

**HZB** Helmholtz  
Zentrum Berlin

1973  
2019  
BER II

1973  
2019  
BER II

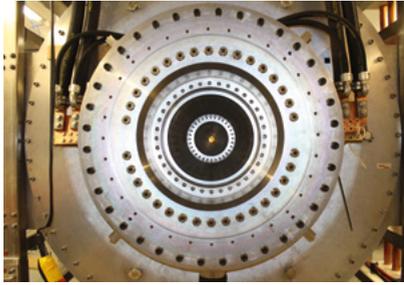




## **Der Forschungsreaktor BER II**

**1973 bis 2019**

**Rückblende und Ausblick**



Vorwort 6

## Forschung am BER II 8

---

„Wir konnten zeigen, was alles im BER II steckt“ 10  
Zeitzeugeninterview mit Michael Steiner

Highlights aus der Forschung 16

## Die Entwicklung von BER II und Nutzerdienst 26

---

46 Jahre im Schnelldurchlauf 28

„Wir waren in Berlin unter den ersten, auch wenn nicht alles immer geklappt hat“ 34  
Zeitzeugeninterview mit Ferenc Mezei

Danke für die Neutronen: der Betrieb des BER II 40

## Betriebsende und neue Aufgaben 66

---



„Der Forschungsreaktor ist so etwas wie ein gemauerter Zeitzeuge“ 68  
Zeitzeugeninterview mit Jutta Koch-Unterseher

Geänderte wissenschaftliche Fragestellungen 72



## **In der Öffentlichkeit: Der BER II als kern- technische Einrichtung** **44**

---

Offen für den Austausch  
mit der Gesellschaft **46**

Nach Tschernobyl: Fachleute  
im Dienst der Bürger **50**

Die Aufmerksamkeit der  
Medien kam in Wellen **53**



## **Erinnerungen: Ehemalige erzählen** **58**

---

Anke Kaysser-Pyzalla  
blickt zurück **60**

Drei Forscher über ihre  
damalige Arbeit am BER II **63**

---

Letzte Nutzer am BER II **80**

Die Neutroneninstrumente  
ziehen um **82**

Ein Marathon über viele Jahre  
– der Rückbau des BER II **86**

Rückbau im Dialog  
mit der Öffentlichkeit **88**

Neuer Fokus: Energiemateria-  
lien und Röntgenstrahlung mit  
Ausblick auf BESSY III **90**

Impressum **96**

# Vorwort

**Das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB)\* wird sein Gesicht ändern – das war sofort klar, als der Aufsichtsrat im Sommer 2013 seinen Beschluss bekannt gegeben hatte: Der Forschungsreaktor BER II sollte Ende 2019 seinen Betrieb einstellen, die Neutronenforschung würde damit in Berlin-Wannsee enden.**

**A**ls Geschäftsführer des HZB wissen wir natürlich, dass es unseren engagierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus Forschung, Entwicklung und Technik nicht leichtfällt, sich von den Neutronen in Berlin zu verabschieden. Sie haben die Neutronenstreuinstrumente des BER II erfolgreich entwickelt und betrieben. Sie alle haben innerhalb der letzten nahezu fünf Dekaden dadurch ihre Spuren hinterlassen und Berlin zu einem Zentrum der Neutronenstreuung gemacht. Wir möchten uns bei ihnen allen dafür bedanken und an dieser Stelle auch der Betriebsmannschaft unsere Anerkennung und Dank aussprechen für das stets zuverlässige Betreiben unseres Forschungsreaktors.

In Europa gibt es mittlerweile mehrere Neutronenquellen, die einen höheren Neutronenfluss haben als der BER II. Außerdem wird in Schweden – auch unter Beteiligung Deutschlands – aktuell die Europäische Spallationsquelle (ESS) für Neutronen aufgebaut. Dort können Forscherinnen und Forscher zukünftig deutlich intensivere Neutronenstrahlung für ihre Experimente nutzen.

Mit der vorliegenden Schrift wollen wir die erfolgreiche Ära der Neutronenforschung in Berlin Revue passieren lassen. Wunderbar lebendige Interviews erinnern an entscheidende Phasen der BER II-Geschichte; und anhand der ausgewählten, in Kapitel 1 vorgestellten Forschungsbeispiele wird deutlich, wie vielseitig der BER II genutzt wurde. Bis zuletzt war er sehr gefragt: Über 600 Besuche von Gast-Forschenden aus dem In- und Ausland gab es im Jahr der Abschaltung. Sie gehörten verschiedenen Fachrichtungen an, unter anderem der Chemie und Physik, aber auch der Biologie, Medizin und Archäologie. Dies ermöglichte immer ein sehr interdisziplinäres, internationales Arbeitsumfeld am BER II.

Die Geschäftsführung des Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie: Jan Lüning, Thomas Frederking, Bernd Rech (v.l.n.r.).



Zugleich möchten wir einen Ausblick in die Zukunft des HZB geben. Unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben die letzten Jahre intensiv genutzt, sich auf neue Aufgaben vorzubereiten. Dabei haben sie große Bereitschaft gezeigt, neue Wege mitzugestalten und mitzugehen.

Dadurch ist es uns gelungen, das Profil des HZB weiter zu schärfen. Unsere Aktivitäten in der Energie-Forschung mit unseren Schwerpunkten Solarenergiewandlung und -speicherung sind von mehreren internationalen Gutachter-Gremien mit Bestnoten evaluiert worden, und auch unsere Grundlagenforschung zu Quanteneffekten in IT-relevanten Materialien steht auf einem festen Fundament. Um hier weiter voranzukommen, stehen uns an unserer Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II eine Vielzahl an modernsten Methoden zur Verfügung.

Die Weiterentwicklung der Synchrotronstrahlungsanlage hat für uns nun oberste Priorität. Und so schließt sich ein Kreis. Der Betrieb des BER II endet, ein neues Großgerät, BESSY III, ist in Planung. Im letzten Kapitel der vorliegenden Schrift erfahren Sie mehr dazu.

Wir wünschen viel Freude beim Lesen!

\* Das Helmholtz-Zentrum Berlin wurde 2009 gegründet. Es ging aus der Fusion des Hahn-Meitner-Instituts (HMI) und der Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung (BESSY) hervor.



**Blick in die Neutronenleiterhalle II.** Das Instrument für die Kleinwinkelstreuung (liegende Tonne) prägt das Bild.

BER



# Forschung am BER II

---

1973  
2019  
BER II

# „Wir konnten zeigen, was alles im BER II steckt“



Ein Gespräch mit Michael Steiner, dem langjährigen wissenschaftlichen Geschäftsführer des Hahn-Meitner-Instituts, über den aufwendigen Reaktorumbau, die Vorzüge der Berliner Messeinrichtungen – und darüber, wie er im Dienste der Wissenschaft fast zum Schmuggler geworden wäre.

Michael Steiner (Jahrgang 1943) ist Experimentalphysiker. Er war Professor an der Technischen Universität Berlin (TU) und an der Universität Mainz. Am Hahn-Meitner-Institut leitete er zunächst die Abteilung Elastische Neutronenstreuung und war von 1998 bis zu seiner Emeritierung im Jahr 2009 wissenschaftlicher Geschäftsführer.

**Herr Steiner, als Sie 1974 nach Berlin kamen, war der BER II schon in Betrieb. Wann wurde erstmals über den nochmaligen Umbau gesprochen?**

Ganz ehrlich: Die Idee war von Anfang an da. Es war klar, dass wir den Reaktor nicht in seiner baulichen Struktur ändern können. Aber wir konnten die Leistung um den Faktor zwei erhöhen und auch die Möglichkeiten der Neutronenstreuung entscheidend verbessern.

Damit konnten wir die Forschung deutlich voranbringen.

**War das zunächst eine reine Traumtänzerie? Ihnen muss ja klar gewesen sein, dass das ein sehr teures Vorhaben ist ...**

... und vor allem eines mit einem komplizierten Genehmigungsverfahren. Aber für uns Wissenschaftler war die Sache eindeutig: Wir brauchten einfach einen zeitgemäßen Reaktor – sonst hätten wir gleich ins französische Grenoble

gehen können, wo zu der Zeit am Institut Laue-Langevin (ILL) der beste Forschungsreaktor seiner Art stand.

### **Sie waren selbst in Grenoble, bevor Sie nach Berlin kamen.**

Das stimmt: Ich habe in Tübingen Physik studiert. Nach meiner Diplomprüfung kam ein Kristallograph namens Hans Dachs zu mir, der neu nach Tübingen gekommen war, und fragte mich, ob ich mir vorstellen könne, bei ihm mitzuarbeiten. Er hat mich überzeugt, mich auf den Bereich der Neutronenstreuung zu spezialisieren. Am Forschungsreaktor II des Forschungszentrums Karlsruhe habe ich alles gelernt, was man dazu wissen musste. Nach meiner Promotion in Tübingen ging ich für eine Postdoc-Stelle nach Grenoble – im Jahr 1972 war das, meine ganze Familie war mit mir in Frankreich. Es war eine großartige Zeit: Ich konnte Forschung betreiben, beim Gerätebau Erfahrungen sammeln und Kontakte zu unglaublich spannenden Kolleginnen und Kollegen knüpfen.

### **Was hat Sie dann nach Berlin gelockt?**

Das war erneut Hans Dachs: Er hatte mir, als er an die Technische Universität Berlin berufen wurde und Abteilungsleiter am Hahn-Meitner-Institut wurde, eine Stelle angeboten. Ich bekam einen festen Vertrag am HMI, habe mich an der TU habilitiert und mich mit Neutronenstreuung beschäftigt.

### **Was hat Sie ausgerechnet an der**

### **Neutronenstreuung fasziniert?**

Neutronen sind ähnlich wie Röntgenstrahlen. Man kann sich die atomare und molekulare Struktur von fester oder flüssiger Materie anschauen, aber anders als mit Röntgenstrahlen kann man auch magnetische Strukturen untersuchen und sehen, wie sich die Materialien in ihrer Struktur verändern, wenn man sie abkühlt, erhitzt oder anderweitig verändert. Mein Interesse war es zu untersuchen, wie man am besten mit der Neutronenstreuung die Ordnung der magnetischen Momente bestimmen und verstehen kann. Einige Aspekte davon konnten wir in Berlin untersuchen, aber wenn es um spezielle Details ging, mussten wir für die Messungen weiterhin nach Grenoble fahren.

### **Das Hahn-Meitner-Institut war zu der Zeit bekannt für seine Arbeiten in der Kernchemie und Kernphysik – und dann kamen die Pläne, sich auf Neutronenstreuung zu konzentrieren. Warum dieser grundlegende Wechsel der Ausrichtung?**

Es war allen klar: Wenn wir diese Neutronenquelle nicht bekommen, wäre das ein schwerer Schlag für die Forschung mit Neutronenstrahlung in Deutschland gewesen.

### **Hat man aber mit der Kernchemie nicht auch viel aufgegeben?**

Die Kernchemie war das Gebiet von Otto Hahn, das die Forschung in Berlin in den ersten Jahren bestimmt hatte.

Mein Eindruck war damals: Die entscheidenden Untersuchungen sind gemacht, das Thema ist durch. Als ich 1974 nach Berlin kam, wurde die Forschergruppe zu diesem Thema auch tatsächlich immer kleiner. Bei der Kernphysik war es anders, dieses Feld floriert bis heute, zum Beispiel am Institut für Kernphysik in Darmstadt.

### **Warum setzte man dann in Berlin nicht auf Kernphysik, sondern auf eine völlig andere Technik?**

Die Kernphysik war das erste große physikalische Arbeitsgebiet im HMI, das ab Anfang der 1960er-Jahre um einen Schwerionen-Beschleuniger herum aufgebaut wurde. Als zu Beginn der 1980er-Jahre die Entscheidung zum Upgrade des BER II getroffen wurde, war inzwischen in Darmstadt ein sehr großes Forschungszentrum entstanden, die Gesellschaft für Schwerionenforschung. Gegen sie konnte das HMI ohne ein Upgrade der Beschleunigeranlagen nicht antreten. Eine kleine Gruppe von Kernphysikern hat aber später gemeinsam mit der Augenklinik am Campus Benjamin Franklin (CBF) der Charité eine medizinische Behandlungsstation zur Bestrahlung von Augentumoren etabliert, die seitdem hervorragend arbeitet.

### **War denn der BER II nach seiner Umrüstung in Europa das beste Gerät für die Neutronenstreuung?**

Nach dem Umbau hatte der Berliner Reaktor eine Leistung von 10

Megawatt. Das ILL in Grenoble hatte mit seinen 60 Megawatt zwar wesentlich mehr Leistung, aber wir konnten wissenschaftliche Meriten verdienen, weil die Instrumentierung sehr gut entworfen war und die einzelnen Instrumente für die Messungen ausgezeichnet gebaut waren. Man merkte hier in Berlin immer, dass die Leute, die das gebaut haben, sehr genau wussten, was sie für ihre Wissenschaft benötigen.

### **Und dennoch: Als der umgebaute BER II im Jahr 1991 startete, war der Reaktor in Grenoble gerade abgeschaltet ...**

... und wir sahen genau darin unsere Chance. Uns war klar, dass wir uns mit einem besonderen Nutzungskonzept eine besondere Bedeutung in der Forschung erarbeiten konnten. Und etwas anderes war wichtig: Wir waren bereit, mindestens die Hälfte der Messzeit für externe Nutzer zugänglich zu machen. In Deutschland war das damals einmalig, auch wenn es in Grenoble vorher so ähnlich gang und gäbe war. Es kamen dann tatsächlich viele Wissenschaftler, die sonst am ILL in Grenoble gemessen hatten oder die direkt dort beschäftigt waren. Im Rückblick finde ich übrigens, dass die Phase direkt nach dem Start für BER II eine goldene Zeit war: Wegen der Abschaltung am ILL, wo sonst alle komplizierten Messungen stattfanden, haben sich alle angestrengt, die Möglichkeiten vom BER II optimal

„... wir konnten wissenschaftliche Meriten verdienen, weil die Instrumentierung sehr gut entworfen war und die einzelnen Instrumente für die Messungen ausgezeichnet gebaut waren.“ **Michael Steiner**

auszunutzen und in immer neue Bereiche vorzustößen. Da waren plötzlich komplizierte Messungen möglich, wo man sonst vielleicht gesagt hätte: Die machen wir lieber in Grenoble. Der BER II konnte also gleich am Anfang zeigen, was alles in ihm steckte.

#### **Der BER II war ausgestattet für Messungen bei tiefen Temperaturen. War das von vornherein Teil des Plans?**

Alles, was mich, aber natürlich auch andere Forscher interessierte, bedurfte der Messung bei tiefen Temperaturen. Die meisten Experimente bei Zimmertemperatur waren abgegrast, da gab es nichts Neues mehr herauszufinden. Sie müssen wissen, dass sich die Materialien bei sehr tiefen Temperaturen verändern, ihre ganze Struktur wird eine andere. Ich hatte schon früher eine Messung in Karlsruhe gemacht bei 2 Grad Kelvin. Es muss um das Jahr 1975 herum gewesen sein, als ich in Grenoble etwas nachmessen wollte, also habe ich dort angekündigt, dass ich einen Kryostat brauche – das ist eine Art Kühlgerät ähnlich einer Thermoskanne. Es gab dort aber keinen, und in Karlsruhe wiederum reichten die Messmöglichkeiten für meine Zwecke nicht aus. Ich bin also im Auto nach

Karlsruhe gefahren, habe dort den Kryostaten eingeladen und bin damit nach Frankreich – dazu muss man aber wissen, dass dieser Kryostat im Grenzbereich zum nuklearen Sperrvertrag eingeordnet war; schließlich war er für Experimente am Reaktor ausgelegt.

#### **Moment: Sie haben ihn kurzerhand über die Grenze geschmuggelt?**

Nein, so schlimm war es nicht – wir waren natürlich im legalen Bereich, aber es musste alles aufwendig angemeldet werden und die Zollbeamten haben das Gerät bei mir im Kofferraum genauestens untersucht. Sie sehen also: Das war ein Riesenaufwand für Messungen, die letzten Endes fünf Stunden gedauert haben. Das war der Moment, in dem ich zum Abteilungsleiter Hans Dachs ging und sagte: Wir müssen jetzt Geld ausgeben für Kühlanlagen. Wir brauchen Kryostaten hier. Heute gehören sie längst zur Standardausrüstung, aber damals waren sie alles andere als selbstverständlich.

#### **Und seit der Zeit gab es am BER II die Experimente bei tiefen Temperaturen?**

Genau. Es hat sich bewahrheitet, was wir damals vorhersagten: Alle, die etwas bei tiefen Temperaturen messen wollten, kamen zu uns. Das hat dem

„So hatten wir schnell eine ganze Reihe von Instrumenten, die es in der wissenschaftlichen Welt ansonsten nirgendwo gab.“ **Michael Steiner**

BER II einen entscheidenden Pluspunkt verschafft und die Nutzercommunity geprägt. Die fehlende Leistung des Reaktors im Vergleich etwa zum ILL in Grenoble wurde dadurch kompensiert, dass man Experimente bei sehr, sehr tiefen oder auch sehr hohen Temperaturen machen konnte.

**Und dann gab es noch eine Spezialisierung in Berlin ...**

Sie meinen die starken Magnetfelder? Das stimmt, diese Überlegung kam gleich nach den Kryostaten. Wir haben supraleitende Magneten eingebaut mit sehr starken Magnetfeldern. Die sind so konstruiert worden, dass sie für die Arbeit mit der Neutronenstrahlung sehr nützlich waren. So hatten wir schnell eine ganze Reihe von Instrumenten, die es in der wissenschaftlichen Welt ansonsten nirgendwo gab. Diese Kombination aus starken Magnetfeldern und tiefen Temperaturen hat uns für viele Benutzer sehr interessant gemacht.

**15 Tesla wurden mit den Kryomagneten erreicht. Das war damals eine stolze Leistung – warum wurde sie dennoch auf 25 erhöht?**

Der entscheidende Punkt war: Die Forschung zu den magnetischen Strukturen hat sich sehr stark verändert. Grundsätzlich blieb die Forschungsrichtung dieselbe – es ging weiterhin um

magnetische Strukturen, magnetische Übergänge, Strukturbildungen und so weiter. Man ist aber sehr schnell in den Bereich von hochkomplexen Strukturen gekommen, die man zuvor nicht messen konnte – und wo die Messungen auch keinen Sinn gehabt hätten, weil es noch nicht die schnellen Computer gab, mit denen man sie hätte analysieren können.

**Um welche Strukturen ging es da?**

Proben für unsere Experimente erhielten wir oft durch die Zusammenarbeit mit Chemikern. So war es auch Ende der 1970er-Jahre, als uns sogenannte Pyrochlore angeboten wurden – eigentlich ideale Kristalle für Neutronenexperimente. Als zuvor gemessen wurde, ob die magnetischen Eigenschaften temperaturabhängig sind, hatte man keine Hinweise auf einen magnetischen Phasenübergang gefunden. Das hat mich damals sehr gereizt. Obwohl wir uns sehr bemühten, haben auch wir keine Spur eines Phasenübergangs gefunden. Aber es war klar, dass es einen Übergang geben musste. Auch die Anwendung von hohen Magnetfeldern – damals waren maximal 5 Tesla möglich – war erfolglos. Damit war das Thema Pyrochlore für uns abgeschlossen. Nach vielen Jahren wurde ich wieder darauf angesprochen, weil neue

Theorien aufgetaucht waren. Es zeigte sich, dass eine völlig neue Beschreibung einer neuen Klasse von magnetischen Systemen im Entstehen war: topologische Systeme, für deren theoretische Beschreibung es 2016 den Nobelpreis gegeben hatte. Als später die topologischen Materialien untersucht wurden, hat unser Magnet mit 25 Tesla dann eine wichtige Rolle gespielt.

**Sie erzählen begeistert von der Forschung: Was hat Sie eigentlich bewegt, als leidenschaftlicher Forscher in das Management zu wechseln und wissenschaftlicher Geschäftsführer zu werden?**

Das war eine schwierige Entscheidung, denn ich habe die Wissenschaft immer sehr ernst genommen. Dann wurde ich vom Ministerium angesprochen, ob ich mir diese Führungsaufgabe nicht vorstellen könne. Ich ließ mich darauf ein, ging erst vorläufig in das neue Amt und wechselte schließlich komplett.

**Welchen Schwerpunkt haben Sie in Ihrem Amt gesetzt?**

Mir fehlten die Bestrebungen zu einer Fokussierung. Das habe ich versucht zu ändern. Ich habe es als meine Aufgabe verstanden, den Wissenschaftlern freie Hand zu lassen, um an ihren großen Zielen zu arbeiten. Wir haben gesagt: Es gibt im Haus die Photovoltaik, die Neutronenstreuung und dann noch die Augentumorthherapie. Ich habe mich darauf konzentriert, diese Bereiche

stark zu machen, und das hat ja auch gut funktioniert.

