

# NEUTRONENQUELLE

FOTODOKUMENTATION VON WENZEL SCHÜRMANN

über die Forschungsarbeit des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums  
an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz  
der Technischen Universität München in Garching

22.10. - 19.11.2022



LITVAI GALERIE FÜR FOTOGRAFIE

Altstadt 195a · 84028 Landshut · Mi-Fr 14-17 Uhr, Sa 11-15 Uhr · [litvai-galerie.com](http://litvai-galerie.com)

## Neutronenquelle –

### Fotodokumentation von Wenzel Schürmann über das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz der Technischen Universität München in Garching 2001-2021

Mehr als 19 Jahre lang hat der Landshuter Fotograf Wenzel Schürmann in vielen Tausend Bildern die wechselvolle Geschichte der Forschungs-Neutronenquelle FRM II und des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) in Garching fotografiert. Jetzt gibt es ein Best-Of in dieser Ausstellung zu sehen.

#### Fotos zeigen Leidenschaft

Wenzel Schürmann war von 1991 bis 2021 an der Technischen Universität München beschäftigt und hat ab 2001 digitale Fotos am FRM II aufgenommen. Dabei hat er ganz besondere Momente festgehalten, wie etwa den Abriss der Flachbauten aus den 1950er Jahren vor dem „Atom-Ei“. Neben wichtigen Ereignissen zeigte Wenzel Schürmann vor allem ein feines Gespür für die Wissenschaftler:innen, Ingenieur:innen und Studierende. Er fing sie mit seiner Linse ein: Die Studentin, die fasziniert den

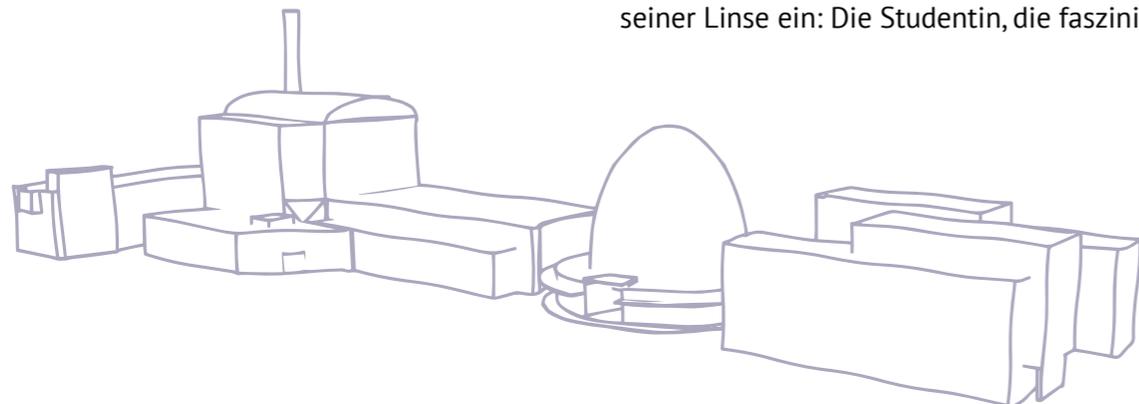
Stickstoffdampf aus dem Kryostaten beobachtet oder den Wissenschaftler, der den Schraubenschlüssel an der weltweit stärksten Positronenquelle wie einen Dirigentenstock schwingt. So ist denn der Tenor der Ausstellung, das tägliche Leben an der Neutronenquelle zu zeigen sowie die Hingabe, Freude und Leidenschaft der Menschen, die am FRM II arbeiten und forschen.

#### Über die Forschungs-Neutronenquelle und das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum

An der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II), dem Nachfolger des FRM (Atom-Ei) in Garching, nutzen bis zu 1200 Forschende pro Jahr aus dem In- und Ausland Neutronen, um Materialien zu untersuchen. Sie blicken dabei etwa in das Innere von Lithium-Ionen-Akkus, während diese entladen werden, um Akkus mit höherer Reichweite für die

E-Mobilität zu entwickeln, oder untersuchen Eiweiße von resistenten Bakterien, um neue Antibiotika herstellen zu können. Forschungsschwerpunkte sind 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.

