

## ■ Neutronenquelle der Erkenntnis

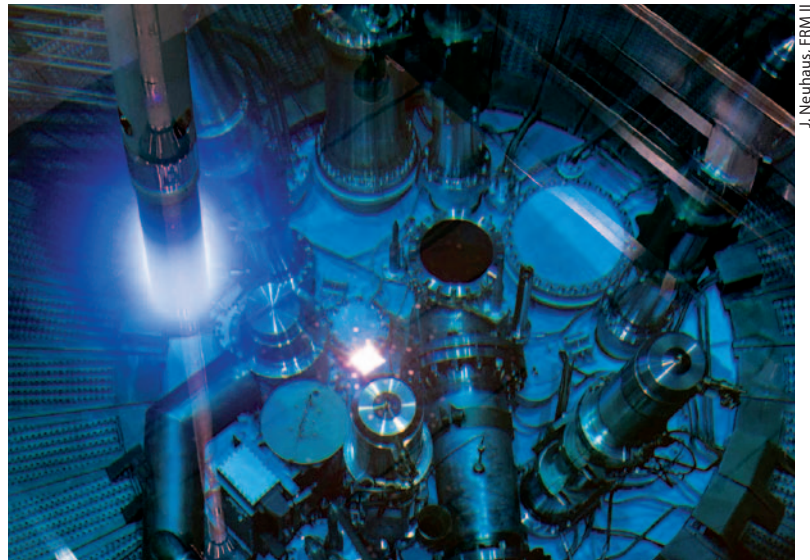
Die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) der TU München ist seit 10 Jahren im Betrieb.

„14:01 / Reaktor kritisch bei ca. 1 kW, Regelstabilität 340,7256 mm“, heißt es am 2. März 2004 lakonisch im Schichtbuch des Kontrollraums des Forschungsreaktors FRM II in Garching.<sup>1)</sup> Dieser Eintrag markiert das erste Einsetzen der selbst erhaltenden Kettenreaktion – das Ergebnis jahrelanger Anstrengungen, die von erbitterten politischen Kontroversen begleitet waren, nicht zuletzt wegen des Einsatzes von hochangereichertem Uran (HEU).

Am 12. März diesen Jahres konnte die Betreiberin TU München den 10. Geburtstag der Forschungs-Neutronenquelle mit einem Festakt feiern, zu dem namhafte Vertreter aus der Wissenschaft und Ehrengäste aus der Politik geladen waren. Auch der ehemalige bayerische Ministerpräsident Edmund Stoiber, in dessen Amtszeit die Planung und Fertigstellung des FRM II lag, verlegte einen wichtigen Termin in Brüssel, um nach Garching zu kommen. Die Investitionskosten von rund 450 Millionen Euro hat weitestgehend das Land Bayern getragen. „Rückblickend kann man sagen: Die Investition hat sich gelohnt. Dieser Leuchtturm der Innovation liefert wichtige Impulse für Wissenschaft und Wirtschaft“, freute sich Stoiber in seinem Grußwort.

Die Neutronenforschung bildet mit dem am 1957 in Betrieb genommenen FRM I – das „Atom-Ei“ – die Keimzelle des Forschungscampus Garching. Die Planungen, den FRM I durch eine neue, leistungsfähigere Neutronenquelle zu ersetzen, gehen auf das Jahr 1979 zurück. Im August 1996 begann der Bau der neuen Anlage; 2004 konnte sie endlich eröffnet werden.

Mittlerweile arbeiten rund 400 Mitarbeiter am FRM II, und über tausend Gastwissenschaftler nutzen die Neutronenstrahlen für ein weites Spektrum von Analysen und Anwendungen.<sup>2)</sup> Mit Neutronen lassen sich die unterschiedlichsten Materialien – wie Supralei-



Die Cherenkov-Strahlung lässt das Wasser im Reaktorkern der Forschungsneutronenquelle FRM II in einem tiefen Blau leuchten.

ter, Metallschmelzen, Kunststoffe oder Proteine – hervorragend auf ihre nuklearen, atomaren und molekularen Eigenschaften untersuchen. Die elektrisch neutralen Teilchen dringen ungehindert in jedes Material ein. Wegen ihres Spins eignen sich polarisierte Neutronen als Sonde, um gleichzeitig Atomkerne und die magnetischen Vorgänge der Elektronen zu untersuchen. Neutronenstrahlen dienen auch zu Werkstoffuntersuchungen, und jährlich werden damit am FRM II rund 12 Tonnen Silizium dotiert.