**Fällt Ihnen aus all den Jahren, die Sie am HMI waren, ein Experiment ein, auf das Sie besonders stolz sind?**

Wirklich herausragend waren die Experimente an Kupfer und Silber, die fanden bis in die späten 1990er-Jahre statt. Sie gehörten zu den letzten, an denen ich noch auf wissenschaftlicher Seite beteiligt war. Bei ihnen ging es darum, mithilfe von komplizierten Maschinen zu sehr tiefen Temperaturen zu gelangen. Da ging es um Mikro-Kelvin nahe am absoluten Nullpunkt. Wir hatten uns vorgenommen, die Ordnung der Kernspinnmomente in Kupfer und Silber zu bestimmen. Dafür haben wir mit Spezialisten und Spezialistinnen aus Finnland, Dänemark und Deutschland zusammengearbeitet. Am 4. Oktober 1987 wurde erstmals die magnetische Kernordnung mit Neutronenstreuung in Kupfer unterhalb von 57 Nano-Kelvin beobachtet. Die Experimente gingen weiter bis 1997. Das zeigte: Nur wenn man an die Grenzen der benötigten Techniken und darüber hinaus geht, wird man erfolgreich sein. Diese Experimente haben viel Geld gekostet, so etwas Aufwendiges erlebt man im Forscherleben deshalb nur ein- oder zweimal. Sie haben gezeigt, was mit dem BER II alles möglich ist – daran erinnere ich mich gern zurück.

# Highlights aus der Forschung

Am BER II waren vielfältigste Experimente möglich. In den regelmäßigen Begutachtungen durch internationale Experten erhielt die Forschung am BER II stets Bestnoten. Einige Beispiele finden Sie in dieser Zusammenstellung.

## Festkörperphysik und Magnetismus

### MAGNETISCHE MONOPOLE ENTDECKT



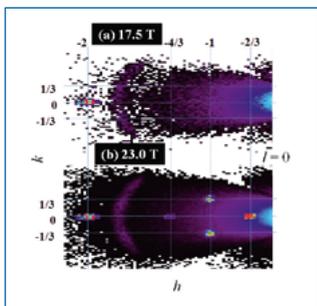
Die Illustration veranschaulicht die Bildung der Spin-Spaghetti. Die Enden verhalten sich wie Monopole.

2009 gelang am HZB eine sensationelle Entdeckung: Physiker um den HZB-Forscher Alan Tennant haben erstmals nachgewiesen, dass sich unter sehr speziellen Bedingungen magnetische Monopole bilden können. Dabei sind Nordpol und Südpol voneinander so weit getrennt, wie es normalerweise niemals vorkommt! Die exotische Beobachtung gelang bei Temperaturen fast am absoluten Nullpunkt in einem Dysprosium-Titanat-Kristall. Mithilfe der Neutronenstreuung konnten die HZB-Forscher zeigen, dass sich die magnetischen Momente im Inneren des Kristalls zu sogenannten Spin-Spaghetti anordnen, an deren Enden jeweils Nordpol und Südpol sitzen. Und weil diese so weit auseinander liegen, verhalten sich die Spin-Spaghetti wie Monopole. Die Existenz solcher magnetischen Monopole wird durch die Quantenphysik vorausgesagt, konnte zuvor aber noch nie beobachtet werden.



Science (2009);  
DOI:10.1126/science.1178868

## HOCHFELDMAGNET AM BER II: EINBLICK IN EINE VERSTECKTE ORDNUNG



Ab einem Magnetfeld von 23 Tesla erscheinen zusätzliche Flecken auf dem Neutronendetektor, die etwas über die neue magnetische Ordnung im Kristall verraten.

Seit 30 Jahren gibt eine bestimmte Uranverbindung der Forschung Rätsel auf. Obwohl die Kristallstruktur einfach ist, versteht niemand, was beim Abkühlen unterhalb einer bestimmten Temperatur genau passiert. Offenbar entsteht eine sogenannte versteckte Ordnung, deren Natur völlig unklar ist. Nun haben Physiker erstmals diese versteckte Ordnung näher charakterisiert und auf mikroskopischer Skala untersucht. Dazu nutzten sie den Hochfeldmagneten am HZB, der Neutronenexperimente unter extrem hohen magnetischen Feldern ermöglicht.



Physical Review B (2017);

DOI: 10.1103/PhysRevB.96.121117

## DEN GOLDENEN SCHNITT GIBT ES AUCH IN DER QUANTENWELT

Wissenschaftler haben am BER II erstmals bislang unbekannte Symmetrie-Eigenschaften in fester Materie entdeckt. Aus Kunst und Architektur ist der „Goldene Schnitt“ bekannt. Dessen Kennzeichen haben die Forscher nun auch im atomaren Aufbau eines Kristalls aus Kobalt-Niobat gefunden.



Science (2010);

DOI: 10.1126/

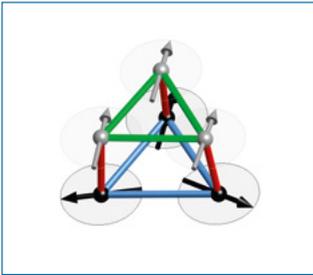
science.1180085

# 130.000



**Aufrufe** zählte das Online-Portal EurekAlert im Jahr 2010 für die Meldung „Den goldenen Schnitt gibt es auch in der Quantenwelt“. EurekAlert wird betrieben von der amerikanischen AAAS, Herausgeberin des Fachjournals Science. Die Forschung der Gruppe um Alan Tennant am BER II lieferte damit die meistgelesene Pressemitteilung des Jahres auf dem Portal.

## EXOTISCHER MATERIEZUSTAND: „FLÜSSIGE“ QUANTENSPINS



Ein Ausschnitt aus dem Kristallgitter der Probe verdeutlicht, dass die Spins widersprüchlichen Anforderungen ausgesetzt sind. Die grünen und roten Balken zwischen Gitterplätzen symbolisieren ferromagnetische Wechselwirkungen. Die blauen Balken dagegen die antiferromagnetischen.

Ein Team am HZB hat experimentell eine sogenannte Quanten-Spinflüssigkeit in einem Einkristall aus Kalzium-Chrom-Oxid nachgewiesen. Dabei handelt es sich um einen neuartigen Materiezustand. Das Besondere an der Entdeckung: Nach gängigen Vorstellungen hätte das Quantenphänomen in diesem Material gar nicht auftreten dürfen. Die Arbeit erweitert das Verständnis von kondensierter Materie und könnte auch für die zukünftige Entwicklung von Quantencomputern von Bedeutung sein.



Nature Physics (2016);

DOI: 10.1038/nphys3826nphys3826

## WAS PASSIERT IN STAHL UNTER BELASTUNG?

Rostfreier Stahl muss stellenweise höchsten Belastungen standhalten. Um abzuschätzen, wann das Material ermüden könnte, muss man wissen, welche Belastungen etwas im Gefüge verändern. Um dies zu ermitteln, haben Teams am HZB eine neue Methode der Bildgebung mit Neutronen entwickelt, mit der sich die kristallinen Phasen innerhalb der Probe und ihre Veränderung durch Belastung mit hoher räumlicher Genauigkeit kartieren lassen.



Advanced Materials (2014);

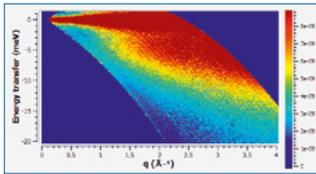
DOI: 10.1002/adma.201400192



# 137

ist die **Anzahl der Publikationen**, die durchschnittlich pro Messjahr (Datenbasis 2010-2019) in international anerkannten Fachjournals erschienen sind.

## EIN NEUER ZUSTAND VON WASSER: WIE EIS, ABER DOCH BEWEGLICH



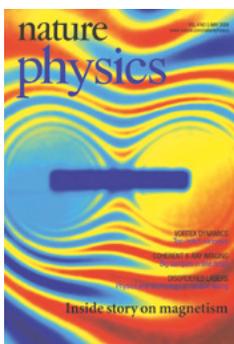
Messungen am Flugzeitspektrometer NEAT geben Auskunft über die Energie der Bewegungsmoden in Wasser.

Wasser ist bei Raumtemperatur flüssig. Doch eingeschlossen in die winzigen Kanäle einer Zeolith-Struktur fließt das Wasser deutlich zäher. Am Flugzeitspektrometer NEAT an der Neutronenquelle BER II wurde nun ein neuer Materiezustand von Wasser in Zeolith entdeckt: In den Nanokanälen der Zeolith-Struktur ordnen sich die Wassermoleküle an wie im Eiskristall, bleiben aber dennoch beweglich wie in einer Flüssigkeit. Der Einschluss in Nanokanälen verstärkt kooperative Wechselwirkungen zwischen Wassermolekülen. Die Ergebnisse sind wichtig für das Design von Zeolith-Speichern, die als energiesparende Klimageräte zum Kühlen eingesetzt werden.



The Journal of Physical Chemistry Letters (2019); DOI: 10.1021/acs.jpcclett.9b02303

## 3-D-BILDGEBUNG – ERSTMALIGE EINBLICKE IN MAGNETFELDER



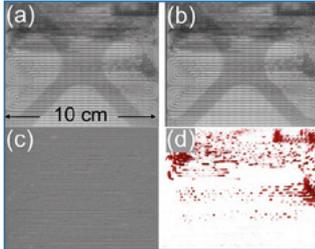
Das Nature-Cover zeigt das magnetische Feld eines Dipolmagneten, sichtbar gemacht mithilfe von polarisierten Neutronen.



Nature Physics (2008); DOI: 10.1038/nphys912

# Energieforschung

## TRANSPORTPROZESSE IN BRENNSTOFFZELLEN BEOBACHTET



Das Neutronen-Radiogramm zeigt eine Brennstoffzelle in Betrieb. Die Auswertung ergibt im Bild (d) die 3-D-Verteilung des Endprodukts Wasser.

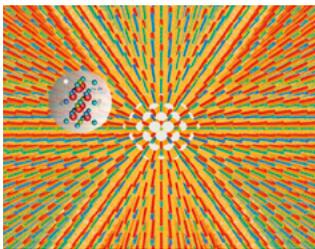
Wie sich flüssiges Wasser im Inneren einer Brennstoffzelle verteilt, ist entscheidend für ihre Effizienz und Lebensdauer. Mit Neutronentomographie am BER II lassen sich Brennstoffzellen in operando analysieren, also während Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser reagieren. Dabei konnten Teams auch den Einfluss von Membranen und unterschiedlichen Elektroden untersuchen.



Applied Physics Letters (2007);

DOI: 10.1063/1.2734171

## SOLARZELLEN AUS KESTERITEN



Die Einblendung zeigt den typischen Aufbau eines Kristalls mit Kesteritstruktur, im Hintergrund sind die Kristallstruktur und die Elementarzelle angedeutet.

Kesterite sind Halbleiterverbindungen aus mehreren reichlich verfügbaren Elementen. Sie lassen sich in Solarzellen nutzen, um Licht in elektrische Energie umzuwandeln. Ein Team am HZB hat Kesterit-Proben hergestellt und dabei die Zusammensetzung variiert. Mit Neutronenbeugung am BER II konnten sie ermitteln, wie sich die unterschiedliche Materialkomposition auf Fehlstellen und damit den Wirkungsgrad der Solarzellen auswirkt. Weitere Untersuchungen zeigten, dass Germanium die optoelektronischen Eigenschaften des Materials verbessern kann.



CrystEngComm (2018);

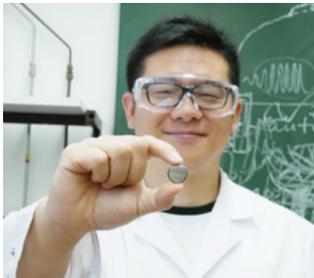
DOI: 10.1039/c7ce02090b

## Aus dem Nutzerbüro

Die Weltkarte zeigt blau eingefärbt die Länder, aus denen Messgäste an den BER II kamen. Im Durchschnitt gab es jedes Jahr 300 Besuche von externen Messgästen – davon im Schnitt 116 aus Deutschland, 129 aus Europa und 55 aus nicht-europäischen Ländern.



## BATTERIEN MIT SILIZIUM-ANODEN



Am HZB werden die Elektroden von Batterien erforscht.

Theoretisch könnten Anoden aus Silizium zehnmal mehr Lithium-Ionen speichern als die Graphit-Anoden, die seit vielen Jahren in kommerziellen Lithium-Batterien eingesetzt werden. Doch praktisch sinkt die Kapazität von Silizium-Anoden mit jedem weiteren Lade-Entlade-Zyklus stark ab. Ein HZB-Team hat mit Neutronenexperimenten am BER II und am Institut Laue-Langevin in Grenoble aufgeklärt, was an der Oberfläche der Silizium-Anode während des Aufladens passiert und welche Prozesse die Kapazität reduzieren: Beim Aufladen an der Siliziumoberfläche bildet sich eine blockierende Schicht, die das Eindringen von Lithium-Ionen behindert. Nun können Entwickler gezielt nach Wegen suchen, wie sich diese Schicht abbauen oder verhindern lässt.



Energy Storage Materials (2019);  
DOI: 10.1016/j.nsm.2018.11.032

## Kunst und Kultur

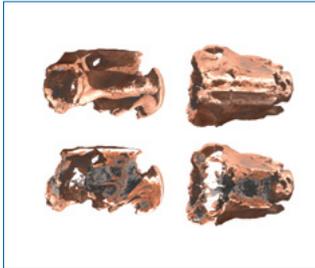
### GEMÄLDEFORSCHUNG: „MÄDCHEN MIT FRUCHTSCHALE“

Das „Mädchen mit Fruchtschale“ wurde von Tizian im 16. Jahrhundert in Venedig gemalt. Im Auftrag der Gemäldegalerie wurde das Bild am BER II mit Neutronen untersucht. Dabei regen die Neutronen die Farbpigmente an, so dass sich daraus auf die Art der Pigmente schließen lässt. Die Untersuchung brachte eine Überraschung ans Licht: Tizian hatte für das goldbestickte Kleid des Mädchens schon im Jahr 1555 Neapel-Gelb verwendet. Dabei wird diese Farbe erst ab 1702 in der Literatur erwähnt! Das zeigt, wie weit die mächtige Handelsmacht Venedig international vernetzt war. (2001)

Während der Zusammenarbeit mit der Gemäldegalerie Berlin wurden am BER II einige sehr bekannte Gemälde mit Neutronen analysiert. Darunter waren auch Werke von Rembrandt und Tizian (hier abgebildet: „Mädchen mit Fruchtschale“).



## ÜBERRASCHENDER BEFUND IN DER SCHNAUZE EINES FOSSILS



Die Neutronentomographie zeigt neben harter Knochensubstanz auch graue Bereiche, die auf Knorpel hindeuten.

Wissenschaftler vom Naturkundemuseum Berlin haben am HZB einen versteinerten Lystrosaurus-Schädel mit Neutronentomographie untersucht. Dadurch konnten sie Schicht für Schicht ein dreidimensionales Bild erzeugen, in dem sich härtere und weichere Bestandteile im Schädel voneinander unterscheiden ließen. Im Bereich der Schnauze fanden sie Spuren von weichem Knorpelgewebe, welche auf die Existenz von Nebenhöhlen hinweisen. Eine Überraschung, denn damit war der Lystrosaurus bereits auf dem Weg zum Warmblüter.



Acta Zoologica (2011);

DOI: 10.1111/j.1463-6395.2010.00467.x

## MITTELALTERLICHE SCHWERTER

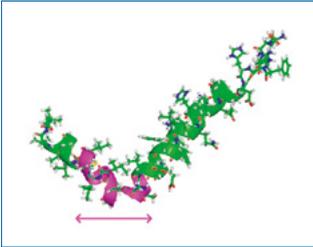


Das Wulfsschwert ist an dem Prägestempel erkennbar, der einen Wolf zeigt.

Am BER II untersuchten Experten für Kulturgüter auch Rüstungen, Helme und Schwerter aus dem Mittelalter und analysierten dabei Schmiedetechnik und Materialkomposition. Sie haben mit der Methode der Eigenspannungsanalyse innere Spannungen im Material aufgespürt und dadurch herausgefunden, wie das Schwert geschmiedet wurde. Außerdem gelang es, die Prägestempel wieder sichtbar zu machen, die im Laufe der Jahrhunderte wegpoliert wurden. Solche Prägestempel ermöglichen Aussagen über Herkunft und Echtheit der Schwerter. (2018)

# Gesundheit und Leben

## WIE TOXISCHE PROTEINE IN NERVENZELLEN EINDRINGEN



Wie das Protein  $\beta$ -Amyloid durch Membrane dringt, konnte am BER II untersucht werden.

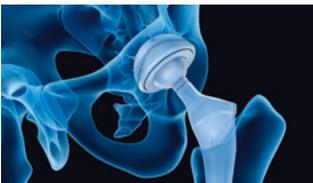
„Senile Plaques“ finden sich als typische Ablagerungen in Gehirnen von verstorbenen Alzheimer-Patienten. Allerdings sind diese wahrscheinlich nicht Ursache, sondern vielmehr Folge der Alzheimer-Erkrankung. Vielleicht dienen die Plaques sogar als Schutz, weil sie schädliche Proteine binden, die sonst frei herumschwimmen. Toxisch könnten eher kleinere Aggregate des Proteins  $\beta$ -Amyloid sein. Am BER II untersuchte ein Team mit Neutronendiffraktion, wie  $\beta$ -Amyloid die Membran von Nervenzellen durchdringen kann. Die Ergebnisse ermöglichten es, die Lage und Beweglichkeit des toxischen Proteins zu bestimmen und bestätigten die Vermutung, dass  $\beta$ -Amyloid in Nervenzellen eindringen kann.



Biophysical Journal (2002);

DOI: 10.1016/S0006-3495(02)75271-5

## VERTRÄGLICHERE GELENKPROTHESEN



Am BER II haben Forscher synthetische Gelenkschmiere untersucht.

In Gelenken sind die Knochen mit Knorpel und einer Schicht aus Lipidmembranen ausgestattet und bewegen sich in einer flüssigkeitsgefüllten Kapsel gegeneinander. Diese Gelenkschmierung sorgt für schmerzfreie Beweglichkeit. An der Neutronenquelle BER II haben Forscher diese Situation in einem Modellsystem mit synthetischen Lipidmembranen und synthetischer Gelenkschmiere untersucht. Dabei konnten sie messen, wie sich die Abstände zwischen den

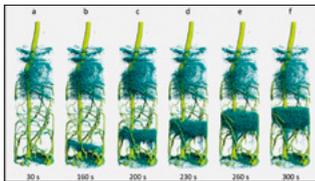
einzelnen Lipidmembranen der „Knochen“-Beschichtung bei steigender Temperatur vergrößern und wie sich die Oberfläche des künstlichen Gelenks bei unterschiedlichem Druck und Scherkräften verhält. Die Ergebnisse sind für die Entwicklung verträglicher Gelenkprothesen interessant.



Biochimica et Biophysica Acta (BBA) (2012);

DOI: 10.1016/j.bbamem.2012.05.022

## LUPINENWURZELN BEIM TRINKEN ZUGESCHAUT



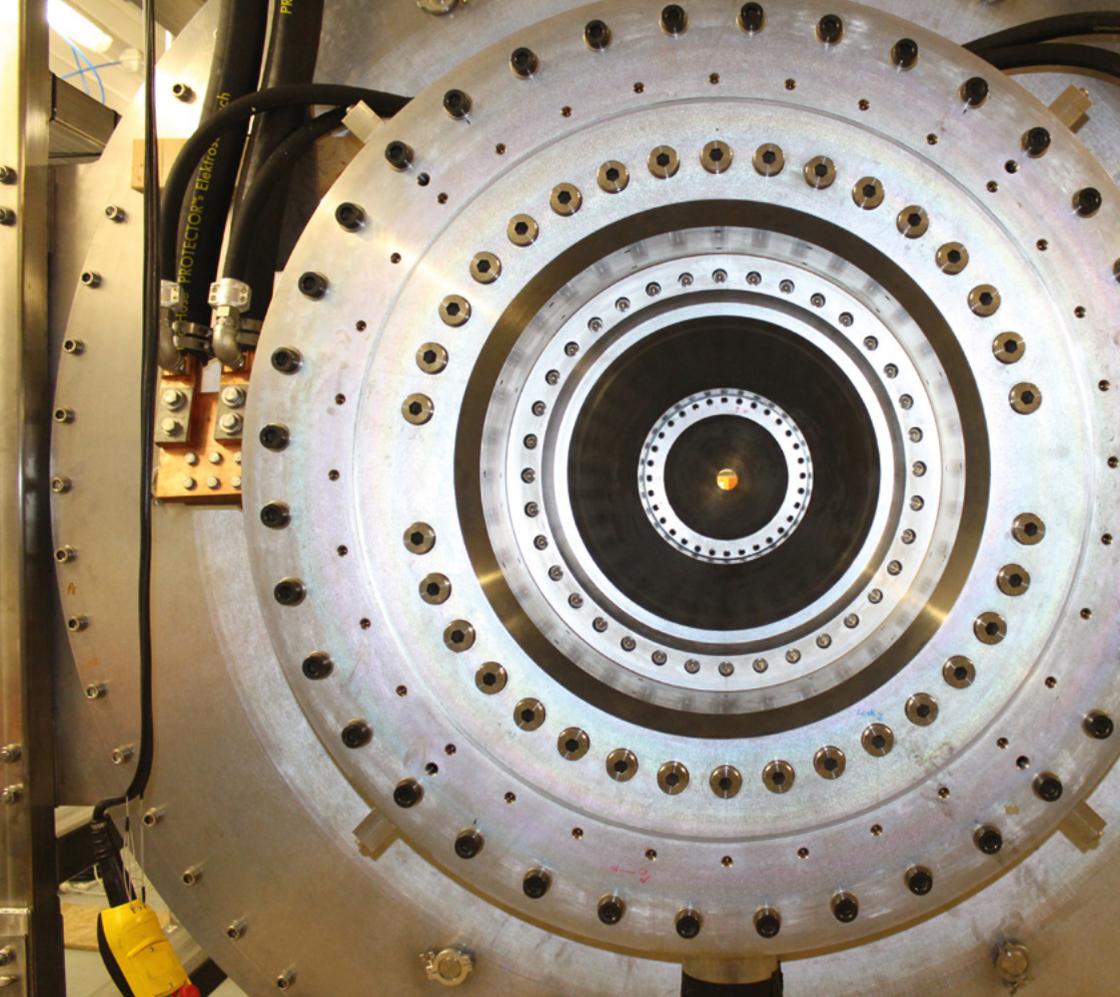
Zeitaufgelöste Tomographie einer Lupinenwurzel (gelb-grün), nachdem deuteriertes Wasser ( $D_2O$ ) von unten zugegeben wurde. Der Zeitverlauf zeigt die aufsteigende Wasserfront ( $H_2O$ , dunkelblau), die durch das  $D_2O$  von unten verdrängt wird. Die komplette Abfolge zeigt ein Video.

