

# entdeckt

DAS FORSCHUNGSMAGAZIN AUS DEM HZDR

// AUSGABE 02.2013

hzdr.de

## Wertvolle Ressourcen

### „ES GEHT UM DEN AKTIVEN KOMPETENZERHALT“

Sören Kliem, Leiter der Abteilung für Reaktorsicherheit am HZDR, im Interview

### GESCHOSSE MIT UNGEHEURER PRÄZISION

Hochgeladene Teilchen erzeugen kleinste Hügel oder Löcher im Nanometerbereich

### NEUES DOMIZIL FÜR EXZELLENTER FORSCHUNG

Feierliche Einweihung des Nationalen Zentrums für Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay

**HZDR**

 **HELMHOLTZ**  
ZENTRUM DRESDEN  
ROSSENDORF

**TITELBILD:** Solarthermische Kraftwerke, wie diese Parabolrinnen-Anlage mit etwa 3.200 Kollektoren des spanischen Weltmarktführers Abengoa Solar in der Nähe der US-amerikanischen Stadt Gila Bend, verwandeln die Wärme des Sonnenlichts mit relativ einfachen technischen Mitteln in Strom. An welchen Projekten Wissenschaftler des HZDR forschen, um den Wirkungsgrad von solarthermischen Anlagen zu erhöhen, erfahren Sie auf den Seiten 04 bis 08 in dieser Ausgabe. Foto: Abengoa Solar, S.A.



## LIEBE LESERINNEN UND LESER,

welche Ressource ist Ihnen wichtig? Ist es freie Zeit, sind es persönliche Fähigkeiten oder einfach Geld? Auch natürliche Ressourcen wie eine unverfälschte Landschaft oder das Meer mit seiner Fülle an Lebewesen sind für viele von besonderem Wert. Werden Ressourcen zum Forschungsgegenstand, beschäftigen sich Wissenschaftler in intensiver Weise und oft über Jahre hinweg damit. Sie suchen dabei nach neuen Ansätzen, um die Verfügbarkeit oder die Effizienz beim Einsatz von Ressourcen zu verbessern. Denkt man zum Beispiel an die erneuerbaren Energien, so liefern uns zwar Sonne, Wind und Wasser heute schon ausreichend Strom, doch mangelt es noch an geeigneten Zwischenspeichern und an der gewünschten Ausbeute. Verborgene Potenziale stecken zudem in vielen industriellen Prozessen. Die Forschung kann hier durch Optimierung wichtige Ressourcen, also Zeit, Energie und Kosten, einsparen helfen.

Das HZDR hat die Energie- und Ressourcenforschung in den letzten Jahren erheblich ausgebaut, etwa durch die Gründung des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie.

„Entdeckt“ stellt ein dort angesiedeltes Projekt zur Fernerkundung per Helikopter und den verantwortlichen Leiter Richard Gloaguen vor. Solaranlagen spielen in gleich drei Geschichten eine Rolle. Ohne grundlegende Forschungen über einen längeren Zeitraum wären die hier präsentierten Themen allerdings kaum möglich gewesen. Dies trifft auch für die Arbeiten zu, bei denen es um die Optimierung von industriellen Prozessen und Produkten geht. Um Materialien für den Einsatz in Verbrennungsmotoren so modifizieren zu können, dass die Reibung minimiert und die Energieeffizienz verbessert wird, greift die Materialforscherin Sibylle Gemming auf das Repertoire des Ionenstrahlzentrums und langjähriges Know-how zurück. Ein anderes Beispiel: In der Chemieindustrie finden häufig große Behälter Verwendung, in denen bestimmte Reaktionen ablaufen. Diese lassen sich nicht einfach vom Reagenzglas zum Chemiereaktor skalieren und man kann sie in aller Regel auch nicht direkt beobachten oder messen. Der Verfahrenstechniker Markus Schubert will die zumeist komplexen Reaktionen genauer verstehen und so dazu beitragen, Ressourcen im industriellen Maßstab einzusparen.

Damit Forscher dank immer ausgefeilterer Experimente in neue Bereiche vorstoßen können, verbrauchen sie oft selbst teure und knappe Ressourcen. So drohte dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden im HZDR ein drastischer Mangel, das Edelgas Helium wurde knapp. Der Physiker Thomas Herrmannsdörfer berichtet im Interview, welche Maßnahmen sein Institut dagegen ergriffen hat.

Expertenwissen ist zu einer unverzichtbaren Ressource in vielen Bereichen geworden, angefangen bei der Forschung selbst über die Industrie bis hinein in Politik und Gesellschaft. Unsere Wissenschaftler verwenden ihre Energie darauf, Wissen zu schaffen und zu vermehren. Sie fügen so mit jedem neuen Forschungsergebnis einen Baustein zu der immensen Wissens- bzw. Ressourcenbibliothek hinzu, auf der auch unser Wohlstand beruht.

Eine erhellende Lektüre wünscht Ihnen

Christine Bohnet  
Abteilung Kommunikation und Medien im HZDR

# INHALT

## TITEL

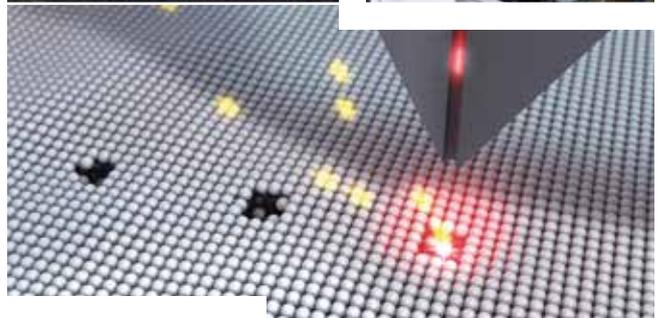
Wertvolle Ressourcen

- 04 Simulierte Strömungen
- 06 Das Sonnenlicht ernten
- 09 Viel Energie im Abfall
- 12 Vom „Reagenzglas“ in den Reaktor
- 14 Neue Schichtkonzepte gegen Reibung
- 17 Knapp, knapper, Helium
- 19 Rohstofflager Erzgebirge
- 22 „Es geht um den aktiven Kompetenzerhalt“



## FORSCHUNG

- 24 Von Mäusen und Menschen: Leipziger Forscher untersuchen Strahlenbelastung bei der Diagnostik
- 26 Das magnetische Echo von Atomkernen
- 28 Geschosse mit ungeheurer Präzision
- 31 Magnetwirbel in 3D



## PORTRÄT

- 34 Vom Aufspüren bis zur Bekämpfung der erkrankten Zellen
- 36 Revolution für die Plasmasimulation
- 37 Die Spur der Steine
- 38 Neuer Institutsdirektor am HZDR



## WISSENSWERT

- 39 Bratislava → Dresden → Bratislava
- 39 Nachwuchswissenschaftler gesucht
- 40 Neues Domizil für exzellente Forschung
- 42 Kongressmagnet Dresden
- 42 Terminvorschau
- 43 Impressum



// Spezialisten für Reaktorsicherheit des HZDR forschen an effizienteren Sonnenkraftwerken.



**OHNE VERLUSTE:** In der Testanlage DUKE wird Wasserdampf für die Stromgewinnung direkt in den Rohren der Parabolrinnen erzeugt. Damit entfallen spätere Zwischenschritte über Wärmeträger-Medien. Foto: DLR

## SIMULIERTE STRÖMUNGEN

\_TEXT . Roland Knauer

Wie so oft steckt die Tücke im Detail. So setzen Wissenschaftler und Politiker für die Energiewende auf Sonnenkraftwerke, die mit gebündelten Sonnenstrahlen Wasser verdampfen und damit genau wie in einem Kohle- oder Kernkraftwerk Turbinen und Generatoren antreiben. Die so erzeugte Elektrizität ist weitgehend klimaneutral, weil statt fossiler Brennstoffe die Sonnenkraft Dampf erzeugt. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) untersucht eine vielversprechende Variante dieser Technik im spanischen Almeria: Dort konzentrieren gewölbte Spiegel die Sonnenstrahlen auf lange Rohre, in denen ihre Energie direkt Wasser verdampft. Im Prinzip ist das ganz einfache Physik. Im Detail kann die Strömung der Wasser-Dampf-Mischung in diesem Absorber-Rohr aber recht instabil sein. Da solche Instabilitäten in Strömungen mit zwei Phasen die notwendige Kühlung beeinflussen und damit das Material beanspruchen, wollen die Ingenieure sie natürlich vermeiden. Und das am besten von vornherein. Genau dabei soll die Doktorarbeit von Alexander Hoffmann vom HZDR helfen. Für einen jungen Ingenieur ist es natürlich ein Traumjob, gleich in seiner Dissertation an einer Zukunftstechnologie mitzuarbeiten. Auch wenn die Aufgabe erheblich komplizierter

ist, als es auf den ersten Blick scheint. Denn das Absorber-Rohr ist nicht etwa ein Strohhalm, sondern hat innen fünf Zentimeter Durchmesser und setzt sich aus verschiedenen – Kollektoren genannten – Segmenten zusammen, die insgesamt rund einen Kilometer lang sind. In diesem langen Teil fließt zwar ziemlich normales Wasser, das aber unter außergewöhnlichen Bedingungen im Vergleich mit den sonst auf der Erde üblichen Verhältnissen.

### Instabilitäten im Rohr

Schon ganz am Anfang dieser Anlage kann das Wasser ungefähr 260 Grad Celsius heiß sein. Damit es flüssig bleibt, liegt der Druck im Rohr beim Achtzigfachen des Luftdrucks in Höhe des Meeresspiegels. Auf den ersten rund hundert Metern des Rohres heizt die gebündelte Sonnenstrahlung das Wasser immer weiter auf, bis es zu verdampfen beginnt. Dann schafft es auch der hohe Druck nicht mehr, den Übergang von der Flüssigkeit zum Dampf zu verhindern. Allerdings passiert das nicht schlagartig, sondern nach und nach. Auf einer Strecke →



#### KRAFTWERK MAL ANDERS:

Bei Parabolrinnen-Kraftwerken wird die Sonnenstrahlung auf ein Absorber-Rohr im Fokus des Spiegels konzentriert. Die Wärmeenergie im Rohr wird weitergeleitet, mit ihrer Hilfe wird Wasserdampf zum Antrieb einer Turbine erzeugt. Foto: DLR

von mehr als einem halben Kilometer liefern die gebündelten Sonnenstrahlen Energie in die Flüssigkeit, die jetzt aber nicht mehr die Temperatur erhöht, sondern immer mehr Flüssigkeit in Wasserdampf verwandelt. Erst nach rund einem dreiviertel Kilometer ist das Wasser vollständig verdampft. Die restlichen gut 200 Meter heizen die Sonnenstrahlen diesen Dampf dann weiter auf. Je höher nämlich die Temperatur ist, umso effizienter arbeitet die Turbine, umso höher ist der Wirkungsgrad und damit die Ausbeute an Elektrizität.

Die Tücke aber steckt im mittleren halben Kilometer, in dem aus einer Mischung von Wasser und Dampf zunehmend mehr Dampf entsteht. „In dieser Strömung aus zwei Phasen können aus verschiedenen Gründen Instabilitäten auftreten“, erklärt Alexander Hoffmann. Im einfachsten Fall passiert das, wenn nach längerer Zeit die Sonne wieder durch die Wolken dringt. Dadurch erreicht mehr gebündelte Sonnenenergie das Rohr, verdampft mehr Wasser und verkürzt so die Strecke, auf der beide Phasen unterwegs sind. Die Ingenieure können sich noch eine ganze Reihe von Möglichkeiten vorstellen, wie solche Instabilitäten entstehen, die das Material belasten und damit seine Haltbarkeit verkürzen können. Schlimmer noch: Möglicherweise entstehen Instabilitäten, die bisher noch gar nicht beobachtet wurden.

### Kerntechnisches Know-how für Sonnenkraftwerke

Um die Vorgänge besser zu verstehen, kann man die Strömungsverhältnisse in der Mischung aus Wasser und Dampf im Computer simulieren. Dafür eine Software zu entwickeln, würde den Rahmen einer Doktorarbeit allerdings bei weitem

sprengen. Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit GRS in Garching bei München hat jedoch eine Simulationssoftware für ein ganz anderes, aber sehr ähnliches Problem bereits entwickelt und erfolgreich angewendet. Strömungen aus den beiden Phasen Wasser und Dampf können nämlich auch im Kühlkreislauf eines Kernkraftwerkes zirkulieren. Auf diese GRS-Software ATHLET greifen die HZDR-Ingenieure zurück. Sie kennen schließlich sowohl die Simulationsprogramme wie auch die Abläufe in Kernkraftwerken sehr gut. Genau auf diesen Know-how-Transfer gründet Alexander Hoffmann seine Forschung.

Dabei will er allerdings nicht nur herausbekommen, ob es noch nicht beobachtete Instabilitäten gibt. Vor allem möchte er untersuchen, in welchen Bereichen ein zuverlässiger Betrieb möglich ist. Darüber hinaus könnte man die Software auch nutzen, um das gesamte Sonnenkraftwerk besser zu regeln. Mit diesem Wissen, das Forscher am DLR zum Teil auch noch in praktischen Experimenten testen, sollten sich dann Parabolrinnen-Kraftwerke nicht nur besser, sondern auch preiswerter betreiben lassen. —

#### KONTAKT

— Institut für Ressourcenökologie im HZDR  
Alexander Hoffmann  
alexander.hoffmann@hzdr.de

— Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
Institut für Solarforschung  
Dr.-Ing. Tobias Hirsch  
tobias.hirsch@dlr.de

// Materialforscher aus dem HZDR und Weltmarktführer Abengoa aus Spanien erforschen gemeinsam, wie man den Wirkungsgrad von Solaranlagen erhöhen kann.



**POTENZIAL AUSSCHÖPFEN:** Gemeinsam mit Abengoa Solar, dem Betreiber dieser Parabolrinnen-Anlage bei Sevilla, arbeiten Materialforscher des HZDR daran, den Wirkungsgrad von thermischen Solarkraftwerken zu erhöhen. Foto: Abengoa Solar, S.A.

## DAS SONNENLICHT ERNTEN

\_TEXT . Uta Bilow

Tag für Tag steht die Sonne am Himmel. Mit ihren Strahlen schickt sie Licht und Wärme zur Erde, und diese Energie übertrifft den globalen Energieverbrauch um ein Vielfaches. Schon seit langem wird deshalb erkundet, wie sich dieses unermessliche Geschenk nutzen lässt. Mittels Photovoltaik und Solarthermie versucht man, das Sonnenlicht zu ernten und auf diesem Wege umweltfreundlich und emissionsfrei Strom und Wärme zu erzeugen. Eine Möglichkeit dazu bieten thermische Solarkraftwerke, die heute schon vielfach in sonnenreichen Regionen der Erde arbeiten. Dazu gehören beispielsweise Parabol-Anlagen, bei denen Spiegelrinnen das Sonnenlicht auffangen und auf ein zentrales Rohr bündeln, das von einer Flüssigkeit durchströmt wird (siehe auch Seiten 04 und 05). Hier wird Sonnenlicht mit vergleichsweise einfachen technischen Mitteln in Strom verwandelt. Die bislang weltweit größte Anlage wurde just im März dieses Jahres in Abu Dhabi eröffnet. Sie bedeckt die Fläche von 350 Fußballfel-

dern, besteht aus einer viertel Million Spiegeln und versorgt 20.000 Haushalte im Emirat mit Strom. Bei einer anderen Bauweise, der Solarturm-Anlage, fokussiert eine Vielzahl planarer und nachführbarer Spiegel das Sonnenlicht auf einen Punkt an einem hohen Turm, wo wiederum ein Wärmeträger die Energie aufnimmt und weiterführt.

Das Potenzial solcher Anlagen ist noch bei weitem nicht ausgeschöpft. Um den Wirkungsgrad zu erhöhen, kooperieren Wissenschaftler vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf mit der spanischen Firma Abengoa, einem Pionier in der Energieforschung. „Wir suchen nach neuen effizienten Materialien, die dafür sorgen, dass mehr Sonnenlicht geerntet wird“, sagt Gintautas Abrasonis vom HZDR. Als dünne Beschichtung auf der zentralen Absorber-Einheit sollen diese Werkstoffe das gesamte sichtbare Licht auffangen und in Wärme umwandeln, die nicht wieder abgestrahlt werden darf. Deshalb untersu- →

chen die Dresdner Forscher verschiedene Werkstoffe auf ihre Eignung als Absorber, beispielsweise Nanokomposite auf der Basis von Kohlenstoff und Stickstoff oder Oxide, die im Ionenstrahlzentrum mit seinen vielfältigen Möglichkeiten maßgeschneidert erzeugt und modifiziert werden können.

Allen effizienten Absorbieren ist gemein, dass sie schwarz sind. „Das ist wie beim Autolack: Ein schwarzes Auto wird außen viel heißer als ein helles“, erläutert der Physiker. Diese Alltagserfahrung können die HZDR-Forscher ganz exakt vermessen. Dazu haben sie im Ionenstrahlzentrum eine neue Anlage installiert, ein sogenanntes Cluster-Tool. Auf mehreren Quadratmetern Fläche stehen Kammern aus glänzendem Stahl, die über Tunnel miteinander verbunden sind. Über eine Schleuse kann man Proben in das unter Vakuum stehende System bringen und mit Greifern von einer Kammer in die andere transportieren. Das Cluster-Tool eröffnet den Wissenschaftlern einzigartige Möglichkeiten. Verschiedene Atomsorten lassen sich zielgerichtet in eine Probe einbringen. „Damit können wir die Eigenschaften des Materials einstellen“, erklärt Gintautas Abrasonis. Zugleich lässt sich mit Hilfe der Ionenstrahl-Analytik messen, wie die verschiedenen chemischen Elemente innerhalb der Schichten verteilt sind und wie die optischen und thermischen Eigenschaften dadurch beeinflusst werden.

**HOCH HINAUS:** Die weltweit erste kommerzielle Solarturm-Anlage in der Nähe von Sevilla produziert eine Energiemenge, mit der 6.000 Haushalte versorgt werden können. Foto: Abengoa Solar, S.A.

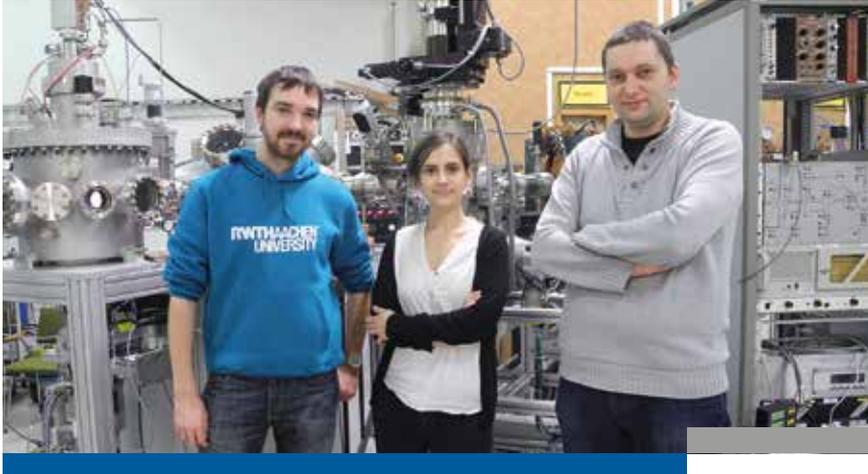


**KOOPERATIONSPARTNER:** Campus Palmas Altas in Sevilla, Sitz der spanischen Solarfirma Abengoa. Foto: Abengoa Solar, S.A.

### Schwarze Schichten unter Umweltbedingungen testen

Kernstück des Cluster-Tools ist eine Kammer, in der sich praxisnahe Bedingungen nachstellen lassen. An den Standorten von Solaranlagen ist es tagsüber sehr heiß, nachts kühlt es dagegen stark ab. Wo das fokussierte Sonnenlicht hin-fällt, können Temperaturen von mehr als 1.000 Grad Celsius entstehen. Außerdem muss die Beschichtung mechanisch stabil sein, ein Sandsturm sollte sie nicht zerkratzen. Und auch die normale Umgebung – Luft, Sauerstoff, Wasserdampf – darf der Absorber-Schicht nichts anhaben. Das Material muss also vielfältigen Belastungen standhalten. Die neue „Environmental“-Kammer erlaubt es, die Bedingungen zum





**GEMEINSAME SACHE:** Irene Heras Pérez, ABENGOA RESEARCH (Mi.) mit den HZDR-Forschern Gintautas Abrasonis (re.) und Erik Schumann.

