vom elektrischen Feld der geladenen Atomkerne noch von deren Elektronenhülle abgelenkt und können tief in Materie eindringen. Häufig werden auch Experimente bei ungewöhnlichen Bedingungen, wie z. B. sehr hohen oder niedrigen Temperaturen, hohem Druck oder starken magnetischen Feldern durchgeführt.

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE AM ILL

Die Forschungsbereiche reichen von Physik (z. B. Supraleitung, Phasenübergänge, Kernphysik) über Chemie (z. B. Katalyse, Batterien, Brennstoffzellen), Biologie (z. B. Knochen, Zellmembranen, Zellulose), Materialwissenschaften (z. B. Verbundwerkstoffe, Schweißnähte, Maschinenteile, Polymere), Lebensmittel (z. B. Milch, Fettstoffwechsel), Pharmazie



Verschiedene Perfektkristallinterferometer

Foto: Helmut Rauch, Erwin Seidl

DAS INTERFEROMETER S18

Das Instrument S18 am ILL wird vom Atominstitut in Wien betrieben. Die Funktion derartiger Interferometer beruht auf der völlig ungestörten Aufeinanderfolge der Atomlagen in einem Silizium-Perfektkristall. Damit gelingt es, einen Neutronenstrahl (Materiestrahl) kohärent zu teilen und wieder zusammenzuführen. Dadurch erfolgte der direkteste Beweis des Materie-Welle-Dualismus.

Mit dem Instrument S18 konnten zahlreiche Grundlagenexperimente der Quantenphysik realisiert werden, wie z. B. der Nachweis von sogenannten Schrödinger-Katzen-Zuständen und in neuerer Zeit die Quantenkontextualität. Die Ergebnisse haben in vielen Lehrbüchern Eingang gefunden.

bis zu Fragen der Archäologie. Eine besondere Rolle kommt Neutronen bei der Erforschung magnetischer Eigenschaften zu, die etwa für neue Entwicklungen im Bereich der Datenverarbeitung und -speicherung bedeutsam sind.

UNTERSUCHUNGEN ZU GRUNDLAGEN DER QUANTEN- UND TEILCHENPHYSIK

Das ILL bietet aus einer Gesamtzahl von 32 Instrumenten fünf Strahlplätze für den Bereich Kern- und Teilchenphysik an, mit thermischen, kalten und ultrakalten Neutronen. Österreichische Wissenschaftler/innen nutzen intensiv Instrumente, die diesem Bereich zugeordnet werden. Am Strahlplatz PF1 mit kalten Neutronen haben sie verschiedene Parameter zum Be tazerfall des Neutrons mit größter Genauigkeit vermessen. Am Strahlplatz PF2 mit ultrakalten Neutronen wurde eine neue Resonanzspektroskopiemethode zur Untersuchung der Gravitation bei kleinen Abständen und kosmologischen Fragestellungen entwickelt und erstmalig eingesetzt.

HOHE QUALITÄT DER ÖSTERREICHISCHEN FORSCHUNG

Der Anteil der bewilligten Strahlzeit weist in den letzten Jahren einen kontinuierlichen Anstieg auf und übersteigt derzeit mit über zwei Prozent den durch die österreichischen Beitragszahlungen gedeckten Anteil von 1,3 Prozent deutlich. Dieses Faktum ist einerseits ein Beleg für die hohe Qualität der österreichischen Forschung am ILL, anderseits ist diese Entwicklung problematisch, denn auf Dauer akzeptieren die anderen Mitgliedsländer diesen „overuse“ nur, wenn auch die österreichischen Beitragszahlungen auf ein entsprechendes Niveau angehoben werden.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Universität Wien, TU Wien und Montanuniversität Leoben

Partnereinrichtung:

ILL in Grenoble (Frankreich)

Projektdauer:

Seit 1990

Nähere Informationen:

www.ill.eu

Österreichischer Kontakt:

Gerhard Krexner
gerhard.krexner@univie.ac.at

INTERNATIONAL OCEAN DISCOVERY PROGRAM (IODP)

BOHRUNGEN IM MEERESBODEN

Das International Ocean Discovery Program (IODP) ist eine internationale Kollaboration von insgesamt 26 Nationen im Bereich der Meeresforschung. Gemeinsames Ziel ist das Erforschen der Prozesse, die sowohl im Erdinneren als auch an der Erdoberfläche ablaufen. Mithilfe von Hochseebohrschiffen und Bohrplattformen werden Bohrproben aus den Sedimenten und Gesteinen am Meeresboden und darunter gesammelt und analysiert. Wissenschaftler/innen der Mitgliedsstaaten werden ausgewählt, um an Forschungsexpeditionen auf den Weltmeeren teilzunehmen. Die Schwerpunkte der Expeditionen liegen in den vier Bereichen Klimawandel, Tiefseeleben, Planetendynamik und Georisiken. Österreich ist seit 2004 Mitglied des IODP.

Das wissenschaftliche ozeanische Bohrprogramm IODP existiert unter wechselnder Bezeichnung (DSDP, ODP) seit 1968. Es ist das größte und erfolgreichste geowissenschaftliche Großprojekt, das zum Verständnis des Systems Erde ganz entscheidend beigetragen hat.

VIELFALT AN FORSCHUNGSTHEMEN

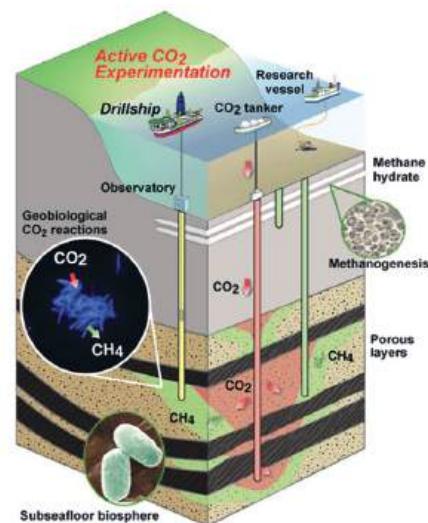
Die zentralen Themen von IODP sind nicht nur aus wissenschaftlicher Sicht, sondern auch aus sozio-ökonomischer Perspektive von herausragender Bedeutung. Sie reichen von Umweltveränderungen unterschiedlicher Zeitskalen (Dekaden bis Millionen von Jahren) in Zusammenhang mit (Paläo-) Klima, astronomischen Variationen, biogeochemischen Zyklen bis hin zur Eismassenbildung und biologischen Evolution. Meeresspiegeländerungen sind ebenfalls im Fokus der Untersuchungen, wie die unterschiedlichen Komponenten der Biosphäre, der Untergrund der Ozeanböden und die Geodynamik.

EUROPÄISCHE UND JAPANISCHE TEILNAHME SEIT 2003

Das ozeanische Bohrprogramm wurde während 35 Jahren weitgehend nur von den USA geführt. Zuerst mit dem Forschungsschiff Glomar Challenger, dann mit der Joides Resolution. Seit 2003 sind auch Japan und Europa als Partner in das Programm integriert. Japan ist dabei mit einem eigenen Bohrschiff, der Chikyu, beteiligt, das eine eigene Bohrtechnologie verwendet. Die europäischen Staaten dagegen mieten und adaptieren kommerzielle Schiffe, Bohrplattformen oder Bohrgeräte. Mit diesen unterschiedlichen Bohrinfrastrukturen wird ein großes Spektrum an Bohrexpeditionen möglich.

MITGLIEDSCHAFT ÖSTERREICH

Durch die Mitgliedschaft Österreichs am europäischen Konsortium ECORD ist das Land auch Teil von IODP, was eine vielschichtige Beteiligung von österreichischen Wissenschaftler/inne/n erlaubt. Diese umfasst die Teilnahme an Bohrexpeditionen und den bevorzugten Zugriff auf das Probenmaterial. Neben dem privilegierten Zugang zu technischen Einrichtungen in den zentralen Bohrkernlagern in den USA, Europa und Japan, beinhaltet die Zusammenarbeit auch den besseren Zugriff zu Bohrkernmaterial aus früheren Bohrexpeditionen.



Geologischer Untergrund und wissenschaftliche Themen von Expedition 337

Foto: „Illuminating Earth's Past, Present and Future“ The Science Plan for the International Ocean Discovery Program 2013 – 2023, <http://www.iodp.org/>

Jungforscher/innen aus den Mitgliedsstaaten profitieren außerdem von der finanziellen Förderung der Teilnahme an ECORD-Summer Schools. Durch die Mitgliedschaft kann um finanzielle Förderung von Kleinprojekten für das Erlernen von analytischen Methoden und die Gerätenutzung an anderen Forschungseinrichtungen angesucht werden.