Neben der TU München betreiben in der Anlage mehrere Universitäten, Institute der Max-Planck-Gesellschaft, das Forschungszentrum Jülich sowie die Helmholtz-Zentren Geesthacht und Berlin Experimente. Seit Anfang 2013 firmiert dieser Zusammenschluss unter dem Namen „Heinz Maier-Leibnitz Zentrum“ (MLZ).

„Der FRM II ist die modernste in Deutschland gebaute Reaktoranlage und hat sich in den vergangenen zehn Jahren entgegen mancher Bedenken als höchst zuverlässig erwiesen“, sagte der Technische Direktor des FRM II, Anton Kastenmüller. Die Anlage und Nutzungsmöglichkeiten werden ständig weiter entwickelt. Die TUM

werde daher auch noch in vielen Jahren eine der leistungsfähigsten Neutronenquellen der Welt haben und diese im Dienste der Gesellschaft für Wissenschaft, Forschung, Industrie und Medizin betreiben.

Pünktlich mit dem Jubiläum steht der Betrieb jedoch erst einmal für sechs Monate still. Bis August befindet sich der Reaktor in einer Wartungspause, denn zehn Jahre nach der Inbetriebnahme sind umfangreiche Prüfungen vorgeschrieben. Die Arbeiten an den Erweiterungen gehen allerdings weiter voran. „Derzeit bauen wir weitere Messplätze auf, und im Ostbereich wird eine neue Halle errichtet“, sagte Jürgen Neuhaus, der stellvertretende wissenschaftliche Direktor am FRM II. Aus den zunächst 15 Instrumenten sind mittlerweile 27 geworden, weitere fünf sind im Bau. Zwei davon stehen bereits in ihrer Grundversion. Das eine ist ein Diffraktometer, mit dem Geologen aus Bayreuth Materieproben unter extrem hohen Drücken und Temperaturen untersuchen möchten, wie sie im oberen Erdmantel herrschen.

Ein Experiment zur Grundlagenphysik ist bereits in Betrieb, allerdings zunächst mit Xenon statt wie geplant mit ultrakalten Neu-

1) [www.frm2.tum.de](http://www.frm2.tum.de)

2) W. Petry und J. Neuhaus, Neutronen nach Maß, Physik Journal, Juli 2007, S. 31

tronenstrahlen. Im Rahmen des Exzellenzclusters Universe sollen hier mit extrem hoher Präzision die Eigenschaften des Neutrons vermessen werden. Eine entscheidende Frage ist dabei unter anderem, ob das Neutron möglicherweise doch ein elektrisches Dipolmoment besitzt.

Solche Experimente sind komplementär zu den Messungen an den Hochenergiebeschleunigern wie dem Large Hadron Collider am CERN und benötigen eine einzigartige Arbeitsumgebung. Diese beinhaltet das kleinste sowie das weltweit homogenste Magnetfeld. „Das ist die größte Änderung, die wir jemals am Reaktor vorgenommen haben“, betonte Jürgen Neuhaus: „Da die Quelle für die ultrakalten Neutronen nah am Reaktorkern entstehen soll, ist ein langwieriges kerntechnisches Genehmigungsverfahren notwendig. Die Forscher

warten darauf bereits ganz ungeduldig.“

Auch für medizinische Anwendungen hat sich der FRM II bewährt. So können dort seit 2007 Patienten mit bestimmten Tumorarten mit Neutronen bestrahlt werden. Ebenso lassen sich Radiopharmaka an einer Kapselbestrahlungsanlage erzeugen. Auf den Weg gebracht ist die Produktion des Radioisotops Technetium-99m, das in der Nuklearmedizin sehr breite Anwendungen findet.