Beispiel in der Wüste oder bei hoher Luftfeuchtigkeit nachzustellen und dabei die Eigenschaften der Materialien zu messen.

Bei einem zweiten Projekt, an dem die HZDR-Forscher mit den spanischen Kollegen arbeiten, geht es um Photovoltaik, also die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Strom. Im Fokus stehen hier Dünnschicht-Solarzellen auf Silizium-Basis, deren Wirkungsgrad die Forscher weiter in die Höhe treiben möchten. Die HZDR-Forscher setzen dabei auf ein innovatives Konzept: Nano-Strukturen sollen dem Werkstoff Silizium eine neue Leistungsfähigkeit verleihen. „Durch eine besondere thermische Behandlung können wir Nanokomposite auf Silizium-Basis herstellen“, so Gintautas Abrasonis. Der Physiker untersucht anschließend die Eigenschaften der Proben, also

ihre optischen Merkmale und den elektrischen Transport im Material. Erste Ergebnisse sprechen dafür, dass diese Nanostrukturen dem herkömmlichen Silizium überlegen sind. Die Kooperation mit Abengoa besteht seit Jahresbeginn; in Spanien und in Dresden sind bislang insgesamt zwei Wissenschaftler und drei Doktoranden in dem Projekt beschäftigt. Daher ist Gintautas Abrasonis zuversichtlich, mit dem Team Wege zu finden, wie das Sonnenlicht mit noch mehr Effizienz geerntet werden kann. →

#### KONTAKT

\_Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im HZDR  
Dr. Gintautas Abrasonis  
g.abrasonis@hzdr.de

## Einmalige Messtechnik für die Solarthermie

In solarthermischen Kraftwerken, wie beispielsweise in Parabolrinnen-Kraftwerken, wird über gewölbte Spiegel das Sonnenlicht in einem Rohr gebündelt, um das darin befindliche Wasser zum Antrieb von Turbinen in Dampf umzuwandeln. Solche Strömungsgemische aus Gas- und Flüssiganteilen werden Mehrphasen-Strömungen genannt. Im HZDR entwickelte Gittersensoren erfassen im Rohrquerschnitt die Strömungsstruktur und den Dampfgehalt von Mehrphasen-Strömungen mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Die so gewonnenen Daten können einen Beitrag leisten, um die Effizienz eines Parabolrinnen-Kraftwerks zu bestimmen. Zugleich liefern die Messungen wertvolle Informationen für grundlegende Untersuchungen einerseits und für die Auslegung andererseits. Die Systeme aus dem HZDR halten Temperaturen bis zu 300 °C und Drücken bis zu 70 bar stand – ein Einsatzbereich, welcher derzeit im Bereich der hochaufgelösten Mehrphasen-Messtechnik einmalig ist.



Im HZDR entwickelter Gittersensor für Anwendungen bei hohen Drücken und Temperaturen.

#### KONTAKT

\_Institut für Fluidynamik im HZDR  
Eckhard Schleicher  
e.schleicher@hzdr.de



## VIEL ENERGIE IM ABFALL

\_TEXT . Christine Bohnet

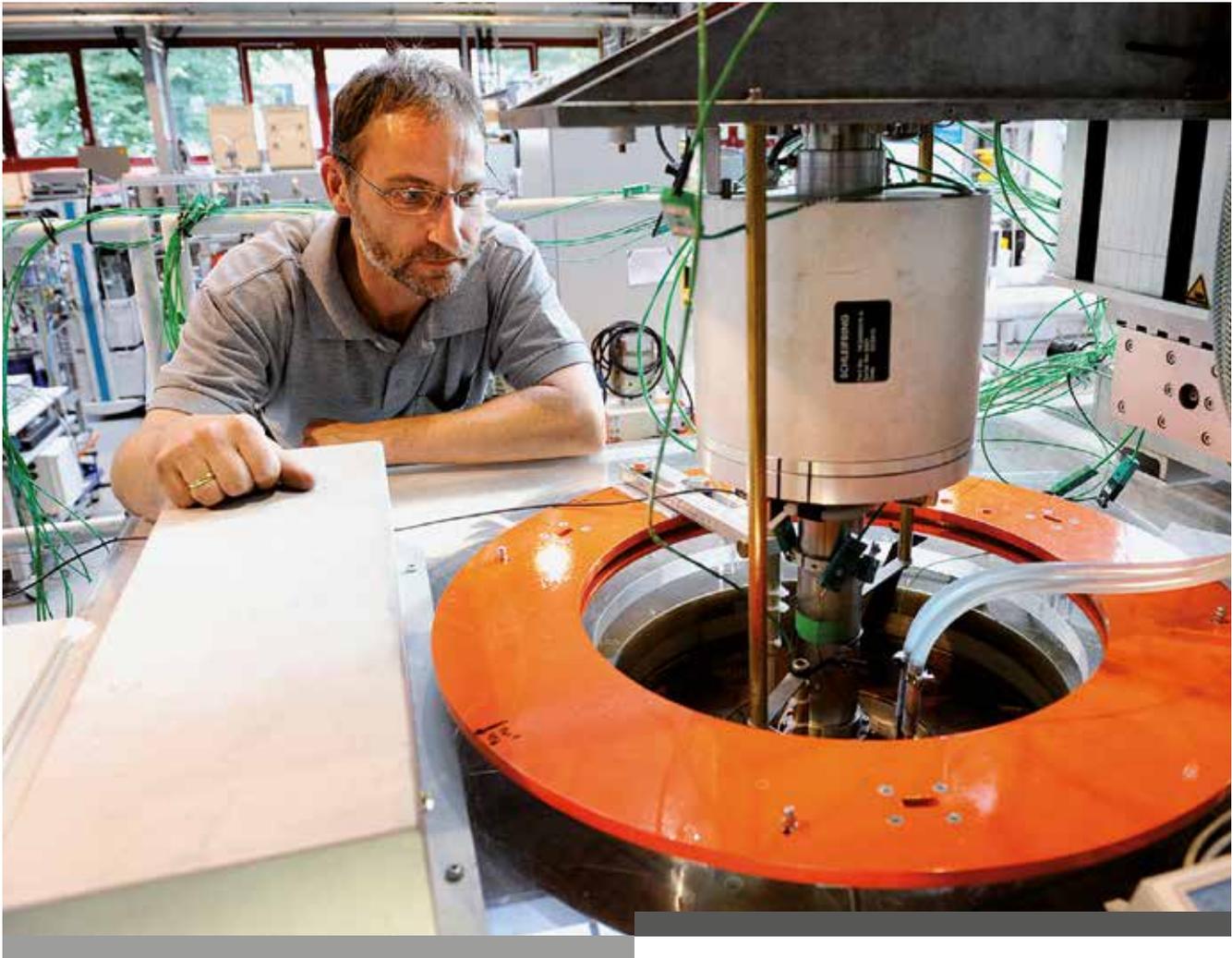
Foto: © il-fede – fotolia.de

// Die Energieausbeute von Solarmodulen, wie sie landauf, landab in großen Energieparks oder auf den Dächern von Privathäusern zu finden sind, ist bekanntermaßen nicht riesig, der Energieeinsatz für deren Produktion dafür umso mehr. Die Aufbereitung von Produktionsabfällen könnte hier zur Zauberformel werden.

Als hauchdünne Scheiben liegt das Halbleitermaterial Silizium auf unseren Dächern, eingepackt in Solarmodulen, die heute oft kostengünstig in Asien produziert werden. Ein beträchtlicher Teil des mit hohem Energieaufwand gewonnenen Siliziums geht aber unmittelbar bei der Herstellung der Wafer verloren. Beim Zuschneiden der Scheiben aus großen Barren entsteht Abfall in Form von feinem Siliziumpulver. Besonders ärgerlich ist, dass fast genau so viel Rohmaterial als Abfall anfällt, wie Material am Ende in den Scheiben steckt. Das liegt daran, dass die zum Einsatz kommende Säge – zum Beispiel ein Draht aus Siliziumkarbid oder auch aus Diamant – beinahe genau so dick ist wie die Scheibe selbst. Könnte man den Sä-

gestaub nicht auffangen, erneut aufschmelzen und damit die Material- und Energieeffizienz von Solar-Silizium wesentlich erhöhen? Das fragten sich die italienische Firma GARBO und der Physiker Sven Eckert vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf. Er koordiniert seit kurzem das EU-Projekt „SIKELOR“, an dem auch die Universitäten Greenwich aus Großbritannien und Padua aus Italien sowie die mittelständische Firma EAAT aus Chemnitz beteiligt sind.

Mit welchen Herausforderungen sich die EU-Partner in Sachen Rohstoffaufbereitung konfrontiert sehen, beschreibt Sven Eckert so: „Die Siliziumspäne im Sägestaub sollen →



**OHNE BERÜHRUNG:** Magnetfelder rühren flüssige Metalle um, sie können eine Strömung aber auch bremsen oder beschleunigen. Josef Pal führt ein Experiment am MULTIMAG-Stand im HZDR durch (MULTIMAG - Multi Purpose Magnetic Field System). Foto: Frank Bierstedt

möglichst sortenrein neu eingeschmolzen werden. Deshalb müssen wir sie zunächst von der Flüssigkeit trennen, die beim Sägen eingesetzt wird. Danach wird der Staub verdichtet und aufgeschmolzen. Allerdings enthält dieser Staub Verunreinigungen. Da die Oberfläche der Späne im Vergleich zum Volumen groß ist, kommt es zur Oxidation, sodass sich sehr viel Siliziumdioxid bilden kann. Zudem gelangen Kohlenstoffpartikel in den Sägestaub und beim Schmelzen entsteht das ebenfalls unerwünschte Siliziumkarbid. Unser Ziel ist ein ökonomisch vernünftiger Prozess, um den Siliziumabfall industriell aufzuarbeiten.“

## Ohne Magnetfelder geht es nicht

Am Ende des auf drei Jahre angelegten EU-Projekts soll solch ein industrietauglicher Prozess entwickelt sein. Eine besondere Rolle kommt dabei dem elektromagnetischen Rühren und Separieren zu. Magnetfelder werden schon lange in der Kristallzüchtung eingesetzt, etwa bei der Herstellung von Silizium-Einkristallen mit Durchmessern von bis zu 300 Millimetern, wie sie die moderne Chipproduktion benötigt. Die Wirkung eines berührungslos von außen angelegten Magnetfelds auf die Strömung in einer elektrisch leitfähigen Schmelze ist enorm: Schmelzen lassen sich damit rühren, beruhigen, abbremsen oder auch verwirbeln.

Die HZDR-Forscher verfügen hier über langjähriges Know-how, und zwar gerade auch, wenn es um in Schmelzen eingeschlossene Schmutzpartikel geht. „Vor allem die Frage, wie Magnetfeld und Spule konfiguriert sein müssen, um die verunreinigte Mischung effizient zu rühren, beschäftigt uns sehr. Stellen Sie sich einen Eimer mit einer Flüssigkeit und Dreckflocken vor. Sie können einerseits so rühren, dass die Flocken sehr gleichmäßig verteilt sind und Sie damit leben können. Oder es gelingt Ihnen, den Schmutz durch das Rühren zu separieren und ihn an den Rand wandern zu lassen, wo Sie ihn abfischen können“, erläutert Sven Eckert die möglichen Alternativen. →

Ein erster Vorschlag der Firma GARBO für die Verdichtung des Sägestaubs liegt bereits vor. Das verdichtete Material soll durch hochfrequente Magnetfelder induktiv erhitzt und geschmolzen werden. Danach kommt es darauf an, die Verunreinigungen am Rand der Schmelze anzureichern und dort abzutrennen. Aufgrund der unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeit von Silizium und den Siliziumoxid- bzw. Siliziumkarbid-Partikeln wirkt eine elektromagnetische Kraft auf die Schmutzteilchen, die so eingestellt werden kann, dass sich die Verunreinigungen zum Rand hin bewegen. Gleichzeitig muss man aber darauf achten, dass die ebenfalls vom Magnetfeld hervorgerufene Strömung im Silizium durch intensives Mischen diesen Separationseffekt nicht wieder zunichte macht. Es bedarf also einer trickreichen Kombination der Magnetfeldparameter, um das gewünschte Ergebnis zu erreichen.

„Daran arbeiten wir gerade. Wir können an MULTIMAG, unserer magnetischen Multifunktionsanlage im HZDR, unterschiedliche Strömungsformen und Geschwindigkeiten einstellen und bauen darauf, dass es uns gelingt, den richtigen Dreh zu finden“, so der Flüssigmetall-Experte Eckert. Sobald die HZDR-Wissenschaftler dies erfolgreich mit ihrer Modell-Legierung – sie ist bereits bei Zimmertemperatur flüssig – bewiesen haben, wollen sie einen Demonstrator bauen, um mit eigener Messtechnik die Prozessschritte noch genauer zu verstehen. Numerische Modelle der Londoner Kollegen von der Universität Greenwich werden ebenfalls zum besseren Verständnis beitragen.

Vor dem Transfer in die Industrie müssen die ausgetüftelten Prozessschritte aber auch direkt am Silizium erprobt werden; immerhin schmilzt das Metall erst bei 1.410 Grad Celsius. Da

**TORNADO IM LABOR:** Magnetfelder erzeugen in einem mit Flüssigmetall gefüllten Zylinder Strömungen, die mit Ultraschall-Technik untersucht werden können. Foto: Rainer Weisflog



die Universität Padua in der Lage ist, Silizium zu schmelzen und zu verarbeiten, können die Forscher dort auf Grundlage der Ergebnisse aus Dresden und London einen Demonstrator für den Prozess mit Silizium bauen. Die Chemnitzer Firma EAAT plant und liefert hierfür die Stromversorgung. Diese Anlage muss in der Lage sein, verschiedene Heizschritte zu fahren und unterschiedliche Frequenzen für die Magnetfelder einzustellen. Im Gegensatz zu dem heute gebräuchlichen Heizverfahren setzt das EU-Projekt auf ein Induktionsverfahren, das man vom Induktionsherd kennt, und auf dessen Optimierung, maßgeschneidert für die gewünschte Partikelseparation.

Wissenschafts- und Industriepartner haben das Ziel fest vor Augen: Mit einem einzigen Prozess in mehreren, teils parallel ablaufenden Schritten das teure Abfallmaterial Silizium zu verdichten, einzuschmelzen und die unvermeidlichen Dreckpartikel zu separieren und abzutrennen – und das alles unter ökologischen wie ökonomischen Gesichtspunkten. So, davon ist Sven Eckert überzeugt, kann die Energieausbeute von Photovoltaik-Silizium um einen wesentlichen Faktor verbessert werden, selbst wenn man bedenkt, dass für das Verdichten und Einschmelzen der Siliziumspäne ebenso Energie eingesetzt werden muss wie für das elektromagnetische Rühren und Separieren.

### Wie weiter mit dem Silizium?

Silizium ist auf dem schnell wachsenden Solarmarkt das Material der Wahl, weil es relativ effizient Sonnenenergie in elektrischen Strom umwandelt. In Deutschland sind derzeit etwa 32 Gigawatt Leistung an Photovoltaik-Modulen installiert, die Ausbaupläne der Branche sehen mehr als 200 Gigawatt vor. Nach wie vor sind neue Konzepte gefragt, mit denen sich der Wirkungsgrad weiter verbessern lässt. Wenn es im SIKELOR-Projekt gelingt, das als Abrieb bei der Waferfertigung anfallende Rohmaterial aufzubereiten, könnte die Solarindustrie nicht zuletzt Kosten einsparen. Derzeit wird Silizium auf dem Weltmarkt mit rund 18 Dollar pro Kilogramm gehandelt – Experten rechnen jedoch mit einem ansehnlichen Anstieg in den nächsten Jahren –, die Partner im SIKELOR-Projekt zielen für ihr Recycling-Verfahren auf Kosten von lediglich zehn Dollar pro Kilogramm recyclefähigem Material.

Schließlich kann auch eine Wiederverwertung ausgedienter Solarmodule helfen, die Energiebilanz der Photovoltaik weiter zu verbessern. Sven Eckert und seine HZDR-Kollegen machen sich schon heute Gedanken darüber, ob – und wie – Siliziumabfall wiederaufbereitet werden kann. Anders als beim Herstellungsprozess haben sie es dann aber mit großen Splittern und Bruchstücken der Siliziumwafer zu tun. Eine neue und sicherlich wiederum spannende Herausforderung. ─

### KONTAKT

\_Institut für Fluidodynamik im HZDR  
Dr. Sven Eckert  
s.eckert@hzdr.de

// Mit Röntgenstrahlen Strömungen verstehen und chemische Verfahren verbessern.

## VOM „REAGENZGLAS“ IN DEN REAKTOR

\_TEXT . Roland Knauer



**SCHNELLE BILDER:** Physikerin Martina Bieberle nutzt die Aufnahmen von Strömungsgemischen aus Flüssigkeiten und Gasen des Röntgentomographen ROFEX. Sie zeichnen sich durch eine extrem hohe zeitliche Auflösung aus.

Foto: Rainer Weisflog

Natürlich geht auch an der chemischen Industrie die grüne Welle nicht vorbei: Die Herstellung wichtiger Produkte kostet oft nicht nur viel Energie, sondern gleichzeitig auch viel Geld. Seit etlichen Jahren ist die Industrie daher dabei, ihre Herstellungsverfahren zu optimieren. Da bei vielen dieser Prozesse Flüssigkeiten eine Rolle spielen, sind häufig die Strömungen in den Reaktoren für die Energiebilanz und die Ausbeute entscheidend. Genau diese Vorgänge sind bisher nur wenig untersucht worden. Jetzt aber treibt Markus Schubert vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf diese Grundlagenforschung mit einem gezielten Blick auf solche Anwendungen voran.

Der Verfahrenstechniker arbeitet dabei am Übergang vom Reagenzglas zum großen Chemiereaktor. Im Labor funktionieren viele Reaktionen sehr gut, verschlechtern sich aber deutlich, wenn sie im großtechnischen Maßstab laufen. Das hat einen einleuchtenden Grund: Weil bei vielen dieser Reaktionen Gase mit Flüssigkeiten interagieren, beeinflussen auch Strömungen dieser beiden Phasen die Geschwindigkeit der Reaktion und den Energieverbrauch. Im Reagenzglas spielen die Strömungen praktisch kaum eine Rolle, im erheblich größeren Chemiereaktor dagegen schon.

Markus Schubert untersucht Strömungen aus Gasen und Flüssigkeiten in einem „Blasensäulen-Reaktor“. Das ist im Prinzip ein Glaszylinder mit einem Durchmesser von rund 20 Zentimetern, der einige Meter hoch sein kann und in den ersten Versuchen Wasser enthält. „In der Industrie kommen zwar viele Reaktionen in organischen Flüssigkeiten vor, aber Wasser ist ein Referenzsystem, für das relativ viele Ergebnisse vorliegen“, erklärt der Forscher diese Wahl. Später will er dann natürlich auch organische Flüssigkeiten unter die Lupe nehmen. →

### Kleinere Blasen für mehr Ausbeute

Nach unten schließt den Zylinder eine Platte mit etlichen Löchern ab, durch sie wird das für die Reaktion benötigte Gas dosiert. Strömt das Gas nun durch diese Löcher, entstehen kleine Blasen, die in der Säule nach oben steigen. Das passiert aber keineswegs geradlinig, was schon ein Blick auf die Luftblasen zeigt, die ein Taucher beim Ausatmen produziert. Auch das läuft nicht gleichmäßig ab: Beim Aufsteigen hat eine Gasblase ja bereits die vor ihr liegende Flüssigkeit bewegt und erzeugt damit eine Art Sog für nachfolgende Bläschen. „Ein wenig ähnelt der Aufstieg von Gasblasen der Bewegung eines Vogelschwarms, wo das Ganze aussieht wie ein geordnetes Chaos“, beschreibt Schubert dieses Verhalten.

