

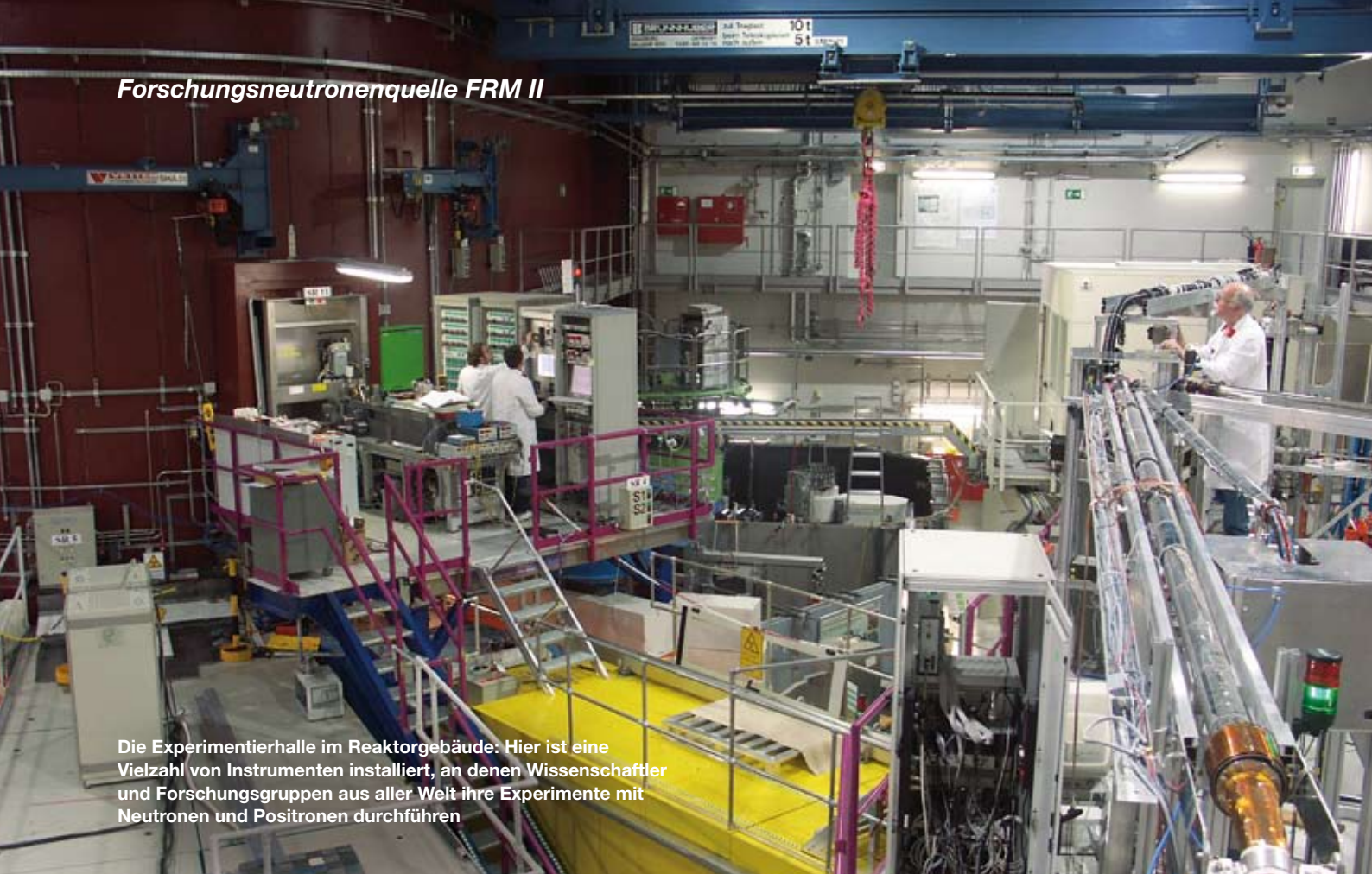
Links

www.frm2.tum.de
www.fz-juelich.de

Ein Schweizer Messer der Forschung

**Messzeiten ausgebucht, alle Erwartungen übertroffen:
Die Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) in Garching
begeistert seit drei Jahren die Wissenschaftler. Trägt sie nun dazu bei,
dass bald die Lehrbücher der Physik umgeschrieben werden müssen?**