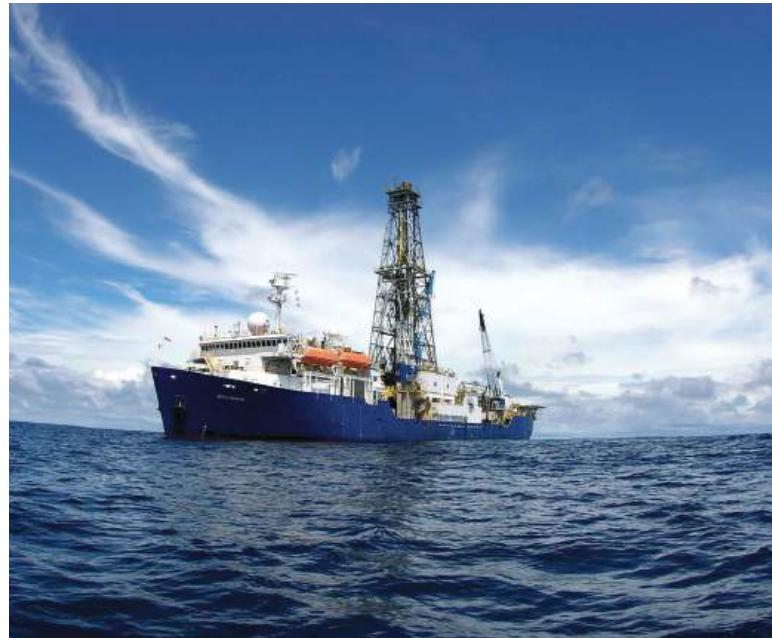
ÖSTERREICHISCHE WISSENSCHAFTLER/INNEN AUF HOHER SEE

Während der Mitgliedschaft bei IODP haben österreichische Forscher/innen bisher an fünf Bohrexpeditionen teilgenommen. Patrick Grunert (ÖAW/Universität Graz) war der Erste, der zu einer Bohrexpedition eingeladen wurde. Auch als Projektantragsteller/innen sind österreichische Wissenschaftler/innen aktiv involviert.

ECORD

Das European Consortium for Ocean Research Drilling (ECORD) ist ein Konsortium, das aus 16 verschiedenen europäischen Ländern sowie Kanada und Israel besteht und 2003 gegründet wurde. Eine derartige Bündelung der wissenschaftlichen und finanziellen Kräfte ist notwendig, um im Rahmen von IODP als gleichwertiger Partner der USA und Japans auftreten zu können. Außerdem stellt ECORD variable Bohreinheiten als Mission Specific Platforms (MSP) bereit. Damit konnten die Bohraktivitäten auf Gebiete ausgeweitet werden, die mit der US-amerikanischen Joides Resolution oder der japanischen Chikyu unerreichbar sind, wie Schelfmeere und eisbedeckte Areale.

ECORD Wissenschaftler/innen sind auf allen Ebenen der internationalen IODP-Struktur vertreten und prägen so das Bohrprogramm maßgeblich mit. Österreich wurde 2004 ECORD-Mitglied und damit auch von IODP. Die Verwaltung der Mitgliedschaft erfolgt durch die ÖAW, wodurch sie auch den bzw. die Vertreter/in stellt.



Joides Resolution – Bohrschiff der USA

Foto: IODP/TAMU & Arito Sakaguchi

Österreichische Forschungseinrichtung:

ÖAW

Partnereinrichtungen:

ECORD und IODP

Projektdauer:

Seit 2004

Nähere Informationen:

www.iodp.org; www.ecord.org

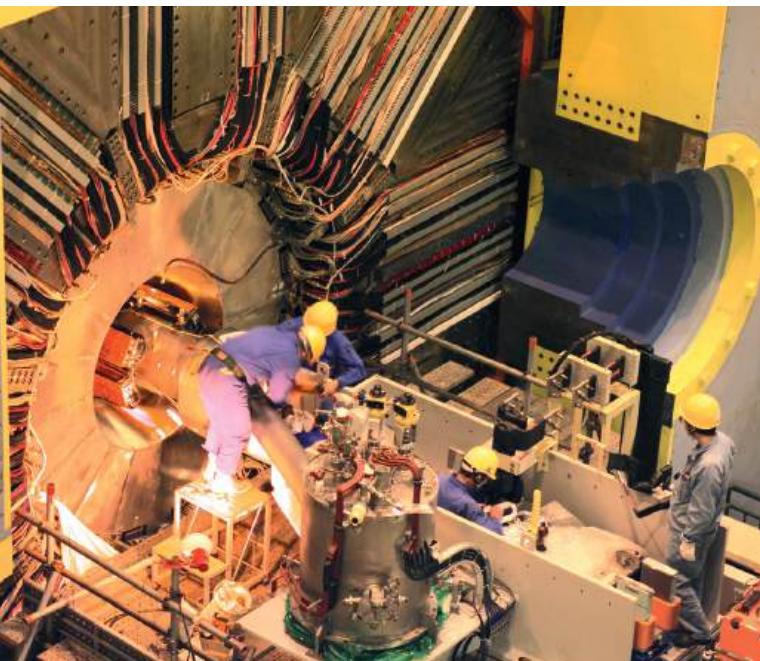
Österreichischer Kontakt:

Werner Piller
werner.piller@uni-graz.at

HIGH ENERGY ACCELERATOR RESEARCH ORGANIZATION (KEK)

MIT PRÄZISIONSMESSUNGEN VIRTUELLEN EFFEKten AUF DER SPUR

Mit dem Belle-Experiment wurde gezeigt, dass die Materie-Antimaterie-Asymmetrie (CP-Verletzung) den Vorhersagen von Toshihide Maskawa und Makoto Kobayashi entspricht, was 2008 mit dem Nobelpreis für Physik gewürdigt wurde. Ab 2018 geht das Folgeexperiment Belle II in Betrieb, mit dem Ziel, Hinweise auf neue Physikphänomene abseits des bereits Bekannten zu finden. Das Institut für Hochenergiephysik (HEPHY) der ÖAW ist dabei für die Entwicklung und den Bau eines Sub-Detektors verantwortlich.



Blick in den Belle-Detektor

Foto: KEK

Die Suche nach neuen Physikphänomenen jenseits des Standardmodels ist eine der drängendsten Fragen der modernen Teilchenphysik und Hauptmotivation für die neue Generation der Teilchenbeschleuniger, wie z. B. den Large Hadron Collider (LHC) am CERN und den SuperKEKB in Japan. Insbesondere die im Universum beobachtete Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie wird im Standardmodell nicht richtig vorhergesagt. Antimaterie ist im Universum kaum existent. Was ist mit der Antimaterie geschehen, die beim Urknall notwendigerweise zu gleichen Teilen mit der Materie entstanden ist?

BELLE II – EXPERIMENT ZUR MESSUNG VON TEILCHENZERFÄLLEN

Die Messung der CP-Verletzung am KEK-Beschleunigerlabor in Japan ist zentral für eine umfassendere Theorie des Standardmodells und für Erkenntnisse zur Entwicklung des Kosmos.

Im Rahmen des Belle II-Experiments bringen Wissenschaftler/innen Elektronen und Positronen zur Kollision und werten die Zerfallsspuren der so produzierten schweren Mesonen und Tau-Leptonen aus. Durch den Vergleich dieser Spuren mit extrem genauen, auf dem Standardmodell der Teilchenphysik basierenden Vorhersagen kann man Hinweise auf neue Physikphänomene gewinnen.

Diese neuen Phänomene lassen sich nicht nur im Hochenergie-Bereich wie beim LHC-Experiment nachweisen, sondern auch durch virtuelle Effekte in Reaktionen mit bekannten Teilchen bei niedriger Energie, wie dies beim

KEK-Beschleuniger der Fall ist. Das Belle II-Experiment arbeitet also komplementär zum LHC.

HEPHY SPEZIALISIERT AUF PRÄZIONSMESSUNGEN

Die experimentellen Zielsetzungen beim Belle II-Experiment können grob in zwei Kategorien eingeteilt werden: Präzisionsmessungen der CKM (Cabibbo-Kobayashi-Maskawa)-Mischungsmatrix und die Suche nach seltenen Zerfällen. Beide spielen eine zentrale Rolle bei der Suche nach einer „Neuen Physik“.

