

entdeckt

DAS FORSCHUNGSMAGAZIN AUS DEM HZDR

// AUSGABE 01.2012

hzdr.de

TITELTHEMA

Magnetkräfte bändigen



NEUE SPÜR- UND JAGDHUNDE

Krebszellen aufspüren und sichtbar machen

STRATEGISCHE ROHSTOFFE EFFIZIENTER NUTZEN

Das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

WUNDERKAMMER WISSENSCHAFT

Die Helmholtz-Wanderausstellung zu Gast in Dresden

HZDR

 **HELMHOLTZ**
ZENTRUM DRESDEN
ROSSENDORF

TITELBILD: Was gebändigte Magnetkräfte und die Krebstherapie mit Protonenstrahlen – schnellen geladenen Teilchen – miteinander zu tun haben, erfahren Sie auf den Seiten 15 – 17 in dieser Ausgabe.



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

wenn wir auf die eineinhalb Jahre als Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft zurückblicken, so ist es erstaunlich, wie viel sich im Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf seither bewegt und verändert hat, aber auch, wie selbstverständlich wir mittlerweile in der neuen Gemeinschaft unterwegs sind. Gesundheit, Energie und Materie – nicht erst seit dem 1. Januar 2011 überschreiben wir so unsere Forschungsarbeiten, bei unseren konkreten Themen gab es jedoch einige Veränderungen. So ist die Ressourcenforschung ein neues Schwerpunktthema im HZDR. Gemeinsam mit der TU Bergakademie Freiberg haben wir das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie im August 2011 gegründet und im Januar 2012 ging unser ebenfalls neugegründetes Institut für Ressourcenökologie im HZDR an den Start.

Das HZDR verteilt sich auf nun vier Standorte: Dresden, Freiberg, Leipzig und Grenoble. Neue Institute und Forschungsstellen bedeuten auch mehr Mitarbeiter. Zum Stichtag 31.12.2011 zählten wir rund 950 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter – und das Zentrum wächst weiter.

Magnetkräfte, Magnetfelder und der Feldrekord

Mit großen Bauprojekten an unserem Dresdner Hauptstandort wollen wir die Weichen für eine erfolgreiche Zukunft in der Helmholtz-Gemeinschaft stellen. Unser Hochfeld-Magnetlabor Dresden ist bei internationalen Nutzern so beliebt, dass wir das Ende der Arbeiten für den Erweiterungsbau dringend erwarten. Eine europäische Plattform für Experimente mit Flüssigmetallen wird mit der DRESDYN-Anlage entstehen. Hier soll auch der erste Präzessionsdynamo überhaupt das Magnetfeld der Erde viel realistischer simulieren als bisherige Dynamo-Experimente.

Der Ausbau der Strahlungsquelle ELBE zu einem Zentrum für Hochleistungs-Strahlungsquellen schafft unter anderem Platz für ein neues Lasersystem im Petawatt-Bereich, das ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu kompakten Teilchenbeschleunigern für die Protonenstrahl-Therapie sein wird. Zeitgleich wächst auf dem Gelände der Universitätsklinik in Dresden das neue OncoRay-Zentrum für die Krebstherapie mit Protonenstrahlen, das gemeinsam von HZDR, Uniklinikum und Technischer Universität Dresden getragen wird. Auch hier könnten Magnete eine wichtige Rolle spielen.

Bei so viel Bewegung blieb auch einiges liegen, beispielsweise das frühere FZD-JOURNAL, das 2011 eine Pause einlegen musste. Heute halten Sie den Nachfolger in der Hand. Der neue Name „entdeckt“ soll neugierig machen auf die vielen spannenden Forschungsthemen, die unser Zentrum zu bieten hat. Das Titelthema „Magnetkräfte bändigen“ breitet die vielfältige Welt des Magnetismus aus – von den kleinsten magnetischen Momenten bis hin zu den höchsten gepulsten Magnetfeldern. Im Jahr 2011 hielten wir für einige Monate sogar den Weltrekord.

Dem neuen Forschungsmagazin wünsche ich viele interessierte Leserinnen und Leser und freue mich auf Ihr Feedback.

Christine Bohnet
Abteilung Kommunikation und Medien im HZDR

INHALT

TITEL

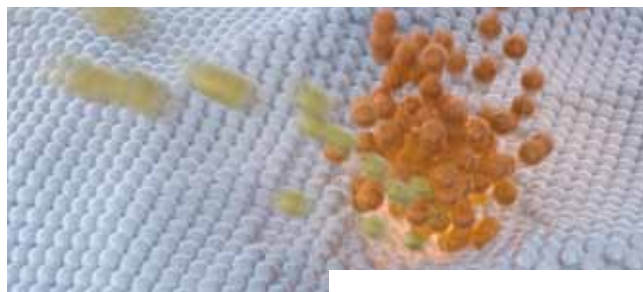
Magnetkräfte bändigen

- 04 Materialforschung an der Grenze des Machbaren
- 09 Minischeiben für Datenspeicher
- 11 Magnetfelder im Fluss – Lehrerfortbildung im HZDR
- 12 Magnete im industriellen Einsatz
- 15 Laser und Magnete: DIE Kombination für die Krebstherapie
- 18 Magnetoelektronik – Alles über Nano-Magnete und Elektronen-Spins
- 21 Kann man Magnetismus sichtbar machen?



FORSCHUNG

- 22 Dehnbare Drähte für die Elektronik von morgen
- 24 Neue Spür- und Jagdhunde
- 27 Wer benötigt einen billigen Beschleuniger?
- 30 Ionenbeschuss für neuartige Hüft- und Kniegelenke
- 33 Mission: Schutz vor den Folgen technischer Prozesse



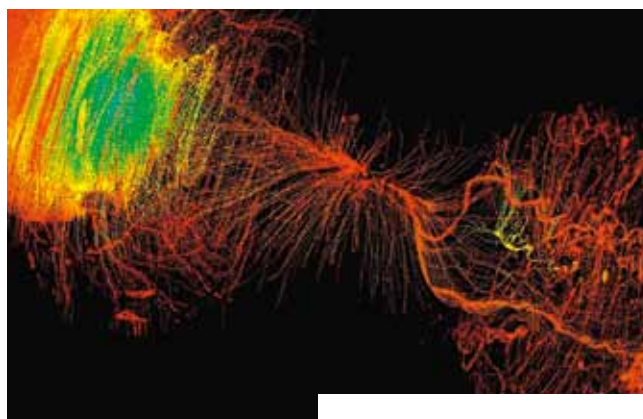
PORTRÄT

- 34 Strategische Rohstoffe effizienter nutzen
- 35 Hoch dekoriert
- 36 Wie können Informationen in Zukunft gespeichert werden?



WISSENSWERT

- 38 HZDR und sächsische Leibniz-Institute feiern 20jähriges Bestehen
- 39 Wunderkammer Wissenschaft in Dresden
- 39 Freiburger Symposium zur Risikovorsorge strategischer Rohstoffe
- 40 Kerntechnik-Experten von der Internationalen Atomenergie-Behörde IAEA in Dresden
- 40 Richtfest – das Hochfeld-Magnetlabor wird erweitert
- 41 Berufsorientierung für Jugendliche
- 41 Neues Gästehaus für internationale Nutzer
- 41 Terminvorschau



// 2011 waren wir Weltmeister. Wenn auch nur für einige Monate. Derzeit erzeugt das Dresdner Hochfeld-Magnetlabor immerhin die höchsten Magnetfelder Europas und stellt diese Wissenschaftlern aus der ganzen Welt für ihre Experimente zur Verfügung. Technisch ist das alles andere als einfach.



SPULENWERKSTATT: Dr. Sergei Zherlitsyn (rechts) ist Chefentwickler der Rekordspulen im HLD, Oliver Kersten verantwortlich für die Umsetzung. Foto: Jürgen Jeibmann

MATERIALFORSCHUNG AN DER GRENZE DES MACHBAREN

_TEXT . Roland Knauer & Sara Schmiedel

Am 22.06.2011 meldeten die Forscherinnen und Forscher des Hochfeld-Magnetlabors (HLD) einen neuen Weltrekord: Für gut eine tausendstel Sekunde messen sie mit 91,7 Tesla das stärkste Magnetfeld, das jemals auf der Erde für so lange Zeit und ohne die Spule zu zerstören erzeugt wurde. Mit einem leicht verbesserten Design erreichten die HLD-Wissenschaftler Anfang des Jahres dann sogar 94,2 Tesla – doch den Weltrekord hatten sich die Kollegen aus dem US-amerikanischen Los Alamos bereits im Sommer 2011 mit 97,4 Tesla zurückerobert. Am 22. März 2012 konnten sie dann

gar die magische 100-Tesla-Marke knacken und 100,7 Tesla messen. Allerdings, und da liegt auch der Vorteil der Dresdner Spulen, in einer Bohrung von gerade mal 10 Millimetern. Im HLD weisen die Rekordspulen Bohrungen von 16 Millimetern auf und bieten so den zu untersuchenden Materialproben deutlich mehr Platz.

„Es geht uns gar nicht so sehr um physikalische Spitzenwerte, sondern um Materialforschung“, erklärt HLD-Direktor Joachim Wosnitza, der den – bis jetzt – zweiten Platz sportlich sieht. →

FORSCHUNG IM HLD: Kathrin Götze und Richard Zahn arbeiten als Doktoranden im HLD und forschen an aktuellen Themen der Festkörperphysik. Foto: Jürgen Jeibmann



Die 100-Tesla-Marke wird auch in Dresden weiter angepeilt, vor allem, um sie internationalen Wissenschaftlern zur Verfügung zu stellen.

Magnetfelder wirken auf bewegte elektrische Ladung und je stärker so ein Magnetfeld ist, umso genauer können die Wissenschaftler Substanzen untersuchen, die für neuartige elektronische Bauteile oder auch für Supraleiter in Frage kommen, die Strom ohne Widerstand leiten. Hier geht es also um Forschung an den Materialien der Zukunft. Die dafür benötigten Magnetfelder erzeugt eine Spule, durch die ein elektrischer Strom fließt. Je mehr Strom fließt, umso stärker wird das Magnetfeld.

Eine Zerreißprobe, die es in sich hat

Da starke elektrische Ströme mit modernen, am HZDR entwickelten Pulsstrom-Anlagen erzeugt werden können, stünde einem Rekord-Magnetfeld also wenig im Wege, wenn es da nicht die sogenannte Lorentzkraft gäbe: Während die Elektronen durch die Kupferdrähte einer Spule fließen und ein Magnetfeld erzeugen, drückt eben dieses Magnetfeld die Elektronen gegen die Drahtberandung. Je stärker nun der Strom fließt und je höher das Magnetfeld dabei wird, umso heftiger wirkt die Lorentzkraft, die auf den Kupferdraht wirkt. „Bei 25 Tesla würde das Kupfer reißen“, schildert Joachim Wosnitza ein mögliches Ergebnis dieses Tauziehens zwischen Magnetfeld und Metall.

Nun sind 25 Tesla schon gewaltig, wenn man sie mit dem Magnetfeld der Erde vergleicht, das nicht einmal ein Tausendstel Tesla hat, oder mit dem Magneten an der Kühlschrantür, der auf 0,05 Tesla kommt. Um aber die Materialien der Zukunft möglichst genau unter die Lupe zu nehmen, brauchen die

zusammenhält. „Zylon“ ist der Handelsname dieser Kunstfaser, die so reißfest ist, dass aus ihr unter anderem schusssichere Westen hergestellt werden. Immerhin den 55.000-fachen Druck der Erdatmosphäre soll Zylon aushalten. Über eine Windungslage des Drahts aus Kupfer-Niob wickeln die Techniker des HZDR eine Zylonhülle. Insgesamt sechs solcher übereinander liegenden Doppelschichten aus Kupfer-Niob und Zylon haben die Techniker am Ende übereinander gewickelt, in deren Zentrum ein Hohlraum mit einem Durchmesser von 16 Millimetern bleibt. Etwa 54 Tesla lassen sich in dieser Spezialschicht erzeugen, wenn man einen kurzen, aber starken Stromimpuls durch das Kupfer jagt, der nach 0,02 Sekunden bereits wieder zu Ende ist.

„Eine startende Raumfähre hat eine vergleichbare Leistung“

Dieser Stromimpuls kommt wiederum aus einer sogenannten „Kondensatorbank“. „Gerade einmal zwei Euro Stromkosten fallen beim vollständigen Laden dieser Anlage mit insgesamt 50 Megajoule an“, erklärt Joachim Wosnitza. Der Clou der Kondensatorbank aber ist die gewaltige Leistung von fünf Gigawatt, die sie schlagartig in weit weniger als einer Sekunde freisetzen kann. „Eine startende Saturn V-Rakete oder eine startende Raumfähre hat eine vergleichbare Leistung“, beschreibt Joachim Wosnitza diese gewaltigen Kräfte.

Mehrere Kabel mit mehr als fünf Zentimetern Durchmesser leiten diese riesigen Ströme zur Spule. Allerdings sind die so erzeugten 54 Tesla immer noch weit vom Weltrekord entfernt. Also legen die Techniker um diese erste Spule eine zweite, die aus zehn Lagen hochfesten Kupferdrahts besteht, der allerdings nicht mit Niob legiert ist. „Dieses Material spart zwar auch Geld. Die zweite Spule hilft aber vor allem,

Die 100-Tesla-Marke wird auch in Dresden angepeilt, vor allem, um sie internationalen Wissenschaftlern zur Verfügung zu stellen.

Forscher höhere Magnetfelder. „Bei 100 Tesla erzeugt die Lorentzkraft im Kupfer mit vier Gigapascal einen Druck, der dem 40.000-fachen Luftdruck auf Meereshöhe entspricht“, rechnet Joachim Wosnitza vor. Kupfer würden solche Kräfte explosionsartig zerreißen.

Also haben die Forscher nach festeren Materialien gesucht. Mischt man zum Beispiel Nanometer dünne Fäden des metallischen Elements Niob unter das Kupfer, hält diese Legierung immerhin mehr als Zehntausendfache des Atmosphärendrucks aus. Spulen aus diesem relativ teuren Material ermöglichen so deutlich stärkere Magnetfelder, bevor die Lorentzkräfte die Überhand gewinnen und die Spule innerhalb weniger Millionstel Sekunden zerreißen. Für Werte um die 100 Tesla aber reicht dieses Spezialkupfer immer noch nicht. Daher verpassen die HZDR-Forscher dem Metall noch eine Art Korsett aus einer Spezialfaser, die die Legierung von außen

den Strom und damit die Kräfte besser zu verteilen“, sagt Joachim Wosnitza. Zwar verkräftet diese Kupferlegierung nur das 5.000-fache des Atmosphärendrucks. Aber geschützt von einem Zylon-Korsett reicht ein Stromstoß von einer zehntel Sekunde Länge immerhin für ein 40 Tesla-Magnetfeld in dieser Spule aus. Zusammen mit den 50 Tesla der inneren Spule gibt das dann den Rekordwert von über 94 Tesla. Verkleidet mit einem Stahlmantel ist diese Doppelspule 55 Zentimeter hoch, hat einen Durchmesser von 32 Zentimetern, hat also etwa die Größe eines reichlich groß geratenen Wassereimers.

Zur Erzeugung hoher Magnetfelder gibt es aber noch weitere Hürden. So heizt der elektrische Widerstand bei so gewaltigen Strömen die Kupferdrähte so stark auf, dass der Kleber versagen würde, der Kupfer und das Zylon-Korsett zusammenhält. Also findet das ganze Experiment in flüssigem Stickstoff statt, dessen minus 196 Grad Celsius den elektrischen Widerstand →



USER SUPPORT: Über siebzig Forschergruppen kommen jährlich ins HLD und werden u.a. von Dr. Frederik Wolff-Fabris (rechts) unterstützt.
Foto: Jürgen Jeibmann

Graphen-Konkurrent

Als Ansprechpartner für alle externen Nutzer im Dresdner Rekordlabor ist Frederik Wolff-Fabris an zahlreichen spannenden Untersuchungen beteiligt. Hin und wieder gelingt den Messgästen mit seiner Hilfe eine ganz besondere Entdeckung. So hat er gemeinsam mit Kollegen aus Korea ein Material untersucht, das ähnliche physikalische Eigenschaften aufweist wie Graphen – das wohl meistdiskutierte Material der letzten Jahre und das Material, das André Geim und Konstantin Novoselov den Physik-Nobelpreis 2010 einbrachte. Dem untersuchten Stoff – eine aus Strontium, Mangan und Wismut bestehende Verbindung – scheint eine vielversprechende Zukunft bevor zu stehen: Aufgrund der Lage der einzelnen Bestandteile im Periodensystem der Elemente lässt sich ein Teil der Atome einfach durch Fremdatome ersetzen. Heraus kommen vollkommen neue innovative Materialien, die supraleitend, magnetisch oder sogenannte „Topologische Isolatoren“ sein können.

