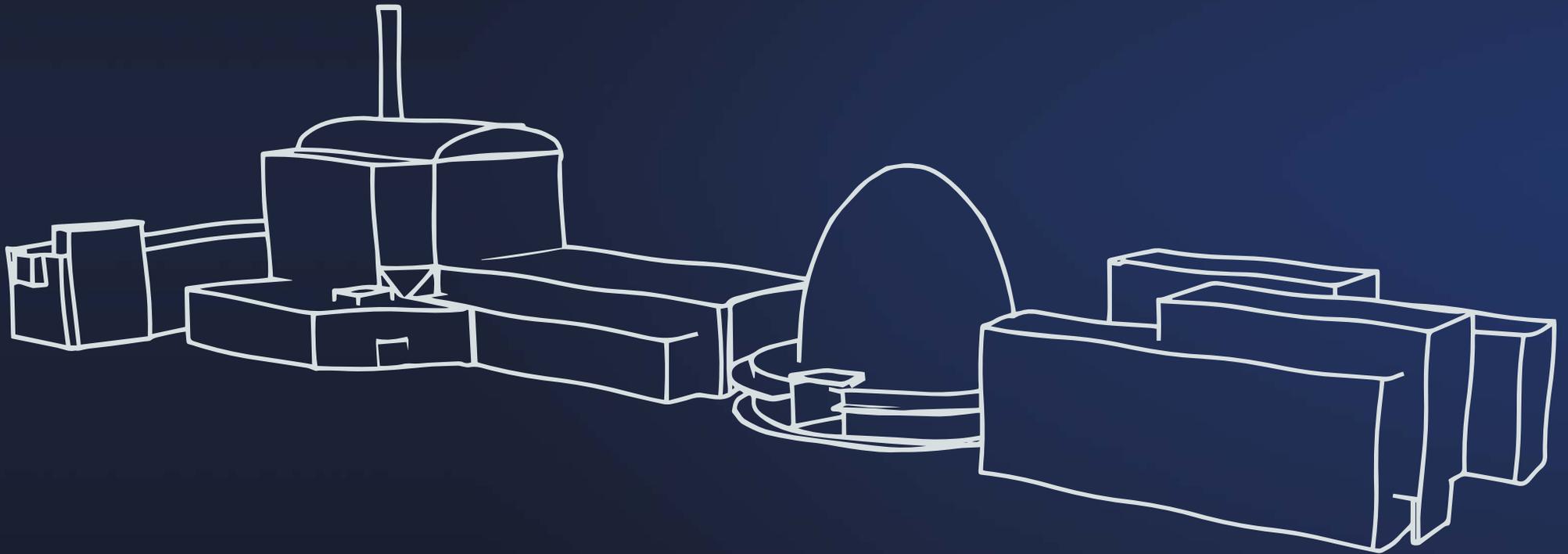


# Impressionen vom FRM II und seinen Partnern



von **Wenzel Schürmann**

# **Impressionen vom FRM II und seinen Partnern**

Bilder von Wenzel Schürmann

Die Neutronenforschung in Garching blickt auf eine langjährige Geschichte zurück. Bereits 1957 wurde der Forschungsreaktor München (FRM), der Vorgänger der heutigen Forschungsanlage und Nukleus des gesamten Garchinger Forschungscampus, fertiggestellt. Der FRM ist ein einzigartiger Bau, der architektonisch als „Atom-Ei“ in Garching und weit darüber hinaus Bekanntheit erlangte und zum Wahrzeichen der Stadt Garching sowie des Forschungscampus wurde. Im Jahr 2004 ging die neue Forschungs-Neutronenquelle (FRM II) in Betrieb, die als zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Technischen Universität München (TUM) den höchsten technischen Ansprüchen eines modernen Hochleistungs-Forschungsreaktors entspricht. Der FRM II liefert Neutronen für Forschung, Industrie und Medizin und stellt jährlich etwa 1.200 Nutzerinnen und Nutzern aus der ganzen Welt einzigartige Messmöglichkeiten zur Verfügung, die durch die eigene Forschung der Kooperationspartner am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ)<sup>1</sup> und deutscher Universitäten<sup>2</sup> ergänzt wird. Forschungsschwerpunkte sind heute u. a. eine nachhaltige Energieversorgung, Materialien für die zukünftige Informationstechnologie, angewandte Materialforschung und natürlich die von Neugier getriebene Grundlagenforschung, aus der wiederum die Anwendungen von morgen entstehen.

Die Neutronenforschung in Garching ist eng verbunden mit dem Physiker Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz, der seit dem Wintersemester 1952/53 als Professor in München lehrte. Er war nicht nur ein begnadeter Physiker – so entwickelte er beispielsweise die Technik der Neutronenleiter oder das Rückstreuспекrometer – sondern auch ein begeisterter Lehrer; bei ihm promovierte im Jahr 1958 Rudolf Mößbauer, dessen Entdeckung des Mößbauer-Effekts 1961 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. An sein Vermächtnis erinnert heute der Name der „Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz“. Mit dem Ereignis der neuen Namensgebung im Jahr 2002 beginnt die Fotoserie in diesem Buch.

Diese bemerkenswerte Geschichte und die Geschehnisse des FRM und FRM II hat Wenzel Schürmann, Fotograf der TUM, in Bildern festgehalten. Seit 2002 konnte er die Eindrücke und Einblicke in die vielseitigen Aktivitäten und das vielschichtige Spektrum am FRM und FRM II mit digitaler Kamera einfangen. Dieses Buch zeigt seine eigene, ganz persönliche Auswahl von 86 Bildern aus dieser Zeit. Die Fotografien von Herrn Schürmann verstehen sich als Dokumentation des Alltags am Forschungsreaktor, aber auch besonderer Ereignisse zu breit aufgestellten Forschungsthemen sowie als Ausdruck von Begeisterung, Freude und Leidenschaft der am FRM und FRM II forschenden und arbeitenden Personen. Nicht weniger zeigt sich in den fotografisch eingefangenen Momenten der Enthusiasmus des Fotografen.

Jedem Einzelnen, der sich mit großem Einsatz für den Erfolg der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz einbringt, gilt unser herzlicher Dank. Den engagierten Kolleginnen und Kollegen, die in den Bildern festgehalten sind und daraus dieses Buch gestaltet haben, gebührt ein besonderer Dank ebenso wie den Kindern und Jugendlichen, Auszubildenden und Studierenden, Gastwissenschaftlerinnen und Gastwissenschaftlern, Gästen aus Politik, Wirtschaft und Kultur sowie allen, die Bildmotive und Texte für diese Veröffentlichung freigegeben haben.

Garching, im März 2024

Die Direktoren des FRM II

<sup>1</sup>Forschungszentrum Jülich, Helmholtz-Zentrum Hereon (Geesthacht) und Max-Planck-Institut für Festkörperphysik (Stuttgart)

<sup>2</sup>Universität Bayreuth, Georg-August-Universität Göttingen, Karlsruher Institut für Technologie, Ludwig-Maximilians-Universität München, RWTH Aachen, Universität Heidelberg, Technische Universität Dresden, Technische Universität Wien, Universität der Bundeswehr München und Universität zu Köln.

**Alltag am Reaktor – Daily Routine at the Reactor ..... 6**

Neutronenleiterhalle West – Neutron Guide Hall West ..... 8  
Neutronenleiterhalle Ost – Neutron Guide Hall East ..... 16  
Experimentierhalle – Experimental Hall ..... 18  
Reaktorhalle im FRM II und FRM – Reactor Hall of the FRM II and the FRM ..... 22

**Betrieb und Wissenschaft bei der Arbeit –  
Operations and Science at Work ..... 32**

**Veranstaltungen – Events ..... 124**

Internationale Gäste – International Guests ..... 126  
Die nächste Generation – The next generation ..... 134

**Eine chronologische Übersicht – Chronology ..... 152**

2002 ..... 154  
2003 ..... 158  
2014 ..... 160  
2016 ..... 168  
2017 ..... 170  
2018 ..... 174  
2020 ..... 182  
2021 ..... 184

**Vita ..... 186**

**Impressum – Imprint ..... 188**

# Alltag am Reaktor

## Daily Routine at the Reactor

Welche Aufgaben bestimmen den Alltag an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)? Wo findet der Alltag am FRM II statt? Die folgenden Kapitel dieses Buchs zeigen Ansichten und Details zu Räumen und Tätigkeiten der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am FRM II und Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ).

Auf dem Gelände des FRM II sind ca. 400 Personen tätig, darunter ca. 150 Mitarbeiter:innen des technischen Betriebs und der Verwaltung sowie ca. 250 Wissenschaftler:innen. Seit Beginn des Nutzerbetriebs am 29. April 2005 gehen jährlich etwa 1.200 Gastwissenschaftler:innen ihrer Forschung an den Neutronenstreuinstrumenten des FRM II nach. Seit dem 1. Januar 2011 bilden die Kooperationspartner zusammen mit weiteren Partnern von deutschen Universitäten und der Max-Planck-Gesellschaft ein Team, um den Nutzer:innen der Neutronenstreuinstrumente den bestmöglichen Service am FRM II zu bieten.

What tasks determine everyday life at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II)? Where does everyday life at the FRM II take place? The following chapters of this book show details of rooms and activities of the staff at the FRM II and the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ).

Approximately 400 people work on the FRM II site, including about 250 scientists as well as about 150 employees in technical operations and administration. Since the start of user operation on April 29, 2005, about 1,200 guest scientists per year have been conducting their research at the neutron scattering instruments of FRM II. Since January 1, 2011, the cooperation partners together with other partners from German universities and the Max Planck Society have formed a team to offer the users of the neutron scattering instruments the best possible service at FRM II.



Neutronenleiterhalle West  
Neutron Guide Hall West



Neutronenleiterhalle Ost  
Neutron Guide Hall East



Experimentierhalle  
Experimental Hall



Reaktorhalle in der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)  
und dem Forschungsreaktor (FRM)  
Reactor Hall of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) and the  
research reactor (FRM)

**A**ndrang in der Messkabine des Instruments für Prompte-Gamma-Aktivierungsanalyse (PGAA) in der Neutronenleiterhalle West. Wissenschaftler:innen warten auf das Ergebnis ihrer Neutronenanalyse.

In der Neutronenleiterhalle West nutzen 17 wissenschaftliche Instrumente die Neutronen von der Kalten Quelle. Der Experimentierbetrieb wird durch Serviceteams unterstützt: Probenumgebung, Neutronenoptik, Detektoren, Instrumentsteuerung, Software und IT. Die Labore unterstützen die Instrumentwissenschaftler:innen bei der technischen Weiterentwicklung der Instrumente und das Team des Nutzerbüros hilft bei der Organisation der Experimente. Zusätzlich betreibt das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) Labore zur Vorbereitung und Charakterisierung der Proben, um den Anforderungen der wissenschaftlichen Nutzer:innen gerecht zu werden.

**S**cientists awaiting the result of their neutron analysis in the measuring cabin of the Prompt Gamma Activation Analysis (PGAA) instrument in the Neutron Guide Hall West.

In the Neutron Guide Hall West, 17 scientific instruments are provided with neutrons from the cold source. The experimental operation is supported by service teams: Sample Environment, Neutron Optics, Detectors, Instrument Control, Software and IT. The laboratories support the instrument scientists in the technical development of the instruments and the user office team helps to organize the experiments. In addition, the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) operates laboratories for the preparation and characterization of samples to meet the needs of the scientific users.



JULI 2009

Magnetismus auf der Nanoskala  
Magnetism on the Nanoscale

**W**issenschaftler:innen und Techniker:innen bei Arbeiten auf der Experimentierplattform  
und in der Messkabine von SANS-1.

Das Instrument SANS-1 (Small Angle Neutron Scattering), eine Kleinwinkelstreuapparatur, die von der Technischen Universität München (TUM) und dem Helmholtz-Zentrum Hereon entwickelt wurde, befindet sich in der Neutronenleiterhalle West. Computer, Lautsprecher, E-Autos und Windräder – elektronische Geräte nutzen magnetische Effekte. Um diese Techniken weiterzuentwickeln, muss man verstehen, warum Materialien bestimmte magnetische Eigenschaften aufweisen. Entscheidend dafür sind Phänomene auf der Größenskala zwischen einem Nano- und einem Mikrometer. Diese Mikrostruktur hat starken Einfluss auf die magnetischen, thermischen, elektrischen und mechanischen Eigenschaften eines Materials. Eine Methode für diese Untersuchungen ist die Neutronenkleinwinkelstreuung.

**S**cientists and technicians work on the experimental platform and in the  
measuring cabin of SANS-1.

The Small Angle Neutron Scattering instrument (SANS-1), jointly developed by the Technical University of Munich (TUM) and the Helmholtz-Zentrum Hereon, is located in the Neutron Guide Hall West. Computers, loudspeakers, electric cars, and wind turbines – electronic devices and magnetic phenomena are usually inextricably linked. To further develop these technologies, it is necessary to understand why materials exhibit certain magnetic properties. Phenomena in the range between one nanometer and one micrometer are crucial for this. This microstructure has a strong influence on the magnetic, thermal, electrical, and mechanical properties of a material. One method to study these processes is small angle neutron scattering.



FEBRUAR 2009

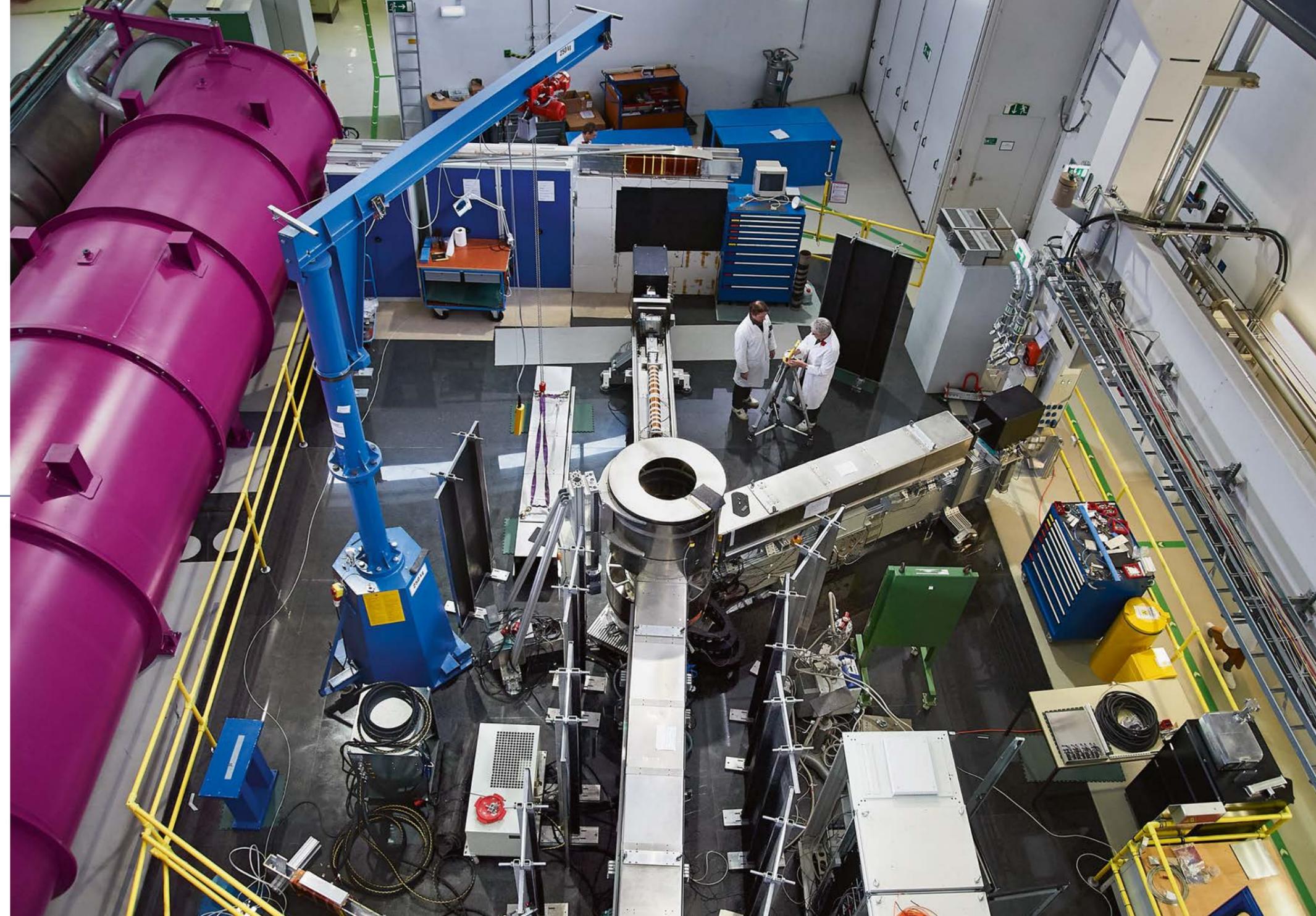
Tanzende Neutronenspins  
Dancing neutron spins

**I**nstrumentwissenschaftler:innen und Techniker:innen beim Aufbau zur Justierung des Resonanz-Spin-Echo-Spektrometers (RESEDA) am Ende der Neutronenleiterhalle West.

Das Instrument RESEDA (REsonance Spin Echo for Diverse Applications) liefert höchste Auflösung in der Neutronenspektroskopie zur Untersuchung relativ langsam ablaufender Phänomene. Die Methode der für das Instrument verwendeten Resonanz-Technik wurde maßgeblich in Garching entwickelt; das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) gilt als einer der führenden Orte auf dem Gebiet der höchstauflösenden Neutronen-Spektrometrie weltweit. Das Instrument besitzt zwei Sekundärarme zur Messung von Polarisation und Intensitätsmodulationen. Eine sehr hohe Auflösung wird z. B. bei der Untersuchung von Materialien aus dem Bereich der Lebenswissenschaften oder auch in der Dynamik von magnetischen Ordnungen benötigt.

**T**he instrument scientist and technician setting up to adjust the high-resolution neutron resonance spin-echo spectrometer (RESEDA) at the end of the Neutron Guide Hall West.

This RESEDA (REsonance Spin Echo for Diverse Applications) instrument provides high resolution neutron spectroscopy for studying relatively slow-moving phenomena. Significant aspects of this resonance technique used for the instrument were developed in Garching, which has led to the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) being recognized worldwide as one of the leading places in the field for high resolution neutron spectrometry. The instrument has two secondary arms for measuring polarization and intensity modulations. Ultra-high resolutions are needed, for example, in the investigation of materials from the life sciences as well as in the dynamics of magnetic ordering.



FEBRUAR 2009

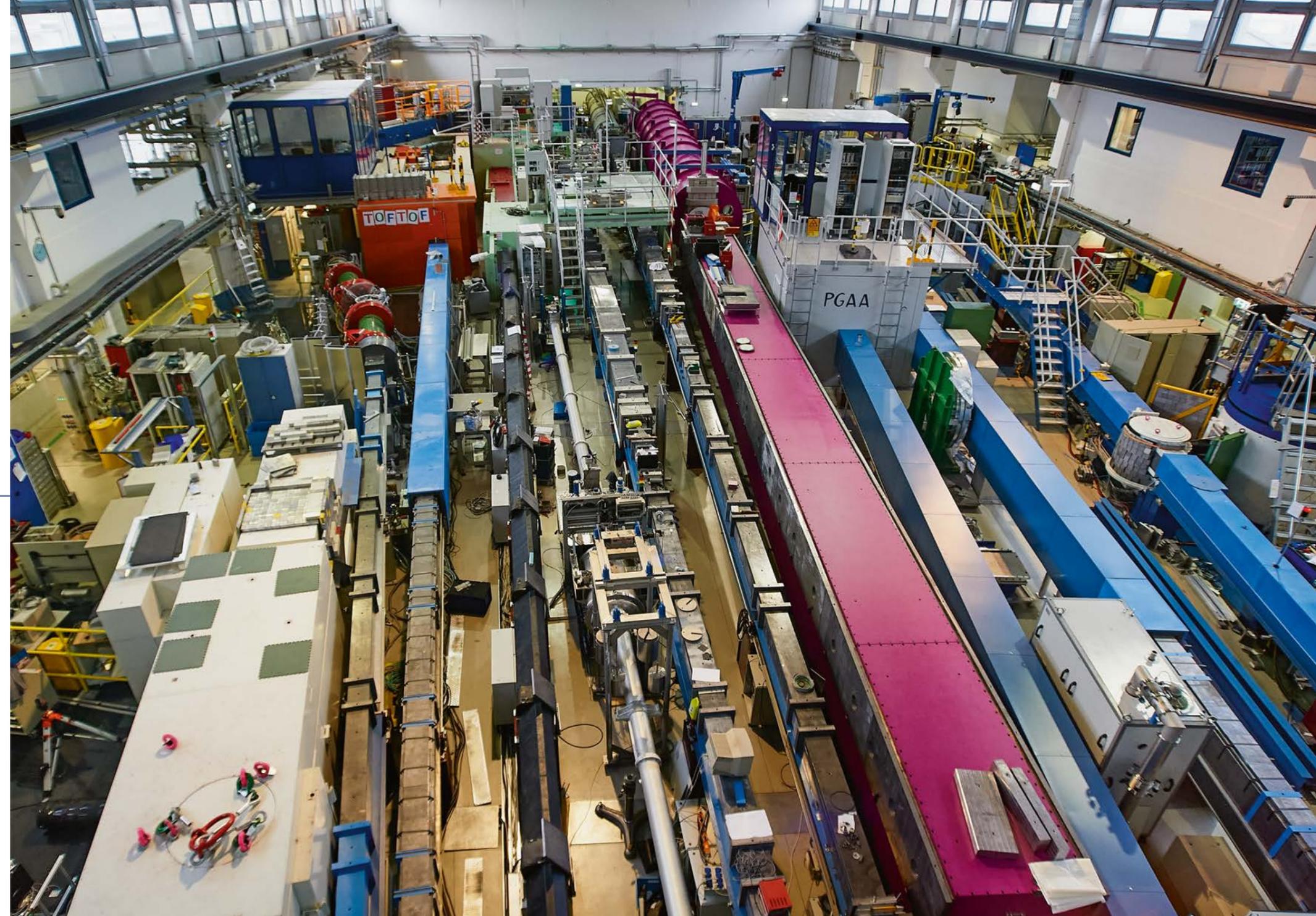
Lassen sich Neutronen lenken?  
Can neutrons be guided?

**E**vakuierte Neutronenleiter mit meist rechteckigem Querschnitt von einigen Quadratzentimetern leiten niederenergetische, so genannte „kalte Neutronen“, bis zu 50 m weit zu den einzelnen wissenschaftlichen Instrumenten in der Neutronenleiterhalle West.

Das Funktionsprinzip des Neutronenleiters beruht auf dem Verständnis der Eigenschaft eines Neutrons als Materiewelle (Welle-Teilchen-Dualismus): Beim Durchgang durch Materie erfährt die Welle eine Brechung. Fällt die Strahlung unter flachem Winkel auf die Oberfläche, tritt so genannte „Totalreflexion“ auf. Dieser Effekt ist bei Neutronen sehr klein und der Winkel der Totalreflektion hängt von der Wellenlänge des Neutrons ab. Effektiv ist daher die Anwendung bei kalten Neutronen mit einer großen Materiewellenlänge.

**E**vacuated neutron guides with a mostly rectangular cross-section of a few centimetres guide low-energy “cold neutrons”, up to a distance of about 50 m to the individual scientific instruments in the Neutron Guide Hall West.

The functional principle of the neutron guide is based on the understanding of the property of a neutron as a matter wave (wave-particle duality): Such a wave undergoes refraction when passing through matter. If the radiation falls on the surface at a very flat angle, total reflection occurs. For neutrons, however, this effect is very small and the angle of total reflection depends on the wavelength of the neutron. Therefore, the application is particularly effective for cold neutrons with a large wavelength.



**A**nlieferung der Vakuumkammer des Flugzeitspektrometers TOPAS (Time Of Flight Spectrometer with Polarization Analysis) in der Neutronenleiterhalle Ost.

Am Instrument TOPAS werden magnetische Wechselwirkungen für Informationstechnologien und die Energiewende untersucht. Die 30 Tonnen schwere Vakuumkammer mit einem Durchmesser von 6,5 m besteht aus einem nichtmagnetischen Edelstahl, um hohe Magnetfelder zu ermöglichen. In der Kammer befinden sich die Probe und ein Detektor zum Nachweis der gestreuten Neutronen und zur Messung ihrer Geschwindigkeit mit Hilfe ihrer Flugzeit. Die Änderung der Fluggeschwindigkeit der Neutronen vor und nach der Wechselwirkung mit den Atomen der Probe ermöglicht es, die atomaren Bewegungen zu erforschen.

**D**elivery of the vacuum chamber of the Time Of Flight Spectrometer with Polarization Analysis (TOPAS) in the Neutron Guide Hall East.

At the TOPAS instrument, magnetic interactions are investigated for information technologies and the clean energy transition. The 30-ton vacuum chamber, which is 6.5 meters in diameter, is made of stainless steel and a special non-magnetic steel to allow for the high magnetic fields used in the experiments. One part of the chamber contains the sample and another part contains the detector to measure scattered neutrons and their velocity from time-of-flight. The change of the flight speed of the neutrons before and after the interaction with the atoms of the sample under investigation allows for the study of atomic motions.



Am Anfang war der Tanzboden  
In the beginning there was the dance floor

**D**as Strukturpulverdiffraktometer SPODI (high reSolution POWder Diffractometer, links im Bild) und das Dreiachsenspektrometer mit Polarisationsanalyse und Multi-Analysator (PUMA, rechts im Bild) in der Aufbauphase. An der Detektorbank von SPODI begutachtet der leitende Ingenieur den so genannten „Tanzboden“, einen glatt geschliffenen und polierten Steinboden, auf dem sich die Neutronenstreulinstrumente mit Zehntelmillimeterpräzision bewegen lassen.

Die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) ist zu diesem Zeitpunkt im Juni 2003 noch nicht in Betrieb. Die Instrumente SPODI und PUMA stehen kurz vor der Inbetriebnahme in der Experimentierhalle. Die roten Überschuhe verhinderten, dass an den Schuhen anhaftender Schmutz die polierte Fläche des Tanzbodens verkratzt.

**T**he high reSolution POWder Diffractometer (SPODI, left) and the triple-axis spectrometer (TAS) with polarization analysis and multi-analyzer (PUMA, right) in the set-up phase. Leaning against the detector bench of SPODI, the senior engineer inspects the so-called dance floor made of a special, very evenly ground and laid natural stone, which provides an almost perfect mechanical reference surface for the neutron scattering instruments.

The Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) is not yet in operation at this time in June 2003. The SPODI and PUMA instruments are about to be commissioned in the experiment hall, waiting for the first neutron beams. The red overshoes prevented dirt adhering to shoes and potentially scratching the polished surface of the dance floor.



JUNI 2015

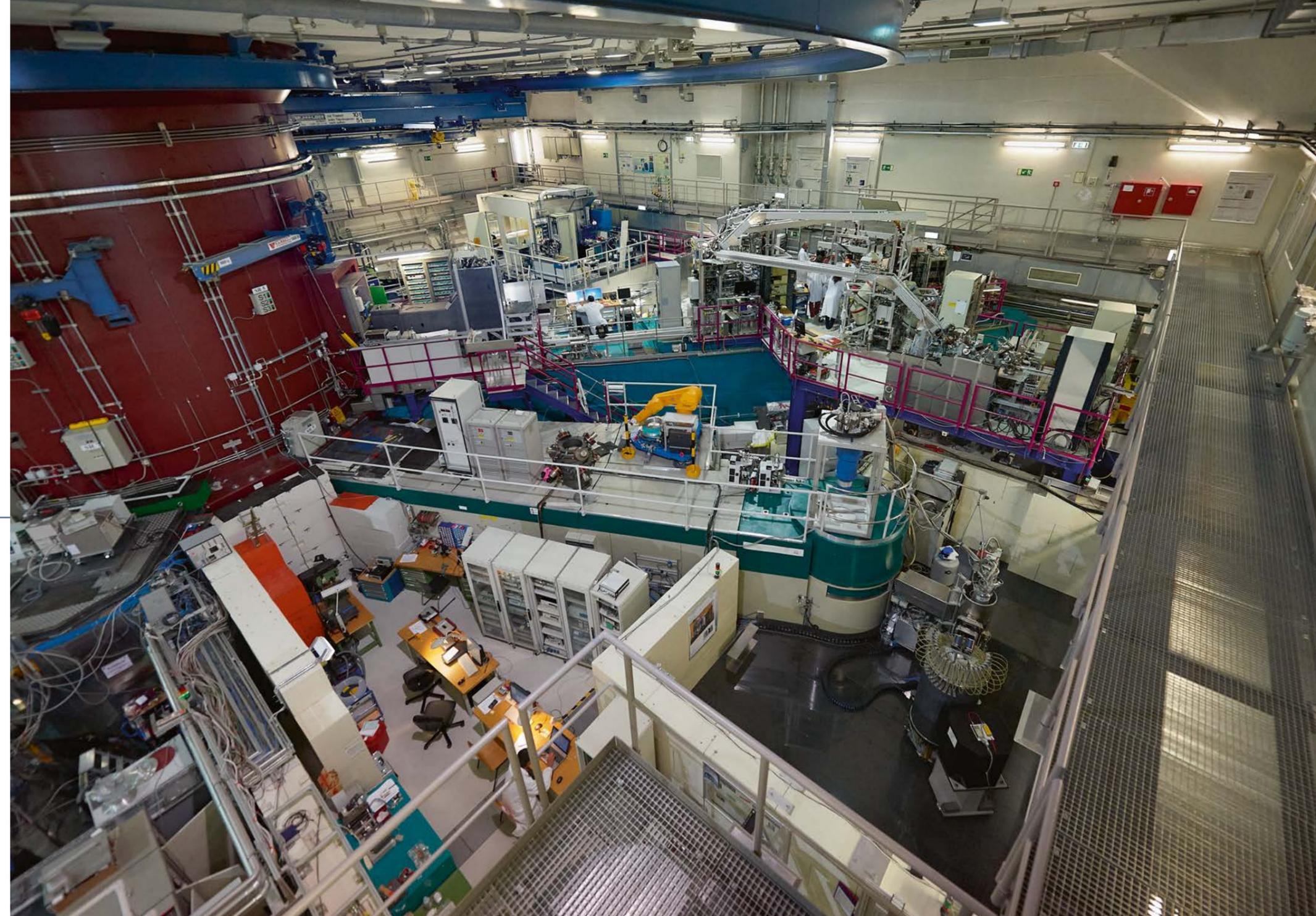
Neutronen bringen den Durchblick  
Neutrons bring a new perspective

**Instrumente in der Experimentierhalle und in den Neutronenleiterhallen bieten Wissenschaftler:innen aus aller Welt einzigartige Forschungsmöglichkeiten.**

Forscher:innen können sich für die Instrumente um Messzeit bewerben. Wichtig ist auch die Eigenforschung der Gruppen vor Ort, die sämtliche Experimente betreuen. Neutronen sind elektrisch neutrale Elementarteilchen. Sie durchdringen feste Stoffe und liefern Informationen aus deren Innerem. So beobachten Forscher:innen etwa das elektrische Laden und Entladen wie auch Füllen der Akkus mit Elektrolyt für die Elektromobilität. Neutronen verhalten sich außerdem wie winzige Magnete und erlauben die Untersuchung magnetischer Eigenschaften. Materialien, die Strom widerstandsfrei leiten, so genannte Supraleiter, werden mittels Neutronen erforscht, um sie für den verlustfreien Stromtransport einsetzen zu können.