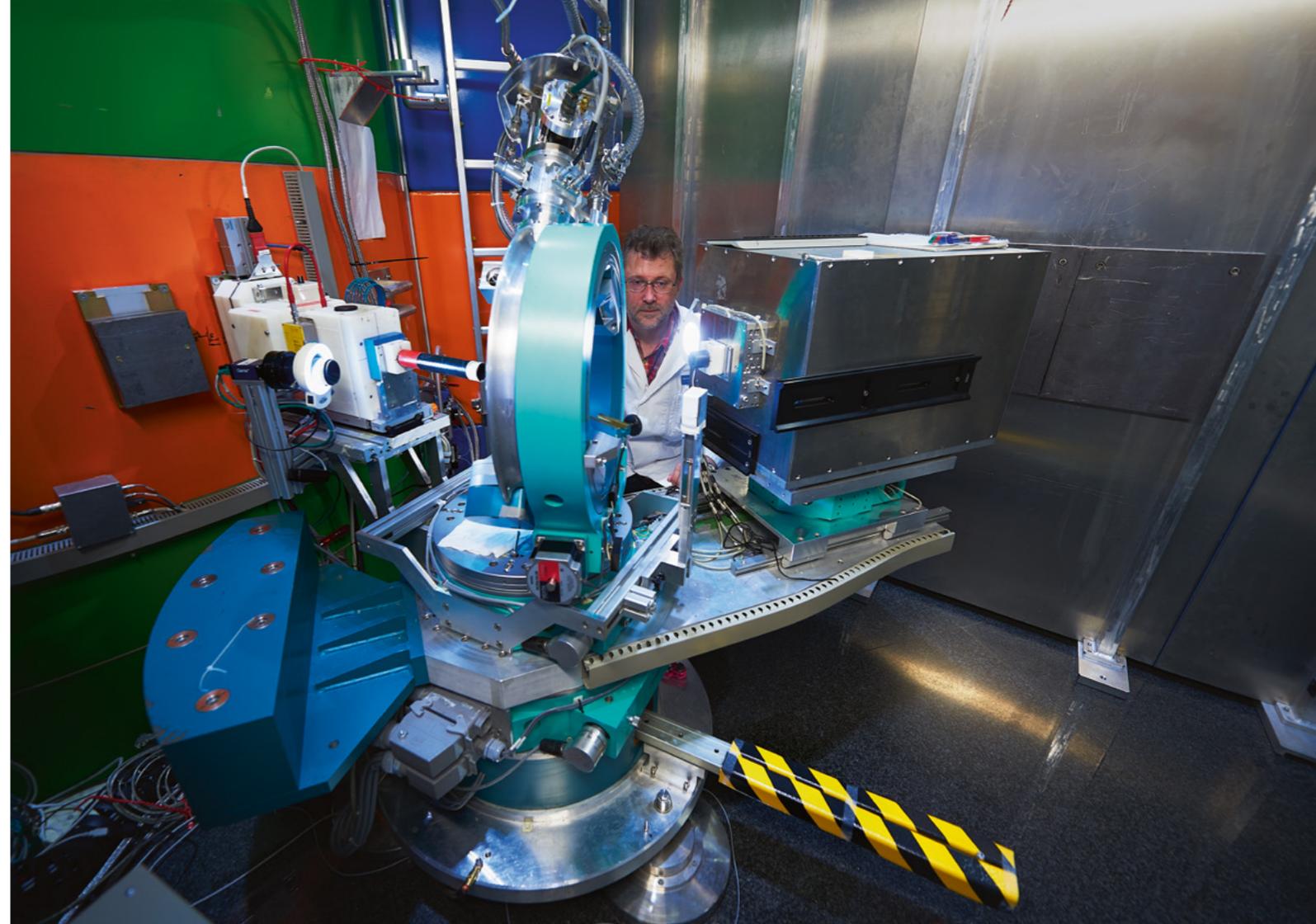
Um die Neutronen am FRM II zu nutzen, haben sich die Technische Universität München, das Forschungszentrum Jülich und Helmholtz-Zentrum Hereon unter dem Dach des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums zusammengefunden und betreiben gemeinsam mehr als 25 wissenschaftliche Instrumente, die sie Gastwissenschaftler:innen für ihre Messungen zur Verfügung stellen.



## Heiß, heißer, HEiDi

**Das Instrument HEiDi (Einkristall-Diffraktometer an der heißen Quelle) misst mit heißen Neutronen. Instrumentwissenschaftler Dr. Martin Meven ermöglicht hier z. B. die Forschung an Multiferroika.**

Neutronen ändern beim Anlegen eines magnetischen Felds ihre elektrische Orientierung und werden zur Untersuchung von Sensoren, Aktuatoren und Speichermedien eingesetzt. 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 beschleunigen sich auch die thermischen Neutronen auf Geschwindigkeiten bis mehrere tausend Kilometer pro Sekunde. Ein Strahlrohr leitet sie zu den beiden Einkristalldiffraktometern HEiDi und POLI (Diffraktometer mit polarisierten heißen Neutronen).



## Nur nicht festfrieren

**Ein 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 hohem Druck zu bringen oder ein Magnetfeld anzulegen. Die Wandungen 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 auch an oberen Teilen Kondenswasser. Vor einem Wiedereinbau muss er daher sorgfältig getrocknet werden.