Daran arbeiten ca. 600 Physiker/innen aus 23 Ländern, davon sind rund 20 Wissenschaftler/innen (inklusive Student/inn/en) am HEPHY engagiert. Sie beteiligen sich maßgeblich an der Auswertung der Messdaten und an der Vorbereitung des Messprogramms.

GENAUERE MESSDATEN DURCH SUPERKEKB

Für eine bessere statistische Genauigkeit der Experimente erfolgt eine umfassende Optimierung beim KEKB-Beschleuniger als auch beim Detektor. Das HEPHY war seit Beginn an diesen Planungen beteiligt und hat eine führende Rolle in der Konzeption des Mikrostreifen-Spurdetektors eingenommen. Der Bau dieses Subdetektors wird vom Institut koordiniert und ein wesentlicher Teil davon sogar in Wien gebaut.

FÜNFZIGFACHE DATENMENGE ERWARTET

Die überarbeitete Version des Beschleunigers befindet sich seit 2016 im Testbetrieb. Im Jahr 2017 sollen Teile des Detektors installiert werden und mit dem Einbau des Spurdetektors im Jahr 2018 wird Belle II fertiggestellt sein. Das Programm wird voraussichtlich bis in die Mitte der 2020er-Jahre andauern. Insgesamt soll die Datenmenge im Vergleich zum Vorgängerexperiment Belle um den Faktor 50 erhöht werden.



Ansicht des Silizium-Vertex-Detektors von außen. Auf flexiblen Leiterplatten (orange) sind die in einer Reihe angebrachten Verstärker-Chips (schwarz) mitsamt dem darüber liegenden Kühlrohr zu sehen.

Foto: HEPHY

DAS ORIGAMI-MODUL

Für Belle II hat das HEPHY ein neuartiges Konzept für Silizium-Detektor-Module entwickelt. Da die Kollisionsenergie und damit auch die Energie der entstehenden Teilchen um etwa drei Größenordnungen niedriger als etwa am LHC liegen, werden sie auch wesentlich leichter aus ihrer Bahn abgelenkt. Beim Origami-Modul werden die Verstärker-Chips direkt auf den Sensoren angeordnet, um möglichst kurze Verbindungen und damit geringes Rauschen zu erzielen. Die Verbindung zur Unterseite der Sensoren erfolgt über Flex-Leiterplatten, die um die Kante gefaltet werden – daher der Name Origami.

Österreichische Forschungseinrichtung:

Institut für Hochenergiephysik (HEPHY) der ÖAW

Partnereinrichtung:

KEK in Tsukuba (Japan)

Projektdauer:

Von 2016 bis Mitte der 2020er Jahre

Nähere Informationen:

<http://belle2.kek.jp>; www.hephy.at/de/forschung/belle-experiment-am-kek/

Österreichischer Kontakt:

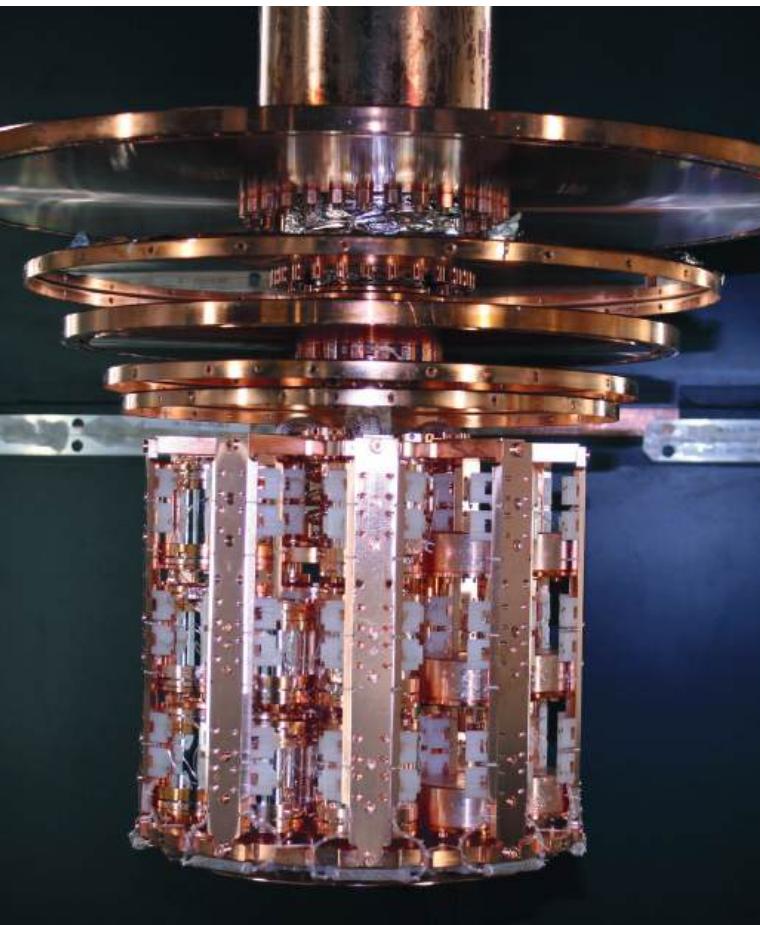
Jochen Schieck
jochen.schieck@oeaw.ac.at



LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO (LNGS)

DAS LABOR IN DEN TIEFEN DES BERGMASSIVS

Die Forschungseinrichtung LNGS befindet sich im *Gran Sasso Massiv* in der Nähe von L'Aquila in Italien. Es handelt sich dabei um das weltweit größte Untergrundlabor für Elementarteilchenphysik. Dort werden Experimente durchgeführt, die nur in einer weitgehend von der kosmischen Höhenstrahlung abgeschirmten Umgebung betrieben werden können. Während das ÖAW-Institut für Hochenergiephysik (HEPHY) die Anlage nutzt, um nach Dunkler Materie zu suchen, überprüft dort das Stefan-Meyer-Institut für subatomare Physik (SMI) der ÖAW das Pauli-Ausschließungsprinzip.



CaWO₄-Kristalle in der Halterung des CRESST-Experiments

Foto: Max-Planck-Institut für Physik, München

Die nationalen Labore des Gran Sasso liegen im Gebirgszug des Apennin in einer Tiefe von 1.400 Metern. Durch den massiven Fels werden die Detektoren vor der kosmischen Strahlung geschützt, welche die Messergebnisse verfälschen würde. Darüber hinaus ist der Neutronenfluss in den unterirdischen Hallen etwa tausendmal kleiner als auf der Oberfläche. Zusammen mit einer beeindruckenden Infrastruktur ergibt das eine einzigartige Forschungseinrichtung speziell zur Detektion von schwachen oder seltenen Signalen, was vor allem für kosmologische Beobachtungen und Teilchenphysik relevant ist.

Derzeit forschen rund 950 Wissenschaftler/innen aus 32 verschiedenen Ländern im größten unterirdischen Versuchslabor.

CRESST-EXPERIMENT: AUF DER SUCHE NACH DUNKLER MATERIE

Basierend auf vielen Messungen, wissen wir mittlerweile, dass Dunkle Materie das Fünffache der uns bekannten Materie betragen muss. Mit verschiedenen Experimenten suchen nun Physiker/innen nach bisher unbekannten Elementarteilchen, die ihren Ursprung erklären. Das CRESST-Experiment (Cryogenic Rare Event Search with Superconducting Thermometers) im LNGS ist eines davon.

Kernstück aller CRESST-Detektoren ist ein Kristall aus Kalziumwolframat. Treffen die gesuchten Teilchen auf eines der drei Kristallatome (Kalzium, Wolfram und Sauerstoff), messen die Detektoren gleichzeitig die Energie und ein Lichtsignal der Kollision, das Aufschluss über die Art des Teilchens liefert. Damit sich die minimalen Temperatur- und Lichtsignale aufzeichnen lassen, werden die Detektormodule bis fast auf den absoluten Nullpunkt (-273,15 Grad Celsius) gekühlt.

AUSBAU MIT TECHNIK AUS ÖSTERREICH

Das HEPHY der ÖAW und die Technische Universität Wien sind seit 2013 Mitglied der CRESST-Kollaboration. Im Rahmen der nächsten Ausbaustufe des Experiments, die bis 2020 geplant ist, zeichnen das HEPHY und die TU Wien für die Entwicklung und den Bau der Ausleseelektronik verantwortlich. Des Weiteren arbeiten Wissenschaftler/innen an der Simulation des Experiments sowie an der Analyse und Interpretation der Daten.