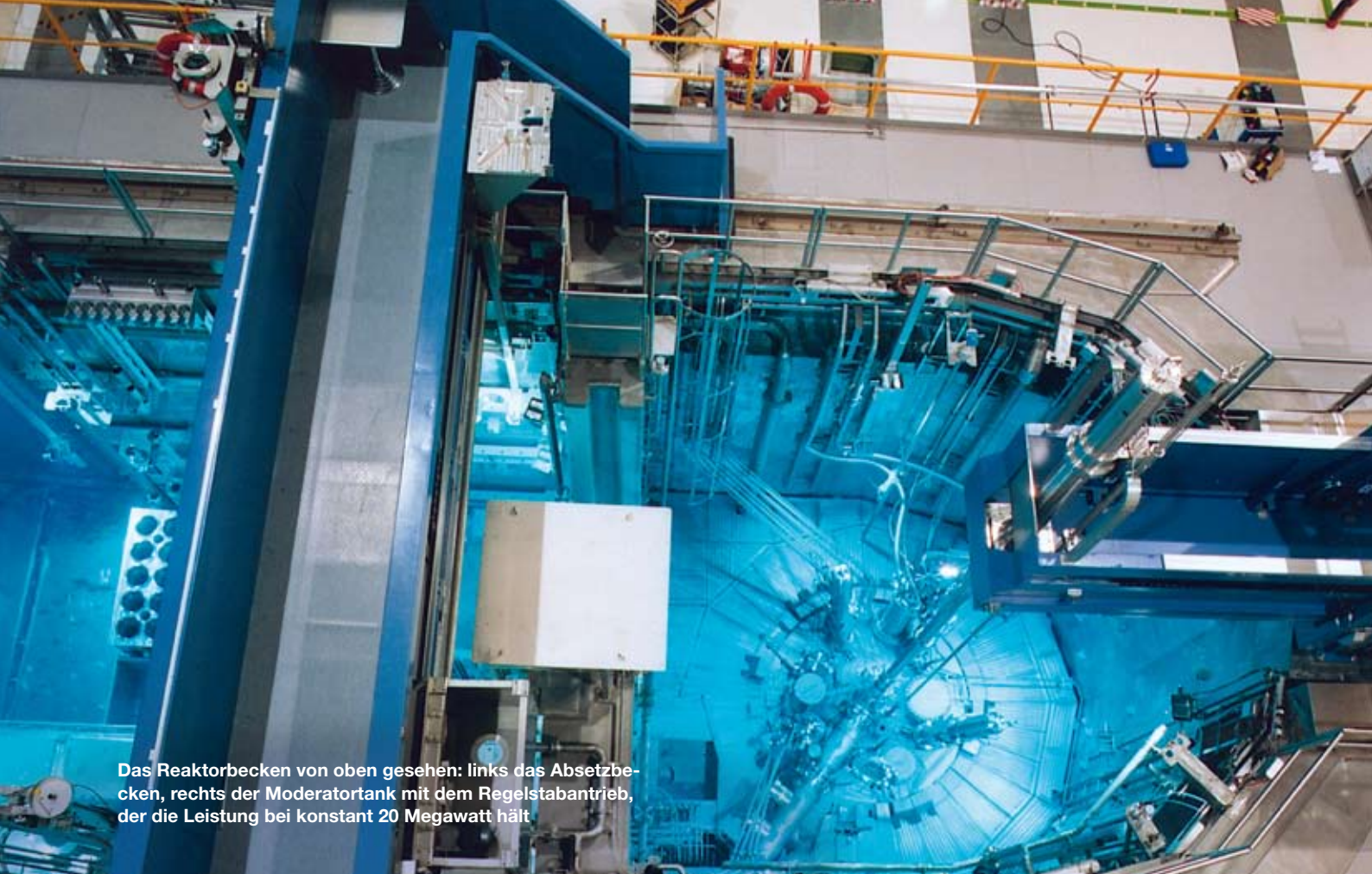
Forschungsneutronenquelle FRM II



Die Experimentierhalle im Reaktorgebäude: Hier ist eine Vielzahl von Instrumenten installiert, an denen Wissenschaftler und Forschungsgruppen aus aller Welt ihre Experimente mit Neutronen und Positronen durchführen