## Gut Ding will Weile haben

**Ein 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 circa 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.



## Einstein in der Experimentierhalle

Die 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 simulieren Forscher:innen u. a. Fusionsplasmen für die zukünftige Stromerzeugung.



## Von Stopfen und Strahlen

**Dr. Linus Willerding** bereitet den Tausch des Strahlrohrstopfens SR6a vor. Hier ist Fingerspitzengefühl gefragt, denn trotz schwersten Teilen handelt es sich um Feinmechanik.

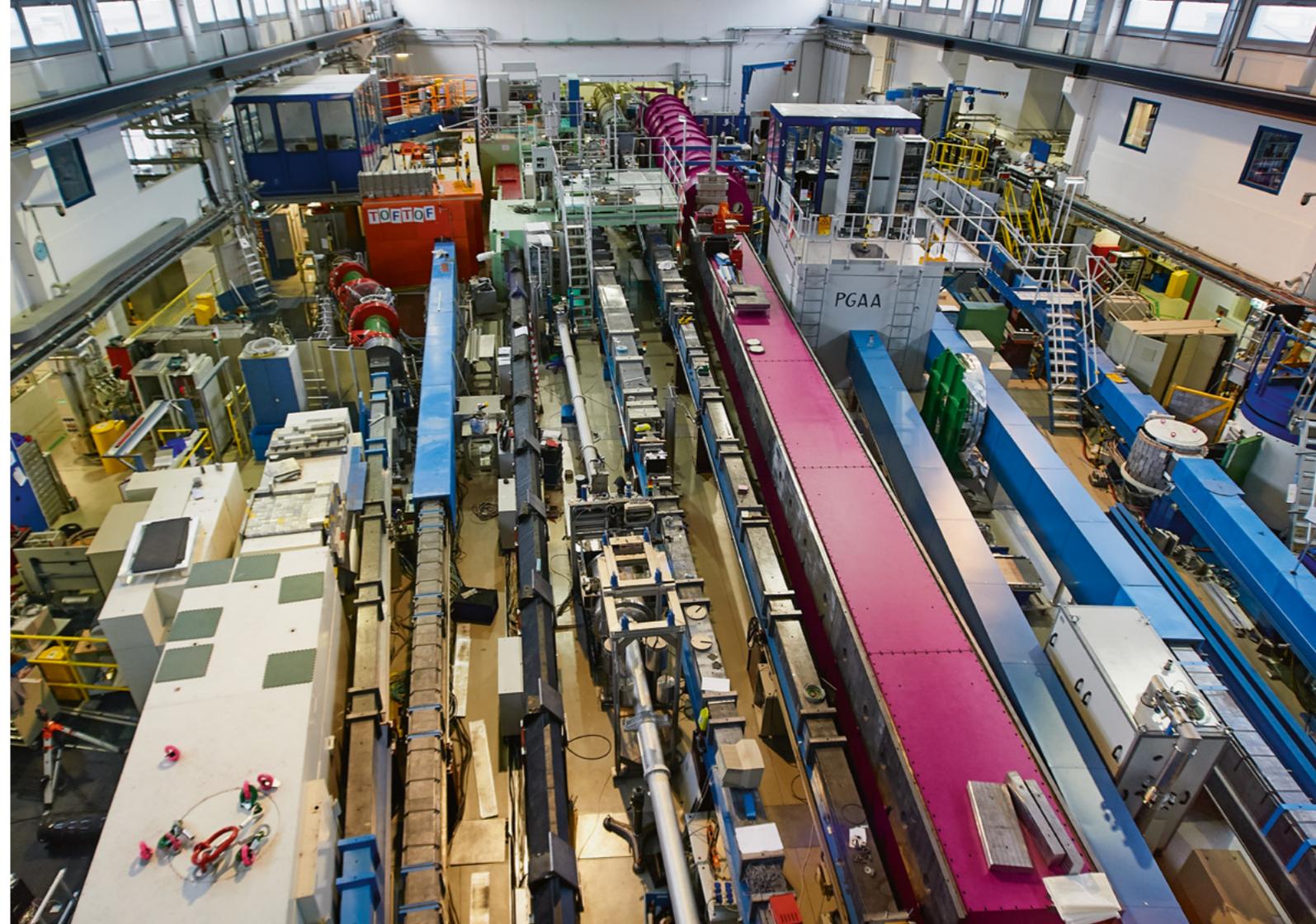
Ganz entscheidend für das Gelingen des Projekts ist die äußerst präzise Ausrichtung der Strahlrohrwechselmaschine. Diese spezielle und einzigartige Apparatur muss einerseits behutsam zwischen den eng beieinanderstehenden Messinstrumenten in der Experimentierhalle positioniert, andererseits aber auch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



## Lassen sich Neutronen lenken?

Evakuierte 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.