VIP-2-EXPERIMENT: TEST DES PAULI-AUSSCHLIESSUNGSPRINZIPS FÜR ELEKTRONEN

Das Pauli-Ausschließungsprinzip, nach dem niemals zwei Elektronen genau die gleichen Quantenzahlen in einem Orbital haben können, stellt eines der wichtigsten Fundamente der Quantenphysik und der modernen Physik dar. Bisher wurde keine Verletzung dieser fundamentalen Regel der Natur gefunden, allerdings kann auch keine einfache Erklärung angegeben werden. Es stellt sich die Frage nach dem Limit für eine mögliche Verletzung.

Eine experimentelle Überprüfung dieses Prinzips für Elektronen wird im VIP-2-Experiment mittels der Suche von Röntgenstrahlung verbotener atomarer Übergänge mit bisher unerreichter Genauigkeit durchgeführt. Dabei ist die Unterdrückung der kosmischen Strahlung im LNGS essentiell. Das VIP-2 ist ein verbessertes Experiment nach dem Experiment VIP, bei dem das SMI der ÖAW ebenfalls mitgearbeitet hat. An der internationalen VIP-2-Kollaboration sind etwa 30 Wissenschaftler/innen aus zehn Institutionen beteiligt. Am SMI arbeiten sechs Mitarbeiter/innen an diesem Experiment.



Silicon Drift-Röntgendetektoren für den Nachweis von Röntgenstrahlung

Foto: SMI

KONSEQUENZEN DES PAULI-PRINZIPS

Das von dem in Wien aufgewachsenen Nobelpreisträger Wolfgang Pauli 1925 formulierte und nach ihm benannte Pauli-Prinzip besagt, dass nur zwei Elektronen in einem Orbital (verschmierter Bereich, wo sich Elektronen befinden können) Platz finden. Die beiden Elektronen eines Orbitals müssen sich jedoch in ihrem Spin, also ihrem Eigendrehimpuls, unterscheiden. Die Verteilung der Elektronen auf verschiedene Orbitale führt dazu, dass die Atome im Periodensystem der Elemente angeordnet werden können. Zudem sorgt sie dafür, dass Atome mit mehr Elektronen auch mehr Platz benötigen, somit größer sind. Das Pauli-Prinzip gibt also den Atomen eine Ausdehnung und bewirkt die Festigkeit der Materie.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Institut für Hochenergiephysik (HEPHY) der ÖAW, Stefan-Meyer-Institut für subatomare Physik (SMI) der ÖAW und TU Wien

Partnereinrichtung:

LNGS (Italien)

Projektdauer:

CRESST-III bis 2020; Zeitrahmen VIP-2: 2015 bis 2019

Nähere Informationen:

www.lngs.infn.it; www.cresst.de

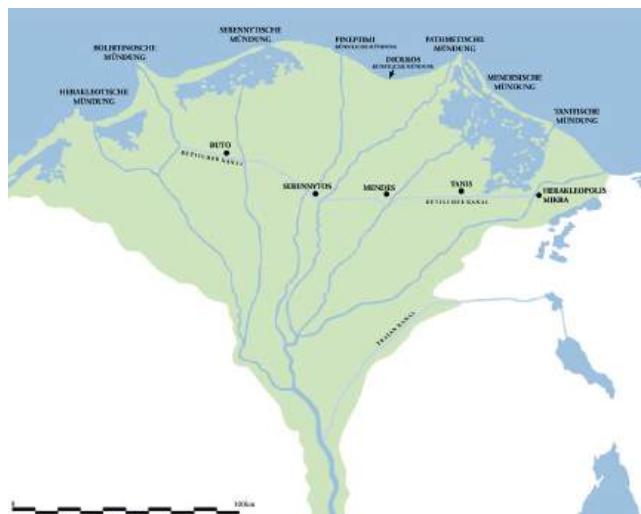
Österreichischer Kontakt:

Jochen Schieck (HEPHY)
jochen.schieck@oeaw.ac.at
 Eberhard Widmann (SMI)
eberhard.widmann@oeaw.ac.at

PHARAONISCHE GROSSPROJEKTE

DER ANTIKE SUEZKANAL

Die alten Ägypter sind durch Großbauprojekte wie die Errichtung der Pyramiden im Gedächtnis der Menschheitsgeschichte verankert. Weniger bekannt ist, dass sie auch in anderen Bereichen vergleichbare Großprojekte mit effizienter Verwaltung und Mobilisierung von Arbeitskräften umsetzen. Dazu zählen hydraulische Großprojekte wie die Schiffsverbindung des Mittelmeers mit dem Roten Meer, die Errichtung eines Kanals, der die sieben schiffbaren Nilarme miteinander verband sowie die Schaffung von Hafenanlagen, die den schwierigen hydrologischen Umständen gerecht wurden. Ziel der Forschung ist es, die hydraulische Ingenieurskunst, die Strategie der Seefahrt und die Lage der Docks und Hafenanlagen in pharaonischer Zeit zu erforschen und zu dokumentieren.



Nildelta (Butischer Kanal)

Karte: nach Manfred Bietak Tell el-Dab'a II, 1975 Abb. 43

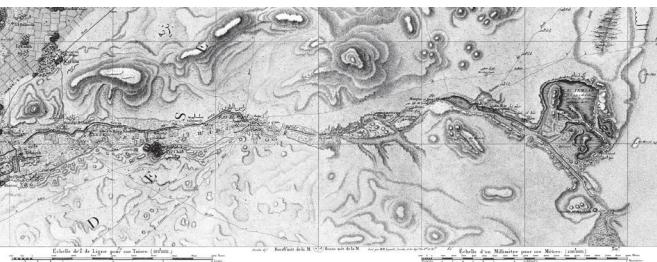
Dem griechischen Geschichtsschreiber Herodot (490/480–424 v. Chr.) verdanken wir die Kenntnis vom Rotmeerkanal des Pharao Necho und dem antiken Geographen Claudius Ptolemäus vom „Butischen Kanal“, der in der Kaiserzeit alle sieben Nilarme miteinander verband. Solche hydraulischen Großprojekte verlangten mindestens das gleiche Ausmaß an Planung und Einsatz von Arbeitern wie die Errichtung der großen Pyramiden. Jedoch wurden bisher weder ihr Verlauf, noch Trassierung oder Konstruktionsmerkmale erforscht. Dies wäre ein besonderes Anliegen für die Erforschung der Geschichte der Ingenieurskunst und der Organisation von Großprojekten in der Antike. Solche Vorhaben wurden nicht ad hoc umgesetzt, vielmehr sind Vorgängerprojekte anzunehmen, über die wir keine Kenntnis besitzen.

DER VORLÄUFER DES SUEZKANALS

Ein Kanal, der das Nilsystem mit dem Roten Meer verbinden sollte, wurde unter Pharao Necho (610–595 v. Chr.) begonnen und unter Perserkönig Darius I. (522–486 v. Chr.) fertiggestellt, um einen effizienten Warentransport von Ägypten ins Perserreich zu gewährleisten. Der Kanal wurde in der Ptolemäerzeit, der Römerzeit und im Islamischen Mittelalter erneuert, scheint aber immer wieder versandet zu sein. Überreste wurden noch von den Vermessern der Ägyptenexpedition Napoleons (1799–1801) verzeichnet, sind aber heute durch Agrarwirtschaft vollkommen verschwunden. Bohrungen und Schnitte sollen den Kanal lokalisieren, dokumentieren und gleichzeitig Vorgänger dieser hydraulischen Großanlage aufdecken. Eine Kette von Paläoseen entlang des Wadi Tumilat, der natürlichen Verbindung zwischen Nildelta und dem Isthmus von Suez, bietet sich als Schiffsweg an, wenn die Abschnitte zwischen den Seen mit Gleitbahnen aus Schlamm verbunden sind. Solche Gleitbahnen aus dem Mittleren Reich, unter Pharao Sesostris III. (1872–1853 v. Chr.) angelegt, wurden beim Zweiten Niltakarakt gefunden, und führten Schiffe durch diesen nicht schiffbaren Abschnitt. Die Paläoseen samt Sedimenten und Uferlandsiedlungen sollen ebenfalls erforscht und somit ein neues Verständnis der altägyptischen Siedlungsgeschichte gewonnen werden.