Blick auf die sechs Neutronenleiter, die den Neutronenstrahl aus dem Reaktor (im Bild hinten) direkt in die Neutronenleiterhalle führen



Das Reaktorbecken von oben gesehen: links das Absetzbecken, rechts der Moderatorontank mit dem Regelstabantrieb, der die Leistung bei konstant 20 Megawatt hält



Montagearbeiten im Reaktorbecken während der Bauphase der Forschungsneutronenquelle

Forschungsneutronenquelle FRM II

Wartungsarbeiten im Moderatorbecken. Im Zentrum des Moderatorreaktors befindet sich der Reaktorkern mit dem Brennelement



Das Absetzbecken dient als Zwischenlager für die verbrauchten Brennelemente, die nach 53 Tagen im Reaktor ausgetauscht werden



Einstmals war das Atom-Ei im Norden Münchens eine weithin sichtbare Landmarke: ein ästhetisch gelungenes Bauwerk, im Inneren der erste deutsche Kernreaktor, dessen silbern schimmernde Außenhaut weithin über die Landschaft leuchtete und täglich den Vorbeifahrenden auf der nahen Autobahn den Beginn einer neuen Epoche verkündete: des Atomzeitalters. Was im Inneren der eiförmigen Kuppel vorging, verstand allerdings kaum jemand. Hier verwirklichte ein Physiker der TU München zusammen mit seinen Mitarbeitern eine Vision. Sie hatten sich in den Kopf gesetzt, die elektrisch neutralen Bausteine des Atomkerns, die Neutronen, als Messsonden für die Forschung zu erschließen. Und Prof. Heinz Maier-Leibnitz hatte mit seinem Team durchschlagenden Erfolg. Erstens gab es den Nobelpreis für einen von ihnen, nämlich für Prof. Rudolf Mößbauer (siehe Kasten Folgeseite). Und zweitens sind Neutronen heute aus der Erforschung der lebenden und toten Materie nicht mehr wegzudenken. Große Forschungszentren entstanden, die auf den Arbeiten in Garching aufbauten.

Experimente an der Grenze des Wissens

Das war vor rund 50 Jahren. Heute sind zwar die Einrichtungen des alten Kuppelbaus nicht mehr zeitgemäß. Direkt nebenan aber arbeitet seit drei Jahren als Nachfolger die Forschungsneutronenquelle, benannt nach dem Pionier Heinz Maier-Leibnitz, und ermöglicht neue Experimente an den Grenzen des Wissens. Die Ergebnisse machen auch heute kaum Schlagzeilen in den Medien – in der Welt der Wissenschaft aber sorgen sie immer wieder für Aufsehen. Einer der schönsten Erfolge, die Forscher mit ihren Arbeiten erzielen konnten, ist die Veröffentlichung einer kurzen Mitteilung im

weltweit angesehenen amerikanischen Forschungsmagazin „Science“. Der TUM-Physiker Prof. Christian Pfleiderer publizierte vor wenigen Wochen sogar einen vier Seiten langen Artikel. Inhalt sind die Ergebnisse seiner Forschungen an der Garching Neutronenquelle, die geeignet sind, gängige wissenschaftliche Vorstellungen über den Haufen zu werfen, wie Elektronen sich in Metallen bewegen. Prof. Pfleiderer erforscht, wie Magnetismus in kleinsten Dimensionen funktioniert – ein Feld, das etwa für Festplatten in Computern von großer praktischer Bedeutung ist. „Ohne die Möglichkeit in Garching, unsere Experimente unter extremen Versuchsbedingungen durchzuführen – bei tiefen Temperaturen und 20.000 Atmosphären Druck –, hätten wir unsere Ergebnisse nie gewinnen können“, schwärmt der Physiker von den Möglichkeiten der neuen Forschungsneutronenquelle.

So konnte er zeigen, dass sich Elektronen beim Fließen in Metallen bewegen wie Honig, der zäh von einem Löffel tropft – in einer viskosen „Elektronensuppe“. Bislang galten sie eher als Einzelprojekte, die sich recht unabhängig voneinander durch die Kristallgitter der Metalle bewegen. Am Garching Forschungreaktor geht es um Neutronen. Sie zählen zu den schweren Atombausteinen und bilden normalerweise zusammen mit den elektrisch positiv geladenen Protonen den Atomkern. Durch die Spaltung von Atomkernen in Reaktoren werden Neutronen frei.