„Der Aufstieg der Gasblasen führt natürlich auch zu einer Vermischung der Flüssigkeit, die die Prozesse beeinflusst. Die Flüssigkeit strömt hauptsächlich in der Mitte des Rohres nach oben und sinkt an den Rändern wieder ab“, erklärt der Forscher weiter. Für einen Verfahrenstechniker ist es daher sehr wichtig, das Verhalten der Ströme von Flüssigkeit und Gas exakt zu beobachten. Obendrein will er nicht nur wissen, wie groß die einzelnen Bläschen sind, sondern auch noch, wie oft zwei oder mehrere von ihnen zu einer größeren Blase verschmelzen. Je mehr kleine Bläschen in der Flüssigkeit sind, umso größer ist die Oberfläche des Gases. Genau diese große Oberfläche wird für die Reaktion benötigt. Wenige große anstelle vieler kleiner Bläschen bedeuten demnach weniger Ausbeute und höhere Kosten.

Um die für die jeweilige Reaktion optimalen Bedingungen herauszufinden, analysiert Markus Schubert die Strömung mit einer ultraschnellen Computertomographie, die am HZDR

entwickelt wurde: Die normalerweise für diese Beobachtungstechnik in Krankenhäusern verwendeten Tomographen lassen sich für die hier benötigten Kurzzeit-Aufnahmen nicht schnell genug steuern. Daher nutzen die HZDR-Forscher Röntgenstrahlen, die beim Auftreffen von Elektronenstrahlen auf Wolfram entstehen. Die Elektronen aber können mit elektrischen Spulen sehr schnell abgelenkt werden; entsprechend schnell ändert sich dann die Position der erzeugten Röntgenstrahlen. Diese werden vom Wasser stärker und vom Gas weniger geschwächt. Detektoren messen anschließend, wie stark die Röntgenstrahlung nach Passieren der Strömung noch ist. Aus dieser Schwächung berechnen aufwändige Programme dann, ähnlich wie in der Medizin, die Bilder der Blasen in der Flüssigkeit. Mit dieser Technik sind tausend Bilder von der Strömung im Glaszylinder in nur einer Sekunde kein Problem.

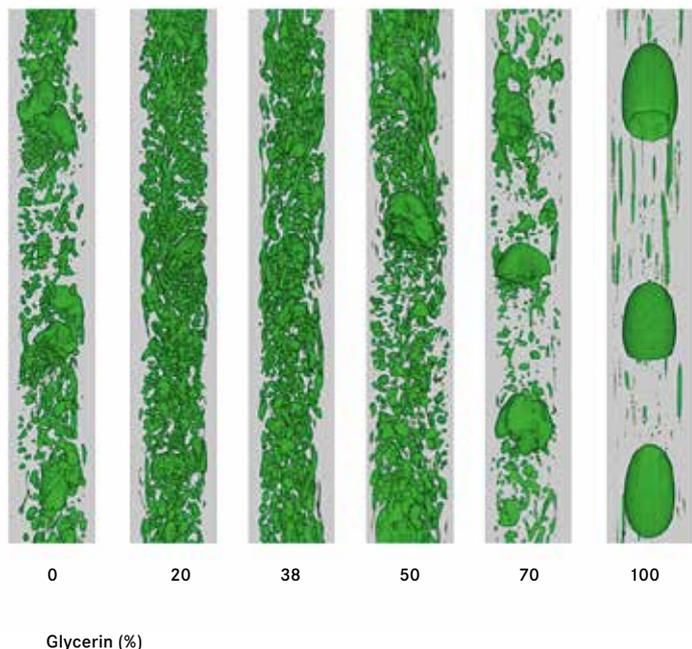
Parallel dazu entwickelt Markus Schubert Computermodelle, mit denen er die Strömungen simulieren kann. Erneut macht er das zunächst für Wasser und Luft. In diesen Modellen muss der Forscher dann „nur noch“ die meist bekannten Eigenschaften einer anderen Flüssigkeit eingeben, um auch dort die Strömungen zuverlässig zu modellieren. Und natürlich folgen später noch echte Experimente, zum Beispiel mit organischen Lösungsmitteln. Am Ende will der Forscher der Industrie so Grundlagen liefern, mit denen sie den Energieverbrauch der jeweiligen Reaktionen verringern kann. —

#### KONTAKT

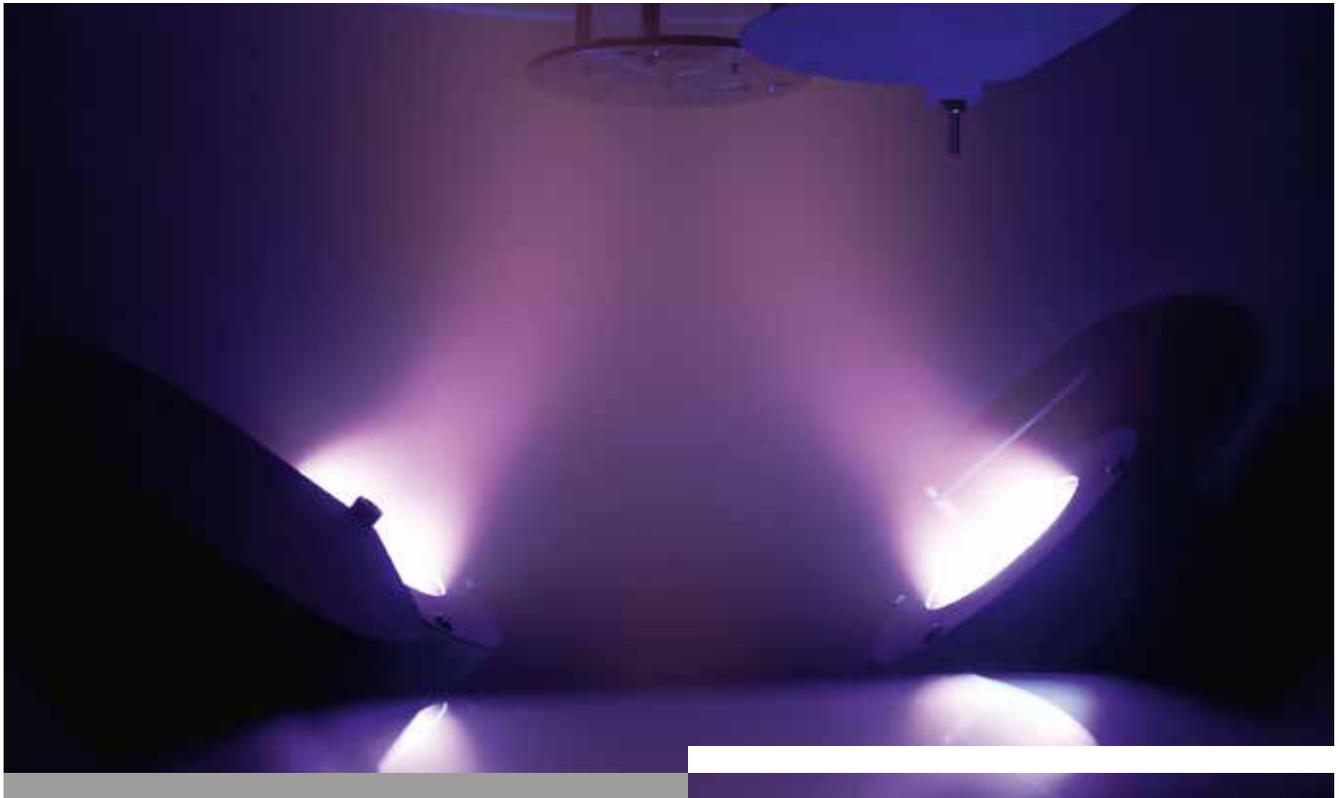
— Institut für Fluidodynamik im HZDR  
 Dr. Markus Schubert  
 m.schubert@hzdr.de

**BLASENSTRÖMUNG:** Die Abbildung zeigt beispielhaft Strömungsstrukturen, die sich in einer engen Blasensäule von 70 Millimeter Durchmesser einstellen können. Die Messungen wurden mit der im HZDR entwickelten ultraschnellen Röntgen-Computertomographie durchgeführt. Die vielen „Schnittbilder“ der Strömung, die mit einer Frequenz von 1.000 Hertz (also 1.000 Bildern pro Sekunde) aufgenommen wurden, können dann zu dreidimensionalen Strukturen zusammengefügt werden.

In der Studie wurde die Flüssigkeit immer mit der gleichen Luftmenge durchströmt, jedoch wurde von links nach rechts die Viskosität der Flüssigkeit erhöht. Visköse Flüssigkeiten können zum Beispiel im Bereich der Abwasserbehandlung oder in Bioreaktoren auftreten und unterscheiden sich deutlich von Wasser. Damit ändert sich auch die Strömungsstruktur – von wenigen kleinen Blasen über eine dichte Blasenströmung bis hin zur Ausbildung von regelmäßigen Großblasen.



// Bewegliche Teile im Automotor sind hoher Reibung ausgesetzt. Das führt zu unerwünschtem Abrieb und Energieverlusten. Mit Funktionsschichten wollen HZDR-Forscher die Reibung reduzieren.



**GASENTLADUNG:** Während in einer Leuchtstoffröhre die Gas- oder Glimmentladung der Beleuchtung dient, erfüllt sie in dieser Beschichtungskammer die Funktion, Argon-Atome zu ionisieren, die violett leuchten. Foto: Jürgen Jeibmann

## NEUE SCHICHTKONZEPTE GEGEN REIBUNG

\_TEXT . Uta Bilow

Moderne PKWs verbrauchen immer weniger Treibstoff. Das freut die Autofahrer, denn wenn der Motor nicht so viel Benzin schluckt, sinken die Betriebskosten. Doch die Einsparungspotenziale sind noch lange nicht ausgeschöpft. Denn was mancher gar nicht weiß: Ein erheblicher Teil des Kraftstoffs wird nicht in Antriebsleistung umgesetzt, sondern geht unerwünscht verloren. Wenn die Antriebskomponenten wie Kurbelwelle oder Kolben arbeiten, werden nicht nur Kräfte übertragen, sondern es entsteht Reibung – und die ist unerwünscht. Reibung bedeutet Energieverlust. Sie hemmt die Bewegung, erzeugt Wärme und verursacht Verschleiß. Der Treibstoffverbrauch steigt an und parallel dazu auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Autos. „Reibung mindert die Energieeffizienz“, sagt Sibylle Gemming vom Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung. „Was durch Reibung verloren geht, ist verschwendet.“ Am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf arbeitet die Chemikerin daran mit, neue Materialien zu

entwickeln, die eine höhere Energieeffizienz erlauben und dadurch helfen, Kraftstoff und Schmiermittel einzusparen. Die Forschungsarbeiten sind ein Teilprojekt im Spitzentechnologiecluster ECEMP (European Centre for Emerging Materials and Processes) Dresden.

Im ECEMP haben sich vor nunmehr sechs Jahren Wissenschaftler der TU Dresden, der HTW Dresden, der Bergakademie Freiberg und zahlreicher außeruniversitärer Forschungseinrichtungen – darunter auch des HZDR – unter der Leitung von Werner Hufenbach (Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik) zusammengeschlossen, um neuartige Werkstoffe zu erforschen und deren Anwendungen aufzuzeigen. „Wir wollen neue Mehrkomponentenwerkstoffe entwickeln, die in der Energietechnik, der Umwelttechnik und im Leichtbau zum Einsatz kommen sollen“, umreißt Sibylle Gemming die Aufgabenstellung des Clusters. Zentrales Leitthema dabei ist die →

Energieeffizienz. Seit fünf Jahren wird das Spitzentechnologiecluster im Rahmen der Landesexzellenzinitiative gefördert. „Dresden gilt als einer der führenden Materialforschungs-Standorte in Deutschland“, weiß Sibylle Gemming. „In den insgesamt 14 Teilprojekten des Clusters arbeiten Chemiker, Physiker, Werkstoffforscher und Ingenieure zusammen. Die ganze Bandbreite an Know-how ist vertreten.“

### Sächsisches Wissenspotenzial ausschöpfen

Forscher am HZDR koordinieren das Teilprojekt „CarboFunct-Coat“. Die Abkürzung steht für „Kohlenstoffbasierte Funktionsschichten für tribologische Anwendungen“. Tribologie ist das griechische Wort für Reibungslehre. Die Forscher haben sich auf Bauteile spezialisiert, die im Verbrennungsmotor ständiger Bewegung und damit großen Belastungen ausgesetzt sind. Dazu gehören beispielsweise Kolbenringe, Kolbenbolzen, Exzenterwellen oder Teile der Treibstoffpumpe. „Alle diese Motorteile weisen anspruchsvolle dreidimensionale Geometrien auf“, sagt Sibylle Gemming. Insbesondere der Einsatz von Kraftstoffen aus nachwachsenden Quellen stellt die Beschichtung zudem vor besondere Herausforderungen, da die Verbrennungsschemie dieser sogenannten biogenen Kraftstoffe vielfältiger ist als bei fossilen Brennstoffen. Bislang haben die Forscher zwei Beschichtungen identifiziert, die helfen könnten, Energieverluste im bewegten Motor einzudämmen. Bei der einen Beschichtung handelt es sich um sogenannten tetraedrisch-amorphen Kohlenstoff (ta-C). Das Material ist eine Variante von sogenanntem diamond-like carbon DLC (diamantartiger Kohlenstoff), der schon seit 20

Jahren bekannt ist und in industriellen Anwendungen genutzt wird. Der ta-Kohlenstoff ist noch härter und dichter als DLC, zudem enthält er weniger Wasserstoff, was ebenfalls seine Eigenschaften positiv beeinflusst. Die andere Beschichtung, mit der sich die Reibung herabsetzen lässt, enthält zusätzlich Metalle wie zum Beispiel Nickel und weist eine hochgeordnete Nanostruktur auf. Beide Beschichtungen sind extrem beständig – auch gegen erhöhte Temperaturen im Motor –, reduzieren die Reibung und verhindern übermäßigen Abrieb.

### Neuartige Werkstoffe auf Kohlenstoff-Basis

„Am Ionenstrahlzentrum des HZDR wie auch am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) bei Eckhard Beyer haben wir die Möglichkeiten, Motorbauteile mit Filmen auf der Basis von Kohlenstoff zu beschichten und so ihr Reibungsverhalten zu verbessern“, beschreibt Sibylle Gemming. Die dabei am HZDR genutzten Ionenstrahlen eröffnen einzigartige Möglichkeiten der Werkstoffsynthese und -modifizierung. Eine neue High-Tech-Anlage erlaubt es, komplexe Formen zu beschichten und dabei auch kleine Unebenheiten auf der Oberfläche auszugleichen. So entstehen sehr gleichmäßige, dabei aber hauchdünne Filme mit Schichtdicken von 100 Nanometern und mehr. In Kooperation mit Ingenieuren der VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH in Dresden haben Sibylle Gemming und ihr Team auch ein Verfahren ausgearbeitet, das die Abscheidung dickerer Schichten erlaubt, ohne dass der Beschichtungsvorgang länger dauert. Diese technologische Entwicklung wurde jüngst zum Patent angemeldet.



#### HIGH-TECH IM SCHICHTSYSTEM:

Die HZDR-Wissenschaftler stellen Funktionsschichten für hochbelastete Motorenteile in einer speziellen Plasmakammer her. Grundlage dafür ist ein Sputter-Verfahren, mit dem zunächst elektrisch geladene Argon-Atome erzeugt werden. Beschleunigt man diese, „klopfen“ sie Atome aus einer Kathode, die wiederum zu der zu beschichtenden Materialoberfläche wandern und dort den gewünschten Film ausbilden. Foto: Jürgen Jeibmann





**TITAN:** Je mehr Titanatome ionisiert werden, desto blauer sieht das Plasma in der Beschichtungskammer aus. Foto: Jürgen Jeibmann

Die beschichteten Bauteile werden regelmäßig unter realitätsnahen Bedingungen geprüft. Dies geschieht im Institut für Automobiltechnik an der TU Dresden bei Hans Zellbeck, einem weiteren Partner im ECEMP-Konsortium. Die Ingenieure bauen die beschichteten Bauteile in den seriennahen Verbrennungsmotor des Versuchsstands ein und verfolgen, wie sich Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß ändern. „Die Motorprüfstände sind mit modernster Messtechnik ausgestattet“, sagt Sibylle Gemming. „Wir können dort unsere Kombinationen von Beschichtung und Schmierstoff testen.“

### Simulation auf atomarer Ebene

Vom Atom zum komplexen Bauteil – unter diesem Motto wird im ECEMP geforscht. Die Wissenschaftler wollen nicht nur Beschichtungstechniken entwickeln oder fertige Komponenten produzieren, sondern Phänomene wie die Reibung auch auf atomarer Ebene verstehen. Was passiert beim Kontakt von zwei Bauteilen? Wie baut sich ein Reibfilm zwischen einzelnen Atomen auf? Welche Konsequenzen hat dies für das Material? Solchen Fragen gehen die HZDR-Forscher in Kooperation mit Gotthard Seifert, TU Dresden (Theoretische Chemie), nach. In Simulationen wird nachgestellt, wie zwei Komponenten aneinander reiben und wo sich ein Widerstand aufbaut. Dabei haben die Wissenschaftler interessante Dinge herausgefunden. Gelangen etwa zwei ta-C-Schichten miteinander in engen Kontakt, ändert sich die chemische Struktur der obersten Atomlagen. Die Grenzschicht wird weicher und die Reibbelastung sinkt. Außerdem führt die Strukturänderung dazu, dass ein Schmiermittel besonders gut an die Oberfläche andocken kann. So wird verständlich, warum die ta-C-Schichten besonders reibungsarm sind.

Die Ergebnisse, die im Rahmen von CarboFunctCoat erzielt wurden, sind vor kurzem in ein neues Projekt gemündet: Gemeinsam mit dem Institut für Fertigungstechnik der TU Dresden untersuchen Sibylle Gemming und ihr Team die mikroskopischen Mechanismen von Reibung und Verschleiß noch genauer. Mit einer speziellen Apparatur im Ionenstrahlzentrum

können die Wissenschaftler Reibprozesse nachstellen und deren Auswirkungen unmittelbar analysieren. Einmal mehr zeigt sich hier, welch vielseitiges Werkzeug die Ionenstrahlen sind.

Und auch sonst präsentiert sich das ECEMP überaus erfolgreich. Jedes Jahr im Herbst veranstaltet das Cluster ein gut besuchtes Kolloquium. „Anfangs war das mehr auf Grundlagen ausgerichtet“, erinnert sich Sibylle Gemming. „Doch inzwischen ist das Programm sehr applikationsnah, viele internationale Partner und solche aus der Industrie sind vertreten.“ Das zeigt, dass die Ergebnisse von CarboFunctCoat und den anderen 13 Teilprojekten auf breiter Front in der Industrie ankommen. —

### PUBLIKATIONEN:

A. Pardo u. a.: “Effect of the metal concentration on the structural, mechanical and tribological properties of self-organized a-C:Cu hard nanocomposite coatings”, in Applied Surface Science, Bd. 280 (2013; DOI: 10.1016/j.apsusc.2013.05.063)

M. Krause u. a.: “Tilting of carbon encapsulated metallic nanocolumns in carbon-nickel nanocomposite films by ion beam assisted deposition”, in Applied Physics Letters, Bd. 101 (2012; DOI: 10.1063/1.4739417)

G. Abrasionis u. a.: “Sculpting nanoscale precipitation patterns in nanocomposite thin films via hyperthermal ion deposition”, in Applied Physics Letters, Bd. 97 (2010; DOI: 10.1063/1.3503967)

### KONTAKT

— Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im HZDR  
Prof. Sibylle Gemming  
s.gemming@hzdr.de

// Gerade rechtzeitig wurde im HZDR ein wichtiger Anbau fertig: das Gebäude für einen Heliumverflüssiger, der ab März 2014 in Betrieb gehen soll. Die Forschungswelt steuert derzeit auf eine fatale Preissteigerung für flüssiges Helium oder gar einen Engpass zu. Thomas Herrmannsdörfer, Abteilungsleiter am Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD), erklärt warum.

## KNAPP, KNAPPER, HELIUM

\_Interview . Sara Schmiedel

**Herr Herrmannsdörfer, wieso ist es für das HLD so wichtig, über einen eigenen Helium-Verflüssiger zu verfügen?**

Die Problematik ist folgende: Der weltweite Bedarf an Helium ist in den letzten Jahren ständig angestiegen, beispielsweise durch die wirtschaftliche und wissenschaftliche Aufholjagd aufstrebender Länder wie China. Im Gegensatz dazu stagniert

oder sinkt das Angebot. Zudem droht die Schließung der sogenannten Nationalen Helium-Reserve der US-amerikanischen Regierung. Innerhalb weniger Jahre wurden zwei Drittel des Heliumvorrats verkauft, der über viele Jahrzehnte aufgebaut wurde. Das merkt man jetzt weltweit, es kann zu einer echten Krise kommen. Sogar die amerikanischen Kollegen des „National High Magnetic Field Laboratory“ in Tallahassee befürchten, dass sie nicht mehr genug Helium aus den Reserven bekommen.