DER BUTISCHE KANAL

Beim Butischen Fluss muss es sich um einen künstlichen Kanal gehandelt haben, der alle sieben wasserführenden Nilarme dieser Zeit miteinander verband und etwa 60–70 Kilometer parallel zur heutigen Mittelmeerküste verlief. Seine Existenz wurde angezweifelt, doch berichtet Josephus im Jüdischen Krieg (Jüdischen Krieg (66–73 n. Chr. in Judäa)), dass der spätere Kaiser Titus im Jahre 70 n. Chr.



Das Wadi Tumilat während Napoleonischer Zeit.

Foto: Napoleonische Karte, Tafel 31, Atlas Description de l'Egypte (1826)

seine Truppen in Alexandria einschiffte und quer durch das Delta transportierte, um gegen Jerusalem zu marschieren. Aushubhügel des Kanals sind heute noch zwischen Mendes und Tanis sichtbar, doch hat bislang niemand seine Relikte ausgegraben. Da sich entlang der Trasse dieses Kanals die bedeutendsten alten Deltastädte befinden, kann man schließen, dass er eine ältere Verkehrsverbindung, vielleicht sogar einen älteren Wasserweg ersetzte.

PHARAONISCHE HAFENANLAGEN

Die Auffindung pharaonischer Seeschifffahrthäfen ist ein weiteres Desiderat. Solche Anlagen können infolge des komplizierten Nilregimes nicht weit vom Meer gelegen haben, da sich in der Trockenzeit in der ersten Jahreshälfte das Volumen des Nils stark verringerte und somit die Schifffahrt einschränkte. Doch drang das Meerwasser in die Unterläufe der versiegten Kanäle und ermöglichte dort die ganzjährige Schifffahrt. Unmittelbare Meeresnähe ist für Häfen ungeeignet, da Sandbänke im Mündungsbereich nur während der Flut gefahrlos passierbar waren. Zu wenig ist über Flussniveaus und Meeresspiegel im 3.–1. Jahrtausend v. Chr. bekannt. Bohrungen und Flussuferhorizonte können anhand archäologischer Relikte datiert werden. Das Hafenbecken von Avaris (1640–1530 v. Chr.) ist lokalisiert und wird vom Österreichischen Archäologischen Institut (ÖAI) der ÖAW untersucht, doch sind weitere Hafenanlagen bei Tell el-Faraon, Tell Defenna und Tanis aufzudecken. Solche Nachforschungen benötigen, abgesehen von Bohrgeräten, auch Pumpenanlagen zur Absenkung des Wasserspiegels.

GLEITBAHNEN ZUM TRANSPORT DER SCHIFFE

Seit der 12. Dynastie (ca. 1996–1815 v. Chr.) wurden in Ägypten Gleitbahnen aus Schlamm zum Transport von Schiffen verwendet, um den 2. Nilkatarakt mit einer Länge von über 25 km zu überwinden. Das Gelände des Wadi Tumilat und des Isthmus (Landenge) von Suez war für die Errichtung eben solcher Gleitbahnen gut geeignet. Durch eine Reihe von Paläoseen war zumindest ein Teil der Strecke schiffbar. Abgesehen vom Timsahsee (Krokodilsee) und dem großen Bittersee, die beide noch heute bestehen, gab es einen 18 km langen See im westlichen Bereich des Wadis. Doch letzterer ist vollkommen verschwunden, seine genaue Position heute nicht mehr sichtbar.

Österreichische Forschungseinrichtung:

Philosophisch-historische Klasse der ÖAW

Partnereinrichtungen:

Egyptian Academy of Science, Egyptian Ministry of Antiquities, Universität Würzburg, Université Lyon II

Projektdauer:

2017–2021

Nähere Informationen:

www.oeaw.ac.at

Österreichischer Kontakt:

Manfred Bietak
manfred.bietak@oeaw.ac.at

ANGESTREBTE KOOPERATIONEN

EXTREME LIGHT INFRASTRUCTURE (ELI)

NEUE LASERTECHNOLOGIE

Das Europäische Projekt ELI wird ab 2018 extrem intensive, ultrakurze Laserpulse und Sekundärstrahlung für die Forschung zur Verfügung stellen. Dadurch sollen Untersuchungen von Dynamik in Materie auf extrem kurzen Zeitskalen bis in den Sub-Attosekundenbereich und damit in ganz neuen Parameterbereichen ermöglicht werden. Das Projekt baut auf die drei Säulen ELI-ALPS (für Attosekunden-Dynamik), ELI-Beamlines (für extrem hohe Spitzenleistungen) und ELI-NP (für Nuklearphysik) in Ungarn, Tschechien und Rumänien auf.



3D Rendering des ELI-Attosecond Laborgebäudes in Ungarn

Foto: ELI

Enorme Entwicklungen in der Lasertechnik während der letzten drei Jahrzehnte haben es ermöglicht, dass starke, ultrakurze Laserpulse mittels labortischgroßer, leistbarer Lasersysteme für Experimente im Labor täglich verfügbar sind.

Solch starke Laserpulse ermöglichen die Untersuchung und die gezielte Induzierung von ultraschnellen Vorgängen in Atomen, Molekülen und Festkörpern. Speziell die Erzeugung von Sekundärstrahlung (Röntgen, Gamma) und die Teilchenbeschleunigung hegen enormes Potential für Anwendungen in verschiedenen Disziplinen wie den Lebenswissenschaften oder der Medizin. Aber gerade bei diesen Anwendungen stößt man mit dezentralen, labortischgroßen Lasersystemen an die Grenzen der verfügbaren Pulsennergien und Spitzenintensitäten.

Hier setzt nun ELI an. Das Projekt soll die momentan verfügbare Laserleistung erhöhen. Dadurch werden Experimente in ganz neuen Parameterbereichen ermöglicht werden, wie z. B. die lasergetriebene Produktion hochenergetischer Photonen, Elektronen, Protonen, Neutronen, Myonen und Neutrinos.

ZIEL DES PROJEKTS

Der Plan ist, mittels ELI einerseits in neue Regime der Grundlagenforschung vorzustoßen, andererseits neue Technologien jenseits des derzeitig Möglichen zu initiieren. Die Hoffnung ist, dadurch neue medizinische Therapie- als auch neue Materialuntersuchungsmethoden oder Behandlungsmethoden für nuklearen Abfall zu finden. Ein nicht unwesentlicher Aspekt von ELI ist die Anwerbung hochqualifizierte Forscher/innen und Techniker/innen durch die Einzigartigkeit der Laser.

DIE DREI SÄULEN VON ELI

Das Projekt ELI setzt sich aus drei Teilbereichen zusammen, die alle in Zentraleuropa angesiedelt sind. So befindet sich

ELI-NP (Nuclear Physics Facility) bei Bukarest in Rumänien, ELI-ALPS (ELI-Attosecond Light Pulse Source) in Szeged in Ungarn, und ELI-Beamlines bei Prag.

Die Infrastruktur ELI-ALPS spezialisiert sich auf die Untersuchung von Prozessen im Attosekundenbereich. ELI-NP wird aus zwei Hauptkomponenten bestehen. Die erste Komponente ist ein Lasersystem mit extremer Spitzenleistung, die andere Komponente ist eine brillante Strahlungsquelle für Gammastrahlung mit Teilchenenergien höher als 19 Megaelektronenvolt. Die beiden Strahlungsquellen sollen der Erforschung von neuartiger Kernphysik, Astrophysik als auch nuklearen Materialien dienen. ELI-Beamlines wird Petawatt Laserpulse zur Verfügung stellen. Damit soll eine Spitzenintensität von 1.023 W/cm² erreicht werden, was bspw. die Untersuchung exotischer Plasmaprozesse ermöglicht.

DIE IMPLEMENTIERUNGSPHASE

ELI begann 2011 und soll 2017 abgeschlossen werden. Am Projekt sind etwa 40 Forschungseinrichtungen und Universitäten aus 13 EU-Staaten beteiligt. Finanziert wird es durch den European Regional Development Fund (ERDF) und nationalen Beiträgen der Host-Länder. Die Kosten in dieser Zeit betragen rund 850 Mio. Euro. Die Betriebsphase soll 2018 beginnen. Ab diesem Zeitpunkt werden die drei Säulen durch ein Europäisches Konsortium (European Research Infrastructure Consortium, ERIC) betrieben und finanziert. Die geschätzten Kosten werden dann zwischen 60 und 80 Mio. Euro pro Jahr betragen.