**Instrumente in the experimental hall as well as in the adjacent neutron guide halls offer unique research opportunities to scientists from all over the world and from a wide range of disciplines.**

Researchers can apply for beamtime. It is also important for the groups to conduct their own research on site and supervise all experiments. Neutrons are electrically neutral elementary particles. Therefore, they penetrate solid materials non-destructively and provide information from their interior. For example, researchers observe the electrical charging and discharging as well as filling up the batteries with electrolyte for electromobility and make suggestions for extending battery life. In addition, neutrons behave like tiny magnets and allow the magnetic properties of substances to be studied as well. Materials that conduct electricity without resistance, known as superconductors, are also regularly measured with neutrons, with the aim of soon being able to increase their use for loss-free electricity transport.



Reaktorhalle in der Forschungs-Neutronenquelle  
Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) und dem Forschungs-  
reaktor (FRM)

Reactor Hall of the Heinz Maier-Leibnitz research  
neutron source (FRM II) and the research reactor  
(FRM)

JUNI 2010

Einblick in die Schaltwarte des FRM  
View into the control room of FRM

**D**as Reaktorschichtpersonal hatte kurze Wege von der Schaltkabine zum Becken mit Handhabung der Brennelemente und Einbauten.

Auf der Plattform der Reaktorhalle des Forschungsreaktors München (FRM) wurde die Anlage bedient und gesteuert. Neben der Schaltkabine für das Schichtpersonal im Vordergrund ist auf dem Schreibtisch das Modell eines Brennelements zu erkennen, das Besucher:innen hier anschaulich erklärt werden konnte. Beim Betrieb des Reaktors (Leistung 4 MW) war im so genannten Arbeitsbecken das blaue Leuchten der Tscherenkow-Strahlung zu bewundern.

**T**he reactor shift personnel had short paths from the operating and control cabin to the pool with handling of the fuel elements and internals.

On the platform of the reactor hall of the Munich Research Reactor (FRM), the reactor was operated and controlled. Next to the control cabin for the shift personnel in the foreground, a model of a fuel element can be seen on the desk, which could be vividly explained to visitors here. During operation of the reactor with 4 MW, the blue light of the Cherenkov radiation was visible in the pool.



**Im Garching Forschungsreaktor (FRM) fanden Reaktor- und Experimentierbetrieb noch gemeinsam in der Reaktorhalle statt.**

Die Konfiguration des Reaktors erfolgte nach den Anforderungen der Nutzung und je nach Abbrand der Brennelemente. Die Konfiguration des Reaktorkerns mit Brennelementen, Reflektoren und Einbauten wurden auf der Kernbeladungstafel dargestellt. Der Forschungsreaktor (FRM) verfügte als einzigartige Einrichtung über eine Tieftemperaturbestrahlungsanlage, in der mit Neutronenbestrahlung absichtlich Strahlenschäden im Probenmaterial erzeugt wurden, die durch tiefe Temperaturen eingefroren und anschließend untersucht werden konnten.

**In the research reactor at Garching (FRM), the reactor and experimental operation took place in the common reactor hall.**

The reactor was configured according to the requirements of use and the burnup of individual fuel assemblies that had already been partially used; the occupancy of fuel assemblies, reflectors, and internals were shown on a simple core configuration board. As a unique facility, the research reactor (FRM) had a low-temperature irradiation facility in which radiation damage could be induced in a material by high neutron radiation, and freezing at low temperature allowed subsequent detailed examinations.



NOVEMBER 2008

Transmutation mit Neutronen  
Transmutation with neutrons

**W**ie kommt der Windstrom aus dem Norden Deutschlands möglichst verlustfrei auch in den Süden? Über Hochspannungs-Gleichstrom-Leitungen, die durch die hohen Spannungen und ohne Abstrahlung Verluste minimieren.

Beim Gleichrichten des Stroms bei hoher Spannung benötigt man Bauteile aus halbleitendem Silizium. An der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) gibt es für deren Produktion die Siliziumdotierungsanlage. Da Silizium Strom nur schlecht leitet, wird es zum technisch verwertbaren Halbleiter, indem man es mit einer geringen Menge an Fremdatomen dotiert. Am FRM II wird durch Neutroneneinfang Silizium in Phosphor umgewandelt und damit werden die Siliziumblöcke sehr homogen dotiert. Der Siliziumkristall wird dazu einem genau definierten thermischen Neutronenfluss ausgesetzt. Einige Siliziumatome fangen dabei ein Neutron ein und wandeln sich dadurch in ein stabiles Phosphoratom um.

**H**ow does wind power from the far north of Germany reach the south with as little loss as possible? This is achieved by means of high-voltage direct-current lines which, by virtue of the high voltage and low radiation emission, minimize the power losses.

When rectifying the current at high voltage, components made of semiconducting silicon are needed. At the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), there is a silicon doping facility for their production. Since silicon is a poor conductor of electricity, it is turned into a technically usable semiconductor by doping it with a small amount of foreign atoms. At the FRM II, silicon is converted into phosphorus by neutron capture, and so the silicon blocks can be doped very homogeneously. For this purpose, the silicon crystal is exposed to a precisely defined thermal neutron flux. In the process, some silicon atoms capture a neutron and thus are converted into a stable phosphorus atom.



NOVEMBER 2008

Neutronen auf Knopfdruck  
Neutrons at the push of a button

**D**ie Siliziumdotierungsanlage wird von der Handhabungsbrücke über dem Reaktorbecken bedient.

Der Silizium-Kristall fährt halbautomatisch auf seine Bestrahlungsposition. Die Siliziumdotierungsanlage an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) kann zylindrische Si-Einkristalle von bis zu 50 cm Höhe und einem Durchmesser bis zu 20 cm bestrahlen. Um eine gleichmäßige Dotierung zu erreichen, wird der Neutronenfluss in der Bestrahlungsposition im Profil geglättet und der Bestrahlungskorb rotiert zusätzlich während der Bestrahlung um die eigene Zylinderachse. Durch Neutronenbestrahlung dotiertes Silizium ist so begehrt, dass am FRM II bis zu 15 Tonnen jährlich für Firmen aus Europa und Asien hergestellt werden.

**T**he silicon doping installation is operated from the handling bridge above the reactor pool.

Semi-automatically, the silicon crystal moves to its irradiation position. The silicon doping installation at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) can irradiate cylindrical Si single crystals with a stack height of up to 50 cm and a diameter of up to 20 cm. In order to achieve uniform doping, the neutron flux has a smooth profile at the irradiation position, and the irradiation basket additionally rotates around its own cylindrical axes during irradiation. The demand for silicon doped by neutron irradiation is so high that up to 15 tons are ordered annually from the FRM II by companies in Europe and Asia.



**E**in technischer Mitarbeiter bei der Handhabung der Siliziumdotierungsanlage.

Nach der so genannten Abklingzeit wird der bestrahlte Si-Kristall aus dem Becken gehoben. Das Abklingen nach Bestrahlungsende dauert ca. 48 Stunden, da die verwendeten Si-Blöcke eine extrem hohe Reinheit besitzen und daher bei der Bestrahlung nur äußerst wenig unerwünschte Aktivität produziert wird. Danach wird der Si-Kristall aus dem Becken gehoben und im Ultraschallbad gereinigt. Nach einer Wartezeit von 24 Stunden folgt eine weitere Reinigung; zuletzt wird er auf seine Kontamination geprüft, bevor er an den Auftraggeber der Dotierung zur weiteren Bearbeitung zurückgeschickt wird.

**T**echnical employee working the silicon doping installation.

After the proper time for decay, the irradiated Si crystal is lifted out of the reactor pool. The decay time after the end of irradiation lasts approximately 48 hours, since the Si blocks have an extremely high purity and therefore only very little unwanted activity is produced during the irradiation. After this, the Si crystal is lifted out of the tank and cleaned in an ultrasonic bath. After a waiting period of 24 hours, it is cleaned again; finally, it is checked for contamination before being returned to the customer for further processing.



# Betrieb und Wissenschaft bei der Arbeit

## Operations and Science at Work

Die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) ist eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Technischen Universität München (TUM) auf dem Gelände des Forschungszentrums in Garching; ihre Leistungsfähigkeit wird von ca. 130 Mitarbeiter:innen des technischen Betriebs sichergestellt. Zentrales Ziel des Reaktorbetriebs ist die Bereitstellung eines hohen Neutronenflusses. Er dient der Erzeugung von Neutronen für Wissenschaft, Industrie und Medizin. Die thermische Leistung des FRM II beträgt 20 Megawatt, was etwa 0,6 % dessen entspricht, was ein Kernkraftwerk zur Stromerzeugung produziert. Der FRM II hat das weltweit beste Verhältnis von thermischer Leistung zu Neutronenfluss und gehört damit zu den effektivsten Neutronenquellen.

The Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) is a central scientific institute of the Technical University of Munich (TUM) housed on the premises of the Garching Forschungszentrum; its productivity is ensured by about 130 employees in the technical operations department. The core aim of the reactor operation is to provide a high neutron flux. It is used to generate neutrons for science, industry, and medicine. The thermal power of the FRM II is 20 megawatts, which is about 0.6% of what a nuclear power plant produces for electricity generation. It has the world's best ratio of thermal power to neutron flux and is thus one of the most effective neutron sources.

Das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching bei München ist ein führendes Zentrum für Spitzenforschung mit Neutronen und Positronen. Als Serviceeinrichtung verfügt das MLZ über eine einzigartige, leistungsfähige Instrumentierung im Bereich der Neutronenforschung. Das MLZ ist eine Kooperation der Technischen Universität München (TUM), des Forschungszentrums Jülich (FZJ) und des Helmholtz-Zentrums Hereon. Es wird gemeinsam finanziert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (StMWK) sowie Partner der Kooperation.

The Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching near Munich is a leading center for cutting-edge research with neutrons and positrons. Operating as a user facility, the MLZ offers a unique suite of high-performance neutron scattering instruments. This cooperation involves the Technical University of Munich (TUM), the Forschungszentrum Jülich (FZJ), and the Helmholtz-Zentrum Hereon. The MLZ is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), together with the Bavarian State Ministry of Science and the Arts (StMWK), and the partners of the cooperation.

SEPTEMBER 2007

Spiegel reflektieren – auch Neutronenstrahlung  
Mirrors also reflect neutron radiation

**D**rei Instrumentwissenschaftler im „Spiegelkabinett“: Begutachtung des hochauflösenden Analysatorspiegels des Messinstruments SPHERES (SPectrometer for High Energy RESolution).

Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz hat 1966 die Neutronenrückstreuung erfunden und mit seinem Team am Forschungsreaktor (FRM) in Garching entwickelt. So ließ sich die Energieauflösung bei der Neutronenspektroskopie um das Hundertfache steigern. Das SPHERES (SPectrometer for High Energy RESolution) ist ein Rückstreuungsspektrometer der dritten Generation. Es kann die Bewegung von Atomen und Molekülen mit hoher Genauigkeit vermessen.

**T**hree instrument scientists in the “hall of mirrors” examining the high-resolution analyzer mirror of the measuring instrument SPHERES (SPectrometer for High Energy RESolution).

Professor Heinz Maier-Leibnitz invented neutron backscattering in 1966 and developed it with his team at the research reactor (FRM) in Garching. This made it possible to increase the energy resolution in neutron spectroscopy by a factor of a hundred. Now the SPHERES instrument is a third-generation backscattering spectrometer capable of measuring the motion of atoms and molecules with high precision.

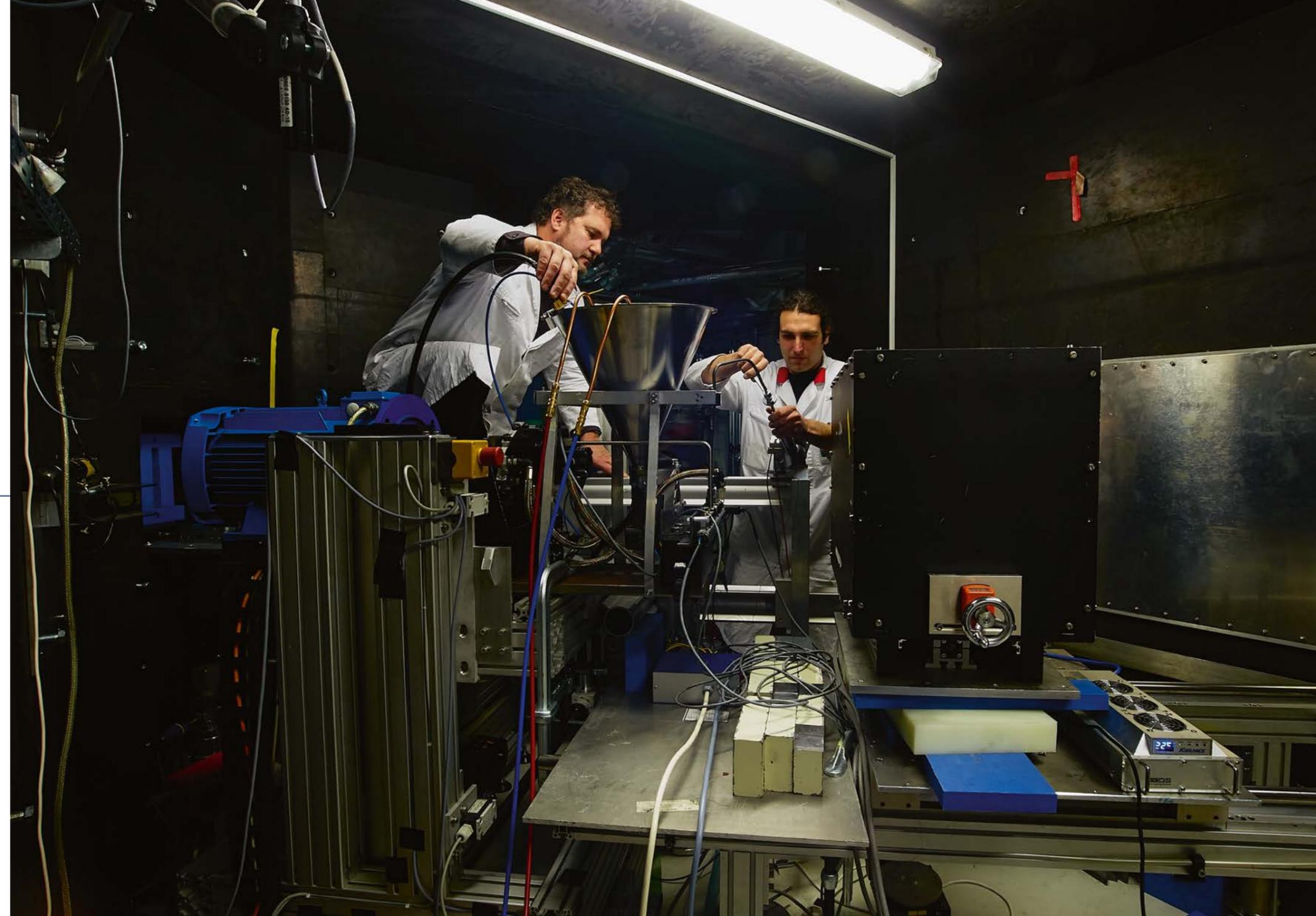


**D**as Team vom Instrument ANTARES (Advanced Neutron Tomography And Radiography Expert System) bei der Vorbereitung für eine dynamische Neutronenradiographie an einer Dieseleinspritzdüse mit einem Hochdruckeinspritzsystem.

Die Neutronenradiographie als bildgebendes Verfahren wird an der Technischen Universität München (TUM) als einer der führenden Forschungseinrichtungen weiterentwickelt und für eine Vielzahl von Fragestellungen eingesetzt. Der Vorteil der Neutronenradiographie liegt darin, dass sie auch massive Proben, wie z. B. Metalle, durchdringen kann. Eine weitere Besonderheit ist die Empfindlichkeit gegenüber wasserstoffhaltigen Materialien wie organischen Verbindungen, Kunststoffen, Kleb-, Dicht- und Schmierstoffen oder Restfeuchte in Materialien, die selbst in geringen Mengen innerhalb schwerer metallischer Objekte nachgewiesen werden können. Computertomographische Methoden ermöglichen dreidimensionale Datensätze der Messobjekte. Für hochdynamische Prozesse – wie das im Foto zu sehende Hochdruck-Dieseleinspritzverfahren – werden zeitaufgelöste Bilderserien erstellt.

**T**he team of the ANTARES (Advanced Neutron Tomography And Radiography Expert System) instrument during the preparation for dynamic neutron radiography of a diesel injection nozzle with a high pressure injection system.

Neutron radiography, an imaging method that is being further developed at the Technical University of Munich (TUM) as a leading research institute, enables internal observations of massive samples, such as metal. It can detect hydrogen in various forms within materials such as organic compounds, plastics, adhesives, sealants, lubricants, or residual moisture, even in small quantities within heavy metallic objects. Computer tomographic methods enable three-dimensional data sets of the objects to be measured. For highly dynamic processes – such as the high-pressure diesel injection process which can be seen – a series of time-resolved images are created.

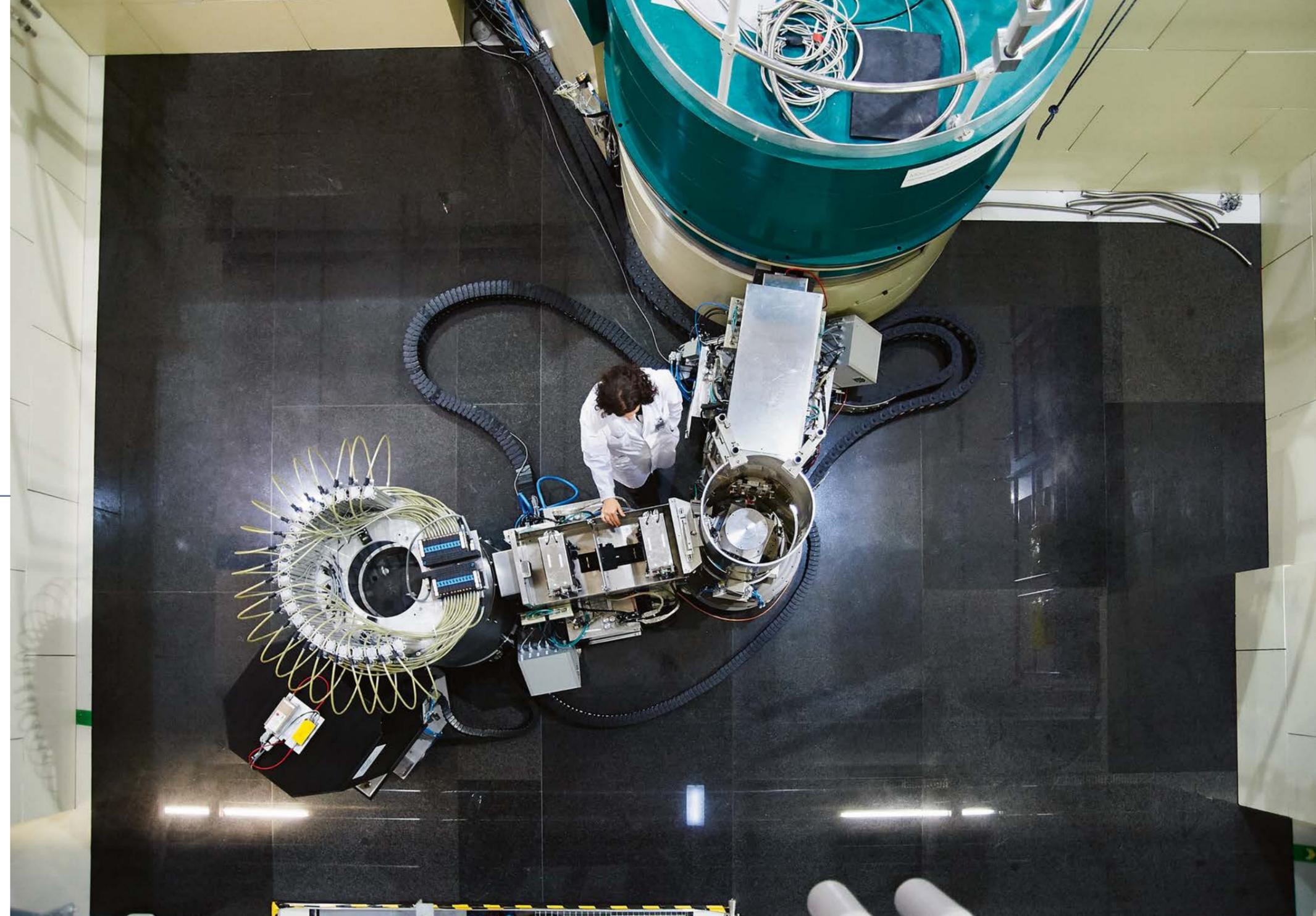


**W**ürde es einen Preis in der Kategorie „Ordentlichstes Instrument“ an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) geben, wäre TRISP (TRIPLE-axis SPin echo spectrometer) Daueraspirant. Das liegt vor allem an Ingenieurin Kathrin Buchner, die bei Kabeln keinen Wildwuchs zulässt.

Das Dreiachsenspektrometer TRISP misst mindestens zehn Mal genauer als vergleichbare Instrumente weltweit und liefert erstaunliche Ergebnisse, insbesondere in der Supraleitung. Supraleiter besitzen unterhalb einer bestimmten Temperatur keinen messbaren elektrischen Widerstand mehr. Eine besondere Eigenschaft der Supraleiter ist, dass sie nicht mehr von einem äußeren Magnetfeld durchdrungen werden, sondern dieses Magnetfeld den Supraleiter umschließt (Meißner-Ochsenfeld-Effekt), sodass bei ausreichender Magnetfeldstärke ein Supraleiter über dem Magneten schwebt.

**I**f there were a prize in the category “most orderly instrument” at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), then TRISP (TRIPLE-axis SPin echo spectrometer) would be a permanent contender. This is mainly due to engineer Kathrin Buchner, who does not allow any wild growth of the cables.

The TRISP triple-axis spectrometer measures at least ten times more accurately than comparable instruments worldwide and delivers astonishing results, in particular about superconductivity. Below a certain temperature, superconductors no longer have any measurable electrical resistance. A special property of superconductors is that they are no longer punctured by an external magnetic field, and so this magnetic field surrounds the superconductor (Meissner-Ochsenfeld effect) instead. If the magnetic field strength is sufficient, the superconductor floats above the magnet.



JULI 2009

Geburtstagsständchen mit den „Garching Pfeifern“  
Birthday serenade with the Garching Pfeifer

**S**ein eigenes Geburtstagsständchen zum 70. Geburtstag spielt sich Prof. Dr. (em.) Klaus Böning (Mitte), Projektleiter bei Planung und Bau der neuen Forschungs-Neutronenquelle, mit den „Garching Pfeifern“: Gitarrenspielerin Petra Hamberger (r.), Schwegelpfeifer Dr. Gerd Pöllitsch (l.) und Herbert Grünwald am Akkordeon.

Professor Klaus Böning gilt als Mentor der Forschungs-Neutronenquelle (FRM II). Er baute das Projekt FRM II vom Jahr 1979 an mit großem Engagement und Ideenreichtum auf und war über 15 Jahre lang Projektleiter für dessen Entwicklung. Der Physikprofessor für Experimentalphysik der Technischen Universität München (TUM) entwickelte das Reaktorconcept mit dem neuartigen Kompaktkern, das in der Wissenschaft weltweit Beachtung fand. In einzigartiger Weise erzeugt der FRM II trotz geringer Reaktorleistung (20 MW) einen intensiven Neutronenfluss.

**P**rof. (ret.) Dr. Klaus Böning (center), project leader in the planning and construction of the new research neutron source, plays his own birthday serenade with the Garching Pfeifern on the occasion of the honorary colloquium for his 70th birthday: guitar player Petra Hamberger (right), player of the Schwegelpfeifer Dr. Gerd Pöllitsch (left), and Herbert Grünwald on the accordion.

Professor Klaus Böning was considered the mentor for the research neutron source (FRM II). With great commitment and inventiveness, he set up the FRM II project in 1979, and was the project leader for its development for more than 15 years. The experimental physics professor at the Technical University of Munich (TUM) developed the reactor concept with the novel compact core. This garnered worldwide attention in the scientific community because of the unique way it generates an intense neutron flux despite the low reactor power (20 MW).



AUGUST 2009

Hochauflösend und hochgeschätzt  
High resolution and high appreciation

**D**r. Anatoliy Senyshyn bereitet mit Studentinnen Proben für Messungen am Instrument SPODI (Structure POWder Diffractometer) vor. Das hochauflösende Pulverdiffraktometer untersucht z. B. Alternativen zu Lithium-Ionen-Akkus.

Das Diffraktometer SPODI ist ein Instrument der Technischen Universität München (TUM) und eignet sich zur Analyse polykristalliner oder pulverförmiger Proben. Es gibt darüber Auskunft, wo sich bestimmte Atome in der Probe befinden. Dabei kann die Probe z. B. Zug- oder Druckspannung ausgesetzt sein, der Akku während des Messens be- und entladen werden. Es zählt zu den begehrtesten Instrumenten am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) und ist – wie auch die meisten anderen Instrumente – stärker nachgefragt, als Messzeit angeboten werden kann.

**D**r. Anatoliy Senyshyn prepares samples with students for measurement on the SPODI (Structure POWder Diffractometer ) instrument. The high-resolution powder diffractometer investigates alternatives to lithium-ion batteries, among other things.

SPODI is an instrument from the Technical University of Munich (TUM) and is suitable for polycrystalline or powder samples. It typically provides information about where certain atoms are located in the sample. For example, the sample may be subjected to tensile or compressive stress, and the battery may be charged or discharged during the measurement. It is one of the most sought-after instruments at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) and – like so many others – has a higher demand than measurement time can offer.

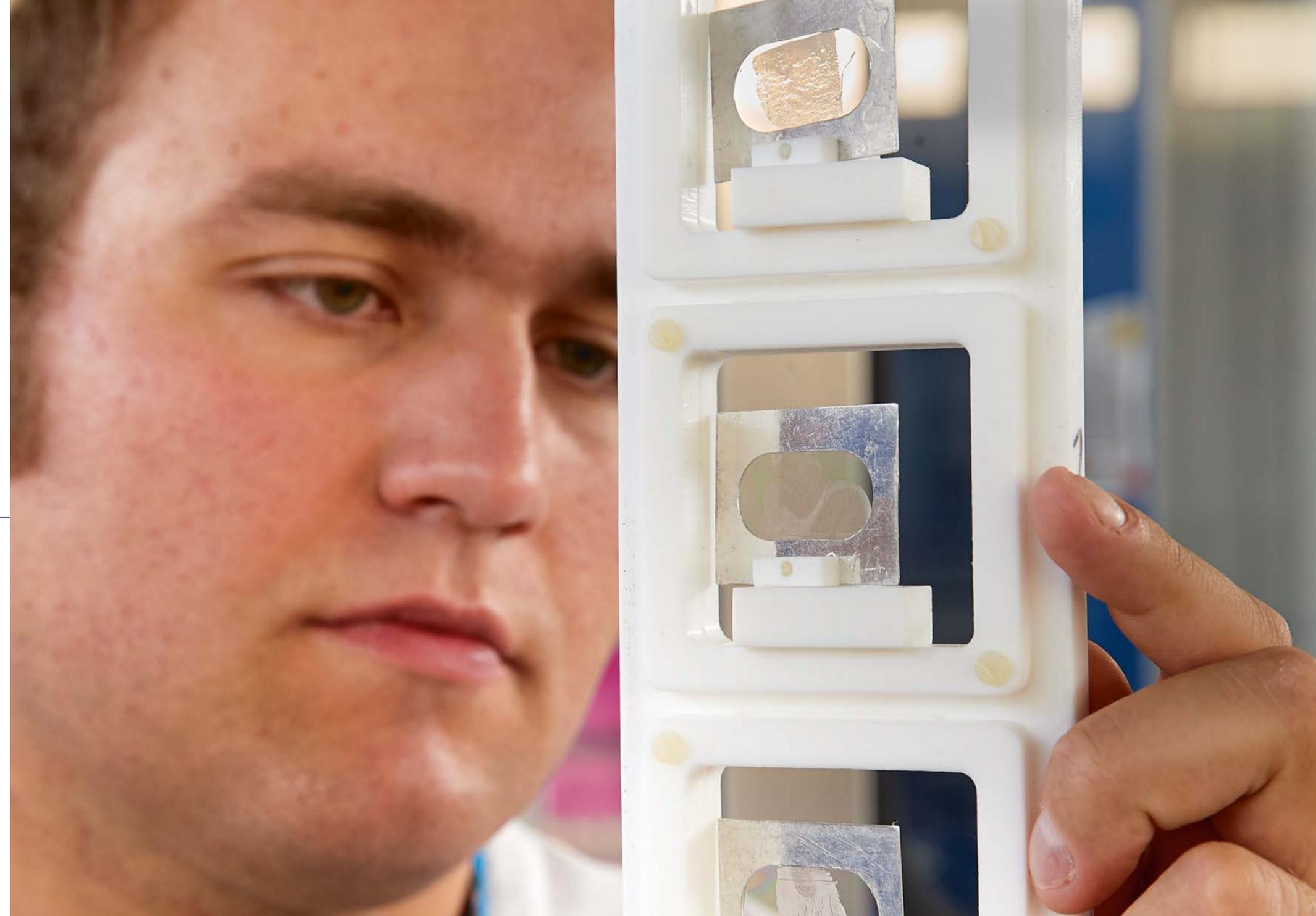


**D**oktorand Josef Lichtinger untersucht mit der PGAA (Prompte-Gamma-Aktivierungsanalyse) die Lithiumverteilung im menschlichen Hirngewebe.

Die Lithiumverteilung im Hirngewebe erlaubt Rückschlüsse auf die biologische Ursache von Depressionen. Am Instrument für Prompte-Gamma-Aktivierungsanalyse (PGAA) geschieht dies mit einem eigens entwickelten Detektor, um anhand der Lithiumverteilung im Gehirn die Wirkung des Stoffs auf die menschliche Psyche besser zu verstehen. Die Prompte-Gamma-Aktivierungsanalyse wurde 1963 von Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz vorgeschlagen. Ihm war schon damals die Bedeutung der Minimierung des spektralen Hintergrunds klar, was noch heute als wichtigster Schritt in der Instrumententwicklung gilt. Die ersten PGAA-Experimente wurden schon 1968 durchgeführt und haben bis heute an wissenschaftlicher Bedeutung gewonnen.

**D**octoral student Josef Lichtinger uses PGAA (Prompt Gamma Activation Analysis) to investigate the distribution of lithium in human brain tissue.