Viele Teilchen auf engem Raum

In Garching sind es besonders viele auf kleinem Raum, die Physiker sprechen von einer hohen Flussdichte. Die Physiker benutzen diese Neutronen wie Licht, mit ▶

Forschungsräume	Grundriss
<ul style="list-style-type: none"> 01 Atom-Ei 02 Neutronenleithalle West 03 Neutronenleitertunnel 04 Experimentierhalle im Reaktorgebäude 05 Neutronenleithalle Ost 	

Grafik: edlundsepp nach Vorlagen TUM

„Ohne die Möglichkeit in Garching, unsere Experimente unter extremen Versuchsbedingungen durchzuführen – bei tiefen Temperaturen und 20.000 Atmosphären Druck –, hätten wir unsere Ergebnisse nie gewinnen können“,

schwärmt Prof. Pfeleiderer von den Möglichkeiten der Forschungsneutronenquelle

dem sie nicht nur die Oberfläche, sondern auch das Innere von Dingen sehen können. Die hohe Flussdichte des Garchinger Reaktors lässt dieses Licht besonders hell leuchten. Weshalb dieses Licht bei den Forschern so beliebt ist, versteht man, wenn man einen Blick in die Atomphysik wirft: Atome sind ja keineswegs soli-

de Körper, sondern in ihrem Inneren vor allem leer. Ein Neutron ist etwa 10.000-mal kleiner als das ganze Atom. Um sich das bildhaft vorzustellen: Hätte das Atom einen Durchmesser von einem Meter, wäre das Neutron gerade einmal einen Zehntelmillimeter groß. Während Protonen und Neutronen sich gegenseitig elektrisch anziehen und abstoßen, fliegen die neutralen Neutronen meist ungehindert durch Atome: Eine zehn Zentimeter dicke Bleiplatte lässt 80 Prozent eines Neutronenstrahls durch. Neutronen sind nicht nur Teilchen, sondern zugleich auch Welle, verhalten sich also wie Licht, und werden auch an Oberflächen reflektiert. Die Wellenlänge von Neutronen bei Raumtemperatur ist etwa 5.000-mal kürzer als die des sichtbaren Lichts – gerade die richtige Dimension, um durch Beugungsmuster Informationen über atomare Strukturen und über die inneren Bewegungen in Kristallen, Kunststoffen und anderen Molekülen zu gewinnen. Doch dabei bleibt es nicht. Neutronen können Materie nicht nur ablichten, sie können sie auch gezielt verändern.

Rudolf Mößbauer	Kurzbiografie
<p>Geboren 1929 in München, begann Rudolf Mößbauer 1949 sein Physikstudium an der damaligen Technischen Hochschule München, das er 1955 bei Prof. Heinz Maier-Leibnitz abschloss. Unter seiner Obhut machte Mößbauer im Rahmen seiner Doktorarbeit die entscheidenden Entdeckungen, die 1961 mit dem Nobelpreis gewürdigt wurden: Am Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg gelangen ihm die ersten Beobachtungen der rückstoßfreien Kernresonanz-Absorption. Der nach ihm benannte „Mößbauer-Effekt“ ermöglicht feinste Energiedifferenz- und Frequenzmessungen energiereicherer elektromagnetischer Strahlung.</p> <p>Praktische Bedeutung gewann der Effekt in sogenannten Mößbauer-Spektrometern, mit denen die genaue chemische Umgebung bestimmter Elemente ermittelt werden kann. Etwa 40 Elemente besitzen die für die Beobachtung des Mößbauer-Effektes nötigen niederenergetischen Gammaübergänge. Ursprünglich auf rein kernphysikalische Anwendungen beschränkt, erlangte die MBS eine herausragende Bedeutung für viele Forschungsgebiete: von der Physik über die Chemie, Geologie, Mineralogie, Archäologie bis hin zur Medizin.</p>	