PUBLIKATION:

J. Park, G. Lee, F. Wolff-Fabris u. a.: „Anisotropic Dirac Fermions in a Bi Square Net of SrMnBi₂“, in Physical Review Letters, Band 107 (2011), S. 126402 (DOI: 10.1103/PhysRevLett.107.126402)

verringern und gleichzeitig die immer noch entstehende Wärme abführen. Die Spule bleibt dadurch ausreichend kühl und kann für viele wissenschaftliche Experimente wiederverwendet werden.

Die weltbesten Materialwissenschaftler zu Gast in Dresden

Für Experimente in höchsten Magnetfeldern reisen Forscher nicht nur aus Regensburg, Garching und Karlsruhe nach Dresden, sondern auch aus Frankreich, Großbritannien oder der Tschechischen Republik. Selbst Japaner, US-Amerikaner und Südafrikaner melden sich schon mal im HZDR an, um ihre Materialien dort unter die Lupe zu nehmen. Und weil die vorhandenen fünf Räume mit Superspulen und dicken Betonwänden dem Andrang der Forscher schon heute nicht mehr gewachsen sind, entstehen bis 2014 sechs weitere dieser „Pulszellen“ und eine zweite Kondensatorbank. Die Wahrscheinlichkeit wächst damit enorm, dass die Elektronik- oder Supraleiter-Materialien der Zukunft auch dem HZDR zu verdanken sind. ↪

KONDENSATORBANK: Die weltgrößte Kondensatorbank steht im Dresdner Hochfeld-Magnetlabor und kann Energien von bis zu 50 Megajoule speichern. Foto: Jürgen Lösel



KONTAKT

_ Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden im HZDR
Prof. Joachim Wosnitza
 j.wosnitza@hzdr.de

Kleine Sensationen sind an der Tagesordnung

Die Wissenschaftler des Hochfeld-Magnetlabors Dresden entwickeln nicht nur Rekord verdächtige Spulen und unterstützen externe Kollegen bei ihren Projekten, sondern forschen auch selbst – teilweise mit Aufsehen erregenden Ergebnissen. So vereinten sie das physikalisch scheinbar Unvereinbare und wiesen das gleichzeitige Vorkommen von Supraleitung und Ferromagnetismus in einer intermetallischen Verbindung aus Wismut und Nickel nach. Was für den Laien nicht sonderlich aufregend klingt, stellt für Physiker eine kleine Sensation dar. Denn eigentlich schließen sich hohe Magnetfelder und Supraleiter aus. Zwar gibt es zahlreiche Materialien, die bei sehr niedrigen Temperaturen supraleitend werden, also Strom ohne Widerstand durch sich hindurch lassen. Allerdings steht diese Eigenschaft in Konkurrenz zum Ferromagnetismus, der Supraleitung in aller Regel unterdrückt. Nicht so bei der untersuchten Verbindung: Hier stellten die Dresdner Forscher mit Hilfe von Experimenten in hohen Magnetfeldern und bei sehr niedrigen Temperaturen fest, dass das Material – wenn man es erst einmal auf Nanometer große Teilchen minimiert hat – völlig andere Eigenschaften aufweist, als größer dimensionierte Proben desselben Stoffes. Das Überraschendste daran: Die neue an der Technischen Universität Dresden entwickelte Verbindung ist ferromagnetisch und supraleitend zugleich. Es ist damit einer von sehr wenigen bislang bekannten Stoffen, der diese ungewöhnliche und physikalisch noch nicht vollständig erklärable Kombination aufweist. „Das ist ein besonders eindrucksvolles Beispiel für die ausgezeichneten Chancen, die moderne Nanotechnologie heute eröffnet“, betont Thomas Herrmannsdörfer, Physiker am Dresdner Hochfeld-Magnetlabor im HZDR.

PUBLIKATION:

T. Herrmannsdörfer, R. Skrotzki, J. Wosnitza, D. Köhler, R. Boldt, M. Ruck:

“Structure-induced coexistence of ferromagnetic and superconducting states of single-phase Bi₃Ni seen via magnetization and resistance measurements”, in *Physical Review B*, Band 83 (2011), S. 140501 (DOI: 10.1103/PhysRevB.83.140501)



MAGNETWIRBEL: Abgeschrägte Kanten ermöglichen kleinste Magnetwirbel (Vortex genannt) auf den Nano-Scheiben (eine Scheibe hat einen Radius von 150 Nanometer). Ein Vortex zeigt entweder aus der Scheibe nach oben oder nach unten. Zusammen mit dem Drehsinn der Magnetisierung kann jede Magnetscheibe so vier unterschiedliche Zustände auf kleinstem Raum einnehmen. Bild: Sander Münster

MINISCHEIBEN FÜR DATENSPEICHER

_TEXT . Roland Knauer

// Abgeschrägte Kanten ermöglichen kleinste Magnetwirbel.

Im Nachhinein hört sich der Durchbruch in der Grundlagenforschung ganz einfach an. Während eine Scheibe normalerweise außen eine glatte senkrechte Kante hat, schrägen Norbert Martin und Jeffrey McCord den äußeren Rand ihrer Magnetscheiben ab. „Dadurch entstehen Strukturen, die man anders bisher gar nicht erhalten konnte“, erklärt der Materialforscher Jeffrey McCord, der mittlerweile als Heisenberg-Professor an der Universität Kiel lehrt. Interessant könnten die Mini-Magnetscheiben vor allem für die Datenverarbeitung werden,

die ihre Bits in immer kleineren Magneten unterbringen soll. Genau solche winzigen Magnetwirbel aber stellten die beiden Physiker jetzt erstmalig her.

Bisher besteht der Arbeitsspeicher eines Computers im Prinzip aus winzigen Elektrocondensatoren, die beim Rechnen laufend ein- und ausgeschaltet werden. Aus mehreren Gründen würden Computerhersteller diese Elektrospeicher gern durch Magnetspeicher ersetzen: So liefern die winzigen Stromflüsse

nicht nur Rechenleistung, sondern auch einiges an Abwärme. Die wiederum ist nicht nur verschwendete Energie, sondern muss auch noch mit relativ lauten Ventilatoren abgeführt werden. Die Kondensatoren verlieren obendrein laufend Ladung, die daher immer wieder unter Energieverbrauch aufgefrischt wird. Schaltet man dann auch noch den Strom am Feierabend aus, werden die Kondensatoren im Arbeitsspeicher entladen und die Daten sind weg. Beim nächsten Start holt sich der Computer die Informationen für das Betriebssystem und die installierten Programme in einem oft mehrere Minuten dauernden Prozess von der Festplatte wieder in den Arbeitsspeicher, der daher relativ viel Energie frisst.

Magnetscheiben mit Potenzial

Auf der Festplatte dagegen sind die Daten in winzigen magnetischen Bereichen gespeichert. Sie bleiben daher auch nach dem Ausschalten erhalten. Als Arbeitseinheit aber lässt sich eine Festplatte kaum verwenden, weil man die magnetischen Bereiche nur mit relativ starken äußeren Magnetfeldern – und damit viel Energie – umpolen kann. Eine Möglichkeit bieten da die winzigen Magnetscheiben, an denen die Helmholtz-Forscher in Dresden-Rossendorf arbeiten.

„Solche Scheiben kann man mit einem Durchmesser von einem Drittel eines Tausendstel Millimeters herstellen“, erklärt Jeffrey McCord. In diesen Mini-Scheiben ordnen sich winzige Magnete im Prinzip in verschiedenen großen Kreisen an, bei denen die kleinen innerhalb der großen Kreise liegen. Dabei können die Magnete im oder gegen den Uhrzeigersinn um die Scheibe führen. Genau wie bei Kondensatoren in herkömmlichen Arbeitsspeichern, die entweder eine elektrische Ladung speichern oder eben nicht, gibt es also auch bei diesen Magnetwirbeln zwei unterschiedliche Zustände, die von der Datenverarbeitung genutzt werden können. Anders als auf einer Festplatte aber lassen sich diese beiden magnetischen Zustände nicht mit starken und damit viel Energie verbrauchenden Magnetfeldern, sondern mit einer Spin genannten Eigenschaft der Elektronen umschalten, die viel weniger Strom und damit Energie braucht als herkömmliche Arbeitsspeicher.

Obendrein kann man in diese Magnetwirbel die doppelte Informationsmenge wie in Kondensatoren oder herkömmliche magnetische Elemente packen: Im äußeren Bereich des Wirbels liegen die Magneteilchen zweier benachbarter Kreise



HZDR-PREISE 2011: Norbert Martin erhielt für seine Promotion den HZDR-Doktorandenpreis 2011, der am 15. März 2012 feierlich überreicht wurde (v.l.: Roland Sauerbrey, Wissenschaftlicher Direktor des HZDR, Norbert Martin, Peter Joehnk, Kaufmännischer Direktor des HZDR, Hans Müller-Steinhagen, Rektor der TU Dresden, Roland Schwarz, Leiter Technische Sammlungen Dresden. Foto: Oliver Killig

der Scheibe ragen können, gibt es zwei weitere magnetische Zustände, zwischen denen ebenfalls mit Spins hin- und hergeschaltet werden kann. Insgesamt gibt es so die vier Magnetzustände rechtsdrehend nach oben, linksdrehend nach oben, rechtsdrehend nach unten und linksdrehend nach unten.

Das Ganze funktioniert aber nur gut, wenn die einzelnen Magnetwirbel ein gutes Stück Abstand voneinander halten oder relativ groß sind. Computerhersteller und die Benutzer aber wollen möglichst kleine Datenverarbeitungseinheiten, bei denen konsequenterweise auch die Magnetwirbel klein sind und eng nebeneinander liegen. Dann aber beeinflussen sich die Magnetkreise gegenseitig, weil sich die Mini-Scheiben gegenseitig magnetisch anziehen.

Den gordischen Knoten könnten jetzt die Experimente von Norbert Martin und Jeffrey McCord durchschlagen, die sie am Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung in Dresden begannen, bevor sie 2010 an das HZDR wechselten.

In die Magnetwirbel kann man die doppelte Informationsmenge im Vergleich zu herkömmlichen magnetischen Elementen oder Kondensatoren packen.

parallel zueinander, während in der Mitte der Scheibe der Platz für dieses parallele Liegen nicht reicht. Da jede andere Anordnung aber viel Energie kosten würde, drehen sich die Magneteilchen in der Mitte aus der Ebene der Scheibe heraus und können so wieder energiesparend nebeneinander liegen. Da die Teilchen aber entweder nach oben oder nach unten aus

Stehen die äußeren Kanten der kleinen Magnetscheiben nicht senkrecht zur Ebene der Scheibe, sondern verlaufen schräg, werden an diesem Rand die winzigen Magneteilchen ein wenig in Richtung der Schräge abgelenkt. Das aber hat Konsequenzen. Bei einer senkrechten Kante entsteht die in der Mitte aus der Ebene der Scheibe herausragende Komponente →

zufällig nach oben oder nach unten. An diese Richtung aber müssen sich die Magnete am Rand der Scheibe anpassen und brauchen dazu relativ viel Energie. Die schräge Außenkante aber lässt dieses Magnetfeld bevorzugt in die Richtung der Schräge entstehen, was viel weniger Energie kostet. Deshalb entstehen jetzt die Magnetwirbel einfacher.

Glaskugeln als Schablone

Wie aber stellt Norbert Martin, der die entscheidenden Experimente im Labor durchführte, diese Scheiben mit schrägen Kanten her? Er gibt winzige Glaskügelchen mit einem Durchmesser von 0,30 Tausendstel Millimeter (300 Nanometer) auf eine dünne Magnetschicht. Unter bestimmten Bedingungen liegen diese Glaskugeln alle nebeneinander und bilden winzige Sechsecke mit kleinen Lücken dazwischen. Feuern die Wissenschaftler mit Argon-Ionen auf diese Schicht, schlagen diese atomaren und elektrisch geladenen Geschosse durch die Lücken zwischen den Glaskugeln aus der darunter liegende Magnetschicht Partikel heraus. Die Anordnung der Glaskugeln wirkt so als Schablone: Unter jeder einzelnen Glaskugel bleibt eine magnetische Scheibe stehen, während unter den Lücken die Magnetschicht verschwindet. Im Laufe des Beschusses aber splittern die Argon-Ionen auch Teile von den Glaskugeln ab, die so immer kleiner werden und am Ende der Prozedur statt 300 nur noch 260 Nanometer Durchmesser haben. Dadurch erreichen die Argon-Ionen unter den Glaskugeln auch etwas weiter innen liegende Bereiche der darunter gerade entstehenden Magnetscheiben. Weil dort der Beschuss kürzer

dauert, splittert innen auch weniger Material ab. Wie von selbst entsteht so die gewünschte schräge Kante, ganz oben hat die Magnetscheibe am Ende 260 Nanometer Durchmesser, unten sind es 300 Nanometer.

Nach Entfernen der Glaskugeln bleibt eine Fläche mit Magnetscheiben übrig, die bei starker Vergrößerung ein wenig einem Blick von oben auf etliche Exemplare eines guten alten Elektroherdes ähneln. Die winzigen Scheiben mit schrägen Kanten und Magnetwirbeln im HZDR sind zwar viel kleiner, sehen den alten Elektroherden aber sehr ähnlich. Und sie könnten in Zukunft zu noch kleineren und besseren Computern führen, die auch noch Energie sparen. Die aber wird Jeffrey McCord kaum entwickeln, schließlich ist er Grundlagenforscher. Und die liefern nur das Fundament, auf denen Ingenieure später die Entwicklung bis zu einer praktischen Anwendung vorantreiben.