**Gibt es denn außerhalb der USA keine Helium-Vorkommen?**

Helium kann auf der Erde nur als geringe Beimischung aus Erdgas gewonnen werden. Leider sind weltweit nur eine Handvoll großer Erdgasquellen erschlossen, die über eine ausreichende Menge an Helium verfügen: neben den USA in Algerien, Katar und Russland. Die uns nächstgelegene

### HERZSTÜCK DES HELIUMVERFLÜSSIGERS:

Thomas Herrmannsdörfer an der sogenannten Coldbox, in der das gasförmige Helium gereinigt und verflüssigt wird. Foto: Oliver Killig



→

befindet sich in Wrocław, ist aber vergleichsweise klein. Die Heliumversorgung Europas ist empfindlich von den Aufbereitungsanlagen an den großen Quellen und den Überseetransporten abhängig. Treten dort Probleme auf, so schlägt sich das unmittelbar in Lieferengpässen nieder.

#### ■ Wozu wird im HZDR Helium benötigt und welche Kosten entstehen dem Zentrum dadurch?

Wir haben im laufenden Jahr einen Bedarf von 100.000 Litern am HZDR, etwa 70 Prozent davon benötigt das HLD, Tendenz steigend. Wir nutzen das Helium für Experimente unter tiefen Temperaturen. Außerdem kühlen wir unsere supraleitenden Magnete damit. Zwar fangen wir das Helium im Anschluss auf und verkaufen es an den Zulieferer, leider bekommen wir aber nur einen geringen Teil des Einkaufspreises zurück. Das Ganze kostet uns einige hunderttausend Euro jährlich.

#### ■ Gibt es denn keine Alternativen zur Helium-Kühlung?

Nein, eigentlich nicht. Zwar gibt es geschlossene Kryosysteme, aber deren Vorteil, kein Helium zu verlieren, muss mit hohem Verbrauch an elektrischem Strom erkaufte werden und leider auch mit Vibrationen, die sich bei vielen Präzisionsmessmethoden nachteilig auswirken. Zudem müsste man hierfür alle Messaufbauten aufwändig umrüsten.

---

**MEHR KAPAZITÄT:** Um dem großen Bedarf internationaler Wissenschaftler an Messzeit in höchsten magnetischen Feldern gerecht zu werden, wird am Hochfeld-Magnetlabor Dresden im Dezember 2013 ein Erweiterungsbau in Betrieb genommen.

---

#### ■ Bekamen Sie die Engpässe in letzter Zeit schon zu spüren?

Allerdings. Besonders im Oktober und Dezember letzten Jahres haben wir wochenlang vergeblich auf bestelltes Helium gewartet. Nutzer, die von weither angereist waren, konnten wir zum Glück gerade noch versorgen, aber unsere Eigenforschung hat zwischenzeitlich stark unter dem Heliummangel gelitten und leider wiederholt sich dieser Engpass gerade wieder.

#### ■ Wird das HZDR mit Inbetriebnahme des Verflüssigers vollkommen autark sein?

Nicht vollständig. Es wird immer wieder prozess- und bedienungsbedingte Verluste an Experimentaufbauten, Auffangsystemen und den Hochdruckspeichern geben. Wir rechnen mit Verlusten von etwa zehn Prozent, das ist das Beste was man bisher in vergleichbar großen Anlagen bekommen konnte. Wir planen, gasförmiges, leicht verunreinigtes Helium nachzukaufen – das ist deutlich preisgünstiger als der Nachkauf von reinem Flüssig-Helium; die Reinigung und Verflüssigung können wir schließlich mit unserer eigenen Anlage übernehmen.

#### ■ Der Anbau wurde innerhalb weniger Monate fertig gestellt, kommt er gerade zur rechten Zeit?

Ich denke ja. Alle Anbieter prognostizieren eine Krise. Wann die nun genau in vollem Umfang kommen wird, weiß man nicht. Wir sind sehr froh, dass wir mit der Ressource Helium zukunftsorientiert umgehen und die Anzeichen der Krise erkannt haben. Entscheidend war, dass der HZDR-Vorstand die Beschaffung der Heliumverflüssigungsanlage so konsequent in Gang gesetzt hat und dass das Team von Herrn Reichelt [Anm. d. Red.: Zentralabteilung Technischer Service] den Anbau in Rekordzeit verwirklichen konnte. Dadurch werden wir zukünftig die Forschung in- und externer Nutzergruppen gewährleisten können. →




---

#### KONTAKT

\_Hochfeld-Magnetlabor Dresden im HZDR  
Dr. Thomas Herrmannsdörfer  
t.herrmannsdorfer@hzdr.de

---

// Per Helikopter und auch am Boden wird im sächsischen Erzgebirge nach Rohstoffen gesucht. Die erste Befliegung fand im Oktober statt. Das Ziel: schonende Erkundungsmethoden testen.



**MESSFLUG:** Mit dem Hubschrauber sollen Rohstoffe bis in 500 Meter Tiefe geortet werden. Foto: Detlev Müller

## ROHSTOFFLAGER ERZGEBIRGE

\_Text . Anja Weigl

Huthaus, Binge, Bergbrüderschaft – in der Erzgebirgsstadt Geyer merkt man, dass hier einmal Bergbau betrieben wurde. Und die Zeiten dafür sind möglicherweise noch nicht vorbei, jedenfalls wird in der Umgebung von Geyer wieder nach Rohstoffen gesucht. Eine Tochterfirma der Deutschen Rohstoff

AG bohrte südlich der Stadt nach Zinn und beziffert das Vorkommen auf 44.000 Tonnen, begleitet von beträchtlichen Mengen an Indium und Zink. Auch das zum HZDR gehörende Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) ist an den möglichen Ressourcen in einem Gebiet westlich →



**ROHSTOFFE SANFT ERKUNDEN:** Mehrere Einrichtungen vereinen ihr Know-how (v.l.n.r.): Olaf Hellwig (TU Bergakademie Freiberg), Jens Gutzmer (Helmholtz-Institut Freiberg/HIF), Saskia Stein (HIF), Mathias Scheunert (Bergakademie) und Bernhard Siemon (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). Foto: Detlev Müller

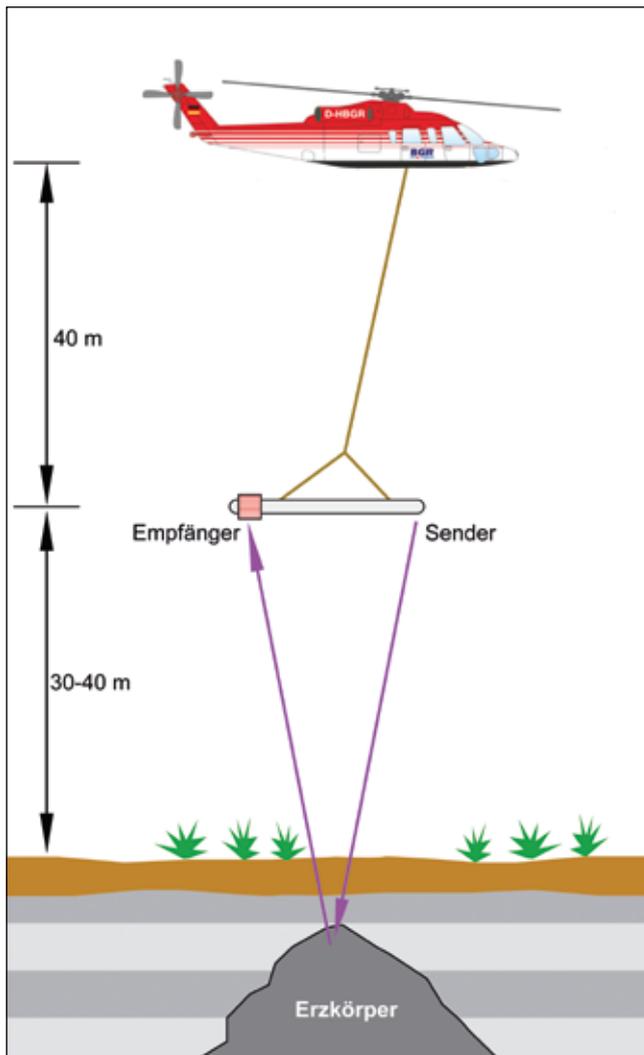
von Geyer interessiert – allerdings aus wissenschaftlicher Sicht. Die Forscher wollen gemeinsam mit Partnern Methoden zur Erkundung von Rohstoffen weiterentwickeln, die ohne tiefe Eingriffe in den Boden auskommen.

Das Gebiet ist etwa 110 Quadratkilometer groß und umfasst die Gemeinden Ehrenfriedersdorf-Stadt, Gelenau/Erzgebirge, Lauter-Bernsbach, Grünhain-Beierfeld-Stadt, Löbnitz-Stadt, Elterlein-Stadt, Raschau-Markersbach, Thum-Stadt, Zwönitz-Stadt, Auerbach, Drebach, Geyer-Stadt sowie Schwarzenberg/Erzgebirge-Stadt. „Es ist bekannt, dass dort Rohstoffe wie Zinn und Zink, aber auch Wolfram und Indium lagern“, so HIF-Direktor Jens Gutzmer. Seine Mitarbeiter hatten dafür in den Archiven des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie recherchiert. Aus bergbaulicher

Sicht ist die Region rund um Geyer gut erkundet – soweit man dies anhand von einzelnen Bohrungen zu DDR-Zeiten sagen kann. Was die HIF-Wissenschaftler jetzt anstreben, ist eine flächendeckende Untersuchung des Geyerschen Waldes, die also auch jeden Zentimeter Boden zwischen den früheren Bohrungen einschließt.

### Elektromagnetische Signale in der Luft

Die Forscher arbeiten mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover zusammen, sie setzt dafür ihren Hubschrauber ein. Für die Behörde ist das ein Wiedereinstieg in die Rohstofferkundung; zumeist ist der Helikopter im Ausland im Einsatz, wo es vielfach darum geht, Wasserreservoirs aufzuspüren. Doch egal, ob es sich um Wasser oder Erze handelt, die Methode ist die gleiche. An einem 45 Meter langen Kabel schleppt der Hubschrauber eine zehn Meter lange Flugsonde unter sich her. Sie enthält die Messausrüstung, Sender und Empfänger für elektromagnetische Signale. „Sie geben Auskunft über die elektrische Leitfähigkeit des Untergrundes, was ein Anzeichen für vorhandene Erze sein kann“, sagt Bernhard Siemon, Arbeitsbereichsleiter Aerogeophysik und Luftfahrttechnischer Betrieb bei der BGR. →



Am 22. Oktober startete der Hubschrauber vom Typ Sikorsky zu seinem ersten Messflug über das Erzgebirge. Inzwischen hat er das Kerngebiet des Geyerschen Waldes erfasst. Auch in den kommenden beiden Jahren soll er wieder dort sein, dann jedoch mit neuen Messmethoden an Bord, die die BGR testen will. Sie sollen Rohstoffe bis in 500 Meter Tiefe finden; bei der ersten Befliegung waren Messungen nur bis in 150 Meter Tiefe möglich. Obwohl die Flugsonde nur etwa 30 bis 40 Meter über dem Gelände schwebt, kann man selbst den auffälligen Helikopter vom Boden aus gar nicht so oft sehen. Er überfliegt das Gebiet auf festgelegten Linien in Abständen von 300 bis 500 Metern.

Die Experten der BGR registrieren unzählig viele Messsignale. Sie können aber nicht auf konkrete Erzkörper schließen. „Dafür müsste man dann wieder Bohrungen durchführen. Sie geben einen genauen Aufschluss, welche Rohstoffe in welchen Mengen vorhanden sind“, so Jens Gutzmer. Eine weitere Herausforderung: Die Forscher wollen wissen, wo exakt im Untergrund die wertvollen Ressourcen liegen. Die Hubschrauber-Daten allein reichen dafür aber nicht. Nur die Größe der Erzkörper lässt sich aus ihnen erschließen. Zusätzliche Messtechniken sind also nötig.

#### ELEKTROMAGNETIK IN DER LUFT:

Schema zum Einsatz von Helikopter und Flugsonde

### Seismische Wellen im Boden

Sie sollen vom Institut für Geophysik und Geoinformatik der TU Bergakademie Freiberg kommen. Die Forscher dort lassen kleine Gewichte auf die Erde fallen und zünden minimale Sprengladungen, vergleichbar mit Silvesterknallern, um seismische Wellen im Boden zu erzeugen. Sie werden von hochempfindlichen Geophonen registriert. Da die einzelnen Schichten im Untergrund die Erdwellen unterschiedlich reflektieren, können die Wissenschaftler so auf die unterirdischen Strukturen zurückschließen. „Die Wellen, die wir erzeugen, haben eine viel geringere Stärke als die Signale, die entstehen, wenn der Wind durch Bäume rauscht“, sagt der wissenschaftliche Mitarbeiter Olaf Hellwig. Die Untersuchungen sind also genauso schonend wie die Messungen durch den Helikopter.

Geplant ist zudem, dass die Forscher der Bergakademie eine weitere wichtige Aufgabe in dem Projekt übernehmen: Alle gesammelten Informationen sollen in ein hochaufgelöstes, räumliches Modell des Untergrundes unter dem Geyerschen Wald einfließen. Zwar haben die Wissenschaftler Erfahrung mit dieser Art der mathematischen Modellierung für Gebiete im norddeutschen Raum, aber das Erzgebirge sei erheblich vielschichtiger aufgebaut, so Hellwigs Kollege Mathias Scheunert. In drei Jahren wollen die Experten des Helmholtz-Instituts Freiberg, der BGR sowie der Bergakademie ihre Ergebnisse öffentlich vorstellen. Denkbar, dass dann auch die Industrie daran Interesse hat. „Zunächst müssen wir aber die Untersuchungen, insbesondere per Hubschrauber, abwarten“, sagt Jens Gutzmer vom HIF. „Danach können wir sagen, welches Potenzial unsere heimischen Rohstoffe haben. Wichtig ist aber ebenso das Zusammenspiel der von uns erprobten, schonenden Methoden; sie könnten auch anderswo zur Erkundung von Rohstoffen eingesetzt werden.“ —

#### KONTAKT

\_Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie im HZDR  
Prof. Jens Gutzmer  
j.gutzmer@hzdr.de

// Sören Kliem ist Leiter der Abteilung Reaktorsicherheit am HZDR. Im Gespräch mit „entdeckt“ erklärt er, warum bestimmte Aspekte der Reaktorsicherheitsforschung trotz der Energiewende in Deutschland weiterhin wichtig sind.

Foto: Areva



## „ES GEHT UM DEN AKTIVEN KOMPETENZERHALT“

\_Interview . Simon Schmitt

**Herr Kliem, Sie waren gerade auf dem 23. Symposium der Atomic Energy Research (AER) Organisation im slowakischen Štrbské Pleso. Gab es ein spezielles Thema in diesem Jahr?**

Die Konferenz hat normalerweise kein spezielles Thema als hauptsächlichen Fokus. Es geht vielmehr darum, sich kontinuierlich über die sicherheitstechnischen Entwicklungen auf dem Forschungsfeld der sogenannten Wasser-Wasser-Energie-Reaktoren (WWER) auszutauschen.

**Worum handelt es sich dabei?**

Wir verstehen darunter Druckwasserreaktoren russischer Bauart. Die Bezeichnung Wasser-Wasser steht für wassermoriert und wassergekühlt, also das Wasser dient sowohl zur

Abbremsung der Neutronen als auch zur Abfuhr der produzierten Wärme. Dies ist in den entsprechenden Reaktoren westlicher Bauart genauso der Fall, die wichtigsten Unterschiede zu diesen Reaktoren liegen vor allem in der Anordnung der Brennstäbe im Reaktorkern und der Ausrichtung der Dampferzeuger.

**Lässt sich für diesen Reaktortyp derzeit ein Trend ablesen?**

Tatsächlich gibt es momentan einen verstärkten Technologieexport in diesem Bereich von russischer Seite. So werden momentan WWERs in Indien, China, Vietnam, Bangladesch und der Türkei gebaut bzw. es gibt entsprechende Vorbereitungen dafür. Außerdem sind bei den derzeit laufenden Ausschreibungen für Reaktorneubauten in Tschechien und Finnland Reaktoren dieses Bautyps in der Liste der angebotenen Reaktortypen. →

### ■ Im Gegensatz dazu steigt Deutschland aus?

Ja, Deutschland hat, wie wir alle wissen, den vollständigen Ausstieg aus der Stromerzeugung mit Kernenergie beschlossen und die Energiewende eingeleitet. Wir stellen uns nun den daraus resultierenden Konsequenzen. Trotzdem brauchen wir weiterhin aktive Reaktorsicherheitsforschung.

### ■ Weshalb?

Nun ja, einerseits geht das letzte deutsche Kraftwerk erst im Jahr 2022 vom Netz. Das Atomgesetz schreibt vor, dass die Reaktoren nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik zu betreiben sind. Dies gilt bis zum letzten Betriebstag und darüber hinaus. Das Stichwort lautet hier Nachbetriebsphase. Das können wir natürlich nur schaffen, wenn wir weiterhin aktiv Forschung betreiben. Aber auch danach bleibt es wichtig, die Kompetenz zu erhalten. Nur mit eigener aktiver Forschung können wir Einfluss auf internationale Entwicklungen und Sicherheitsstandards nehmen. Deutschland ist einer der Trendsetter im Bereich Reaktorsicherheit. Es ist politisch gewollt, dass wir uns weiterhin für die Verbesserung der Sicherheit von Kernreaktoren einsetzen. Darüber hinaus brauchen wir auch in Zukunft eine unabhängige Bewertungsinstanz für unsere Regierung. Es ist ja bekannt, dass Nachbarländer von uns den Neubau von Kernkraftwerken planen, teilweise sogar mit neuen Reaktortypen. Frankreich plant zum Beispiel den Bau eines flüssigmetallgekühlten Reaktors. Das ist eine komplett andere Technologie, die wir natürlich nur verstehen können, wenn wir uns aktiv mit ihr beschäftigen. Und diese Kompetenz wird vor allem dann wichtig, wenn wir Einfluss auf die Genehmigungsverfahren nehmen wollen – was die Europäische Union Nachbarländern gestattet.

### ■ Wie könnte sich das HZDR hier einbringen?

Wir stehen immer noch ein wenig in der Tradition des ehemaligen Kernforschungszentrums Rossendorf, weswegen wir als Experten für WWERs auch der Atomic Energy Research Organisation beigetreten sind. Auf Grundlage dieser Kompetenz konnten wir uns ja auch ein starkes Profil auf dem Gebiet der Reaktorsicherheitsforschung erarbeiten. So wurde unser Reaktordynamikprogramm DYN3D speziell für die Störfallanalyse von WWERs konzipiert. In den 1990ern haben wir den Code auf westliche Leichtwasserreaktoren ausgeweitet. Wir haben DYN3D in beiden Anwendungsgebieten als unabhängiges und komplementäres Berechnungswerkzeug etabliert, das von Forschungseinrichtungen, der Industrie und auch von Genehmigungsbehörden eingesetzt wird. Nun wollen wir das Programm auch für neue Bauarten, wie zum Beispiel Flüssigmetallreaktoren, anwendbar machen.

### ■ Wie funktioniert das?

Wir müssen unser Rechenprogramm an die Spezifika dieser Reaktoren anpassen und Modelle für Effekte einbauen, die in den bisher betrachteten Reaktoren nicht auftreten.

### ■ Kann es eigentlich langfristig funktionieren, internationale Sicherheitsstandards mitzubestimmen ohne eigene Kernreaktoren zu betreiben?

Aber ja, dafür gibt es ja bereits ein Beispiel: Nach der Wiedervereinigung ist Deutschland aus der WWER-Technologie ausgestiegen und hat alle diese Reaktoren stillgelegt. Weil wir, und da meine ich genau die Reaktorsicherheitsforschung im HZDR, aber weiterhin aktive Forschung in diesem Bereich betrieben und relevante Forschungsergebnisse erzielt haben, sind wir innerhalb der AER-Organisation auch 20 Jahre später immer noch ein wichtiger, anerkannter und einflussreicher Partner. Das muss nach dem Kernenergieausstieg unser Ziel für die Zukunft sein und wir haben ja bereits demonstriert, dass dies möglich ist.