REKORDLASER

Der erste operationsfähige Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) im Jahr 1960 erzielte nur eine Reihe von unregelmäßigen Spitzen innerhalb der Pumppulse. Seitdem hat sich im Bereich der Lasertechnik einiges getan. In der Mitte der 1980er Jahre gelang es die Laserstärke von Terawatt zu Petawatt zu steigern. Der Petawatt Aquitaine Laser der Laser Megajoule-Anlage in Frankreich besitzt eine Stärke von 1,2 Petawatt (1.200.000.000.000.000 Watt). Der stärkste bisher abgefeuerte Laser befindet sich an der Universität Osaka in Japan. Der Laser for Fast Ignition Experiments (LFEX) erreichte eine Spitzenleistung von zwei Petawatt mit Pikosekundenpulsen. Die meisten der bestehenden Anlagen arbeiten jedoch mit Lasern auf einer geringen Petawatt-Ebene mit Wiederholungsraten unter einem Hertz. Das ELI-Projekt möchte die bestehenden technischen Grenzen um mindestens den Faktor 10 im Bereich von Laser Peak und durchschnittlicher Stärke sprengen.

Österreichische Forschungseinrichtung:

In Vorbereitung

Partnereinrichtungen:

ELI in Brüssel (Belgien), Szeged (Ungarn), Bukarest (Rumänien), Dolni Brezany bei Prag (Tschechien)

Projektdauer:

Implementierungsphase: 2011–2017; geplante Aufnahme des Nutzerbetriebs: 2018

Nähere Informationen:

www.eli-laser.eu

Österreichischer Kontakt:

Joachim Burgdörfer
joachim.burgdoerfer@tuwien.ac.at



EUROPEAN SPALLATION SOURCE (ESS)

WELTSTÄRKSTE NEUTRONENQUELLE

Neutronen sind sehr vielseitige Teilchen. Sie sind besonders gut geeignet, um Materialien auf Molekularebene zu untersuchen; von Werkstoffen und Medikamenten bis hin zu Proteinen. Sie eignen sich auch zur Untersuchung von kosmologischen Fragestellungen sowie für Fragen in der Teilchenphysik komplementär zum LHC am CERN. Solche Untersuchungen sind von potenteren Neutronenquellen abhängig, die ihnen ausreichend Neutronen zur Verfügung stellen. Die Europäische Spallationsquelle (ESS) ist eine Großgeräteeinrichtung in Lund (Schweden), die Neutronen für Naturwissenschaften und Technik liefern soll. Der Baubeginn erfolgte 2014, die Inbetriebnahme der Anlage wird für das Jahr 2019 angestrebt. Der zu erwartende Puls-Neutronenfluss wird die bisherige weltweit stärkste Neutronenquelle am Institut Laue-Langevin in Grenoble (Frankreich) um mindestens den Faktor 30 übertreffen.

Die meisten Neutronenquellen basieren auf Kernreaktoren. Ein Ansatz, der mittlerweile an seine Grenzen gestoßen ist. Deswegen war es Zeit, einen anderen Ansatz in der Neutronenwissenschaft weiterzuverfolgen: die Spallation. Bei der nuklearen Spallation wird ein Atomkern mit einem Projektil, entweder einem Neutron, Proton, einem anderen Kern oder einem Elementarteilchen mit hoher kinetischer Energie (> 100 MeV) beschossen. Der Atomkern wird dabei in klei-

nere Bruchstücke und in der Regel mehrere Neutronen zerschmettert.

Die voraussichtliche Leistung der ESS beträgt 5 Megawatt. Die derzeitige Spallationsquelle in der Spallation Neutron Source (SNS) Anlage in den USA erzeugt bisher maximal 1,5 Megawatt. Die ESS in Lund wird auch längere und intensivere Pulse als in den bisher führenden Spallationsquellen erzeugen, was zu mehr Nutzungs- und Anwendungsmöglichkeiten führt.

NEUE NEUTRONENQUELLE

Das europäische Gemeinschaftsprojekt ESS wird zurzeit von 17 Ländern getragen. Die Planung sieht vor, den Nutzer/inne/n Neutronen an mehr als 22 Instrumenten zur Verfügung zu stellen. Die Instrumentenentwicklung richtet sich nach dem Bedarf und den Anforderungen und wird kompetitiv in einem Auswahlverfahren vergeben. Wissenschaftler/innen aus Mitgliedsstaaten, die das „Memorandum of Understanding“ unterschrieben haben, können sich um den Bau von Instrumenten bewerben. Die Finanzierung erfolgt durch die ESS und wird von Partnerstaaten – u.a. durch Sachleistungen – unterstützt.

LANGE TRADITION DER NEUTRONENFORSCHUNG IN ÖSTERREICH

Die Forschung mit Neutronen hat in Österreich eine lange Tradition. In einigen Bereichen der Neutronenphysik ist Österreich seit mehr als 40 Jahren führend. Seit 1990 ist das Land im Rahmen einer zentraleuropäischen Initiative Mitglied des Instituts Laue-Langevin (ILL) in Grenoble. Die



ESS des Architekturentwurfs Henning Larsen

Foto: ESS

Neutronennutzung am ILL ist in den letzten Jahren ständig gestiegen. Für die Jahrzehnte von 2020 bis 2050 soll nun die ESS die Rolle einer europäischen Spallationsneutronenquelle wahrnehmen.

ÖSTERREICHISCHE MITGLIEDSCHAFT NÖTIG

Eine Mitgliedschaft Österreichs an der ESS ist nötig, wenn Österreich seine führende Rolle im Bereich der Neutronenforschung beibehalten möchte. Auch beim Instrumentenbau könnten entscheidende Impulse gesetzt werden. Das Atominstiut hat bereits Interesse am Bau von zwei Instrumenten angemeldet: einem für Teilchenphysik mit kalten Neutronen und einem für Gravitationsexperimente mit ultrakalten Neutronen. Die Instrumente sind an die Pulssstruktur der ESS angepasst und würden dadurch im Vergleich zum ILL einen signifikanten Intensitätsgewinn erzielen. Damit kommen sehr grundlegende Fragen der Physik und der Kosmologie ins Blickfeld, Fragen, für die Experimente an Hochenergie-Beschleunigern meist nicht sensitiv sind. Mit den von österreichischen Universitäten geplanten Instrumenten werden sowohl grundlegende Naturkonstanten genauer bestimmt als auch eine Reihe dieser essentiellen offenen Fragen bearbeitet und experimentellen Tests unterworfen, wie zum Beispiel: Was macht die Dunkle Materie aus? Woraus besteht Dunkle Energie? Warum blieb nach dem Urknall so viel Ma-



Darstellung der ESS-ERIC-Partner. Member Countries: CH, CZ, DE, DK, EE, FR, HU, IT, NO, PL, SE; Participants: BE, ES, NL, UK

Quelle: Strategy Report on Research Infrastructures (ESFRI Roadmap 2016), S. 74.
Creative Commons Attribution 3.0 (CC BY 3.0),
<http://www.esfri.eu/roadmap-2016>

terie (etwa unsere Galaxie) und so wenig Antimaterie übrig? Gibt es zusätzliche Dimensionen von Raum und Zeit? War die Natur von Beginn an linkshändig? Waren die Naturkonstanten immer gleich? Ist Antimaterie denselben Gesetzen unterworfen wie Materie? Die Beantwortung dieser Fragen ist notwendig für eine selbstkonsistente Beschreibung der Natur.