PUBLIKATION:

Norbert Martin u.a.: „Enhanced Nucleation of Vortices in Soft Magnetic Materials Prepared by Silica Nanosphere Lithography“, in *Advanced Functional Materials*, Band 21, S. 891 (DOI: 10.1002/adfm.201002140) —

KONTAKT

— Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im HZDR
 Prof. Jürgen Fassbender
 j.fassbender@hzdr.de

MAGNETFELDER IM FLUSS – LEHRERFORTBILDUNG IM HZDR

—TEXT— Christine Bohnet

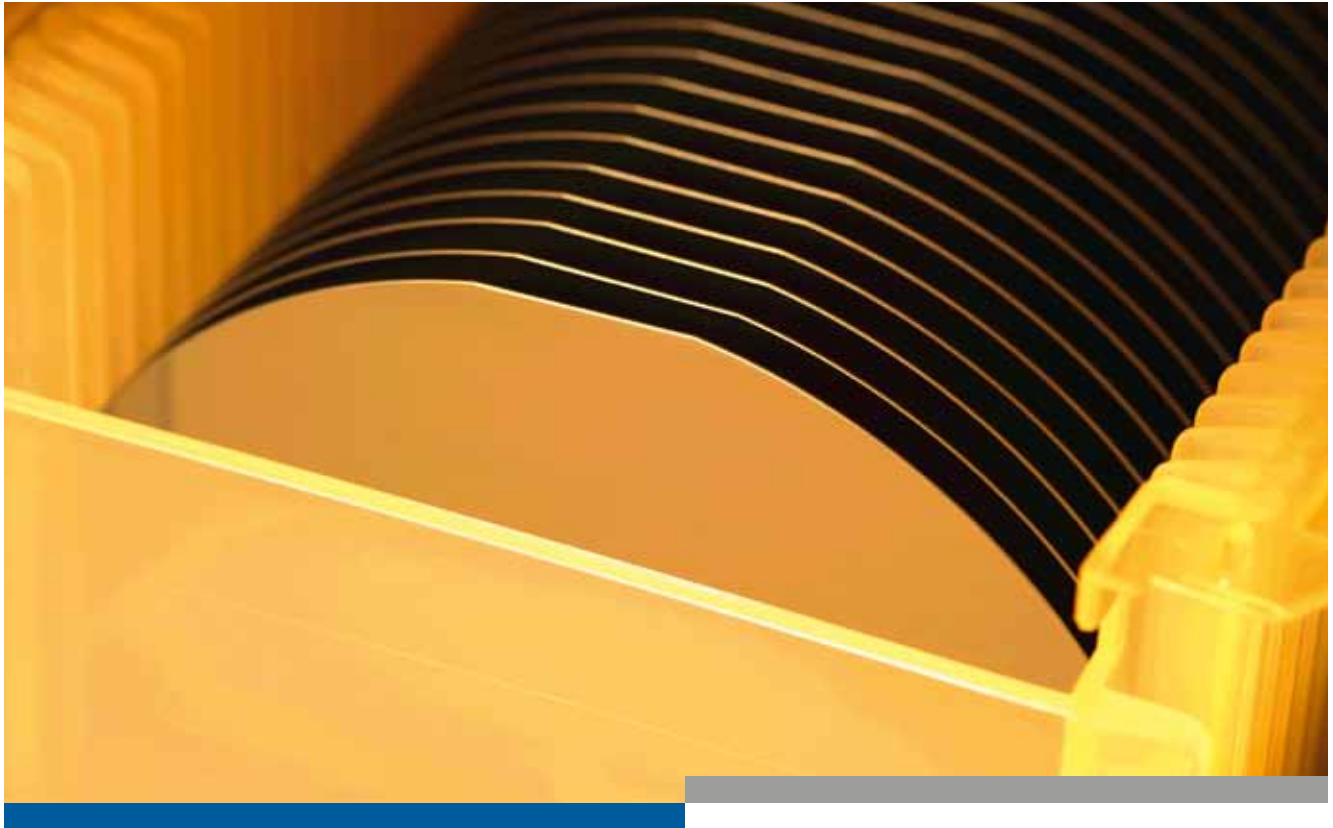
Das HZDR bietet jedes Jahr mindestens eine Fortbildung für Lehrerinnen und Lehrer naturwissenschaftlicher Fächer an sächsischen Gymnasien und Mittelschulen an. Der 17. Februar 2012 war ganz dem Thema Magnetohydrodynamik (MHD) gewidmet – vereinfacht gesagt ging es um Magnetfelder im Fluss. Rund 80 Teilnehmer verfolgten mit großem Interesse die Vorträge zur Beeinflussung von Metall- und Halbleiterschmelzen mit Hilfe von Magnetfeldern, zur magnetischen Strömungskontrolle und zu kosmischen Magnetfeldern im Laborexperiment. Für ihre Vorträge, die sich eng an aktuelle Forschungsarbeiten anlehnten, hatten die drei MHD-Experten Sven Eckert, Frank Stefani und Tom Weier anschauliche Powerpoint-Präsentationen erarbeitet, wovon sicher das ein oder andere Bild im Schulunterricht Verwendung finden wird.

Von den Anfängen des Magnetismus über physikalische Grundlagen wie die Lorentzkraft oder die Kelvin-Helmholtz-Instabilität bis hin zu Anwendungen im Stahlguss oder bei der Kristallzüchtung reichte die Bandbreite. Während der anschlie-



Benden Führungen lernten die Lehrer Versuchsanlagen für den Stahlguss oder die Experimente zur Geo- und Astrophysik im HZDR kennen. Bei der nächsten Lehrerfortbildung soll das Thema Ressourcentechnologie im Mittelpunkt stehen.

// Magnetfelder sind unverzichtbare Helfer im Stahl- und Aluminiumguss oder in der Kristallzüchtung. Ohne sie gäbe es in der Mikroelektronik-Industrie wohl keine 300 Millimeter-Technologie für das Ausgangsmaterial Silizium.



WAFERPRODUKTION: Für die Chipproduktion vorbereitete Siliziumscheiben. Foto: © jirsacz –Fotolia.com

MAGNETE IM INDUSTRIELLEN EINSATZ

_TEXT . Christine Bohnet

Dresden ist einer der großen Mikroelektronik-Standorte Europas. Hier wurde von der Halbleiter-Industrie unter anderem in die Produktion von großen Wafern aus Silizium investiert. Wafer sind dünne Scheiben, auf denen die Chips für die vielen elektronischen Geräte, die wir alle ganz selbstverständlich nutzen, angeordnet sind. Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf hat maßgeblich dazu beigetragen, dass mit Hilfe von exakt berechneten Magnetfeldern der Technologiesprung von 200 auf 300 Millimeter möglich war.

Je mehr Chips auf einen Halbleiter-Wafer passen, desto günstiger kann der einzelne Chip produziert werden. Dies liegt vor allem daran, dass jeder Wafer einige hundert Arbeitsschritte durchlaufen muss, bevor die darauf befindlichen Chips funkti-

onstüchtig sind. Das dauert Monate. Die Siliziumscheibe dient dabei nicht nur als Träger, sondern auch als Ausgangsmaterial für die Chips, die dutzend- bis hundertfach auf jeder einzelnen Scheibe entstehen. Alle Chips auf einem Wafer sind identisch und enthalten, je nach Einsatzzweck, mehr oder weniger komplexe, integrierte Schaltkreise aus elektronischen Bauelementen. In einem aufwändigen Verfahren werden auf die bis in den Nanometer-Bereich ebenen Siliziumscheiben nach und nach Schichten aufgetragen, Fremdatome in die Materialoberfläche dotiert oder einzelne Areale gezielt wieder abgetragen. Unter Einsatz unterschiedlichster Technologien wie Fotolithographie-, Ätz- oder chemische Gasabscheidungs-Verfahren entsteht so nach und nach der fertige Chip-Aufbau. →

Die Mikroelektronik-Firmen stehen einerseits durch den harten internationalen Markt unter erheblichem Preisdruck, andererseits erfordert die Umstellung auf eine neue Technologie enorme Investitionssummen. Heutige Werke produzieren auf 200- oder 300-mm-Basis, der Schritt zum 450-mm-Werk könnte trotz der hohen Kosten und der damit verbundenen Risiken schon in den nächsten Jahren erfolgen.

Ausschuss vermeiden

Wafer werden aus einkristallinem Silizium bzw. anderen Halbleiter-Materialien hergestellt, und zwar meist mit der sogenannten Czochralski-Methode. Dabei wächst der Einkristall, der nach oben aus der Schmelze gezogen wird, ausgehend von einem auf die Schmelze aufgesetzten Impfkristall. Aus dem erstarrten Siliziumkristall werden anschließend die Wafer gesägt. Ihre Qualität hängt in besonderem Maße davon ab, dass beim Fertigungsprozess die flüssige Schmelze kontrolliert wird. Turbulenzen in der Strömung können zu Defekten im Einkristall führen – und damit zu Ausschuss. Der Schritt hin zu größeren Wafern mit einem Durchmesser von 300 Millimetern war vor diesem Hintergrund besonders kritisch.

Die Wissenschaftler am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf setzten zur Kontrolle der Schmelze magnetische Felder ein, mit denen sich Strömungen in leitfähigen Flüssigkeiten in der Metallurgie, bei Gießprozessen oder eben in der Kristallzüchtung gezielt beeinflussen lassen. So können von außen angelegte Magnetfelder die flüssigen Halbleiter-Schmelzen rühren, bremsen oder beruhigen. Als vor etlichen Jahren die Firma Wacker in Burghausen (heute: Siltronic AG) die Helmholtz-Wissenschaftler in Dresden ansprach, begann eine vielversprechende Zusammenarbeit. Es ging darum, die turbulenten Strömungen beim Czochralski-Prozess zu unterdrücken und die Schmelze berührungslos mit Hilfe von Magnetfeldern zu steuern. Dies gelang mit aufwändigen Berechnungen und Experimenten und so konnten 300-Millimeter-Wafer erfolgreich Einzug in die Produktion halten.

Gleichzeitig entwickelten die Dresdner Wissenschaftler ein berührungsloses tomographisches Verfahren, das es ihnen erlaubt, quasi in die Schmelze hinein zu schauen. Dabei geholfen haben ihnen die Forschungen zu Magnetfeldern im Kosmos. Denn Magnetfelder können nicht nur leitfähige Strömungen beeinflussen, sondern solche Strömungen wirken auch auf Magnetfelder, indem sie diese verzerren. Diese Magnetfeld-Änderungen sind relativ klein, können aber mit Magnetfeld-Sensoren außerhalb der Schmelze gemessen werden. Das tomographische Verfahren ist mittlerweile patentiert und verspricht für die Zukunft eine völlig neue Möglichkeit zur Online-Überwachung der Strömung in der Schmel-

ze. Im Rahmen eines vom HZDR koordinierten EU-Projektes, an dem unter anderem die Siltronic AG beteiligt war, konnten bereits erste Messungen an industriellen Zuchtungsanlagen erfolgreich realisiert werden. Eine bessere Strömungskontrolle wird nicht nur für Mikroelektronik-Wafer der nächsten Generation, sondern auch für die Czochralski-Züchtung von Silizium für die Photovoltaik-Industrie von Nutzen sein.

Magnetfelder und Flüssigmetalle

Mit der Neugründung des Instituts für Fluidodynamik im HZDR am 1. Januar 2012 erhält das Arbeitsgebiet der Magneto-hydrodynamik (MHD) einen höheren Stellenwert. Wie der Name schon ausdrückt, geht es um das Zusammenspiel von Magnetfeldern und elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten. Das Spannende: ausgesprochene Grundlagenforschung trifft in der MHD auf sehr industrienahen Themen, sodass die Spanne von kosmischen Schwarzen Löchern bis hin zur Gießertechnik in Sachsen reicht. Intelligente Messverfahren und ausgeprägtes Know-how prägen und befruchten beide Seiten, die anwendungsnahe wie die grundlegende Forschung.

Die Grundlagenforschung selbst wird im HZDR in zwei Richtungen unterteilt. Erstens spielt hier das Thema Turbulenz eine wesentliche Rolle. Turbulente Strömungen werden auch in vielen Jahren noch nicht mit Computersimulationen erfassbar sein – dazu sind die Computersysteme zu langsam bzw. die Grundgleichungen in der Fluidodynamik zu komplex. Deshalb kommt es durchaus immer wieder zu Überraschungen, wenn die MHD-Forscher im Experiment reale Szenarien ausmessen.

Das zweite große Thema sind geo- und astrophysikalische Strömungen. Auch hier gilt, dass die Wirkungen von Magnetfeldern im Kosmos nicht nur berechnet, sondern auch im Experiment nachgewiesen werden sollten. Der erstmalige Nachweis des Geodynamos – damit ist das selbsterregte Magnetfeld der Erde gemeint – gelang den Rossendorfer Forschern gemeinsam mit Kollegen aus Riga, und in einer Gemeinschaftsaktion mit dem Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam konnte die so genannte Magnetorotations-Instabilität im Labor nachgestellt werden. Diese Instabilität, die durch Magnetfelder im Kosmos getriggert wird, liefert einen Schlüssel dafür, warum Sterne und Planeten überhaupt entstehen oder Schwarze Löcher anwachsen können. →

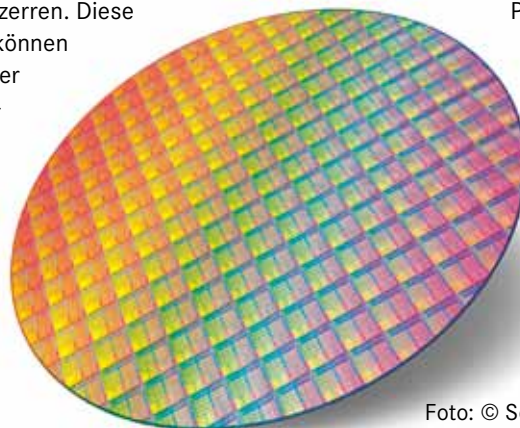


Foto: © Scanrail –Fotolia.com



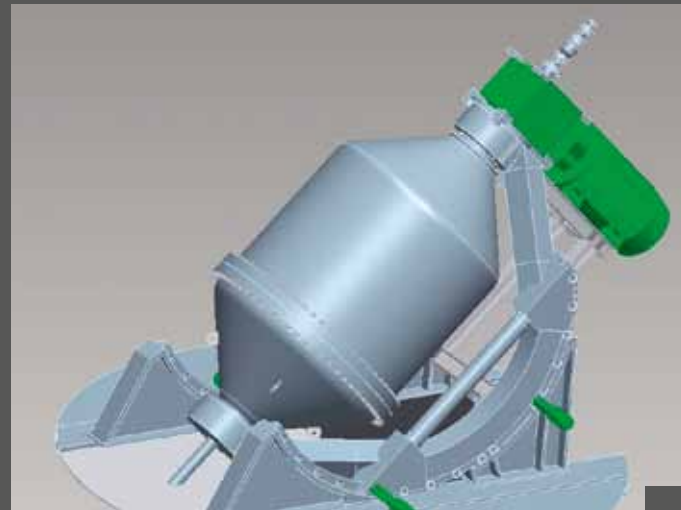
felder die noch flüssigen Metall- oder Halbleiter-Schmelzen rühren, bremsen oder beruhigen. So konnte in einem gemeinsamen Projekt mit der Firma Zollern Aluminiumfeinguss Soest der Ausschuss durch den Einsatz geeigneter Magnete drastisch gesenkt werden. Gerade der Aluminiumguss steht heute vor der Herausforderung, immer größere, dünnwandigere und komplexere Gussteile mit besten Materialeigenschaften herstellen zu müssen. Schon kleinste Inhomogenitäten im Gefüge können die mechanischen Eigenschaften deutlich verschlechtern, weshalb oft gegossene Teile energie- und kostenintensiv wieder eingeschmolzen werden müssen. Erst die genaue Untersuchung des Gießprozesses durch MHD-Forscher in Dresden-Rossendorf deckte die Fehlerquellen auf und führte zu einer maßgeschneiderten Magnet-Lösung, die heute in der Soester Firma erfolgreich im Einsatz ist. —

TECHNOLOGIEPREIS 2011: Sven Eckert und Klaus Timmel (li.) erhielten für ihre Experimente zu Magnetbremsen im Stahlguss den HZDR-Technologiepreis 2011. Dazu nutzten sie die Stahlguss-Anlage LIMMCAST. Foto: Ronald Bonss

Lesen Sie in der nächsten Ausgabe mehr über Magnetfelder im Stahlguss.

Erst kürzlich waren die MHD-Forscher wiederum erfolgreich mit dem Nachweis einer kosmischen Instabilität im Laborexperiment. Die Tayler-Instabilität wird von Astrophysikern unter anderem in Bezug auf kosmische Jets und die Entstehung von Neutronensternen diskutiert. Sie entsteht im Labor, wenn ein starker Strom durch eine Metallschmelze fließt. Ab einer bestimmten Größe erzeugt der Strom durch Wechselwirkung mit seinem eigenen Magnetfeld eine Strömung und die Schmelze wird regelrecht durchgerührt. Das hat Auswirkungen nicht nur im Kosmos, sondern etwa auch, wenn in Zukunft große Flüssigmetall-Batterien als Speicher für regenerative Energien eingesetzt werden sollten.

Weitere industrienahen Forschungsthemen setzen darauf, dass Magnetfelder Schmelzen gezielt beeinflussen können. Die Qualität von Gusswerkstoffen und Einkristallen lässt sich deutlich erhöhen, wenn von außen angelegte Magnet-



DRESDYN-Labor

Das neue DRESDYN-Labor, das sich derzeit in Planung befindet, wird den MHD-Experten des HZDR eine Forschungs- und Entwicklungsplattform für eine Vielzahl von Experimenten bieten, angefangen vom Erddynamo bis hin zu Experimenten für Silizium-Wafer für die Solarindustrie. Auch enge Kooperationspartner an der Technischen Universität Dresden und der TU Bergakademie Freiberg sowie Kolleginnen und Kollegen aus ganz Europa sollen von den neuen experimentellen Möglichkeiten profitieren.