### ■ Befürchten Sie, dass Ihnen aufgrund der Energiewende für solche Projekte bald der Nachwuchs fehlt?

Das können wir noch nicht genau abschätzen, da dafür der Zeitraum noch zu kurz ist. Im Grundlagenbereich scheinen die Universitäten bislang noch keine Einbrüche zu verzeichnen. Wir müssen das in zwei bis drei Jahren überprüfen, wenn es darum geht, welche Spezialisierung die heutigen Erstsemester dann wählen. Vielleicht bekommen wir dann aber auch wieder verstärkt Nachwuchs aus dem Ausland – ein Trend, den wir beim von der rot-grünen Regierung im Jahr 2002 mit der Industrie vereinbarten Ausstieg gesehen haben. ┘



EXPERTE FÜR REAKTORSICHERHEIT: Sören Kliem

### — KONTAKT

\_Institut für Ressourcenökologie im HZDR  
Dr. Sören Kliem  
s.kliem@hzdr.de

// In der HZDR-Forschungsstelle in Leipzig steht das deutschlandweit erste kommerzielle Forschungsgerät für Kleintiere, das die beiden bildgebenden Verfahren Positronen-Emissions- und Magnet-Resonanz-Tomographie (PET/MR) vereint.



**WIE VIEL IST ZU VIEL:** Doktorand Mathias Kranz untersucht die Strahlenbelastung einzelner Organe beim Einsatz von Radiotracer.

Foto: André Künzelmann

## VON MÄUSEN UND MENSCHEN: LEIPZIGER FORSCHER UNTERSUCHEN STRAHLENBELASTUNG BEI DER DIAGNOSTIK

\_Text . Sara Schmiedel

Die sechs weißen Mäuse vom Stamm CD1 wuseln durch die Einstreu ihrer Box, klettern an den Gitterstäben entlang, bekabbern die bereitgestellten Pellets und kuscheln mit ihren Artgenossen. Noch wissen sie nicht, dass sie gleich Teilnehmer an einer wichtigen Studie sein werden. Einer Studie, die Mäuseleben und irgendwann auch Menschenleben retten kann. Mathias Kranz, Doktorand in der HZDR-Forschungsstel-

le in Leipzig, untersucht in seiner Promotion, wie viel Radioaktivität sich in welchen Organen bei Einsatz von radioaktiven Sonden – sogenannten Radiotracer – im Körper von Mäusen anreichert. Später sollen diese Werte auf den menschlichen Organismus übertragen werden. Radiotracer sind chemische Verbindungen, die ein radioaktives Element aufweisen und dadurch Wissenschaftlern helfen, Stoffwechselprozesse in →

lebenden Organismen zu beobachten. Ganz konkret handelt es sich bei dem Leipziger Projekt um die Radiotracer Fluspidine und Flubatine – beides Moleküle, die das radioaktive  $^{18}\text{F}$  (Fluor) enthalten. Sie sollen in der Diagnostik von Tumoren und neurodegenerativen Erkrankungen wie der Alzheimer-Krankheit zum Einsatz kommen. Entscheidend dafür ist ihre Fähigkeit, körpereigene Substanzen in bestimmten Eigenschaften zu imitieren.

Einmal in den menschlichen Körper injiziert, binden sie sich an ganz bestimmte Zielstrukturen – das sind beispielsweise für den ebenfalls in Leipzig eingesetzten „PET-Zucker“ [ $^{18}\text{F}$ ] FDG besonders stoffwechselaktive Stellen wie Tumoren. Die ausgesendete Strahlung der radioaktiven Moleküle kann

## Mäuse bleiben unversehrt

Ohne diese Methoden müssten die tierischen Versuchsteilnehmer seziiert, die einzelnen Organe entnommen und ausgemessen werden, um die Menge an Radioaktivität festzustellen, die sich nach Injektion des Radiotracers im Körper anreichert. Interessant ist dabei nicht nur die momentane Dosisleistung, sondern auch die Entwicklung im Laufe von Minuten und Stunden, wodurch die Organdosis bestimmt wird. „Dank unseres PET-MRs können wir auch Langzeitstudien mit ein und derselben Maus machen“, erklärt Mathias Kranz. Bei anderen Methoden muss pro Messzeitpunkt ein Versuchstier geopfert werden.

---

Bevor eine radioaktive Sonde in Krankenhäusern eingesetzt werden kann, muss ihre Wirksamkeit und Unbedenklichkeit in Lebewesen nachgewiesen werden.

---

mithilfe der Positronen-Emissions-Tomographie erfasst und ausgewertet werden. Bevor eine radioaktive Sonde allerdings tatsächlich in Krankenhäusern eingesetzt werden kann, muss ihre Wirksamkeit und Unbedenklichkeit in Lebewesen nachgewiesen werden, so schreiben es das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) vor. Der Weg führt über mehrere Studienphasen mit Mäusen und Schweinen bis hin zu gesunden Menschen. Die HZDR-Wissenschaftler werden dabei von Kollegen der Nuklearmedizinischen Klinik des Uniklinikums Leipzig unterstützt.

## Leipzig ist Referenzstandort

Nach der Inbetriebnahme durch erfahrene Kollegen am Dresdner Standort steht seit Frühjahr dieses Jahres in Leipzig das erste kommerzielle Ganzkörper-PET-MR in Deutschland für Kleintiere. Es ist eines von dreien weltweit. Das HZDR ist Referenzstandort des ungarischen Herstellers Mediso – das bringt eindeutige Vorteile: „Natürlich gibt es noch ein paar verspätete Kinderkrankheiten, aber wenn wir ein Problem melden, bekommen wir innerhalb weniger Stunden Hilfe“, erklärt Mathias Kranz. Der 27-jährige Diplomingenieur hat Biomedizinische Technik an der Technischen Universität Ilmenau studiert und arbeitet seit gut einem Jahr im HZDR-Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung. Vom neuen Gerät ist er begeistert: „Wir bekommen so nicht nur Informationen über die Stoffwechselvorgänge im Körper, sondern gleichzeitig auch hochaufgelöste dreidimensionale Bilder, die die genaue Lage und Ausdehnung der Weichteile zeigen.“ Vor allem bei der Darstellung des Gehirns liefern MR-Geräte weitaus bessere Ergebnisse als herkömmliche Kombinationen aus PET und Computertomographie (CT).

Während der Untersuchung liegen die Mäuse auf einer beheizten Mini-Liege, eine Drucksonde überwacht ihre Atmung. Die radioaktiv markierte Substanz wurde ihnen zu Beginn in die Schwanzvene injiziert. Sie befinden sich in Narkose und werden sich hinterher an nichts erinnern können. Auf dem Bildschirm sieht Mathias Kranz nun ein schwarz-graues Bild aus dem Inneren der Maus. An einigen Körperregionen leuchten rote, gelbe und blaue Stellen auf. „Rot heißt, dass wir an diesen Stellen eine hohe Aktivität messen, sich also viel von unserem Stoff anlagert“, erklärt der junge Wissenschaftler. Auf den ersten Blick sind sehr gut die Leber, die Nieren und die Blase zu erkennen – Organe, die aktiv an der Ausscheidung der Substanz beteiligt sind.

Mathias Kranz berechnet im Anschluss an die Experimente die zu erwartende effektive Dosis im Menschen. Diese dient beim klinischen Einsatz der Sonden als Risikoabschätzung. Die Forscher haben mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen beim BfS die Genehmigung für eine Studie zur Anwendung der neu entwickelten Radiotracer (+)-[ $^{18}\text{F}$ ]Flubatine und (S)-(-)-[ $^{18}\text{F}$ ]Fluspidine am Menschen beantragt. Dabei kooperieren sie eng mit den Wissenschaftlern des Uniklinikums Leipzig – der Start ist für Anfang 2014 geplant. —

---

## KONTAKT

\_Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung im HZDR  
Forschungsstelle Leipzig  
Prof. Peter Brust  
p.brust@hzdr.de  
Mathias Kranz  
m.kranz@hzdr.de

// Experimente an der hochintensiven Gamma-Quelle HIGS im amerikanischen Durham zeigen erstmals exakte Werte für die magnetische Dipolstärke – und enthüllen somit Details zum Aufbau von Atomkernen.



**QUELLE DER STRAHLUNG:** Die für die Untersuchung von Atomkernen nötige Gamma-Strahlung entsteht, wenn die schnellen Elektronen aus dem ELBE-Beschleuniger auf ein spezielles „Target“ treffen. Weil dieses die Elektronen stark abbremst, sprechen die Physiker hier auch von Bremsstrahlung. Foto: Frank Bierstedt

## DAS MAGNETISCHE ECHO VON ATOMKERNEN

\_TEXT . Uta Bilow

„Es war beinahe so unglaublich, als wenn man mit einer 15-Zoll-Granate auf ein Stück Seidenpapier schießt und die Granate zurückkommt und einen selber trifft.“ Mit diesen Worten beschrieb der neuseeländische Physiker Ernest Rutherford das Resultat seiner Experimente, bei denen er positiv geladene Heliumkerne (Alphateilchen) auf eine hauchdünne Goldfolie lenkte. Zu seiner großen Überraschung flogen nicht alle Teilchen ungehindert durch die Metallfolie, sondern ein gewisser Prozentsatz änderte seine Flugrichtung oder wurde sogar reflektiert. Der Streuversuch von Ernest Rutherford markierte vor rund 100 Jahren einen Wendepunkt im Verständnis vom Aufbau der Atome. Seine Ergebnisse führten zur bis heute gültigen Vorstellung, dass jedes Atom einen sehr kleinen, positiv geladenen Kern besitzt, der von negativ geladenen Elektronen umhüllt ist.

So winzig ein Atomkern auch ist, bedeutende Phänomene wie Radioaktivität oder Kernspaltung, aber auch die Entstehung der chemischen Elemente in den Sternen sind mit Vorgängen im Atomkern verknüpft. Deshalb versuchen Wissenschaft-

ler, möglichst viele Details über Aufbau und Reaktionen von Atomkernen herauszufinden. Auch Forscher am HZDR beteiligen sich an dieser Aufgabe. Ronald Schwengner und seine Kollegen interessieren sich speziell für sogenannte Dipolresonanzen in Atomkernen und deren Einfluss auf den Ablauf von Kernreaktionen. In einer gemeinsamen Untersuchung von Forschern des „Triangle Universities Nuclear Laboratory“ (TUNL) in Durham, North Carolina, USA, und des HZDR ist es kürzlich gelungen, die magnetische Dipolresonanz in einem Atomkern mit großer Genauigkeit zu vermessen. Die neuen Daten können unter anderem in Berechnungen in der Kernastrophysik und der Kerntechnik einfließen.

Wie aber untersucht man Atomkerne, jene winzig kleinen Gebilde aus Neutronen und Protonen? „Man muss die Kerne zunächst in einen energetisch angeregten Zustand versetzen“, erklärt der Physiker Ronald Schwengner. Dies geschieht durch den Beschuss mit Ionen, Neutronen oder mit hochenergetischen Photonen (Gamma-Quanten). Wenn die Atomkerne dann in ihren energetischen Grundzustand →

zurückfallen, senden sie wiederum Teilchen oder eine charakteristische Gamma-Strahlung aus. In photonuklearen Reaktionen lassen sich zwei Phänomene beobachten: Ist das eingestrahlte Gamma-Quant sehr energiereich, wird z. B. ein Neutron aus dem Atomkern herausgeschlagen. Dieser als Photodissoziation bekannte Prozess ist mit der sogenannten elektrischen Riesen-Dipolresonanz verknüpft. Sind dagegen die eingestrahlenen Photonen von geringerer Energie, kommt es zu einem Streueffekt, bei dem der Atomkern angeregt wird. „Während die elektrische Riesen-Dipolresonanz schon seit vielen Jahren an zahlreichen Nukliden vermessen wurde, gibt es bisher vergleichsweise wenig Kenntnis über elektromagnetische Dipolanregungen des Atomkerns bei kleineren Energien unterhalb der Schwelle für die Photodissoziation“, sagt Schwengner.

### Empfindliche Messgeräte und Techniken gefragt

Experimente zur Photonenstreuung werden seit einigen Jahren am Elektronenbeschleuniger ELBE des HZDR durchgeführt. Schießt man den hochenergetischen Elektronenstrahl der ELBE-Quelle auf eine Metallfolie, wird er darin abgebremst. Die dabei entstehende hochenergetische Bremsstrahlung (Gamma-Strahlung) wird genutzt, um Atomkerne in verschiedenen Massengebieten systematisch zu untersuchen. Zu Natur und energetischer Verteilung der magnetischen Dipolanregungen blieben jedoch immer noch Fragen offen. Denn in den gemessenen Spektren überdeckt die elektrische Strahlung die magnetische regelrecht, wie Ronald Schwengner erläutert: „Die magnetischen Dipolanregungen haben eine weitaus geringere Intensität als elektrische Dipolanregungen. Man benötigt also sehr empfindliche Messgeräte und Techniken zum Nachweis und zur eindeutigen Unterscheidung zwischen magnetischer und elektrischer Strahlung.“

Den Durchbruch brachte nun ein Experiment an der „High-Intensity Gamma-Ray Source“ (HIGS), die im amerikanischen Durham betrieben wird. Die Gamma-Strahlung aus dieser

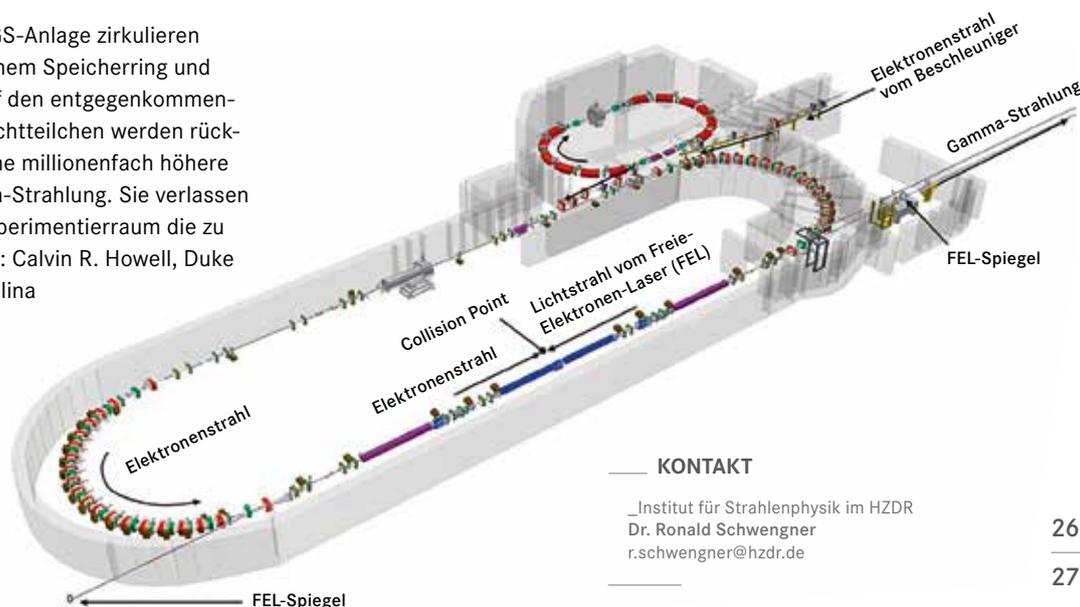
Quelle ist zum einen sehr intensiv, vor allem aber ist sie nahezu monoenergetisch und polarisiert. Gerade letzteres erlaubt eine sehr genaue Unterscheidung zwischen elektrischer und magnetischer Dipolstrahlung. Zur Eichung der an HIGS gemessenen Spektren wurden dabei zuvor mit Bremsstrahlung an ELBE gewonnene Daten genutzt. Schwengner: „Die Kombination von ELBE und HIGS hat sich als optimal erwiesen. Beide Einrichtungen decken verschiedene Aspekte der Experimentiertechnik ab, und die Ergebnisse lassen sich sehr gut kombinieren.“ Das Ergebnis: Ein Anregungsspektrum des Nuklids <sup>90</sup>Zr, das in einem bestimmten Energiebereich eine Häufung von magnetischen Dipolanregungen aufweist. Die Größe und Lage der Werte der magnetischen Dipolstärke zeigen die exakte Feinstruktur der magnetischen Dipolresonanz und lassen Rückschlüsse auf die Eigenschaften des Atomkerns zu.

Die Experimente am HZDR und in Durham erbringen einerseits einen bedeutenden Erkenntnisgewinn über Stärke und Struktur magnetischer Dipolanregungen in Atomkernen. Andererseits können sie aber auch in künftige Berechnungen und Simulationen von Kernreaktionen einfließen, da sich aus den energetischen Verteilungen der Anregungsstärke ablesen lässt, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Atomkern ein Gamma-Quant einfängt oder abgibt. Die genaue Kenntnis dieser Wahrscheinlichkeit ist zum Beispiel wichtig für die Beschreibung von Neutroneneinfangsreaktionen, die sowohl in der Kernastrophysik – wo man die Entstehung schwerer Elemente in Sternexplosionen untersucht – als auch in der Kerntechnik, etwa für die Transmutation von langlebigen Radionukliden, eine entscheidende Rolle spielen. Ernest Rutherford wäre vermutlich begeistert über die Vielzahl von Details, die in dem zurückliegenden Jahrhundert über den Atomkern entdeckt wurden. ─

### PUBLIKATIONEN:

- G. Rusev u. a., Physical Review Letters, Bd. 110 (2013; DOI: 10.1103/PhysRevLett.110.022503)
- R. Massarczyk u. a., Physical Review C, Bd. 86 (2012; DOI: 10.1103/PhysRevC.86.014319)
- R. Schwengner u. a., Physical Review C, Bd. 87 (2013; DOI: 10.1103/PhysRevC.87.024306)

**ERHÖHTE ENERGIE:** In der HIGS-Anlage zirkulieren beschleunigte Elektronen in einem Speicherring und treffen am „Collision Point“ auf den entgegenkommenden Lichtstrahl des FEL. Die Lichtteilchen werden rückgestreut und erhalten dabei eine millionenfach höhere Energie im Bereich von Gamma-Strahlung. Sie verlassen den Ring und bestrahlen im Experimentierraum die zu untersuchende Probe. Schema: Calvin R. Howell, Duke University Durham, North Carolina



**KONTAKT**  
 \_Institut für Strahlenphysik im HZDR  
 Dr. Ronald Schwengner  
 r.schwengner@hzdr.de

// S.N.I.P.E.R heißt die gerade mal einen mal eineinhalb Meter kleine Anlage im großen Ionenstrahlzentrum des HZDR, mit der René Heller einzelne Ionen auf Oberflächen platzieren will.



## GESCHOSSE MIT UNGEHEURER PRÄZISION

\_TEXT . Christine Bohnet

**ATOM FÜR ATOM:** Mit einer Glaskapillare und einer Spitze, wie sie bei Rasterkraft-Mikroskopen Verwendung findet, werden die beschleunigten Teilchen aus ihrem Paket aussortiert. Schema: Sander Münster

Werden im Ionenstrahlzentrum geladene Teilchen üblicherweise auf hohe Energien beschleunigt und auf Materialien geschossen, um so deren Eigenschaften gezielt zu verändern, liegt die Kunst für den Physiker René Heller darin, wenige, besonders hoch geladene Teilchen abzubremesen. Dann richten sie zwar räumlich sehr begrenzt, dafür aber umso effizienter Schaden auf der Materialoberfläche an. So lassen sich Nanostrukturen an der Oberfläche erzeugen, ohne Strahlungsschäden in tieferen Schichten des Materials hervorzurufen.