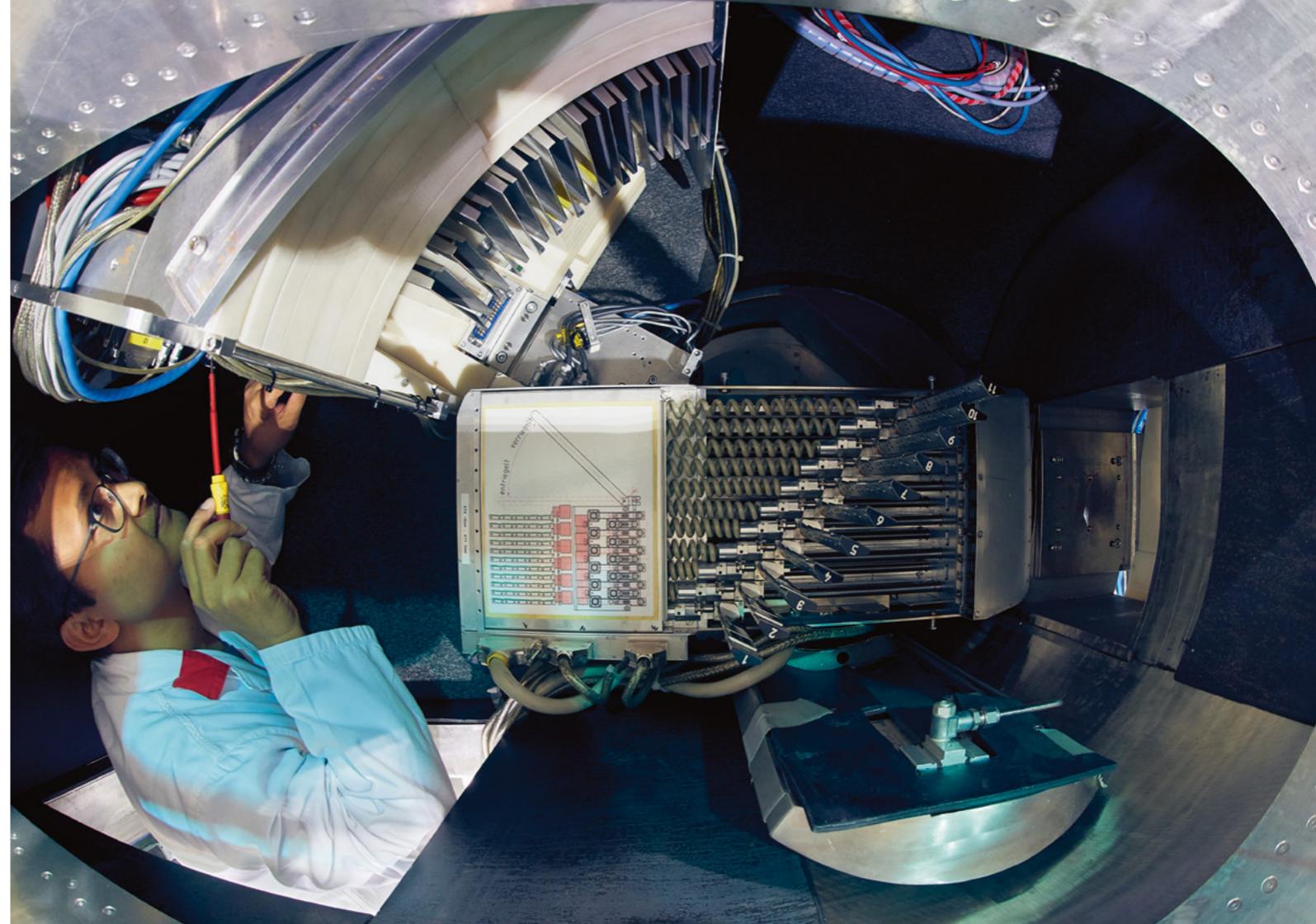
Das Funktionsprinzip des Neutronenleiters beruht auf dem Verständnis der Eigenschaft eines Neutrons als Materiewelle (Welle-Teilchen-Dualismus): Beim Durchgang durch Materie erfährt die Welle eine Brechung. Fällt die Strahlung unter flachem Winkel auf die Oberfläche, tritt so genannte „Totalreflexion“ 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.



## Warten auf Neutronen

Die 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.



## Ferienprogramm: Einen Tag als Wissenschaftler:in

**Kinder 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. Dann gehen sie 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.



## Blick in die Röhre, um Krankheiten zu bekämpfen

**Ingenieur Simon Staringer arbeitet am Instrument KWS-2 (KleinWinkelStreudiffraktometer). Die 22 Meter lange Röhre wird dabei 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 310 Millionen Menschen.