KONTAKT

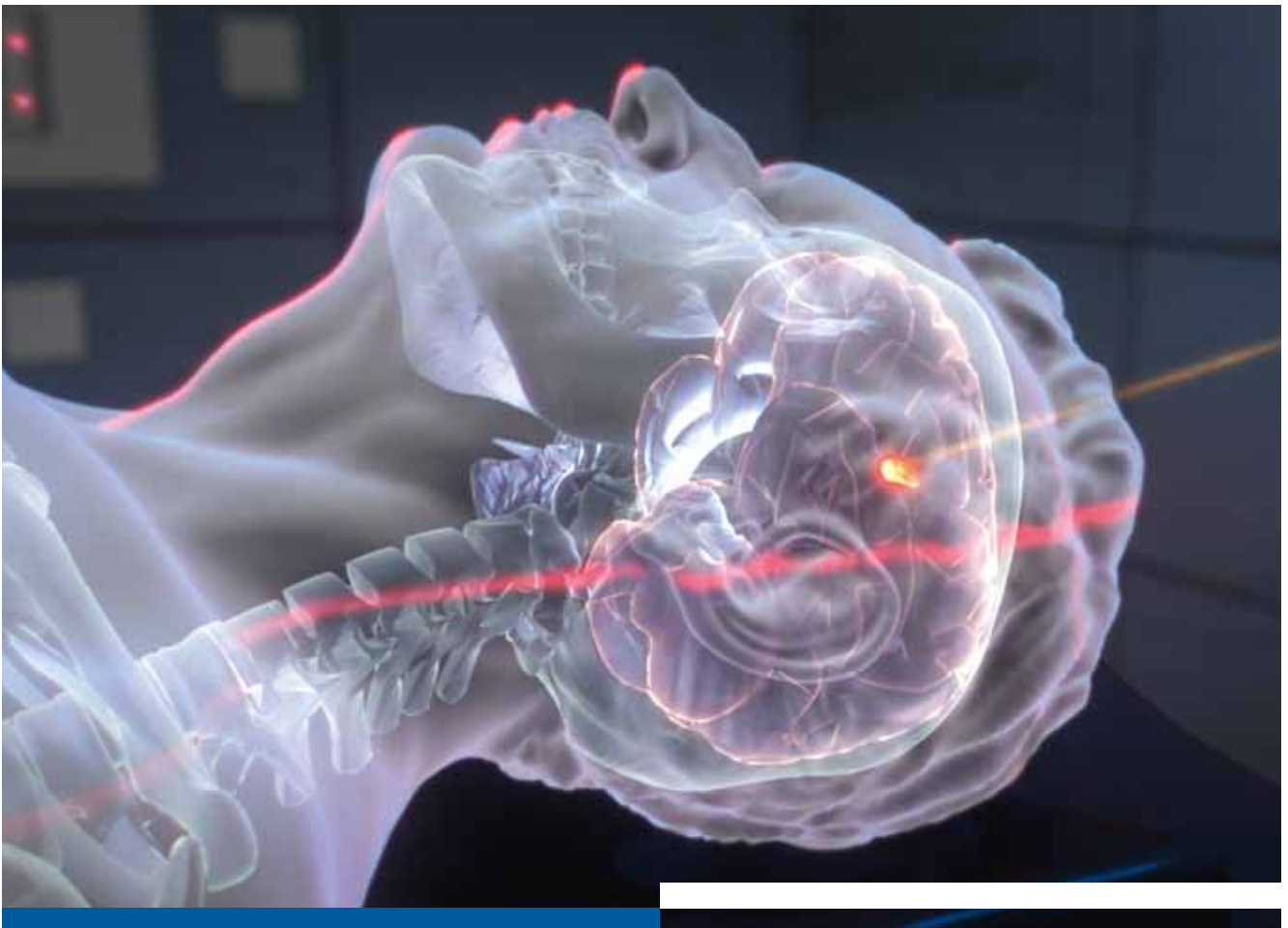
_ Institut für Fluidodynamik im HZDR
Dr. Gunter Gerbeth
g.gerbeth@hzdr.de

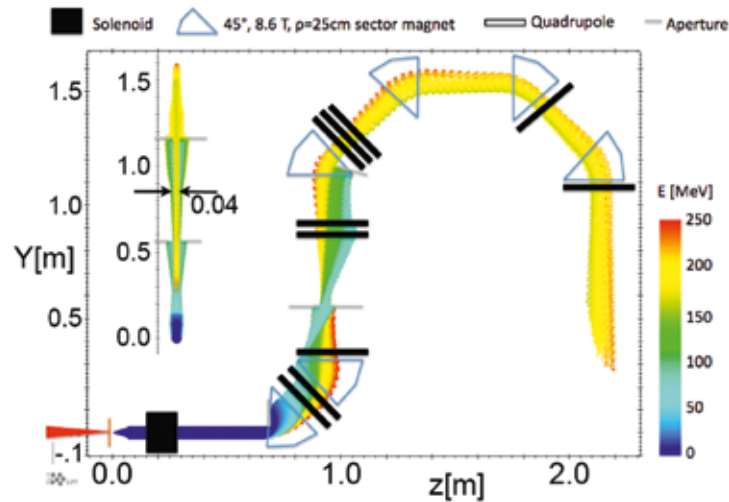
// Derzeit funktioniert die Protonenstrahl-Therapie bei Krebserkrankungen nur mit großen Beschleunigeranlagen und an wenigen Standorten in Deutschland. Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf erforschen den Einsatz von deutlich kleineren und kostengünstigeren Hochleistungs-Lasern, um die Protonenstrahl-Therapie eines Tages für alle Patienten verfügbar zu machen. Gepulste Magnete spielen dabei eine entscheidende Rolle.

LASER UND MAGNETE: DIE KOMBINATION FÜR DIE KREBSTHERAPIE

_TEXT . Sara Schmiedel

THERAPIE: Die Protonenstrahl-Therapie wird heute vor allem bei Tumoren in der Nähe von Hirn und Rückenmark, bei Augentumoren sowie bei jungen Patienten eingesetzt. Bild: AIFilm





PROTONENOPTIK: Die Protonenoptik benötigt weniger als zwei Meter Platz. Hier werden die vom Laser beschleunigten Protonen mit Hilfe von gepulsten Magneten umgelenkt und fokussiert.

Jedes Jahr erkranken über 450.000 Menschen in Deutschland an Krebs. Eine Zahl, die in den nächsten Jahren aufgrund der älter werdenden Bevölkerung noch weiter ansteigen wird. Weltweit arbeiten Forscherinnen und Forscher an besseren, schnelleren und kostengünstigeren Diagnose- und Therapiemöglichkeiten. So wird auch im Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf Krebsforschung betrieben. Schwerpunkte sind neue radioaktive Arzneimittel für die Diagnose und Therapie von Krebserkrankungen sowie innovative Verfahren zur Bildung auf Molekülebene. Außerdem konzentrieren sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf die Weiterentwicklung und Erprobung von Laser-Technologien für die Protonenstrahl-Therapie.

Schonende Behandlung dank präziser Strahlen

Protonenstrahlung ist im Gegensatz zu Röntgenstrahlung präziser und dadurch deutlich unschädlicher für das den Tumor umgebende Gewebe. Während Röntgenstrahlen auf ihrem gesamten Weg vom Eintritt in den Körper bis zum Tumor und darüber hinaus Energie abgeben, können Protonen millimetergenau auf den Tumor ausgerichtet werden. Nur dort entfalten sie ihre Kraft und schädigen die Tumorzellen. Das verringert das Risiko von Folgetumoren, die aus gesunden, aber durch die Bestrahlung geschädigten Zellen entstehen können. Die Protonentherapie kommt heute vor allem bei Patienten mit tief liegenden Geschwüren oder Tumoren im Kopf oder Rückenmark zum Einsatz. Das Problem: Die Protonentherapie ist nur an wenigen Standorten – in Deutschland bis jetzt nur in München und Heidelberg – möglich. Der Bau und der Betrieb der großen Anlagen kosten Summen im dreistelligen Millionenbereich.

Laser kostengünstiger

Die Lösung: Schafft man es, die Protonen statt auf meterlangen Bahnen auf nur wenigen Millimetern auf Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen, verringert das die Größe der Anlagen um ein Vielfaches. Und damit auch die Kosten. In seiner kürzlich veröffentlichten Doktorarbeit, die von Thomas Cowan als Professor an der TU Dresden und Direktor des Instituts für Strahlenphysik im HZDR betreut wurde, hat sich Trevor Burris-Mog genau damit beschäftigt. „Wir untersuchen die Möglichkeit, Hochintensitätslaser statt herkömmlicher Beschleuniger für die Beschleunigung der Protonen einzusetzen“, erklärt er. Um einen Tumor im menschlichen Körper überhaupt zu erreichen und dort ihre zerstörerische Wirkung entfalten zu können, müssen die beschleunigten Protonen eine Energie von rund 200 Mega-Elektronenvolt (MeV) – das entspricht rund zwei Drittel der Lichtgeschwindigkeit – aufweisen. Das schafft bis jetzt kein Laser; das Maximum liegt derzeit bei rund 67 MeV. „Zukünftige Laser werden aber auf jeden Fall die notwendigen Energien erreichen“, ist sich Burris-Mog sicher. Doch das allein reicht nicht, betont der Physiker. Denn um die Strahlung zielgerichtet zum Patienten zu bringen, sind bis jetzt tonnenschwere Magnetsysteme notwendig, die sehr viel Platz einnehmen, eine aufwändige Abschirmung benötigen und sehr teuer sind.

Bis jetzt. Denn die Rossendorfer Forscher und ihre Kollegen vom GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt und dem Helmholtz-Institut Jena haben eine neue Lösung gefunden. Statt großer schwerer Elektromagnete, die ein statisches Magnetfeld von rund einem Tesla zur Verfügung stellen, verwendet die Forschergruppe kleinere und leichtere Magnetspulen, die Felder von bis zu 25 Tesla schaffen. Diese Felder leben nur ganz kurz – gerade mal ein paar Millisekunden →

lang – und werden in sehr kurzen Zeitabständen immer wieder neu aufgebaut. Sie werden gepulste Felder genannt. „Da auch das Laserlicht und damit die Protonen gepulst losgeschickt werden, braucht man gar kein statisches Magnetfeld“, erklärt Burris-Mog.

Magnettechnologie aus dem Dresdner Hochfeldlabor

Mit Hilfe von im Hochfeld-Magnetlabor des HZDR eigens für diesen Zweck entwickelten und angefertigten Magnetspulen konnten die Wissenschaftler jetzt zeigen, dass die Idee auch wirklich funktioniert. Sie konnten den Protonenstrahl präzise bündeln, ausrichten und seine Energie regulieren. „Bis jetzt haben die durch Laser beschleunigten Protonenstrahlen ihre Quelle immer sehr unpräzise verlassen“, sagt Burris-Mog. So hatten die Strahlen unterschiedliche Richtungen und Energien und waren deshalb für viele Anwendungen ungeeignet.

Thomas Herrmannsdörfer, Physiker im Hochfeld-Magnetlabor, verweist auf die jahrelange Expertise des HZDR im Bereich Magnettechnologien: „Für uns sind die eingesetzten Magnetspulen eine etablierte Technologie und auch die Energieversorgung ist bereits ausgereift“. Je größer das Magnetfeld, umso weniger Platz braucht man, um die Protonen umzulenken. Die Größe des gesamten Aufbaus verringert sich damit um ein Vielfaches. „Wir haben außerdem einen sehr geringen Stromverbrauch und somit eine kostengünstige Alternative zu

den bestehenden Anlagen“, nennt Herrmannsdörfer weitere entscheidende Vorteile dieser neuen Technologie. Das HZDR hat für diese Entwicklung einen Patentantrag gestellt.

Die Forscher wollen jetzt prüfen, inwieweit sich ihr gepulstes Magnetsystem mit der herkömmlichen Beschleuniger-Technologie verbinden lässt. Ein entsprechender Aufbau soll in den nächsten Jahren im Universitätsklinikum Carl Gustav Carus in Dresden realisiert werden. Ein wichtiger Schritt hin zu kostengünstigen Protonentherapie-Anlagen, die bald in zahlreichen Kliniken stehen könnten, wäre damit getan.

PUBLIKATION:

T. Burris-Mog, K. Harres, F. Nürnberg, S. Busold, M. Bussmann, O. Deppert, G. Hoffmeister, M. Joost, M. Sobiella, A. Tauschwitz, B. Zielbauer, V. Bagnoud, T. Herrmannsdörfer, M. Roth, T. E. Cowan: „Laser accelerated protons captured and transported by a pulse power solenoid“, in Phys. Rev. ST Accel. Beams, Bd. 14 (2011), S. 121301 (DOI: 10.1103/PhysRevSTAB.14.121301) →

— KONTAKT

— Institut für Strahlenphysik im HZDR
 Prof. Thomas Cowan
 t.cowan@hzdr.de



Neubau für Protonenstrahl-Therapieanlage

Das Dresdner Forschungszentrum OncoRay, das durch das HZDR, die Universitätsklinik Dresden und die TU Dresden getragen wird, entwickelt die Protonenstrahl-Therapie weiter. Dafür entsteht auf dem Gelände des Universitätsklinikums eine neue Behandlungs- und Forschungsplattform. Die ersten Patienten sollen 2014 behandelt werden. Gleichzeitig soll das neue Zentrum ein Ort für die Erprobung und Erforschung der neuen Anlagen für die Laser-Teilchenbeschleunigung werden. Es stellt damit eine weltweit einmalige Forschungsplattform dar, von der Patienten dank der vielfältigen und praxisnahen Forschungsprojekte am Dresdner OncoRay-Zentrum frühzeitig profitieren werden. Derartige Bestrebungen – das schnelle und gezielte Anwenden von Ergebnissen aus der Grundlagenforschung in Kliniken und umgekehrt – werden als Translationsforschung bezeichnet.

➔ www.oncoray.de

// Magnete im Nano-Bereich mit elektrischen Strömen steuern zu können, fasziniert die Physikerin Alina Maria Deac. Sie leitet im Dresdner Helmholtz-Zentrum die international besetzte Nachwuchsgruppe „Spintronik“.

MAGNETOELEKTRONIK – ALLES ÜBER NANO-MAGNETE UND ELEKTRONEN-SPINS

_TEXT . Christine Bohnet



Das hat sicher schon jeder einmal erlebt. Im Winterchaos oder an Silvester, beim Elbe-Hochwasser oder an anderen Katastrophentagen ist kein Verlass auf die Handy-Kommunikation. Die Netze funktionieren nicht mehr, wenn viele Menschen gleichzeitig telefonieren wollen. Die rumänische Physikerin Alina Maria Deac leitet eine Gruppe junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich genau darum kümmern will. Zugleich geht es ihr aber auch um Bausteine zu neuartigen schnurlosen Geräten, die gigantische Datenmengen senden und empfangen können und somit neue, an Science Fiction-Filme erinnernde Anwendungen ermöglichen, wie zum Beispiel 3D-Video-Konferenzen. Ihr Schlüssel dazu ist die Magneto- oder Spin-Elektronik, oder, um es mit ihren Worten zu sagen, das ganze „Spin-Transport-Zeugs“.

Elektronen transportieren bekanntlich elektrische Ladung und ermöglichen so einen Stromfluss. Aber Elektronen besitzen auch eine quantenmechanische Eigenschaft, Spin genannt. Dieser führt dazu, dass sich das Elektron wie ein winziger Magnet verhält. Ein Spin kann – in Bezug zu einem äußeren magnetischen Feld – in zwei Richtungen weisen, nach oben oder nach unten bzw. gleich- oder gegengerichtet. Bisher wird der Elektronen-Spin kaum genutzt in typischen mikroelektronischen Bauelementen, wie sie all unsere Smartphones, Laptops und Tablet-Computer enthalten. Experten erwarten jedoch von der relativ jungen Magnetoelektronik, dass sie eine

zunehmend wichtige Rolle für die Verarbeitung und Kodierung von Informationen einnehmen wird. Alina Deac interessiert sich vordergründig allerdings nicht für die Entwicklung von Bauelementen, vielmehr geht es ihr um grundlegende Fragen des Zusammenspiels von Magnetismus im Nanometer-Bereich und Spinströmen.