Lupinen bilden nicht nur bunte Blüten aus, sondern auch nahrhafte, eiweißreiche Bohnen. Wie diese Pflanzen mit ihren Wurzeln im Boden Wasser ziehen, hat ein Team der Universität Potsdam an der Berliner Neutronenquelle BER II erstmals in 3-D beobachtet. Dafür verbesserten sie zusammen mit der HZB-Bildgebungsgruppe die Zeitauflösung der Neutronentomographie gleich um mehr als das Hundertfache: Alle zehn Sekunden erstellten sie eine detaillierte 3-D-Aufnahme. Damit lassen sich Wasserflüsse im Boden und in den Wurzeln im Zeitverlauf festhalten. Die Einsichten sind hilfreich, um Strategien zum nachhaltigeren Einsatz von Wasser und Dünger beim Anbau von Nutzpflanzen zu entwickeln. Außerdem eignet sich die ultraschnelle Neutronentomographie für die Analyse dynamischer Prozesse in anderen porösen Materialien.



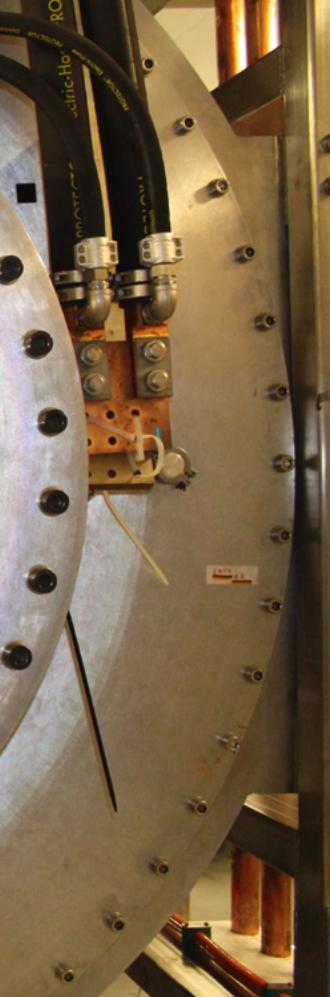
Scientific Reports (2017);

DOI: 10.1038/s41598-017-06046-w



Seitlicher Blick in den Hochfeldmagneten am BER II während der Aufbauphase: Er erzeugt ein Magnetfeld von 26 Tesla.

BER



# Die Entwicklung von BER II und Nutzerdienst

---

1973  
2019  
BER II

# 46 Jahre im Schnelldurchlauf

**Der 9. Dezember 1973 ist der Tag, an dem der BER II in Betrieb ging. Fast 50 Jahre lang hat er die Forschung und das Gesicht des Campus Wannsee geprägt.**

**I**m Laufe der Jahrzehnte haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler immer wieder neue Forschungsschwerpunkte gesetzt. Aber auch technische Entwicklungen sowie politische Rahmenbedingungen hatten Einfluss auf den Betrieb. Mit dem BER II wurde die Strukturforschung am damaligen Hahn-Meitner-Institut etabliert. Der neue Forschungsschwerpunkt hatte den bisherigen Fokus auf Kernchemie abgelöst. Er bekam einen entscheidenden Schub, als der BER II Anfang der 1990er-Jahre sein Gesicht noch einmal deutlich verändert hat. Der Umbau von 5 Megawatt auf 10 Megawatt Reaktorleistung machte es möglich, einen internationalen Nutzerbetrieb zu etablieren und damit die Forschung mit Neutronen in Berlin auf einer ganz neuen Basis zu entwickeln. Der BER II wurde zum modernsten Gerät in Deutschland für Experimente mit Neutronenstreuung. Viele Meilensteine sollten folgen. Auf die Betriebsmannschaft warteten Herausforderungen, genauso wie auf die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die mit viel Kreativität neue Instrumente konzipierten und Messmethoden entwickelten. Einige wichtige Meilensteine und Entwicklungen werden im Folgenden herausgestellt. Sie geben einen Überblick über die Ära der Forschung mit Neutronen in Berlin.



Blick in die Experimentierhalle am BER II.

9. Dezember 1973

### Start des BER II mit 5 Megawatt Leistung

Die Planungen für den Bau des BER II begannen bereits 1966. Ziel war die Fokussierung auf einen neuen Forschungsweig, die Strukturforschung. Mehr und mehr wurde damit die Kernchemie abgelöst, die bis dato die Experimente am Reaktor geprägt hatte. Der Betrieb des Vorgängers, des BER I, wurde 1971 eingestellt.

1981

### Beginn der Kooperation mit der Gemäldegalerie

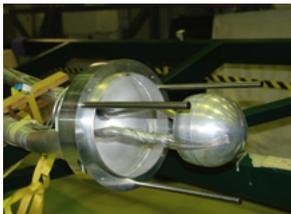


Gespräche mit dem Rathgen-Forschungslabor der Staatlichen Museen und der Gemäldegalerie

Berlin begannen und führten zu einer lang andauernden Kooperation. Ein Experimentierplatz zur Neutronenaktivierungsanalyse wurde aufgebaut und zwischen 1984 und 1985 neun Gemälde von Rembrandt und seiner Schule untersucht. Aufsehenerregend war die Erkenntnis, dass der „Mann mit dem Goldhelm“ nicht von Rembrandt selbst stammte.

1986 bis 1991

### Umbau des BER II



Erste Überlegungen zum Umbau gab es bereits 1975; 1982 lag ein genehmigungsfähiges Konzept vor. Vier Jahre später begannen die Bauarbeiten. Die Reaktorleistung wurde auf 10 Megawatt erhöht und im Kern ein Beryllium-Reflektor hinzugefügt. Dadurch konnte der Neutronenfluss deutlich erhöht werden. Zugleich wurde eine kalte Neutronenquelle eingebaut, ein Druckbehälter, in dem tiefkalter Wasserstoff die

Neutronen zusätzlich abbremst. Am BER II konnten dadurch erstmals langsame, sogenannte kalte Neutronen erzeugt werden – ein großer Gewinn für die Forschung.

2006

### Einweihung der Neutronenleiterhalle II



Von 2004 bis 2006 wurde die Neutronenleiterhalle II gebaut. Hier fand später unter anderem der Hochfeldmagnet seinen Platz.

2000

### Umstellung auf niedrig angereichertes Uran

Um die Jahrtausendwende wurde der Reaktorbetrieb von hoch angereichertem Uran (HEU = High Enriched Uranium) auf niedrig angereichertes Uran umgestellt. Nach und nach wurden die Brennelemente ausgetauscht. Im März 2000 ging ein Reaktorkern in Betrieb, der zum ersten Mal komplett ohne hoch angereichertes Uran betrieben wurde.

1991

### Wiederinbetriebnahme und Aufbau des Nutzerbetriebs



Aufgrund von politisch geprägten Verzögerungen im Genehmigungsprozess dauerte die Wiederinbetriebnahme nach dem Umbau deutlich länger als geplant. Das Upgrade ermöglichte ab 1991 jedoch völlig neue Experimente. Außerdem wurden neue Experimentierstationen aufgebaut, so dass mehr Experimente zeitgleich durchgeführt werden konnten. Parallel wurde die Arbeitsgruppe Probenumgebung etabliert, die Nutzer bei ihren anspruchsvollen Experimenten unterstützten. Der Grundstein für einen international wettbewerbsfähigen Nutzerbetrieb war damit gelegt. Organisiert wurde er in BENSCH, dem „Berlin Neutron Scattering Center“, das 1991 als virtuelles Institut am HMI gegründet wurde. BENSCH hatte sich binnen kurzer Zeit weltweit einen hervorragenden Ruf für seine Nutzer-Unterstützung erarbeitet.

2009

### Fusion von HMI und BESSY und damit Etablierung eines gemeinsamen Nutzerdienstes



Im Januar 2009 fusionierten das Hahn-Meitner-Institut und die Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung (BESSY) zum Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie. Die Fusion förderte die kombinierte Nutzung von Photonen und Neutronen unter einem Dach. Davon profitierten zahlreiche Forschungsfelder, unter anderem die am HMI etablierte Photovoltaik und die Materialforschung. Im November 2009 lud das HZB zum „First Joint BER II and BESSY II Users‘ Meeting“ ein. Mehr als 350 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus aller Welt folgten der Einladung nach Berlin und tauschten sich disziplinübergreifend aus.

2010 bis 2012

### Austausch konisches Strahlrohr und Upgrade der Neutronenleiter



Der lange geplante Austausch des konischen Strahlrohrs wurde notwendig, weil die maximale Einsatzzeit für dieses Bauteil absehbar im Jahr 2011 erreicht worden wäre. Weitere Komponenten wie die kalte Neutronenquelle mit einer Moderatorzelle, durch die die Neutronen fliegen, wurden ebenfalls erneuert. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzten die Betriebspause zusätzlich, um die Instrumente zu verbessern und die Neutronenleiter zu erneuern. Sie erhielten eine Superspiegel-Beschichtung, drei wurden verbreitert und ein zusätzlicher (sechster) Neutronenleiter aufgebaut. Durch diese Verbesserungen erhöhte sich der Neutronenfluss entscheidend – für die Wissenschaft eine enorme Verbesserung, die den BER II international konkurrenzfähig hielt.

2015

### Inbetriebnahme des Hochfeldmagneten



Nach zirka acht Jahren Bau- und Entwicklungszeit wurde der weltweit stärkste Magnet für die Materialforschung mit Neutronen in Betrieb genommen. Er arbeitet mit einem Hybrid-Magnetsystem und produziert Magnetfelder bis zu einer Stärke von 26 Tesla.

Dabei werden eine normaleitende und eine supraleitende Spule in Reihe geschaltet. An der Entwicklung des Hochfeldmagneten waren Kooperationspartner aus mehreren Ländern beteiligt, federführend im Konsortium der Partner war das Hochfeldmagnetlabor in Tallahassee, USA. Auch wenn der Hochfeldmagnet am HZB nur etwa fünf Jahre in Betrieb war, gilt sein Bau als Pionierleistung und die wissenschaftlichen Experimente haben gezeigt, welche Fragestellungen mit solch hohen Magnetfeldern untersucht werden können.

2013

### Beschluss des Abschalttermins

Der Aufsichtsrat des HZB beschloss am 25. Juni 2013, den Wissenschaftsbetrieb am Forschungsreaktor BER II Ende 2019 einzustellen. Mit der frühzeitigen Mitteilung des Abschalttermins bekamen sowohl die wissenschaftlichen Nutzer des BER II als auch die Geschäftsführung Planungssicherheit, um die Weichen für eine erfolgreiche Neuausrichtung der Forschung zu stellen. Bereits 2014 begannen die ersten Planungen für den Rückbau des BER II. Parallel dazu wurden Interessenten an anderen Neutronenquellen angesprochen, damit die Neutroneninstrumente auch nach dem Abschalten des BER II weiter der Forschung zur Verfügung stehen.

2017

### Stilllegungsantrag

Im April 2017 stellte das HZB den Grundantrag auf Stilllegung und Rückbau des BER II, der das umfangreiche Genehmigungsverfahren eingeleitet hat. Um eine frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung zu ermöglichen, lud das HZB Ende 2017 zu einer Informationsveranstaltung ein, zu der über hundert Interessierte kamen. Die Dialoggruppe, die sich im Anschluss gebildet hat, arbeitet seither regelmäßig und begleitet den Rückbauprozess.

11. Dezember 2019

### Betriebsende

Am 11. Dezember 2019 lieferte der Reaktor letztmalig Neutronen. Bis dahin waren noch achtzehn Neutroneninstrumente in Betrieb, davon zehn im vollen Nutzerbetrieb. Bis zur letzten Schicht war die Messzeit ausgebucht: Im letzten Betriebsjahr gab es mehr als 600 Besuche von Nutzerinnen und Nutzern am BER II.

2018

### Die letzte Neutronenschule



Im Februar 2018 fand die letzte Neutronenschule am BER II statt. Nach 38 erfolgreichen Jahren wird die Schule seit 2019 an der australischen Einrichtung ANSTO – unter Beteiligung des HZB – fortgeführt.

# „Wir waren in Berlin unter den ersten, auch wenn nicht alles immer geklappt hat“



**Der ungarische Experimentalphysiker Ferenc Mezei über spektakuläre neue Instrumente, über handschriftliche Anträge – und auch über verpasste Chancen.**

Ferenc Mezei (Jahrgang 1942) ist Experimentalphysiker. Seit den 1970er-Jahren zeichnete er für bahnbrechende Erkenntnisse in der Neutronen- und Festkörperphysik verantwortlich. Bis zu seiner Emeritierung war er an Forschungseinrichtungen vor allem in Deutschland, Frankreich und den USA tätig. Ans Hahn-Meitner-Institut kam er im Jahr 1984 als leitender Wissenschaftler. Zugleich war er Professor an der Technischen Universität Berlin. Am HMI war er bis 2007 tätig.

**Herr Mezei, Sie waren als Forscher an vielen weltweit renommierten Einrichtungen tätig. Erinnern Sie sich noch, wie Ihr Kontakt nach Berlin zustande kam?**

Der ursprüngliche Berliner Forschungsreaktor war für radiochemische Untersuchungen gebaut worden und nicht für die Neutronenstreuung, die am BER II später zum Schwerpunkt geworden ist – und die ja auch mein Spezialgebiet ist. Anders als bei der Radiochemie

geht es bei der Neutronenstreuung eher um Materialuntersuchungen. Angesprochen wurde ich, als es im Jahr 1982 in Berlin fortgeschrittene Überlegungen gab, den Forschungsreaktor umzurüsten.

**Wer hat Sie damals angesprochen – und vor allem: mit Blick auf welche Aufgabe?**

Es war Hans Dachs, der damals leitender Wissenschaftler war. Er kam 1974 nach Berlin und hatte die Idee

entwickelt, den gerade erst in Betrieb gegangenen BER II so auszubauen, dass Neutronenstreu-Experimente möglich würden und der Berliner Forschungsreaktor zu einem modernen Zentrum für Neutronenstreuung umgewandelt würde. Ich sollte beim Aufbau der neuen Messanlagen, der sogenannten Instrumente, mitwirken. Als ich 1984 nach Berlin kam, war der Neubau bereits beschlossen – den ursprünglichen Reaktor habe ich im Betrieb nicht mehr erlebt.

**Sie waren an den besten Neutronenquellen der damaligen Zeit tätig. Was war der Reiz für Sie, ausgerechnet nach Berlin zu kommen?**

Meine Aufgabe war es, neue Instrumente zu bauen, an denen die Wissenschaftler später ihre Untersuchungen vornehmen konnten. Ohne Zweifel: Ohne den Ausbau hätte der Berliner Forschungsreaktor keine interessanten Möglichkeiten geboten. Unser Ziel war es, die Grundlagen zu legen für eine weltweit wettbewerbsfähige Anlage zur Neutronenstreuung – und das hat ja auch funktioniert, wie sich später zeigte.

**Der BER II hat vor allem durch die kalte Neutronenquelle von sich reden gemacht.**

Genau das war der Bereich, mit dem ich mich beschäftigt hatte. Durch die kalte Quelle konnten wir neben den thermischen nun auch kalte Neutronen bekommen – eine Technik, die damals gerade unverzichtbar geworden war. Heute werden die allermeisten Untersuchungen auf dem Feld der Neutronenstreuung mit solchen kalten Neutronen durchgeführt. Der Bau befand sich schon in der Planungs- und Genehmigungsphase, als ich nach Berlin kam. Uns ging es dann darum, die Neutronenleiterhalle auszustatten. Sie müssen sich das so vorstellen, dass die Neutronen von der kalten Quelle aus durch Neutronenleiter in eine separate Halle geführt werden. Dort sind verschiedene Arbeitsplätze aufgebaut, an denen wissenschaftliche Untersuchungen mit Neutronen gemacht werden können – Arbeitsplätze, die mit unterschiedlichen Geräten für verschiedene Experimente ausgestattet werden. Genau dafür, für die Ausstattung der Neutronenleiterhalle, bin ich nach Berlin gekommen.

„Unser Ziel war es, die Grundlagen zu legen für eine weltweit wettbewerbsfähige Anlage zur Neutronenstreuung – und das hat ja auch funktioniert, wie sich später zeigte.“ **Ferenc Mezei**

### **Was war das für ein Gefühl, an eine neue Quelle zu kommen und dort alles von Grund auf aufbauen zu können?**

Ach, so dramatisch würde ich das gar nicht beschreiben. Als ich zuvor ans Institut Laue-Langevin (ILL) in Grenoble gekommen war, war es meine Hauptaufgabe, ein neuartiges Gerät zu bauen. Dem lag damals meine Idee einer neuen Methode der Neutronenspektroskopie zugrunde; das Neutronen-Spin-Echo ist daraus entstanden. Aber wissen Sie, was das wirklich Großartige in dieser Zeit gewesen ist?

#### **Verraten Sie es?**

Entscheidungen sind schnell und flexibel getroffen worden. Stellen Sie sich vor: Als ich damals am ILL diese Idee hatte, fiel schon sechs oder acht Monate später die Entscheidung, dass wir das Instrument bauen. Ich musste nur drei Seiten einreichen, handgeschrieben, auf denen ich meine Vorversuche an improvisierten Geräten beschrieben habe und mit denen ich zeigen konnte, dass meine Idee nicht nur in der Theorie funktioniert. Und dann kam das grüne Licht. Heutzutage braucht man selbst dann, wenn man ein vorhandenes Gerät nur verbessern will, schon hunderte Seiten an Anträgen.

#### **Jetzt haben Sie von den Zuständen am ILL geschwärmt – wie war es denn ganz konkret in Berlin?**

Als ich kam, gab es den Plan, sechs

neue Geräte an der kalten Quelle zu bauen. Bürokratie gab es auch hier kaum. Aber dafür stand schon mehr oder weniger fest, welche Instrumente wir brauchen, um alle angedachten Einsatzmöglichkeiten umsetzen zu können.

#### **Wie stark konnten Sie denn den Bau der Geräte beeinflussen?**

Meine Idee war es, die Neutronenleiter mit einem sogenannten Superspiegel zu bauen. Den hatte ich damals in Budapest und am ILL entwickelt: Es handelt sich um einen Spiegel, der die Neutronen von der Wand des Leiters effizienter zurückhält, so dass ein intensiverer Strahl ohne Verluste am Ziel ankommt. Wir hätten in Berlin die Ersten sein können: die erste Neutronenquelle der Welt, an der diese Superspiegel zum Einsatz kommen – aber leider hat die Politik damals nicht mitgespielt. Generell war eine Betriebsgenehmigung für den Reaktor keine einfache Sache.

#### **Was zeichnet einen solchen Superspiegel aus?**

Die traditionellen Spiegel in einem Neutronenleiter bestehen aus Glas, auf das eine Schicht Nickel aufgedampft wird. Bei Superspiegeln reden wir von 1 000 Schichten aus verschiedenen Materialien in unterschiedlichen Stärken. Die Herstellung ist sehr kompliziert. Für die Genehmigung hatten wir zeigen müssen, dass die Neutronenleiter wirklich einsatzfähig sind – aber damals gab es noch keine Firma, die

mit dem Bau Erfahrungen gehabt hätte und so schnell liefern konnte wie einen traditionellen Spiegel. Damit kam der Superspiegel für Berlin nicht infrage. Heute wird die Technik überall auf der Welt eingesetzt. Erst nach dem Jahr 2003 konnten wir in Berlin dank Superspiegel aus einem Neutronenleiter drei machen. Das hat die zweite Neutronenleiterhalle ermöglicht. Die ursprünglichen kalten Neutronenleiter wurden 2011 alle mit der Superspiegel-Technologie umgebaut, wodurch die Strahlintensitäten um mehr als das Fünffache erhöht werden konnten. Solche Intensitäten hätten uns 1992 an die Weltspitze katapultiert. Im Jahr 2012 aber waren schon viele andere seit Jahren mit Superspiegeln ausgerüstet.