SPALLATION

Unter Spallation wird ein Kernspaltungsverfahren verstanden, das es ermöglicht, Neutronen aus einem Atomkern abzusplitten. Allerdings ohne die Gefahren, welche die bisher angewandte Methode der Spaltung in Reaktoren mit sich bringt. Durch dieses neue Verfahren, wird auch atomarer Müll weitgehend vermieden. Mithilfe magnetischer Kräfte werden bei der Spallation Protonen gebündelt und mit annähernd Lichtgeschwindigkeit durch eine Beschleunigerröhre auf einen Kern geschossen. Dadurch werden Neutronen abgespalten. Sie breiten sich strahlenförmig in bestimmten Richtungen und Bahnen aus. Dabei ergeben sich mehrere, für unterschiedliche Zwecke nutzbare Arten von Neutronenstrahlungen, welche sich in ihrer Wellenlänge unterscheiden. Das Spektrum reicht von heißen über thermische bis hin zu kalten und ultrakalten Neutronen.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Stefan-Meyer-Institut für subatomare Physik (SMI) der ÖAW, Universität Wien und Innsbruck, TU Wien und Montanuniversität Leoben

Partnereinrichtung:

ESS in Lund (Schweden)

Projektdauer:

Derzeit im Bau, Betriebsbeginn ab 2020

Nähere Informationen:

<https://europeanspallationsource.se>

Österreichischer Kontakt:

Harmut Abele
abele@ati.ac.at



FACILITY FOR ANTIPIRON AND ION RESEARCH (FAIR)

NEUES ZENTRUM FÜR HADRONENPHYSIK

Die sich im Bau befindliche internationale Forschungseinrichtung FAIR in Darmstadt ist derzeit eines der größten geplanten Infrastrukturprojekte der Kern- und Teilchenphysik weltweit. Sie wird dazu dienen, die Struktur der Materie und die Entstehung des Universums noch genauer zu erforschen. Hervorzuheben ist das zukünftige Zusammenspiel von vielen Speicherringen, mit denen exotische Ionen und Antiprotonen erzeugt werden. Die Inbetriebnahme ist 2023 geplant. Dann werden dort über 3.000 Wissenschaftler/innen aus mehr als 50 Ländern ihre Experimente durchführen.

An FAIR soll erforscht werden, wie sich das Universum seit dem Urknall entwickelt hat. Um dies zu leisten, bedarf es einer völlig neuartigen Teilchenbeschleunigeranlage, um hochenergetische und hochintensive Antiprotonenstrahlen sowie phasenraumkomprimierte Sekundärstrahlen extrem seltener Ionen zu erzeugen. Die Forschungsinfrastruktur FAIR will beides in bisher unerreichter Qualität leisten. Hierfür wird die geplante Beschleunigeranlage an die bereits vorhandene Beschleunigeranlage des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung angeschlossen, die energiereiche Ionen zur Verfügung stellt.

BREITE WISSENSCHAFTLICHE ZIELSETZUNG

Mithilfe gekühlter Strahlen aus Antiprotonen und instabilen Ionen wird an FAIR in der Physik der starken Kraft, welche für den Zusammenhalt der Atomkerne verantwortlich ist, und der grundlagenorientierten Atomphysik wissenschaftliches Neuland betreten. Diese Arten von Ionenstrahlen werden auch der nuklearen Astrophysik und der Astroteilchenphysik wichtige Experimente ermöglichen. Zudem können die Ionenstrahlen dazu genutzt werden, Materialien für die Weltraumforschung zu testen. Sogar für die Bereiche Biologie und angewandte Nuklearmedizin wird FAIR neue grundlegende Erkenntnisse liefern.

FAIR wird also nicht nur ein globales Zentrum für die Grundlagenforschung sein, sondern auch die Entwicklung neuartiger Therapien oder Materialien ermöglichen.

ÖSTERREICHISCHE BETEILIGUNG AN FAIR-EXPERIMENTEN

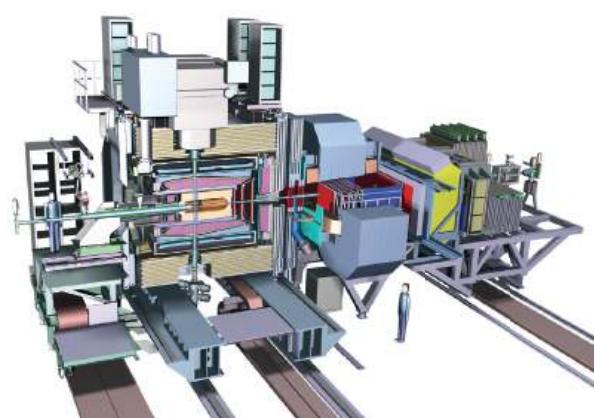
FAIR besteht aus den vier wissenschaftlichen Säulen APPA (Atomic Physics, Plasma Physics, Applications), CBM (Compressed Baryonic Matter), NUSTAR (Nuclear

Structure, Astrophysics and Reactions) und PANDA (Antiproton Annihilation at Darmstadt).

Österreichische Wissenschaftler/innen beteiligen sich am PANDA-Projekt. Dieses Experiment konzentriert sich auf die Bildung von Hadronen aus Quarks und exotischen, durch die starke Wechselwirkung zusammengehaltenen Teilchen.

Weiters nehmen Forscher/innen aus Österreich bei SPARC (Stored Particle Atomic Research Collaboration) teil, einer Kollaboration der APPA, die alle Experimente mit hochgeladenen Ionen umfasst. Im Rahmen des HITRAP (Highly charged Ions TRAP)-Experiments wollen österreichische Forschergruppen die Wechselwirkung von hochgeladenen Ionen mit Oberflächen und exotischen sogenannten „hollow atoms“ untersuchen, eine erst kürzlich im Teilchenbeschleuniger erzeugte Form von hochenergetischen Atomen.

Die Facility for Low-energy Antiproton and Ion Research (FLAIR) ist eine geplante Erweiterung von FAIR zu



Visualisierung des PANDA-Detektors (antiProton ANNihilation at DArmstadt) zum Studium von in Proton-Antiproton Annihilationen erzeugten Hadronen. Foto: PANDA collaboration



Luftaufnahme der FAIR-Anlage (3D-Modell, 2010)

Foto: ion42 for FAIR

niedrigen Energien, bei der Antiprotonen und hochgeladene Ionen erzeugt und untersucht werden sollen.

FAIR GMBH UND MÖGLICHE MITGLIEDSCHAFT ÖSTERREICH

FAIR wird als Kooperation einer internationalen Länder- und Forschungsgemeinschaft gebaut. Beteiligt sind an dem ambitionierten Projekt Deutschland, Finnland, Frankreich, Indien, Polen, Rumänien, Russland, Schweden und Slowenien sowie als assoziiertes Mitglied Großbritannien. Am

4. Oktober 2010 gründeten die beteiligten Vertragsstaaten die FAIR GmbH.

Österreichische und Physiker/innen aus der Tschechischen Republik und Ungarn diskutieren derzeit die Bildung eines Konsortiums für eine gemeinsame assoziierte Mitgliedschaft. Um diesen Status zu erreichen, müsste der Beitrag in den nächsten Jahren erheblich gesteigert werden.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Stefan-Meyer-Institut für subatomare Physik (SMI) der ÖAW, Universität Graz, TU Wien

Partnereinrichtung:

FAIR GmbH

Projektdauer:

Seit 2010

Nähere Informationen:

www.fair-center.eu

Österreichischer Kontakt:

Eberhard Widmann
eberhard.widmann@oeaw.ac.at

EIN ZUSAMMENSPIEL DER BESONDEREN ART

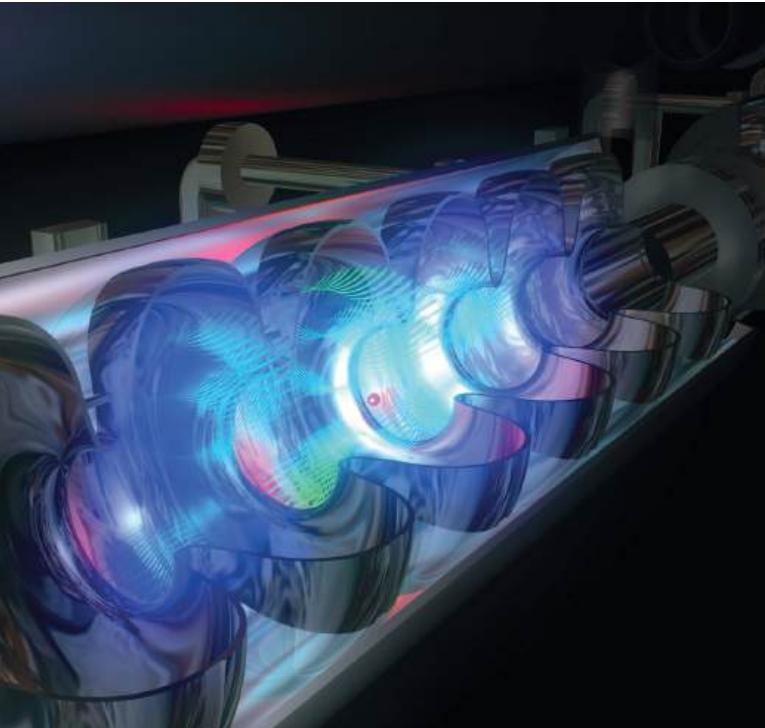
Mit dem geplanten Projekt soll eine Beschleunigeranlage der nächsten Generation entstehen. Ihr Herzstück ist eine Synchrotron-Doppelringanlage mit dem fünf-fachen Umfang des bereits bestehenden Synchrotrons SIS, an die sich Kühl- und Speicherringe für effektive Strahlkühlung bei hohen Energien sowie verschiedene Experimentierhallen anschließen. Die geplante Beschleunigeranlage wird also über ein komplexes System von aufeinander abgestimmten Speicherringen und Strahlkühlverfahren verfügen, die optimale Bedingungen für Experimente schaffen. Dabei stellt die Strahlkühlung mit Elektronen bei hohen Energien eine besondere Herausforderung dar.