## Stopfen auf für ultrakalte Strahlen

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

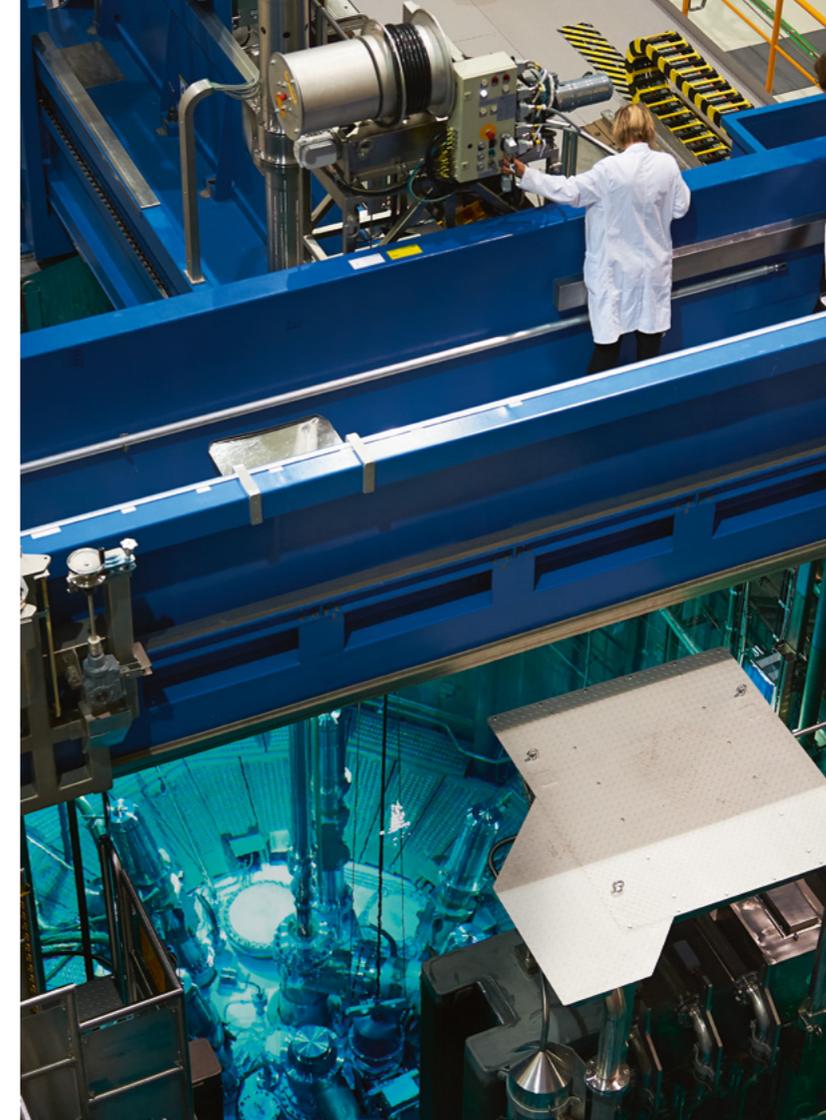
Um die Neutronen aus dem Reaktorbecken zu den wissenschaftlichen Instrumenten zu leiten, ragen zehn Strahlrohre ins Reaktorbecken. Die Strahlrohrstopfen verschließen diese Rohröffnungen in der 1,80 m dicken Beckenwand. Der zu tauschende Verschluss ist ein Blindstopfen. Das einzige horizontal durchgängige 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.