### **Kam es öfter vor, dass gute Ideen nicht realisiert werden konnten?**

Eine der großen Stärken des Hauses waren die Neutronenuntersuchungen unter hohen Magnetfeldern, die schon vor meiner Ankunft gestartet wurden. 2002 habe ich vorgeschlagen, zum ersten Mal einen echten Hochfeldmagneten für Neutronenexperimente zu bauen mit der etablierten klassischen Technologie der Hochfeldmagnet-Laboratorien. Das wäre in der Tat nicht billig gewesen, und wir haben vom Ministerium das Geld nicht bekommen. Es ist danach der Geschäftsführung dennoch gelungen, ungefähr die gleiche Summe zu bekommen, um ein ähnliches Projekt zu realisieren und dabei eine neue Technologie mit Supraleitern zu

Ferenc Mezei hat von 1984 bis 2007 die Neutronenforschung am Hahn-Meitner-Institut mit geprägt und den Ausbau der Neutronenleiterhalle II (hier im Bild) vorangetrieben.



entwickeln. Dieses Projekt ist zwar mit Erfolg, aber aufgrund der technischen Komplexität leider erst zwölf Jahre später in Betrieb gegangen. Mit dieser Verspätung waren die wissenschaftliche Bedeutung und die Auswirkung auf die Entwicklung des Hauses viel geringer geworden.

**Eine weitere Neuerung, mit der Ihr Name am damaligen HMI in Verbindung gebracht wurde, sind die Flugzeitgeräte. Was hat es damit auf sich?**

Mit Flugzeitgeräten lässt sich die Energie der Neutronen bestimmen, indem ihre Flugzeit durch einen genau bestimmten leeren Raum gemessen wird. Wir haben neue Ansätze für die Anwendung der Flugzeitmethode bei gepulsten Neutronenquellen zuerst theoretisch ausgearbeitet. Die erste experimentelle Umsetzung dieser Methoden ist dem HZB-Forschungsteam um Margarita Russina nach meinem Ausscheiden in den Ruhestand gelungen. Seither sind die Methoden weltweit an gepulsten Neutronenquellen zum Standard geworden. Ein anderes herausragendes neueres Ergebnis dieser Forschungsgruppe ist der Neubau unseres ersten Flugzeitspektrometers am HMI ab den 1990er-Jahren. Ich selbst bin übrigens nur der Anregung dieses Vorhabens schuldig; bei der Ausarbeitung und Durchführung war ich nicht mehr in Berlin. Das Ergebnis war das effizienteste Instrument in dieser Kategorie

weltweit – es ging um eine 300-fache Erhöhung der Datenerfassungsrate im Vergleich zu dem alten Design, das noch vor 20 Jahren voll dem Stand der Technik entsprach.

**Sie sprechen einen wichtigen Aspekt an: Seit den 1950er-Jahren ist die Anzahl der Neutronen, die an verschiedenen Neutronenquellen überall auf der Welt produziert werden, nicht mehr deutlich gestiegen.**

Genau. Dass es seither trotzdem gewaltigen Fortschritt bei den Messergebnissen gab, hängt damit zusammen, dass die Instrumentierung viel besser geworden ist. Im Klartext bedeutet das, dass man dank verbesserter Ansätze in der Handhabung der Neutronenstrahlen und in der Konzeption der Messgeräte die vorhandenen Neutronen effizienter nutzen kann, wobei der weit überwiegende Anteil der produzierten Neutronen immer noch verloren geht. In den vergangenen 40 Jahren ist diese Effizienz etwa um den Faktor 10 000 gestiegen. Das bedeutet: Von 100 Millionen produzierten Neutronen kam vor einigen Jahrzehnten nur ein einziges an den Messinstrumenten an. Heute sind es rund 10 000. Die Superspiegel, die gepulsten Neutronenquellen und die Verfeinerung der Flugzeitmethoden haben an dieser globalen Entwicklung einen maßgeblichen Anteil.

**In Ihrer Berliner Zeit wurde hier auch der Nutzerservice eingeführt ...**

... und das war für Deutschland eine

Premiere. Am ILL in Frankreich allerdings gab es das vorher schon. Ich erinnere mich noch an die Sitzung, in der der damalige ILL-Direktor, Rudolf Mössbauer, seinen Kollegen verkündet hat, dass es unwirtschaftlich sei, wenn so teure Geräte nur für zwei oder drei Wissenschaftler nutzbar seien. Die Betriebszeit sollte also der breiten Forschergemeinde zur Verfügung gestellt werden – inklusive Betreuung durch die Wissenschaftler vor Ort, damit die externen Nutzer angeleitet werden, wie es funktioniert. 70 Prozent der Zeit sollten die Wissenschaftler Dienste für die Nutzgäste erbringen, 30 Prozent sich der eigenen Forschung widmen. Sie

können sich vorstellen, dass das eine denkwürdige Sitzung war – die erste Reaktion war blankes Entsetzen.

#### **Und Ihre persönliche Meinung dazu?**

Diese Neuerung von Mössbauer war von außerordentlicher Bedeutung und ist seither die Grundlage des Fortschritts in der Neutronenforschung. Das System hat sich inzwischen ja bestens bewährt, und das übrigens nicht nur bei der Neutronenstreuung, sondern bei quasi allen Großgeräten. Ich bin der festen Überzeugung, dass es gut ist, wenn das eigene Wissen und Können auch anderen Kollegen zugutekommt. Und genau das wurde am BER II ja sehr gut praktiziert.

„Seither sind die Methoden weltweit an gepulsten Neutronenquellen zum Standard geworden.“ **Ferenc Mezei**

# Danke für die Neutronen: der Betrieb des BER II

**3 500 Stunden lieferte der Forschungsreaktor BER II Neutronen für die Forschung pro Jahr. Am 11. Dezember 2019 wurde die letzte Schicht gefahren. Nun wird die Anlage außer Betrieb genommen – nach vier Jahrzehnten erfolgreicher Forschung. Doch was war eigentlich notwendig, um den BER II sicher zu fahren? Ein Besuch bei den Betriebsingenieuren.**

**L**udger Studen (Foto: 2. v. r.) arbeitet seit 35 Jahren als Ingenieur am BER II. An den Wänden seines Büros stehen aneinandergereiht Aktenschränke, die Ordner reichen bis zur Decke. Darin sind die Protokolle und der Schriftverkehr mit den Behörden abgelegt, den er und seine Kollegen in den letzten Jahren geführt haben. Allein dies gibt einen kleinen Eindruck, was es heißt, eine kerntechnische Anlage zu betreiben.

3 500 Stunden läuft der BER II pro Jahr. Die Betriebsmannschaft, die den Reaktor fährt, besteht aus insgesamt 19 Mitarbeitern. Ein Jahr im Voraus wird ein Betriebsplan erstellt, der die Betriebs- und Wartungswochen festlegt. „Unsere Schichtleiter und Operateure müssen sehr früh ihren Urlaub einreichen. Zusätzliche freie Tage sind nur in Ausnahmefällen drin und bei Krankheitsfällen müssen andere Kollegen einspringen. Dafür muss man auch schon mal seine Freizeit opfern. Aber anders geht es nicht, den Betrieb des BER II sicherzustellen“, erklärt Studen. Gemeinsam mit den Ingenieuren Ralf Lobenstein und Nico Hertel plant er den Betrieb des BER II und die Wartungsarbeiten.

Während der Reaktor läuft, haben ein Schichtleiter und zwei Operateure Dienst. Mindestens einer von ihnen ist auf der Warte und beobachtet die Monitore der Leittechnik. „Das ist wichtig, denn auch beispielsweise die Wetterlage kann Einfluss auf die Fahrweise des Reaktors haben“, erklärt Studen. Damit die Mitarbeiter auf der Warte konzentriert bleiben, müssen sie alle 30 Minuten verschiedene Werte aus dem System dokumentieren. Außerdem führen sie alle vier Stunden eine „Kernsichtprüfung“ durch. Ein Mitarbeiter kontrolliert, dass sich kein Fremdkörper auf dem



**Wir sagen Danke:** Der Abteilung Betrieb Reaktor (ein Teil der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hier im Bild) und allen anderen Beteiligten für das stets zuverlässige Betreiben der Anlage.

Reaktorkern befindet. Dieses Vorgehen ist im Betriebshandbuch vorgeschrieben – wie überhaupt jeder kleinste Arbeitsschritt, der beim Betrieb des Reaktors anfällt. Das Betriebshandbuch mit den Arbeitsanweisungen füllt acht Aktenordner. Alles muss genauso durchgeführt werden wie beschrieben, Abweichungen sind nicht erlaubt. Neben dem Betriebshandbuch gibt es noch das Prüfhandbuch, das zirka 490 einzelne Prüfanweisungen enthält und ebenfalls acht Ordner füllt.

Wer am BER II arbeitet, muss genau wissen, was in diesen beiden Handbüchern steht – und hat zuvor eine lange Zusatzausbildung durchlaufen. Sie beginnt mit einer theoretischen Ausbildung an der Kraftwerkschule Essen, sie dauert drei Monate in Vollzeit. Danach müssen die Anwärter eine theoretische Prüfung bestehen. „Die Anforderungen sind hoch, denn ein ‚ausreichend‘ wie in der Schule oder beim Studium gibt es nicht. Die Fragen müssen fast

alle richtig beantwortet werden“, erläutert Studen. Bei der anschließenden mündlichen Prüfung sitzt die Behörde mit am Tisch und stellt Fragen. Wer beide Prüfungsteile bestanden hat, kehrt nach Berlin an den BER II zurück. Hier folgt noch eine drei- bis sechsmontatige Anlagenschulung. Die angehenden Operateure lernen die besonderen Anlagen- und Systemkomponenten des BER II kennen und werden in das Betriebshandbuch eingeführt. Dann folgt die nächste Prüfung, dieses Mal speziell zur Anlage; auch hier sind wieder Vertreter der Aufsichtsbehörde dabei. Erst wenn auch diese Prüfung bestanden wurde, bekommt man die behördliche Erlaubnis, als Operateur am BER II zu arbeiten. „Wer bis zu neun Monate Ausbildungszeit in Kauf nimmt, bringt viel Eigenmotivation mit und zeigt Beharrungsvermögen. Das ist in unserem Job sehr wichtig“, sagt Studen.

Wer zur Schichtmannschaft gehört, muss nicht nur den Reaktor sicher fahren können. Zu den Aufgaben gehört es auch, Wartungen und Prüfungen durchzuführen – und zwar ganze 2 300 pro Jahr. Manche davon müssen mehrmals täglich durchgeführt werden – wie die Kernsichtprüfung –, andere wöchentlich, monatlich, vierteljährlich oder jährlich. In der Regel ist dabei das Vieraugenprinzip vorgeschrieben, um Fehler zu minimieren. Bei einem Drittel der Prüfungen sind zudem externe Sachverständige dabei und protokollieren die Arbeiten. Auch das ist vorgeschrieben. Und was wird genau geprüft? „Alle Anlagenkomponenten werden regelmäßig überprüft, so wie es das Prüfhandbuch vorgibt“, erläutert Nico Hertel. „Wöchentlich prüfen wir beispielsweise die Sprinkleranlage und die Signalsysteme. Einmal pro Monat werden zum Beispiel der Einfall der Steuerstäbe, die Reaktorschnellabschaltung, das Anspringen der Dieselaggregate oder Schaltaktionen zum Lüftungstechnischen Gebäudeabschluss geprüft.“ Fast alle diese Arbeiten führt das Betriebspersonal selbst durch, die Protokolle werden zehn Jahre und länger aufbewahrt. Nichts ist dem Zufall überlassen. Arbeiten am Reaktor bedeutet: ein enges Korsett an Regeln befolgen. Wie lebt es sich damit? „Eigentlich ganz gut“, nicken die Ingenieure einvernehmlich. Natürlich wäre ein Ingenieur, der Gestaltungsspielraum sucht, hier fehl am Platz. Jede noch so kleine technische Änderung ziehe einen Änderungs-

antrag bei der Behörde nach sich, also viel Papierarbeit, der Aufwand müsse im Verhältnis zum Nutzen stehen. Aber man wisse durch die Ausbildung ja vorher, worauf man sich einlasse. Neben den regulären Aufgaben – Betrieb, Prüfungen und Wartungen – standen im Laufe der Zeit auch immer wieder größere Umbauten an. Der erste Umbau, den Ludger Studen begleitet hat, war die Ertüchtigung des BER II von 5 auf 10 Megawatt Leistung. Ralf Lobenstein ergänzt: „2004 bis 2005 haben wir eine neue Leittechnik zur Steuerung des Reaktors eingeführt. Das war ein sehr komplexes Projekt.“ Ebenso wichtig waren die Umstellung auf niedrig angereichertes Uran und der Austausch des konischen Strahlrohrs von 2010 bis 2012. Solche Projekte erfordern eine Vorlaufplanung von drei bis fünf Jahren. Sie werden immer in Zusammenarbeit mit Behörden geplant und genehmigt, bis die eigentlichen Arbeiten beginnen können. Treten dann ungeplante Projekte – wie die Reparatur der Schweißnaht im Jahr 2013 – auf, ist die Arbeitsbelastung sehr hoch. Denn die Planungen für die Reparatur mussten parallel zum Betrieb des BER II ausgearbeitet werden. „Doch auch solche arbeitsintensiven Phasen haben wir gemeistert. Wir sind ein gutes Team und haben immer an einem Strang gezogen“, hebt Studen hervor.

Damit ist es noch lange nicht vorbei: Denn auch nach der letzten Schicht am 11. Dezember 2019 bleibt noch viel zu tun. Dann beginnt die sogenannte Nachbetriebsphase. Alle Sicherheitseinrichtungen, Kontrollgänge und Prüfungen bleiben erhalten, solange noch Brennstäbe in der Anlage sind. Und das nächste große Projekt hat längst begonnen: Die Abteilung plant seit Jahren den Rückbau der Anlage. Dabei ist es unerlässlich, die jahrzehntelangen anlagenspezifischen Kenntnisse der Betriebsmannschaft zu nutzen, bevor die Mitarbeiter in den Ruhestand gehen. Ludger Studens letzter Arbeitstag wird im März 2020 sein. Sein Ausscheiden ist von langer Hand vorbereitet: Seit 2013 – also seit sechs Jahren – arbeitet er seinen Nachfolger Nico Hertel ein. „Deshalb kann ich mit gutem Gefühl in den Ruhestand gehen, alles ist in besten Händen und ich freue mich auf die Zeit“, sagt er in die Runde und Nico Hertel fügt lachend hinzu: „Aber wir hoffen, dass du in der Zeit danach unser Telefonjoker sein wirst.“



Führung durch die  
Neutronenleiterhalle  
bei der Langen Nacht  
der Wissenschaften  
2017.

BER



# In der Öffentlichkeit: Der BER II als kern- technische Einrichtung

---

1973  
2019  
BER II

# Offen für den Austausch mit der Gesellschaft

Das HZB hat sich immer als offenes Zentrum verstanden und aktiv den Kontakt zur Nachbarschaft und Öffentlichkeit gesucht. Auf Weihnachtsmärkten, Sommerfesten, bei Tagen der offenen Tür oder der Langen Nacht der Wissenschaften beantworteten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus dem HZB regelmäßig Fragen zur Sicherheit des Forschungsreaktors BER II. Viele Besuchergruppen – darunter Vereine, Kirchengemeinden, Schüler, Studenten oder Verbände – nutzten die Gelegenheit, sich bei Führungen durch die Experimentierhallen selbst ein Bild von der Anlage zu machen. Allein 500 Menschen besichtigten den BER II im Jahr der Abschaltung.



Auf gute Nachbarschaft: Das HMI präsentierte sich auf dem Weihnachtsmarkt am Wilhelmplatz in Berlin-Wannsee und bei weiteren Kiez-Aktionen. Hier ein Bild aus den 1990er-Jahren.

Während des Sommerfestes 2010 wurde der neu gestaltete Eingangsbereich des HZB eingeweiht. Eingeladen war auch die Nachbarschaft.



2001 fand der erste Girls' Day am Hahn-Meitner-Institut statt – damals noch unter dem Titel „Mädchen-Zukunftstag“. Seither lädt das Zentrum jedes Jahr zirka 70 Schülerinnen ein und gibt Einblicke in naturwissenschaftlich-technische Berufe.



Das HMI auf der Hannovermesse im Jahr 2001: Neben Industrievertretern kamen auch interessierte Bürgerinnen und Bürger an den Stand.





Auch ausländische Delegationen waren oft zu Gast am BER II und informierten sich über die Forschung und Austauschprogramme (hier: eine jordanische Delegation zusammen mit HZB-Forschern im Dezember 2018).

Michael Müller (4. v.l.), der damalige Senator für Stadtentwicklung und Umwelt und heutige Regierende Bürgermeister von Berlin, besuchte das HZB im November 2012.



Von Beginn an beteiligte sich das HZB an der Langen Nacht der Wissenschaften und öffnete die Experimentierbereiche um den BER II und lud Bürgerinnen und Bürger zum Blick hinter die Kulissen ein.





Unverzichtbar für den Betrieb des BER II war die Betriebsfeuerwehr. Ihre Arbeit stellte sie regelmäßig beim Sommerfest oder der Langen Nacht der Wissenschaften vor.

Das Schülerlabor am Lise-Meitner-Campus in Wannsee öffnete 2004. Schülerinnen und Schüler können unter anderem zu den Themen Magnetismus, Supraleitung und Solarenergieforschung experimentieren.



# Nach Tschernobyl: Fachleute im Dienst der Bürger

Die Kernphysikerin Dorothea Alber arbeitete 1986 an ihrer Doktorarbeit am Hahn-Meitner-Institut in Berlin. Nach dem Reaktorunglück in Tschernobyl richtete das Land Berlin Messstellen ein, um die Belastung von Lebensmitteln zu kontrollieren. Das geschah praktisch von einem Tag auf den nächsten, über Nacht. Dorothea Alber half beim Aufbau und bei der Kalibrierung der Strahlungsmessgeräte mit. Im Anschluss an ihre Promotion arbeitete sie im Strahlenschutz am HMI. Seit 2016 ist sie im Ruhestand. Als Zeitzeugin erinnert sich Dorothea Alber.

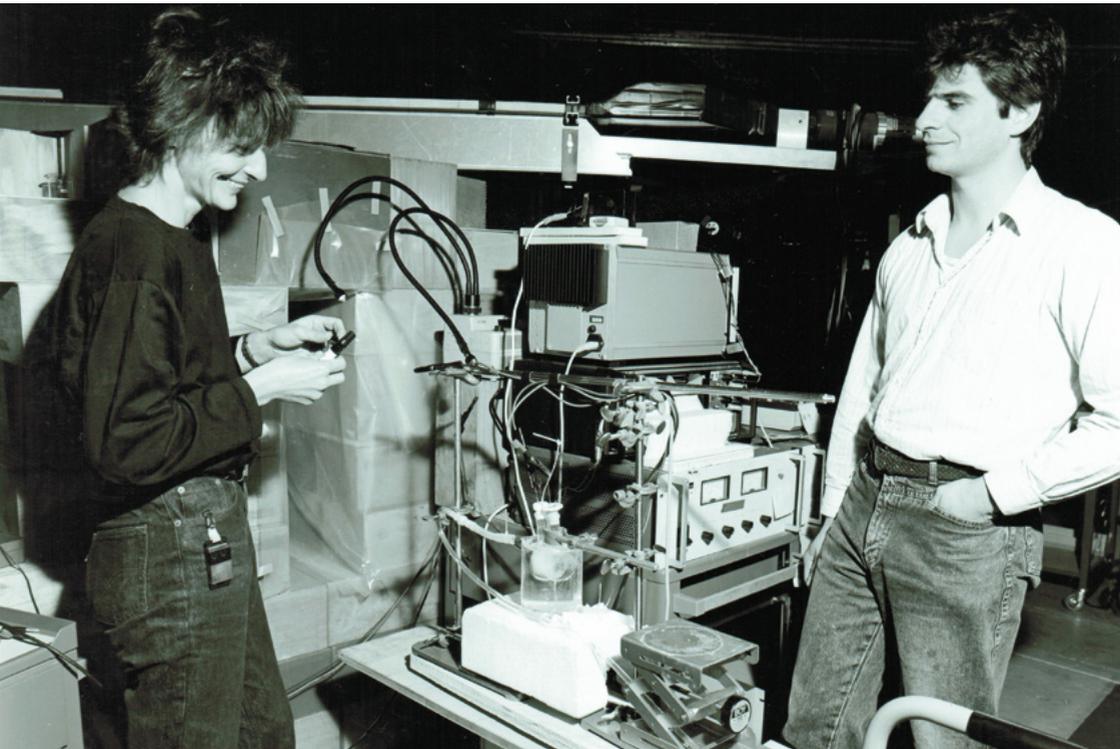
” Ich habe damals am Beschleuniger VICKSI als Doktorandin gearbeitet. Dabei habe ich Anregungszustände in Atomkernen untersucht, die im Beschleuniger künstlich für kurze Zeit erzeugt wurden. Deswegen war ich auch mit Messmethoden zur Radioaktivität vertraut, insbesondere mit Gamma-Detektoren und Gamma-Spektroskopie, allerdings natürlich für die physikalische Forschung, nicht für die Messung von Bodenproben oder Lebensmitteln.

Die Auswirkungen des Tschernobyl-Unglücks konnten wir messen: Ein Kollege kam zum Beispiel mit dem Auto von einer Konferenz aus Polen zurück und am HMI stellte der Strahlenschutz dann fest, dass die Autoreifen kontaminiert waren. Wenige Tage nach dem Unglück zog die Wolke über Deutschland und wir wurden vom Land Berlin angesprochen, ob wir helfen können. Am HMI war die Technik zur Messung von Radioaktivität ja an mehreren Stellen vorhanden, und die Mitarbeiter vom Strahlenschutz waren natürlich auch in der Lage, Lebensmittel und Bodenproben zu messen.