Lithium distribution in brain tissue allows conclusions to be drawn about the biological cause of depression. At the PGAA (Prompt Gamma Activation Analysis) instrument, this is done with a specially developed detector to better understand the effect of this substance on the human psyche based on the lithium distribution in the brain. The Prompt Gamma Activation Analysis was proposed by Professor Heinz Maier-Leibnitz in 1963. He already realized at that time the importance of minimizing the spectral background, which is still considered the most important step in the instrument development. The first PGAA experiments were performed as early as 1968 and the scientific impact of PGAA has grown with each subsequent year.



JULI 2014

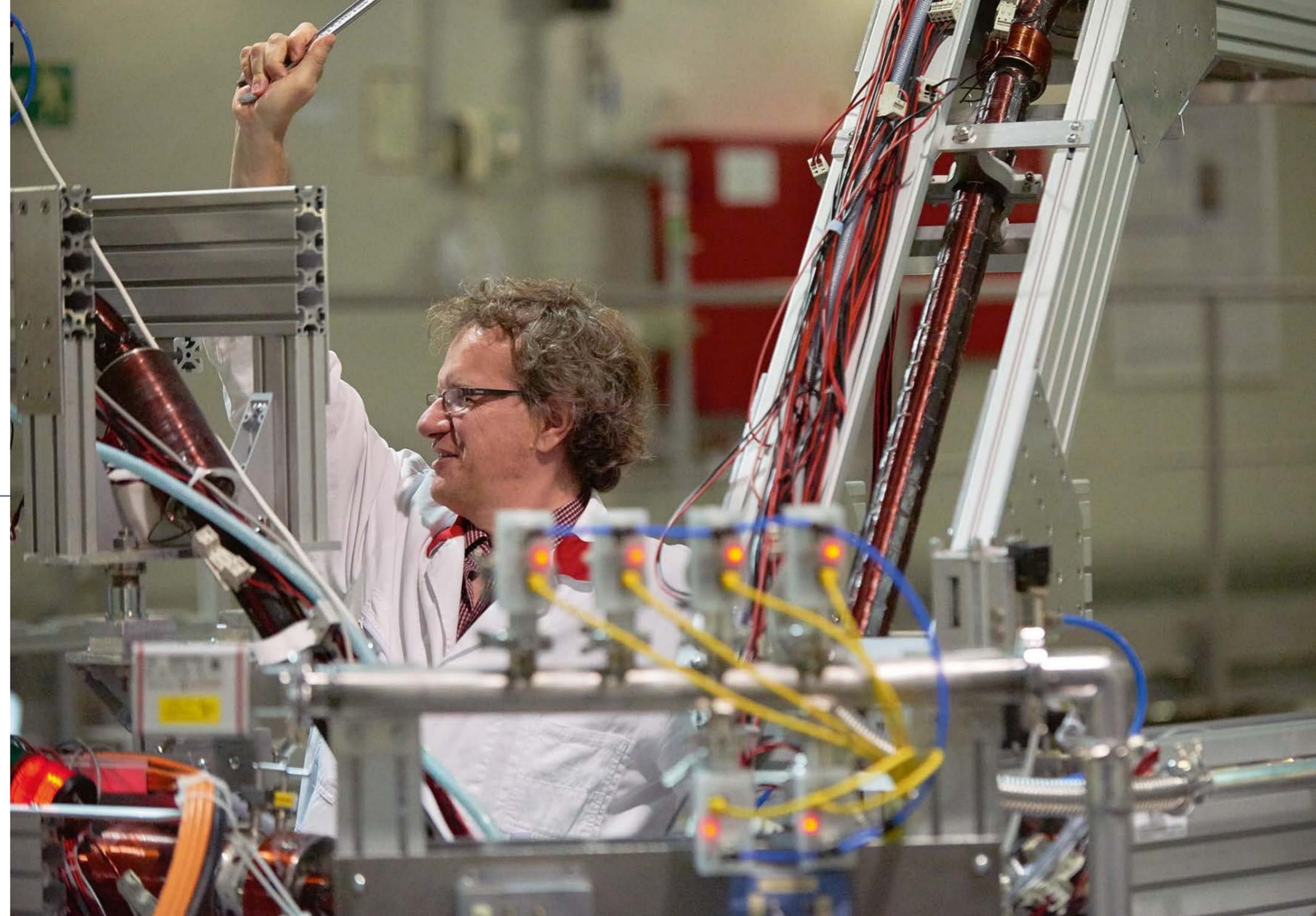
Positronen marsch!  
Positrons march!

**E**in Exot zwischen den Neutronen-Instrumenten ist die Positronenquelle NEPOMUC (NEutron induced POSitron source MUniCh). Sie bietet eigene Messinstrumente, die permanent erweitert und optimiert werden. Der Instrumentwissenschaftler Prof. Dr. Christoph Hugenschmidt nimmt für die Umbauten den Taktstock, pardon, den Schraubenschlüssel in die Hand.

Am Instrument NEPOMUC wird der Positronenstrahl für Grundlagenexperimente und Materialforschung genutzt. Positronen können Defekte im Atomgitter aufspüren und gleichzeitig die Atomsorten unterscheiden. So haben Forscher:innen unter einer Schicht von 500 atomaren Aluminiumlagen an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) eine einzelne Lage aus Zinnatomen zerstörungsfrei mit Positronen nachgewiesen. Auch Fehlstellen von Atomen im Gitter werden von den Positronen detektiert. So können Positronen unter zehn Millionen Atomen ein fehlendes Atom aufspüren. Selbst wenige fehlende Atome können bei mechanischer Belastung des Materials zu Rissen führen.

**A** true exotic instrument among all the neutron instruments is the positron source NEPOMUC (NEutron induced POSitron source MUniCh). It offers several measuring instruments of its own, which are also permanently extended and optimized. Instrument scientist Professor Christoph Hugenschmidt takes the baton (wrench) in his hand for the modifications at the NEPOMUC.

At the NEPOMUC instrument, the positron beam is used for fundamental experiments and materials research. Positrons can detect defects in the atomic lattice and at the same time distinguish between atomic species. For example, with positrons at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) researchers have non-destructively detected a single layer of tin atoms under a layer of 500 atomic aluminium layers. Missing atoms in the lattice are also detected by the positrons, and in fact, positrons can detect one missing atom among ten million atoms. Even these small amounts of missing atoms can lead to cracks when the material is mechanically stressed.



JULI 2014

Afrikanischer Tanzboden  
A dance floor made in Africa

**F**acharbeiter verlegen einen neuen Tanzboden für das Instrument KOMPASS (KOeln-Münchner auf Polarisations-Analyse Spezialisiertes Spektrometer) in der Neutronenleiterhalle West.

Auf dem glattgeschliffenen Steinboden können sich die tonnenschweren Geräte mit Zehntelmillimeterpräzision auf so genannten Luftlagern fortbewegen. Das Gestein (Gabro) ist besonders spannungsarm und lässt sich in großen Platten eben herstellen. Er stammt aus einem Steinbruch in Südafrika. Das Dreiachsenspektrometer KOMPASS „tanzt“ auf dem Boden und ermöglicht Untersuchungen von komplexen und schwachen magnetischen Strukturen und deren Dynamik.

**W**orkers lay a new dance floor for the KOMPASS (Cold triple-axis spectrometer with polarisation analysis) instrument in the Neutron Guide Hall West.

On the smoothly ground and polished stone floor, instruments weighing several tons can move with tenths of a millimeter precision by air bearings. The stone (Gabro) is free of tension and can be produced in very flat planes. It comes from a quarry in South Africa. The triple-axis spectrometer KOMPASS moves gently on this floor, enabling investigations of both complex and weak magnetic structures and their dynamics.



JANUAR 2017

Gruppenbild mit Quelle  
Group picture with source

**H**inter einer Neuentwicklung stehen nicht nur eine geniale Idee, sondern auch Ingenieur:innen und Techniker:innen, die sie verwirklichen. Die Projektgruppe der ultrakalten Neutronenquelle präsentiert den Testaufbau im Beschleunigerlabor (v. l. n. r.): Stefan Wenisch, Werner Adler, Johann Schilcher, Andreas Frei, Stephan Wlokka, Thomas Deuschle, Christian Bocquet.

Im Januar 2017 befindet sich die Quelle ultrakalter Neutronen in der Entwicklungsphase. Sie soll das Spektrum der Neutronen am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) erweitern. Die Geschwindigkeit von ultrakalten Neutronen ist vergleichbar mit der Geschwindigkeit eines Radfahrers ( $< 10$  m/s). Im Gegensatz zu schnelleren Neutronen können ultrakalte Neutronen für längere Zeit mit Hilfe von Magnetfeldern oder Flaschen aus geeigneten Materialien gespeichert und beobachtet werden. Hierbei ist die Speicherzeit im Prinzip nur durch die Lebensdauer des freien Neutrons (ca. 15 Minuten) begrenzt.

**E**very new development is not only made possible by an ingenious idea, but also by engineers and technicians. Shown here is the project group of the ultracold neutron source jointly presenting the test setup in the accelerator laboratory (from left to right): Stefan Wenisch, Werner Adler, Johann Schilcher, Andreas Frei, Stephan Wlokka, Thomas Deuschle, Christian Bocquet.

In January 2017, the ultracold neutron source is in the development phase. It is intended to extend the spectrum of neutrons at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ). The speed of ultracold neutrons is comparable to the speed of a cyclist ( $< 10$  m/s). In contrast to faster neutrons, ultracold ones can be stored and observed for a longer time using magnetic fields or flasks made of suitable materials. Here, the storage time is in principle limited only by the lifetime of the free neutron (approx. 15 minutes).



FEBRUAR 2017

Antimaterie im Sekundentakt  
Antimatter every second

**D**as Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) bietet nicht nur Messmöglichkeiten mit Neutronen, sondern auch mit Positronen, den Antiteilchen der Elektronen.

Antimaterie klingt zwar nach Science-Fiction, hat aber lebenspraktische Anwendungen. So untersuchten Dr. Thomas Gigl (l.) und Dr. Stefan Seidlmayer Lithium-Ionenakkus mit Hilfe von Positronen. Das Instrument NEPOMUC (NEutron induced POsitrone source MUniCh) ist unangefochten die intensivste Quelle langsamer Positronen der Welt. Sie erzeugt eine Milliarde Positronen pro Sekunde, das ist bis zu 1.000 Mal mehr als vergleichbare Anlagen.

**T**he Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) offers measurement capabilities not only with neutrons, but also positrons, the antiparticles of electrons.

Antimatter may sound like science fiction, but it has very practical applications. Dr. Thomas Gigl (left) and Dr. Stefan Seidlmayer, for example, investigated lithium-ion batteries using positrons. The NEPOMUC instrument (NEutron induced POsitrone source MUniCh) is the most intense slow positron source in the world, generating up to one billion positrons per second, which is 1,000 times more than comparable facilities.

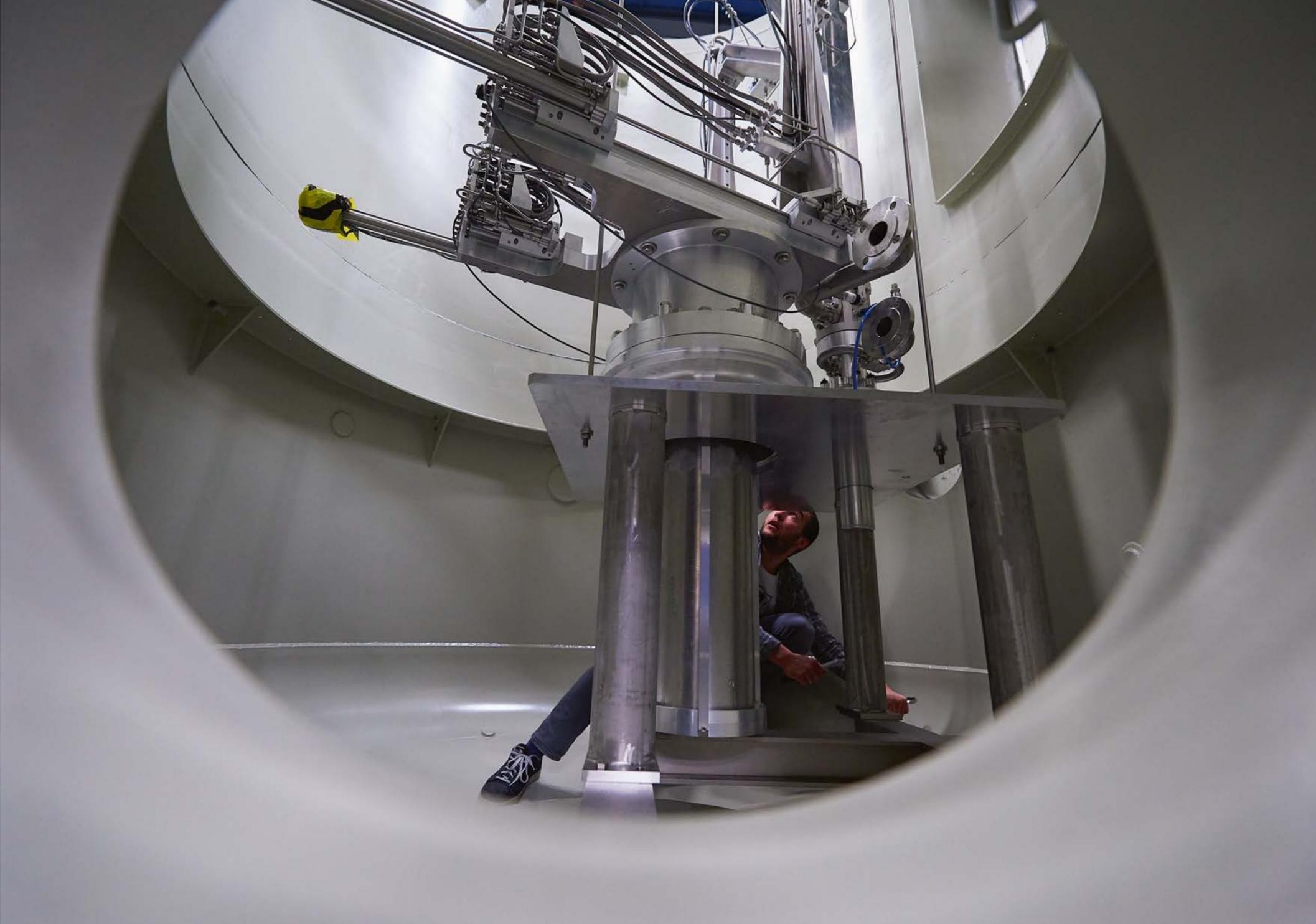


**D**as am häufigsten in der Nuklearmedizin eingesetzte Isotop ist Technetium (Tc-99m), das Tochterisotop von Molybdän-99 (Mo-99). Allein in Deutschland werden wöchentlich etwa 60.000 Untersuchungen mit Tc-99m durchgeführt. Es findet Anwendung zur Untersuchung der Schilddrüsenfunktion, aber auch zur Diagnose bei Erkrankungen anderer Organe wie Lunge, Herz, Leber, Galle und dem Skelettsystem. Zukünftig wird das Isotop Mo-99 durch Bestrahlung von Uran-Targets mit thermischen Neutronen an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) erzeugt werden.

Der Versuchsaufbau im Maßstab 1:1 stellt die Nachbildung der kompletten Kühlkanaleinheit mit den beiden Bestrahlungskanälen dar, so wie sie später in das bereits im Moderatortank montierte Fingerhutrohr eingebracht werden soll. Dieser Versuchsaufbau dient zum Testen von Be- und Entladeprozeduren der Targets sowie von Kühlprozessen.

**T**he isotope most commonly used in nuclear medicine is technetium (Tc-99m), the daughter isotope of molybdenum-99 (Mo-99). In Germany alone, about 60,000 examinations with Tc-99m are performed every week. Tc-99m is used to examine thyroid function, but also to diagnose diseases of other organs such as the lungs, heart, liver, gall bladder, and the skeletal apparatus. The isotope Mo-99 will be produced in the future at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) by irradiating uranium targets with thermal neutrons.

The experimental setup on a scale of 1:1 represents the replica of the complete cooling channel unit with the two irradiation channels, as it will later be inserted into the thimble tube already mounted in the moderator tank. This experimental setup is used for test loading and unloading procedures of the targets as well as cooling processes.



APRIL 2017

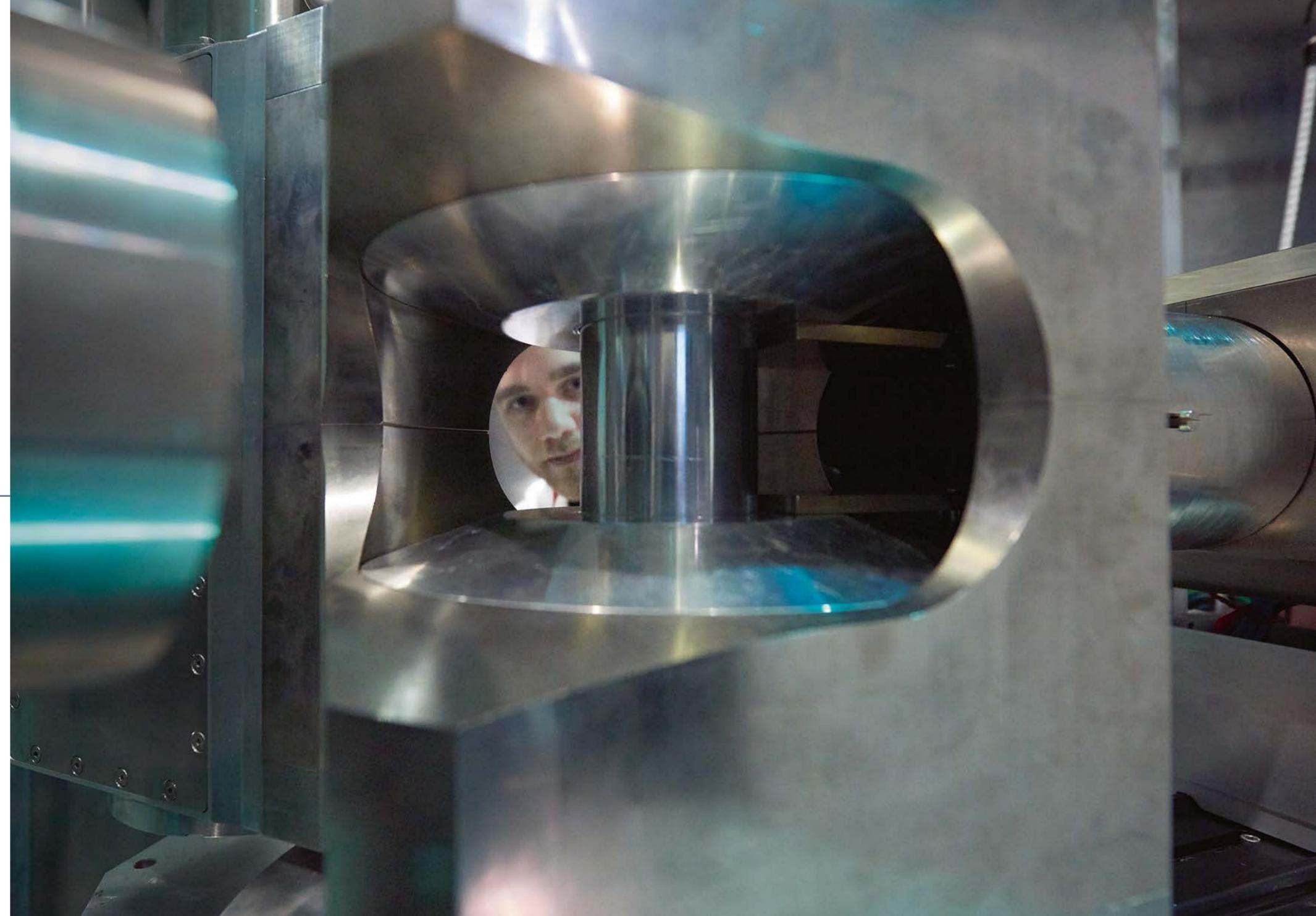
Heiß und einzigartig  
Hot and unique

**Z**wischen den Polen in einem supraleitenden Magneten: Doktorand Henrik Thoma kontrolliert den Probenort für ein Experiment am Einkristalldiffraktometer POLI (POLarized hot neutron diffractometer).

Das Diffraktometer POLI verwendet polarisierte heiße Neutronen, um komplexe magnetische Strukturen in einkristallinen Proben zu untersuchen. Speziell für heiße Neutronen ist diese Konfiguration unter Verwendung unterschiedlicher Wellenlängen weltweit einzigartig.

**B**etween the poles of a superconducting magnet: PhD student Henrik Thoma is observing the sample location for an experiment on the POLarized hot neutron diffractometer (POLI).

The diffractometer POLI uses polarized hot neutrons to study complex magnetic structures in single-crystal samples. Specifically for hot neutrons of many different wavelengths, this is a unique configuration in the world.

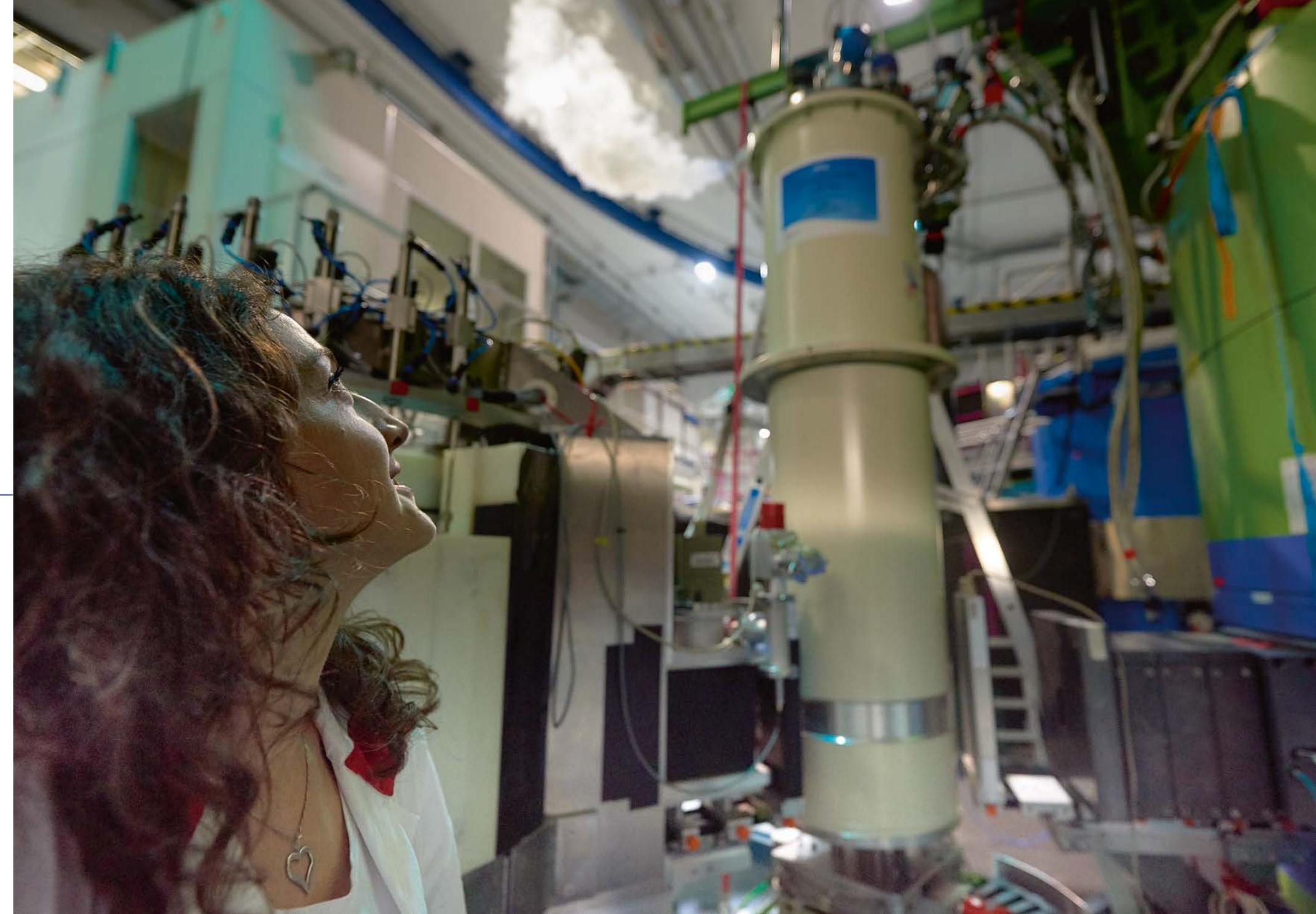


**D**as kalte Dreiachsenspektrometer PANDA (Akronym steht für „Polarisation“, „Analyse“, „Neutronen“ und „Dreiachsenspektrometer“) bietet Messmöglichkeiten mit Hochfeldmagneten für Gastwissenschaftler:innen. Zusätzlich zu wissenschaftlichen Experimenten erhalten Studierende die Möglichkeit für Praktika (s. Foto).

Seit die Born-Oppenheimer-Näherung im Jahr 1927 formuliert wurde, geht man in vielen Fällen davon aus, dass sich Atomkerne und Elektronen gegenseitig in ihren Bewegungen nur in Ausnahmefällen in Festkörpern beeinflussen, weil sich die Teilchen stark in ihrer Masse unterscheiden. Bei ihren Messungen am Instrument PANDA fanden Forscher:innen jedoch etwas Überraschendes: Kopplungen zwischen den Bewegungen der Atomkerne und den Elektronen, die es laut der Born-Oppenheimer-Näherung nicht geben dürfte. Ihre Ergebnisse zeigten: Die Wechselwirkung zwischen Gitterschwingungen und Elektronen führt zu neuen Energiezuständen der Elektronen. So stießen Forscher:innen hier an die Grenzen eines Eckpfeilers der Physik.

**T**he cold triple-axis spectrometer (TAS) PANDA (acronym meaning „Polarisation“, „Analyse“, „Neutronen“, and „Dreiachsenspektrometer“) offers its key capability to visiting scientists: measuring low-energy magnetic excitations. The TAS PANDA instrument also provides students with the possibility to experiment using cryomagnets in the framework of practical courses (photo).

Since 1927, according to the Born-Oppenheimer approximation, it has been assumed that atomic nuclei and electrons influence each other's motions only in rare and exceptional cases in solids because the particles differ greatly in their mass. However, in their measurements at the TAS PANDA instrument, researchers found something surprising: couplings between the motions of atomic nuclei and electrons that should not exist according to the Born-Oppenheimer approximation. Their results showed that the interaction between lattice vibrations and electrons leads to new energy states of the electrons. Thus, researchers here have reached the limits of a cornerstone in physics.



SEPTEMBER 2017

Stopfen auf für ultrakalte Strahlen  
Plug opened for ultracold beams

**D**ie Ingenieure Elbio Calzada (l.) und Dr. Linus Willerding bereiten den Tausch des Strahlrohrstopfens SR6a in der Experimentierhalle vor.

Um die Neutronen aus dem Reaktorbecken zu den wissenschaftlichen Instrumenten zu leiten, ragen elf Strahlrohre ins Reaktorbecken. Diese Strahlrohrstopfen verschließen die Rohröffnungen in der 1,80 m dicken Beckenwand. Der zu tauschende Verschluss ist ein Blindstopfen. Das einzige horizontal durchgängige Strahlrohr wurde bisher noch nicht für die Forschung genutzt. Um hier die Experimente mit ultrakalten Neutronen anschließen zu können, wird ein neuer Stopfen mit einer zentralen Öffnung gebraucht. Dieser soll den Weg für ultrakalte Neutronen freimachen und dadurch das Forschungsspektrum an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) erweitern.

**E**ngineers Elbio Calzada (left) and Dr. Linus Willerding prepare the beam tube plug exchange in the experiment hall.

In order to guide the neutrons from the reactor pool to the scientific instruments, a total of eleven beam tubes protrude into the reactor pool. These beam tube plugs close the tube openings in the 1.80 m thick basin wall. The only horizontally continuous beam tube has not yet been used for research, and the blind plug in that beam tube needs to be replaced. In order to be able to connect the planned experiments with ultracold neutrons here, a new special plug with a central opening is required. This will open the way for ultracold neutrons in the future. The plug replacement is thus an important step that will advance the commissioning of the ultracold neutron source and expand the research spectrum at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II).



NOVEMBER 2017

Von Stopfen und Strahlen  
Of plugging and tubing

**D**er Ingenieur Dr. Linus Willerding bereitet den Tausch des Strahlrohrstopfens SR6a vor. Hier ist Fingerspitzengefühl gefragt, denn trotz schwerster Teile handelt es sich um Feinmechanik.

Ganz entscheidend für das Gelingen des Projekts ist die äußerst präzise Ausrichtung der Strahlrohrwechsellmaschine. Diese spezielle und einzigartige Apparatur muss einerseits behutsam zwischen den eng beieinanderstehenden Messinstrumenten in der Experimentierhalle positioniert, andererseits aber auch akkurat am Stopfen ausgerichtet werden. Einige Instrumente werden zu diesem Zweck teilweise ab- und umgebaut. Das ist Millimeterarbeit, denn der Platz ist sehr begrenzt.

**E**ngineer Dr. Linus Willerding prepares the plug change on the SR6a beam tube. A sure instinct is required here because despite the heavy equipment, this is precision engineering.

The extremely precise alignment of the beam tube changing apparatus is crucial for the success of the project. On the one hand, this special and unique apparatus must be carefully positioned between the closely spaced measuring instruments in the experimental hall, and on the other hand it must be accurately aligned with the beam tube plug. Some instruments are partially dismantled and reconfigured for this purpose. This requires a delicate touch and millimeter accuracy, as the space is very limited.