## Neutronen auf Knopfdruck

**Die Siliziumdotierungsanlage wird von der Handhabungsbrücke über dem Reaktorbecken bedient.**

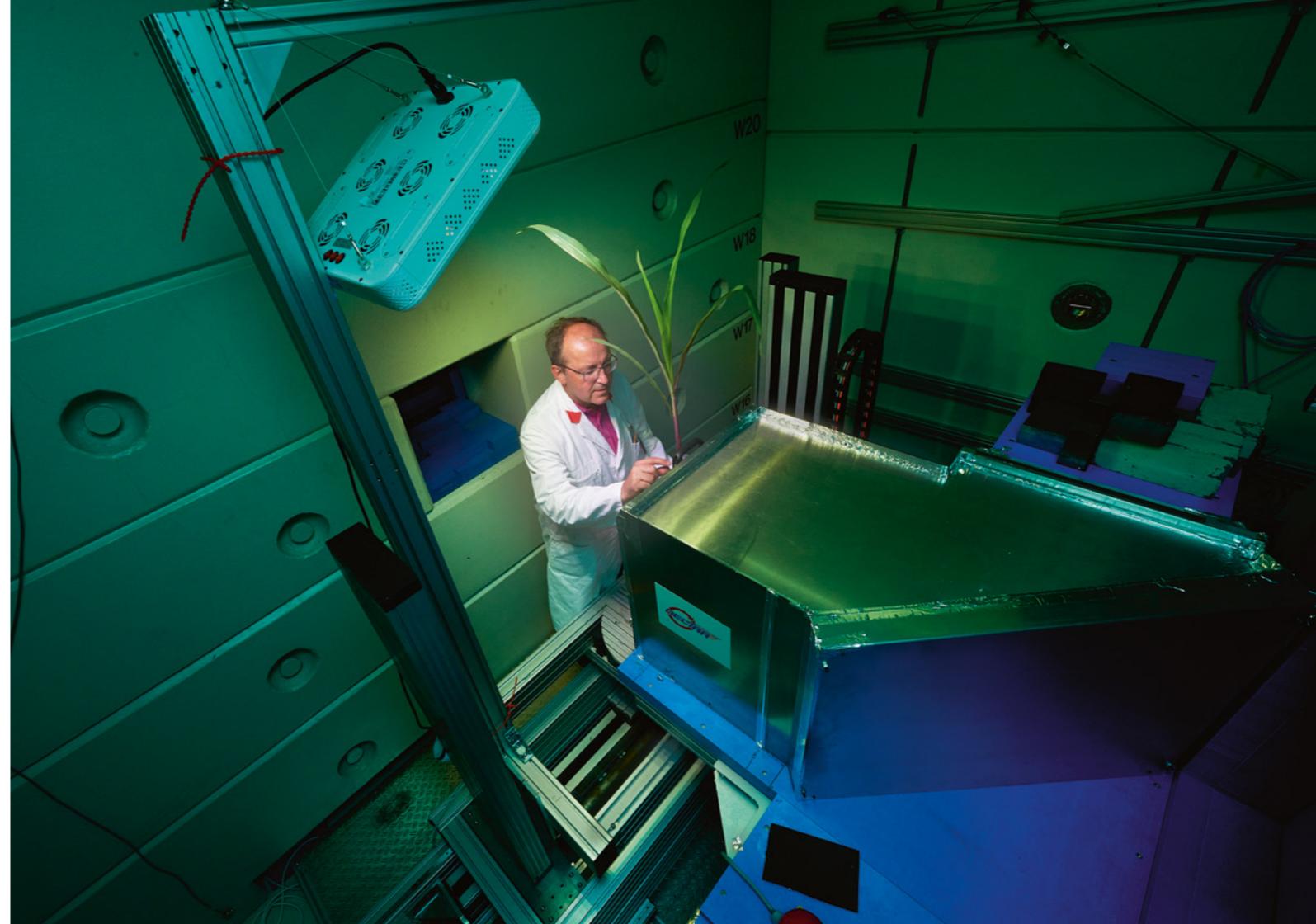
Der Silizium-Kristall fährt halbautomatisch auf seine Bestrahlungsposition. Die Siliziumdotierungsanlage an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) kann zylindrische Si-Einkristalle von bis zu 50 cm Höhe und einem Durchmesser bis zu 20 cm bestrahlen. Um eine gleichmäßige Dotierung 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.



## Bis in die tiefste Pore

**Wer 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.



## Transmutation mit Neutronen

**Wie 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 dessen 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.