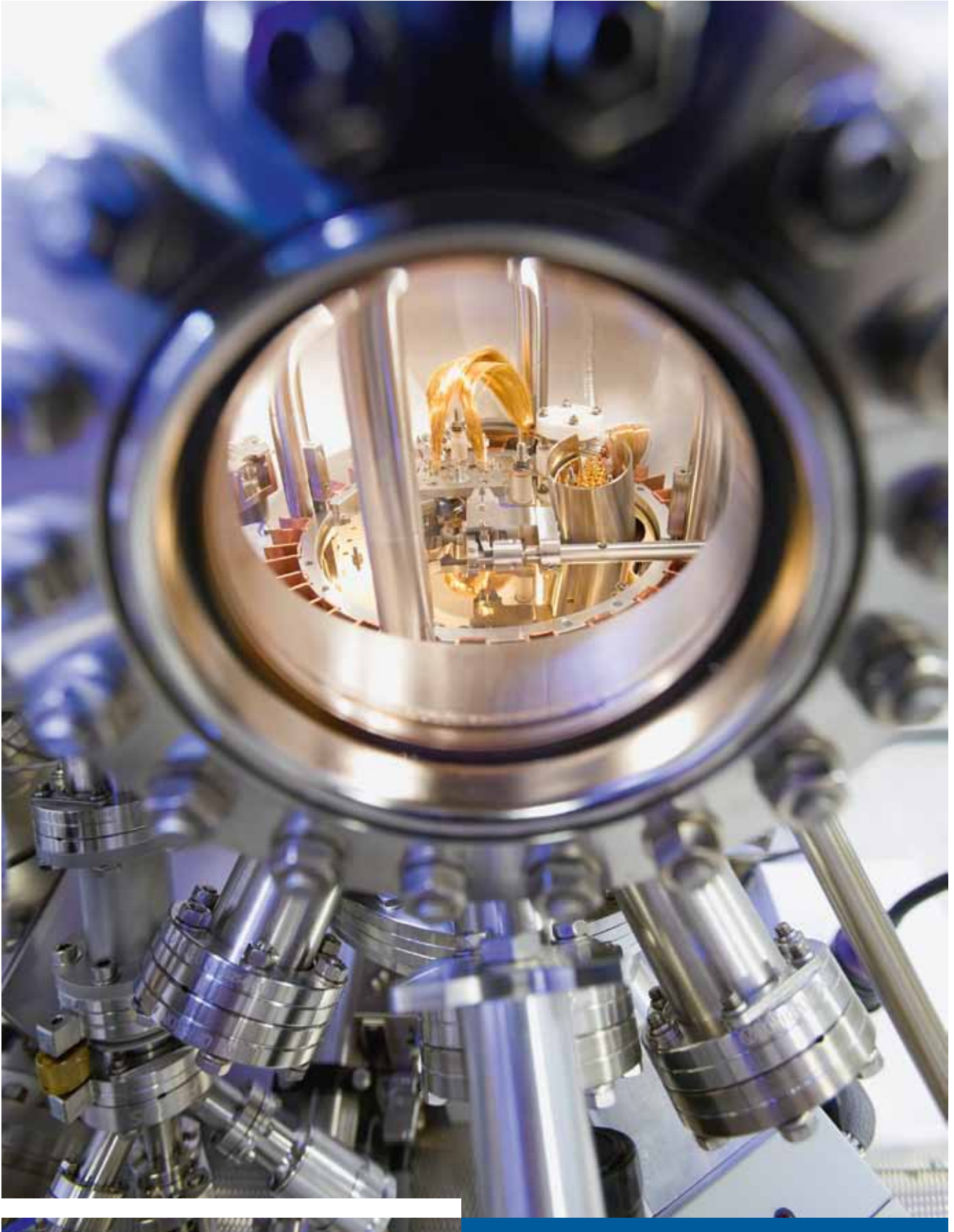
Spins in der modernen Speichertechnologie

Fließt ein Strom durch ein nicht-magnetisches Metall, so ist dieser nicht spin-polarisiert. Das heißt, die Elektronen-Spins sind zufällig orientiert, denn es gibt keine Vorzugsrichtung. In einem magnetischen Metall dagegen wird der durch den Magneten fließende Strom wegen der Interaktion zwischen dem Magneten und den Spins spin-polarisiert. Das Resultat: die meisten Spins richten sich an der Nord-Süd-Achse des Magneten aus. Das machen sich heute schon eine neue Generation von Leseköpfen in Computern und die Technologie des MRAM-Speichers (Magnetoresistive Random-Access Memory) zunutze.

Für ein MRAM-Bauteil nehme man zwei magnetische Schichten, die durch eine hauchdünne, nur einige Nanometer dicke, nicht-magnetische Isolationsschicht getrennt sind (1 Nanometer = 1 Millionstel Millimeter). Das Besondere: die Magnetisierung des ersten Nano-Magneten ist fixiert, während die Magnetisierungsrichtung des zweiten Nano-Magneten frei drehbar bleibt. Nun kann zwischen paralleler und antiparalleler Ausrichtung der Magnetisierungen – und damit zwischen Zuständen unterschiedlichen elektrischen Widerstands – hin und her geschaltet werden. So ist es möglich, in der relativen Magnetisierung der Nano-Magnete Informationen zu speichern.

In heutigen MRAM-Speichern – und in der Tat in allen magnetoelektronischen Bauteilen – wird der Spin nur passiv genutzt, nämlich um Informationen auszulesen. Das erschwert eine weitere Miniaturisierung und verhinderte bisher eine Etablierung des MRAMs auf dem hart umkämpften Speichermarkt. Die nächste Generation von spinelektronischen Geräten wird den Spin als aktive Komponente einsetzen, der den Magnetismus →

ATOME UNTER DER LUPE: Magnetoelektronische Strukturen werden beispielsweise mit dem Rasterkraft-Mikroskop untersucht.
Foto: Rainer Weisflog



tatsächlich kontrolliert. Das Zusammenspiel zwischen spin-polarisierten Strömen und Nano-Magneten könnte dann sowohl zum Lesen wie zum Schreiben von Informationen dienen.

Aktive Spins

Magnetoelektronische Bausteine müssen klein sein, damit Spin-Zustände überhaupt eine aktive Rolle spielen können. Die Nano-Strukturen, mit denen sich die Gruppe von Alina Deac beschäftigt, haben einen Durchmesser von unter 100 Nanometern. Das Team untersucht im Detail, wie ein spin-polarisierter Strom – statt einem äußeren magnetischen Feld – ein MRAM-Bit schreiben kann.

Das heißt einerseits, dass der elektrische Stromfluss magnetisch kontrolliert und geschaltet wird und dass die Spin-Polarisation andererseits stark genug ist, um ihrerseits einen Magneten zu beeinflussen. Im Prinzip kann man also mit einem genügend großen Spinstrom die freie magnetische Schicht des MRAMs zwischen den Ausrichtungen „0“ und „1“ umschalten, je nachdem ob der diese Schicht durchfließende Spinstrom parallel oder antiparallel zum fixierten Nano-Magneten ausgerichtet ist.

Spin-Zustände und Nano-Magnete in der Zukunft

Magnetische Nano-Säulen, wie sie Deacs Gruppe herstellt und untersucht, haben auch erstaunliche Hochfrequenz-Eigenschaften, was daran liegt, dass ein spin-polarisierter Strom die nicht-fixierte Schicht zum Oszillieren zwischen zwei bevorzugten Werten bringen kann. So entsteht eine Wechsellspannung. Die Frequenz dieses Signals ähnelt der von Mobiltelefonen genutzten Frequenz. Anders als bei den heute gebräuchlichen Handykomponenten, die nur mit einer festen Frequenz arbeiten, erzeugen solche Spin-Oszillatoren Signale, deren Frequenzen mit dem Stromfluss ‚getunt‘ werden könnten. Außerdem sind die Nano-Säulen im Durchmesser um das Zehnmillionenfache kleiner. Auf dieser Basis könnte man ein intelligentes Handy entwickeln, das auf einem Frequenzband automatisch einen freien Kommunikationskanal sucht, vergleichbar mit einem Radio, das sich auf den nächsten Sender einstellt. Damit könnten Mobiltelefone der Zukunft auch in besonderen Situationen – also etwa im Katastrophenfall – zuverlässig arbeiten.

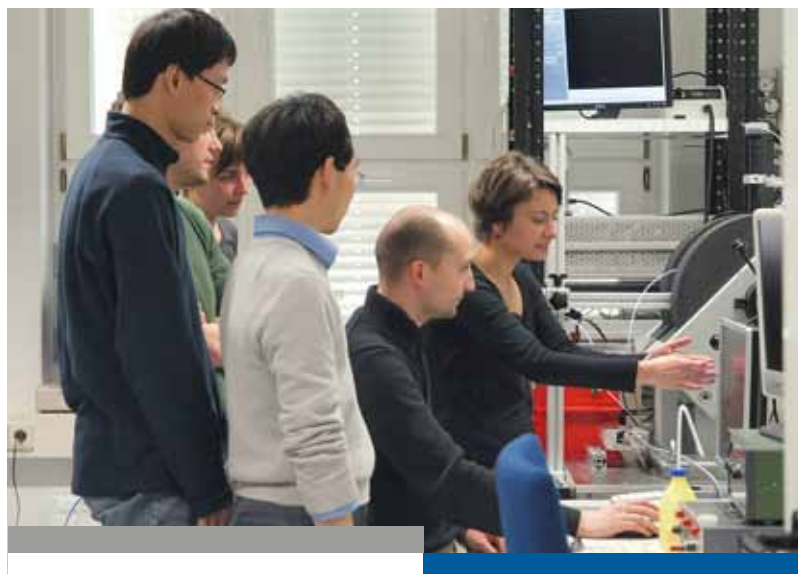
Die Vorteile von spinelektronischen Bauelementen sind neben der weiteren Miniaturisierung die Beschleunigung von Speichervorgängen, die Erhöhung der Haltbarkeit der Daten und der geringere Energieverbrauch. Schließlich könnten sie auch ganz neue Anwendungen ermöglichen, wie 3D-Videokonferenzen oder Unterhaltungssysteme, die dreidimensionale Videobilder in jedes Wohnzimmer zaubern – man stelle sich dies wie Hologramme vor, die uns umgeben, während wir auf unserem Lieblingssessel sitzen –, doch ist dazu noch viel Grundlagenverständnis in Bezug auf die prinzipiellen physikalischen Gesetze vonnöten. Dieses Verständnis muss sich dann auch auf bisher unerforschte Materialien erstrecken.

Rumänien, Frankreich, Japan...

Die rumänische Physikerin Alina Maria Deac entdeckte während ihrer Doktorarbeit die Faszination, die von den damals gerade neu entdeckten Spin-Transport-Phänomenen ausging. Im französischen Grenoble jedenfalls untersuchte sie zunächst supraleitende Materialien am Europäischen Synchrotron (ESRF), als sie, finanziert von der Europäischen Physikalischen Gesellschaft, ihr Masterstudium an der Universität Joseph Fourier absolvierte. Die Promotionsstudentin unterstützte die CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique), für die anschließende Post Doc-Phase am japanischen AIST-Institut (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) bewarb sich Deac erfolgreich um ein Langzeit-Stipendium der Japanischen Gesellschaft für die Unterstützung der Wissenschaften (JSPS). In Tsukuba und Osaka arbeitete sie unter anderem mit dem Spin-Experten Shinji Yuasa zusammen, der eine der beiden unabhängigen Arbeitsgruppen leitete, die als erste den Riesentunnelmagnetowiderstand in der Isolatorschicht Magnesiumoxid entdeckten. Diesen Effekt nutzen heutige Leseköpfe auf Computer-Festplatten.

„In Japan stand ich plötzlich alleine da, nach fünf Jahren in Grenoble.“, erinnert sich Deac. Dennoch blieb sie fast zwei Jahre und fand es „großartig“. „Danach erst erlebte ich so etwas wie einen Kulturschock, als es mich nämlich ins amerikanische Boulder/Colorado zog.“ Sie stellte ihre zwei High-Tech-Fahrräder aus Japan in die riesige Garage, die in Boulder zu ihrer Wohnung gehörte, und musste viele Fragen beantworten, warum sie im Land der großen Entfernungen nicht lieber Auto fahren wollte. Den zweijährigen Aufenthalt am dortigen NIST-Institut (National Institute for Standards and Technology) →

NACHWUCHSGRUPPE SPINTRONIK: Die Nachwuchsgruppe Spintronik besteht neben Alina Deac, Spintronik-Expertin und Nachwuchsgruppen-Leiterin, derzeit aus zwei Postdoktoranden, einer Doktorandin und zwei Gastwissenschaftlern.



finanzierte die Europäische Union mit einem internationalen Marie-Curie-Stipendium, das zwingend eine bestimmte „Rückkehr-Phase“ vorsieht. Also verbrachte Deac ein Jahr am Forschungszentrum Jülich.

Anschließend wechselte sie als Wissenschaftliche Assistentin an die Föderale Polytechnische Hochschule in Lausanne (EPFL), wo sie als Ambizione Fellow des Schweizerischen Nationalfonds eine kleine Gruppe leitete, die sich aus dem irischen Postdoktoranden Ciaran Fowley, ihr selbst und einem italienischen Doktoranden zusammensetzte.

Schließlich entschied sie sich, ab Oktober 2011 die Position als Leiterin der Nachwuchsgruppe „Spintronik“ im HZDR zu übernehmen. Aus Jülich hat sie Volker Sluka nach Dresden geholt, aus Lausanne Ciaran Fowley. Eine deutsche Doktorandin, ein chinesischer Gastwissenschaftler, der zwischen seiner

Post Doc-Zeit in Japan und einer Assistenzprofessur in den USA sechs Monate im HZDR verbringt, sowie zwei chinesische Sommerstudenten vervollständigen die international besetzte Nachwuchsgruppe, von der noch viel zu erwarten sein wird.

PUBLIKATION:

A. M. Deac u.a.: “Bias-driven high-power microwave emission from MgO-based tunnel magnetoresistance devices”, in Nature Physics, Bd. 4 (2008), S. 803 (DOI: 10.1038/nphys1036) ↵

KONTAKT

— Nachwuchsgruppe Spintronik im HZDR
Dr. Alina Maria Deac
a.deac@hzdr.de

KANN MAN MAGNETISMUS SICHTBAR MACHEN?

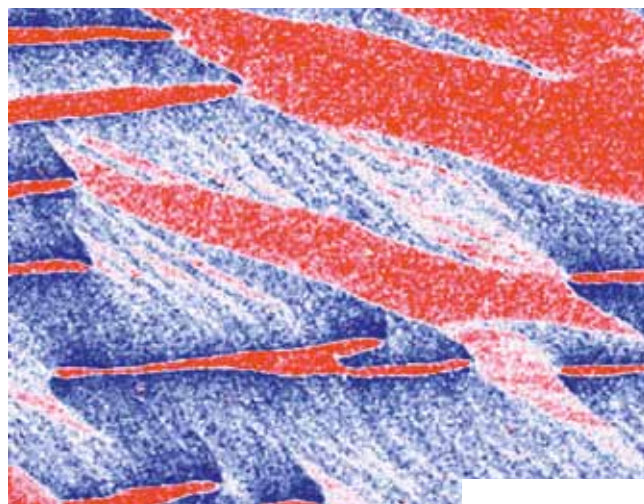
—TEXT . Maria Hörhold

Schülerlabore wollen aktuelle Spitzenforschung für Schülerinnen und Schüler erlebbar und begreifbar machen. Wie das gehen kann, zeigt der Einsatz eines Kerr-Mikroskops im Schülerlabor DeltaX.

Kerr-Mikroskope werden in der Forschung eingesetzt, wenn es um Magnetismus auf ganz kleiner Skala geht. Magnetische Materialien und kleinste magnetische Strukturen werden auf ihre magnetischen Eigenschaften, wie beispielsweise ihr Verhalten bei Änderung des angelegten magnetischen Felds, untersucht. Hintergrund ist das große Ziel, die Strukturen für Datenspeicher noch kleiner und effizienter zu machen.

Aber was ist das eigentlich – Magnetismus? Woran kann man ihn erkennen? Wie kommt er zustande? Grundlage ist die Vorstellung, dass alle Materialien aus Elementarmagneten aufgebaut sind – das sind die magnetischen Momente der Elektronen, die sich um die Atomkerne bewegen. In der Art und Weise, wie diese Elementarmagnete angeordnet sind und sich gegenseitig beeinflussen, liegt der Schlüssel zum Verständnis von Magnetismus. Bereiche, in denen die Elementarmagnete gleich ausgerichtet sind, nennt man magnetische Domänen (oder Weißsche Bezirke).