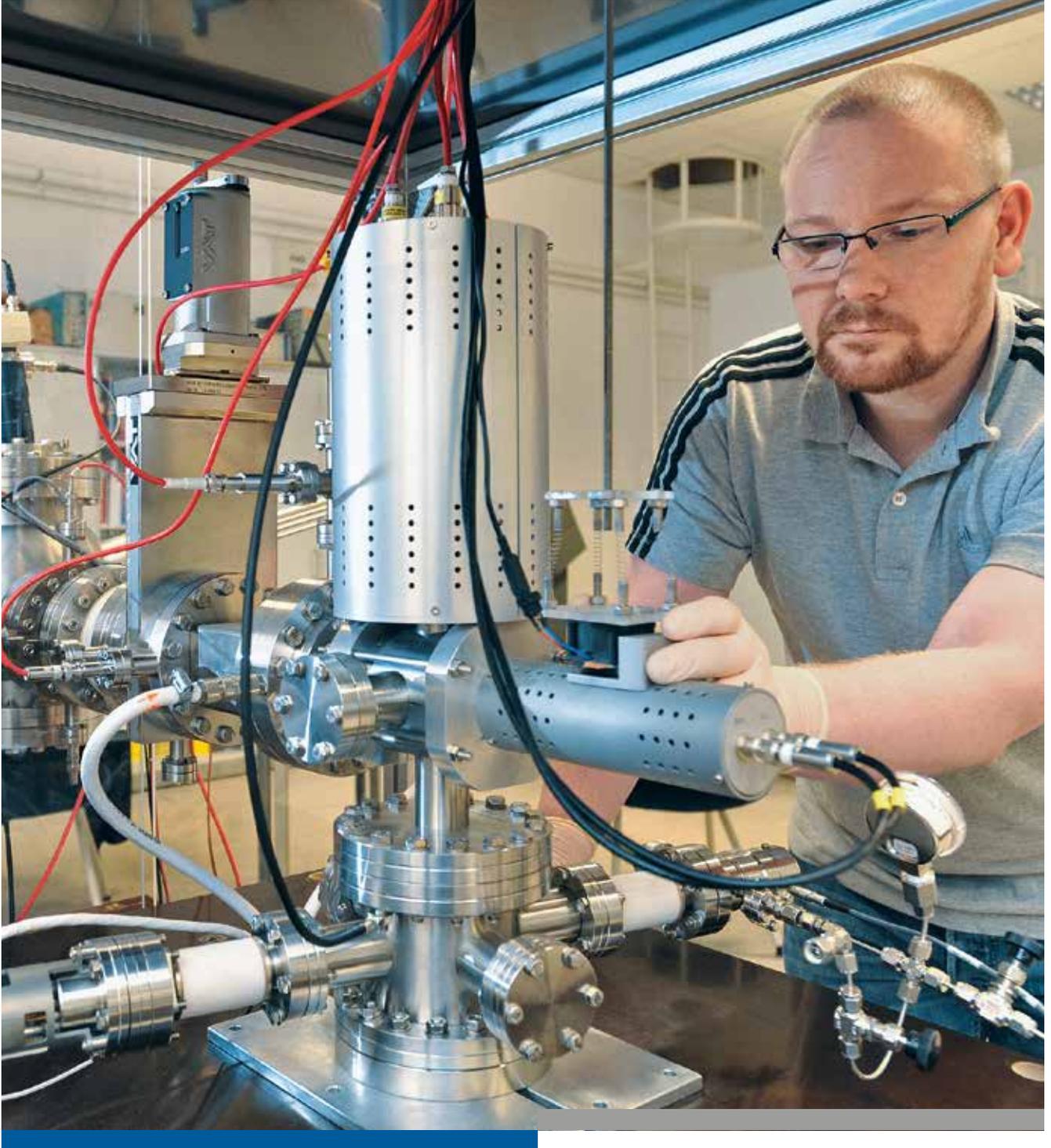
Atome sind, was ihre elektrische Ladung angeht, neutral. Entzieht man ihnen negativ geladene Elektronen, werden aus den Atomen positiv geladene Ionen. Je mehr Elektronen aus dem Atom entfernt werden, desto mehr Energie ist für diesen Vorgang der Ionisation nötig. An S.N.I.P.E.R können Xenon-Atomen bis zu 44 Elektronen entzogen werden. Solcherart hochgeladene Ionen führen die eingesetzte Energie mit sich und setzen sie bei der Kollision mit einer Oberfläche innerhalb weniger Femtosekunden frei, also im Millionstel Teil einer Milliardstel Sekunde. Hinzu kommt, dass die Fläche, auf der die

Wechselwirkung mit der Oberfläche stattfindet, nur wenige Quadratnanometer klein ist, sodass die Ionen auf einer winzigen Zeit- und Raumskala enorme Energien übertragen.

Das Resultat: kleinste Hügel oder Löcher im Nanometerbereich. Da die Ionen zudem sehr langsam sind, dringen sie nicht tief in das Material ein und erzeugen nur genau dort Nanostrukturen, wo man sie haben möchte, nämlich an der Oberfläche. Tiefere Schichten des Festkörpers bleiben nahezu unbeschädigt. In Zusammenarbeit mit der TU Wien konnten René Heller und seine Kollegen in aufwändigen Experimenten die physikalisch knifflige Frage klären, welche Bedingungen dazu führen, dass sich Nano-Krater bilden oder eben Nano-Berge wachsen.

### Einzelne Teilchen herausfiltern

Wie viele andere Wissenschaftler weltweit träumt auch René Heller davon, in Zukunft ganz gezielt Ion für Ion in eine Oberfläche mit Abständen von nur wenigen Nanometern „eingravieren“ zu können. In Anlehnung an dieses ehrgeizige Ziel kommt dem ausgefallenen Namen seiner Anlage, S.N.I.P.E.R (auf Deutsch: Scharfschütze), gleich eine doppelte Bedeutung zu. Er spielt einerseits auf den gezielten Energieeintrag an der Oberfläche an und hebt gleichzeitig die anvisierte →



**SCHARF GESCHOSSEN:** Mit der S.N.I.P.E.R-Anlage gelingt es René Heller, einzelne Ionen in eine Oberfläche zu implantieren und Nanostrukturen zu erzeugen. Foto: Frank Bierstedt

Genauigkeit bei der Ionenplatzierung hervor. Ausgeschrieben steht S.N.I.P.E.R für „Surface Nanostructures by Ions Potential Energy Release“ – Oberflächen-Nanostrukturen durch potentiellen Energieeintrag hochgeladener Ionen.

Der gezielte Beschuss von Oberflächen mit hochgeladenen Ionen birgt ein hohes Potenzial zur Untersuchung neuer wissenschaftlicher Fragestellungen in der Grundlagen- wie in der angewandten Forschung. Als wohl prominentestes Beispiel ist hier der Quantencomputer zu nennen, denn die Platzierung einzelner Ionen in wohldefinierter Weise stellt einen Schlüsselpunkt in dessen Herstellung dar. Aber auch der gezielte Beschuss bereits auf der Oberfläche vorhandener Nanostrukturen könnte zu ungeahnten Innovationen führen. Vom Biomolekül bis hin zur magnetischen Nanostruktur, alles ließe sich durch hochgeladene Ionen kontrolliert modifizieren. Allerdings ist der Weg dorthin noch lang.

S.N.I.P.E.R erzeugt derzeit Ionen in einem Strahl mit einem Durchmesser von circa einem Millimeter. Diese gilt es zu beschleunigen, abzubremesen und dann genau ein einzelnes Teilchen herauszufiltern und auf der Oberfläche zu deponieren. Dafür setzt Heller eine superfeine Glaskapillare sowie eine am HZDR modifizierte Spitze ein, wie sie auch für Rasterkraft-Mikroskope verwendet wird. Die größte Herausforderung beschreibt der Physiker jedoch so: „Hochgeladene Ionen in eine Oberfläche zu implantieren ist uns bereits gelungen, aber eben nicht auf den Nanometer genau. Doch die Voraussetzun-

gen an S.N.I.P.E.R sind sehr vielversprechend. Was uns aber noch viel mehr beschäftigt, ist, dass wir ja wissen müssen, ob und wann ein einzelnes Teilchen die Oberfläche erreicht hat. Wir benötigen also einen zuverlässig funktionierenden Einzelionen-Detektor, für dessen Entwicklung wir aber noch hohe Hürden zu meistern haben.“ ┘

#### PUBLIKATIONEN:

R. Heller u. a.: “Defect mediated desorption of the KBr(001) surface induced by single highly charged ion impact”, in Physical Review Letters, Bd. 101/9 (2008; DOI: 10.1103/PhysRevLett.101.096102)

A.S. El-Said u. a.: “Phase diagram for nanostructuring CaF<sub>2</sub> surfaces by slow highly charged ions”, in Physical Review Letters, Bd. 109 (2012; DOI: 10.1103/PhysRevLett.109.117602)

R. Ritter u. a.: “Fabrication of nanopores in 1 nm thick carbon nanomembranes with slow highly charged ions”, in Applied Physics Letters, Bd. 102 (2013; DOI: 10.1063/1.4792511)

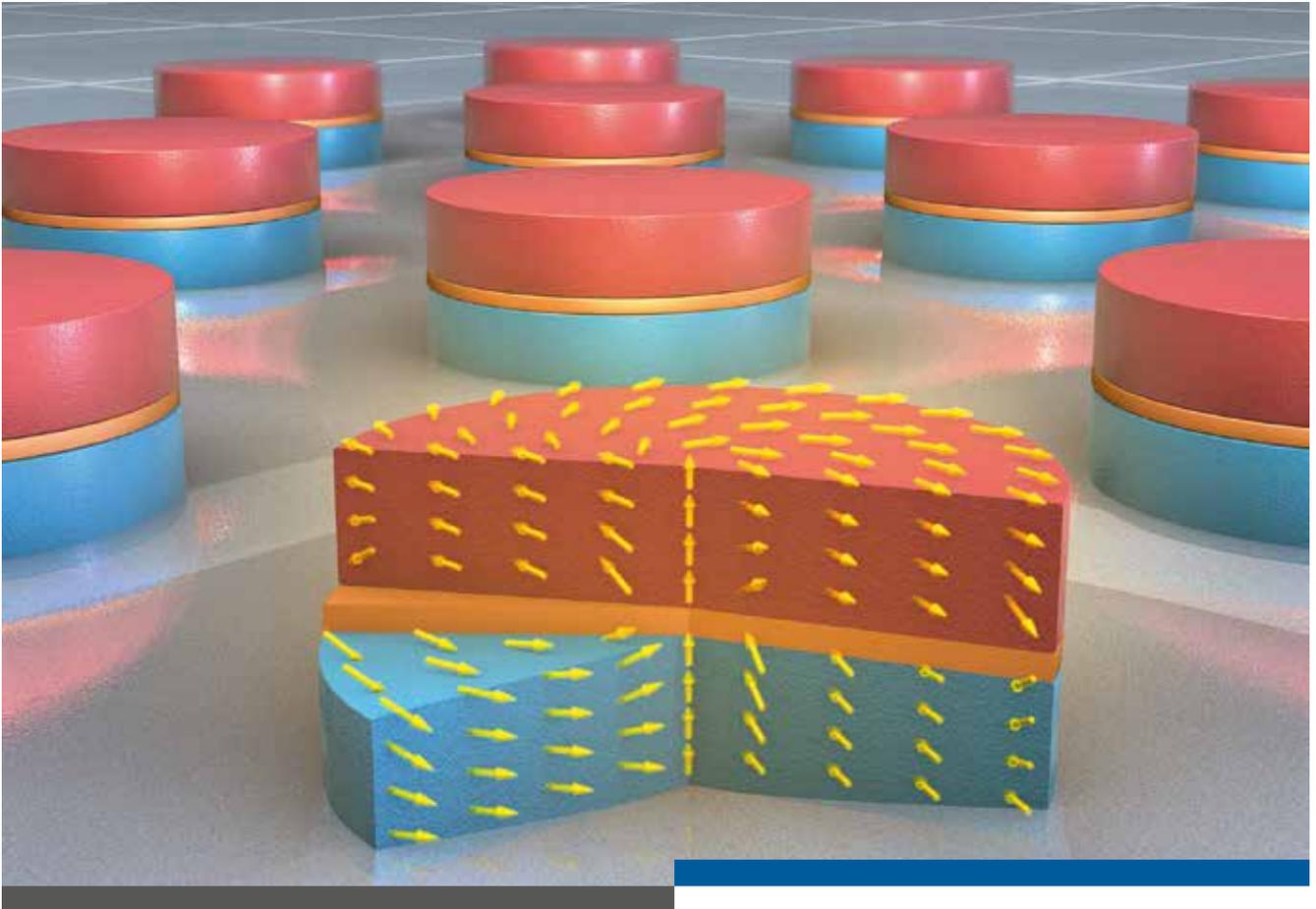
#### KONTAKT

— Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im HZDR  
Dr. René Heller  
r.heller@hzdr.de

IM QUERSCHNITT: S.N.I.P.E.R-Anlage.  
Schema: Sander Münster



// Für leistungsfähige Funkantennen und Datenspeicher könnten dreidimensionale magnetische Wirbel wichtig sein.



**STABILITÄT DURCH WIRBEL:** Zwischen zwei magnetischen Schichten bilden sich um eine nicht-magnetische Zwischenschicht herum statische dreidimensionale Magnetwirbel. Sie stabilisieren die Magnetisierungsrichtung im Wirbelkern in der Mitte – eine Voraussetzung für stabile Wirbelantennen für die drahtlose Datenübertragung.  
Schema: Sander Münster

## MAGNETWIRBEL IN 3D

\_Text . Anja Weigl

Wie viele andere junge Wissenschaftler schreibt der HZDR-Physiker Sebastian Wintz gerade an seiner Doktorarbeit. Auch wenn alle Doktoranden das Ziel haben, die Wissenschaft mit neuen Erkenntnissen zu bereichern, entdecken sie dabei nicht unbedingt immer ein bisher völlig unbekanntes Phänomen. Sebastian Wintz kann das – gemeinsam mit Kollegen aus dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf und dem Paul Scherrer Institut (PSI) in der Schweiz – für sich in Anspruch nehmen.

Wintz beschäftigt sich mit extrem kleinen magnetischen Schichtstrukturen, die nur wenige Nanometer dick sind und einen Durchmesser von einigen Mikrometern haben. In diesen winzigen Dimensionen, und insbesondere auf der nochmals kleineren Ebene der Atome, entstehen die magnetischen Eigenschaften, die Stoffe nach außen hin zeigen. Denn in magnetischen Materialien verhalten sich die Elektronen der Atome ähnlich wie kleine Magnete, die miteinander wechselwirken. Wenn man die Schichtstrukturen so beeinflusst wie Wintz, kann Ungewöhnliches zum Vorschein kommen. →



Was zunächst von nanometerkleinen Magnetscheiben her bekannt war: Magnete können zweidimensionale Wirbel bilden. Sie ordnen sich dabei, in die gleiche Richtung zeigend, in Kreisen um einen Wirbelkern herum an. Solche statischen magnetischen Wirbel – die einzelnen Magnete bleiben alle an ihrem Platz – sind nicht nur für die Grundlagenforschung interessant, sie könnten auch technologische Anwendungen haben. Legt man zum Beispiel einen Strom an das System an, ändern die Magnete in der Scheibe ihre Richtung, sodass es aussieht, als schwinde der Magnetwirbel hin und her. Dabei werden elektromagnetische Wellen abgestrahlt. „Das ist für die ultraschnelle drahtlose Übertragung von Informationen interessant“, sagt Sebastian Wintz.

### Schichtstapel anstelle von Einzelschichten

„Diese magnetischen Antennen arbeiten allerdings bei hohen Leistungen bisher nicht stabil. Wird die Drehgeschwindigkeit des Magnetwirbels zu hoch, klappt die Magnetisierung im Wirbelkern um und die Funkwelle wird unterbrochen“, erklärt er weiter. Er experimentierte nun nicht mit einzelnen Magnetscheiben, sondern stapelte zwei oder drei magnetische, jeweils nur zehn Nanometer dünne Schichten übereinander. Diese isolierte er durch nicht-magnetische Metallschichten verschiedener Stärke. Um die fertigen Schichtsysteme zu untersuchen, fuhr er zum PSI in die Schweiz. Das dort betriebene Raster-Transmissions-Röntgenmikroskop ist in der →



Lage, magnetische Richtungen mit einer Auflösung von 20 Nanometern zu unterscheiden, also genau passend für seine Strukturen.

In den einzelnen magnetischen Schichten beobachtete er die bekannten Magnetwirbel. Neu allerdings waren Wirbel, die er zwischen zwei Lagen – um die Zwischenschichten herum – entdeckte. „Das sind also nicht nur zweidimensionale, sondern sogar dreidimensionale Magnetwirbel“, erläutert Wintz das neue Phänomen. Sie treten aber nur in bestimmten Fällen auf: Wenn die Magnete in den gestapelten Einzelschichten einen gegensätzlichen Drehsinn haben und dabei leicht gekippt sind. Das wiederum wird durch sehr dünne Zwischenschicht-

---

**MIT ELEKTRONEN SCHREIBEN:** Der Physiker Sebastian Wintz am Elektronenstrahlschreiber, mit dem feinste Strukturen in die Wafer-Schichten eingebracht werden.  
Foto: Oliver Killig

---

ten begünstigt, welche man gezielt beeinflussen kann. Sie werden dazu im Ionenstrahlzentrum des HZDR mit schnellen, geladenen Teilchen beschossen. Die Atome geraten dadurch in Unordnung und die Grenze zwischen den magnetischen Schichten und der nicht-magnetischen Zwischenschicht verschwimmt. Je nachdem, wie stark man die Materialien beschießt, sind die Magnete in den einzelnen Schichten auf eine bestimmte Art miteinander „gekoppelt“ und richten sich in der gewünschten Weise aus.

### Stabil statt instabil

Auch die von Wintz hergestellten magnetischen Schichtsysteme können durch Anlegen von Strom zu Sendern für elektromagnetische Wellen werden. Die neuen, dreidimensionalen Magnetwirbel könnten nun aber dafür sorgen, dass die Antennen auch bei hohen Leistungen stabil bleiben: „Durch die neuen Magnetwirbel klappt die Magnetisierung nicht mehr so leicht um. Die Schichtsysteme eignen sich deshalb vermutlich für Wirbelantennen besser als vergleichbare Einzelschichten. Selbst bei hohen Wirbeldrehgeschwindigkeiten bleibt die magnetische Richtung im Wirbelkern erhalten“, sagt Wintz. Sendefrequenzen von mehr als einem Gigahertz – das entspricht einer Milliarde Wirbeldrehungen pro Sekunde – seien bei einer gleichzeitig sehr hohen Signalstärke denkbar. In diesem Frequenzbereich arbeiten zum Beispiel auch heutige W-LAN- und Mobilfunknetze.

Bis hier ist die Arbeit des Nachwuchsforschers aber noch Grundlagenforschung. Momentan beschäftigt er sich weiter damit, die magnetischen Schichtsysteme durch Strom oder magnetische Felder zu beeinflussen – bei größeren Frequenzen als bisher. Dass er dabei wiederum interessante Beobachtungen gemacht hat, kann er bis jetzt nur andeuten. Soviel könne man sagen: Es geht nicht nur um Funkantennen als mögliche Anwendungen, sondern auch um das Potenzial von Magneten zum Prozessieren von Informationen in sehr kleinen räumlichen Dimensionen mithilfe von sogenannten „Spinwellen“. Mit weiteren spannenden und nützlichen Phänomenen aus der Welt des Magnetismus darf gerechnet werden. —

---

### KONTAKT

„Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im HZDR  
Sebastian Wintz  
s.wintz@hzdr.de

---

// Der Wissenschaftsstandort Dresden genießt einen exzellenten Ruf auf dem Gebiet der Krebsforschung. Mehrere Preise für Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf und des OncoRay-Zentrums unterstreichen dies.



**AUSGEZEICHNET:** Michael Baumann an der Gantry im OncoRay-Zentrum Dresden. Mitten in diesem riesigen Umlenkmagneten sollen ab Herbst 2014 die ersten Krebspatienten mit Protonen behandelt werden. Foto: UKD/Christoph Reichelt

## VOM AUFSPÜREN BIS ZUR BEKÄMPFUNG DER ERKRANKTEN ZELLEN

\_TEXT . Simon Schmitt

Allein in Deutschland erkranken jährlich etwa 450.000 Menschen neu an Krebs. Um Fortschritte im Kampf gegen diese Krankheit zu erzielen, ist es wesentlich, dass Forscher aus unterschiedlichen Bereichen – von der Biologie über Chemie und Physik bis hin zur Medizin – zusammenarbeiten. Von zentraler Bedeutung ist außerdem der reibungslose Transfer von Erkenntnissen der Grundlagenforschung in die klinische Anwendung am Patienten und zurück. Genau für diesen Aspekt hat die Europäische Krebsgesellschaft ECCO (European CanCER Organisation) dem Direktor des Instituts für Radioonkologie, Michael Baumann, im September dieses Jahres den „Clinical Research Award“ verliehen.