## Antimaterie im Sekundentakt

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

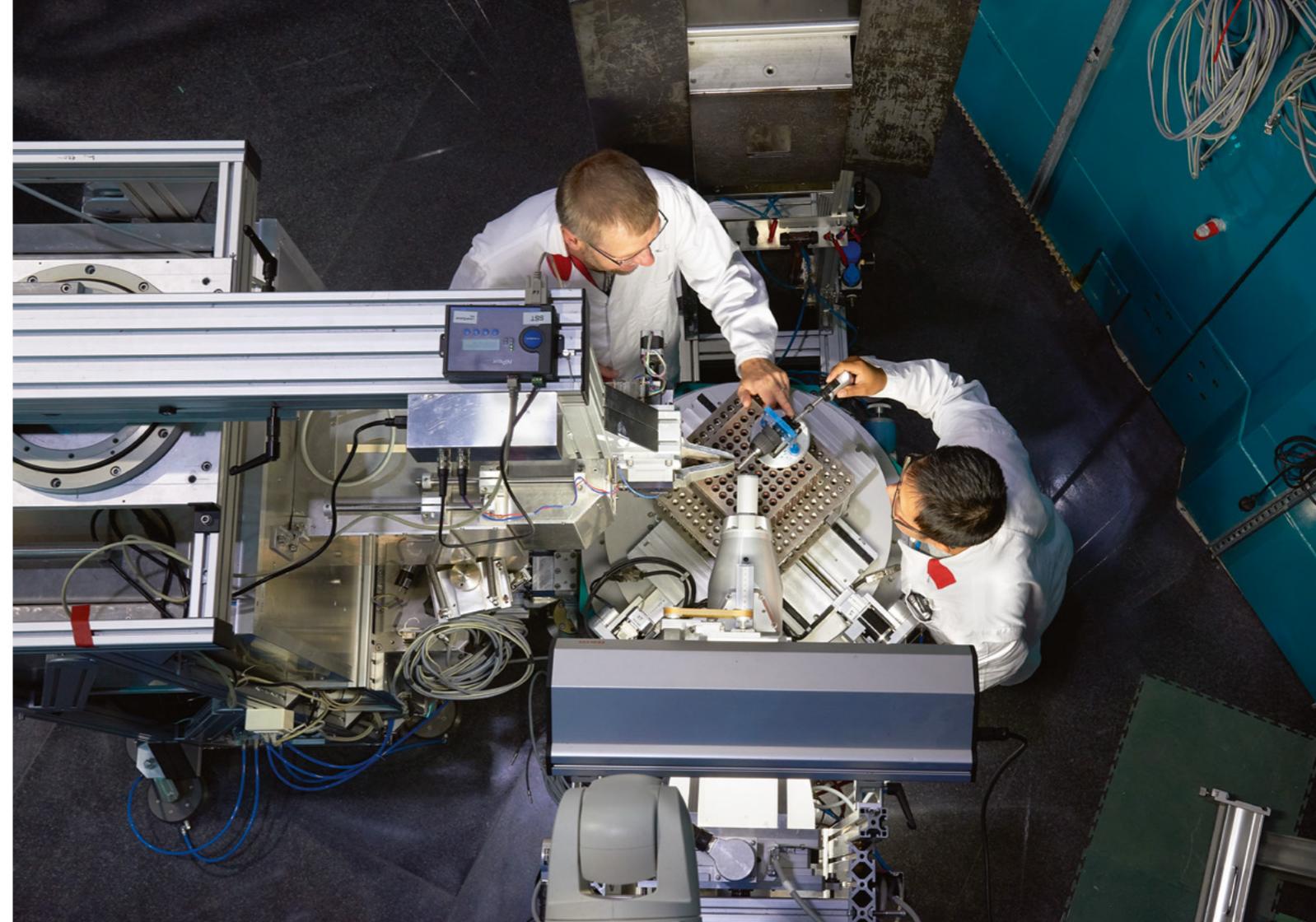
Antimaterie klingt zwar nach Science-Fiction, hat aber lebenspraktische Anwendungen. So untersuchten Dr. Thomas Gigl (l.) und Dr. Stefan Seidlmayer Lithium-Ionenakkus mithilfe von Positronen. NEPOMUC (NEutron induced POsitrone source MUniCh) ist unangefochten die intensivste Quelle langsamer Positronen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



## Zu viel Spannung schadet

Die 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.



## Versuch und Praktikum

**Studierende 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 testen 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. Im Jahr 2020 wurden am MLZ hierzu 60 Doktor-, Master- oder Bachelorarbeiten abgeschlossen.