X-RAY FREE-ELECTRON LASER (XFEL)

ULTRAKURZE RÖNTGENLASERBLITZE

Der European XFEL wird als leistungsstärkster freier Elektronenlaser für harte Röntgenstrahlung ab 2017 in regulären Betrieb gehen. Diese weltweit einmalige Strahlungsquelle bei Hamburg wird extrem intensive kurzwellige Strahlungsblitze mit unter 100 Billiardstel Sekunden Zeitspanne erzeugen. Dadurch werden vollkommen neue Einblicke in die Struktur und Dynamik von Materie möglich. XFEL liefert neue Forschungsmöglichkeiten für Naturwissenschaftler/innen und industrielle Anwender/innen. Auch Österreichs Forschungslandschaft könnte in vielfältiger Weise von dieser einzigartigen Großforschungsanlage profitieren.



Computersimulation des Beschleunigervorgangs in einem supraleitenden Hohlraumresonator

Foto: DESY

Freie Elektronenlaser (FEL) im UV- und weichen Röntgenbereich sind heute schon weltweit im Einsatz. Mit der Linac Coherent Light Source (LCLS) in den USA und dem SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser (SACLA) in Japan gibt es seit einigen wenigen Jahren auch zwei einzigartige Laserquellen für harte Röntgenstrahlung. Mit dieser neuen Technik kann eine femtosekundenschnelle Spektroskopie von chemischen Reaktionen gemacht werden. Auch „Filme“ der Struktur und Dynamik von Proteinen aus Untersuchungen an nur Nanometer großen Kristallen sind möglich. Mit ultraschneller Messung der Struktur von Wasser im sogenannten „no man's land“ wurde jüngst wissenschaftliches Neuland betreten.

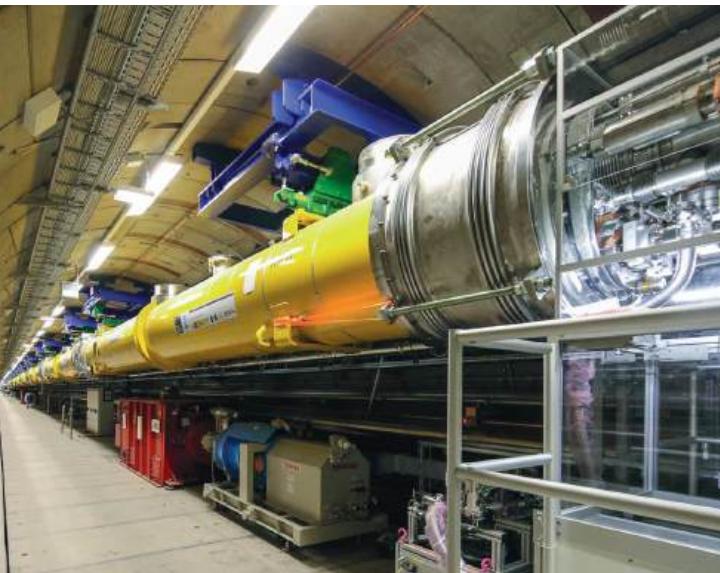
EIN SUPERLASER FÜR SPITZENFORSCHUNG

Derzeit wird in Hamburg der harte Röntgenlaser European XFEL gebaut. Er wird die bereits existierenden Quellen in mehrfacher Hinsicht übertreffen. Der neuartige Laser erzeugt ultrakurze Laserlichtblitze im Röntgenbereich – 27.000-mal in der Sekunde und mit einer Leuchtstärke, die milliardenfach höher ist als die der besten Röntgenstrahlungsquellen herkömmlicher Art.

Der European XFEL wird 2016 in Testbetrieb gehen und ab 2017 ist die Aufnahme des regulären Nutzerbetriebs geplant. Organisatorisch ist die European XFEL GmbH eine gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung nach deutschem Recht, die von internationalen Gesellschaftern getragen wird. Österreich ist derzeit noch kein Mitglied.

NUTZEN FÜR ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSWELT

In Österreich gibt es bisher noch keine koordinierten Aktivitäten für die international bereits auf Hochtouren laufende



Blick in den 2,1 Kilometer langen Beschleunigertunnel des European XFEL. Der Röntgenlaser verläuft in einem 5,8 Kilometer langen Tunnelsystem.

Foto: DESY

KONKRETE ANWENDUNGSBEREICHE IN ÖSTERREICH

An der Technischen Universität Graz gibt es im Bereich der ultraschnellen Spektroskopie an Atomen, Molekülen und Clustern FEL-Aktivitäten. Diese werden am LCLS in Stanford und am FERMI in Triest durchgeführt. Ultraschnelle Spektroskopie an Festkörpern wird zukünftig auch an der Universität Salzburg eine wichtige Rolle spielen.

Im Bereich der Strukturbiologie wurde bereits von mehreren österreichischen Gruppen großes Interesse angemeldet. Hier könnte XFEL zur Analyse von Mikro- und Nanokristallen sowie zur Untersuchung von Proteindynamik genutzt werden.

Nutzung von harten Röntgenlasern ist auch Thema an der Universität Innsbruck z. B. bei der Untersuchung von Kristallisationsverhalten von amorphem Eis. Die Universität Wien würde die Laser zur Erforschung von Phasenübergängen unter extremen Bedingungen einsetzen. XFEL könnte auch an der Universität Linz im Bereich der Halbleiterphysik zum Studium von Diffusions- und chemischen Prozessen beim Wachstum von Quantendrähten genutzt werden.

Methodenentwicklung für die zukünftigen Anwendungen des European XFEL. Eine Umfrage von NESY – dem Fachausschuss für Neutronen und Synchrotronstrahlung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft – im Frühjahr 2015 hat gezeigt, dass mehrere Arbeitsgruppen großes Interesse haben, den European XFEL in ihre zukünftige Forschungsstrategie einzubeziehen.

ÖSTERREICHISCHE FORSCHER/INNEN STREBEN BEITRITT AN

An dem Projekt beteiligen sich zurzeit 11 Länder (Dänemark, Deutschland, Frankreich, Italien, Polen, Russland, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien und Ungarn). Österreichische Forscher/innen streben ebenfalls einen formalen Beitritt so bald wie möglich an. Insbesondere weil gerade zu Beginn dieser neuen Technologie bahnbrechende Ergebnisse zu erwarten sind. Darüber hinaus könnte die sich gerade formierende österreichische Nutzergemeinschaft sonst sehr schnell den Anschluss verlieren. Informelle Gespräche dazu finden schon seit mehreren Jahren innerhalb von NESY unter Einbeziehung von Vertreter/inne/n des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft statt.

Österreichische Forschungseinrichtungen:

Interesse haben angemeldet: Universität Graz, Universität Innsbruck, Universität Linz, Universität Salzburg, Universität Wien und TU Graz

Partnereinrichtung:

XFEL in Hamburg (Deutschland)

Projektdauer:

2017

Nähere Informationen:

www.xfel.eu/de/

Österreichischer Kontakt:

Oskar Paris
oskar.paris@unileoben.ac.at

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Kommission für die Beteiligung an internationaler Großforschung der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, 1010 Wien
www.oeaw.ac.at

REDAKTION

Science Communications, Schütz & Partner GmbH
Mag. Verena Bauer, Mag. Bertram Schütz, Christoph Massauer (Lektorat)

Cover: Blick in den Detektor des CMS-Experiments am CERN bei Genf. Foto: CERN, for the benefit of the CMS Collaboration

Alle Rechte vorbehalten
Copyright © 2016
Österreichische Akademie der Wissenschaften