NOVEMBER 2017

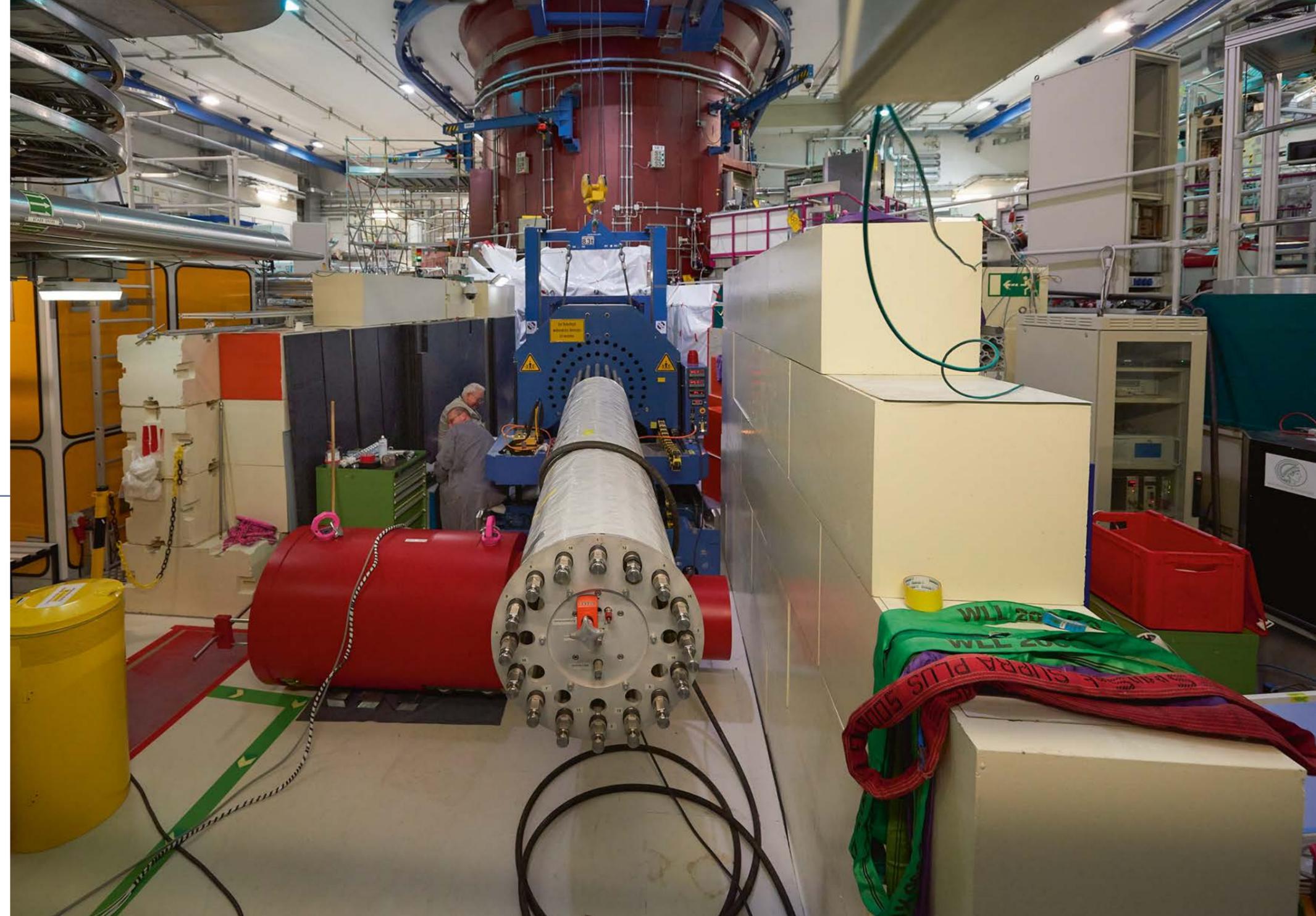
Millimeterarbeit an der Maschine  
Precision work on the machine

**T**echniker und Ingenieur bauen die acht Meter lange und zehn Tonnen schwere Strahlrohrwechselmaschine für den Tausch des Strahlrohrstopfens SR6a in der Experimentierhalle der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) auf.

Die Bewegung der Strahlrohrwechselmaschine erfolgt nur entlang einer Geraden, nach hinten oder vorne. Damit sich der Stopfen beim Ziehen oder Schieben zum Erreichen seiner passgenauen Einbaulage nicht verklemmt, müssen dessen Achse und die der Maschine perfekt aufeinander ausgerichtet sein. Die Toleranz liegt dabei unter zwei Millimetern.

**A** technician and engineer assemble the eight-meter-long, ten-ton beam tube machine for plug changing in the experiment hall of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II).

The movement of the beam tube changing apparatus is only along a straight line, towards the rear or the front. To ensure that the plug does not jam during pulling or pushing before it reaches its precisely fitted installation position, its axes and that of the apparatus must be perfectly aligned. The tolerance here is less than two millimeters.



NOVEMBER 2017

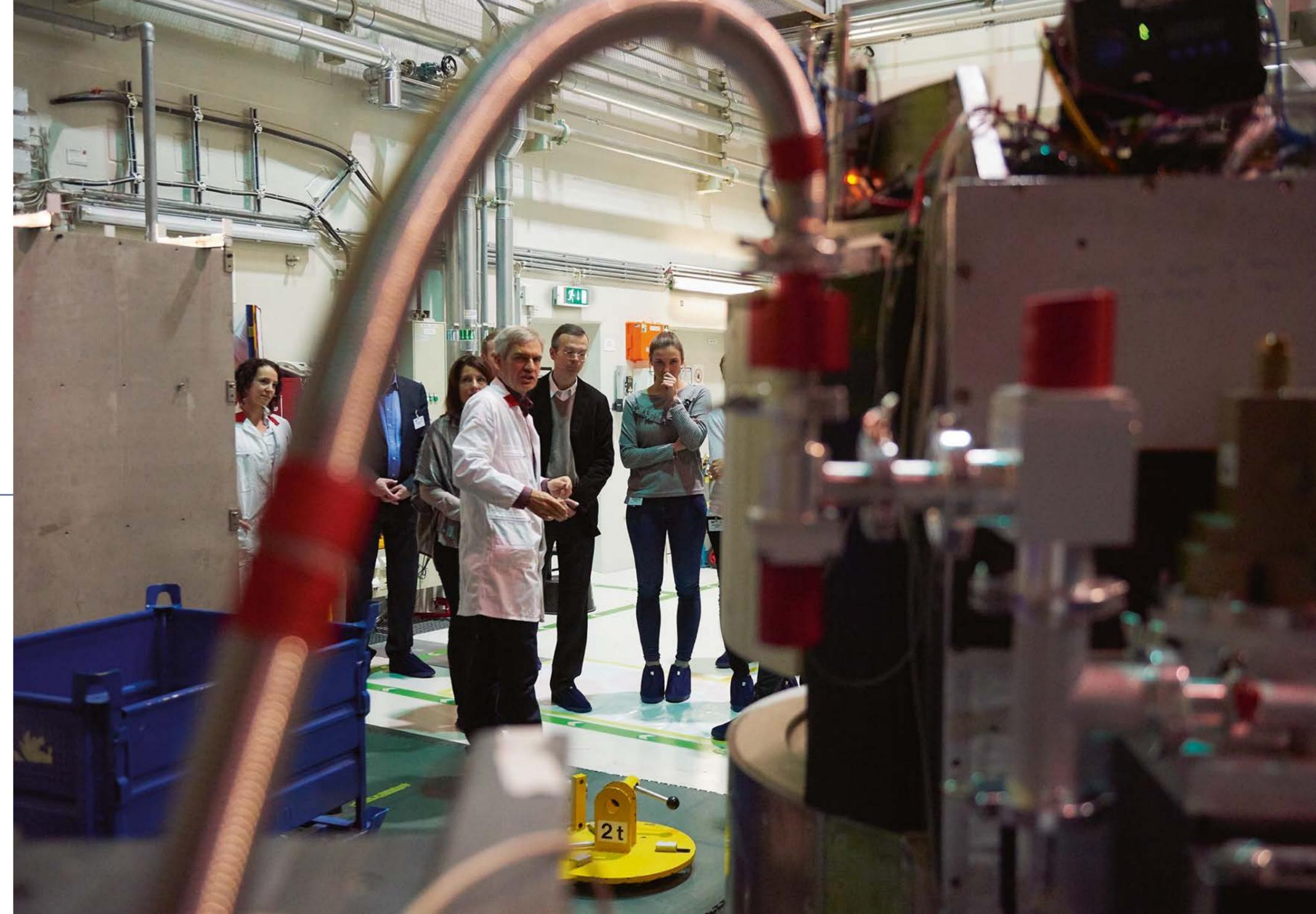
Neutronen für die Industrie  
Neutrons for industry

**W**irtschaftsvertreter:innen besichtigen mit dem Industriekoordinator der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), Dr. habil. Ralph Gilles (Mitte), das kalte Dreiachsenspektrometer PANDA.

Der FRM II bietet Messzeit für Grundlagenforschung und angewandte Wissenschaften. Etwa ein Drittel des nutzbaren Neutronenflusses ist für gemeinsame Projekte mit der Industrie und Medizin reserviert. Die Angebotspalette reicht von Materialanalysen mittels Neutronenstreuung, die an den verschiedenen Strahlrohrinstrumenten möglich sind, über die Erzeugung von stabilen und radioaktiven Isotopen bis hin zur Tumorbestrahlung. Die Neutronen des FRM II werden von der Automobil- und Halbleiterindustrie, der Luft- und Raumfahrt, den Branchen Maschinenbau, Chemie, Elektrotechnik, Medizintechnik, Umwelt und Energie sowie der Geologie und Archäologie bzw. Kunstgeschichte genutzt.

**I**ndustry coordinator of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), Dr. habil. Ralph Gilles (center), makes a stop with industry representatives at the cold triple-axis spectrometer PANDA.

The FRM II provides measurement time for basic research and applied science. About 30% of the usable neutron flux is also reserved for joint projects with industry and medicine. The services offered range from material analyses by neutron scattering, which are possible at the various beamline instruments, to the generation of stable and radioactive isotopes and direct tumor irradiation. The neutrons of the FRM II are used by the automotive industry, the semiconductor industry, the aerospace industry, the branches of mechanical engineering, chemistry, medical technology, environmental science, energy, geology, archaeology, and art history.



**Smail Zöybek vor einem Behälter für schwachaktives Abwasser im Reaktorgebäude: Der Techniker der Leichtwassersysteme an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) wurde mehrfach für seine Erfindung zur Abwasserreinigung ausgezeichnet, zuletzt im Jahr 2019 durch das Bayerische Staatsministerium der Finanzen und für Heimat auf dem internationalen Innovationskongress „iENA: Ideen – Erfindungen – Neuheiten“ in Nürnberg.**

Bereits im Jahr 2018 prämierte der Bayerische Staatsminister für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, Dr. Ludwig Spaenle, Zöybek für seine Erfindung des Filtersystems für das mittelradioaktive Abwasser am FRM II. Die „simple Idee“, wie Zöybek seine Innovation nennt, spart der Forschungs-Neutronenquelle jährlich 800.000 Euro. Statt mehrerer Fässer mit mittelradioaktiver Flüssigkeit müssen nur die selbstgenähten Beutelfilter aus Polyester-Nadelfilz entsorgt werden, welche die radioaktiven Ionen aus dem Abwasser herausfiltern. Das gereinigte Wasser darf gemäß dem Wasserrechtsbescheid des FRM II in die Isar geleitet werden.

**Smail Zöybek in front of a container for low-level wastewater in the reactor building: The light water systems technician at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) has received several awards for his wastewater treatment invention, most recently in 2019 by the Bavarian State Ministry of Finance and Regional Identity at the international innovation congress “iENA: Ideas – Inventions – Innovations” in Nuremberg.**

Back in 2018, the Bavarian State Minister for Education, Culture, Science and the Arts, Dr. Ludwig Spaenle, rewarded Zöybek for the filter system invention for medium-level radioactive wastewater at FRM II. The “simple idea,” as Zöybek calls his innovation, saves the research neutron source 800,000 euros annually. Instead of several barrels of medium-level radioactive liquid, only the self-sewn bag filters made out of polyester needle felt to filter the radioactive ions out of the wastewater need to be disposed of. The purified water may be discharged into the Isar river in accordance with the FRM II water rights decree.

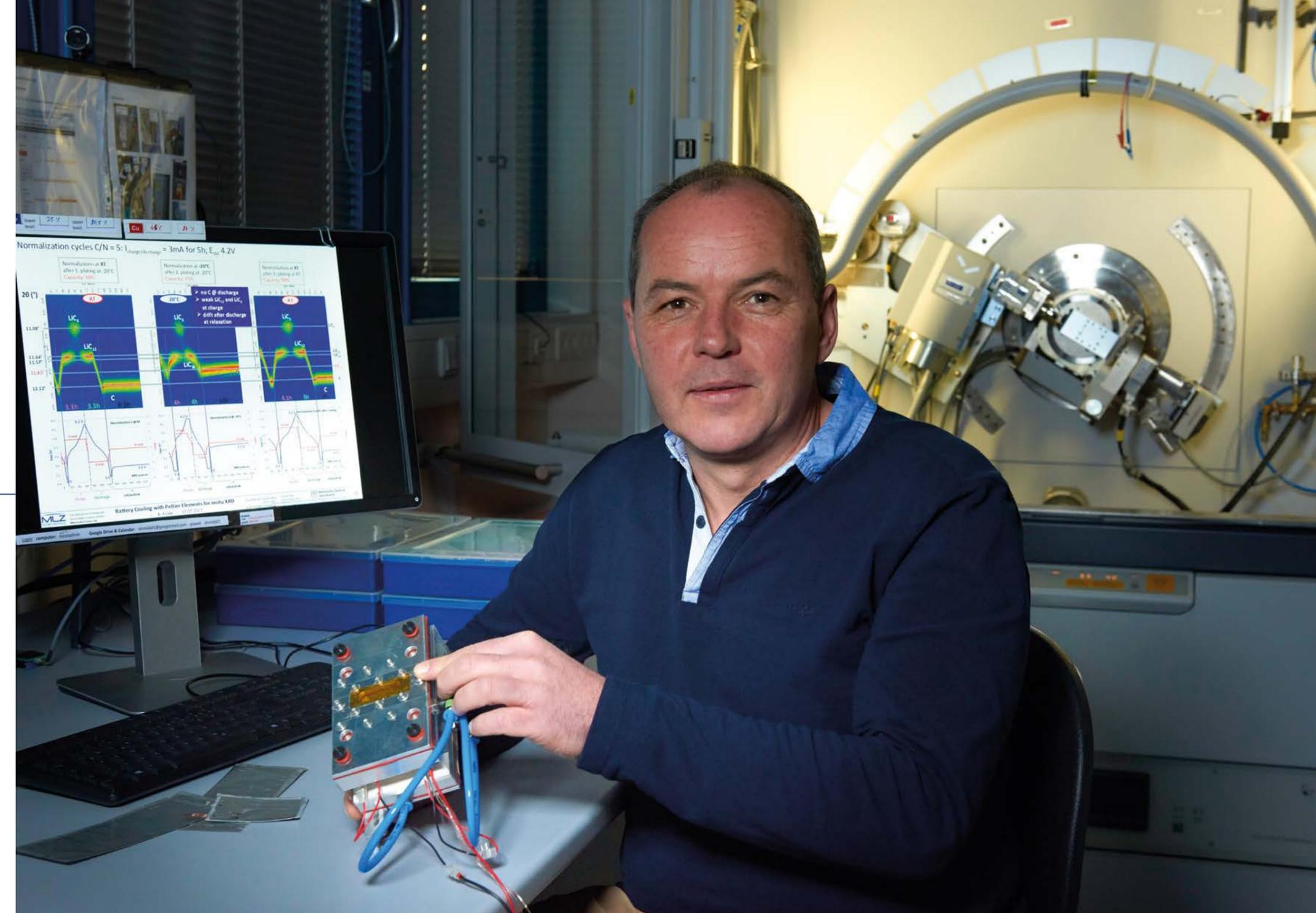


**B**ei Minusgraden lässt die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer einer Batterie erheblich nach, und bei hohen Temperaturen kommt es in ihr schnell zu Defekten. Ein Umstand, der v. a. für die Elektromobilität von Bedeutung ist, bei der die Batterien im Sommer und im Winter bestmöglich funktionieren sollten.

Für In-Situ-Röntgenuntersuchungen von Akkus in Form so genannter Pouchzellen hat Ingenieur Armin Kriele eine kombinierte Heiz- und Kühlvorrichtung entworfen und patentiert. Mittels Röntgenmessung kann das Verhalten chemischer Elemente einer Batterie z. B. während Lade- und Entladezyklen bei unterschiedlichen Temperaturen untersucht werden. Im Materials Science Lab präsentiert Kriele seine selbstentwickelte Zusatzeinrichtung für Röntgendiffraktometer (im Hintergrund). Sie macht Messungen an Akkus exakter. Eine solche Messung ist auf dem Bildschirm zu sehen und einige Pouchzellen liegen auf dem Tisch.

**A**t sub-zero temperatures, the performance and service life of a battery decreases considerably, and at high temperatures the battery quickly becomes defective. These considerations are particularly important in the field of electromobility, where batteries need to function optimally both in summer and in winter.

With the in-situ investigation of batteries in the form of so-called pouch cells in mind, our engineer, Armin Kriele, designed and patented a combined heating and cooling device. In the Materials Science Lab, Kriele presents an additional device for X-ray diffractometers, which he himself developed (in the background). X-ray measurements can be used to study the behavior of chemical elements in a battery, e.g. during charge and discharge cycles at different temperatures. It makes measurements on batteries more accurate. One such measurement can be seen on the screen; some pouch cells are displayed on the table.



**Instrumentwissenschaftler Dr. Michael Hofmann (l.)  
bereitet mit Kollegen eine Zugapparatur vor.**

Am Instrument STRESS-SPEC (Materialforschungsdiffraktometer) ermitteln Forscher:innen die Eigenspannung in technischen Bauteilen und Werkstücken, die die Lebensdauer eines Bauteils entscheidend beeinflusst. Das Instrument STRESS-SPEC kann dazu Eigenspannungen zerstörungsfrei bis in große Tiefen des Bauteils messen. Dabei nutzen die Forscher:innen aus, dass Atome in Metallen und Legierungen feste Gitterabstände einnehmen. Diese kann das Neutronendiffraktometer mit großer Genauigkeit bestimmen. Aus der Kenntnis der Gitterdehnung bzw. -stauchung werden in Verbindung mit materialspezifischen Konstanten die Spannungszustände bestimmt.

**Instrument scientist Dr. Michael Hofmann (left)  
prepares with colleagues a stress rig for tensile loading.**

Researchers use the STRESS-SPEC materials science diffractometer to determine the residual stress in technical components and workpieces, which have a decisive influence on their service life. The STRESS-SPEC instrument can measure residual stress non-destructively down to great depths in the component. The researchers exploit the fact that atoms in metals and alloys have fixed lattice spacings. The neutron diffractometer can determine these with great accuracy. From the knowledge of the lattice strain or compression, the stress states are determined in conjunction with material-specific constants.



**N**eutronen helfen, bessere Impfstoffe zu entwickeln und die spezifische Anwendung von mRNA als Krebsmedikament zu erforschen. Die durch ihre Corona-Impfstoffe bekannt gewordenen Pharmaunternehmen AstraZeneca und BioNTech haben die Neutronen am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) schon vor der COVID-19-Pandemie für ihre Forschung genutzt.

Die Messungen dazu fanden am Instrument KWS-2 des Forschungszentrums Jülich mit dem wissenschaftlichen Team der Kooperationspartner statt. Mit Hilfe von Neutronenstreuung untersuchten die Forscher:innen neue Ansätze für die Verpackung und Auslieferung der Boten-RNA. Unter anderem zeigten sie, dass sich die Effizienz der Einschleusung in die menschliche Zelle durch die richtige Kombination von Materialien für den Aufbau der Nanopartikel erhöhen lässt. Die Forscher:innen berichteten zusammen mit der Firma BioNTech 2020 im Fachjournal „Cells“, dass Hybrid-Nanopartikel, die sowohl Lipide als auch Polymere enthalten, ihre Fracht besser in die Zellen schleusen als reine Lipid- oder Polymer-Nanopartikel.

Hier auf dem Foto zu sehen ist Instrumentwissenschaftlerin Dr. Judith Houston am Kleinwinkeldiffraktometer KWS-2.

**N**eutrons are helping to develop better vaccines and specifically explore the use of mRNA as a cancer drug. Pharmaceutical companies AstraZeneca and BioNTech, known for their Corona vaccines, have already been using neutrons at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) before the COVID-19 pandemic.

Measurements concerning vaccine research were carried out at the KWS-2 instrument operated by Forschungszentrum Jülich at MLZ with the help of the scientific team of the cooperation partners. Using neutron scattering, the researchers were investigating several new approaches for packaging and delivering messenger RNA. Among other things, they were showing that the efficiency of delivery into human cells can be increased by using the right combination of materials to assemble the nanoparticles. Better than pure lipid or pure polymer nanoparticles, suitably constructed hybrid nanoparticles containing both lipids and polymers smuggle their cargo into cells, as the researchers with the company BioNTech reported in the journal Cells in 2020.

In this photo, instrument scientist Dr. Judith Houston is pictured at the small angle diffractometer KWS-2.

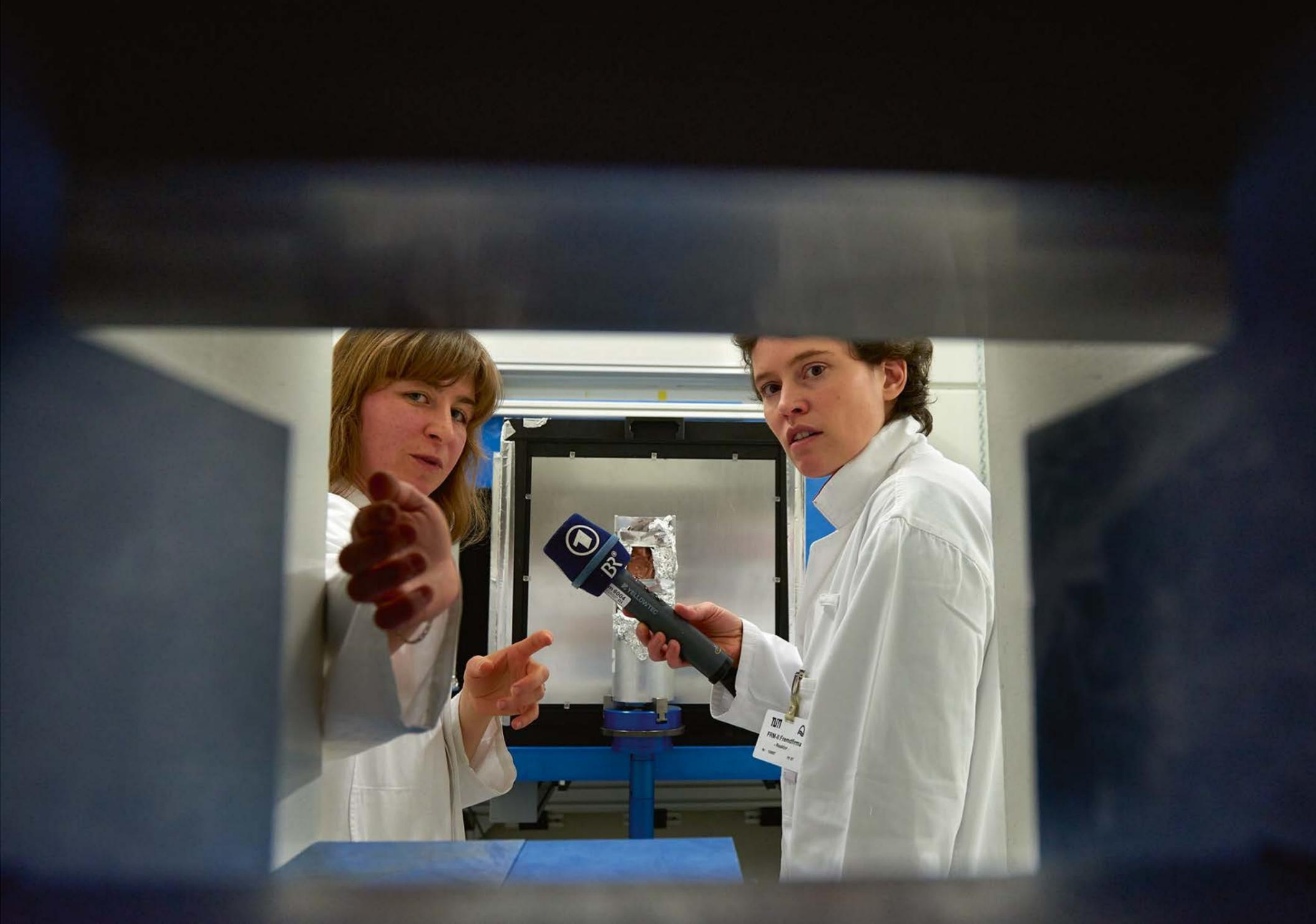


**D**rei über 60 Millionen Jahre alte Oviraptoren-Eier locken den Bayerischen Rundfunk zu Radio- und Filmaufnahmen an das Instrument NECTAR (Neutronen-Computertomographie und Radiographie) zu Instrumentwissenschaftlerin Dr. Malgorzata Makowska (l.).

Paläontolog:innen der Universität Bonn untersuchen mit Wissenschaftler:innen aus Taiwan, der Schweiz und dem Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ), wie weit die Entwicklung der Embryonen in drei 67 Millionen Jahre alten Oviraptoreneier-Fossilien aus dem Ganzhou-Becken der chinesischen Jiangxi-Provinz fortgeschritten war. Die zerstörungsfreie Untersuchung der Dinosaurier-Eier erfolgt an dem Instrument NECTAR am MLZ mittels Neutronenradiographie bzw. Neutronentomographie. Dabei zeigt sich, dass sich die Oviraptoren unterschiedlich rasch in ihren Eiern entwickelten und sie in dieser Hinsicht modernen Vögeln ähneln. Die Forschungsergebnisse sind im Journal „Integrative Organismal Biology“ veröffentlicht.

**T**hree oviraptor eggs, more than 60 million years old, bring the Bayerischer Rundfunk to the NECTAR (NEutron Computed Tomography And Radiography) tomography facility and instrument scientist Dr. Malgorzata Makowska (left) for radio and film recordings.

Paleontologists from the University of Bonn, together with scientists from Taiwan, Switzerland, and the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ), are investigating the different stages of embryonic development in three 67-million-year-old oviraptor egg fossils from the Ganzhou Basin of Jiangxi Province in China. Non-destructive examination of the dinosaur eggs is performed with the NECTAR instrument at MLZ using neutron radiography and neutron tomography, respectively. The results show that the oviraptors developed at different rates in their eggs, and that they resemble modern birds in this respect. These results have been published in the journal “Integrative Organismal Biology”.



JUNI 2018

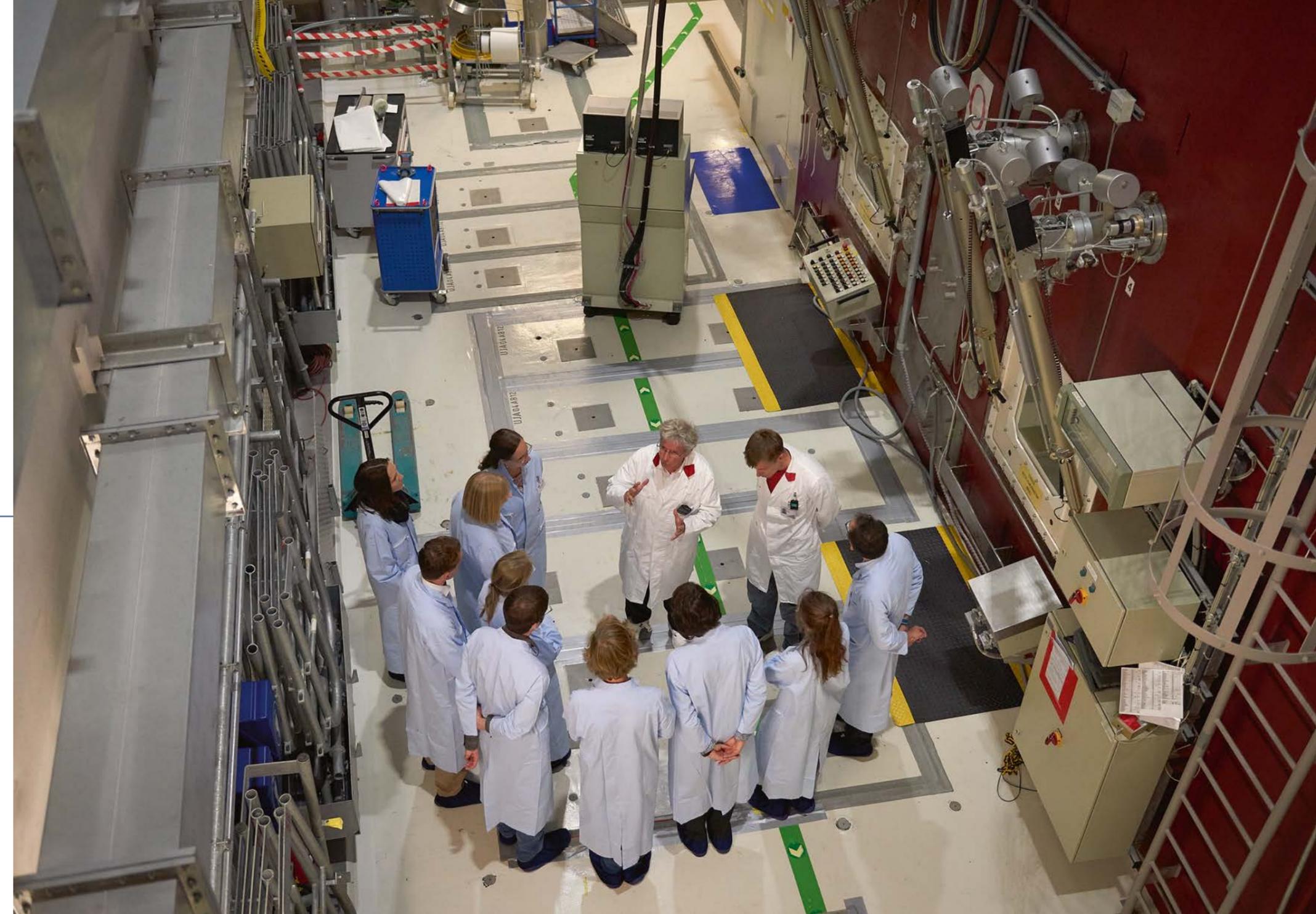
Blick auf die heiße Zelle  
A glance at the hot cell

**R**egelmäßig besuchen Studierende des Elitenetzwerks Bayern die Neutronenquelle. Der ehemalige Wissenschaftliche Direktor Prof. Dr. Winfried Petry führt eine Gruppe hinter das Reaktorbecken zur so genannten „heißen Zelle“.

Der freie Zugang zum Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) für Besucher:innen und Wissenschaftler:innen aus der ganzen Welt war für Professor Petry immer von großer Bedeutung: „Eine Hochflussneutronenquelle muss die attraktivste Wissenschaft anziehen, denn Exzellenz in der Wissenschaft lebt vom Wettbewerb. Dieser ist nicht nur Konkurrenz, sondern auch Zusammenarbeit und gegenseitige Stimulation.“ Im Oktober 2018 wurde Professor Petry zum TUM Emeritus of Excellence ernannt – 23 Jahre lang stand er dem Forschungsreaktor als Wissenschaftlicher Direktor vor. Zudem war er Dekan der Fakultät für Physik und Gründungsdirektor des MLZ, welches im Jahr 2013 gegründet wurde.

**S**tudents from the Elite Network Bavaria regularly visit the neutron source. Here, former Scientific Director Professor Winfried Petry leads a group of visitors behind the reactor pool to the “hot cell”.

For Professor Petry, the question of open access to the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) for visitors and scientists from all over the world was never in doubt from the very beginning: “A high-flux neutron source must attract the most attractive science, because excellence in science thrives on competition. This is not only competition, but also collaboration and mutual stimulation.” In October 2018, Professor Petry was named TUM Emeritus of Excellence – for 23 years, Professor Petry presided over the research reactor as Scientific Director, and he was also Dean of the Faculty of Physics, and founding Director of the MLZ which was established in 2013.