Ich erinnere mich an viele Diskussionen. Zum Beispiel wollten viele Leute in Berlin selbst Geigerzähler kaufen, aber ohne Sachkenntnis nützt das nicht viel. Denn Geigerzähler sind Dosisleistungsmessgeräte: Wenn der Geigerzähler beim Salat anschlägt, dann sollte man den Salat wirklich nicht mehr essen. Aber der Salat könnte auch belastet sein, ohne dass der Geigerzähler an-

spricht. Einfach nur das Gerät hinzuhalten, reicht für die Beurteilung von radioaktiven Belastungen nicht aus. Berlin wurde zum Beispiel über den Grenzübergang Dreilinden mit Lebensmitteln beliefert. Dort hat das Land Berlin eine Messstelle eingerichtet, um die Lebensmittel zu untersuchen, bevor sie in den Regalen der Supermärkte landeten. Das haben wir fachlich unterstützt; wir haben innerhalb einer Nacht in Dreilinden alle Geräte aufgebaut, kalibriert und zum Laufen gebracht. Die Messungen selbst haben dann Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Landes Berlin gemacht, aber einige Kolleginnen und Kollegen aus dem HMI waren in den folgenden Wochen immer da, um sie zu schulen und die Geräte zu betreuen. Am HMI selbst hat ein Kollege neben seiner normalen Arbeit auch eine Messstelle für Muttermilchproben eingerichtet. Muttermilchproben mussten sehr lange, etwa acht Stunden, gemessen werden, da die Proben ja ziemlich klein waren. Diese Messstelle hat er lange betrieben.

Dorothea Alber und Carsten Schwarz beim Messen von Lebensmittelproben.



„Am HMI selbst hat ein Kollege neben seiner normalen Arbeit auch eine Messstelle für Muttermilchproben eingerichtet.“

Dorothea Alber

Einige Jahre nach dem Unglück, also kurz nach der Wende, habe ich dann sogar einen Russisch-Kurs gemacht, um an einer Messkampagne des Bundesamts für Strahlenschutz in der Region um Tschernobyl teilzunehmen. Leider hat das dann doch nicht geklappt, weil etwas dazwischengekommen ist. Aber eine Kollegin und

ein Kollege aus dem HMI sind nach Tschernobyl gereist, um im Rahmen dieser Messkampagne die Belastungen der Anwohner mit Ganzkörperzählern zu ermitteln.

Insgesamt habe ich als junge Wissenschaftlerin die Nachrichten mit großem Interesse verfolgt, Zeitungen gelesen und viel diskutiert und erklärt. Und dabei habe ich festgestellt, dass es für Laien sehr schwierig ist, Risiken in Bezug auf Radioaktivität richtig einzuschätzen. Begriffe wie Radioaktivität, Strahlung, Dosisleistung, Kontamination gehen durcheinander, Größenordnungen wie Mikro- (Millionstel-) und Milli- (Tausendstel-) ebenso, und das macht ja einen dramatischen Unterschied. Deshalb auch waren die Ängste und die Verunsicherung der Menschen sehr groß, manche sind mit ihren Kindern sogar nach Fuerteventura oder auf andere Inseln geflogen, um den vergleichsweise geringen Belastungen im Raum Berlin auszuweichen.“

# Die Aufmerksamkeit der Medien kam in Wellen

Besonders nach den Nuklearkatastrophen in Tschernobyl 1986 und Fukushima 2011 stand der BER II als kerntechnische Einrichtung im Blick der Öffentlichkeit. Kritische Fragen von Anwohnerinnen und Anwohnern sowie Politikern standen auf der Tagesordnung – ebenso jedoch auch die Transparenz, mit der die Wissenschaftler über ihre Arbeit berichteten.

Diese eine Frage lag bei jedem Anruf in der Luft, den Ina Helms entgegennahm in den Tagen nach dem 11. März 2011: „Kann das bei uns auch passieren?“, fragten die Gesprächspartner am anderen Ende der Leitung. Vor Augen hatten sie die Bilder von der Reaktorkatastrophe in Fukushima. Es war eine Phase, in der Helms und ihre Kolleginnen und Kollegen aus der Abteilung Kommunikation besonders gefragt waren. „Weil sich das Unglück von Fukushima mit der Diskussion um Flugrouten in Berlin mischte, gab es in der Zeit ein unheimlich großes Medieninteresse“, sagt Ina Helms im Rückblick.

So wie nach der Fukushima-Katastrophe von 2011 verhielt es sich immer wieder über die gesamte Betriebsdauer des BER II, erinnern sich die Beteiligten: Das öffentliche Interesse schwappte in Wellen heran, getragen von Geschehnissen anderswo in der



Nach dem Unglück von Fukushima kam es auch in Wannsee zu einer Protestaktion.

Welt oder von politischen Entscheidungen – und genauso ebte nach einer Weile das Interesse regelmäßig wieder ab. Immer wieder waren aber auch die Forscherinnen und Forscher und andere Mitarbeitende vom HZB überrascht, dass sie auf Berlinerinnen und Berliner stießen, die überhaupt nicht wussten, dass auf dem Stadtgebiet ein Forschungsreaktor steht. Das öffentliche Interesse nach Anlässen wie der Katastrophe von Fukushima bot deshalb für die Öffentlichkeitsarbeit des HZB die Gelegenheit zu erklären, was da am Wannsee eigentlich gemacht wird – und wie groß die Unterschiede zwischen einem Forschungsreaktor und einem Kernkraftwerk sind: die andere Bauweise mit dem viel geringeren radioaktiven Inventar, den im Forschungsreaktor fehlenden Druckbehälter und natürlich die Materialforschung als völlig andere Zielsetzung. Seit der Katastrophe von Fukushima gibt es auf der Homepage noch mehr Erklärungen als zuvor: Filme und Hintergründe zum Forschungsreaktor ebenso wie eine Auflistung der häufigsten Fragen und natürlich die Antworten darauf. Wer also zum Beispiel wissen will, ob ein Reaktorunglück auch am Wannsee droht, findet mit wenigen Mausklicks wissenschaftlich fundierte Antworten auf seine Sorgen.

## **1986 bis 1991 – ein politischer Balanceakt**

Die öffentliche Meinung hatte schon von Beginn an großen Einfluss auf den BER II – nicht zuletzt über politische Repräsentanz, in der sie sich widerspiegelte. Als Beispiel sei die Phase nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl im Jahr 1986 genannt. In dieser Zeit war der BER II gerade abgeschaltet, es lief der Umbau des Reaktors (die Leistung wurde erhöht, zugleich wurde eine kalte Neutronenquelle eingebaut) – und vor allem stand die Erteilung der nach dem Umbau notwendigen neuen Betriebsgenehmigung aus, vermeintlich eine Formsache, die jedoch politische Brisanz entwickeln sollte. Als 1989 in Berlin eine rot-grüne Koalition zwischen SPD und dem Berliner Landesverband der Grünen (Alternative Liste) die Regierung antrat, zeigte sich, dass es bei einigen politischen Entscheidungsträgern große Widerstände gegen den Betrieb des Forschungsreaktors gab. In der „Chronik des Hahn-Meitner-Instituts in Berlin“ aus dem Jahr 2005 heißt es über

diese Zeit: „Im Falle des immer noch zu prüfenden umgebauten BER II konnten die Grünen ihre Forderung nach unbedingter Verweigerung der Betriebsgenehmigung nicht durchsetzen (...).“ Mit der Frage beschäftigten sich stattdessen verschiedene Gremien, eine Ausschusssitzung fand im Juni 1989 auch im Hahn-Meitner-Institut statt, „damit sich die neuen Abgeordneten ein Bild von der Arbeit am HMI machen konnten, solange die Entscheidung im Genehmigungsverfahren noch ausstand“. Als dann rund drei Monate nach dieser Sitzung die Mauer fiel, leitete der West-Berliner Senat ein Anhörungsverfahren zum BER II ein – gerichtet speziell an die Potsdamer Bürgerinnen und Bürger, die – anders als die Anwohnerinnen und Anwohner auf westdeutscher Seite – nicht schon zuvor an Anhörungen hatten teilnehmen können. In diese sensible Phase platzte dann eine neue Frage: Es wurde spekuliert, dass die gebrauchten Brennstäbe des BER II möglicherweise militärisch weiterverwendet werden könnten. „Fatale Erkenntnis“ titelte „Der Spiegel“ am 23. April 1990. Der Bericht war illustriert mit einem Foto von Atommüll-Fässern und der Bildunterschrift: „Atommüll im Berliner Hahn-Meitner-Institut: Bombenstoff pur“. Die Folge: Das Genehmigungsverfahren für den umgebauten BER II war nicht mehr nur von der Frage nach der technischen Zuverlässigkeit geprägt, sondern wurde zum politischen Balanceakt. Die Spekulationen um die Waffenfähigkeit des Urans stellten sich als haltlos heraus – die Geschäftsführung des HMI sagte in Reaktion auf den Spiegel-Bericht: „Das U-235, das Forschungsreaktoren verbrauchen, kann jedenfalls für militärische Zwecke nicht mehr verwandt werden; es ist eben verbraucht.“ Auf die Erteilung der Betriebsgenehmigung jedenfalls hatten die Diskussionen ihre spürbare Auswirkung: Erst nach acht Jahren, im März 1991, wurde die Betriebsgenehmigung für den umgebauten BER II erteilt; einen Monat später fuhren die Wissenschaftler den Forschungsreaktor zum ersten Mal wieder an.

„Uns war es immer wichtig,  
Interessierten die Anlage zu zeigen (...).“

Ina Helms

## Neues Interesse nach Fukushima

Mediale Aufregung schuf im Jahr 2011 ein Bericht des Fernsehmagazins „Kontraste“, in dem es hieß, am BER II gebe es einen Riss im Kühlsystem. Die vermeintliche Enthüllung machte zunächst Schlagzeilen. „Gibt es einen Riss im Kühlsystem des Berliner Forschungsreaktors?“, fragte etwa die B.Z. am 10. Juni 2011, die Bild-Zeitung titelte gar mit Ausrufezeichen: „Undichte Stelle im Forschungs-Reaktor!“. Auch hier stellte sich die Darstellung als falsch wiedergegeben heraus, denn es handelte sich um eine defekte, nicht sicherheitsrelevante Schweißnaht, die später entfernt wurde. Die HZB-Kommunikation klärte auf Veranstaltungen und mit Flyern Bürger, Medien und Politik über die Sicherheit auf. Transparenz war nicht nur in dieser Zeit eines der wichtigen Kriterien für den Umgang mit der Öffentlichkeit. Dabei haben die Verantwortlichen vor allem auf den direkten Kontakt vor Ort gesetzt. „Uns war es immer wichtig, Interessierten die Anlage zu zeigen und Fragen von Fachleuten beantworten zu lassen“, sagt Ina Helms. Jährlich haben zwischen 30 und 50 Besuchergruppen die Experimentieranlagen rund um den Reaktor vor Ort angeschaut, darunter sowohl wissenschaftliche als auch nichtwissenschaftliche Interessengruppen. Außerdem lud das HZB regelmäßig zum Tag der offenen Tür am BER II ein – ganz spontan auch nach dem

Die Pressesprecherin Ina Helms (l.) im Gespräch mit einer Journalistin.





Häufig kamen auch Kamerateams an das HZB.

Fukushima-Unglück, als die Forscherinnen und Forscher einige hundert interessierte Bürger durch den Reaktorbereich führten. Der BER II nahm jedes Jahr an der Langen Nacht der Wissenschaften teil (seit 2012 alle zwei Jahre im Wechsel mit BESSY II in Adlershof), die Geschäftsführung des HZB war überdies bei Anhörungen in den jeweiligen Ausschüssen für Umwelt, Wissenschaft und Gesundheit des Berliner Senats zu Gast und beantwortete die Fragen der Abgeordneten. Und wenn neue Nachbarn in die Nähe des Forschungsreaktors zogen, wurden auch sie über BER II informiert und konnten sich mit den Hintergründen vertraut machen. Schauen die Mitarbeiterinnen der Abteilung Kommunikation heute zurück, sagen sie, dass die Beziehung zwischen den Berlinern und dem Forschungsreaktor überwiegend harmonisch war. Hunderte Beiträge aus Fernsehen, Radio und Zeitungen zeugen davon – Beiträge, die den BER II kritisch begleiteten und auch die Forschungsergebnisse beleuchteten, aus denen aber auch immer wieder etwas Stolz auf die Spitzenforschungseinrichtung direkt vor der eigenen Haustür herauszulesen war.



Blick auf die Fassade der Neutronenleiterhalle II (blau) und des Technikums (silbern), das der Versorgung des Hochfeldmagneten dient.

BER



# Erinnerungen: Ehemalige erzählen

---

1973  
2019  
BER II

# Anke Kaysser-Pyzalla blickt zurück

**Anke Kaysser-Pyzalla war von Ende 2008 bis 2017 wissenschaftliche Geschäftsführerin des HZB. Während ihrer Amtszeit hat der Aufsichtsrat des HZB beschlossen, den Betrieb des BER II zu beenden. Zu ihren Aufgaben gehörte es daher, die wissenschaftliche Umorientierung einzuleiten und neue Forschungsfelder für das HZB zu erschließen.**

„ Als ich im Herbst 2008 nach Berlin kam, war die Fusion des Hahn-Meitner-Instituts und BESSY zum Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie beschlossen und sollte zum Anfang 2009 umgesetzt werden. Die Geschäftsführung hatte die Aufgabe, neue Strukturen zu entwickeln, welche die beiden Großgeräte mit einem Maximum an Gemeinsamkeiten und auch die Energieforschung abbilden. Besonders erfreulich waren die vielen neuen Berufungen, die wir mit den Universitäten und Hochschulen durchführen konnten. So kamen herausragende Kolleginnen und Kollegen ans HZB. Sie eröffneten neue Themenfelder, etwa zu solaren Brennstoffen oder in der Beschleunigerphysik.

Trotz seines relativ geringen Neutronenflusses war der BER II sehr leistungsfähig, und die Nutzercommunity hat ihn sehr geschätzt. Das lag an der hervorragenden Instrumentierung, die wir auch konkurrenzfähig halten mussten. Gleichzeitig brauchte auch BESSY II ausreichend finanzielle Ressourcen: Der Beschleuniger musste weiterentwickelt werden, ebenso viele der extrem nachgefragten Instrumente. Mit den neu berufenen Kolleginnen und Kollegen kamen ambitionierte Pläne, die wir brauchten, um mit BESSY II weltweit technisch und wissenschaftlich wettbewerbsfähig zu sein.

Vor dem Hintergrund der knappen Ressourcen mussten wir also eine Entscheidung treffen. Dabei haben wir die Nutzerzahlen und deren Trends berücksichtigt wie auch die Akzeptanzfrage und damit verbundene Risiken für das HZB. Als Geschäftsführung haben



Seit dem 1. Mai 2017 ist Anke Kaysser-Pyzalla Präsidentin der Technischen Universität Braunschweig. Von 2009 bis April 2017 war sie wissenschaftliche Geschäftsführerin des HZB. Zuvor arbeitete sie unter anderem als Direktorin am Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf. Anke Kaysser-Pyzalla promovierte und habilitierte sich im Fach Werkstoffwissenschaften an der Ruhr-Universität Bochum.

wir uns dann entschlossen, dem Aufsichtsrat die Abschaltung des BER II Ende 2019 zu empfehlen. Damit bestand auch Klarheit über den weiteren Ressourceneinsatz sowie die Chance, BESSY-VSR umzusetzen und die Synchrotronstrahlungsquelle mit vielen einzigartigen Möglichkeiten auch für die Energieforschung international auf höchstem Niveau für viele weitere Jahre zu betreiben. Die Kolleginnen und Kollegen, die am BER II neue Methoden, Probenumgebungen und ganz neue Instrumentenkonzepte erdacht haben, sind weltweit anerkannt und es ist sehr bedauerlich, dass diese Forschung nun nicht mehr am BER II weitergeführt werden kann. Auf der anderen Seite ist der Transfer des Know-hows, insbesondere der Probenumgebungen, zu BESSY II eine große Chance auch für die Nutzercommunity.

„Besonders gern denke ich an die Kolleginnen und Kollegen zurück, die mir begeisterte Einblicke in ihre Forschung gaben (...).“

Anke Kaysser-Pyzalla

Aus meiner Sicht sind in den letzten Jahren weitere große Schritte gemacht worden, die Energieforschung weiter mit in-situ-Experimenten mit Synchrotronstrahlung zu kombinieren. Mit der frühzeitigen Klarheit über die Strategie hat sich das HZB im Wettbewerb um die Niedrigenergie-Synchrotronstrahlungsquelle

der nächsten Generation frühzeitig aufstellen und Ressourcen bereitstellen können. Dem HZB bringt dies eine kompetente Mannschaft, die viel Erfahrung und Reputation gewinnt, die es für ein so großes Vorhaben wie BESSY III braucht. Es ist von außen betrachtet begeisternd zu sehen, wie die strategischen Partner, die Nutzercommunity und die Stadt Berlin gemeinsam agieren. Besonders gern denke ich an die Kolleginnen und Kollegen zurück, die etwas voranbringen wollen und die mir begeisterte Einblicke in ihre Forschung gaben, und an die aufregenden, manchmal auch schwierigen Projekte. Es hat mir viel Freude gemacht zu sehen, wie sich Karrieren entwickelt haben und wie neue wissenschaftliche Erkenntnisse entstanden sind. Und ich vermisse geradezu den Blick in die Hallen von BESSY II und BER II, die Labore und den Beschleuniger mit seinem Kontrollraum, die meine Freude an der Arbeit immer beflügelten.“

# Drei Forscher über ihre damalige Arbeit am BER II

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem HZB haben über fünf Dekaden die Forschung mit Neutronen auf international höchstem Niveau betrieben und weiterentwickelt. Drei ehemalige Mitarbeitende erzählen, was sie noch heute mit dem Zentrum verbinden.

## Peter Vorderwisch

hat den Aufbau des Dreiachsenspektrometers V2/FLEX koordiniert. Er hat mehr als 40 Jahre im HMI gearbeitet und geforscht. Seit 2005 ist er im Ruhestand.

” Besonders gern erinnere ich mich an zwei Ereignisse: erstens an die prompte Erteilung der BER II Betriebsgenehmigung, nachdem - nach Fall der Mauer - ein neuer Berliner Senat gewählt worden war, und zweitens, die Bewertung von FLEX als ‚world class instrument‘ durch den ersten User. Stolz bin ich im Rückblick darauf, dass FLEX mithilfe der Probenumgebung (starke Magnetfelder, tiefe Temperaturen) ein sehr gefragtes, stark überbuchtes Instrument wurde, das Nutzer aus aller Welt anzog und viel zitierte Publikationen in renommierten Zeitschriften ermöglichte.“





## Judith Peters

Professorin an der Universität Grenoble Alpes und Wissenschaftlerin am Institut Laue-Langevin.

” Der BER II wird für seine besonderen Probenumgebungen in Erinnerung bleiben. Hier gab es einige Neutroneninstrumente mit Alleinstellungsmerkmalen, darunter auch das EXED in Verbindung mit dem Hochfeldmagneten. Ich habe von 1998 bis 2006 am HMI gearbeitet. Währenddessen habe ich in Kooperation mit Wolfgang Treimer von der Technischen Fachhochschule Berlin (heute: Beuth Hochschule) über magnetische Blochwände – das sind energetische Barrieren innerhalb eines Ferromagneten – geforscht. Zudem habe ich mit Wolfgang Jauch Korrekturmöglichkeiten von Diffraktionsdaten untersucht, die an einer Spallationsquelle aufgenommen worden sind. Danach hat mir Ferenc Mezei den Bau des Neutroneninstrumentes EXED angetragen, was ich bis 2006 gemacht habe. Die Entwicklung und der Aufbau von EXED haben mich begeistert. Außerdem haben meine Kinder und ich die ‚Kleinen Teilchen‘, die Ferienbetreuung für Mitarbeiterkinder am HMI, sehr geliebt.“



## Die Reaktorleiter des BER II

- Konrad Waßerroth:** 1. Dezember 1957 bis 31. Dezember 1986  
(bis 1971 am BER I, danach am BER II)
- Anton Axmann:** 1. Januar 1987 bis 4. Juli 1995
- Herbert Krohn:** 5. Juli 1995 bis 31. August 2017
- Stephan Welzel:** 1. September 2017 bis heute

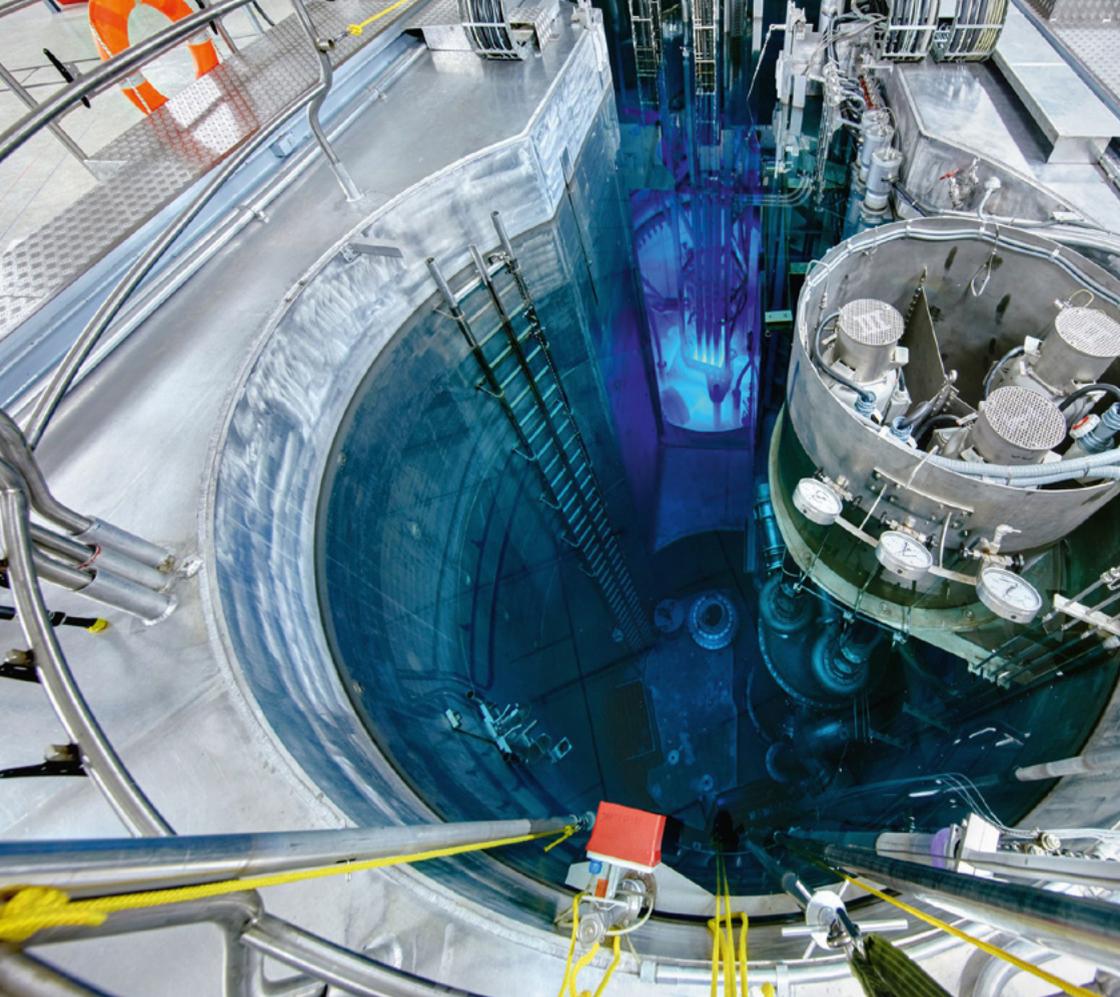


## Michael Meissner

Michael Meissner arbeitete von 1984 bis 2009 am HMI. 1984 etablierte er die Arbeitsgruppe Probenumgebung. Schon bald erarbeitete sich das HMI – mit seiner Einrichtung BENSCH – in der Forschungscommunity einen ganz besonderen Ruf: für weltweit einzigartige Experimente mit extremen Probenumgebungen.