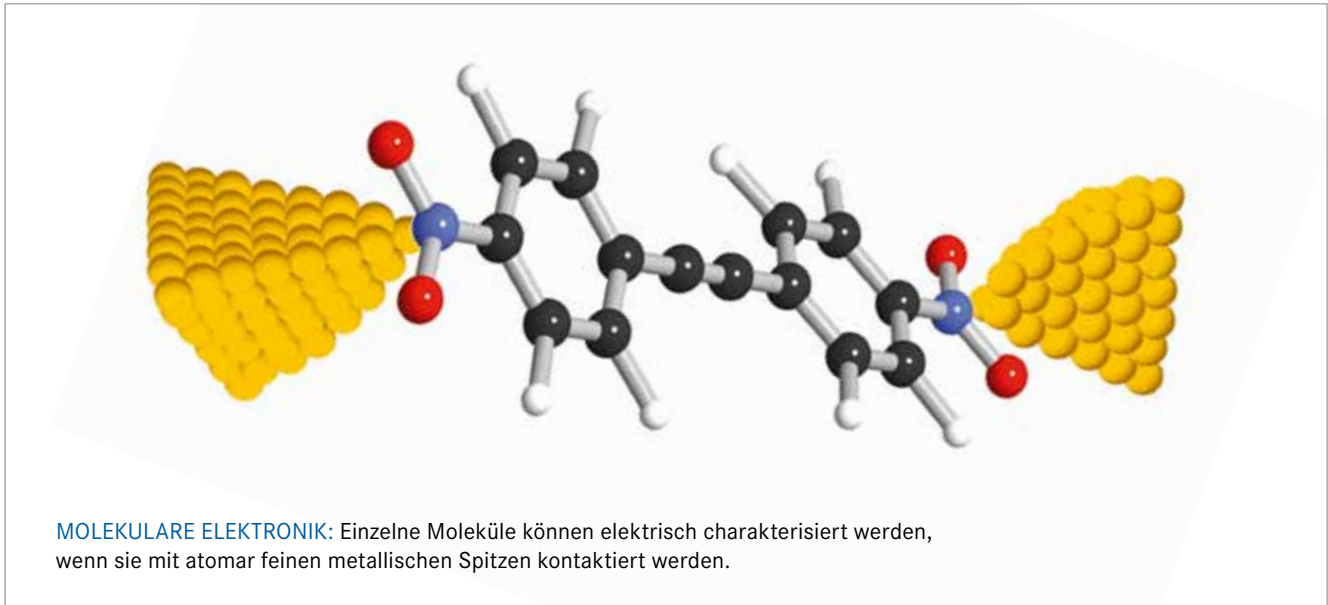
Das Kerr-Mikroskop macht sich die unterschiedliche Ausrichtung der Elementarmagnete zunutze. Schickt man linear polarisiertes Licht – also Licht, das in einer Ebene konstant schwingt – auf eine magnetische Oberfläche, so wird die Polarisationsebene des Lichtes je nach magnetischer Ausrichtung der Domänen in einem speziellen Winkel (Kerr-Winkel) gedreht. Diesen Effekt nennt man magneto-optischen Kerr-Effekt. Misst man nun den Kerr-Winkel des reflektierten Lichts, werden die magnetischen Domänen für das menschliche Auge sichtbar.



Im Schülerlabor des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf können die Schülerinnen und Schüler mit dem Kerr-Mikroskop dann selbst magnetische Materialien untersuchen, die Domänenbildung anschauen und anhand eines Magnetfeldes beeinflussen.

Den Aufbau des Kerr-Mikroskops hat das Schülerlabor DeltaX zusammen mit dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung sowie der Zentralabteilung Forschungstechnik realisiert, finanziert wurde es aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft. Das Experimentierdesign für die Arbeit mit Schülern am Kerr-Mikroskop wurde von einer Lehramtsstudentin der Technischen Universität Dresden im Rahmen ihrer Bachelorarbeit entworfen. Hochkarätige Forschung mit Schülern erleben – das geht, denn man kann Magnetismus sichtbar machen. ↵

// Die Erbsubstanz DNA soll in der Molekularen Elektronik die Funktion von Leiterbahnen übernehmen. Forscher im HZDR können sogar flexible Verbindungen realisieren.



DEHNBARE DRÄHTE FÜR DIE ELEKTRONIK VON MORGEN

_TEXT . Uta Bilow

Immer kleiner, immer schneller: Das ist der Trend in der Elektronik. Seit Jahrzehnten werden die aktiven Komponenten in elektronischen Apparaten fortwährend kompakter, betrachtet man die Entwicklung von Röhren über Transistoren bis zu hochintegrierten Chips. Heute bewegen sich die Abmessungen der Bauteile in unvorstellbar kleinen Dimensionen: Ein gewöhnlicher Transistor hat eine Kantenlänge von gerade einmal 50 Nanometern. Den Takt bei dieser Entwicklung gibt das Moore'sche Gesetz vor. Alle 18 Monate, so sagte der amerikanische Forscher Gordon Moore in den 1960er Jahren voraus, werde sich die Anzahl der Komponenten auf einem Chip verdoppeln. Dieses Tempo hält die Halbleiterindustrie bislang durch. Doch im Zuge der fortlaufenden Miniaturisierung stößt die „top down“-Technologie auf immer größere physikalische Hindernisse und wird zunehmend unwirtschaftlich. Eine attraktive Alternative ist für viele Wissenschaftler der umgekehrte Weg, bei dem komplexe Strukturen aus einzelnen Molekülen und Atomen aufgebaut werden. Dieser „bottom up“-Ansatz soll eine erneute Verkleinerung um Größenordnungen bringen und Computern zu unübertroffener Leistungsfähigkeit verhelfen.

Ein äußerst interessantes Molekül für die so genannte Molekulare Elektronik ist die Erbsubstanz DNA. Das fadenförmige Molekül ist sehr stabil und kann grundsätzlich elektrischen Strom leiten. Es wäre also als Draht geeignet, mit dem man andere Bauteile verknüpfen könnte. Eine ganz spezielle Variante solcher Drähte untersucht am Helmholtz-Zentrum

Dresden-Rossendorf der Physiker Artur Erbe. Der Leiter der Forschungsgruppe „Transportphänomene“ in der Abteilung „Skalierungsphänomene“ wechselte von der Universität Konstanz ans HZDR, wo er diese Forschungsarbeiten weiterführt. Die DNA-Stränge, die Artur Erbe und seine Kollegen untersuchen, sind so konstruiert, dass sie dehnbar sind. Das Besondere daran: Wenn die DNA auseinandergezogen wird, verändert sich lediglich die Länge des Drahtes. Der Stromfluss hingegen bleibt konstant.

Bruchkontakte für hauchdünne Elektroden

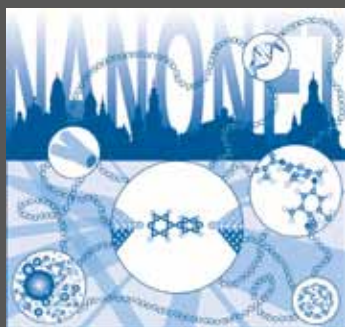
Die Molekulare Elektronik erfordert besondere Experimentiereinrichtungen. Denn ein DNA-Draht ist so dünn, dass er konventionelle Leiterbahnen wie dicke Starkstrom-Kabel aussehen lässt. Man kann ihn nicht so einfach an elektrische Kontakte anschließen, um seine Leitfähigkeit zu messen. Daher haben sich die Forscher etwas Besonderes einfallen lassen. „Wir erzeugen hauchfeine Goldelektroden durch die Konstruktion eines sogenannten Bruchkontaktes“, erläutert Artur Erbe. Zunächst wird auf einer elastischen Unterlage ein Goldstreifen angebracht, dessen Mitte sich zu einer sehr schmalen Brücke verjüngt. Diese Anordnung wird in eine Apparatur eingespannt und langsam verbogen, bis schließlich die Mitte der Brücke durchbricht. Somit entsteht ein winziger Abstand zwischen den beiden Goldelektroden. Über die Auslenkung der Schieber, die den Goldstreifen verbiegen, kann der Abstand der →

Elektroden voneinander genau fixiert werden. „Die Präzision dabei liegt im Pikometer-Bereich“, betont der HZDR-Forscher.

Zwischen diese Goldkontakte können die Wissenschaftler einzelne Moleküle platzieren und deren Leitfähigkeit bestimmen, während sie den Abstand der Elektroden variieren. Gewöhnliche DNA-Stränge verhalten sich dabei so, dass der elektrische Widerstand mit zunehmendem Abstand annähernd linear ansteigt. „Wir beobachten dann den sogenannten Tunnelstrom“, erläutert Erbe. „Die Stränge verlieren an Leitfähigkeit, wenn man sie dehnt.“ Als die Physiker die Elektroden jedoch mit einem DNA-Molekül überbrückten, das besonders häufig einen Baustein namens Guanin enthält, erlebten sie eine handfeste Überraschung: „Wir konnten den Abstand über einen Bereich von mehreren Nanometern verändern, also den Strang wiederholt strecken und stauchen, ohne dass der Widerstand anstieg.“ Die entsprechenden Messkurven, die Artur Erbe zeigt, weisen breite Plateaus bei einem konstanten Stromwert auf.

Nachwuchs für die Nano-Elektronik

_TEXT . Anja Weigl



Wie kann man Atome und Moleküle so funktionalisieren und gestalten, dass sie Informationen schalten und damit die kleinstmöglichen Transistoren darstellen? Dieser Frage können sich bald auch Nachwuchswissenschaftler im neuen Helmholtz-Kolleg NANONET widmen. NANONET steht für „International Helmholtz Research School for Nanoelectronic Networks“. Es wird in den kommenden sechs Jahren mit 200.000 Euro jährlich aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft gefördert. Partner des HZDR in dem strukturierten Promotionsprogramm sind die Technische Universität Dresden, das Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden, das Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren und die NaMLab gGmbH.

„Einzelne Moleküle sind die kleinsten, zu einem Prozessor integrierbaren Bausteine, die wir uns derzeit vorstellen können. Wir haben die Vision, Bausteine zu entwickeln, die sich selbstständig zu einem Schaltkreis zusammensetzen. Das ist ein sehr spannendes Forschungsgebiet, das letztlich die Produktionskosten in der Chipindustrie durch deutlich weniger Energieverbrauch drastisch senken könnte“, sagt Artur Erbe, Sprecher des neuen Helmholtz-Kollegs.

Wie ein Faltenbalg

Die Ursache für dieses besondere Verhalten liegt in der Struktur der DNA-Moleküle. Dazu muss man wissen, dass DNA aus langen Strängen besteht, die ihrerseits aus nur vier verschiedenen Bausteinen, den Nukleinbasen, aufgebaut sind. Je nach Abfolge der Bausteine falten, winden und verbiegen sich die Stränge zu dreidimensionalen Gebilden. In der Erbsubstanz beispielsweise ist die Kombination der Nukleinbasen so aufeinander abgestimmt, dass sich zwei einzelne Stränge wie die beiden Seiten eines Reißverschlusses miteinander verbinden und zur berühmten Doppelhelix verdrillen. Die DNA von HZDR-Forscher Artur Erbe besteht dagegen aus einem einzigen Strang, in dem sehr oft die Nukleobase Guanin vorkommt. Ganz ohne weiteres Zutun verknäult sich der lange Faden zu einem Gebilde mit einer räumlichen Struktur, die an den Faltenbalg einer Ziehharmonika erinnert. Jeweils vier Guanin-Bausteine ordnen sich wie Plättchen in einer Ebene an. Darüber und darunter stapeln sich weitere Ebenen, ebenfalls jeweils aus vier Guanin-Plättchen zusammengesetzt. In dieser Anordnung steckt das Geheimnis der Beweglichkeit. Einem Ziehharmonikaspieler gleich kann man den DNA-Strang an seinen beiden Enden auseinanderziehen. Dabei nimmt der Abstand zwischen den Guanin-Ebenen zu, der Wert der Leitfähigkeit ändert sich jedoch nicht.

Diese längenunabhängige Leitfähigkeit ist für die Molekulare Elektronik von hohem Wert. Denn bei der Konstruktion von Schaltungen und Stromkreisen setzen die Forscher auf das Prinzip der Selbstorganisation – eine individuelle Positionierung von Molekülen wäre viel zu aufwändig. Die einzelnen Moleküle sollen sich gegenseitig „erkennen“ und von selbst zu funktionalen Einheiten zusammenfinden. Dabei wird von den Komponenten eine gewisse Flexibilität erwartet – beispielsweise, dass sie auch unterschiedliche Abstände ausgleichen können, wie sie sich ergeben, wenn Moleküle, die als Schalter arbeiten, ihre Gestalt verändern.

Die Widerstände der dehnbaren DNA-Stränge liegen im Bereich von zehn bis 100 Megaohm. Für konkrete Anwendungen, etwa zur Verknüpfung von molekularen Funktionseinheiten, sind diese Werte noch zu hoch, meint HZDR-Forscher Erbe. Nun setzt seine Gruppe alles daran, die Leitfähigkeit der Moleküle zu erhöhen. Dazu untersuchen die Wissenschaftler DNA-Stränge mit veränderter Nukleinbasen-Abfolge: „Bestimmte periodische Strukturen weisen delokalisierte Zustände auf, die zu höheren Leitwerten führen könnten“, weiß der Physiker. Außerdem sollen die DNA-Moleküle besser an die Goldelektroden geknüpft werden, damit es an den Kontaktstellen nicht zu Verlusten kommt. Mit der Erbsubstanz, da ist sich Artur Erbe sicher, ist jedenfalls ein geeigneter Baustein für die Molekulare Elektronik identifiziert. —

KONTAKT

_Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im HZDR
Sprecher Helmholtz-Kolleg NANONET
Dr. Artur Erbe
a.erbe@hzdr.de

// Krebszellen aufspüren, sichtbar machen und abtöten – all das ist mit radioaktiven Substanzen möglich, die in Dresden von der Grundlagenforschung bis in die klinische Praxis entwickelt werden.



BILDER AUS DEM INNEREN: Catharina Heinig bereitet eine Aufnahme mit der PET-Kamera vor. Foto: Frank Bierstedt

NEUE SPÜR- UND JAGDHUNDE

_TEXT . Sascha Karberg

„Das wäre schon toll, wenn der Chirurg eines Tages während der Operation das Krebsgewebe von den gesunden Zellen auf einen Blick unterscheiden könnte – weil wir es fluoreszieren lassen.“ Vorerst leuchten nur die Augen von Ralf Bergmann, wenn der Biochemiker von den Möglichkeiten schwärmt, die seine Forschungen am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf ermöglichen könnten. Doch Bergmann und die Forscher am Institut für Radiopharmazie arbeiten an einer Vielzahl radiochemischer Methoden, mit denen Tumorzellen gefunden, abgebildet, in ihren Eigenschaften charakterisiert und sogar abgetötet werden sollen.

Seit über dreißig Jahren beschäftigt sich Ralf Bergmann mit den so genannten Radiotracern, den radioaktiven Spürhunden der Krebsforscher. Sie können Tumorzellen nicht nur aufspüren, sondern machen sie über die Strahlung vor allem sichtbar für den Arzt. Üblicherweise wird dafür ein mit dem Radionuklid ¹⁸Fluor radioaktiv markierter Zucker verwendet, die Fluordesoxy-Glucose (FDG). „Wir nutzen aus, dass Tumorzellen schnell wachsen, viel Zucker verbrauchen und deshalb den Radiotracer anreichern“, erklärt Bergmann. Die Strahlung wird dann in einem Positronen-Emissions-Tomographen gemessen und ähnlich wie beim Röntgen in ein Bild vom Tumor →

übersetzt. Um neue Radiotracer-Substanzen zu entwickeln und zu testen, muss deren Verhalten im Körper genau untersucht werden. Weshalb Bergmann, Wissenschaftler in der molekularen Bildgebung, Herr über einen ganzen Keller voller ganz besonderer „Röntgenapparate“ – Positronen-Emissions-(PET), Single-Photonen-Emissions- (SPECT), Magnetresonanz-(MRT) und Computer-Tomograph (CT) – ist, denn sie sind nicht auf Menschen, sondern auf die Untersuchung von Mäusen zugeschnitten, an denen neue Radiotracer zuerst getestet werden.