**JUNI 2018**

**Ausgezeichnete Forschung  
Excellent research**

**Instrumentwissenschaftler Dr. Thomas Keller bereitet am Dreiachsenspektrometer TRISP (TRiple-axis SPin echo spectrometer) ein Experiment vor.**

Am Instrument TRISP erforschen Wissenschaftler:innen das Phänomen der Supraleitung. Dazu untersuchen sie die Wechselwirkungen zwischen den stromleitenden Elektronen und den Eigenbewegungen der Atome (Elektron-Phonon-Wechselwirkung). Den Durchbruch bei diesen Experimenten ermöglichte die weltweit einzigartige hohe Präzision, mit der die Bewegung der Atome beobachtet wurde. Für diese Entwicklungen wurde der Erbauer von TRISP, Dr. Thomas Keller vom Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart, im Jahr 2006 mit dem Wolfram-Prandl-Preis der deutschen Neutronenforscher ausgezeichnet.

**Instrument scientist Dr. Thomas Keller prepares an experiment at TRISP (TRiple-axis SPin echo spectrometer).**

At the TRISP instrument, scientists investigate the phenomenon of superconductivity. To this end, they are investigating the interactions between current-conducting electrons and the intrinsic motions of atoms (electron-phonon interaction). The breakthrough in these experiments was made possible by the singularly high precision with which the motion of the atoms was observed. For these developments, the architect of TRISP, Dr. Thomas Keller of the Max Planck Institute for Solid State Research in Stuttgart, was awarded the Wolfram-Prandl-Prize of German neutron researchers in 2006.

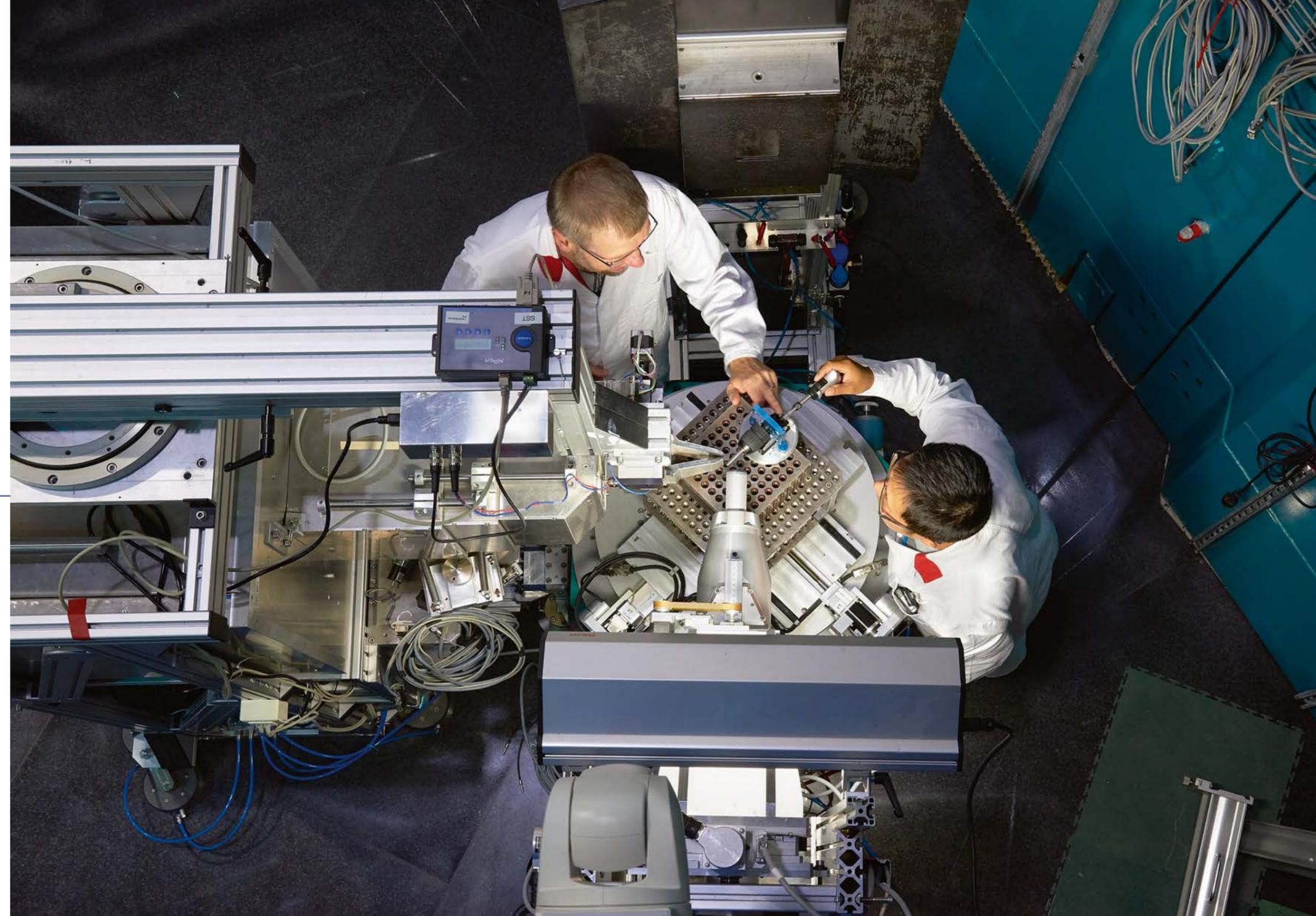


**D**ie beiden Instrumentwissenschaftler Dr. Michael Hofmann (l.) und Dr. Weimin Gan bereiten ein Experiment am Instrument STRESS-SPEC (Materialforschungsdiffraktometer) vor. Das Diffraktometer ist v. a. für Industriepartner von Interesse, die hier Eigenspannungen in Materialien messen.

Eigenspannungen entstehen z. B. während der Herstellung von Gasturbinen durch die Wärmebehandlung oder beim Umformen bzw. Schmieden von Legierungen. Am Instrument STRESS-SPEC ermitteln Wissenschaftler:innen mit Hilfe von Neutronendiffraktion diese Eigenspannungen durch die Vermessung von Atomabständen mit einer Genauigkeit von einem milliardstel Millimeter. Die Ergebnisse setzen sie in einem dreidimensionalen Puzzle zusammen und die Eigenspannungen werden so sichtbar. Der Herstellungsprozess und die Lebensdauer, z. B. eines Motors, können dadurch entscheidend optimiert werden. Ebenfalls können mögliche Risse beim Fertigen von Gasturbinenbauteilen durch die Kenntnis und entsprechende Kontrolle der auftretenden Eigenspannungen vermieden werden.

**T**he two instrument scientists, Dr. Michael Hofmann (left) and Dr. Weimin Gan, prepare an experiment on the STRESS-SPEC instrument (materials science diffractometer). The diffractometer is of particular interest to industrial partners who use it to measure residual tensions in materials.

Residual stresses arise, for example, during the manufacture of gas turbines as a result of heat treatment or during the forging of alloys. Neutrons at the STRESS-SPEC instrument determine these residual stresses by measuring atomic distances with an accuracy of one billionth of a millimeter. The scientists reassemble the results in a three-dimensional puzzle, making the residual stresses visible. The manufacturing process and the service life of an engine can be decisively optimized as a result. Possible cracks in the manufacture of gas turbine components can also be avoided by knowing and subsequently controlling the residual stresses.



**D**r. Avishek Maity bei Entwicklungsarbeiten am Instrument PUMA (Dreiachsenspektrometer mit Polarisationsanalyse und Multi-Analysator) in der Experimentierhalle.

Eine Besonderheit des Dreiachsenspektrometers PUMA ist die Möglichkeit, stroboskopische Messungen von elastischen und inelastischen Signalen mit einer Zeitauflösung von bis zu einer Mikrosekunde durchzuführen. Die Probe wird dabei periodisch von außen beeinflusst (Temperatur, elektrisches Feld oder Druck). Das zu messende Signal wird dann nicht nur in Abhängigkeit vom Impulsübertrag und der Frequenz aufgenommen, sondern erhält synchron zur Änderung des externen Parameters einen Zeitstempel. Neben der speziellen Detektorelektronik wurden für diese Messungen eigene Probenumgebungen zur zyklischen Veränderung der Temperatur, des elektrischen Feldes und des Drucks entwickelt.

**D**r. Avishek Maity during development work on the PUMA (Triple-axis spectrometer (TAS) with polarization analysis and multi-analyzer) instrument in the experimental hall.

A special feature of the thermal TAS PUMA instrument is the ability to perform stroboscopic measurements of both elastic and inelastic signals with a time resolution down to one microsecond. The sample is periodically affected by external perturbation (temperature, electric field, or pressure). The signal to be measured is then not only recorded as a function of the pulse transfer and frequency, but also receives a time stamp synchronously with the change in the external parameter. In addition to the special detector electronics, separate sample environments to cycle temperature, electric field, and pressure have been developed for these measurements.

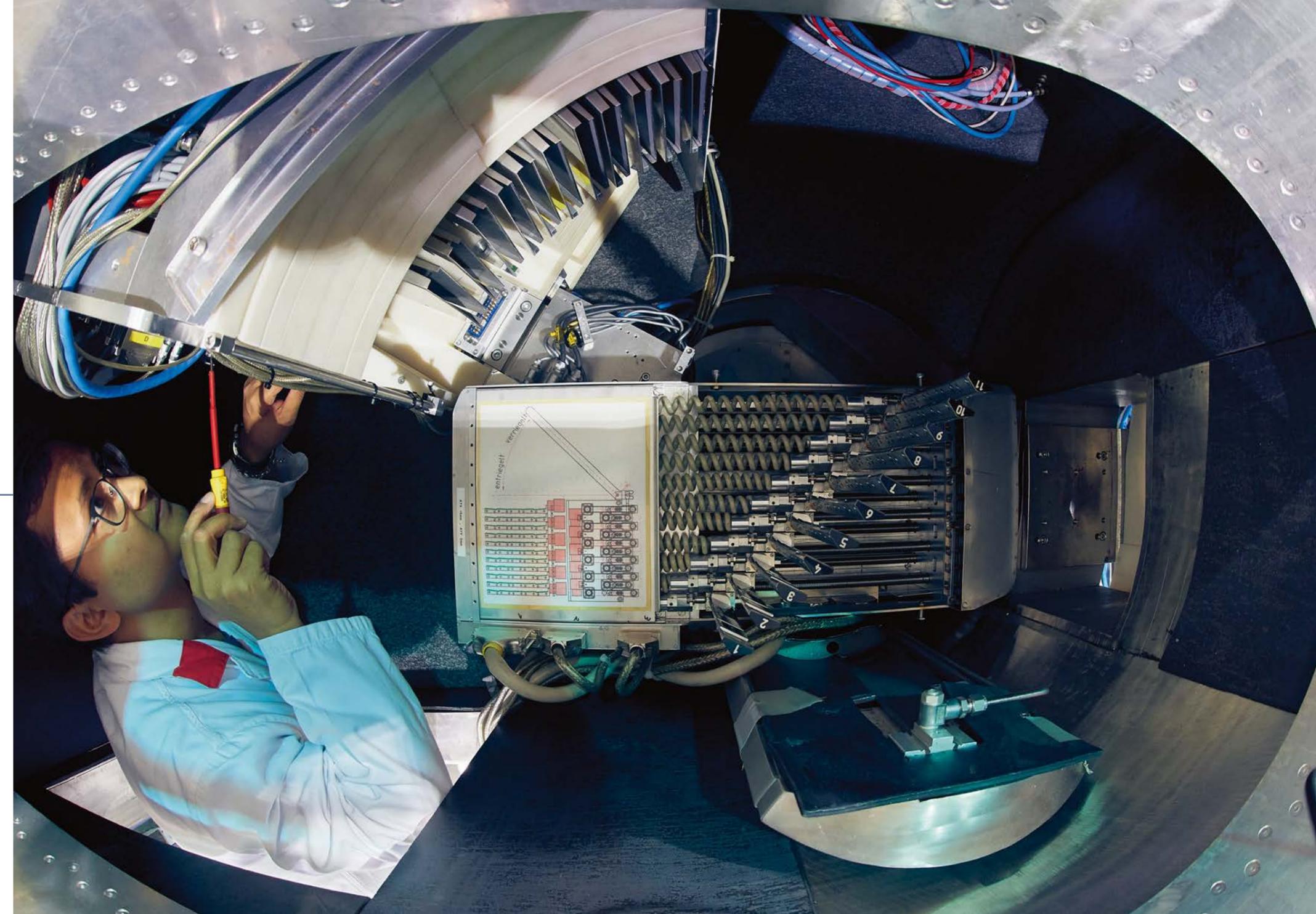


**D**ie Zeit ohne Neutronen nutzen die Instrumentwissenschaftler:innen, um ihre wissenschaftlichen Geräte umzubauen oder zu verbessern. Hier baut Dr. Avishek Maity das Multi-Analysatorsystem am Instrument PUMA (Dreiachsenspektrometer mit Polarisationsanalyse und Multi-Analysator) ein.

Der Analysator ist nach dem Monochromator und der Probe die dritte bewegliche Achse bei einem Dreiachsenspektrometer. Es gilt als Vertreter der gängigsten Spektrometerform an Forschungsreaktoren. Auch am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) gibt es vier Dreiachsenspektrometer. Das Instrument PUMA nutzen die Gastwissenschaftler:innen unter anderem, um das Phänomen der Supraleitung aufzuklären.

**T**he time without neutrons is also extensively used by the instrument scientists to rebuild or upgrade their scientific equipment. Here, Dr. Avishek Maity is installing the multi-analyzer system at the PUMA instrument (Triple-axis spectrometer with polarization analysis and multi-analyzer).

The analyzer is the third moving axis in a triple-axis spectrometer (TAS) after the monochromator and the sample. TAS instruments are considered to represent the most common form of spectrometer at research reactors. There are four TAS instruments at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ). The PUMA instrument is used by the guest scientists to elucidate the phenomenon of superconductivity, among other things.



JUNI 2018

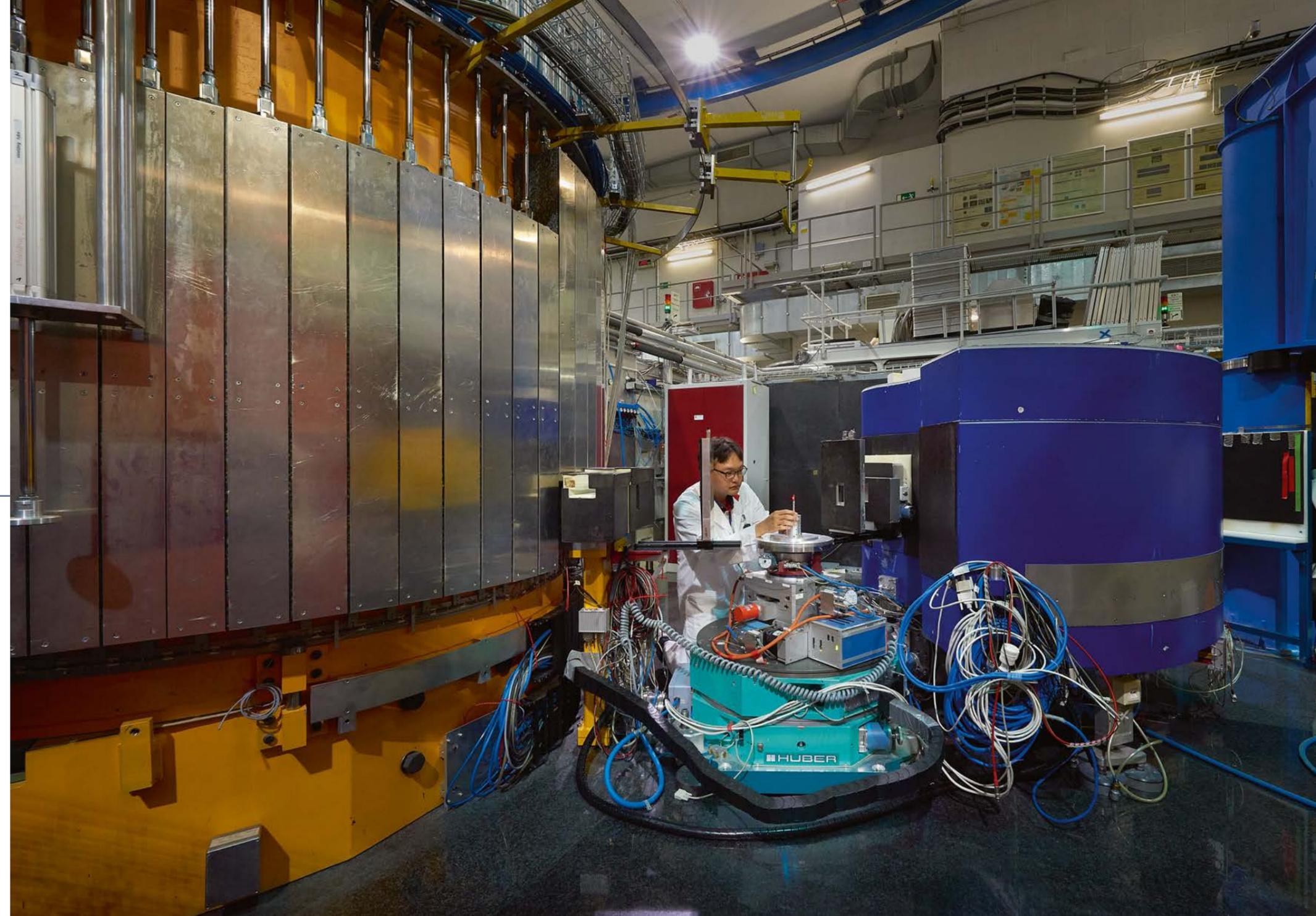
Dem Spin auf der Spur  
Tracking the spin

**E**xperimente am Instrument PUMA (Dreiachsenspektrometer mit Polarisationsanalyse und Multi-Analysator) haben eine weitere Facette zur Aufklärung der Hochtemperatur-Supraleitung beigetragen.

Untersuchungen ergaben, dass kollektive Veränderungen der Spins (elektromagnetischer Drehimpuls) von Elektronen deutlich oberhalb der Sprungtemperatur entstehen, bei der die Supraleitung einsetzt. Wenn sich viele Spins koppeln, können sich in einem Kristall elektromagnetische Bereiche mit einer Vorzugsrichtung ausbilden, so genannte nematische Phasen. In diesen sehen Wissenschaftler:innen den Schlüssel zum Verständnis des Phänomens der Hochtemperatur-Supraleitung. Daher konzentriert sich die Forschung auf die Beziehung zwischen der Spin-Dynamik in nematischen Phasen und der Hochtemperatur-Supraleitung.

**E**xperiments at the PUMA (Triple-axis spectrometer with polarization analysis and multi-analyzer) instrument have unravelled another mystery of high-temperature superconductivity.

Studies revealed that collective changes in the spins (electromagnetic angular momentum) of electrons occur well above the transition temperature at which superconductivity begins. When many spins couple together, electromagnetic regions with a preferred direction can form in a crystal, known as a nematic phase. Many scientists see nematic phases as a key to understanding the phenomenon of high-temperature superconductivity. Now, research can focus on the relationship between spin dynamics in nematic phases and high-temperature superconductivity.



JUNI 2018

Heiß, heißer, HEiDi  
Hot, hotter, HEiDi

**D**as Instrument HEiDi (Einkristall-Diffraktometer an der heißen Quelle) liefert mit Hilfe von heißen Neutronen besonders präzise Strukturinformationen. Instrumentwissenschaftler Dr. Martin Meven ermöglicht hier z. B. die Forschung an Multiferroika und Batteriematerialien.

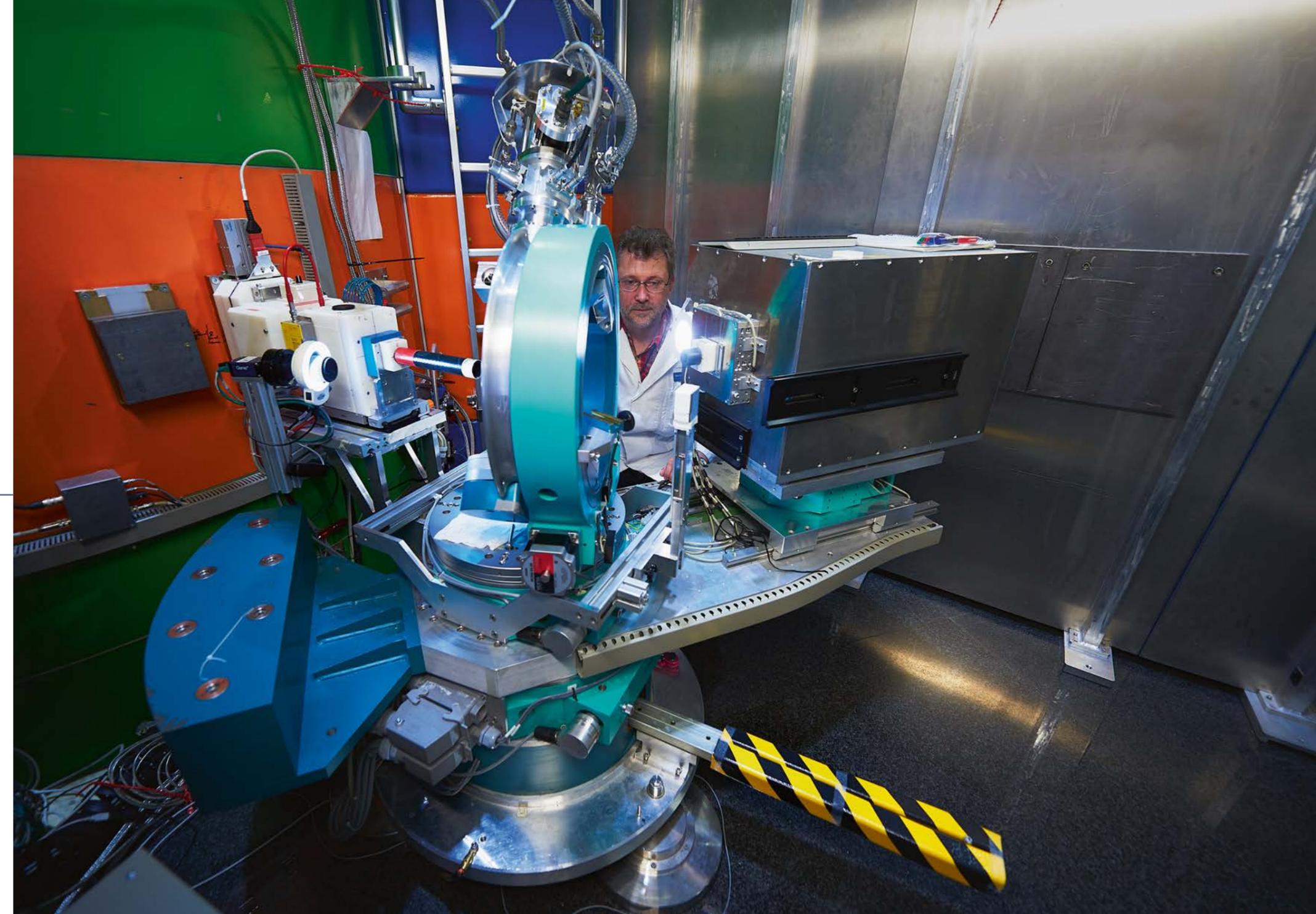
Neutronen spüren die magnetische Ordnung in Festkörpern durch ihr eigenes magnetisches Moment und werden zur Untersuchung von Verbindungen für potentielle zukünftige Sensoren, Aktuatoren und Speichermedien genutzt. Dabei steigern heiße Neutronen die Auflösung und liefern feinste Details.

Woher kommen die heißen Neutronen an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)? Ihre Quelle sitzt im Reaktorbecken und nutzt einen Graphitblock von ca. 14 kg Gewicht als Moderator. Sie ist vollisoliert und heizt sich aufgrund der im Brennelement bei der Uranspaltung entstehenden Strahlung auf ca. 2.000°C auf. So werden Neutronen des thermischen Spektrums auf Geschwindigkeiten bis mehrere tausend Kilometer pro Sekunde beschleunigt. Ein Strahlrohr leitet sie zu den beiden Einkristalldiffraktometern HEiDi und POLI (Diffraktometer mit polarisierten heißen Neutronen).

**T**he HEiDi (single crystal diffractometer on a hot source) instrument provides particularly precise structural information using hot neutrons. Instrument scientist Dr. Martin Meven offers this for research on multiferroics and battery materials, among other things.

Neutrons sense the magnetic order in solid matter using their own magnetic moment. They are used for studies on compounds for potential future sensors, actuators, and media for data storage. Hot neutrons raise the resolution capability and thus reveal tiny structural details.

Where do the hot neutrons at the research neutron source Heinz Maier Leibnitz (FRM II) come from? Their source is located in the reactor pool and uses a block of graphite with a mass of about 14 kg as a moderator. It is fully isolated and heats up to about 2,000°C by the radiation generated during the uranium fission process in the fuel element. In this way, neutrons of the thermal spectrum are accelerated to several thousand kilometers per second. A beam tube guides them to the two single crystal diffractometers HEiDi and POLI (diffractometer with polarized hot neutrons).



JUNI 2018

Einstein in der Experimentierhalle  
Einstein in the experimental hall

**D**ie weltweit intensivste Quelle für langsame Positronen, den Antiteilchen der Elektronen, steht in der Experimentierhalle der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II).

Positronen entstehen am FRM II, wenn thermische Neutronen auf das Kadmium in der Spitze des Strahlrohrs treffen und dadurch hochenergetische Gammastrahlen freisetzen. Über Platinfolien wird die Energie der Gammastrahlen gemäß der Einsteinschen Formel  $E = mc^2$  in Masse umgewandelt: Es entstehen Elektronen und zu gleichen Teilen ihre Antiteilchen, die Positronen. Durch Anlegen einer positiven Hochspannung werden die Positronen extrahiert, die wiederum über magnetische Felder zu den Experimenten geleitet werden.

Im Bild simuliert ein Forscher Fusionsplasmen u. a. für die zukünftige Stromerzeugung.

**T**he world's most intense source of slow positrons, the antiparticles of electrons, can be found in the experiment hall of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II).

Positrons are created at FRM II when thermal neutrons from the moderator tank strike the cadmium in the tip of the beam tube, thereby releasing high-energy gamma rays. Via platinum foils placed in the cadmium cap, the energy of the gamma rays is converted into mass according to Einstein's formula  $E = mc^2$ : Electrons and, in equal parts, their antiparticles, positrons, are produced. By applying a high positive voltage, the positrons are extracted, and in turn are guided to the experiments via magnetic fields.

This photo shows a researcher simulating fusion plasmas for future electricity generation, among other things.

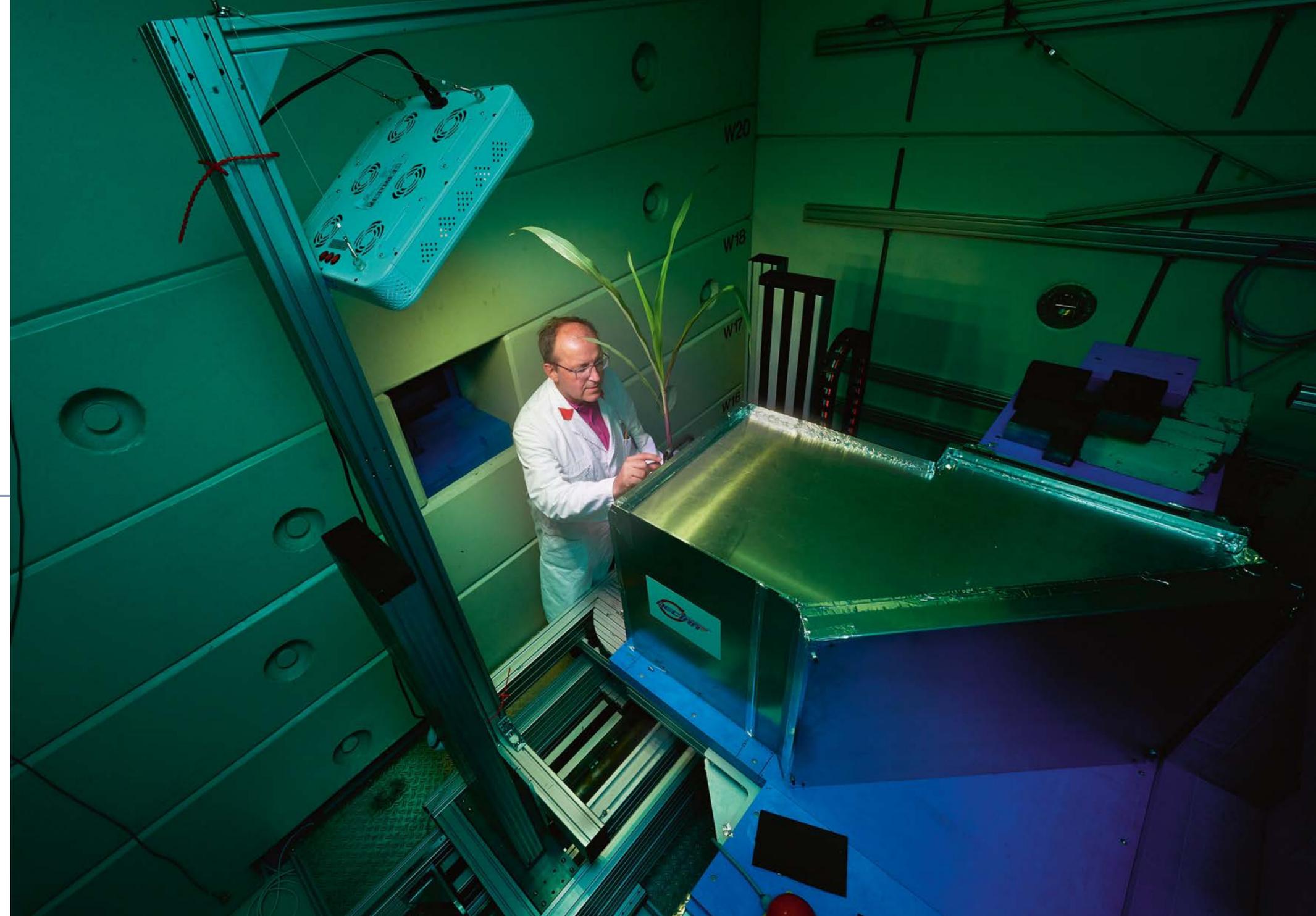


**W**er kann Wurzeln dabei zusehen, wie sie unter der Erde Wasser aufnehmen?  
Die Neutronen am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ)!

Schnelle Spaltneutronen am Instrument NECTAR (Neutronen-Computertomographie und Radiographie) durchleuchten die Wurzeln einer Maispflanze, die Instrumentwissenschaftler Dr. Thomas Bücherl für die Messung vorbereitet. NECTAR ist eine der Bestrahlungseinrichtungen am MLZ für bildgebende Verfahren. Die Radiographie- und Tomografieanlage eignet sich speziell für große Objekte aus dichten Materialien: Leimbinder aus Holz, deren Verklebungen sichtbar gemacht werden, oder Maiswurzeln, deren Wasseraufnahme in der Erde live gefilmt wird. Möglich wird dies, weil die Spaltneutronen tief in die Materialien eindringen und zugleich hochempfindlich Wasserstoff aufspüren.