„ Meine Aufgabe war es, Neutroneninstrumente mit Experimentiereinrichtungen für die drei wichtigsten physikalischen Parameter – Temperatur, Magnetfeld, Druck (und deren gleichzeitige Kombination) – aufzubauen. In den 1990er-Jahren konnten wir weltweit führend Neutronenstreuung an Materialproben bei tiefsten Temperaturen bis zu 0,03 Kelvin und gleichzeitigen Magnetfeldern bis 15 Tesla anbieten. Aufgrund der erfolgreichen Mitarbeit an den diffizilen Neutronenexperimenten unserer Nutzer wurden die Mitarbeiter der BENSCH-Probenumgebung oftmals in die Autorenliste von Veröffentlichungen aufgenommen.

Ein besonderer Erfolg ist für mich die Vernetzung der Probenumgebungen in den Neutronenzentren, die auf unsere Initiative entstanden ist. 1999 organisierten wir den ersten ‚Workshop on Sample Environment at Neutron Scattering Facilities‘ am HMI. Erstmals kamen Wissenschaftler, Techniker und Ingenieure aus 14 europäischen Neutronenzentren zusammen. Der heutige Stand der Technik in den Probenumgebungen an den internationalen Neutronenzentren dokumentiert sich durch die jährliche Fortführung dieser Workshop-Serie – bis heute. Besonders gern erinnere ich mich an die vielen Forschungsgruppen, die mehrfach zu uns ins Gästehaus kamen. Sie waren voller Vorfreude, dass sie das lange vorher gemeinsam geplante Experiment endlich durchführen konnten. Viele kollegiale und freundschaftliche Kontakte sind in dieser Zeit entstanden. Und einige bestehen für mich noch weiterhin!“



**Blick in das Re-  
aktorbecken.** Bereits  
mehrere Jahre vor dem  
Abschalttermin hat das  
HZB begonnen, den  
Rückbau der Anlage zu  
planen.

BER



# Betriebsende und neue Aufgaben

---

1973  
2019  
BER II

# „Der Forschungsreaktor ist so etwas wie ein gemauerter Zeitzeuge“



**Die Leiterin der Forschungsabteilung der Berliner Senatskanzlei, Jutta Koch-Unterseher, über die Begeisterung der Anfangsjahre, über die Entscheidung zur Abschaltung – und darüber, was ihr am BER II imponiert.**

Jutta Koch-Unterseher ist seit 2008 Leiterin der Forschungsabteilung in der Senatskanzlei des Regierenden Bürgermeisters von Berlin. Ab 2006 war sie zwei Jahre lang Mitglied des Abgeordnetenhauses. Seit 2008 ist sie im Aufsichtsrat des HZB stellvertretende Vorsitzende.

## **Frau Koch-Unterseher, Sie sind keine gebürtige Berlinerin – erinnern Sie sich noch an Ihren ersten Kontakt mit dem BER II?**

Ich wohne seit Ende der 1990er-Jahre in Berlin. Schon früh bin ich als Zeitungsleserin mit ein wenig Verwunderung darauf gestoßen, dass es hier einen Forschungsreaktor gibt. Vermutlich war das im Rahmen von Berichten über einen Tag der offenen Tür oder eine ähnliche Veranstaltung. Später, nachdem ich Mitglied des Abgeordnetenhauses geworden bin, bekam ich vertiefte Einblicke – sei es bei Diskussionen über die Wissenschaftspolitik,

die Haushaltsaufstellung oder beim persönlichen Kontakt mit der Geschäftsführung.

## **Und Ihr erster Besuch vor Ort – wann war der?**

Das war mit einer Gruppe von Abgeordneten und ist jetzt bestimmt schon 13 Jahre her. Eines ist mir dabei im Gedächtnis geblieben, weil es mich damals sofort beeindruckt hatte: Die sehr freundliche Atmosphäre, das Interesse an einem offenen Austausch. Genau das hat sich später bestätigt, als ich 2009 meine Tätigkeit im Aufsichtsrat begann: Das Helmholtz-Zentrum Berlin hat immer das Gespräch auch

mit kritischen Gruppen in der Bevölkerung gesucht. Die Gesprächsangebote und die breite Öffentlichkeitsarbeit fand ich ungewöhnlich: Das hatte überhaupt nichts Ängstliches, sondern ganz im Gegenteil etwas sehr Selbstverständliches. Das hat mir imponiert.

**Die kritischen Gruppen in der Öffentlichkeit haben Sie schon angesprochen. Wie leidenschaftlich wurde in Ihrer Wahrnehmung über den BER II debattiert?**

Dafür will ich gern zunächst in die Vergangenheit blicken. Vor vielen Jahren habe ich mich wissenschaftlich mit der Atomforschungspolitik beschäftigt und bin natürlich schon beim Einlesen auf die Geschichte des Hahn-Meitner-Instituts gestoßen. Diese Vorgeschichte mit dem Aufbau des Forschungsreaktors Ende der 1950er-Jahre ist für Westberlin prägend gewesen! Da herrschte eine ungebremste Begeisterung über die Möglichkeiten, die man sich von der

zivilen Atomforschung erhoffte – und mir wurde klar: Der Forschungsreaktor ist so etwas wie ein gemauerter wissenschaftlicher Zeitzeuge.

**Jetzt sind Sie weit zurückgegangen in die Vergangenheit. Was ist von der Begeisterung in der Gegenwart übrig geblieben – und herrschte nicht manchmal eher Misstrauen?**

Nein, von Misstrauen kann ich nichts spüren. Aber natürlich wurden immer wieder Fragen laut, ob man so einen Forschungsreaktor wirklich braucht. Die Atom-Euphorie hat seit den 1960er-Jahren immer weiter abgenommen, in den 1970er-Jahren rückten die Neutronenwaffen in den Blickpunkt, es entstand die grüne Bewegung und die skeptischen Tonlagen in der Bevölkerung wurden immer deutlicher. Euphorie war da tatsächlich nicht mehr zu spüren. In der wissenschaftlichen Community aber gab es gleichwohl eine Begeisterung über die Möglichkeiten,

**„Alle waren sich einig: Bis zum letzten Tag sollen anspruchsvolle Experimente am BER II möglich sein.“**

**Jutta Koch-Unterseher**

die dieser Forschungsreaktor geboten hat.

**Also: Die Öffentlichkeit war zunehmend skeptisch, die Wissenschaftler begeistert – wie verhielt es sich bei Ihren Kollegen in der Politik?**

Nach meiner Wahrnehmung war der BER II über all die Jahrzehnte selbstverständlicher Bestandteil des Profils der Berliner Forschungslandschaft.

**Wann gab es erste Hinweise darauf, dass es zur Schließung kommen würde?**

Seit ich 2008 in den Aufsichtsrat gekommen bin, ist das Thema immer wieder angeklungen – nicht in alarmierender Form, aber es war so eine Art Begleitmelodie bei allen Gesprächen mit dem Vorstand und den Beschäftigten des HZB. Es war ja die Zeit, in der die Fusion des Hahn-Meitner-Instituts und der Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung unmittelbar bevorstand. Es wurde die Frage gestellt, wohin sich die Community entwickeln soll, die sich auf Neutronenforschung spezialisiert hat – und ob der BER II in diesem Szenario eine Rolle spielen kann.

**Ging es um wissenschaftliche Fragen oder eher um die politische Großwetterlage?**

Ganz klar beides. Erstens war allen klar, dass ein Forschungsreaktor eine beschränkte Lebenserwartung hat und man irgendwann über ein Nachfolgegerät nachdenken muss. Zusammen mit

den weltweiten Diskussionen über die Atomkraft und die Fukushima-Katastrophe wurde die Frage immer drängender, ob so ein Reaktor in einer recht dicht besiedelten Großstadt wirklich sinnvoll ist. Und dazu kommt der zweite Aspekt: Kann dieses Forschungsgerät noch etwas beisteuern zu den Fragestellungen der internationalen wissenschaftlichen Community?

**Wann wurde klar, dass die Förderperiode 2014 bis 2019 die letzte sein würde?**

Das war eine mehrjährige, unaufgeregte Diskussion, die zu dieser Entscheidung führte. Allen war klar: Das muss eine Entscheidung sein, die auch den Wissenschaftlern und Beschäftigten am HZB gerecht wird. Wir wollten die Entscheidung also mit ausreichendem Vorlauf treffen, und das ist 2013 geschehen. Außerdem waren sich alle einig: Bis zum letzten Tag sollen anspruchsvolle Experimente am BER II möglich sein.

**Wie beurteilen Sie die Rolle, die der BER II für den Wissenschaftsstandort Berlin spielte?**

Der Forschungsreaktor hat großartige Forschung ermöglicht, wurde immer sehr stark genutzt und leistete wichtige Beiträge zu hochrelevanten und weit hin sichtbaren Forschungsarbeiten. Mich hat besonders die Bandbreite der Themen beeindruckt, die hier bearbeitet worden sind – von der Supraleitung bis zu Brennstoffzellen, von Blechen für

den Automobilbau bis zu Rußablagerungen in Motoren, von Zusatzstoffen für Waschmittel bis zur Durchleuchtung von archäologischen Funden.

**Aber bedeutet das nicht im Umkehrschluss, dass der Wissenschaftsstandort deutlich ärmer wird ohne den BER II?**

Nein, Berlin wird nicht deutlich ärmer. Für die Neutronenforschung gibt es in Deutschland und in Europa andere Zentren, die diese Themen weiterverfolgen. Und das HZB selbst hat sich unter Mitwirkung aller Beteiligten entschieden, seine Kraft nun vorrangig auf eine chemisch ausgerichtete Energieforschung zu konzentrieren. Da sehen wir einen gewaltig wachsenden Bedarf. Und weil sich ein Zentrum von der Größenordnung des HZB nicht auf eine breite Palette von Herausforderungen gleichzeitig einstellen kann, halte ich es für angemessen und richtig, diese Konzentration vorzunehmen.

**Welche Vision haben Sie für das HZB? Und vor allem: Glauben Sie, dass BESSY III eine ähnliche Erfolgsgeschichte wird wie BESSY II und BER II?**

Ich bin mir sicher, dass die Experimente mit weicher Röntgenstrahlung auch in Zukunft einen einzigartigen Stellenwert haben werden – und dafür steht BESSY II mit seinen nahezu 50 Strahlrohren. Die speziellen Möglichkeiten, die die weiche Röntgenstrahlung bietet, gibt es in dieser Form in Deutschland nicht und auch international nicht sehr häufig. Auf diesem Gebiet sehe ich das HZB mit seinem Standort in Adlershof als wesentlichen Forschungsort. Zusammen mit all dem, was sich am Wannsee, dem Standort des BER II entwickelt hat, wird das HZB sich in eine stabile und wissenschaftlich ergiebige Zukunft entwickeln.

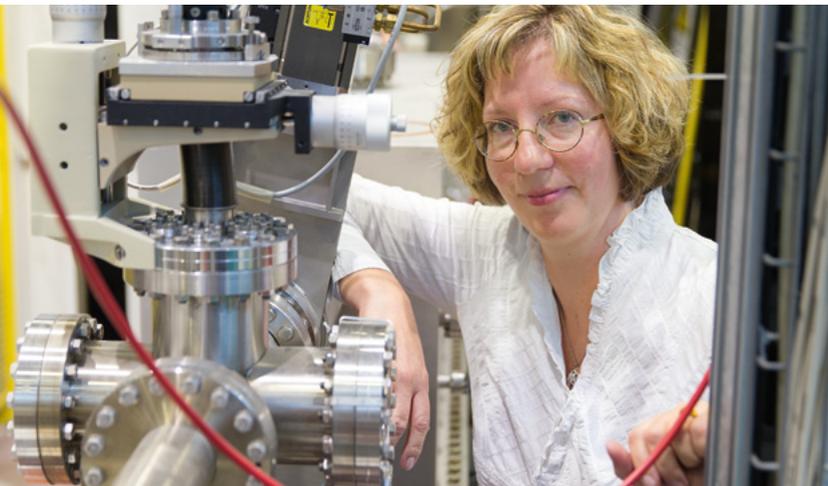
„Der Forschungsreaktor hat großartige Forschung ermöglicht, wurde immer sehr stark genutzt und leistete wichtige Beiträge zu hochrelevanten und weithin sichtbaren Forschungsarbeiten.“ **Jutta Koch-Unterseher**

# Geänderte wissenschaftliche Fragestellungen

Für viele Forscherinnen und Forscher, die bisher mit Neutronen gearbeitet haben, bedeutet das Ende des BER II eine Zäsur. Doch sie sind auf die Veränderungen gut vorbereitet. Seit der Bekanntgabe des Abschalttermins (Juni 2013) haben sie sich in neue Aufgaben eingearbeitet und alternative Untersuchungsmöglichkeiten entwickelt. Drei Mitarbeitende beschreiben, was sich für sie nun ändert.

## Susan Schorr

„Nicht alles, was man mit Neutronen untersucht, kann man auf die Synchrotronstrahlung übertragen – aber in manchen Fällen geht es eben doch.“



Susan Schorr leitet die Abteilung Struktur und Dynamik von Energiematerialien am HZB. Mit ihren Kolleginnen und Kollegen untersucht sie, wie durch das Verständnis der Eigenschaften von Materialien, die solare Energie wandeln, Solarzellen verbessert werden können. Sie promovierte an der TU Berlin und habilitierte an der Universität in Leipzig. Am HZB ist sie seit 2011 als Abteilungsleiterin dauerhaft angestellt; zugleich ist sie Professorin an der Freien Universität Berlin.

” Bei einem meiner ersten Experimente am BER II saß ich am Ende mit einem Kollegen auf dem Fußboden neben dem Instrument und versuchte, ein Kabel zu reparieren. Uns war klar: Jetzt am Freitag müssen wir das selbst wieder in Ordnung kriegen, eine andere Chance haben wir nicht, um unsere Messungen fortzusetzen. So turbulent war es natürlich eher selten in den vielen Jahren, in denen ich am BER II gearbeitet habe. Ich habe meine wissenschaftliche Laufbahn am Hahn-Meitner-Institut begonnen, 1992 machte ich als Doktorandin hier mein erstes Experiment – da habe ich mit Europium-Oxid gearbeitet. An so einer großen Einrichtung Experimente machen zu können, das war etwas ganz Besonderes. Auch inhaltlich war es für mich eine große Herausforderung: Ich hatte meine Diplomarbeit im Bereich der Kristallographie geschrieben und hätte gern auf dem Gebiet der Kristallstrukturanalyse weitergearbeitet, aber dazu gab es damals keine Möglichkeit. Also bin ich bei den Spin-Wellen und der inelastischen Neutronenstreuung gelandet – und habe es gut geschafft, mich einzuarbeiten.

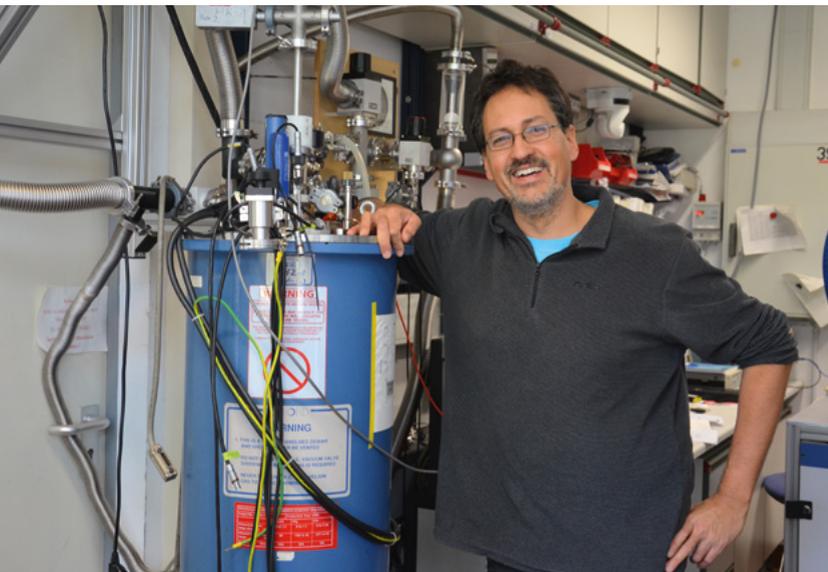
Im Jahr 2004 hatte ich mein erstes Experiment mit Synchrotronstrahlung in Grenoble, das war während meiner Habilitationsphase. Aber vor allem habe ich die Neutronenstreuung genutzt, ich habe im Laufe meines Forscherlebens nicht nur am BER II, sondern auch an vielen anderen Neutronenquellen gemessen. Am BER II habe ich ein neues Neutroneninstrument konzipiert und aufgebaut: Es heißt FALCON und ist ein Neutronen-Laue-Diffraktometer. Seit vier Jahren ist es im Nutzerbetrieb und wird explizit nachgefragt, weil es weltweit nicht viele von diesen Instrumenten gibt. Deshalb bin ich froh, dass es nach der Abschaltung des

BER II am Paul Scherrer Institut in der Schweiz der Forschung weiter zur Verfügung stehen wird.

In den vergangenen Jahren haben wir uns in meiner Abteilung unter anderem sehr damit beschäftigt, entsprechende Messmöglichkeiten an BESSY II aufzubauen. Klar ist: Nicht alles, was man mit der Neutronenstreuung untersucht, kann man auf die Experimente mit Synchrotronstrahlung übertragen – aber in manchen Fällen geht es eben doch. So haben wir zum Beispiel eine Methode entwickelt, die ‚multiple energy anomalous diffraction‘, mit der man unsere Fragestellungen grundsätzlich auch mithilfe von Beugungsexperimenten mit Synchrotronstrahlung beantworten kann, also an BESSY II. Bei manchen Proben gelingt das gut, bei anderen müssen wir weiter auf die Neutronenbeugung setzen. Für uns bedeutet das, dass wir nun Messzeitanträge an anderen Neutronenzentren stellen werden. Unsere Forschung, soviel steht fest, wird weitergehen.“

## Klaus Kiefer

„Wenn ein Forscher mit einer Idee zu uns kommt, ist unser erster Gedanke die Frage, wie wir sie am besten umsetzen.“



Klaus Kiefer ist Leiter der Abteilung Probenumgebung. Sein Team sorgt dafür, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt am HZB genau die Probenumgebungsbedingungen vorfinden, die sie für ihre Experimente benötigen. Dafür sind Kiefer und seine Kollegen auch international sehr gut vernetzt. Klaus Kiefer studierte Physik an der Universität des Saarlandes und promovierte in Saarbrücken über niederdimensionale Quanten-Spin-Systeme.