Eine Umstellung des Reaktors auf niedrig angereichertes Uran, ursprünglich einmal für 2010 anvisiert, bleibt ein langfristiges Ziel. Dazu werden am FRM II in internationaler Zusammenarbeit hochdichte Brennstoffe auf Basis einer Uran-Molybdänlegierung entwickelt. Mit dem auf dem Campus in Garching vorhandenen Beschleuniger hat die TUM ein



Uli Benz, TU München

TU-Präsident Wolfgang Herrmann (mit Amtskette), der wissenschaftliche Direktor des FRM II Winfried Petry (2. v. r.) und der technische Direktor Anton Kastenmüller (Mitte) mit den Ehren Gästen aus der Politik vor dem FRM II.

Verfahren etabliert, um langwierige Testbestrahlungen im Zeitraffer in einem Tag zu simulieren.

Alexander Pawlak

## ■ SOFIA vor dem Aus?

Der NASA-Haushaltsplan sieht drastisch reduzierte Mittel für das fliegende Infrarot-Observatorium vor.

Jahrelang hatte es vor allem mit Kostenüberschreitungen und Verzögerungen für Schlagzeilen gesorgt statt mit wissenschaftlichen Ergebnissen: das Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA).<sup>+) Da die Atmosphäre Infrarotstrahlung absorbiert, haben NASA und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam und mit enormem Aufwand ein 17 Tonnen schweres 2,5-Meter-Teleskop in das Heck einer Boeing 747 eingebaut. Während des Flugs in 13 Kilometer Höhe lässt sich ein Rolltor öffnen, das den Blick in den Himmel freigibt. Nachdem 2011 die ersten Beobachtungsflüge stattfanden, schien endlich die Wissenschaft im Vordergrund zu stehen. Umso größer war der Paukenschlag, als Anfang März völlig überraschend bekannt wurde, dass der Haushaltsentwurf der NASA für das Jahr 2015 statt 84 Millionen nur noch 12 Millionen Dollar für SOFIA vorsieht. Bislang trägt die NASA 80 Prozent der</sup>

Betriebskosten, das DLR die restlichen 20 Prozent. Falls sich keine Partner finden, die den US-Beitrag übernehmen, möchte die NASA das Observatorium einmotten, um mit dem Geld „wissenschaftliche Missionen mit höherer Priorität zu fördern“. Nur beim Weltraumteleskop Hubble seien die Betriebskosten noch höher als bei SOFIA.

Die deutschen Partner vom DLR hat diese Hiobsbotschaft zwar kalt erwischt, aber das letzte Wort ist sicher noch nicht gesprochen, zumal der US-Kongress eine ähnliche Ankündigung der NASA 2006 korrigiert hatte. Beim DLR heißt es in einer offiziellen Stellungnahme, die Raumfahrtagenturen würden „gemeinsam daran arbeiten, zu einer einvernehmlichen Lösung zur Fortführung des fliegenden Infrarot-Observatoriums zu gelangen“. Angesichts der gerade in den letzten Wochen und Monaten erzielten Fortschritte war auch Rolf Güsten vom MPI für Radioastronomie in Bonn von der Ankündigung



NASA

Das fliegende Infrarot-Observatorium SOFIA, eine umgebaute Boeing 747, mit geöffneter Teleskoplukle vor der Sierra Nevada.

„völlig überrascht“. Als Principal Investigator (PI) ist er verantwortlich für das hochauflösende Ferninfrarot-Spektrometer GREAT, eines von mehreren Instrumenten, die sich im Wechsel an das Teleskop montieren lassen. „Erst vor zwei Wochen hat SOFIA den Status full operation capability erreicht“, sagt er, „auf diesen Meilenstein haben alle im Projekt seit Jahren hingearbeitet.“ Zu diesem Status gehört der Nachweis, dass vier Beobachtungs-

+ ) [www.dlr.de/sofia](http://www.dlr.de/sofia)