**W**ho can watch roots absorb water underground?  
The neutrons at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ)!

Fast fission neutrons at the NECTAR (NEutron Computed Tomography And Radiography) instrument shine through the roots of a corn plant that instrument scientist Dr. Thomas Bücherl is preparing for measurement. NECTAR is one of the irradiation facilities at MLZ for imaging. The radiography and tomography facility is especially suitable for large objects made of dense materials. Examples include glue laminated wooden beams whose adhesions are made visible, or corn roots whose water absorption in the soil is filmed live. This is because the neutrons penetrate deep into the materials and at the same time detect hydrogen with high sensitivity.

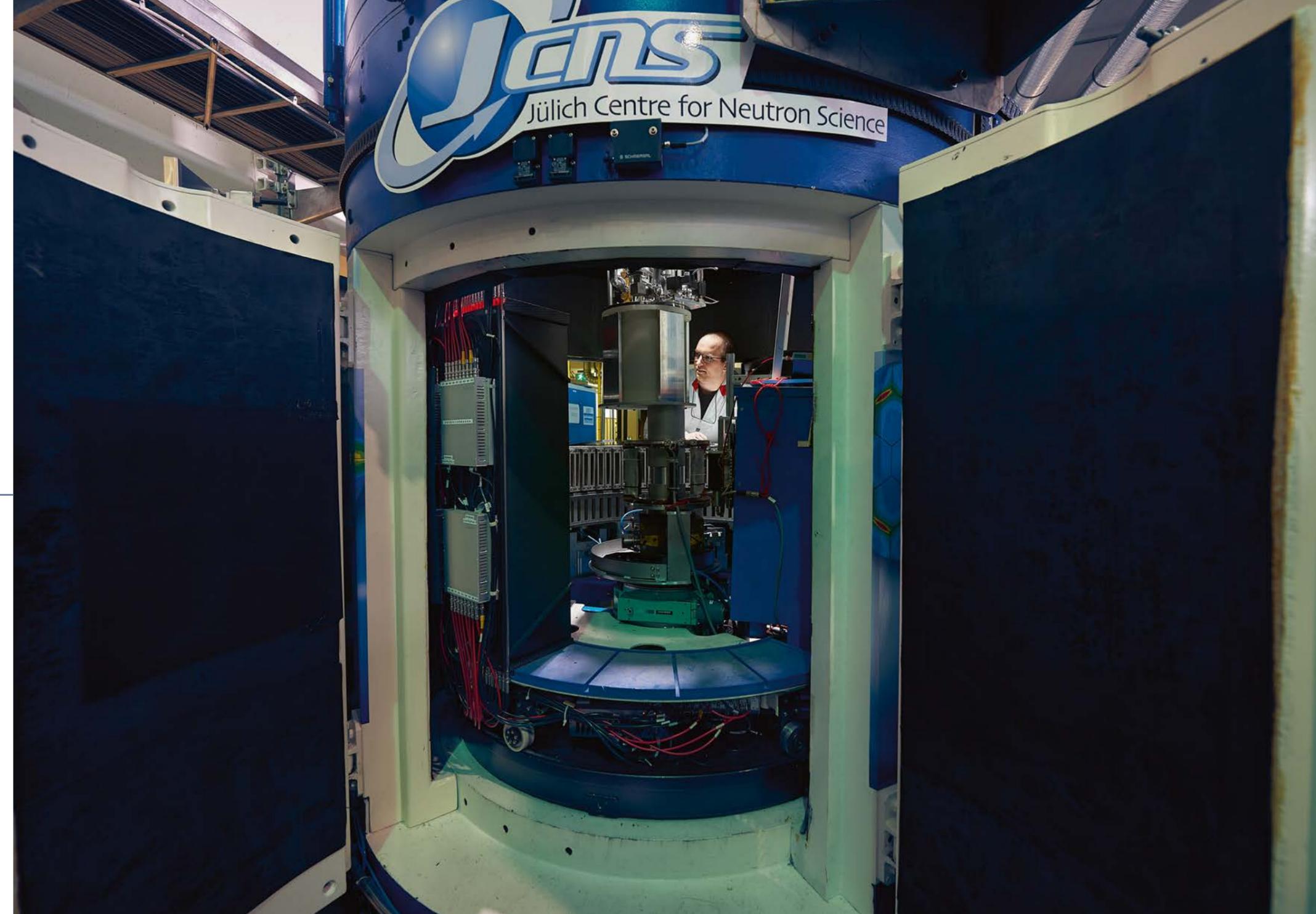


**A**uch am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) suchen Wissenschaftler:innen nach dem Higgs – nicht so sehr nach dem Teilchen, sondern nach dem Higgs-Mechanismus.

Durch Neutronenexperimente am Instrument DNS (Diffuse scattering Neutron time-of-flight Spectrometer) haben sie erste Hinweise darauf gefunden, dass dieser Mechanismus einen Phasenübergang von exotischen magnetischen Zuständen erklären kann. Forscher:innen am Kernforschungszentrum CERN hatten den Nachweis des vom britischen Physiker Peter Higgs in den 1960er-Jahren postulierten Higgs-Bosons im Jahr 2012 bekanntgegeben. Der Higgs-Mechanismus erklärt, wie Elementarteilchen zu ihrer Masse kommen – auch jenseits der Elementarteilchenphysik spielt er eine Rolle. Bei der Abkühlung eines als „Quanten-Spin-Eis“ bezeichneten Zustands beobachteten Forscher:innen am DNS zum ersten Mal Anzeichen für den spontanen Austausch mit dem von Higgs vorhergesagten Higgs-Feld in einem Magneten.

**S**cientists at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) are also searching for the Higgs – not so much for the particle, but rather for the Higgs mechanism.

With the help of neutron experiments on the DNS (Diffuse scattering Neutron time-of-flight Spectrometer) instrument, scientists have found the first indications that this Higgs mechanism can explain a phase transition of exotic magnetic states. Researchers at the European nuclear research center CERN in Geneva announced in 2012 the detection of the Higgs boson that the British physicist Peter Higgs predicted in the 1960s. The Higgs mechanism explains how elementary particles acquire their mass – and also plays a role beyond elementary particle physics. Cooling down to a state known as “quantum spin ice”, researchers at DNS observed for the first time evidence of spontaneous exchange with an emergent Higgs field in a magnet.

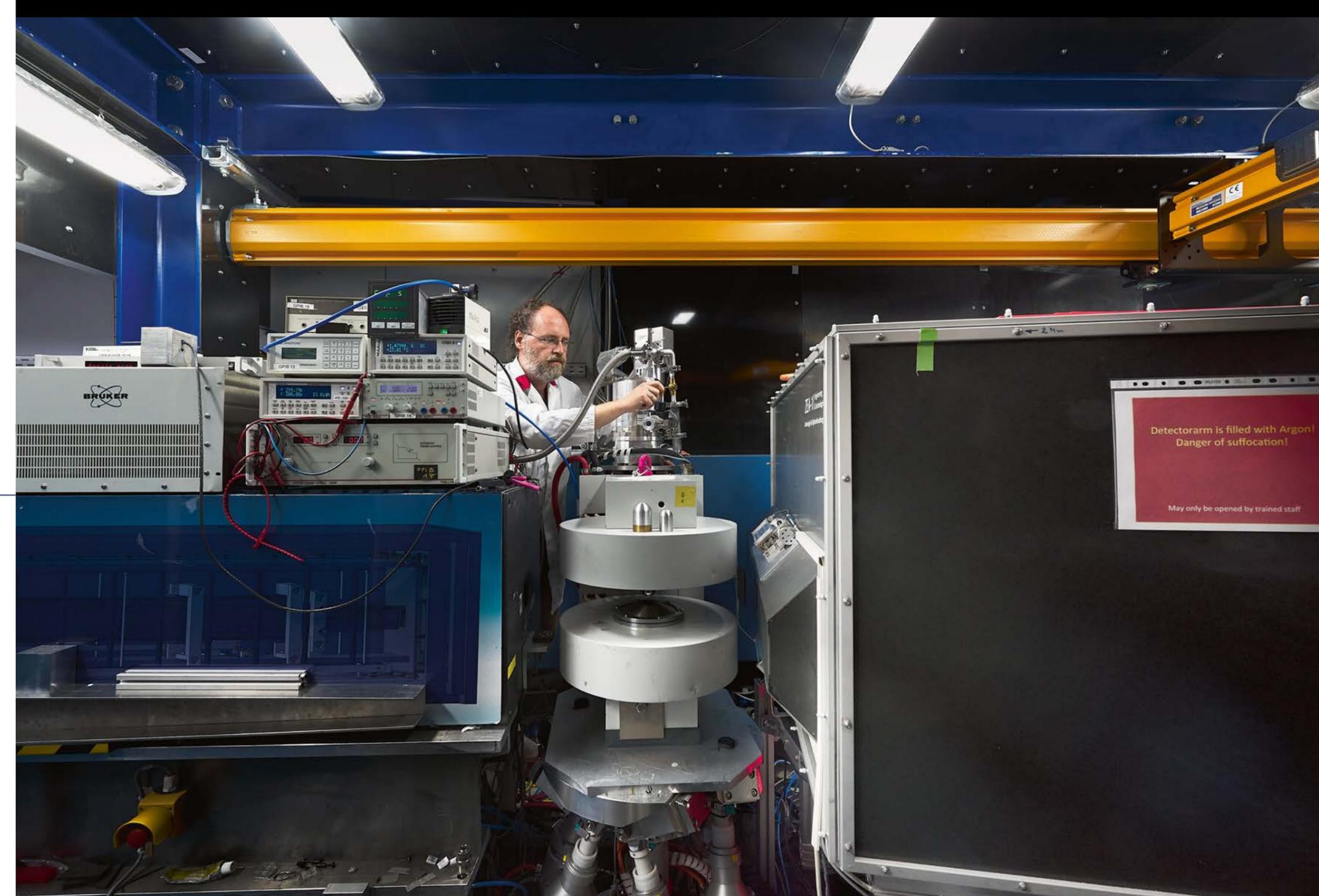


**D**ass die Lebensdauer von Daten auf Speichermedien wie DVDs oder USB-Sticks begrenzt ist, ist den meisten bekannt. Umso mehr bemühen sich Forscher:innen darum, dauerhaftere Datenspeicher zu finden.

Für diese Untersuchungen nutzen Forschende wie Dr. Alexandros Koutsioumpas das Instrument MARIA (MAGnetic Reflectometer with high Incident Angle). Mittels diesem magnetischen Reflektometer für große Einfallswinkel werden Materialien untersucht, die sich unempfindlich gegenüber störenden äußeren Magnetfeldern zeigen und Daten dauerhafter und verlässlicher speichern könnten, als es bisher mit magnetischen Materialien möglich ist.

**M**ost people know that the lifespan of data on storage media such as DVDs or USB sticks is limited. All the more reason for researchers to strive to find more durable data storage media.

To this end, researchers, including instrument scientist Dr. Alexandros Koutsioumpas, are using the MARIA (MAGnetic Reflectometer with high Incident Angle) instrument. Using a magnetic reflectometer at large angles of incidence, they are investigating materials that are insensitive to disturbing external magnetic fields and could store data more permanently and reliably than is currently possible with other magnetic materials.



**W**asserwirbel sind im Allgemeinen sehr stabil. Ähnliche Strukturen treten auch in magnetischen Systemen auf. In magnetischen Wirbeln ordnen sich die magnetischen Momente wirbelförmig an.

Diese so genannten Skyrmionen könnten aufgrund ihrer Stabilität und geringen Größe für die Entwicklung zukünftiger Magnetspeicher eine Rolle spielen. Der wissenschaftliche Mitarbeiter Dr. Alfonso Chacon (l.) und der Instrumentwissenschaftler Dr. Sebastian Mühlbauer (r.) zeigten erstmals, dass magnetische Skyrmionen aufgrund unterschiedlicher Mechanismen mehrfach im gleichen Material auftreten können. Sie nutzten dafür die Kleinwinkelstreuanlage SANS-1 (Small Angle Neutron Scattering), in deren Detektorröhre sie auf dem Foto stehen. Neutronen machen die magnetische Struktur der Skyrmionen sichtbar. Diese Informationen helfen, die Entstehung, Stabilität und die Kontrolle von Skyrmionen zu verstehen. Das ist eine Voraussetzung für ihre Nutzung als mögliche Datenspeicher.

**W**ater vortices are generally very stable. Similar structures also occur in magnetic systems. In magnetic vortices, the magnetic moments arrange themselves in a swirl.

Because of their stability and small size, these skyrmions could play a role in the development of future magnetic storage devices. Research fellow Dr. Alfonso Chacon (left) and instrument scientist Dr. Sebastian Mühlbauer show for the first time that magnetic skyrmions can occur multiple times in the same material due to different mechanisms. To do so, they used the SANS-1 (Small Angle Neutron Scattering) instrument, in whose detector tube they are standing. Neutrons make the magnetic structure of skyrmions visible. This information helps understanding the formation, stability and manipulation of skyrmions. This is a prerequisite for their use as possible data storage devices.



JULI 2018

Wirbel um hohe Magnetfelder  
Eddies around high magnetic fields

**D**r. Robert Georgii bei der Einstellung der Messeinrichtung am Instrument MIRA (Dreiachsenspektrometer im Diffraktionsmodus für elastische Messungen mit niedrigem Untergrund). Das Dreiachsenspektrometer trug zur Entdeckung einer neuen magnetischen Ordnung bei.

Ein Team um Dr. Sebastian Mühlbauer und Prof. Dr. Christian Pfeleiderer entdeckte mit Hilfe der Neutronenmessungen am MIRA die so genannten Skyrmionen. Die magnetischen Wirbel gelten als vielversprechende Kandidaten für kleinste Datenspeicher. Am Instrument MIRA können inelastische Messungen unter hohem Druck, äußeren Magnetfeldern und tiefen Temperaturen durchgeführt werden. Zusätzlich wird die Messmethode MIEZE (Modulation of Intensity with Zero Effort) für kleinste Proben mit höherer zeitlicher und räumlicher Auflösung angewandt.

**D**r. Robert Georgii making adjustments on the MIRA (triple-axis spectrometer (TAS) in diffraction mode for low background elastic measurements) instrument. The cold TAS has contributed decisively to the discovery of a new magnetic order.

A team led by Dr. Sebastian Mühlbauer and Professor Christian Pfeleiderer experimentally discovered skyrmions with the help of neutron measurements at MIRA. The magnetic vortices are considered promising candidates for very small data storage devices. At the MIRA instrument, inelastic measurements using sample conditions like high pressure, external magnetic field, and low temperatures are possible. In addition, the measurement method MIEZE (Modulation of Intensity with Zero Effort) can be applied for small samples with higher temporal and spatial resolution.



JULI 2018

Tanz auf dem Trockenen  
Dancing in drought

**E**iweiße benötigen Wasser, um zu funktionieren, so die herrschende Meinung. Dass es auch ohne Wasser geht und wie sich das sauerstofftransportierende Muskelprotein Myoglobin dann bewegt, beobachten Forscher:innen genauer mit Neutronen am Rückstreuungsspektrometer SPHERES (SPectrometer for High Energy RESolution).

Mit Hilfe der Neutronenrückstreuungsspektroskopie kann untersucht werden, wie sich Eiweiß auf molekularer Ebene bewegt. Dieses Wissen nützt etwa bei der Behandlung von Krebs oder nach Herzinfarkten. Während der Messung wird das Innere des Instruments SPHERES mit Argon geflutet und ist daher unzugänglich. Instrumentwissenschaftlerin Dr. Daria Noferini nutzt die Wartungspause, um die runde, mannshohe Scheibe des Analysatorkristalls zu zeigen. SPHERES gehört weltweit zu den leistungsfähigsten Instrumenten seiner Art.

**P**roteins presumably need water to perform their function. Researchers used neutrons on the SPHERES (SPectrometer for High Energy RESolution) backscattering spectrometer to observe more closely how the oxygen-transporting muscle protein myoglobin moves without water.

By means of neutron backscattering spectroscopy, the movement of proteins could be unveiled at the molecular level. The new knowledge is useful, for example, in the treatment of cancer or after heart attacks. During the measurement, the inside of the SPHERES instrument is flooded with argon and is therefore not accessible. Instrument scientist Dr. Daria Noferini takes advantage of the maintenance break to show the round, man-sized disk of the analyzer crystal. SPHERES is one of the most powerful instruments of its kind in the world.



JULI 2018

Neutronen in der S-Kurve  
Neutrons in the S-curve

**A**m Flugzeitspektrometer TOFTOF (Cold neutron Time-Of-Flight spectrometer) bei Dr. Wiebke Lohstroh untersuchen Bauingenieur:innen z. B. die Wasserbindung in Zement oder Chemiker:innen finden heraus, wie sich Wasser in Permafrost bewegt.

Um auch schwache Signale messen zu können, bildet der Primärneutronenleiter eine S-Form, die den Untergrund schneller Neutronen unterdrückt, welche die Messung stören würden. Im Anschluss werden die Neutronen innerhalb der Probenkammer auf die Probe gelenkt. Dabei können unterschiedlichste Probenumgebungen realisiert werden.

**A**t the time-of-flight spectrometer TOFTOF (Cold neutron Time-Of-Flight spectrometer) under Dr. Wiebke Lohstroh, civil engineers investigate water binding in cement or chemists find out how water moves in permafrost.

In order to be able to measure even weak signals, the primary neutron guide forms an S-shape, which suppresses the background of fast neutrons that would interfere with the measurement. The neutrons are then directed onto the sample within the sample chamber.



**E**in großer Vorteil bei der Neutronenforschung ist die Durchdringungskraft der Neutronen – auch für massive Materialien.

Das ist nicht nur gut für die Untersuchung technischer Bauteile, sondern ermöglicht auch die Verwendung aufwendiger Apparaturen, um eine Probe zu temperieren, sie unter hohen Druck zu bringen oder ein Magnetfeld anzulegen. Die Wände dieser Apparaturen, die die zu untersuchende Probe umschließen, können nahezu transparent für die Neutronen aufgebaut werden. Der Umgang mit tiefen Temperaturen erfordert hierbei Sorgfalt, die auch in Praktika vor Ort vermittelt wird. Bei einem Wechsel einer Probe aus einer tiefkalten Umgebung vereist der Probenhalter und es bildet sich Kondenswasser. Vor einem Wiedereinbau muss er daher sorgfältig getrocknet werden.

**T**he great advantage of using neutrons for experiments is based on their large penetration depth even for massive materials.

This is not only beneficial for the investigation of large technical objects, it also enables the usage of complicated equipment to achieve sample environments at low temperatures, high pressures, or high magnetic fields. The walls of this equipment, which encloses the sample under investigation, can be built to be nearly transparent for neutrons. Handling low temperature equipment requires working carefully, which is part of the education during practical courses on site. While changing the sample, the sample stick might freeze in and water might condense at the the stick. Therefore, before remounting it must be dried carefully.



SEPTEMBER 2018

Weniger Energieverbrauch  
Less energy consumption

**D**r. Jörg Voigt, leitender Instrumentwissenschaftler im Projekt „Neues thermisches Flugzeitspektrometer mit Polarisationsanalyse“ (TOPAS), vor dem Testaufbau der evakuierbaren Detektorkammer von TOPAS in der Neutronenleiterhalle Ost.

Wissenschaft und Industrie werden mit dem Spektrometer TOPAS neue magnetische Werkstoffe untersuchen, etwa Hochtemperatursupraleiter oder Materialien, die künftig den Energieverbrauch von Kühlschränken und Klimaanlage deutlich senken könnten.

**D**r. Jörg Voigt, lead instrument scientist for the new TOPAS (Thermal time-Of-flight spectrometer with Polarization Analysis) instrument project, in front of the test setup of the detector tank of TOPAS – which can be evacuated – in the Neutron Guide Hall East.

Science and industry will use the TOPAS spectrometer to research new magnetic materials such as high-temperature superconductors, or materials that could significantly reduce the energy consumption of refrigerators and air conditioners in the future.



**Ingénieur Simon Staringer arbeitet am Instrument KWS-2 (KleinWinkelStreudiffraktometer). Die 22 Meter lange Röhre wird um zehn Zentimeter angehoben, um 25-mal bessere Messergebnisse zu erzielen.**

Entwickelt wurde die Kleinwinkelstreuung bereits in den 60er Jahren am Forschungsreaktor (FRM) in Garching. Inzwischen ist sie zu einer weltweit angewandten vielseitigen Streumethode geworden, die Strukturen in Flüssigkeiten und Festkörpern auf der Nanoskala sichtbar macht. Bei der Kleinwinkelstreuung wird der Neutronenstrahl je nach Abstand und Form der Probe unterschiedlich abgelenkt. Diese Ablenkung erlaubt die präzise Vermessung der Probe. Als Probe eignen sich große Moleküle wie Proteine mit einer Größe von 1 bis 1.000 Nanometern. Mit Hilfe der Messungen am Instrument KWS-2 konnte die Wirkung eines Medikaments gegen die Krankheit Leishmaniose verbessert werden. Leishmaniose gilt als die zweithäufigste von einem Parasiten verursachte Todesursache nach Malaria. Die Krankheit bedroht weltweit mehr als 300 Millionen Menschen.

**Engineer Simon Staringer checks the beam path in the KWS-2 (small-angle neutron scattering diffractometer) instrument. The 22-meter-long tube is raised ten centimeters in this adjustment process to achieve 25 times better measurement results.**

The technique of small-angle neutron scattering underwent development in the 1960s at the research reactor (FRM) in Garching. Since that time, it has become a versatile scattering method that makes structures in liquids and solids visible on the nanoscale. In small angle scattering, the neutron beam is deflected depending on the distance and shape of the particles that are being measured. These particles can be, for example, large molecules such as proteins ranging in size from 1 to 1,000 nanometers. With the help of the measurements at the small angle neutron scattering diffractometer KWS-2, researchers have decisively improved the effectiveness of a drug against the disease leishmaniasis. After malaria, leishmaniasis is considered the second most common cause of death from a parasite. The disease endangers more than 300 million people worldwide.



## NOVEMBER 2018

Wie man ein 22 Meter langes Rohr anhebt  
How to lift a 22 meter long tube

**D**as Instrument KWS-2 (KleinWinkelStreudiffraktometer), das fünf Tonnen wiegt, soll angehoben werden. Es ist eine Herkulesaufgabe, diesen Koloss aus Edelstahl zu bewegen, nicht nur wegen seines Gewichtes, sondern vielmehr wegen der nötigen Koordination.

Ingenieur Kendal Bingöl prüft die Position der Detektorröhre. Die Kleinwinkelstreuanlage KWS-2 ist ein 22 m langes Rohr mit 1,4 m Durchmesser, in dem der Detektor hinter der zu untersuchenden Probe fahren kann. Um einen neuen Detektor mit 25-fach höherer Messleistung nutzen zu können, muss die Röhre zehn Zentimeter angehoben werden. Dabei darf es keine Risse in der Röhre geben, denn während der Messung mit Neutronen herrscht in der Röhre ein Vakuum. Ein Haarriss würde das Vakuum zunichtemachen und zu einem Ausfall führen. Doch am Ende sitzt das Rohr millimetergenau auf seiner neuen Position und erste Messungen zeigen: Der Neutronenstrahl trifft genau mittig auf den neuen Detektor.

**T**he KWS-2 (small-angle neutron scattering diffractometer) instrument, which weighs around 5 tons, needed to be lifted. It is a Herculean task to move this stainless steel colossus, not only because of the enormous weight, but also because of the coordination required.

Engineer Kendal Bingöl is shown here checking the position of the detector tube. The small angle scattering tube of KWS-2 is 22 meter long and has a diameter of 1.4 meter in which the detector can move behind the sample. In order to take advantage of a new detector with up to 25 times more measuring power, the tube must be raised by ten centimeters. Cracks in the tube due to this process must be avoided. This is because a vacuum is maintained in the tube during measurements with neutrons. A hairline crack would not only ruin the vacuum, but lead to a much larger breakdown. In the end the tube sits in its new position with millimeter precision. The initial measurements show the neutron beam now hits the new detector exactly in the center.



**M**eteoriten schlagen immer wieder auf der Erde ein. Äußerlich ist oftmals nicht erkennbar, woraus ein Gestein besteht. Aufklären kann das z. B. die Neutronenaktivierungsanalyse.

Zur Analyse kommt die Probe in die Rohrpostanlage der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II). Über die Kanäle der Rohrpost gelangen die in Kapseln verpackten Proben in die Nähe des Brennelements und werden dort wenige Sekunden bis mehrere Stunden bestrahlt. Dabei werden einige Atome durch Neutroneneinfang radioaktiv und geben Gamma-Strahlung ab. Jedes radioaktive Atom hat ein charakteristisches Spektrum seiner Gamma-Strahlung. Aus der Intensität und Energie der Strahlung lässt sich die Konzentration des jeweiligen chemischen Elements in der Probe bestimmen. Nach der Bestrahlung und der Abklingzeit werden die Proben zurück in die Handhabungsbox transportiert, wo Mitarbeiter:innen sie über Manipulatoren gefahrlos handhaben.

**M**eteorites strike the earth all the time. However, it is often not possible to tell from its appearance which material the stone is made of. This can be clarified by neutron activation analysis.

For neutron activation analysis, the sample is taken to the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) pneumatic tube facility. The samples are transported in capsules to the vicinity of the fuel element via the channels of the pneumatic tube, where they are irradiated for a few seconds to several hours. During this process, some atoms become radioactive due to neutron capture and they emit gamma radiation. Each radioactive atom has a characteristic spectrum of its gamma radiation. From the intensity of this gamma radiation, the concentration of the particular chemical element in the sample can be determined. After the irradiation and the proper decay time, the samples are transported back to the handling box where employees can safely handle them via manipulators.



## FEBRUAR 2019

Kontrolle über Boden, Wasser und Luft  
Control over soil, water, and air

**D**ie leitende Betriebschemikerin Dr. Carina Dirks-Fandrei muss genau hinschauen.

Gemeinsam mit dem Strahlenschutz führt sie die Umgebungsüberwachung und damit die ständige Kontrolle von Wasser, Luft und Boden rund um die Forschungseinrichtung durch. Und auch sie selbst wird ständig kontrolliert: Zusätzlich zur Eigenüberwachung überprüfen ein akkreditiertes Labor und das Wasserwirtschaftsamt ihre Messergebnisse. Die radiologische Überwachung der Messungen obliegt dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) über eine unabhängige Messstelle. Im Bereich der Neutronenquelle gibt es verschiedene Entnahmestellen, u. a. für Grundwasser- und Sedimentproben, Pflanzen-, Gesteins- oder Nahrungsmittelproben.

**D**r. Carina Dirks-Fandrei, senior operating chemist, has to look very closely.

Together with Radiation Protection, the senior operating chemist at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) is responsible for environmental monitoring and thus the constant control of water, air, and soil around the research facility. And she herself is also constantly monitored: In addition to self-monitoring, an accredited laboratory and the water management office check the measured values. The radiological monitoring through an independent measuring station is the responsibility of the Federal Office for Radiation Protection (BfS). There are numerous different sampling points around the neutron source for groundwater, sediment, plant, rock, or food samples.

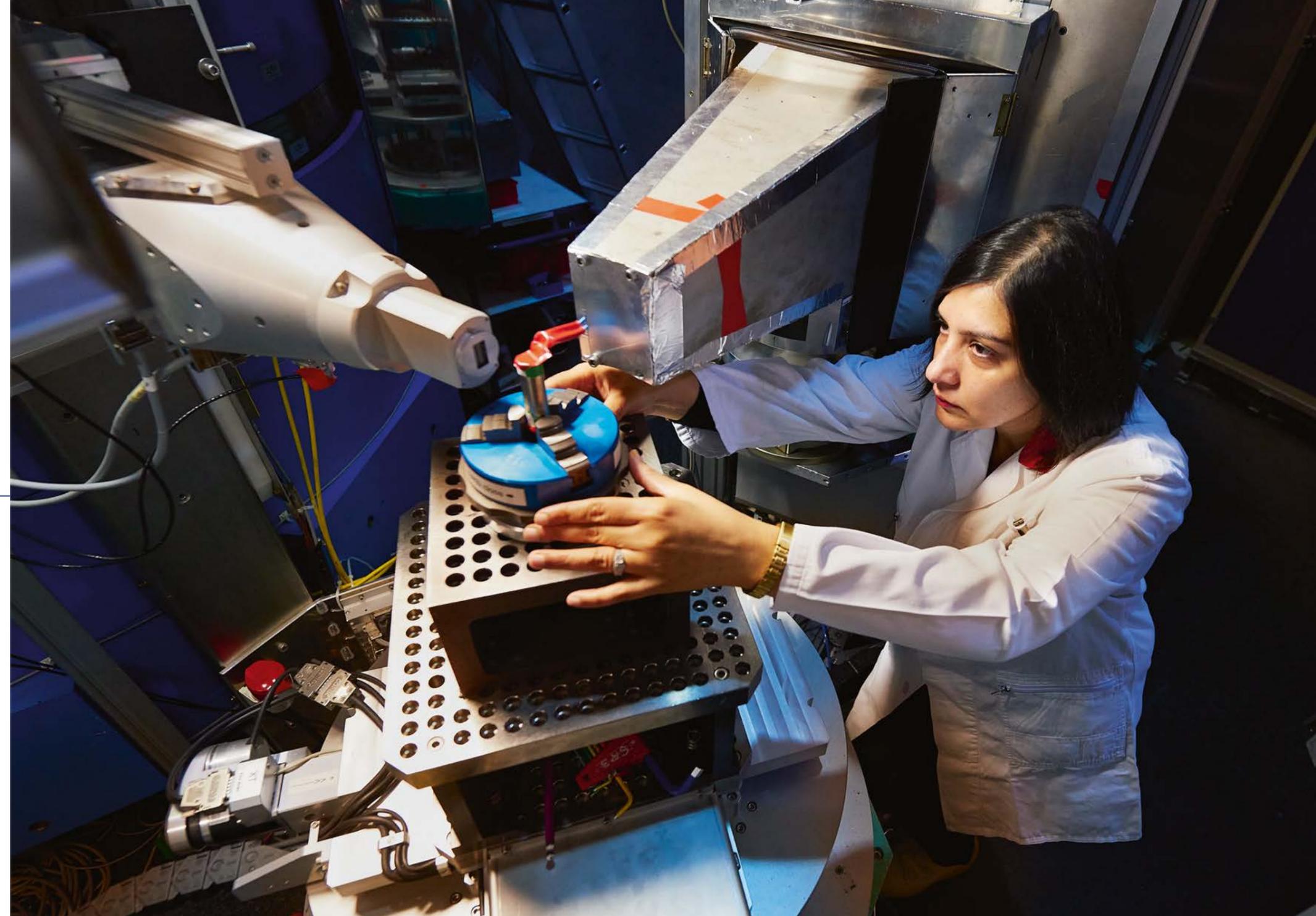


**D**r. Neelima Paul justiert einen Lithium-Ionen-Akku am Instrument STRESS-SPEC (Materialforschungsdiffraktometer). Dank ihrer Forschung gehören überhitzende Handy-Akkus vielleicht eines Tages der Vergangenheit an.