Damit diese Entwicklungen nicht an der klinischen Realität vorbeigehen, arbeitet das HZDR als einer der tragenden Partner seit mittlerweile zehn Jahren im Rahmen des Zentrums für Strahlenforschung „OncoRay“ eng mit den Radioonkologen am Klinikum Carl Gustav Carus und der Technischen Universität Dresden zusammen. „Normalerweise werden 95 Prozent der Ergebnisse aus der Grundlagenforschung nicht weiterverfolgt“, sagt Michael Baumann, Leiter der Strahlentherapie an der Uniklinik Dresden und Sprecher von OncoRay. Um das zu verhindern, stimmen sich die Dresdner und Rossendorfer ab, damit in Rossendorf solche Radiotracer entwickelt werden, „die in der Krebstherapie wertvoll sein könnten“, so Baumann. Und das müssen nicht immer völlig neue Substanzen sein. So werden die Radiotracer FDG und FMISO (Fluormisonidazol) zwar schon lange in der Klinik verwendet, um Tumore im Körper zu finden und sichtbar zu machen. „Aber die Frage war offen, wie man basierend auf diesen Bildern die Therapie

optimieren kann“, sagt Baumann. Es reiche nicht mehr, nur gute Bilder vom Tumor zu haben, sondern Ärzte und auch die Krankenkassen wollen wissen, inwieweit sich der Einsatz der durchaus teuren Radiotracer für den Patienten lohnt.

Mehr als nur ein Bild vom Tumor machen

„In der weltweit größten Studie haben wir an 50 Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren untersucht, ob wir mit FMISO die Erfolgsaussichten einer Strahlentherapie vorhersagen können“, sagt Baumann. FMISO zeigt an, wie groß der Bereich eines Tumors ist, der besonders wenig mit Sauerstoff versorgt wird – was wiederum Grund für eine erhöhte Resistenz gegen Chemo- und Strahlentherapie ist, weil diese Zellen sich vor strahlungsbedingten Ergbut-Schäden schützen und darüberhinaus resistenzsteigernde Mutationen anhäufen. „Diese Zellen sind dreimal so resistent wie gut mit Sauerstoff versorgte Zellen, und das ist sehr viel“, sagt Baumann. Die Studie, die bereits seit fünf Jahren läuft, zeigt, dass „jene Patienten die beste Prognose haben, bei denen FMISO und damit die Sauerstoffunterversorgung des Tumors im Laufe der Therapie schnell verschwindet“, sagt Baumann. Er hofft, dass sich so frühzeitig erkennen lässt, wie ein Patient behandelt werden muss. Bislang sei das noch nicht möglich. „Doch wenn ich für einen individuellen Tumor besonders resistente und weniger resistente Areale definieren kann, dann kann ich den Bestrahlungsplan entsprechend ausrichten.“ →

Präklinische Forschung mit mehrfach markierten Antikörpern zur individualisierten, biologisch optimierten Tumordiagnostik und Therapie

DIAGNOSTIK

Kombinierte diagnostische Bildgebung

- _ Positronen-Emissions-(PET)/Magnetresonanz-Tomographie (MRT)
- _ PET/Computer-Tomographie (CT)
- _ Single-Photonen-Emissions-Tomographie (SPECT)/PET

// Entdeckung
// Lage
// Größe
// Malignität des Tumors und Therapiekontrolle

Fluoreszenz-Bildgebung, optische Bildgebung

// Intravitale, intraoperative Darstellung von Tumorgewebe

THERAPIE

Prätherapeutische Bildgebung (PET)

// Test der Anreicherung des Antikörpers im Tumor

Immunoradio-Therapie

// Anwendung des therapeutischen Antikörpers

Gemeinsam mit den Naturwissenschaftlern im HZDR forschen die Mediziner an Möglichkeiten, mehr Informationen über die Tumoren zu sammeln. Zum Beispiel durch die Kombination von PET- und CT- oder MRT-Untersuchungen, mit denen dann nicht nur Bilder, sondern auch Aussagen über die Durchblutung oder andere physiologische Eigenschaften des Tumors möglich sind. Oder durch die Verwendung mehrerer Radiotracer. Momentan werde in den Kliniken in der Regel nur ein einziger Radiotracer verwendet, um sich von dem Tumor ein Bild zu machen, sagt Baumann. Wenn dazu dann noch eine Computertomographie gemacht wird, dann sei das „schon viel“, denn das sei im Grunde schon personalisierte Medizin, weil so die Bestrahlungsstrategie individuell auf die Besonderheiten des jeweiligen Tumors angepasst werde. „Aber wir könnten eben noch viel mehr machen.“ Mit fünf bis sechs Parametern, die den Tumor charakterisieren, ließen sich die Behandlungspläne optimal anpassen.

Mit strahlenden Antikörpern gegen Krebs

Darüber hinaus wollen die Rossendorfer Forscher die Radiotracer mit der Fähigkeit ausstatten, Tumorzellen auch abzutöten. Der Antikörper Cetuximab beispielsweise findet überall im Körper Krebszellen, die ein bestimmtes Molekül auf der Zelloberfläche tragen (EGFR genannt). Bei vielen Krebstypen kann allein schon der Antikörper das Wachstum der Krebszellen verlangsamen oder strahlensensibler machen. Allerdings hat dies die Heilung bislang nur mäßig verbessert. „Wir haben deshalb ein strahlentoxisches Radionuklid, einen strahlenden

Stoff, an den Antikörper angehängt“, erklärt Jörg Steinbach, Direktor des Instituts für Radiopharmazie im HZDR. Dieser modifizierte Cetuximab-Antikörper findet die Tumorzellen und bringt damit das Radionuklid nah genug an die Tumorzellen heran, so dass diese durch die Strahlung zerstört werden. Zusammen mit der üblichen Strahlentherapie von außen lassen sich bessere Therapieergebnisse erreichen, zeigen erste Experimente. Und ein genaues Bild vom Tumor kann solch ein strahlender Antikörper nebenbei auch noch liefern. Eine Kombination von Spür- und Jagdhund, von Diagnostik und Therapie. „Wir haben das bereits im Tierexperiment gemacht und erstaunlich gute Ergebnisse erzielt“, sagt Steinbach.

Die Geräte und Erfahrungen für die nötigen radiochemischen und Tierexperimente haben die Rossendorfer Naturwissenschaftler. Stolz verweisen sie auf das „Kleintier-PET“, die Miniaturausgabe eines Positronen-Emissions-Tomographen, das speziell für kleine Versuchstiere wie Mäuse entwickelt wurde. Vier betäubte Tiere liegen in dem Apparat, jede mit einem Stück menschlichen Tumors unter der Haut des linken Hinterbeins. Den Tieren fehlt aufgrund einer Genmutation ein funktionierendes Immunsystem, so dass die menschlichen Zellen nicht abgestoßen werden. Zwei der Mäuse haben radioaktiv markiertes Bombesin gespritzt bekommen – ein kurzes Peptid-Molekül, das ursprünglich aus der Rotbauchunke *Bombina orientalis* stammt. „Bombesin macht Prostatakrebszellen sichtbar, weil es an Moleküle auf der Oberfläche dieser Zellen bindet“, sagt Bergmann. Die Forscher im Institut für Radiopharmazie hoffen darauf, dass Bombesin in Zukunft nicht mehr nur als Radiotracer, sondern auch als Wirkstoff gegen die Krebszellen eingesetzt werden kann. Deshalb haben die beiden anderen Mäuse ein Bombesin-Präparat bekommen, an das ein therapeutisches Radionuklid gehängt wurde, das so stark strahlt, dass umliegende Krebszellen zerstört werden. Im PET kann Bergmann messen, ob sich der Stoffwechsel des Tumors (im Vergleich zu den unbehandelten Mäusen) ändert und auf die Therapie reagiert – sogar schon bevor die Geschwulst sichtbar geschrumpft ist.

Ob das Experiment wie gewünscht klappt und der Tumor schrumpft, wissen Bergmann und seine Kollegen erst nach Dutzenden weiterer Messungen, frühestens in einigen Wochen. „Ein komplettes Tierexperiment zu einer einzigen Frage – das dauert im Schnitt ein Jahr“, schätzt der Mediziner Baumann, „denn ob der Tumor geheilt ist oder nicht, lässt sich erst nach Monaten entscheiden.“ In der Zwischenzeit werden die Rossendorfer Naturwissenschaftler in ihren Laboratorien schon längst die nächsten Experimente für die Krebsdiagnose und -therapie von Morgen gestartet haben. —

HOHE AUFLÖSUNG: Ralf Bergmann am Kleintier-Magnetresonanz-Tomographen im HZDR. Foto: Rainer Weisflog



KONTAKT

— Institut für Radiopharmazie im HZDR
Prof. Jörg Steinbach
 j.steinbach@hzdr.de

— Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
 Assoziierter Direktor
Prof. Michael Baumann
 Franziska.Huebner@oncoray.de



WER BENÖTIGT EINEN BILLIGEN BESCHLEUNIGER?

_TEXT . Christine Bohnet



ELBE: So lautet der Name für den supraleitenden Elektronenbeschleuniger im HZDR. Er steht für Elektronen-Linearbeschleuniger mit hoher Brillanz und geringer Emittanz. Foto: Jürgen Lösel

// An der einmaligen Beschleunigeranlage LUNA, 1.400 Meter unter Tage im Gran-Sasso-Massiv in Mittelitalien, können Physiker die Vorgänge im Innern der Sonne untersuchen. An einem neuen Beschleuniger mit etwas höherer Energie könnten die Experimente auch auf andere Sterne ausgedehnt werden. Diesen nahe an der Oberfläche statt tief im Berg zu bauen und zu betreiben wäre billiger. Messungen im Dresdner Felsenkeller zeigen, dass dies aus physikalischer Sicht möglich und auch wünschenswert ist.

→

26

27

Der Trend ging in den letzten Jahrzehnten hin zu immer größeren und teureren Beschleuniger-Anlagen. Wer kennt nicht die wohl größte Teilchen-Maschine der Welt, den Large Hadron Collider (LHC) an der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN im schweizerischen Genf. Hier werden Teilchen zur Kollision gebracht, die zuvor auf sehr hohe Geschwindigkeit – und damit auf höchste Energien – beschleunigt wurden. Nicht nur die Physiker aus den 20 europäischen Mitgliedsstaaten erhoffen sich, dass die Teilchen-Kollisionen zu fundamentalen Entdeckungen führen werden. Es geistert gar schon die Wendung von der „Entdeckung des Gottesteilchens“ durch die Medien.

Eine Großanlage, an der auch das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf intensiv auf dem Gebiet Materie und Universum forschen wird, heißt FAIR, was eine Abkürzung von „Facility for Antiproton und Ion Research“ ist. Diese Anlage soll in den nächsten Jahren in Darmstadt am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung aufgebaut werden. Dort wird eine nie dagewesene Vielfalt an Experimenten möglich sein, durch die Physikerinnen und Physiker aus aller Welt neue Einblicke in den Aufbau der Materie und die Entwicklung des Universums erwarten. Dabei interessieren sie sich sowohl für die Ereignisse direkt nach dem Urknall wie für die kernphysikalischen Vorgänge in Sternen und der Sonne. Dort entstehen auch heute noch die chemischen Elemente, aus denen wir alle bestehen.

Die sichtbare Materie ist aus subatomaren Teilchen aufgebaut: aus Quarks und Gluonen. Diese Grundelemente wiederum ergeben die Protonen und Neutronen, aus denen sich schließlich die Atomkerne zusammensetzen. Zusammengehalten werden die Atomkerne durch die Starke Kraft, die von den Gluonen getragen wird. Dieses allgemein akzeptierte Standardmodell der Teilchenphysik erklärt die uns bekannte Materie – offen ist allerdings die Frage, wie die Materie zu ihrer Masse kommt. Erschwerend kommt hinzu, dass nur etwa fünf Prozent des Universums aus bekannter Materie besteht, der Rest sind Dunkle Energie und Dunkle Materie. Welche Gesetze sich dahinter verbergen, aus welchen Teilchen die Dunkle Materie eigentlich besteht, womit die Dunkle Energie gemessen und beschrieben werden kann und wie genau die chemischen Elemente sich bilden konnten, sind einige der großen physikalischen Rätsel von heute.

Sterne brennen neue Kerne

Die Kern-Astrophysik beschäftigt sich seit vielen Jahren intensiv mit der Frage, wie die Atomkerne, aus denen alle uns bekannten Lebewesen auf der Erde bestehen, entstanden sind. Direkt nach dem Urknall, so die Theorie, bildeten sich Protonen und Neutronen und aus ihnen die ersten drei Elemente Wasserstoff, Helium und Lithium. Viel später werden im Inneren von Sternen die chemischen Elemente vom Kohlenstoff bis hin zum Eisen erzeugt. In den Randzonen schwerer Sterne, die am Ende ihres Lebens explodieren, vermutet man schließlich den Ort, wo die Elemente entstehen, die schwerer als Eisen sind. All diese Vorgänge nennt man Nukleosynthese. In unserer Sonne finden fortwährend Kern-



fusionsreaktionen statt, die Energie und neue Atomkerne erzeugen. Während die Astrophysiker die Prozesse in der Sonne inzwischen zumindest grob verstehen, geben Sternreaktionen mit Helium und Kohlenstoff noch viele Rätsel auf. Hier gibt es große Unterschiede zwischen Modellen und astronomischen Beobachtungen.

Um astrophysikalische Szenarien sicher beschreiben zu können, benötigt man viele unterschiedliche Daten aus Experimenten an Teilchen-Beschleunigern.

- // Einerseits geht es hierbei um Eigenschaften und Reaktionen sehr kurzlebiger Kerne, die an der nächsten Generation von Beschleunigern für radioaktive Ionen, wie zum Beispiel FAIR, hergestellt werden könnten.
- // Aussagekräftige Daten zu den Reaktionen stabiler Kerne bei hohen Beschleuniger-Energien liegen bereits vor.
- // Die astrophysikalisch relevanten Energien liegen aber recht niedrig, und für gesicherte Aussagen zu den Reaktionen stabiler Kerne sind ebenfalls niedrige Beschleuniger-Energien nötig. Hier fehlen noch viele Daten.

Astrophysiker interessieren sich nun dafür, wie oft und in welcher Weise ein Teilchenstrahl in einem Beschleuniger mit einem Probenmaterial, auch Target genannt, wechselwirkt. Diese Reaktionswahrscheinlichkeit wird durch den so genannten Wirkungsquerschnitt bestimmt. Niedrige Beschleuniger-Energien entsprechen nun zwar astrophysikalischen Szenarien, aber sie haben den Nachteil, dass dort der Wirkungsquerschnitt niedrig ist, dass es also relativ wenige messbare Ereignisse gibt. Hinzu kommt, dass Störenfriede die Messung der Reaktionen durch Strahlungsdetektoren beeinflussen können. Solch ein Störenfried ist das Müon. →



FELSENKELLER: Ehemaliges
Eislager einer Dresdner Brauerei

Es handelt sich um einen nahen Verwandten des Elektrons, das entsteht, wenn kosmische Strahlung aus dem Weltall auf Atomkerne in der Atmosphäre trifft. Damit Müonen die Messungen nicht stören, müssen die entsprechenden Labors mindestens 1.000 Meter tief unter die Erde verlegt werden. So sagt es zumindest die bisher gängige Lehrmeinung, und einige solcher tiefstgelegenen Beschleuniger-Anlagen sind derzeit weltweit in Planung. Müssen die Beschleunigeranlagen aber wirklich so tief gelegen und damit auch schwer zugänglich und teuer sein? Das fragten sich zurecht Physiker aus Dresden und Debrecen.

Der Felsenkeller in Dresden

Daniel Bemmerer vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf hat mit Kollegen im Haus sowie vom Institut für Kernforschung der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, von der Technischen Universität Dresden und vom Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf (VKTA) Testmessungen durchgeführt und Berechnungen angestellt mit dem Ergebnis, dass Niederenergie-Beschleuniger für die Kern-Astrophysik nicht unbedingt 1.000 Meter und tiefer liegen müssen. Voraussetzung ist vielmehr, dass ein solcher Beschleuniger wenigstens durch etliche Meter Fels von der Umgebung abgeschirmt wird und der Detektor, der die astrophysikalischen Ereignisse messen soll, während des Durchgangs eines Müons aus der Atmosphäre kurzzeitig abgeschaltet wird.