Der multidisziplinäre Dachverband, der sich aus onkologischen Fachgesellschaften, Krebsforschern und Patientenvereinigungen zusammensetzt, hat damit die herausragenden Leistungen Baumanns für die Integration wissenschaftlicher Ergebnisse in die klinische Praxis gewürdigt. „Für meine Arbeit war der translationale Gedanke immer grundlegend, also die Vorstellung, Erkenntnisse, die Potenzial für die Krebsbehandlung versprechen, vom Labor über klinische Studien in die Anwendung am Patienten zu bringen“, betont der Direktor des Nationalen Zentrums für Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay, das das HZDR gemeinsam mit der TU Dresden und dem Universitätsklinikum Carl Gustav Carus trägt. →

Ein besonderes Augenmerk hat der Radioonkologe vor allem darauf gelegt, biologische Ergebnisse mit den technischen Entwicklungen der Strahlentherapie zusammenzubringen. So beschäftigt sich Baumann beispielsweise mit Biomarkern, die die Strahlenempfindlichkeit von Tumoren voraussagen. In einer klinischen Studie konnten er und sein Team feststellen, dass sich Tumoren im Kopf-Hals-Bereich, die mit Sauerstoff unterversorgt sind, extrem resistent gegenüber einer Strahlentherapie zeigen. „Für die Chancen auf Heilung sind vor allem individuelle biologische Faktoren verantwortlich“, erläutert Baumann. „Diese müssen wir erforschen, um die Bestrahlungsdosis gezielt auf den Tumor abzustimmen.“

## Exakte Messung der Strahlendosis

Die Präzision der Strahlentherapie zu verbessern – dieses Ziel verfolgt auch Christian Richter. Der Forschungsgruppenleiter am OncoRay konnte eine zuverlässige Technik entwickeln, um die Strahlendosis laserbeschleunigter und damit ultrakurz gepulster Partikelstrahlen in Echtzeit genau zu messen. Dies ist ein weiterer Fortschritt auf dem Weg zur zukünftigen Krebsbehandlung mit Hilfe von laserbeschleunigten Protonenstrahlen. Denn Laserlicht kann, ähnlich wie die großen Beschleunigeranlagen, Protonen so extrem antreiben, dass sie für die Bekämpfung von Tumoren eingesetzt werden könnten. Bislang war allerdings nicht bekannt, welche biologische Wirkung von laserbeschleunigten Teilchenstrahlen ausgeht.

Mit Richters Studie konnte dieses Problem mithilfe strahlenbiologischer Untersuchungen behoben werden. Damit ließen sich erste zuverlässige experimentelle Daten zur biologischen Wirksamkeit gewinnen – eine notwendige Voraussetzung, um laserbeschleunigte Protonen und Elektronen bei der Krebsbehandlung einzusetzen. Dank dieser Leistung konnte sich Christian Richter den mit 10.000 Euro dotierten 2. Platz beim Behnken-Berger-Preis sichern. Die Auszeichnung wird jedes Jahr von der gleichnamigen Stiftung an Nachwuchswissenschaftler verliehen, die sich mit der Anwendung von Strahlen in der Medizin oder dem Strahlenschutz beschäftigen.

## Kampf von außen und von innen

Während die Strahlentherapie, die heute bereits bei 50 Prozent aller Krebspatienten eingesetzt wird, die erkrankten Zellen durch Strahlen zerstört, die von außerhalb in den Körper eingebracht werden, setzt ein weiterer Forschungszweig des HZDR im Körperinneren an. Die Endoradionuklid-Therapie will Tumoren gezielt schädigen, indem sie radioaktive Substanzen direkt zu der Krebszelle schickt. Den Weg dorthin weisen zum Beispiel spezielle Antikörper, die als Transportmoleküle über die Blutbahn zum Tumor wandern und dort andocken.

Diese Antikörper können entweder direkt radioaktiv markiert sein oder alternativ zunächst die Tumorzelle kennzeichnen, während der Strahler erst in einem zweiten Schritt injiziert wird. Das dabei angewandte Prinzip kann man sich wie einen Schlüssel vorstellen, der zielgenau nur zu einem Schloss passt. Denn die Wissenschaftler nutzen hierfür zwei komple-

mentäre „unnatürliche“ DNA-Einzelstränge, von denen der eine an den Antikörper, der andere an den radioaktiven Stoff gebunden wird. Treffen die beiden aufeinander, gehen sie eine blitzschnelle und äußerst stabile Verbindung ein. Dafür kommt eine verfälschte DNA zum Einsatz, die vom Organismus nicht mehr als DNA erkannt wird, aber ihre Bindungseigenschaft über das Schlüssel-Schloss-Prinzip behält.

Christian Förster hat nun einen der DNA-Einzelstränge so modifiziert, dass daran das therapeutische Radionuklid gebunden werden kann. Dieser radioaktiv markierte Einzelstrang weist im Organismus quasi ideale Eigenschaften auf: Er zirkuliert einerseits lange genug, um den am Antikörper gebundenen, komplementären DNA-Strang zu finden, reichert sich aber andererseits nur wenig in Organen an, die besonders sensitiv auf Strahlen reagieren. Außerdem wird der DNA-Einzelstrang in der Blutbahn nicht abgebaut. Letztlich gibt es nur eine Bindungsstelle im Organismus: Den Antikörper, der sich im Tumorgewebe besonders stark angereichert hat und der den komplementären DNA-Strang trägt. Der radioaktive Stoff entfaltet somit seine zerstörerische Wirkung vorrangig an den erkrankten Zellen, während der restliche Organismus weitgehend vor einer Strahlenbelastung geschützt wird. Für dieses Ergebnis zeichnete die Gesellschaft Deutscher Chemiker Förster mit dem Promotionspreis der Fachgruppe Nuklearchemie aus.

Aber nicht nur die Behandlung von Krebserkrankungen, auch die präzise Diagnose und Charakterisierung von Tumoren, die unerlässlich für den erfolgreichen Kampf gegen die Krankheit sind, stehen im Fokus der Forschungsarbeiten im HZDR. So hat vor kurzem die Nachwuchsgruppe um Reik Löser einen neuen Radiotracer auf Peptid-Basis entwickelt. Die mit dem Radionuklid Fluor-18 markierte Sonde soll die Aktivität des Enzyms Lysyloxidase, das eine wichtige Rolle bei Krebserkrankungen spielt, bildlich darstellen. „Durch Bildgebung mittels Positronen-Emissions-Tomographie (PET) konnten wir die Aufnahme eines Tracers in das Gewebe von drei Brustkrebs-Tumorarten nachweisen“, erläutert Manuela Kuchar von der Nachwuchsgruppe. Die Doktorandin erhielt für ihre Präsentation dieser Ergebnisse auf der Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Radiochemie/Radiopharmazie den Preis für den besten Vortrag. —

### KONTAKT

— Institut für Radioonkologie im HZDR /  
Nationales Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay  
Prof. Michael Baumann  
michael.baumann@uniklinikum-dresden.de

— Nationales Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay  
Dr. Christian Richter  
christian.richter@oncoray.de

— Cross Cancer Institute in Edmonton, Alberta (seit 04.2013)  
Dr. Christian Förster  
cfoerste@ualberta.ca

— Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung im HZDR  
Manuela Kuchar  
m.kuchar@hzdr.de

// Physiker des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf konnten mit Hilfe eines Hochleistungsrechners die Bewegung von Milliarden Elektronen in Plasmajets simulieren und deren abgestrahltes Licht berechnen. Dafür wurden sie für den Gordon Bell-Preis nominiert.

## REVOLUTION FÜR DIE PLASMASIMULATION

\_Text . Simon Schmitt

„Wenn Wind über das Meer bläst, bilden sich Wellen“, beschreibt Michael Bussmann, Nachwuchsgruppenleiter am HZDR, ein bekanntes Phänomen. „Bei hohen Windgeschwindigkeiten verwirbeln sich Wasser und Wind, wodurch Gischt entsteht. Gischt ist somit ein turbulenter Mix aus Wasser und Luft. Ähnliches passiert im Weltall, wenn ein Stern heißes Gas ins Weltall schleudert. Der dabei entstehende Jet aus heißem Plasma vermischt sich mit anderem Gas, das den Stern umgibt. Es treten turbulente Strömungen an der Grenze zwischen den beiden Gasen auf.“ Die Mitarbeiter der Nachwuchsgruppe

**SCHNELLRECHNER:** Die für den Gordon Bell-Preis nominierten Mitarbeiter aus der HZDR-Nachwuchsgruppe „Computergestützte Strahlenphysik“ René Widera, Heiko Burau, Michael Bussmann, Richard Pausch und Axel Hübl (v.l.n.r.) in Positur vor dem Hypnos Supercomputer im HZDR.  
Foto: Frank Bierstedt



„Computergestützte Strahlenphysik“ haben vor kurzem die Entstehung dieser Turbulenzen, die sogenannte Kelvin-Helmholtz-Instabilität, mit Hilfe von Simulationen studiert.

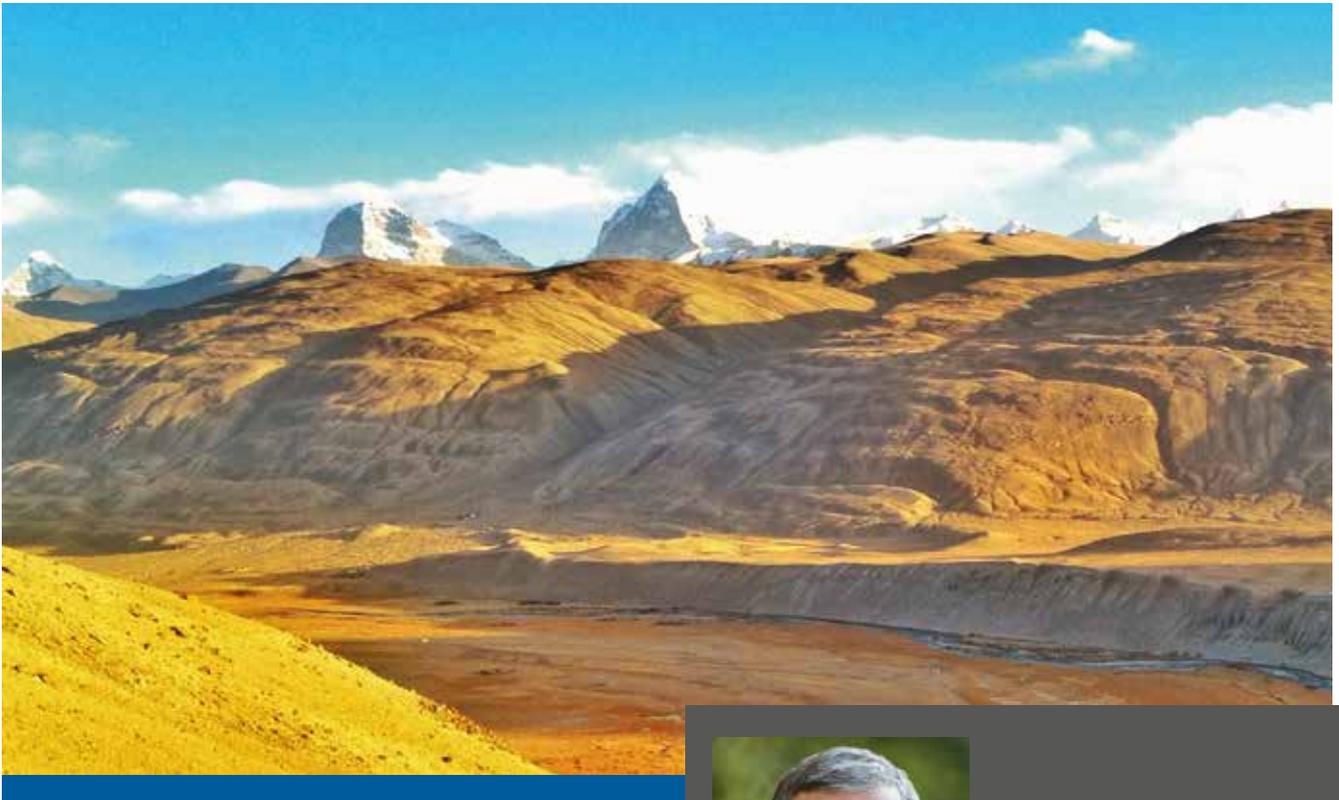
„Wir wollten die Kelvin-Helmholtz-Instabilität genau verstehen. Dazu haben wir etwas gemacht, was bisher kaum jemand versucht hat“, erklärt Bussmann. „Wir haben einen Plasmajet mit einer so hohen Auflösung simuliert, dass wir den Elektronen im Jet folgen konnten. Das allein benötigte eine enorme Rechenkraft, da wir fast hundert Milliarden Teilchen simulieren mussten.“ Selbst mit modernsten Teleskopen ist es jedoch unmöglich, einzelne Teilchen in einem Jet zu sehen. Die Wissenschaftler standen daher vor der Frage, wie sie ihre Ergebnisse mit Beobachtungen vergleichen können. Bei ihrer Lösung machten sie sich zunutze, dass Elektronen Licht über ein breites Spektrum an Wellenlängen abstrahlen, wenn sie ihre Flugrichtung oder Geschwindigkeit ändern. Sie erweiterten ihren selbstentwickelten Simulationscode PIConGPU um die Fähigkeit, aus der Bewegung der Elektronen das in alle Richtungen abgestrahlte Licht zu berechnen.

„Das abgestrahlte Licht können wir mit etwas Glück mit Teleskopen von der Erde aus sehen“, erläutert der Physiker. „Wir können also etwas simulieren, was man auf der Erde messen kann. Allerdings ist der hierfür benötigte Rechenaufwand gewaltig.“ Für die Milliarden Elektronen in der Simulation musste das abgestrahlte Licht einzeln berechnet werden – und zwar für hunderte verschiedene Richtungen. Daher nutzte das HZDR-Team im Juni dieses Jahres den damals rechenstärksten Supercomputer der Welt, TITAN am Oak Ridge National Laboratory, für seine Rechnungen. PIConGPU rechnete dafür auf 18.000 Grafikkarten über 16 Stunden lang. Nur wenige Simulationscodes können sich eine solch gewaltige Rechenkraft zunutze machen. Simulationen, denen dies am effizientesten gelingt, werden einmal pro Jahr mit dem Gordon Bell-Preis für herausragende Leistungen im Bereich des Hochleistungsrechnens ausgezeichnet, für den die HZDR-Wissenschaftler nun nominiert wurden. —

### KONTAKT

\_Nachwuchsgruppe Computergestützte Strahlenphysik  
Dr. Michael Bussmann  
m.bussmann@hzdr.de

// Geologische Prozesse und wertvolle Rohstoffe – um sie zu erkunden, nutzt Richard Gloaguen Methoden der Fernerkundung. Der Wissenschaftler muss aber auch regelmäßig vor Ort ins Gelände.



**WIE BERGE ENTSTEHEN:** Anhand von Gesteinsproben aus dem Pamir, einem Hochgebirge in Zentralasien, können geologische Prozesse beschrieben werden.

## DIE SPUR DER STEINE

\_Text . Anja Weigl

Richard Gloaguen hat beruflich schon viel von der Welt gesehen: Sibirien, Tibet, China, Äthiopien, Kenia, Ecuador, Kuba. Die Liste lässt sich fortsetzen, seit einigen Jahren stehen Tadschikistan und Afghanistan darauf ganz oben. Die Grenze beider Länder verläuft mitten durch eines der höchsten Gebirge der Welt, den Pamir. Genau dort zieht es den gebürtigen Franzosen und ein paar seiner Studenten regelmäßig hin. Sie sammeln Gesteinsproben an Seen und Flüssen, und sie vermessen mittels GPS und Laserstrahlen die Strukturen der Erdoberfläche.

Die Exkursionen sind ein kleiner, aber wichtiger Teil von Gloaguens Arbeit. Er leitet die Gruppe Fernerkundung am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) des HZDR und an der TU Bergakademie Freiberg. Der Forscher nutzt satellitengestützte Informationen, um speziell Prozesse unter und auf der Erdoberfläche zu beschreiben. So geht es beispielsweise im Pamir-Gebirge darum zu verstehen, wie sich



**IN DER FERNE ERKUNDEN:** Richard Gloaguen, Leiter der Gruppe Fernerkundung am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie. Foto: Detlev Müller

Gebirge bilden. Anhand der Bergkette, die sich in einer der geologisch aktivsten Regionen der Welt befindet, lasse sich das gut studieren, so Gloaguen. Dafür arbeitet er mit Wissenschaftlern unterschiedlichster Disziplinen aus Tübingen, Potsdam und Jena zusammen. Sie untersuchen auch, wann genau es zu den Erdbeben kam, die für die Entstehung einiger der höchsten natürlichen Stauseen der Welt verantwortlich gemacht werden, welche es im Pamir gibt. Ein weiteres Projekt beschäftigt sich mit Hochwasser-Modellen für die Flüsse in dem Hochgebirge.

Die Arbeit spielt sich meist am Rechner in seinem Büro ab, aber eben nicht nur: „Wir brauchen auch echte Daten vor Ort, mit denen wir die satellitengestützten Informationen überprüfen können“, sagt Gloaguen. Im Oktober war er wieder mit Studenten im Pamir unterwegs. Einzigartige Forschungsgebiete und wunderbare Landschaften gebe es dort. Aber die Reise

ist nicht für jeden etwas. Die Bedingungen vor Ort seien karg, die Wasserqualität oft nicht gut, medizinische Versorgung weit entfernt. Dennoch seien die Risiken kalkulierbar, so der Forscher. Viel wichtiger sei es, dass alle Exkursionsteilnehmer eine ordentliche Kondition haben und die Höhenluft gut tragen. Eine Studentin habe extra mit Joggen angefangen, um sich darauf vorzubereiten. Gloaguen selbst braucht das nicht; er fährt viel Mountainbike, um sich fit zu halten.

## Im Pamir zwischen Tadschikistan und Afghanistan

Mit dem Flugzeug ging es also in die tadschikische Hauptstadt Duschanbe, von dort aus mit dem Auto in den Pamir, und später weiter über die Grenze nach Afghanistan. Eines der wichtigsten Ziele war es, Gesteinsproben für spätere Untersuchungen zu sammeln. Sie werden nun im Ionenstrahlzentrum des HZDR ausgewertet. Gloaguens Kollegen aus der Gruppe Ionenstrahl-Analytik betreiben dort eine Anlage für Beschleuniger-Massenspektrometrie. Damit messen sie den Anteil bestimmter radioaktiver Isotope, welche durch die Wechselwirkung zwischen energiereicher Strahlung aus dem Kosmos und den Gesteinen entstanden sind. Abhängig vom Verhältnis können die Forscher genau sagen, wie lange die Steine bereits an der Erdoberfläche liegen – ein wichtiger Hinweis für Gloaguen, um die geologischen Prozesse zu beschreiben, die zur Ausbildung der Berge geführt haben.

Die Gesteinsproben für die Altersbestimmung stammen nicht nur von unterschiedlichen Höhenlagen, sondern beispielsweise auch von den Ufern einiger der höchsten natürlichen Stauseen der Welt, wie Saressee und Yashilkul, die beide im Pamir liegen. Sie werden auf Erdbeben zurückgeführt – die Forscher wollen herausfinden, wann sich diese im Einzelnen ereigneten und so die zeitlichen Abstände dieser Naturkatastrophen bestimmen. Auch dafür hilft ihnen die Spur der Steine.