Mit den Neutronen kann die Forscherin neue, sicherere Materialien für Feststoff-Akkus untersuchen, die sich nicht überhitzen oder entzünden, wie Akkus mit flüssigen Elektrolyten. Ein weiterer Schwerpunkt der Forschung: Die Verteilung des Lithiums in der Batteriezelle zerstörungsfrei während des Entladens und Beladens beobachten. Die Ergebnisse helfen z. B. dabei, Akkus mit längerer Lebensdauer für eine höhere Reichweite von Elektroautos zu entwickeln.

**D**r. Neelima Paul adjusts a lithium-ion battery on the STRESS-SPEC (Materials science diffractometer) instrument. Thanks to her research, overheating cell phone batteries will hopefully soon be a thing of the past.

With neutrons, new and safer materials for solid-state batteries that do not overheat or ignite like batteries with liquid electrolytes can be investigated non-destructively. Another focus of the research is investigating the distribution of lithium in the battery cell during the discharging and charging processes. The results will help to develop batteries with longer lifetimes for consequently longer ranges of electric cars.



OKTOBER 2020

Zahnräder, Bolzen, Lager ...  
Gears, bolts, bearings ...

**I**nstandsetzungsarbeiten an der Krananlage SMA21 in der Experimentierhalle durch die Techniker (v. l. n. r.)  
Armin Friederich (REEL GmbH), Christian Pöschl (REEL GmbH) und Thorben Loges (Bilfinger Noell GmbH).

Nach langjährigem Einsatz wurde der Deckenkran (Nennlast 10 Tonnen) in der Experimentierhalle von seinen Schienen abgenommen und für eine ausführliche Instandsetzung auf einem Gerüst abgelegt. Die U-förmigen Schienen des Krans stellen eine Herausforderung für die Konstruktion dar, ermöglichen es aber dem Kran, die gesamte Halle abzufahren. Die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) besitzt mehrere Kransysteme, die zur Unterstützung verschiedener Aktivitäten, wie Neutronenexperimenten, Wartung, Abfallbehandlung und Handhabung von Brennelementen eingesetzt werden.

**R**epair work on the SMA21 crane system in the experiment hall by the technicians (from left to right)  
Armin Friederich (REEL GmbH), Christian Pöschl (REEL GmbH), and Thorben Loges (Bilfinger Noell GmbH).

After many years of use, the overhead crane (with a rated load of 10 tons) was removed from its rails in the experiment hall and placed on a scaffold for extensive maintenance. The crane's special U-shaped rails present a design challenge, but allow the crane to travel through the entire hall. The Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) has several crane systems that are used to support various activities, such as neutron experiments, maintenance, and fuel/waste handling.



Veranstaltungen

Events



Vernetzung/Spaces for Networking Communications:  
Internationale Gäste/International Guests

Bildung und Nachwuchsförderung/Spaces for Education and Promotion:  
Die nächste Generation/The next generation

**Yukiya Amano (3. v. r.) stattet der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) im Rahmen seiner ersten Europareise als Generaldirektor der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) einen offiziellen Besuch ab.**

Bei seinem Besuch bezeichnet Yukiya Amano den FRM II als „eine der modernsten kerntechnischen Anlagen Europas mit robustem Sicherheitskonzept“. Begleitet wird er bei seinem Informationsbesuch vom Bayerischen Staatsminister für Wissenschaft, Forschung und Kunst Dr. Wolfgang Heubisch (4. v. r.), Vertretern der Bundesregierung und des Vorstands des Forschungszentrums Jülich sowie den Direktoren der Neutronenquelle.

Die IAEO ist eine zwischenstaatliche Organisation mit Sitz in Wien und das globale Zentrum für die wissenschaftliche und technische Zusammenarbeit bei nuklearen Anwendungen. Im Jahr 1957 – in demselben Jahr der Inbetriebnahme des Forschungsreaktors (FRM) in Garching – gegründet, fördert die Organisation die sichere und friedliche Nukleartechnik. Die IAEO wurde 2005 mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichnet.

**Yukiya Amano (3rd from right) officially visited the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) as part of his first trip to Europe as Director General of the International Atomic Energy Agency (IAEA).**

During the visit, Yukiya Amano described the FRM II as “one of the most modern nuclear facilities in Europe with a solid safety concept.” He was accompanied on his fact-finding visit by the Bavarian State Minister for Science, Research and the Arts, Dr. Wolfgang Heubisch (4th from right), representatives of the German government and the Board of Directors of Forschungszentrum Jülich, as well as the directors of the neutron source.

The IAEA is an intergovernmental organization based in Vienna and is the world’s central forum for scientific and technical cooperation in the nuclear field. Founded in 1957 at the same time as the research reactor (FRM) in Garching, the organization promotes safe and peaceful nuclear technology in its member states. In this context, the IAEA was awarded the Nobel Peace Prize in 2005.



JANUAR 2018

Positives über Positronen  
Positive about positrons

**D**er Wissenschaftliche Direktor der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), Prof. Dr. Winfried Petry (4. v. l.), zeigt anlässlich eines Besuchs von Vertretern des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) die stärkste Positronenquelle des FRM II (hier: im Vordergrund).

Ministerialdirigent Dr. Volkmar Dietz (Mitte, mit blauem Mantel), Dr. Andrea Fischer (3. v. l.) und Dr. Jürgen Kroseberg (r., mit blauem Mantel) in Begleitung des Vorstandsvorsitzenden des Forschungszentrums Jülich (FZJ), Prof. Dr. Sebastian Schmidt (2. v. l.), und leitenden Mitarbeitern am Jülich Centre for Neutron Science (JCNS) des FZJ, Dr. Reiner Bruchhaus (l.) und Dr. Stefan Mattauch (2. v. r.), sowie dem Stellvertretendem Wissenschaftlichen Direktor des FRM II, Dr. Jürgen Neuhaus (r.), auf der Galerie der Experimentierhalle. Am FRM II nutzen jährlich rund 3.500 Besucher:innen die Möglichkeit, die Neutronenquelle im Rahmen von Fachführungen zu besichtigen, darunter Schulklassen und Studierende. Es gibt auch Besucherführungen bei Großveranstaltungen wie der „Langen Nacht der Wissenschaften“.

**T**he Scientific Director of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), Professor Winfried Petry (4th from the left), shows the world's most powerful positron source (in the foreground) on the occasion of a visit by representatives of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

Ministerial Director Dr. Volkmar Dietz (blue coat, center), Dr. Andrea Fischer (blue coat, left) and Dr. Jürgen Kroseberg (blue coat, right) are accompanied by the Chairman of the Board of Directors of Forschungszentrum Jülich (FZJ), Professor Sebastian Schmidt (2nd from left), and senior staff members of the Jülich Centre for Neutron Science (JCNS) at FZJ, Dr. Reiner Bruchhaus (left) and Dr. Stefan Mattauch (2nd from right), as well as Deputy Scientific Director of the FRM II, Dr. Jürgen Neuhaus (right), on the visitor's path in the experimental hall. Every year, about 3,500 visitors take advantage of guided tours at the FRM II, including school classes and student groups. There are also guided tours for visitors at major events such as the "Long Night of the Sciences".



**D**er leitende Instrumentwissenschaftler Dr. Yixi Su (2. v. l.) erklärt den Gremienmitgliedern des Messzeitausschusses Dr. Klaudia Hradil (2. v. r.) und Prof. Dr. Werner Paulus (r.) Neuerungen an seinem Flugzeitspektrometer für Diffuse Neutronen-Streuung (DNS) in der Neutronenleiterhalle West.

Mit dem an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) vorhandenen hohen Neutronenfluss eignet sich das vom Forschungszentrum Jülich (FZJ) im Rahmen des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) betriebene Flugzeitspektrometer für Diffuse Neutronen-Streuung (DNS) ideal für Untersuchungen komplexer Spinsysteme, z. B. in Magneten und stark korrelierten (d. h. in starker Wechselbeziehung zueinander stehenden) Elektronensystemen. Ebenfalls geeignet ist DNS zur Untersuchung von Proben weicher Materie, beispielsweise chemischer Stoffe wie Polymere und Proteine.

**I**n the Neutron Guide Hall West, the lead scientist Dr. Yixi Su (2nd from left) explains the innovations of his time-of-flight spectrometer for Diffuse Neutron Scattering (DNS) to committee members who allocate beamtime, Dr. Klaudia Hradil (2nd from right) and Professor Werner Paulus (right).

With the high neutron flux available at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), the DNS instrument, which is operated by Forschungszentrum Jülich (FZJ) as part of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ), is ideally suited for investigations of complex spin systems, e.g., in magnets and strongly correlated (i.e., strongly intercoupled) electron systems. DNS is also suitable for studying samples of soft matter, for example chemical substances like polymers and proteins.



OKTOBER 2019

US-Energieministerium erkundigt sich nach Umrüstung  
U.S. Department of Energy inquires about fuel conversion

**D**ie Direktoren des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) und der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), Prof. Dr. Peter Müller-Buschbaum (r.) und Dr. Anton Kastenmüller (l.), begrüßen ihren amerikanischen Gast Dr. Thiyaga P. Thiyagarajan.

Dr. Thiyagarajan ist als Program-Manager im Office of Basic Energy Sciences des Energie-Ministeriums der USA für zwei Neutronenstreu-Programme verantwortlich. Er steht in engem Kontakt zu den Wissenschaftler:innen der amerikanischen Schwester-Forschungseinrichtung ORNL (Oak Ridge National Laboratory) mit ihren Neutronenquellen SNS (Spallation Neutron Source) und HFIR (High Flux Isotope Reactor). Dr. Thiyagarajan interessiert sich für die Brennstoff-Umrüstung am FRM II und die Forschung am MLZ. Wissenschaftler:innen des MLZ und des Physik-Departments der Technischen Universität München (TUM) bieten dem Gast Einblicke in ihre Forschungsbereiche.

**T**he directors of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) and the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), Professor Peter Müller-Buschbaum (right) and Dr. Anton Kastenmüller (left), welcome their American colleague Dr. Thiyaga P. Thiyagarajan.

Dr. Thiyagarajan is a program manager in the Office of Basic Energy Sciences within the U.S. Department of Energy, responsible for two neutron scattering programs. Thus, he is in close contact with the US affiliated research facility ORNL (Oak Ridge National Laboratory) with its SNS (Spallation Neutron Source) and the research reactor HFIR (High Flux Isotope Reactor). Dr. Thiyagarajan is interested in the fuel conversion at the FRM II and the research activities at MLZ. Scientists from MLZ and the Physics Department at the Technical University of Munich (TUM) offer their guest insights into their research areas.



Die nächste Generation  
The next generation

SEPTEMBER 2014

Ausbildung in Wissenschaft und Technik  
Training in the field of science and technology

**D**ie erfolgreichen Auszubildenden der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) aus dem Jahr 2014 (v. l. n. r.): Florian Jaumann, Simon König, Katharina Bulla und Stefan Rainow.

Der FRM II liefert nicht nur Neutronen für Wissenschaftler:innen aus aller Welt, sondern ist auch Arbeitgeber für diverse Fachberufe und bildet sogar selbst aus. Seit 2002 haben am FRM II bis Redaktionsschluss mehr als 45 junge Menschen die Ausbildung zum Mechatroniker sowie zu dem IT-Beruf Fachinformatiker der Fachrichtung Systemintegration und Anwendungsentwicklung erfolgreich durchlaufen.

**T**he successful apprentices of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) from 2014 (from left to right): Florian Jaumann, Simon König, Katharina Bulla, and Stefan Rainow.

FRM II not only supplies neutrons to scientists from all over the world, but also provides employment for workers of various skilled professions and even training for apprentices. Since 2002, more than 45 young people have completed training at the FRM II to become mechatronics engineers and IT specialists in the fields of system integration and application development.



**S**tudierende des Jülich Centre for Neutron Science (JCNS)-Laborkurses erhalten einen Einblick in das Innere des Rückstreuenspektrometers SPHERES (SPectrometer for High Energy RESolution).

Das JCNS organisiert jedes Jahr in Zusammenarbeit mit der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen einen Laborkurs, bestehend aus einer Vorlesungsreihe am Forschungszentrum Jülich (FZJ) sowie Neutronenstreuexperimenten am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching, wobei der Laborkurs Teil des Lehrcurriculums an der RWTH Aachen ist. Der praktische Teil des Laborkurses führt die Teilnehmer:innen zu Instrumenten des MLZ wie an das Spektrometer für hohe Energieauflösung SPHERES. Die hohe Auflösung des Spektrometers erlaubt es beispielsweise, die Dynamik von Wasser zu untersuchen, das in Festkörpern gebunden ist.

**S**tudents of the Jülich Centre for Neutron Science (JCNS) laboratory course get an insight into the internal workings of the backscattering spectrometer SPHERES (SPectrometer for High Energy RESolution).

Every year, JCNS organizes a laboratory course in collaboration with the Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen, consisting of a lecture series at the Forschungszentrum Jülich (FZJ) and neutron scattering experiments at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching. The laboratory course is part of the teaching curriculum at RWTH Aachen University. The practical part of the lab course takes the participants to instruments of MLZ such as the spectrometer for high energy resolution SPHERES. The high resolution of the spectrometer for instance allows the study of the dynamics of water embedded in solids.



SEPTEMBER 2016

Mit Neugier und Tatendrang  
With curiosity and drive

**S**tudierende des Jülich Centre for Neutron Science (JCNS)-Laborkurses  
in der Neutronenleiterhalle West.

Am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) wird der Nachwuchs in den naturwissenschaftlich-technischen Fächern gefördert. So werden Schüler:innen über das breite Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten informiert. Studierenden, Promovierenden und Promovierten bietet das MLZ eine fächerübergreifende Ausbildung und Zugang zu spezialisierten Lehrangeboten, z. B. mit Praktika, Sommerschulen, Workshops und Konferenzen. Ingenieur:innen und Wissenschaftler:innen bieten sich am MLZ Karriereperspektiven und eine einzigartige Ausbildung auf höchstem Niveau.

**S**tudents of the Jülich Centre for Neutron Science (JCNS) laboratory course  
in the Neutron Guide Hall West.

At the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ), the scientific and technical subjects are promoted to the next generation of young scientists. Thus, school students are informed about the wide range of possible applications. Students, doctoral candidates, and postgraduates are offered interdisciplinary training and access to specialized teaching opportunities. Examples include internships, summer schools, workshops, and conferences. Engineers and scientists can take advantage of the career prospects and unique education opportunities at the highest level.

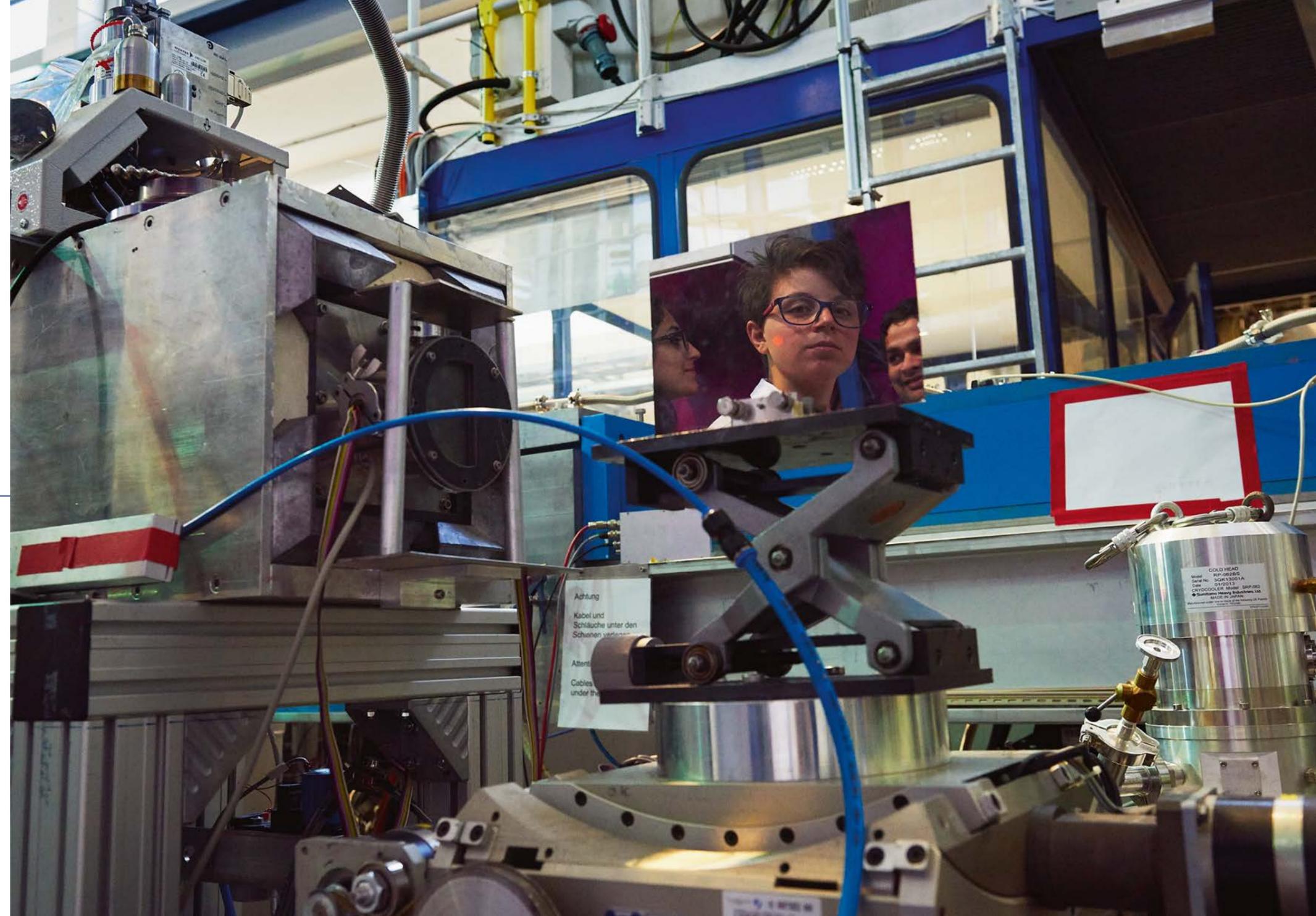


**S**tudierende spiegeln sich am Probenort  
des Instruments TREFF (Reflectometer and instrument component test beamline).

Das Instrument TREFF ist ein Neutronenreflektometer an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), das für technische und methodische Entwicklungen von Instrumentkomponenten verwendet wird. Betrieben wird das Instrument von der Gruppe Neutronenoptik, gemeinschaftlich vom FRM II und dem Jülich Centre for Neutron Science (JCNS). Es eignet sich zur Charakterisierung von dünnen Multischichten (z. B. Superspiegeln), Mosaikkristallen und für hochauflösende Reflektometrie mit polarisierten Neutronen. Neben dem Betrieb von TREFF gehören zu den weiteren Tätigkeitsfeldern der Gruppe Neutronenoptik die Wartung und Reparatur der Neutronenleiteranlagen des FRM II, wie auch die eigene Herstellung oder Beschaffung von neuen Neutronenleiterelementen.

**S**tudents reflect at the sample position of the reflectometer  
and instrument component test beamline (TREFF).

The TREFF instrument is a neutron reflectometer at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) used for technical and methodological developments of instrument components. The instrument is operated by the neutron optics group, jointly by the FRM II and the Jülich Centre for Neutron Science (JCNS). It is suitable for the characterization of thin multilayers (e.g., supermirrors), mosaic crystals, and for high-resolution reflectometry with polarized neutrons in general. In addition to the operation of TREFF, further fields of activity of the neutron optics group include the maintenance and repair of the neutron guide facilities of the FRM II as well as the production or procurement of new neutron guide elements.



## AUGUST 2018

Ferienprogramm: Einen Tag als Wissenschaftler:in  
Holiday Program: A Day as a Scientist

**K**inder aus der Gemeinde Neubiberg finden am Aktionstag der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) ihr liebstes chemisches Element und lernen, was sich hinter Magnetismus verbirgt.

Wie die Bestandteile der Atome zusammengefügt werden, können die Kinder nach der Führung bei einer Basteleinheit selbst ausprobieren. Sie bauen die chemischen Elemente aus magnetischen Bausteinen nach, die die Neutronen, Protonen und Elektronen darstellen. Wie echte Wissenschaftler:innen schlüpfen die Kinder in Labormäntel. Sie gehen zum Besucherfenster, um zu sehen, wo die Neutronen herkommen. Während der speziellen Kinderführungen dürfen die Kinder die Schaltwarte des FRM II besichtigen. Außerdem lernen sie die Instrumente in der Neutronenleiterhalle genauer kennen.

**C**hildren from the Neubiberg community find their favorite chemical element at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) action day and learn more about what is behind magnetism.

After the tour, the children can try out for themselves how the components of atoms are put together in a craft session. They build neutrons, protons, and electrons from small magnetic building blocks to form chemical elements. Like authentic scientists, the children wear lab coats and go to the visitors window to see where the neutrons come from. A very special door opens for the junior scientists during the special children's tour: They can look inside the research neutron source and its control center. Additionally, they get to know the instruments in the neutron guide hall in more detail.



**K**inder und Jugendliche kommen an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) in den Genuss spezieller Führungen und Veranstaltungen mit Sonderprogrammen, hier anlässlich des bundesweiten „Girls’Day“.

So können sie z. B. einen Blick in die Schaltwarte werfen. Bei den speziellen Führungen sehen die Jugendlichen auch die im Untergeschoss gelegene Schaltwarte. Die Reaktorüberwachung läuft im Schichtbetrieb und ist durchgehend 24 Stunden an jedem Tag im Jahr besetzt – auch wenn die Neutronenquelle gerade nicht in Betrieb ist. Während dieser Zeit finden vermehrt Wartungsarbeiten statt, die von der Schaltwarte aus koordiniert werden. Die Reaktorfahrer:innen tun also viel mehr, als nur den Reaktor zu bedienen.

**C**hildren and young adults can enjoy special guided tours and events with special programs at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), as shown here on the occasion of the nationwide “Girls’Day”.

The young visitors have a chance to get an inside glimpse of the reactor operation in the control center. During the special tours, the young adults also visit the control room located in the basement. The reactor control room runs in shifts and is continuously manned 24 hours a day, 365 days a year, even when the neutron source is not in operation. Then, more maintenance work takes place, all of which is coordinated from the control room. The reactor operators therefore not only operate the reactor, they also supervise all the work on it.



**MÄRZ 2019**

**Mit Maier-Leibnitz auf Du  
On your own with Maier-Leibnitz**

**J**ährlich locken Sonderveranstaltungen wie „Maustag“, „Girls’Day“, „Mädchen machen Technik“ oder „Tag der offenen Tür“ Besucher:innen aller Altersklassen an die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II).

Mehr als 500 Besucher:innen kommen am „Tag der offenen Tür“ des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) zum FRM II. Zusätzlich zur Besichtigung können Kinder und Erwachsene an einem vielfältigen Begleitprogramm im Physik-Department teilnehmen.

Im Bild: Zwei Besucherinnen am „Girls’Day“ vor der Büste des Pioniers Heinz Maier-Leibnitz.

**E**very year, special events such as “Mouse Day”, “Girls’Day”, “Girls do Technology”, or “Open House” attract visitors of all ages to the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II).

More than 500 visitors come to the FRM II on the open house day of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ). In addition to the tour, children and adults can participate in an accompanying program in the Physics Department. Shown here are two female visitors on the “Girls’Day” in front of the bust of the pioneer Heinz Maier-Leibnitz.



**S**tudierende der Physik an der Technischen Universität München (TUM) bauen bei ihrem Praktikum einen Versuch an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) auf.

Studierende können am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) im Rahmen von Praktika (z. B. Pflichtpraktika während des Praxissemesters oder Fortgeschrittenen-Praktika) tätig werden. Auch bietet das MLZ regelmäßig so genannte Neutronenschulen an. Darüber hinaus können Studierende am MLZ für ihre Studien- und Abschlussarbeiten forschen. Sie untersuchen oder entwickeln beispielsweise Komponenten von Neutroneninstrumenten, Software oder neue Methoden und Konzepte von Geräten – oder vermessen Proben im Neutronenlicht. Das können so unterschiedliche Objekte wie Dinosauriereier, Bestandteile neuer Medikamente oder Impfstoffe und Materialien für verlustfreien Stromtransport sein.

**S**tudents of physics at the Technical University of Munich (TUM) set up an experiment at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) during their internship.

Students can work at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in the context of internships (such as mandatory internships during the practical semesters or advanced internships). MLZ also offers so called neutron schools on a regular basis. In addition, students can conduct research at MLZ for their student research projects and theses. Typically, this involves measuring their samples in neutron beams. In other cases, they develop and test components of neutron instruments, software, new methods, and concepts of instruments. The samples measured by students can be objects as diverse as dinosaur eggs, components of new drugs or vaccines, and materials for lossless current transport.



**Instrumentwissenschaftler Dr. Xiaosong Li (r.) mit dem Schüler Lando von Etzel, der archäologische Proben aus dem Sudan mit Hilfe der Neutronenaktivierungsanalyse untersucht.**

Die Forschungsarbeit des Zwölftklässlers fand im Rahmen des TUMKollegs statt, einem Kooperationsprojekt der Technischen Universität München (TUM) mit dem Otto-von-Taube-Gymnasium in Gauting sowie dem Werner-Heisenberg-Gymnasium in Garching. Seit über 10 Jahren fördert das Kooperationsprojekt TUMKolleg vor allem in den MINT-Fächern begabte Schüler:innen. Am „TUM-Tag“ arbeiten die Schüler:innen an der TUM (hier: an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz, FRM II) an ihrer Forschungsarbeit. Auf der Absolventenfeier im Sommer 2019 erhielten nicht nur die Teilnehmer:innen ein Zertifikat. Auch den betreuenden Wissenschaftler:innen wurde eine Ehrung für ihr Engagement zuteil, unter den neuen Trägern dieser Auszeichnung befand sich auch Dr. Li.

**Instrument scientist Dr. Xiaosong Li (right) with student Lando von Etzel, who is studying archaeological samples from Sudan using neutron activation analysis.**

The twelfth-grader's research is taking place as part of TUMKolleg, a long-standing cooperative project between the Technical University of Munich (TUM), the Otto von Taube Gymnasium in Gauting, and the Werner Heisenberg Gymnasium in Garching. For more than 10 years, the TUMKolleg cooperation project has been supporting gifted students, especially in the STEM subjects. On "TUM Day", the students work at the TUM (here at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source FRM II) on their research work. In summer 2019, at the traditional graduation ceremony, not only did the participants receive a certificate, but the supervising scientists were also honored for their commitment. Dr. Li was among the new recipients of this award.



# Eine chronologische Übersicht

## Chronology

2002

2003

2014

2016

2017

2018

2020

2021

**P**lanung, Bau und Nutzung der Neutronenquelle sind untrennbar mit dem Namen Heinz Maier-Leibnitz verbunden. Die Technische Universität München (TUM) ehrt seine Pionierleistungen im Jahr 2002 mit der Enthüllung einer Büste sowie anlässlich der Einweihung der „Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz“ im Jahr 2004.

In seiner Rede im Juni 2004 sagt der Präsident der Technischen Universität München (TUM), Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Wolfgang A. Herrmann (Mitte): „Neutronen sind Licht. Licht für die Wissenschaft.“ Die von Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Heinz Maier-Leibnitz in den 1960er Jahren vorgeschlagene Methode zur Erzeugung ultrakalter Neutronen ermöglicht fundamentale Forschung in der Teilchenphysik. Seine Pionierleistungen auf dem Gebiet der Neutronenphysik fanden weltweit Anerkennung. Im Jahr 1962 initiierte Professor Maier-Leibnitz das Physik-Department an der TUM, um Forschung und Lehre auf eine breitere Basis zu stellen, neue Gebiete anzusiedeln und talentierte Forscher:innen zu gewinnen.

**T**he planning, construction, and use of the neutron source are inseparably linked with the name Heinz Maier-Leibnitz. The Technical University of Munich (TUM) honored the pioneering achievements of Professor Maier-Leibnitz both with the unveiling of his bust in 2002 and on the occasion of the inauguration of the “Heinz Maier-Leibnitz Research Neutron Source” in 2004.

In his speech in June 2004 at the inauguration of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), the President of the Technical University of Munich (TUM), Professor Wolfgang A. Herrmann (center), said: “Neutrons are light. They are light for science.” The method for ultracold neutron production proposed in the 1960s by Professor Maier-Leibnitz enabled fundamental research in particle physics. His pioneering work in the field of neutron physics was recognized worldwide. In 1962, Professor Maier-Leibnitz initiated the Physics Department at TUM in order to broaden the basis of research and teaching, to establish new fields, and to attract talented researchers.



**P**rof. Dr. Dr. h. c. Elisabeth Noelle-Neumann (r., 1916 bis 2010), Ehefrau von Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Heinz Maier-Leibnitz (1911 bis 2000), anlässlich der Enthüllung der Bronzestatue ihres Ehemannes im Foyer des Reaktorgebäudes der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II).

Professor Maier-Leibnitz brachte die moderne Neutronenforschung nach Deutschland. Ihm zu Ehren tragen der FRM II und das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching seinen Namen. Die Suche nach neuen, innovativen Methoden trieb Professor Maier-Leibnitz als Wissenschaftler an. „Forschung ist das, was mir am meisten Spaß macht, und ein Forscher ist jemand, der etwas kann und tut, was nirgendwo auf der Welt jemand besser kann als er“, erklärte er sein Verständnis von Wissenschaft (Edingshaus, A.-L.: Heinz Maier-Leibnitz. Ein halbes Jahrhundert experimentelle Physik, München 1986, S. 226). Diese Einstellung gab Maier-Leibnitz auch an seine Student:innen weiter, von denen er stets freies, eigenständiges Denken einforderte.

**P**rofessor Elisabeth Noelle-Neumann (right, 1916-2010), wife of Professor Heinz Maier-Leibnitz (1911-2000), on the occasion of the unveiling of the bronze portrait of her husband in the foyer of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) reactor building.

Professor Maier-Leibnitz brought modern neutron research to Germany. In his honor, the FRM II and the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching bear his name. The search for ever newer, innovative methods drove Professor Maier-Leibnitz as a scientist. “Research is what I enjoy the most, and a researcher is someone who can and does something that no one anywhere in the world can do better than he can,” he explained about his understanding of science (translated from Edingshaus, A.-L.: Heinz Maier-Leibnitz. Ein halbes Jahrhundert experimentelle Physik, Munich 1986, p. 226). Maier-Leibnitz also passed down this way of thinking to his students, from whom he always expected free, independent thinking and expertise.



**Ministerpräsident Dr. Stoiber gibt Startsignal  
Minister-President Dr. Stoiber gives the go-ahead**

**D**er Bayerische Ministerpräsident Dr. Edmund Stoiber (Mitte) besichtigt die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), bevor sie am 02. März 2004 ihre erste Kritikalität erreicht.