## Schule für angehende Neutronenstreuer

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

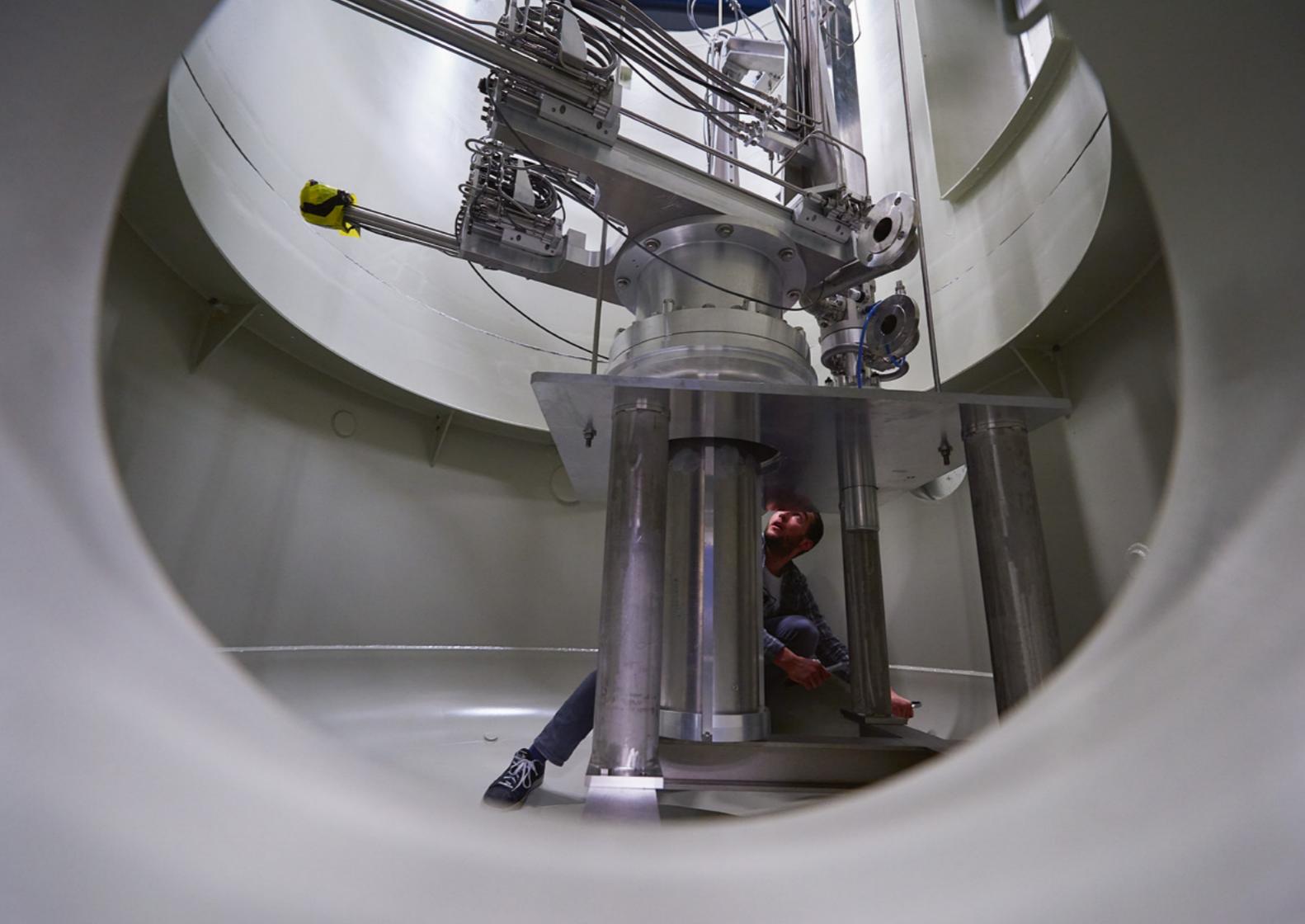
Das JCNS organisiert jedes Jahr in Zusammenarbeit mit der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen einen Laborkurs, bestehend aus einer Vorlesungsreihe am Forschungszentrum Jülich (FZJ) sowie Neutronenstreuexperimenten am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching, wobei der Laborkurs 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.



## Mo-99 für die Nuklearmedizin

Das 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.



## Lebenslauf des Fotografen





**Die LITVAI GALERIE FÜR FOTOGRAFIE besteht seit Juni 2009 und wird von Ibolya und Peter Litvai geführt.**

Zielsetzung der Galerie ist die Förderung der zeitgenössische Fotokunst und die Bereitstellung aktueller visueller Inhalte für das interessierte Publikum. Neben GastkünstlerInnen werden auch eigene Arbeiten gezeigt.

Vernissagen und sonstige Aktivitäten der Galerie sind stets öffentlich. Der Eintritt zu den Ausstellungen ist immer frei. Die Galerie ist nicht gewinnorientiert. Bei der Auswahl der KünstlerInnen und bei der Kuratierung werden rein ästhetische und konzeptionelle Aspekte zugrunde gelegt. Die Verkaufbarkeit der Werke steht nicht im Vordergrund. Eventueller Verkauf ist jedoch - auch im Sinne der KünstlerInnen - begrüßenswert.

**Beständigkeit wird angestrebt.**



MLZ ist eine Kooperation zwischen:



frm2.tum.de



mlz-garching.de

Heinz Maier-Leibnitz Zentrum & ZWE-FRM II ▪ Lichtenbergstraße 1 ▪ D-85748 Garching



22.10.-19.11.2022

# NEUTRONENQUELLE

## **Fotodokumentation von Wenzel Schürmann**

über die Arbeit des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums  
an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-  
Leibnitz (FRM II) der Technischen Universität  
München in Garching 2001-2021

## **Eröffnung**

Freitag, 21. Oktober 2022, 19 Uhr

Hierzu sind Sie und Ihre Freunde herzlich eingeladen

## **Einführung**

Prof. Dr. Peter Müller-Buschbaum

Wissenschaftlicher Direktor des FRM II



Ainmillerhof · Altstadt 195a  
D-84028 Landshut · GERMANY

Mi-Fr 14-17 Uhr, Sa 11-15 Uhr  
sowie nach Vereinbarung

+49 871 6877427 · [galerie@litvai.de](mailto:galerie@litvai.de)  
[www.litvai-galerie.com](http://www.litvai-galerie.com)