Neutronen untersuchen, ohne zu zerstören

Von der Zahl der Neutronen in einem Atomkern hängt ab, ob bestimmte Elemente radioaktiv sind. In Garching werden durch Neutronenbestrahlung gezielt radioaktive Isotope erzeugt. Ein eindrucksvolles Beispiel ist das Element Rhenium 188, ein radioaktives Isotop, das in der Natur nicht vorkommt, aber in der Medizin erfolgreich bei der Behandlung von peripheren arteriellen Verschlusskrankheiten (Raucherbein) genutzt wird. Neutronen mit



Foto: TUM

Die Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz mit dem zentralen Reaktorgebäude, der Neutronenleiterhalle Ost (links) und dem stillgelegten Atom-Ei (rechts). Die Neutronenleiterhalle West verbindet die beiden Reaktoren

hoher Energie können auch zur direkten Bestrahlung von Tumoren eingesetzt werden. Dazu arbeiten die Physiker in Garching mit Medizinern vom TU-Klinikum Rechts der Isar in München zusammen. Neutronen sind also ein geniales Instrument, um Werkstoffe, neue Materialien und biologische Proben zu untersuchen, ohne sie dabei zu zerstören. Für die Gewinnung der freien Neutronen allerdings muss man einen gehörigen Aufwand betreiben.

Rund 435 Millionen Euro wurden in den Forschungsreaktor gesteckt, bevor er in Betrieb gehen konnte. Sein mit acht Kilogramm hochangereichertem Uran äußerst kompakt beladenes Brennelement liefert 52 Tage lang kontinuierlich Neutronen, bevor es ausgetauscht wird. Das Brennelement ist von schwerem Wasser umgeben, das die Neutronen abbremst. Strahlrohre mit Superbespiegelung bringen die Neutronen aus dem inneren Reaktorbereich zu den Experimentierplätzen. Durch die besondere Konstruktion dieser Neutronenlichtleiter kann am FRM II ein sehr helles Neutronenlicht die Probe beleuchten, oft heller als an vergleichbaren Anlagen.

Inzwischen hat sich die Forschungs-Neutronenquelle in Garching zu einem führenden Zentrum der Neutronenforschung in Europa entwickelt. Prof. Winfried Petry, der wissenschaftliche Direktor des FRM II, hebt stolz hervor: „Wir haben hier in Garching nicht nur eine leistungsstarke, sondern sicherlich die Forschungsneutronenquelle mit dem breitesten Anwendungsspektrum erbaut.“ An den Experimentierplätzen können die fundamentalen

Kräfte der Materie ebenso untersucht werden wie biologische weiche Materie. Die Neutronen produzieren homogen dotiertes Silizium, sie lassen sich aber auch für die gezielte Bestrahlung von Tumoren nutzen oder zur Erzeugung von Antimaterieteilchen für die Metallforschung. Neben der Grundlagenforschung stehen 30 Prozent der Nutzung für die Industrie offen.

Die Forschungsmöglichkeiten in Garching sind vielseitig wie ein Schweizer Taschenmesser zur Erforschung der Materie. Im Frühjahr 2007 wurde der erste Erweiterungsbau eingeweiht: eine weitere Experimentierhalle. Ihr Betrieb zeigt, wie eng Garching mit Disziplinen und Instituten in Deutschland und Europa vernetzt ist. Hier arbeiten Materialwissenschaftler und Teilchenphysiker von der TUM und der Bundeswehrhochschule München, aus dem Forschungszentrum Jülich, das eine eigene Außenstelle eingerichtet hat, von der RWTH Aachen, vom Max-Planck-Institut für Festkörperforschung und den Universitäten Göttingen und Bayreuth.

Was vor rund 50 Jahren mit der Vision des Physikers Maier-Leibnitz begann, hat sich zum internationalen Treffpunkt der Neutronenforscher entwickelt: Neben Wissenschaftlern aus Deutschland, die etwa 60 Prozent der Strahlzeit beantragen, kommen ein Drittel der Forscher aus dem übrigen Europa, sechs Prozent aus anderen Kontinenten. Auch wenn die Forschungsneutronenquelle in ihrer Architektur weniger spektakulär ist als das Atom-Ei – sie setzt weiterhin Landmarken, jetzt für die Wissenschaft weltweit. *Reiner Korbmann*