Am 04. Juni 2003 gab der Bayerische Ministerpräsident Dr. Edmund Stoiber zusammen mit Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Wolfgang A. Herrmann, dem Präsidenten der Technischen Universität München (TUM), das Startsignal für die Inbetriebnahme des FRM II in Garching. Professor Herrmann (vorne l.), Dr. Werner Schnappauf, Bayerischer Staatsminister für Landesentwicklung und Umweltfragen (2. v. l.), Prof. Dr. h. c. mult. Hans Zehetmair, Bayerischer Staatsminister für Wissenschaft, Forschung und Kunst (2. v. r.), und Prof. Dr. Klaus Schreckenbach, von 1999 bis 2005 Technischer Direktor des FRM II (vorne r.).

**B**avarian Minister-President Dr. Edmund Stoiber (center) inspects the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) before it reaches its first criticality on March 2, 2004.

On June 4, 2003, the Bavarian Minister-President Dr. Edmund Stoiber together with Professor Wolfgang A. Herrmann, President of the Technical University of Munich (TUM), gave the starting signal for the commissioning of FRM II in Garching. Professor Herrmann (front left), Dr. Werner Schnappauf, Bavarian State Minister for Regional Development and Environmental Issues (2nd from left), Professor Hans Zehetmair, Bavarian State Minister for Science, Research and the Arts (2nd from right), and Professor Klaus Schreckenbach, Technical Director of the FRM II from 1999 to 2005 (front right).



**Die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) feiert Jubiläum  
The Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) celebrates its anniversary**

**T**reffen anlässlich des 10. Jubiläums der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II): Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Otto Meitinger (1927 bis 2017), Präsident der Technischen Universität München (TUM) von 1987 bis 1995 (l.), Dr. Jürgen Neuhaus, stellv. Wissenschaftlicher Direktor des FRM II (Mitte), Prof. Dr. h. c. mult. Hans Zehetmair, u. a. ehemaliger Bayerischer Staatsminister für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst (r.).

Am 02. März 2004 wird der FRM II in Garching erstmals kritisch. Seither gehört er zu den leistungsfähigsten Neutronenquellen weltweit. Mit einem Festakt im Physik-Department feiert die TUM das zehnjährige Jubiläum. Neben namhaften Vertreter:innen aus der Wissenschaft sprechen als Ehrengäste der ehemalige Bayerische Ministerpräsident Dr. Edmund Stoiber sowie der amtierende Bayerische Staatsminister für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst Dr. Ludwig Spaenle. Ministerialdirigent Dr. Karl-Eugen Huthmacher repräsentiert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

**M**eeting on the occasion of the 10th anniversary of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II): Professor Otto Meitinger (1927-2017), President of the Technical University of Munich (TUM) from 1987 to 1995 (left), Dr. Jürgen Neuhaus, Deputy Scientific Director of the FRM II (center), Professor Hans Zehetmair, inter alia, former Bavarian State Minister for Education, Culture, Science and the Arts (right).

On March 2, 2004, the FRM II in Garching delivers neutrons for the first time. Since then, it has been one of the most powerful neutron sources in the world. TUM celebrates the tenth anniversary with a ceremony in the Physics Department. In addition to renowned representatives from science, the former Bavarian Minister-President Dr. Edmund Stoiber and the current Bavarian State Minister for Education, Culture, Science and the Arts Dr. Ludwig Spaenle speak as guests of honor. The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is represented by Ministerialdirigent Dr. Karl-Eugen Huthmacher.



## MAI 2014

Wie leistungsfähig ist das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ)?  
How efficient and powerful is the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ)?

**E**rste Begutachtung des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) am 19. und 20. Mai 2014 (Gutachter und Direktorium des MLZ, v. l. n. r.): Prof. Dr. Andreas Schreyer, Prof. Dr. Albert Young, Prof. Dr. Kazu Kakurai, Prof. Dr. Andrew Harrison, Prof. Dr. Christiane Alba-Simenesco, Prof. Dr. Metlin Tolan, Prof. Dr. Dieter Richter, Prof. Dr. Winfried Petry, Prof. Dr. Arantxa Arbe, Prof. Dr. Paul Langan, Prof. Dr. Regine von Klitzing, Prof. Dr. Tobias Unruh, Dr. Alexander Ioffe, Dr. Jürgen Neuhaus.

Das MLZ ist eine Kooperation zwischen der Technischen Universität München (TUM), dem Forschungszentrum Jülich (FZJ) und dem Helmholtz-Zentrum Hereon, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (StMWK) finanziell unterstützt wird. Im Rahmen der 10-jährigen Förderung durch das BMBF fand im Mai 2014 eine erste umfassende Begutachtung vor Ort in Garching statt. In Vorträgen, Besichtigungen der Instrumente und zahlreichen Diskussionen mit Mitarbeiter:innen konnte sich das internationale Gutachtergremium von der Leistungsfähigkeit sowohl der Einrichtungen als auch der Organisation des MLZ überzeugen.

**F**irst review of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) on May 19 and 20, 2014 (reviewers and the directorate of MLZ, from left to right): Professor Andreas Schreyer, Professor Albert Young, Professor Kazu Kakurai, Professor Andrew Harrison, Professor Christiane Alba-Simenesco, Professor Metlin Tolan, Professor Dieter Richter, Professor Winfried Petry, Professor Arantxa Arbe, Professor Paul Langan, Professor Regine von Klitzing, Professor Tobias Unruh, Dr. Alexander Ioffe, Dr. Jürgen Neuhaus.

MLZ is a cooperation between the Technical University of Munich (TUM), the Forschungszentrum Jülich (FZJ) and the Helmholtz-Zentrum Hereon and financially supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and the Bavarian State Ministry of Science and Art (StMWK). As part of the 10-year BMBF funding, a first comprehensive on-site assessment took place in Garching in May 2014. In lectures, tours of the instruments, and numerous discussions with staff members at MLZ, the international review panel was able to convince itself of the efficiency in both the facilities and the organization in MLZ.

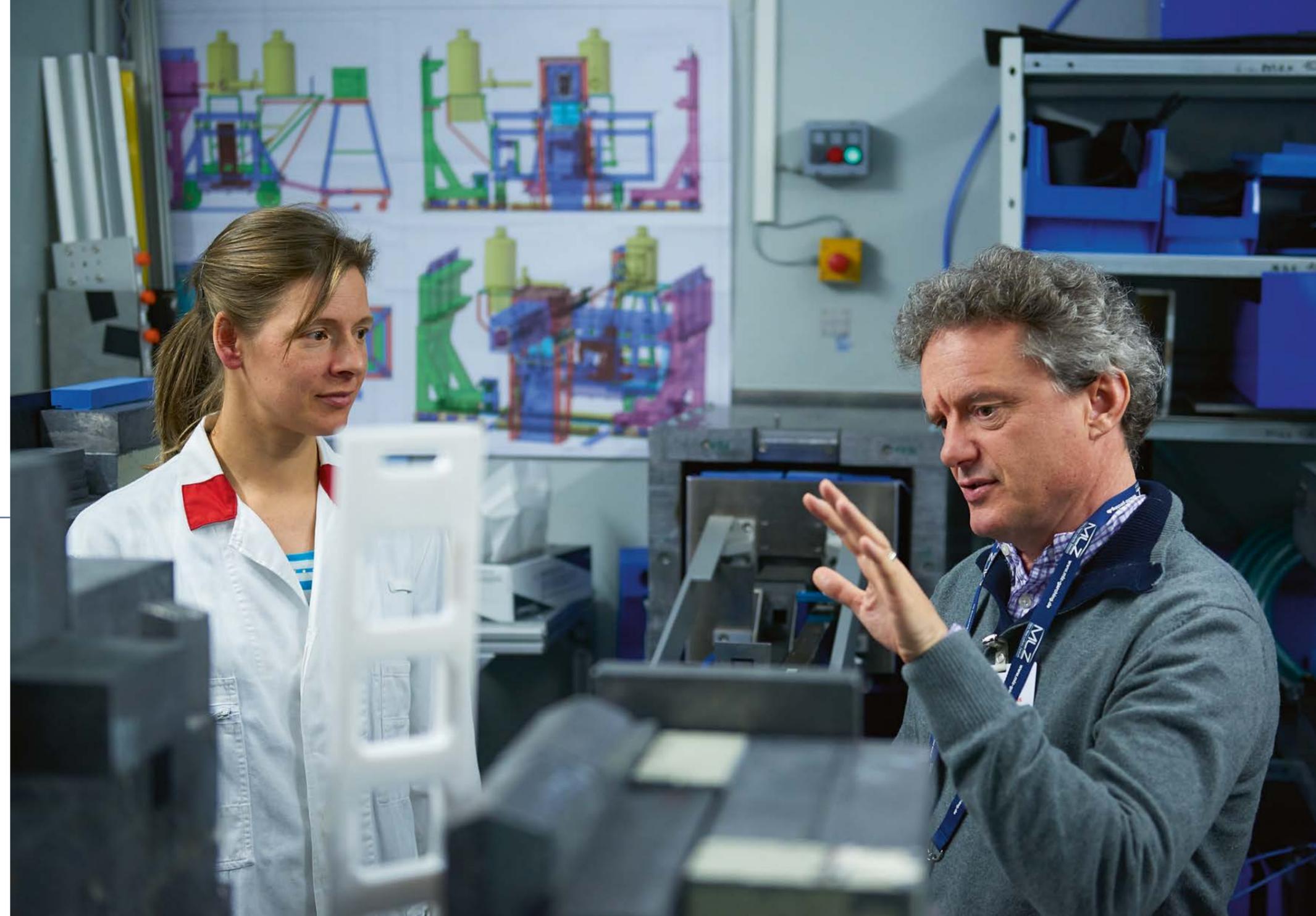


**Instrumentwissenschaftlerin Dr. Petra Kudejova im Gespräch mit Kommissionsmitglied Prof. Dr. Albert Young (North Carolina State University) am Instrument PGAA (Prompt Gamma Activation Analysis) im Rahmen der ersten Begutachtung des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) am 20. Mai 2014.**

Die Analyse der prompten Gammastrahlung hatte Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz bereits im Jahr 1963 als Methode vorgeschlagen. Ihm war schon damals die Bedeutung der Minimierung des spektralen Hintergrunds klar, was immer noch als wichtigster Schritt in der Instrumententwicklung gilt. Die ersten PGAA-Experimente (qualitative und quantitative Analyse der elementaren Zusammensetzung) sind wichtige Schritte zur Charakterisierung einer Probe und wurden 1969 am Forschungsreaktor München (FRM) in Garching durchgeführt. Das Instrument PGAA an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) ermöglicht z. B. die Analyse von kleinsten Schadstoffmengen in Blättern von Olivenbäumen oder auf antiken Fundstücken.

**Instrument scientist Dr. Petra Kudejova talking with commission member Professor Albert Young (North Carolina State University) at the PGAA (Prompt Gamma Activation Analysis) instrument during the first review of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) on May 20, 2014.**

The Prompt Gamma Activation Analysis (PGAA) had already been proposed as a method by Professor Heinz Maier-Leibnitz in 1963. He already realized the importance of minimizing the spectral background at that time, which is still considered the most important step in instrument development. The first PGAA experiments, where qualitative and quantitative analysis of the elemental composition is one of the most important steps to characterize a sample, were performed at the research reactor (FRM) in Garching in 1969. The PGAA instrument at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) allows, for instance, the analysis of minute amounts of pollutants in leaves of olive trees or on ancient specimens.



## SEPTEMBER 2014

Altes geht, Neues kommt  
The old goes, and the new comes

**M**ehr Raum für die Neutronenforschung. Bis zu 1.200 Gastwissenschaftler:innen aus aller Welt kommen jährlich nach Garching, um an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) Messungen durchzuführen.

Altes geht: Das alte Büro- und Laborgebäude (Flachbau I) aus den Anfangsjahren des ersten Forschungsreaktors (FRM, 1950er-Jahre) muss weichen. Der FRM mit seiner charakteristischen Ei-Form ist noch heute das Wahrzeichen für das Forschungsgelände Garching. Als erstes Institut auf dem heutigen Campus bildet er die Keimzelle für eines der größten Forschungsareale in Europa.

Neues kommt: Die neuen Gebäude des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) bieten seit Oktober 2020 zusätzliche Forschungskapazitäten; auf rund 4.550 Quadratmetern Fläche entstanden im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) sowie des Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (StMWK) in dreijähriger Bauzeit neue Labore, Büros und Werkstätten, die von den mehr als 400 Mitarbeiter:innen sowie Gastwissenschaftler:innen genutzt werden.

**M**ore space for neutron research: up to 1,200 guest scientists from all over the world come to Garching every year to perform measurements at the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II).

The former office and laboratory building (Flachbau I) from the early years of the first research reactor (FRM, 1950s) had to go. The FRM, with its characteristic egg shape, is still the unmistakable landmark for the Garching research site. As the first institute on today's campus, it formed the nucleus for one of the largest research campuses in Europe. Since October 2020, the new buildings of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) have offered additional research capacities; with an area of around 4,550 square meters, the new laboratories, offices, and workshops were built in a three-year construction period on behalf of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and the Bavarian State Ministry of Science and the Arts (StMWK). These are used by more than 400 employees and guest scientists.



**G**ruppenbild des Workshops „50 Jahre Neutronenrückstreuung“ im Institute of Advanced Studies (IAS) der Technischen Universität München (TUM).

Der zweitägige Workshop hebt die Bedeutung der Neutronenrückstreuung hervor, die zu den historischen Anfängen des Forschungsreaktors (FRM) zurückgeht und im Jahr 1966 erstmals erprobt wurde, unter der Leitung des ersten Direktors Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz und dem Wissenschaftler Dr. Berthold Alefeld. Im Laufe der Jahre wurde diese Methode an vielen Neutronen- und auch Synchrotron-Quellen weltweit eingeführt und kontinuierlich weiterentwickelt. Unter den Teilnehmenden befanden sich auch die Pioniere der Neutronenrückstreuung, Dr. Anton Heidemann (1. Reihe, 5. v. l.) und Dr. Manfred Birr (1. Reihe 4. v. l.).

**P**articipants of the workshop “50 Years of Neutron Backscattering” at the Institute of Advanced Studies (IAS) of the Technical University of Munich (TUM).

The two-day workshop highlighted the importance of the backscattering technique, which goes back to the historical beginnings of the research reactor (FRM) as the cradle of neutron backscattering spectroscopy, first tested in 1966 under the leadership of the first director Professor Heinz Maier-Leibnitz and scientist Dr. Berthold Alefeld. Over the years, backscattering spectroscopy was introduced and continuously developed at all neutron and synchrotron sources worldwide. The participants included the pioneers of neutron backscattering spectroscopy, Dr. Anton Heidemann (front, 5th from left) and Dr. Manfred Birr (front, 4th from left).



Probestehen für den Spatenstich  
Rehearsal for the groundbreaking ceremony

**M**itarbeiter der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) stehen Probe für den offiziellen Termin des Spatenstichs mit Vertretern aus Politik und Wissenschaft am 20. Februar 2017 zum Bau der neuen MLZ-Gebäude.

Die neuen Gebäude des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) bieten eine wichtige Grundlage, um die Attraktivität des Wissenschaftsstandortes Deutschland zu stärken. So sagt der Bayerische Staatsminister für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst Dr. Ludwig Spaenle anlässlich des Spatenstichs: „Wir wollen die Zusammenarbeit in der Forschung über die Grenzen der Einrichtungen hinaus weiter stärken, um bei wissenschaftlichen Problemstellungen die besten Köpfe zusammenzuspannen.“

**S**taff members of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II) stand in rehearsal for the official ground-breaking ceremony with political and scientific representatives on February 20, 2017 for the construction of the new MLZ building.

The new buildings of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) provide an important basis to further increase the attractiveness of Germany as a science location. “We want to further strengthen cooperation in research beyond the boundaries of the institutions in order to bring the best minds together to solve scientific problems”, said Bavarian State Minister for Education, Culture, Science and the Arts Dr. Ludwig Spaenle at the groundbreaking ceremony.



## FEBRUAR 2017

### Spatenstich für die Zwillingengebäude Groundbreaking ceremony for the twin buildings

**Z**um Spaten für das neue Wissenschafts- und Werkstattgebäude der Technischen Universität München (TUM) und das Labor- und Bürogebäude des Forschungszentrum Jülich (FZJ) greifen (v. l. n. r.): Dr. Ronzon Mallick (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, StMUV), Prof. Dr. Winfried Petry (Wissenschaftlicher Direktor der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz, FRM II), Albert Berger (Kanzler der TUM), Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Wolfgang A. Herrmann (Präsident der TUM), Dr. Anton Kastenmüller (Technischer Direktor des FRM II), Prof. Dr. Thomas Brückel (Direktor Jülich Centre for Neutron Science, JCNS, und Sprecher des Direktoriums des Heinz Maier-Leibnitz Zentrum, MLZ), Stefan Müller MdB (Parlamentarischer Staatssekretär, Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF), Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Sebastian M. Schmidt (Mitglied des Vorstandes des FZJ) und Dr. Dietmar Gruchmann (Erster Bürgermeister der Stadt Garching).

Die Zahl der wissenschaftlichen Instrumente am FRM II ist von ursprünglich 14 auf 27 gewachsen, weitere sieben befinden sich im Bau; da die neuen Instrumente auch zusätzliche Betreuer:innen erfordern, steigt der Platzbedarf entsprechend. Die beiden neuen vierstöckigen Gebäude, die den Blick auf den Forschungsreaktor (FRM) von 1957 einrahmen, schaffen die nötige Fläche.

**H**olding the spades for the new science and workshop building of the Technical University of Munich (TUM) and the laboratory and office building of Forschungszentrum Jülich (FZJ). From left to right: Dr. Ronzon Mallick (Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection, StMUV), Professor Winfried Petry (Scientific Director of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source, FRM II), Albert Berger (Chancellor of TUM), Professor Wolfgang A. Herrmann (President of TUM), Dr. Anton Kastenmüller (Technical Director of FRM II), Professor Thomas Brückel (Director of the Jülich Centre for Neutron Science, JCNS, and Speaker of the Directorate of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum, MLZ), Stefan Müller MdB (Parliamentary State Secretary, Federal Ministry of Education and Research, BMBF), Professor Sebastian M. Schmidt (Member of the Board of FZJ), and Dr. Dietmar Gruchmann (First Mayor of the City of Garching).

The number of scientific instruments at the FRM II has grown from an initial 14 to 27, with a further seven under construction; as the new instruments also require additional supervisors, space requirements have increased accordingly. The two new four-story buildings, which frame the view of the research reactor (FRM) from 1957, create the necessary space.



Abschied beim Sommerfest  
Farewell at the summer festival

**A**uf dem Sommerfest 2018 übergeben Verwaltungsdirektor Johannes Nußbickel (l.), der Technische Direktor Dr. Anton Kastenmüller (2. v. l.) und der Wissenschaftliche Direktor Prof. Dr. Peter Müller-Buschbaum (r.) ein Gruppenbild der Mitarbeiter:innen des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) an den langjährigen Wissenschaftlichen Direktor Prof. i. R. Dr. Winfried Petry anlässlich seiner Verabschiedung.

Alle Beschäftigten auf dem Gelände der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) feiern beim jährlichen Sommerfest in geselliger Atmosphäre, gemeinsam auch mit ehemaligen Beschäftigten. Programmpunkt nach dem Buffet ist die Präsentation der Direktoren des FRM II über die Ergebnisse des letzten Jahres und Pläne zukünftiger Projekte.

**A**t the summer festival in 2018, Administrative Director Johannes Nußbickel (left), Technical Director Dr. Anton Kastenmüller (2nd from left), and Scientific Director Professor Peter Müller-Buschbaum (right) hand over a group picture of employees at the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) to long-time Scientific Director Professor (ret.) Winfried Petry.

Current and former employees celebrate in a sociable atmosphere at the annual summer festival on the premises of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II). A program item after the buffet is the traditional presentation by the directors of the FRM II about the results from the recent year and plans for future projects.



**K**eine Konferenz ohne Essen, das die Möglichkeit bietet, zwanglos mit möglichen Forschungspartnern ins Gespräch zu kommen.

Bei 520 Teilnehmer:innen der Deutschen Tagung für Forschung mit Synchrotronstrahlung, Neutronen und Ionenstrahlen an Großgeräten (SNI) mangelt es nicht an Gelegenheiten: Hier Gastgeber und Wissenschaftlicher Direktor des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) und der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), Prof. Dr. Peter Müller-Buschbaum (r.), neben Prof. Dr. Stephan V. Roth vom Deutschen Elektronensynchrotron (DESY). Im September 2018 wurde die SNI an der Technischen Universität München (TUM) in Garching veranstaltet. Organisatoren sind das Komitee Forschung mit Neutronen (KFN), das Komitee Forschung mit Synchrotronstrahlung (KFS) und das Komitee Forschung mit nuklearen Sonden und Ionenstrahlen (KFSI) in Zusammenarbeit mit dem MLZ.

**N**o conference is complete without a meal that offers the opportunity to casually engage in conversation with potential research partners.

With 520 participants at the German Conference for Research with Synchrotron Radiation, Neutrons, and Ion Beams at Large Facilities (SNI), there is no shortage of opportunities: Pictured here is the host and Scientific Director of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) and the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II), Professor Peter Müller-Buschbaum (right), next to Professor Stephan V. Roth from the German Electron Synchrotron (DESY). In September 2018, the SNI took place at the Technical University of Munich (TUM) in Garching. Organizers are the Committee Research with Neutrons (KFN), the Committee Research with Synchrotron Radiation (KFS), and the Committee Research with Nuclear Probes and Ion Beams (KFSI) in collaboration with MLZ.



SEPTEMBER 2018

Schmankerl für die Strahlenforschung  
Delicacies for radiation research

**A**m letzten Konferenzabend kommen die Teilnehmer:innen der Deutschen Tagung für Forschung mit Synchrotronstrahlung, Neutronen und Ionenstrahlen an Großgeräten (SNI) im Festsaal des Hofbräuhauses in der Münchner Innenstadt zusammen. Es erwartet sie ein bayerisches Programm zusammen mit traditionellen bayerischen Schmankerln, was für beste Laune sorgt und einen regen Austausch ermöglicht.

Die 520 Teilnehmer:innen der dreitägigen Veranstaltung auf dem Campus der Technischen Universität München (TUM) in Garching verbindet das gemeinsame Interesse an der Nutzung von Großgeräten und den dort angewandten Forschungsmethoden und Methodenentwicklung.

**O**n the last day of the German Conference for Research with Synchrotron Radiation, Neutrons, and Ion Beams at Large Facilities (SNI), participants gather in the Hofbräuhaus ballroom in downtown Munich. A Bavarian program and traditional Bavarian delicacies await them, which makes for a good atmosphere and a lively exchange of ideas.

The 520 participants in this three-day event on the campus of the Technical University of Munich (TUM) in Garching are united by their common interest in the use and development of research methods available at large-scale facilities.



## SEPTEMBER 2018

Traditioneller Richtspruch des Zimmermanns  
Traditional topping-out ceremony with the help of a carpenter

**M**ehr Platz für Forschung: Die drei Partner des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) errichten zwei Erweiterungsbauten mit insgesamt 4.550 Quadratmetern Nutzfläche für Labors, Büros und Werkstätten. Hier wird das Richtfest gefeiert.

Das nördliche Gebäude entsteht im Auftrag der Bayerischen Staatsregierung für die Technische Universität München (TUM). Auf rund 2.000 Quadratmetern Nutzfläche beherbergt es Büros und eine zweistöckige Werkstatthalle. Das südliche Gebäude, errichtet im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), bietet 2.550 Quadratmeter Büro- und Laborflächen für Wissenschaftler der TUM, des Jülich Centre for Neutron Science (JCNS) und des Helmholtz Zentrums Hereon.

**M**ore space for research: The three partners of the Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) jointly commissioned the two buildings with a total of 4,550 square meters of usable space for laboratories, offices, and workshops. The topping-out ceremony was held in the new workshop.

The northern building is being built on behalf of the Bavarian state government for the Technical University of Munich (TUM). With around 2,000 square meters of usable space, it houses offices and a two-story workshop hall. The southern building, commissioned by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), provides 2,550 square meters of office and laboratory space for scientists from TUM, the Jülich Centre for Neutron Science (JCNS), and Helmholtz Zentrum Hereon.



Vorbereitungen für die Transporte abgebrannter Brennelemente  
Preparations for the transport of the fuel elements used

**M**itarbeiter:innen testen die Handhabung des Transport- und Lagerbehälters CASTOR® MTR3 sowie das Be- und Entladen des Transportfahrzeugs.

Für die Funktionstests kommen „Dummy-Brennelemente“ und ein „Dummy-Behälter“ zum Einsatz, um die Beladung realitätsnah zu testen. Beim Transport der Brennelemente steht der Schutz von Mensch und Umwelt an erster Stelle. Dieser Schutz wird bereits von der massiven, tonnenschweren Metallkonstruktion des eingesetzten Behälters gewährleistet. Für den Transport wird ein Behälter mit fünf Brennelementen auf ein spezielles Transportfahrzeug geladen und nach Ahaus ins Zwischenlager gefahren. Dieses Fahrzeug besteht aus einer Zugmaschine und einem Tiefbettauflieger.

**E**mployees test the handling of the CASTOR® MTR3 transport and storage container as well as the loading and unloading of the transport vehicle.

Dummy fuel element assemblies and a dummy container are used for the functional tests in order to simulate the loading as realistically as possible. During the transport of fuel elements, the protection of people and the environment is the top priority. This protection is already ensured by the massive metal construction of the container used, which weighs several tons. For transport, a cask with five fuel elements is loaded onto a special transport vehicle and driven to the interim storage facility at Ahaus. This vehicle consists of a tractor unit and a low-bed trailer.



**Präsidialstab der Technischen Universität München (TUM) zu Besuch an der  
Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)  
Executive Board of the Technical University of Munich (TUM) visits the  
Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II)**

**G**emeinsam mit dem Präsidenten der Technischen Universität München (TUM), Prof. Dr. Thomas F. Hofmann (3. v. r.), besuchen der Kanzler der TUM, Albert Berger (Mitte), und der Sprecher des Präsidenten, Ulrich Meyer (1. v. r.), sowie die Referentin für Berufungen, Dr. Maralena Weil (1. v. l.), die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II).

Im Zentrum stehen die Besichtigung des FRM II in einer Führung durch die drei Direktoren Robert Rieck (Verwaltungsdirektor, 2. v. l.), Dr. Axel Pichlmaier (Technischer Direktor, 3. v. l.) und Prof. Dr. Peter Müller-Buschbaum (Wissenschaftlicher Direktor, 2. v. r.) sowie der daran anschließende Austausch.

**T**he President of the Technical University of Munich (TUM) Professor Thomas F. Hofmann (3rd from right), came along with the TUM Chancellor Albert Berger (center), and the Presidential Spokesperson Ulrich Meyer (1st from right), as well as the Appointments Officer Dr. Maralena Weil (1st from left), to get together with the directors of the Heinz Maier-Leibnitz research neutron source (FRM II).

The main event is the tour of the FRM II by its three directors, Robert Rieck (Director of Administration, 2nd from left), Dr. Axel Pichlmaier (Technical Director, 3rd from left), and Professor Peter Müller-Buschbaum (Scientific Director, 2nd from right), and the subsequent discussion to continue a strengthened cooperation.



	<b>1955</b> Maistraße, Munich	<b>1956</b> Umzug nach Irland / Move to Ireland
	<b>1959-1965</b> Rathgar Junior School, Dublin	<b>1966</b> Sandford Park School, Dublin
	<b>1967-1972</b> Wesley College Dublin	<b>1973</b> Landwirtschaftliche Kreditgenossenschaft Agricultural Credit Corporation
Assistent von Gerrit van Gelderen, Filmemacher, Grafikdesigner und Ornithologe, Dublin Assistant to Gerrit van Gelderen, filmmaker, graphic designer, and ornithologist, Dublin	<b>1973</b> Bayerische Staatslehranstalt für Photographie, München Bavarian State School of Photography, Munich	<b>1974</b> Gebler Kartonagenfabrik, Coburg Cardboard box factory Gebler, Coburg
	<b>1975-1977</b> Bayerische Staatslehranstalt für Photographie, München Bavarian State School of Photography, Munich	<b>1978-1979</b> Dún Laoighaire Institut für Kunst, Design und Technologie, Dublin Dún Laoighaire Institute of Art, Design and Technology, Dublin
Assistent von Henk Snoek, Architekturfotograf, Dublin und London Assistant to Henk Snoek, architectural photographer, Dublin and London	<b>1978-1980</b> Assistent von Henk Snoek, Architekturfotograf, Dublin und London Assistant to Henk Snoek, architectural photographer, Dublin and London	<b>1979</b> Fotodienstleistungen für Ausstellungen, Willesden, London Exhibition Photo Services, Willesden, London
	<b>1981</b> Ausbildungszentrum AnCo, Ballyfermot, Dublin AnCo Training Centre, Ballyfermot, Dublin	<b>1982</b> Leiharbeiter bei Persona Service, München Temporary worker at Persona Service, Munich
	<b>1983-1988</b> Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie der TUM Department of Dermatology and Allergy at the TUM	<b>1984-1988</b> Theaterfotos für Theater Rechts der Isar, München Theater photos for Theater Rechts der Isar, Munich
	<b>1989-1990</b> Foto Raabe, Gelsenkirchen Foto Raabe, Gelsenkirchen	<b>1991-2021</b> Physik-Department der Technischen Universität München (TUM) Physics Department at the Technical University of Munich (TUM)
	<b>1995</b> Ausstellung mit Gotti Hampp im Erdinger Frauenkircherl Exhibition with Gotti Hampp in the Frauenkircherl, Erding	<b>1997</b> Ausstellung mit Gotti Hampp im Erdinger Frauenkircherl Exhibition with Gotti Hampp in the Frauenkircherl, Erding
	<b>1998</b> Ausstellung in der Temple Bar Gallery, Dublin Exhibition in the Temple Bar Gallery, Dublin	



# Impressum

## Imprint

### **Herausgeber**

Das Direktorium des FRM II

Technische Universität München  
Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)  
Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ)  
Lichtenbergstr. 1  
D-85748 Garching

Phone: +49 89 289 14965  
Fax: +49 89 289 14995

[www.frm2.tum.de](http://www.frm2.tum.de)  
[www.mlz-garching.de](http://www.mlz-garching.de)  
[frm2@frm2.tum.de](mailto:frm2@frm2.tum.de)  
[mlz@mlz-garching.de](mailto:mlz@mlz-garching.de)

### **Fotografien**

© 2002 - 2021  
Wenzel Schürmann

Fotografie S. 187  
Anke Görg

### **Konzeptidee und Umsetzung**

Dr. Diana Fleischer

### **Text und deutsches Lektorat**

Dr. Diana Fleischer  
Anke Görg  
Dr. Jürgen Neuhaus  
Andrea Voit

### **Englisches Lektorat**

Dr. Jonathan Leiner

### **Redaktion**

Ruben Düchting, Mira Manger,  
Iserundschmidt, Agentur für Wissenskommunikation

### **Layout und Satz**

Ramona Schurek

### **Grafik Titelseite**

Reiner Müller