” Manche Experimente am BER II bleiben mir wohl immer in Erinnerung, allein schon wegen des gewaltigen Aufwands: Einmal haben wir zum Beispiel mit tiefkaltem Helium unter hohem Druck gearbeitet – ein Experiment, dessen Aufbau wir über zwei Jahre vorbereitet haben. Dabei mussten wir Helium in einer Probenzelle einkondensieren und auf unter 100 Millikelvin und über 20 bar bringen. So ein Experiment ist Teamwork, da arbeiten vier oder fünf Leute daran, und für uns gehört genau das zu den schönsten Seiten unserer Arbeit: dass wir ganz abwechslungsreiche Dinge tun. Für Experimente wie jenes mit dem Helium stellen wir oft Messaufbauten zusammen, die in dieser Form nur einmal zum Einsatz kommen und die wir danach wieder auseinanderbauen.

Im Jahr 2004 bin ich ans damalige Hahn-Meitner-Institut gekommen und hatte das Glück, dass ich mich im Studium unter anderem mit genau den Dingen beschäftigt hatte, die hier in der Abteilung für Probenumgebung gefragt waren: Laborphysik, Neutronenstreuung, Tieftemperatur, Magnetismus – in diesen Bereichen spielte sich auch hier meine Arbeit ab. Als ich 2005 das erste Mal selbst ein Tieftemperaturexperiment am BER II betreute, war das für mich persönlich natürlich eine Sternstunde – es sind schließlich hochkomplexe Experimente, für die Wissenschaftler aus aller Welt zu uns anreisen und man ist dafür verantwortlich, dass alles klappt.

Als ich am heutigen HZB angefangen habe, waren die Abläufe bei der Probenumgebung noch um einiges manueller geprägt. Seither ist der Automatisierungsgrad noch weiter gestiegen, man kann fast alles über Computer steuern. Und in der Forschung selbst? Zu Beginn meiner Zeit am BER II hatten wir weltweit ein Allein-

stellungsmerkmal bei Experimenten bei hohen Magnetfeldern und tiefsten Temperaturen. Da haben nach und nach andere Institute aufgeholt. Eine größere Veränderung gab es dann nochmal mit dem Hochfeldmagneten, der 2015 eingeweiht wurde – in diesem Bereich hält unser Institut mit Abstand den Weltrekord für höchste statische Magnetfelder für Neutronenstreuung, insbesondere in Kombination mit den tiefsten Temperaturen. Auch die vielen Gas-Adsorptionsexperimente, bei denen mein Kollege Dirk Wallacher federführend war, haben das HZB in der Wissenschaftscommunity sehr sichtbar gemacht.

Einiges von unserem Wissen geht mit der Abschaltung des BER II verloren, ganz ohne Frage. Die Beamlines bei BESSY II sind so unterschiedlich, dass wir unsere Erfahrungen nicht einfach eins zu eins transferieren können. Eins aber bleibt bestehen: unser Anspruch, für die Wissenschaftler-Kollegen zentrale Ansprechpartner bei ihren Experimenten zu sein. Und wir möchten auch weiterhin alles tun, um die Experimente unser Nutzer möglich zu machen. Wenn ein Forscher mit einer Idee zu uns kommt, ist unser erster Gedanke die Frage, wie wir sie am besten umsetzen. Und daran wird sich auch nach der Abschaltung von BER II nichts ändern.“



Die Kryomagnete der Abteilung Probenumgebung am HZB. Sie konnten auf vielen Instrumenten am BER II eingesetzt werden und erlaubten Experimente mit hohen Magnetfeldern. Die Magnete VM-1 und VM-1B stellten lange Zeit die weltweit höchsten statischen Magnetfelder für Neutronenstreuung.

## Klaus Habicht

„Ich begeben mich auf komplettes Neuland – sehr herausfordernd, aber höchst interessant.“



Klaus Habicht leitet die Abteilung Methoden zur Charakterisierung von Transportphänomenen in Energiematerialien am HZB. Im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten steht die Bewegung von Ladungsträgern, also zum Beispiel Elektronen, die Ausbreitung von Wärme durch Gitterschwingungen und deren Wechselwirkung untereinander. Für manche Anwendungen von Quantenmaterialien und Energiematerialien ist es beispielsweise wichtig, dass sich Elektronen möglichst ungehindert in einem wärmeisolierenden Material bewegen können. Habicht promovierte 1998 an der Technischen Universität Berlin. 2017 habilitierte er sich in der Physik kondensierter Materie an der Universität Potsdam, an der er heute Festkörperphysik lehrt.

” Im April 2012 stand der erste Probelauf des Spektrometers FLEXX an, das wir zuvor nach jahrelangen Vorbereitungen tiefgehend umgebaut hatten. Man kann sich leicht vorstellen, wie gespannt wir alle waren: Natürlich werden alle Parameter vorher im Modell berechnet, aber es ist ein aufregender Moment, wenn man herausfindet, ob sich alle Komponenten des Geräts in der Wirklichkeit genauso verhalten, wie vorher in den mathematischen Modellen. An die Begeisterung kann ich mich noch gut erinnern, als wir den experimentellen Nachweis erbracht hatten: Wir konnten den Neutronenfluss tatsächlich um den Faktor 10 steigern – es kamen also zehnmal mehr Neutronen am Probenort des Instruments an als vorher. Für mich ist dieser Erfolg eine der persönlichen Sternstunden, die ich mit dem BER II verbinde.

An das damalige Hahn-Meitner-Institut bin ich 1994 gekommen und habe hier seither immer wieder neue Aufgaben übernommen – von meiner Doktorarbeit an, in der ich mich mit Teilchenphysik mit Neutronen beschäftigt habe. Genauer gesagt, ging es um einen Detektor für ultrakalte Neutronen, den ich mitentwickelt habe. Im Jahr 2000 kam ich als Nachwuchswissenschaftler ans FLEXX. An diesem Instrument habe ich viele Tage und Nächte mit interessanten Experimenten verbracht.

FLEXX ist ein Dreiachsenspektrometer. Niederenergetische Anregungen wie Phononen und Magnonen können hier unter extremen Bedingungen gemessen werden – unter tiefen Temperaturen genauso wie bei hohen Magnetfeldern. Aufgrund der Kombination des Instruments mit verlässlicher Probenumgebung war FLEXX stets für internationale Messgäste attraktiv, von denen ich sehr viel gelernt habe. Wichtige Meilensteine in der von mir betriebenen Methodenentwicklung und Instrumentierung waren die Entwicklung der Neutronen-Resonanz-Spin-Echo-Spektroskopie, mit der man die Anregungen mit höchster Energieauflösung studieren kann, und die Realisierung von MultiFLEXX. Das ist eine Instrumentoption von FLEXX, die besonders für Überblicksmessungen hilfreich ist. Seit dem Jahr 2013 befindet sich das ertüchtigte Instrument im Nutzerbetrieb. Ich setze mich dafür ein, dass es auch nach der Abschaltung von BER II weiter eine gute Verwendung findet.

Das Dreiachsenspektrometer FLEXX: Niederenergetische Anregungen konnten hier unter extremen Bedingungen gemessen werden – bei tiefen Temperaturen und hohen Magnetfeldern.



Ich selbst werde mein Methodenportfolio um Experimente mit Synchrotronstrahlung erweitern. Meine Forschungsgruppe hat in den vergangenen vier Jahren das neue Instrument PEAXIS bei BESSY II aufgebaut und nun in Betrieb genommen – das ist inhaltlich ein kompletter Neustart, auch wenn es hier und da mit unserer bisherigen Arbeit Berührungspunkte gibt. Was wir jetzt nutzen, ist eine spektroskopische Methode, mit der man sich die Wechselwirkung von Elektronen mit kollektiven Anregungen in einkristallinen Materialien anschauen kann. Dabei gewinnt man andere Informationen als beim Experimentieren mit Neutronen. Das grundsätzliche Layout des Instruments ist zwar ähnlich wie beim Dreiachsenspektrometer, die Ausgestaltung der einzelnen optischen Elemente ist aber sehr unterschiedlich, und die Interpretation der Messergebnisse erfordert ganz andere Modelle und Methoden. Ich begeben mich damit auf komplettes Neuland – sehr herausfordernd, aber höchst interessant.

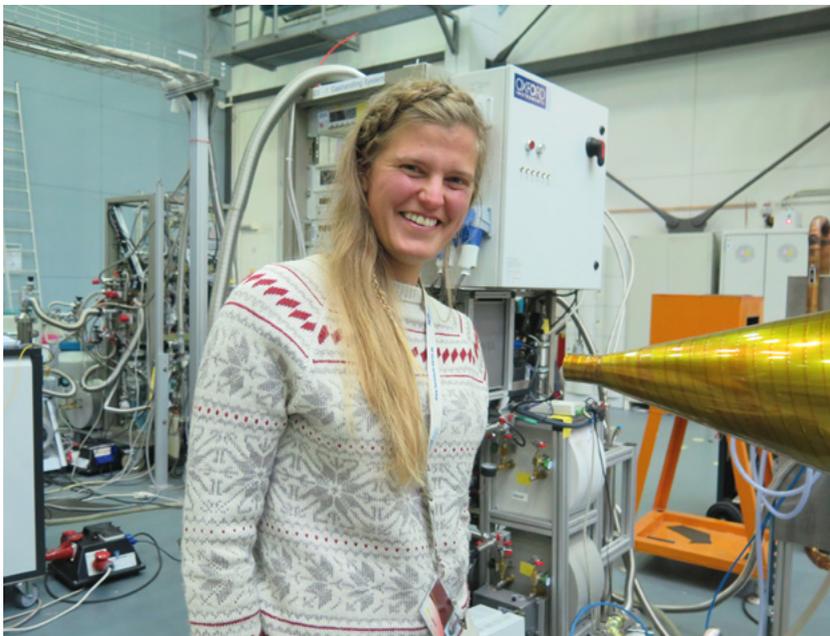
In den 25 Jahren, die ich jetzt am heutigen HZB arbeite, habe ich mich den unterschiedlichsten Herausforderungen gestellt: Erst war ich Instrumentverantwortlicher, dann habe ich das Upgrade-Projekt von FLEXX geleitet, später war ich Leiter eines Projekts, in dem wir am HZB Instrumentkonzepte für die im Bau befindliche Europäische Spallationsquelle (ESS) entwickelt haben. In den zurückliegenden drei Jahren habe ich mich auch intensiv damit beschäftigt, eine Laborinfrastruktur mit makroskopischen Messmöglichkeiten zur Untersuchung von Transport von Elektronen und Wärme im Festkörper aufzubauen. Die diesem Transport zugrunde liegenden mikroskopischen Mechanismen, insbesondere die Wechselwirkung von Elektronen und Gitterschwingungen in Quantenmaterialien, werden wir nun schwerpunktmäßig bei BESSY II erforschen.“

# Letzte Nutzer am BER II

Ellen Fogh

” Die Neutronenquelle am HZB werde ich sehr vermissen. Dort gibt es nicht nur eine Reihe von sehr guten Instrumenten, sondern auch eine Probenumgebung, die uns bei unseren Messungen hervorragend unterstützt. In den letzten Jahren habe ich mehrfach am Hochfeldmagneten arbeiten können. Das war für meine Forschung sehr fruchtbar, denn meine Proben zeigen bestimmte quantenphysikalische Effekte und Phasenübergänge erst bei extrem hohen Feldern. Nur Neutronen können über die magnetischen Strukturen in diesen Phasen Auskunft geben. Am Hochfeldmagneten konnte ich diese Strukturen nun erstmals experimentell beobachten und analysieren.“

**Ellen Fogh** arbeitet im Labor für Quantenmagnetismus an der Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.



**Christian Tötzke**  
forscht am Institut für Umweltwissenschaften der Universität Potsdam.

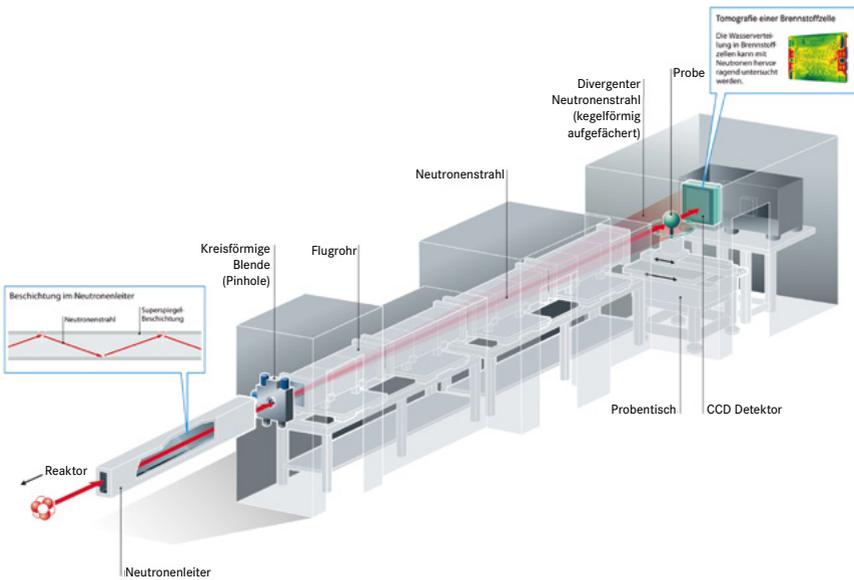


## Christian Tötzke

” Die Schließung des Forschungsreaktors bedeutet für meine Arbeitsgruppe einen schmerzlichen Verlust. Das Tomographieinstrument CONRAD war eines der wichtigsten Werkzeuge für unsere Rhizosphärenforschung, bei der wir die Wechselwirkung zwischen Wurzeln und Boden von Nutzpflanzen, zum Beispiel Lupinen, untersuchen. Die Nähe zu unserer Universität stellte zusätzlich einen besonderen logistischen Vorteil für das Arbeiten mit Pflanzenproben dar. Unterstützt durch die tolle Arbeit der Imaging Group um Nikolay Kardjilov ist es uns gelungen, die Wasseraufnahme von Pflanzenwurzeln in einzigartigen 3-D-Bildern zu dokumentieren. Ein besonderes Highlight war die Entwicklung einer dynamischen 3-D-Messmethode, die Highspeed Neutronentomographie. Sie ermöglichte es uns, Transportpfade von Wasser in die Pflanzenwurzeln zu identifizieren.“

# Die Neutroneninstrumente ziehen um

Bis zum letzten Tag herrschte voller Betrieb in den Hallen um den Forschungsreaktor. Viele Nutzer haben die Zeit vor dem Abschalten intensiv zum Experimentieren genutzt. Doch was passiert nun mit den Instrumenten?



## Neutronentomographie CONRAD

Das Instrument für Neutronentomographie CONRAD bot besonders vielseitige Untersuchungsmöglichkeiten und wird nach dem Abschalten des BER II an der weltweit stärksten Neutronenquelle des Instituts Laue-Langevin in Grenoble, Frankreich, wieder aufgebaut.





### Forschungsneutronenquelle FRM II

Die Technische Universität München betreibt in Garching bei München die Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II). Sie wird nach dem Abschalten des BER II die einzige in Deutschland verbleibende Neutronenquelle sein. Das HZB wird nach derzeitigem Planungsstand vier Neutroneninstrumente nach Garching transferieren.

**S**eit dem 12. Dezember 2019 fliegt kein Neutron mehr durch die Instrumente am BER II. Doch sie werden der Wissenschaft nicht verloren gehen. In den kommenden Monaten werden sie in Kisten und Container verpackt und an andere Neutronenzentren befördert.

Als der HZB-Aufsichtsrat die endgültige Abschaltung des BER II beschlossen hatte, waren sich die Geschäftsführung des HZB, der Aufsichtsrat und die Forschenden einig, dass diese hochspezialisierten Neutroneninstrumente an anderen Forschungseinrichtungen weiterbetrieben werden sollen. Denn in ihnen steckt viel Know-how. „Der BER II war über Jahrzehnte in der Fachwelt dafür bekannt, dass hier einzigartige Instrumente mit hochspezialisierten Probenumgebungen entwickelt werden“, sagt Roland Steitz. Er hat lange selbst in der Neutronenleiterhalle geforscht und Gastwissenschaftler betreut, bevor er in den Stab der Geschäftsführung wechselte. Von hier aus koordiniert er nun den Transfer der Neutroneninstrumente.

Doch wie findet man die jeweils passende Neutronenquelle? 2015 hat das HZB Kontakt zu internationalen Forschungseinrichtungen aufgenommen, die gerade eine Neutronenquelle aufbauen oder

eine Erweiterung planen. 30 Interessenten trafen sich im Herbst 2015 zu einem Workshop in Berlin. „Dort haben wir die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der Instrumente vorgeführt, aber auch über die technischen Voraussetzungen und die notwendigen Vorplanungen gesprochen, die für den Aufbau und den Betrieb bestimmter Instrumente nötig sind“, erinnert sich Roland Steitz. Er hat auch direkt Kontakt zu Wissenschaftlern aus anderen Neutronenzentren aufgenommen, die er aus seiner Zeit als Forscher gut kannte. „Für mich ist es auch eine Herzensangelegenheit, dass die Neutroneninstrumente an anderen Einrichtungen weiterbetrieben werden können“, sagt er.

Einige Monate nach dem Workshop trafen die ersten Absichtserklärungen – die sogenannten Letter of Intents – zur Übernahme von Neutroneninstrumenten beim HZB ein. „Die schriftlichen Interessensbekundungen haben wir so priorisiert, dass die Neutroneninstrumente möglichst an Einrichtungen in Deutschland und Europa abgegeben werden, denn die Geräte wurden mit

## Ein Berliner SPATZ in Australien



Das Neutroneninstrument BioRef ist das erste Gerät, das an eine andere Einrichtung abgegeben wurde. Mit dem Instrument lassen sich Fragen aus der Biomedizin, der Energie- und der Materialforschung beantworten.



2015 vereinbarten das HZB und die Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO), dass das Instrument BioRef am australischen Reaktor OPAL wieder aufgebaut werden soll.



Im Dezember 2016 wurde das BioRef von ANSTO- und HZB-Mitarbeitern in 257 Einzelteile zerlegt und in drei große Container verpackt. Im Dezember 2016 trat es seine 11 880 Seemeilen weite Reise von Hamburg nach Down Under an. Nach 45 Tagen erreichte das Containerschiff Port Botany an der Ostküste Australiens.

öffentlich finanzierten Fördermitteln gebaut. Deshalb hat der Aufsichtsrat jedem Transfer zugestimmt“, so Steitz. Fand sich kein Interessent aus diesem Kreis, hat das HZB auch Übernahmen mit Neutronenquellen aus anderen Teilen der Welt vereinbart, wie zum Beispiel für das Neutroneninstrument BioRef. Es wird nun am australischen Forschungsreaktor OPAL des „Australian Centre for Neutron Scattering“ südwestlich von Sydney weiterbetrieben. Mittlerweile wurde die Abgabe von 15 Neutroneninstrumenten vertraglich besiegelt. Viele davon laufen noch bis zur letzten Minute und werden erst nach der Abschaltung abgebaut. Einige Instrumente sind so groß und sperrig, dass diese Arbeit mehrere Monate dauern wird. Doch für den Rückbau des BER II ist es wichtig, dass die Experimentierhallen leer sind. Bis Ende 2023 sollen deshalb die letzten Neutroneninstrumente überführt worden sein – zu neuen Bestimmungsorten, an denen sie weiterhin der wissenschaftlichen Erkenntnisfindung dienen können.



Gut angekommen: Das Instrument SPATZ (früher BioRef) wurde vom Projektteam aus dem Australischen Zentrum für Neutronenstreuung in Empfang genommen.



Auspacken und Kisten sichten: Insgesamt 45 Menschen arbeiteten in Australien daran, das Instrument mithilfe eines 200 Seiten starken Handbuchs aufzubauen. Es enthält mehr als 1 000 Fotos!



Einweihung des SPATZ in Anwesenheit des deutschen Botschafters in Australien, Peter Silberberg, im Juni 2019. Die ersten Experimente an SPATZ dürfen Forscher aus dem HZB und aus Deutschland durchführen.



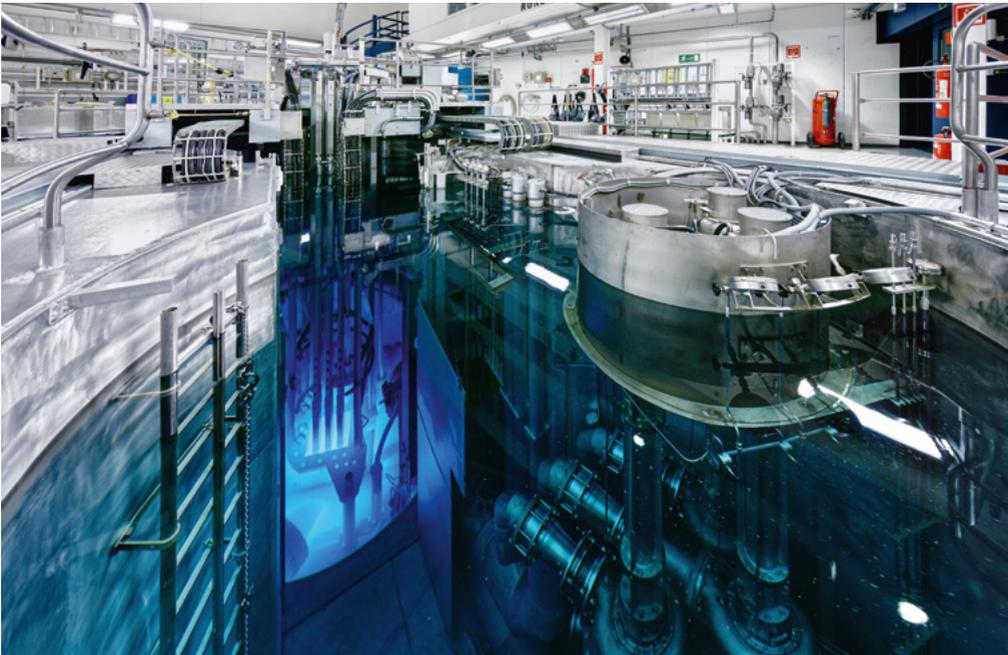
11 880  
Seemeilen

# Ein Marathon über viele Jahre – der Rückbau des BER II

Stephan Welzel hat einen langen Atem. Den braucht er für den beruflichen Marathon, der vor ihm liegt: Welzel ist der letzte Reaktorleiter und zugleich Projektleiter für den Rückbau des Berliner Experimentierreaktors BER II. Wenn alles nach Plan läuft, schließt er das Vorhaben mit seiner Pensionierung ab. Anfang der 2030er-Jahre wird das sein. Bereits vor dem Betriebsende des Reaktors im Dezember 2019 ist Welzel volle fünf Jahre mit den vorbereitenden Arbeiten und Planungen beschäftigt.