„Die Prozesse, die bei der Entstehung von Gebirgen eine Rolle spielen, helfen uns ebenfalls bei der Erkundung von Rohstoffen“, so Gloaguen. Inwiefern für die Rohstoffsuche auch Methoden der Fernerkundung geeignet sind, untersucht das Helmholtz-Institut Freiberg nun im sächsischen Erzgebirge in einem gemeinsamen Projekt mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und der TU Bergakademie Freiberg. In etwa drei Jahren soll klar sein, welche Mengen an Rohstoffen wie Zinn und Wolfram es noch in der Umgebung der Erzgebirgsstadt Geyer gibt (siehe Artikel auf den Seiten 19 bis 21). —

### KONTAKT

\_Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie  
im HZDR / TU Bergakademie Freiberg  
Dr. Richard Gloaguen  
r.gloaguen@hzdr.de

## Neuer Institutsdirektor am HZDR

Seit dem 1. Oktober leitet Thorsten Stumpf das Institut für Ressourcenökologie am HZDR. Der Radiochemiker wechselt vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in die sächsische Landeshauptstadt. Bislang hat sich Stumpf besonders mit den Wechselwirkungen zwischen Radionukliden aus radioaktiven Abfällen und den geologischen Umgebungen, in denen sie gelagert werden sollen, auseinandergesetzt. Für diese Forschung hat ihn vor kurzem die Fachgruppe Nuklearchemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) mit dem Fritz-Straßmann-Preis ausgezeichnet. Vom KIT bringt Stumpf die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Structures and Reactivity at the Aqueous/Mineral Interface“ mit. Unter der Leitung von Moritz Schmidt beschäftigen sich hier Forscherinnen und Forscher mit den Strukturen, Prozessen und Reaktionen an der Wasser-Mineral-Grenzfläche auf molekularer Ebene. Diese Grenzflächen spielen als Rückhaltebarrieren in der Sicherheitsforschung für ein nukleares Endlager eine besondere Rolle, da verlässliche Vorhersagen des Transportverhaltens von Radionukliden für Hunderttausende von Jahren benötigt werden.

### KONTAKT

\_Institut für Ressourcenökologie im HZDR  
PD Dr. Thorsten Stumpf  
t.stumpf@hzdr.de

Foto: Oliver Killig



## WISSENSWERT – NACHRICHTEN RUND UM DAS HZDR

### Nachwuchswissenschaftler gesucht

Das HZDR betreibt seit zwei Jahren erfolgreich das Schülerlabor DeltaX und hat dabei auch sein Angebot stetig erweitert. Heute sind die Experimentiertage zu den Themen Magnetismus, Licht und Farbe sowie Radioaktivität und Strahlung gut ausgebucht. Auf wesentlich mehr Erfahrung blickt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR zurück, denn es widmet sich der Nachwuchsförderung bereits seit zehn Jahren in den DLR\_School\_Labs. In dieser Tradition entsteht in den Technischen Sammlungen Dresden zurzeit ein solches Labor als Gemeinschaftsprojekt des DLR, der Technischen Universität Dresden und der Landeshauptstadt Dresden. Schülerinnen und Schüler der 5. bis 12. Klasse können hier ab dem 13. November 2013 die Welt naturwissenschaftlich-technischer Forschung hautnah erleben.



Foto: Christian Hüller

Das DLR\_School\_Lab TU Dresden nimmt den Betrieb auf.

Wie werden Solarzellen billiger und leistungsstärker? Kann man Wasserstoff auch mit weniger Energieaufwand produzieren? Und wie müssen neue Werkstoffe beschaffen sein, damit sie leicht, trotzdem stabil und vielseitig einsetzbar sind? Im DLR\_School\_Lab TU Dresden können Schülerinnen und Schüler zu diesen und anderen spannenden Fragen experimentieren. Die angebotenen Versuche aus den Bereichen Material- und Werkstoffkunde, Verkehrsplanung und Energie haben alle einen realen Forschungshintergrund und einen konkreten Anwendungsbezug. Das Labor ist mit modernen Geräten und zahlreichen Anschauungsobjekten ausgestattet. Beim Experimentieren werden die Schülerinnen und Schüler von Studierenden der TU Dresden unterstützt.

Die Helmholtz-Kollegen im DeltaX und im DLR\_School\_Lab TU Dresden streben eine enge Kooperation an, verfolgen sie doch gemeinsam das Ziel, ein authentisches Bild vom Wissenschaftsbetrieb zu zeichnen, um junge Menschen für Naturwissenschaften und Technik zu begeistern und sie zu einem Studium oder einer Ausbildung zu ermutigen. —

#### KONTAKT

\_DLR\_School\_Lab TU Dresden  
Dr. Janina Hahn

➤ [dlr.de/schoollab/tu-dresden](http://dlr.de/schoollab/tu-dresden)



Jana Bohovičová und Vladimír Kolesár im Ionenstrahlzentrum.

### Bratislava → Dresden → Bratislava

Immerhin 482 Kilometer liegen zwischen der Slowakischen TU in Bratislava (STU) und Rossendorf. Diese Distanz legt der Kaufmännische HZDR-Vorstand Peter Joehnk gleich mehrmals im Jahr zurück. Was mit der Unterstützung bei der Einrichtung von Labors oder Büros durch ausgediente Geräte und Möbel begann, sich über viele Jahre mit einem gemeinsamen internationalen Doktorandenseminar, der Entwicklung des Bundesfördermittelsystems EASY und weiteren Projekten fortsetzte, ist heute eine lebendige Zusammenarbeit sowohl im kaufmännisch-technischen wie im wissenschaftlichen Bereich.

An der STU entsteht am Standort der materialtechnologischen Fakultät in TRNAVA, 50 km von Bratislava entfernt, derzeit der Wissenschaftscampus CAMBO – einer von acht Wissenschaftsparks, die von der slowakischen Regierung mit insgesamt 280 Mio. Euro gefördert werden. Die Grundsteinlegung des 42 Mio. Euro teuren Unterfangens fand im Mai dieses Jahres in Anwesenheit der slowakischen Minister für Finanzen und für Hochschulwesen statt. Vor Ort dabei war neben Peter Joehnk auch Andreas Kolitsch, heute Geschäftsführer der HZDR INNOVATION GmbH und vormals Leiter des Ionenstrahlzentrums im HZDR. In letztgenannter Eigenschaft verfolgt er die Geschichte von CAMBO schon lange, weil dort nach seinem Vorschlag ein Ionenstrahlzentrum à la Rossendorf entstehen soll.

Als Koordinator für die Zusammenarbeit im wissenschaftlichen Bereich sorgt Kolitsch dafür, dass sieben slowakische Wissenschaftler sowie sieben Techniker eine maßgeschneiderte Ausbildung in Dresden erhalten. Sie sind für einen Zeitraum von 21 Monaten abgestellt, um möglichst viel über Abläufe, Maschinen, Strahlzeiten und wissenschaftliche Experimente in Europas größtem Ionenstrahlzentrum zu erfahren. Wenn sie dann im Juni 2015 in die Slowakische Republik zurückkehren, sollen sie die Inbetriebnahme und den komplikationsfreien Service- und Nutzerbetrieb der Ionenstrahlanlage auf dem CAMBO-Campus gewährleisten. —

#### KONTAKT

\_Kaufmännischer Vorstand im HZDR  
Prof. Peter Joehnk  
p.joehnk@hzdr.de

\_HZDR INNOVATION GmbH  
Prof. Andreas Kolitsch  
a.kolitsch@hzdr.de

// Im Neubau für das Nationale Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay – werden künftig rund 150 Ärzte und Wissenschaftler an der Strahlentherapie der Zukunft arbeiten.

## NEUES DOMIZIL FÜR EXZELLENT FORSCHUNG

\_Text . Christine Bohnet & Holger Ostermeyer | Fotos . OncoRay/Matthias Rietschel & André Wirsig



### Lachende Gesichter

Da der Freistaat Sachsen das Gebäude im Rahmen der Landes-Exzellenzinitiative mit Hilfe von EU-Mitteln finanziert hatte, nahm Ministerpräsident Stanislaw Tillich (M.) persönlich an der feierlichen Einweihung am 17. September 2013 teil. „Das Forschungszentrum ist ein bedeutendes Aushängeschild für den Biotechnologie- und Medizintechnikstandort Sachsen. Viele Hände ziehen dort an einem Strang im Kampf gegen Krebs, damit die Strahlentherapie noch erfolgreicher und gleichzeitig schonender wird“, sagte er. Der Einladung der OncoRay-Trägerinstitutionen HZDR, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus sowie Technische Universität Dresden folgten viele hochrangige Gäste. In der ersten Reihe neben der Bundesforschungsministerin Johanna Wanka (4.v.r.) und dem Ministerpräsidenten Sachsens zu sehen sind der Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft Jürgen Mlynek (v.r.n.l.), die sächsische Forschungsministerin Sabine von Schorlemer, OncoRay-Direktor Michael Baumann, Dresdens Bürgermeisterin Helma Orosz, Wissenschaftlicher Vorstand des Uniklinikums Michael Albrecht sowie der Wissenschaftliche HZDR-Vorstand Roland Sauerbrey. Am Startschuss für den Protonenbeschleuniger im neuen Domizil jedenfalls waren viele Hände beteiligt.



### Patientenbetrieb ab 2014

Ziel jeder Strahlentherapie ist es, das Tumorgewebe zu zerstören oder so stark zu schädigen, dass es nicht mehr unkontrolliert wächst. Bisher werden hierzu vor allem ultraharte Röntgenstrahlen eingesetzt. Geladene Teilchen wie Protonen haben den Vorteil, dass sie auf dem Weg zum Tumor nur wenig Energie abgeben, dagegen in dem bösartig veränderten Gewebe ihre volle Kraft entfalten. Den Protonenstrahl können die Therapeuten so formen, dass die Protonen das hinter der Krebsgeschwulst liegende gesunde Gewebe weniger schädigen. Allerdings gilt es, den medizinischen Gewinn dieser wesentlich teureren Behandlungsform für jede einzelne Tumorart gegenüber der heutigen Strahlentherapie zu überprüfen. Dies kann bald auch in Dresden geschehen, und zwar in aufwändigen, streng kontrollierten klinischen Untersuchungen. Im kommenden Jahr schon sollen die ersten Patienten im OncoRay-Neubau behandelt werden.

## Mit festem Händedruck

„Ich freue mich, dass sich OncoRay weltweit zu einem herausragenden Standort für Strahlenforschung in der Onkologie entwickelt hat. Ich bin sicher: Das neue Protonentherapie-Zentrum wird die Strahlenforschung in Dresden voranbringen. Damit sind wir einen wichtigen Schritt weiter in der Erforschung und Behandlung von Krebserkrankungen“, so Bundesministerin Johanna Wanka, bevor sie als erste die Hand auf den Startknopf für den Protonenbeschleuniger legte. Ihrem Beispiel folgten Landesministerin Sabine von Schorlemer, Ministerpräsident Tillich, Bürgermeisterin Helma Orosz, HZDR-Vorstand Roland Sauerbrey, OncoRay-Direktor Michael Baumann, DKFZ-Vorstandsvorsitzender Otmar Wiestler und der Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft Jürgen Mlynek.



## Versteckt im Inneren

Das Herz des Gebäudes ist ein tonnenschwerer Teilchenbeschleuniger, der am 17. September feierlich von Bundesforschungsministerin Wanka (l.) und Ministerpräsident Tillich (5.v.l.) in Betrieb genommen wurde. Vor dem offiziellen Beginn der Veranstaltung nutzten sie zusammen mit Forschungsministerin von Schorlemer, Bürgermeisterin Orosz, OncoRay-Direktor Baumann, Helmholtz-Präsident Mlynek, HZDR-Vorstand Sauerbrey, DKFZ-Vorstandsvorsitzendem Wiestler und dem Kaufmännischen Vorstand des Uniklinikums Wilfried Winzer (v.l.) die Chance, einen Blick in eine sonst unzugängliche Halle zu werfen. Hier werden in Zukunft die beschleunigten Protonen durch Rohre und Schikanen geleitet – bis hin zum Therapieplatz für die Krebspatienten.



Foto: Frank Bierstedt

## Dresdner Projekt verbindet Krankenversorgung mit Forschung

Vorteil der ersten Protonentherapie-Anlage Ostdeutschlands ist, dass Patienten dank der vielfältigen und praxisnahen Forschungsprojekte am OncoRay-Zentrum frühzeitig von weiteren Innovationen dieser noch neuen Therapieform profitieren werden. Auf einer begleitenden Ausstellung informierten Wissenschaftler aus dem HZDR die interessierten Gäste über die Erforschung der laserbasierten Beschleunigung von Protonen. Die Protonentherapie wird sich, da sind sich die Dresdner Krebsforscher einig, auf Dauer nur durchsetzen können, wenn es gelingt, dafür kompakte und klinikaugliche Beschleuniger zu entwickeln. Im neuen OncoRay-Gebäude steht jedenfalls Platz für einen ersten Prototypen zur Verfügung, der – und das wird weltweit einmalig sein – zu vergleichenden Untersuchungen genutzt werden soll.

### KONTAKT

\_ Institut für Radioonkologie im HZDR /  
Nationales Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay  
Prof. Michael Baumann  
michael.baumann@oncoray.de

➤ [www.oncoray.de](http://www.oncoray.de)

## Kongressmagnet Dresden

Viele Beschleunigerexperten werden im kommenden Jahr einen wichtigen Termin in Dresden nicht verpassen wollen, findet hier doch die fünfte internationale Konferenz rund um Fragen der Teilchenbeschleunigung statt. Für das Jahr 2017 hat das HZDR vor kurzem den Zuschlag zu einer weiteren wichtigen Konferenz erhalten: das Internationale Symposium für Radiopharmazeutische Forschung.

**IPAC 2014** – Für die fünfte „International Particle Accelerator Conference“ rechnet Peter Michel, Leiter des Zentrums für Hochleistungs-Strahlenquellen im HZDR, mit etwa 1.500 Teilnehmern. Er hat den Hut auf für alles, was mit der lokalen Organisation der Beschleunigerkonferenz zu tun hat. In die aufwändige Organisation bringen sich außerdem drei weitere Beschleunigerzentren der Helmholtz-Gemeinschaft ein, die GSI – Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, das Helmholtz-Zentrum Berlin und das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY. Vertreter von fast allen großen Beschleunigerzentren aus Europa, Nordamerika und Asien tummeln sich zudem in den Organisations- und Programmkomitees.

Seit vier Jahren trifft sich auf den jährlichen IPAC-Konferenzen die weltweite Beschleuniger-Gemeinde; zuvor gab es nur kontinental organisierte Beschleunigerkonferenzen. Die interessierte Öffentlichkeit kann sich am Eröffnungstag der Konferenz über die Bedeutung von Beschleunigern in der Medizin informieren. Ein Schwerpunkt des Vortrags wird natürlich auf der Entwicklung eines kompakten Therapiebeschleunigers am HZDR für das Protonentherapie-Zentrum OncoRay liegen. Die IPAC 2014 wird vom **15. bis 20. Juni** im Internationalen Kongresszentrum Dresden ausgetragen, mitten in der schönen Altstadt. Die Teilnehmer werden, so die Erfahrung des HZDR, die kurzen Wege in Dresden genießen und über die Vielfalt an Kultur- und Wissenschaftseinrichtungen staunen.

**ISRS 2017** – Die „Society of Radiopharmaceutical Sciences“ schreibt im Zweijahres-Rhythmus für ihr internationales Symposium einen Austragungsort entweder in Nordamerika, Asien oder Europa aus. Auf der diesjährigen Konferenz in Korea wurde bereits die Wahl für das Jahr 2017 getroffen. Über Dresden als Austragungsort freut sich Jörg Steinbach, Direktor am HZDR-Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung, ganz besonders, weil es gelungen ist, sich gegen eine starke internationale Konkurrenz durchzusetzen. So werden in vier Jahren rund 1.000 Teilnehmer den Weg nach Dresden finden. Fast gleichzeitig wurde auch der Zuschlag vergeben für eine weitere internationale Veranstaltung, den „Workshop on Targetry and Target Chemistry“ zur Zyklotron-Radionuklid-erzeugung und -prozessierung. Auch dieser ging an Steinbachs Institut – gemeinsam mit Kollegen des „Nuclear Physics Institute of the ASCR“, das in Řež in der Tschechischen Republik beheimatet ist. Die Veranstaltung wird 2014 in Kooperation mit den tschechischen Kollegen in Prag stattfinden und rund 200 Teilnehmer anziehen. →

↗ <http://www.ipac14.org>

↗ <http://isrs2015.org/>

## Terminvorschau

**13.12.2013**

Einweihung Erweiterungsbau des Hochfeld-Magnetlabors Dresden  
HZDR

**21.02.2014**

Lehrerfortbildung zum Thema  
„Radioaktivität in Kerntechnik und Medizin“  
HZDR | Schülerlabor DeltaX

## Wissenschaftliche Veranstaltungen

**26. - 28.11.2013**

Multiphase Flow Conference & Short Course  
HZDR | gemeinsam mit ANSYS Germany

**09. - 11.12.2013**

Joint FIB-SEM and ORION-Nanofab Workshop  
HZDR | gemeinsam mit Carl Zeiss Microscopy

**09. - 10.12.2013**

ODISSEUS Workshop (Oxide Dispersion Strengthened Steels group of young European Scientists)  
HZDR

**11. - 12.03.2013**

HPLC Workshop (High Performance Liquid Chromatography)  
HZDR | gemeinsam mit Knauer Berlin

**28. - 30.04.2013**

3rd LA3NET Topical Workshop Acceleration Techniques  
HZDR

## Strahlenschutzkurse an der HZDR-Forschungsstelle in Leipzig

**04.03.2014**

Aktualisierungskurs

**18.03. - 20.03.2014**

Fachkunde (Module GG, FA)

## Kunstaussstellungen im HZDR

Vernissage-Beginn jeweils um 17 Uhr

**09.01.2014**

Konrad Maass

**06.03.2014**

Gerd Küchler

**08.05.2014**

Mandy Herrmann Amrouche

Foto: Rainer Weisflog

# IMPRESSUM

## HERAUSGEBER

Prof. Dr. Dr. h. c. Roland Sauerbrey und Prof. Dr. Dr. h. c. Peter Joehnk,  
Vorstand des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR)

## ERSCHEINUNGSDATUM

Dezember 2013  
ISSN: 2194-5705 // Ausgabe 02.2013

## REDAKTION

Dr. Christine Bohnet (verantwortlich), Simon Schmitt, Anja Weigl, Barbara Zalesky (Bilder) |  
Kommunikation und Medien im HZDR  
Wissenschaftlicher Redaktionsbeirat (nach Forschungsbereichen):  
Energie – Dr. Bruno Merk, Dr. Frank Stefani  
Gesundheit – Dr. Fabian Lohaus, Dr. Holger Stephan  
Materie – Dr. Stefan Facsko, Dr. Andreas Wagner

## AUTOREN DIESER AUSGABE

Dr. Uta Bilow | Freie Wissenschaftsjournalistin, Dresden  
Dr. Janina Hahn | Leiterin DLR\_School\_Lab TU Dresden  
Roland Knauer | Journalistenbüro Viering und Knauer, Lehnin  
Holger Ostermeyer | Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Dresden  
Sara Schmiedel | EMFL-Kommunikation, HZDR

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit haben wir zum Teil im Text nur die männliche Form der Personenbezeichnung verwendet. Mit den gewählten Formulierungen sind immer beide Geschlechter angesprochen.

## BILDNACHWEIS

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des HZDR, soweit nicht anders angegeben

## GESTALTUNG

WERKSTATT X . Michael Voigt  
[www.werkstatt-x.de](http://www.werkstatt-x.de)

## DRUCK

Druckerei Mißbach  
[www.missbach.de](http://www.missbach.de)

## AUFLAGE

3.000 // Gedruckt auf Inapa Infinity Silk, FSC zertifiziert

## KONTAKT / BESTELLUNG (kostenfrei)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf  
Kommunikation und Medien  
Dr. Christine Bohnet  
Postfach 51 01 19 | 01314 Dresden  
Tel. 0351.260 2450  
E-Mail [c.bohnet@hzdr.de](mailto:c.bohnet@hzdr.de)

## NACHDRUCK

mit Quellenangabe gestattet. Belegexemplar erbeten.

„entdeckt“ erscheint zweimal jährlich, unter dem Titel „discovered“ auch auf Englisch.  
Alle Print-Ausgaben finden Sie als e-paper auf den Internetseiten des HZDR.

➤ [www.hzdr.de](http://www.hzdr.de)

Das HZDR auf Facebook:

➤ [www.facebook.com/Helmholtz.Dresden](https://www.facebook.com/Helmholtz.Dresden)

# DIE HELMHOLTZ-SCHÜLERLABORE

Kindern und Jugendlichen hilft das Experimentieren im Schülerlabor, um naturwissenschaftliche Phänomene besser zu verstehen und auch hinterfragen zu können. Das theoretische Fachwissen, das Schulen vermitteln, wird beim Experimentieren auf einzigartige Weise verständlich. Informationen für interessierte Lehrer und Schulklassen unter:

→ [www.helmholtz.de/schuelerlabore](http://www.helmholtz.de/schuelerlabore)