**D**en ersten ganz großen Meilenstein will der Physiker Ende 2023 zusammen mit dem ganzen Rückbauteam erreichen: „Wir arbeiten darauf hin, dass dann die Genehmigung zum Rückbau vorliegt.“ Das ist Voraussetzung für den Abbau des Reaktors und der damit verbundenen Technik.

Einige Dinge können allerdings schon vorher erledigt werden: etwa der Abbau der Experimenteinrichtungen für die Forschung





## „Wasser hat eine besonders gute Abschirmwirkung.“

Stephan Welzel

mit Neutronen oder die Entsorgung der Brennelemente. Letztere sollen nach einer mehrmonatigen Abklingzeit in das Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle in Ahaus transportieren werden.

Danach ist die Anlage brennelementefrei, wie die Fachleute sagen. Und damit kann – nach Erteilung der Stilllegungs- und Abbaugenehmigung – der vollständige Rückbau des Reaktors beginnen. Projektleiter Stephan Welzel erklärt das Vorgehen: „Anfangs werden wir uns Räumen widmen, die nicht unmittelbar mit dem Reaktor verbunden sind. Sie werden für einen konventionellen Abbruch leer geräumt und gereinigt.“

Hohe Aufmerksamkeit braucht das Reaktorbecken mit seinen Einbauten. Letztere sollen unter Wasser zerlegt und für die Endlagerung fachgerecht verpackt werden. „Wasser hat eine besonders gute Abschirmwirkung“, so Welzel: „Wir nutzen deshalb im Rückbau das Wasser, das sich noch aus der Betriebszeit im Reaktorbecken befindet.“

Sobald das Reaktorbecken leer sein wird, geht es an den Beton. Geplant ist, diesen mit speziellen Betonsägen zu zerlegen, die minimalen Staub entwickeln. Genauso wie die Einbauten aus dem Reaktorbecken sollen die aktivierten Betonblöcke in das Endlager Schacht Konrad gebracht werden. „Wir bauen den Reaktor auch deshalb jetzt zurück, weil Schacht Konrad nach den aktuellen Planungen in den 2030er-Jahren für eine begrenzte Zeit Abfälle annehmen wird. Dieses Zeitfenster wollen wir unbedingt nutzen“, so Welzel.

Ende der 2020er-Jahre wird der BER II samt der Technik abgebaut sein. Die verbleibenden Hallen sollen dann aus dem Wirkungsbereich des Atomgesetzes entlassen und anschließend abgerissen werden. Die Geschichte des Forschungsreaktors hat dann ein Ende. Und Stephan Welzel kann sich auf den Ruhestand freuen.

# Rückbau im Dialog mit der Öffentlichkeit

**D**er Rückbau des BER II ist ein Projekt, das von der Öffentlichkeit aufmerksam beobachtet wird. Größte Sorgfalt, strenge Beachtung aller Sicherheitsbestimmungen und möglichst geringe Auswirkungen auf die Umwelt – das sind nur einige der Forderungen, die Bürgerinnen und Bürger bei diesem Projekt an das HZB stellen. Um diese Forderungen im Detail kennenzulernen und – wenn möglich – in die Rückbauplanungen einfließen zu lassen, hat das HZB im Jahr 2017 ein Dialogverfahren initiiert. Seitdem treffen sich Vertreterinnen und Vertreter aus Anwohnerschaft, Verbänden, Initiativen oder politischen Parteien regelmäßig mit den Menschen, die im HZB für den Rückbau zuständig sind: Eine Dialoggruppe hat sich gebildet.

In der Anfangsphase waren die Dialogveranstaltungen von dem Bestreben geprägt, sich Regeln für einen konstruktiven Austausch zu geben. Vereinbarungen für die Veröffentlichung von Sitzungsinhalten und Protokollen oder für den Umgang mit vertraulichen Dokumenten waren nötig. Anschließend wurde die Arbeit in der Dialoggruppe konkret: Das HZB hat Ende 2018 den Teilnehmenden unter der Maßgabe der Vertraulichkeit erste Antragsunterlagen zur Verfügung gestellt, die für den Genehmigungsprozess erforderlich sind. Unter Einbeziehung von externem Sachverstand konnten die Bürgerinnen und Bürger das Papier analysieren und kommentieren. Die Anmerkungen wurden anschließend gemeinsam in mehreren Sitzungen der Dialoggruppe diskutiert. Gut begründete und nachvollziehbare

„Die Hoffnung aller Beteiligten ist, dass eine echte, konstruktive Einflussnahme möglich wird.“

Stephan Welzel

Punkte hat das HZB in eine Überarbeitung des Antrags einfließen lassen.

Absicht des HZB ist es, dies auch in Zukunft beizubehalten.

„Die Hoffnung aller Beteiligten ist, dass eine echte, konstruktive Einflussnahme der am

♥-lich willkommen  
zum Vorbereitungstreffen  
für ein Dialogforum  
zum Rückbau BER II

15. 1. 2018

Im Januar 2018 trafen sich erstmals die am Rückbau des BER II interessierten Bürgerinnen und Bürger.

Dialogverfahren teilnehmenden Bürgerinnen und Bürger möglich wird“, sagt der Projektleiter für den Rückbau, Stephan Welzel. „Die ersten Schritte weisen in diese Richtung. Eins ist jedoch unumstößlich: Die Verantwortung für den Rückbau des Forschungsreaktors BER II bleibt in jedem Fall bei uns im HZB.“

# Neuer Fokus: Energiematerialien und Röntgenstrahlung mit Ausblick auf BESSY III

## Eine Ära geht zu Ende

Nun ist es soweit. Zum letzten Mal wurde eine Probe eingespannt, der Probenstisch justiert und Neutronen zum Experiment geschickt. Im Dezember 2019 schloss sich ein Kreis, der zunächst 1958 mit dem BER I und schließlich im Dezember 1973 mit dem BER II begann. 60 Jahre lang haben die Forschung mit Neutronen und die zahlreichen Messgäste das Gesicht des Lise-Meitner-Campus in Berlin-Wannsee geprägt. Nun endete der Betrieb der Neutronenquelle BER II, doch die Weichen für eine neue Zeit sind gestellt. Als der Aufsichtsrat des HZB die Abschaltung des BER II zum Ende der dritten Helmholtz-Förderperiode beschlossen hatte, sagte der damalige Aufsichtsratsvorsitzende, Joachim Treusch: „Mit der frühzeitigen Mitteilung wollen wir sowohl den wissenschaftlichen Nutzern des BER II als auch der Geschäftsführung des HZB Planungssicherheit geben, damit sie nun die Weichen für eine erfolgreiche Neuausrichtung der Forschung stellen können.“ Die damalige Geschäftsführung hat dies begonnen. Wir haben den Ball aufgenommen und weiter in zukunftssträchtige Forschungsthemen investiert, die eine hohe gesellschaftliche Relevanz haben. Photovoltaik-Materialien gehören dazu, aber auch Materialsysteme für neuartige Batterien und Materialien, die Sonnenlicht direkt in chemische Brennstoffe umwandeln können oder die Grundlagen für eine energie-effizientere Informationstechnologie legen.



**Jan Lüning**

Wissenschaftlicher Geschäftsführer des HZB für den Bereich „Materie“

## Bernd Rech

Wissenschaftlicher Geschäftsführer des HZB für die Bereiche „Energie“ und „Information“



Dies alles sind Themen, die auch den Campus Wannsee berühren und ihn bereits verändert haben. Er bietet Forschenden eine breite Palette an Synthese- und Analytikmethoden. In diese hat das HZB in den letzten Jahren viel investiert. Es gibt zum Beispiel neue Labore für funktionale Oxide, ein Testlabor für solare Brennstoffherzeugung und Laser-Labore für

Kurzzeitspektroskopie. Außerdem haben wichtige Zusatzaufgaben des HZB in Wannsee ihr Zuhause: zum Beispiel die Augentumor-Therapie mit Protonen, die Charité – Universitätsmedizin Berlin und HZB gemeinsam betreiben. Nirgendwo sonst gibt es in Deutschland solch eine Anlage.

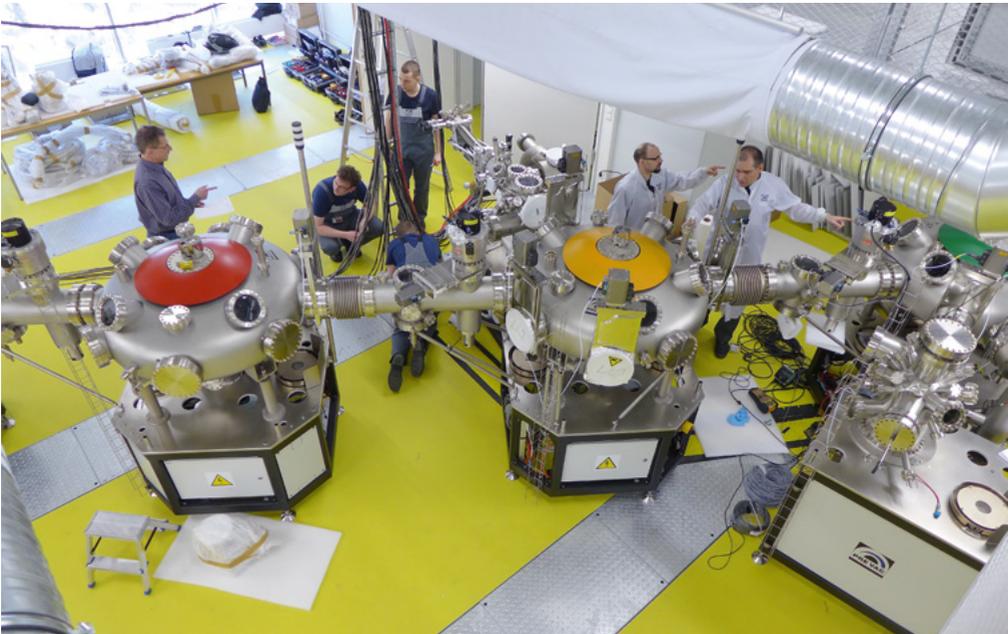
Auch am Standort Adlershof, auf dem unsere Röntgenquelle BESSY II beheimatet ist, haben wir zukunftssträngige Forschungsthemen entwickelt und ausgebaut. Hier nutzen wir vor allem die Nähe zu unseren strategischen Partnern und das dynamische Umfeld des Technologiestandortes Adlershof. Unter anderem haben wir 2016 das Helmholtz-Innovation Lab HySPRINT hier angesiedelt, in dem neuartige Perowskit-Solarzellen mit der Industrie entwickelt werden. Zusammen mit dem Photovoltaik-Kompetenzzentrum bieten diese modernen Laborinfrastrukturen vielfältige Möglichkeiten für Industriekooperationen.

## Materialentwicklung und Analytik mit weicher Röntgenstrahlung unter einem Dach

In der wissenschaftlichen Gemeinschaft präsentiert sich das HZB nun mit einem Profil, in dessen Mittelpunkt weiche Röntgenstrahlung und Energiematerialien stehen. Die Röntgenstrahlung, erzeugt im Elektronenspeicherring BESSY II, ist unser Werkzeug. Ladungsträger, also Elektronen und Ionen, sind der Schlüssel, um die Funktion und die Eigenschaften eines Materials zu bestimmen und sie zu optimieren. Am HZB sind Ladungsträger in vielen Fa-

cetten Forschungsgegenstand. Vor allem, wie sich Ladungsträger durch verschiedene Schichten eines Materials bewegen und dabei Grenzflächen überwinden, lässt sich in einzigartiger Weise mit weicher Röntgenstrahlung aufzeigen – sei es in Solarzellen, solar erzeugten Brennstoffen, Batteriesystemen, Katalysatoren oder in Quantenmaterialien, die spannende Ansätze für die Energieeinsparung in der Informationstechnik versprechen. Die Forschung mit weicher Röntgenstrahlung verknüpft mit der Forschung an Energiematerialien bieten dem HZB daher zwei Standbeine, die inhaltlich ausgezeichnet zusammenpassen. Im Laborkomplex EMIL, dem Energy Material in situ Laboratory mit direktem Anschluss an das Röntgenlicht von BESSY II, wird deutlich, wie sehr sich die Forschung an Dünnschichtsystemen und mit Röntgenstrahlung gegenseitig befruchten. Die Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II, die das HZB seit nun schon mehr als 20 Jahren am Wissenschaftsstandort Adlershof

Blick in das Energy Material In-situ Laboratory Berlin: Forschende können hier Materialien herstellen und direkt ohne Unterbrechung des Vakuums mit dem Röntgenlicht von BESSY II untersuchen. Das Besondere ist, dass das Röntgenlicht in einem sehr weiten Energiebereich zur Verfügung steht.



betreibt, ist deshalb für uns von besonderer Bedeutung. Mit ihrer Energie und Zeitauflösung hat sie im europäischen Wettbewerb ein einzigartiges Profil. Für die weltweit herausragende Gesundheitsforschung in Berlin ist sie unverzichtbar.

Und – wie schon beim BER II – legt das HZB besonderen Wert auf die Instrumentierung und deren stetige Weiterentwicklung. Diese weltweit anerkannte Expertise werden wir weiter ausbauen.

Auch hierfür haben wir die letzten Jahre intensiv genutzt und in verschiedene Komponenten von BESSY II investiert. Zum einen, um die Betriebssicherheit zu erhalten, zum anderen um die nächsten Schritte in der Beschleunigerphysik zu gehen mit dem Ziel, die Experimentierumgebung weiter zu entwickeln. Dazu gehören innovative Methoden, mit denen man zukünftig maßgeschneiderte Röntgenpulse erzeugen kann. Unsere Forschung an supraleitenden Hochfrequenz-Kavitäten trägt dazu bei. Sie schafft neue Möglichkeiten dafür, wie man Synchrotronstrahlung in zukünftigen Speicherringen nutzen kann.

## Der Weg zur Nachfolgequelle BESSY III

Basierend auf diesem Know-how legen wir nun die Grundsteine für die langfristige Zukunft. Es gilt dabei, auch weiterhin international führend zu sein, daher arbeitet das HZB ein Konzept für BESSY III aus, die Nachfolge-Synchrotronquelle, die in Berlin-Adlershof gebaut werden soll.

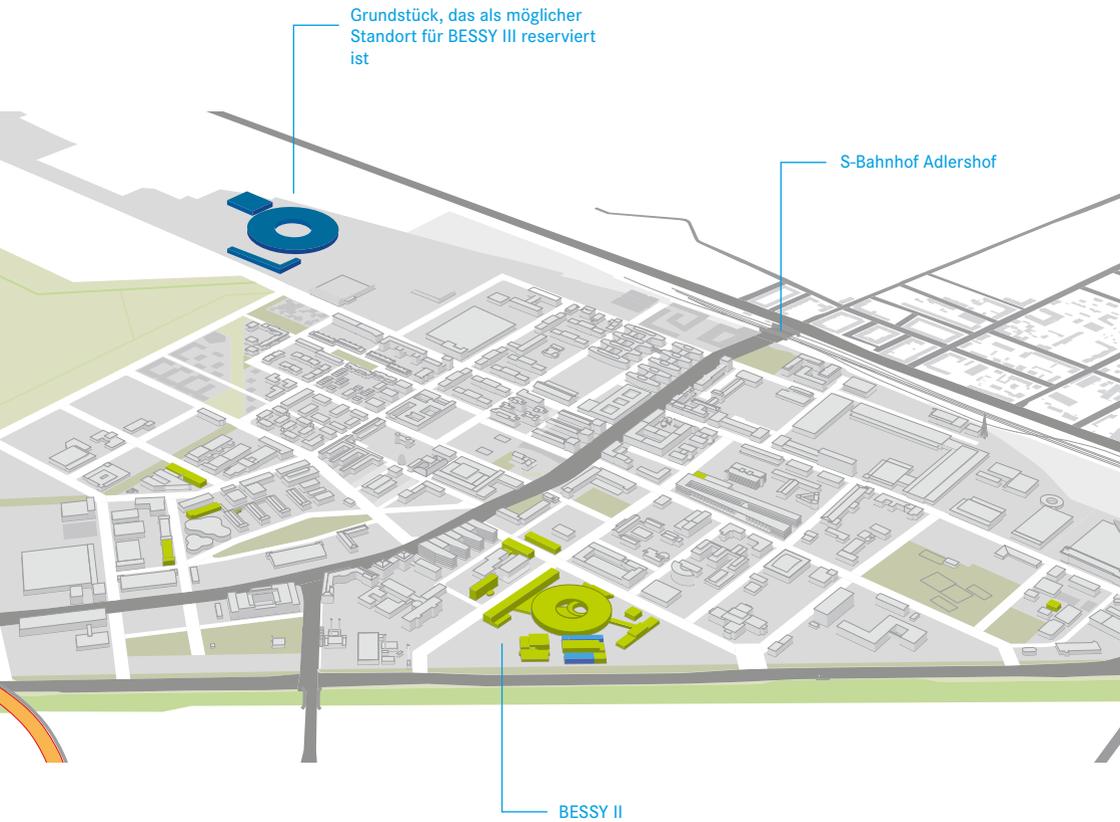
Über die nächsten Jahre werden wir zusammen mit der Nutzergemeinschaft und unseren strategischen Partnern die zukünftigen wissenschaftlichen Fragen und Herausforderungen identifizieren, zu deren Beantwortung Experimente mit Röntgenlicht entscheidend beitragen können (Science Case). Daraus ergeben sich die Eckpunkte für die neue Quelle BESSY III, deren konzeptionelles Design bis Frühjahr 2022 ausgearbeitet und in einem Conceptual Design Report dargestellt werden. Dazu sind bereits heute viele Vorarbeiten notwendig wie beispielsweise die Entwicklung neuer Undulator-Konzepte oder einer modernen Speicherring- und Experimentsteuerung.

Das HZB verfügt sowohl in der Beschleunigerphysik als auch bei der Instrument-Entwicklung über sehr engagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Alle notwendigen Schlüsselkompetenzen, um solch ein neues Großgerät und neue Experimentumgebungen aufzubauen, sind vorhanden. Dazu steuern die Mitarbeitenden, die früher Methoden für die Neutronenstreuung am BER II entwickelt haben, wertvolle Expertise bei.

Der Rückenwind aus der Forschungscommunity und der Berliner Politik für BESSY III ist sehr groß. Darüber hinaus betreiben wichtige strategische Partner – wie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung und Institute der Max Planck Gesellschaft – nicht nur Strahlrohre an BESSY II. Sie engagieren sich auch seit Jahren bei der Weiterentwicklung der Instrumentierung und planen mit dem HZB nun die nächsten Schritte. Denn nur durch Investitionen in ein neues Weichröntgen-Synchrotron lassen sich die Bedürfnisse

„BESSY III wird ganz neue Experimentierbedingungen ermöglichen, alle Forschungsthemen und Gastforschende aller Fachrichtungen werden entscheidend profitieren.“

aller Nutzerinnen und Nutzer langfristig erfüllen. Dies alles erfordert große Anstrengungen. Aber es wird sich lohnen: BESSY III wird ganz neue Experimente ermöglichen. Forscher zahlreicher Fachrichtungen werden von einer neuen Weichröntgenquelle entscheidend profitieren. BESSY III wird Spitzenforschung für die Gesellschaft ermöglichen – in Berlin, in Deutschland, in der Welt.



Grundstück, das als möglicher Standort für BESSY III reserviert ist

S-Bahn Adlershof

BESSY II



## Impressum

---

### **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH**

Hahn-Meitner-Platz 1, 14109 Berlin,

Tel.: +49 30 8062-0, info@helmholtz-berlin.de;

**Redaktion:** Angela Bittner-Fesseler (Projektkoordination), Ina Helms (V.i.S.d.P.), Kilian Kirchgessner, Stefanie Kodalle, Antonia Rötger, Hannes Schlender, Silvia Zerbe

### **Gestaltungskonzept, Design und Realisierung:**

© graphilox, Josch Politt

### **Bildrechte:**

alle Fotos HZB, außer: S. 19 u. ©naturephysics; S. 24 u. © Adobe-Stock; S. 25 u. © Christian Tötze, Universität Potsdam; S. 28, S. 66, S. 86 © Bernhard Ludewig; S. 34, S. 63, S. 64, S. 65 © privat; S. 61 © Marc Stantien, TU Braunschweig; S. 68 © David Ausserhofer; S. 81 © Universität Potsdam; S. 82 © Ela Strickert; S. 83 © TU München; S. 84 Mitte und S. 85 © ANSTO