Die Wissenschaftler haben ein und dasselbe Nachweisgerät – einen für beschleunigergestützte Experimente üblichen Gammadetektor – für dreierlei Messungen genutzt: über der Erde, wenige Meter unter der Erde im Felsenkeller Dresden und tief unter der Erde am LUNA-Beschleuniger in Gran Sasso/Italien (LUNA steht für Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics und ist zugleich das italienische Wort für Mond). Der Felsenkeller Dresden ist ein von 47 Meter dickem Fels geschütztes Labor, Betreiber ist der Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik (VKTA). Ein Kooperationsvertrag regelt die Nutzung durch die TU und das Helmholtz-Zentrum in Dresden. Während die Astrophysiker der TU um Kai Zuber im Felsenkeller das Rätsel um die Dunkle Materie zu lüften hoffen, interessieren sich die Kollegen am HZDR dafür, wie die bekannten chemischen Elemente im Universum genau entstehen. Beide Gruppen sind darauf angewiesen, unerwünschte Teilchen ebenso wie die natürliche Strahlung – die so genannte Untergrundstrahlung – von ihren Experimenten fernzuhalten.

Durch Literaturstudien, eigene Berechnungen und die Experimente mit dem an drei unterschiedlich tiefen Orten eingesetzten Detektor kam Daniel Bemmerer zusammen mit seinen Kollegen zu dem Schluss, dass ein kombinierter Ansatz am schnellsten zum Ziel führt. Einige der international angestrebten Experimente zur Messung von astrophysikalischen Wirkungsquerschnitten müssen tatsächlich in tief gelegenen Beschleunigern durchgeführt werden, doch beileibe nicht alle. Für viele Experimente reicht eine Felswand von rund 45 Metern, wie im Felsenkeller, zur Abschirmung aus, wenn entweder das Labor in Gänze oder zumindest der Detektor mit einem zusätzlichen Schutz versehen sind. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse müssen die weltweit geplanten, teuren Beschleunigeranlagen nochmals überdacht werden. Niederenergie-Beschleuniger sind günstig zu haben und könnten mit relativ wenig Aufwand in vorhandene Labore wie den Felsenkeller Dresden integriert werden. Damit würden sich einige der teuren Beschleunigerbauten erübrigen.

Gemeinsam abgestimmte Experimente zwischen HZDR und TU Dresden zur Kern-Astrophysik im Felsenkeller macht Dresden zu einem hervorragend geeigneten und international sichtbaren Ort für solche Experimente. Nun fehlt nur noch ein geeigneter Beschleuniger im Felsenkeller – oder anderenorts.

PUBLIKATION:

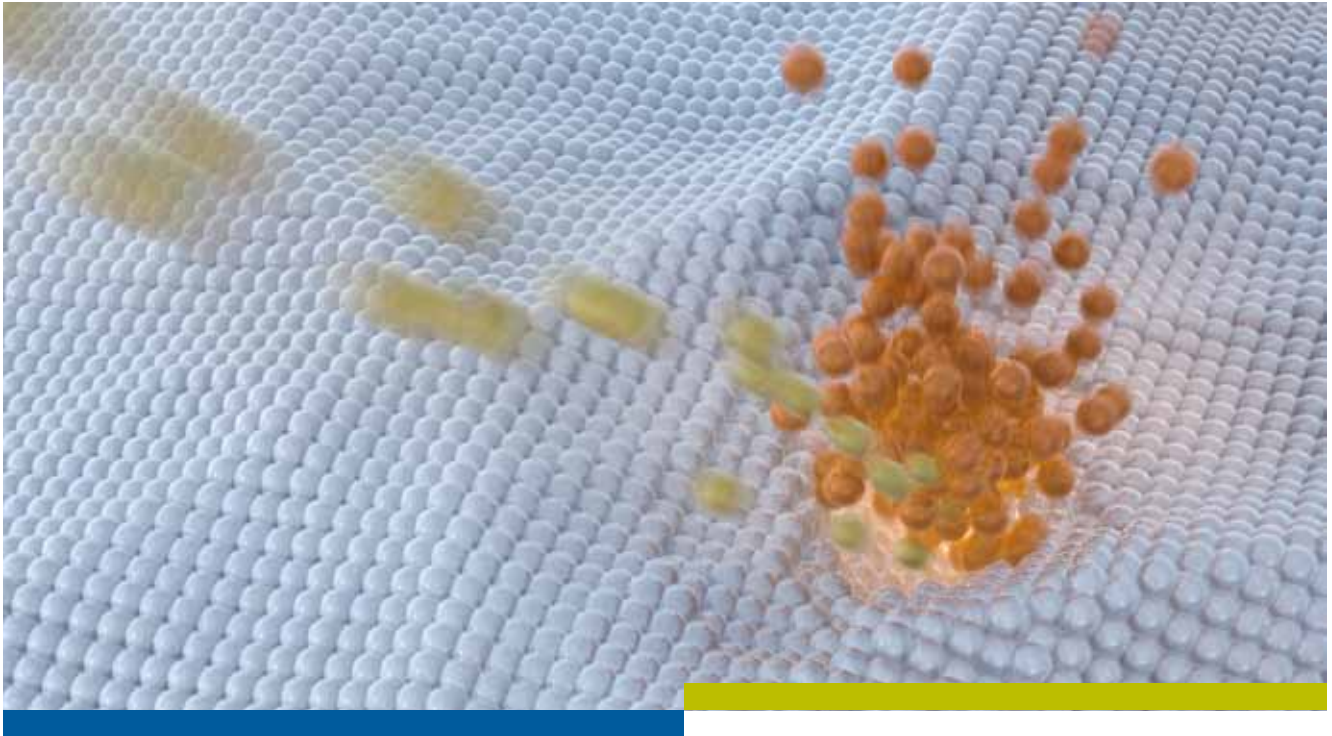
“Shallow-underground accelerator sites for nuclear astrophysics: Is the background low enough?”, in The European Physical Journal A, Bd. 48 (2012), S. 8, DOI 10.1140/epja/i2012-12008-7 →

KONTAKT

— Institut für Strahlenphysik im HZDR
Dr. Daniel Bemmerer
d.bemmerer@hzdr.de

— Institut für Kern- und Teilchenphysik
Technische Universität Dresden
Prof. Kai Zuber
zuber@physik.tu-dresden.de
↗ www.tu-dresden.de

// Jedes Jahr werden in Deutschland weit mehr als 200.000 Hüftgelenke und fast 200.000 Kniegelenke implantiert. Nach zehn Jahren sind noch etwa 95 Prozent der Implantate funktionstüchtig, nach 26 Jahren liegt dieser Wert bei 75 Prozent. Dem demografischen Wandel und der wachsenden Nachfrage nach künstlichen Hüft- und Kniegelenken steht eine begrenzte Haltbarkeit der Implantate gegenüber. Forscher am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf wollen das ändern. Ihr Zauberwort heißt Ionenimplantation.



NEUE MATERIALIEN: Ionenstrahlen - schnelle geladene Teilchen - sind ideale Werkzeuge für die Materialforschung.
Bild: Sander Münster

IONENBESCHUSS FÜR NEUARTIGE HÜFT- UND KNIEGELENKE

_TEXT . Carsten Wolf

Die Lebenserwartung der Deutschen steigt und die Patienten, die auf ein künstliches Gelenk angewiesen sind, werden immer jünger. Gelenkverschleiß ist mittlerweile für mehr als die Hälfte der Deutschen über 50 Jahre zum Thema geworden. Prothesen weisen bereits einen hohen Grad an Sicherheit auf, trotzdem steigt die Zahl der Wechseloperationen. Bei mehr als 20 Prozent aller endoprothetischen Eingriffe muss das Primärimplantat nach einer gewissen Zeit durch ein neues Implantat ersetzt werden, weil an der Grenzfläche zwischen Prothese und biologischem Gewebe Probleme auftreten – sie

betreffen das Anwachsverhalten, oft treiben Bakterien ihr Unwesen, nicht immer halten die Implantate den extremen Belastungen stand.

Optimierte Eigenschaften durch Ionenimplantation

Andreas Kolitsch leitet am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf die Projektgruppe Ionentechnologie. Rund 40 Jahre Ionenstrahl-Forschung haben die Rossendorfer zu →

EDGAR: Beanspruchung durch Bewegung - Edgar zeigt durch Lichtpunkte, wie viele Gelenke im menschlichen Körper ersetzt werden können. Foto: Stephan Floss



→

30

31



IONENIMPLANTATION: Mario Steinert (re.) und Christian Frenzel an einer Anlage für die Beschichtung von medizinischen Implantaten. Foto: Frank Bierstedt

bieten, jetzt soll ihr Wissen zu einer neuen Generation von Gelenkimplantaten führen. Durch die Implantation von Ionen sollen Knie- und Hüftprothesen viel haltbarer werden als sie es derzeit sind.

Beim Verfahren der Ionenimplantation werden chemische Elemente ionisiert und dann im Linearbeschleuniger mit hoher Energie in Materialoberflächen hinein geschossen. Welche Elemente zum Einsatz kommen, welche Dosis gewählt wird und bis in welche Nanometer-Tiefe die Ionen hineingebracht werden, hängt letztlich von der gewünschten Wirkung und den Eigenschaften ab, die das Gelenkmaterial bekommen soll.

Andreas Kolitsch veranschaulicht das Procedere am Beispiel Stickstoff, der für eine größere Abriebfestigkeit sorgen kann. Wird in eine Titanlegierung ein Stickstoff-Ion hineingeschossen, so entsteht Titanitrid. Solche Beschichtungen weisen durchaus auch handelsübliche Bohrer auf, die im Baumarkt an den goldfarbenen Spitzen zu erkennen sind. Nur sind diese Beschichtungen für ein Kniegelenk nicht geeignet, weil sich die Schicht auf längere Sicht lösen kann. Bei der Implantation der Stickstoff-Ionen in die Titanoberfläche werden die Ionen dagegen Teil des Werkstoffs und geben ihm die gewünschte Festigkeit.

Ein zweites Beispiel: besonders am Schaft künstlicher Gelenke kommt es durch Bakterien häufig zu entzündlichen Prozessen. Kupfer- und Silber-Ionen sollen hier Abhilfe schaffen.

Die implantierten Ionen sorgen für eine hohe antibakterielle Wirkung. Das Gelenkmaterial ist von sich aus in der Lage, Bakterien in Schach zu halten.

Schließlich müssen künstliche Gelenke über eine gute Biokompatibilität verfügen, um dauerhaft im Knochen anzuwachsen. Diesen Prozess sollen implantierte Kalzium- und Phosphor-Ionen befördern. Eine Beschichtung mit kalzium- und phosphorhaltigen Apatiten zur Verbesserung des Knocheneinbaus ist durchaus schon üblich. Durch Ionenimplantation soll das Produkt jetzt wesentlich sicherer gemacht werden.

Komplettlösungen dank zielgerichteter Kombination

Die Eigenschaften künstlicher Gelenke auf den einzelnen Gebieten zu verbessern, wäre zweifellos schon ein Fortschritt. Das Verfahren der Ionenimplantation macht aber viel mehr möglich: In den Teil des künstlichen Gelenks, wo die antibakterielle Wirkung gefragt ist, werden Kupfer- und Silber-Ionen eingebracht. Dort, wo es um Verschleißschutz geht, wird Stickstoff implantiert. Und für das bessere Anwachsverhalten sorgen Kalzium- und Phosphor-Ionen. Eine Ko-Implantation verschiedener Ionen in ein und dasselbe Gelenk sorgt für die angestrebte Komplettlösung.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Helmholtz-Zentrum in Dresden sind mit ihren Forschungen für die neuartigen Knie- und Hüftgelenke Teil eines Spitzencluster-Projektes im Raum Nürnberg. Mediziner der Universität Ulm übernehmen die in Rossendorf präparierten Materialproben und überprüfen Zellanwachs-Verhalten (Biokompatibilität) →

und antibakterielle Wirkung des präparierten Materials. Sind die Parameter für jede einzelne Ionenart gefunden und haben sich die Proben zunächst in Zelltests und danach in klinischen Tests bewährt, geht es ans Kombinieren der verschiedenen Ioneneinträge.

Preisgünstige Gelenke durch Plasma-Immersionen-Ionenimplantation

Das Erstellen der Materialproben in einer Forschungsanlage ist das eine, die effiziente Herstellung von Gelenken das andere. Hier setzen die Forscher auf die Plasma-Immersionen-Ionenimplantation, wenn künftig in einem einzigen Produktionsschritt die Ko-Implantation der unterschiedlichen Ionen in ein Gelenk gelingen soll. Um nicht nur alle Probleme auf einmal zu erschlagen, wie es Andreas Kolitsch ausdrückt, sondern zugleich auch ein preisgünstiges Verfahren zu entwickeln. Schließlich handelt es sich bei Gelenkimplantaten um sehr komplexe Geometrien.

Bei der Grundlagenforschung am Linearbeschleuniger lassen sich Ionen zunächst homogen nur in planare Flächen implantieren. Für die klinische Umsetzung müssen die Forschungsergebnisse danach in einen Plasma-Immersionen-Prozess übertragen werden. Dessen Grundprinzip besteht darin, dass ein

Werkstück in ein Plasma eingetaucht wird. Durch das Anlegen von Hochspannungsimpulsen werden Ionen aus dem Plasma herausgezogen und in Richtung Werkstück beschleunigt.

Erste Prototypen in Reichweite

Das Forschungsprojekt und entsprechende Folgeprojekte sind auf mehrere Jahre angelegt. Zwei Jahre sind vorbei, erste gute Ergebnisse mit Zellkulturen wurden bisher mit silber- und kupferimplantierten Materialproben erzielt. Andreas Kolitsch schätzt ein, dass es schon bald erste Prototypen von Gelenken geben könnte, denn ein renommierter Hersteller von Hüft- und Kniegelenken ist bei dem Projekt von Anfang an mit im Boot. Und schon im Laufe der Projektforschung, da ist sich der Wissenschaftler ziemlich sicher, sollen die neuartigen Gelenke für Patienten bereitgestellt werden. —

— KONTAKT

_Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im HZDR
Prof. Andreas Kolitsch
 a.kolitsch@hzdr.de

MISSION: SCHUTZ VOR DEN FOLGEN TECHNISCHER PROZESSE

_TEXT . Anja Weigl

Zum 1. Januar 2012 wurde das Institut für Ressourcenökologie neu gegründet. Es erweitert die Forschungskompetenzen des ehemaligen Instituts für Radiochemie, die in der Aufklärung der chemischen Form von radioaktiven Schwermetallen und ihrem Verhalten in der Umwelt liegen. Die Wissenschaftler wollen sich zukünftig auch den ökologischen Fragen widmen, die bei neuen Rohstofftechnologien eine Rolle spielen, wie sie am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie entwickelt werden sollen. Darüber hinaus bündelt das Institut nun einen großen Teil der Sicherheitsforschung für Endlager und Kernreaktoren und trägt zum Kompetenzerhalt im Umgang mit natürlicher und künstlicher Radioaktivität bei. Kurz gesagt: das Institut für Ressourcenökologie widmet sich dem Schutz des Menschen und der Umwelt vor den Gefahren des Eintrags von Schadstoffen aus technischen Prozessen, die mit der Erzeugung von Energie, insbesondere Kernenergie, und der Gewinnung von Rohstoffen verbunden sind.

— KONTAKT

_Institut für Ressourcenökologie
 Kommissarischer Direktor
Dr. Vinzenz Brendler
 v.brendler@hzdr.de



Foto: Oliver Killig

// Seltene Erden und andere Metalle sind eine wichtige Grundlage für unsere Wirtschaft. In Zukunft wird es immer mehr darauf ankommen, mit diesen Rohstoffen sorgfältiger umzugehen und sie effizienter zu nutzen. Diesem Thema widmet sich das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie.



SPURENMETALLE: Kristallaggregat von Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende und Kalkspat. Eine solche Vergesellschaftung enthält u. a. Indium, Germanium und Silber. Fundort: Rhodopen, Bulgarien. Foto: Jürgen Jeibmann

STRATEGISCHE ROHSTOFFE EFFIZIENTER NUTZEN

_TEXT . Anja Weigl

Als High-Tech-Standort und Exportweltmeister ist Deutschland stark auf mineralische und metallhaltige Rohstoffe angewiesen, beispielsweise die für Katalysatoren, Energiesparlampen und leistungsstarke Magnete in Elektromotoren benötigten Seltenen Erden. Davon wurden 2010 laut Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe mehr als 11.000 Tonnen importiert, was Seltenerdmetalle, -legierungen und -verbindungen einschließt. Diese Menge ist – angesichts des weltweiten Verbrauchs, der von der Bundesanstalt 2012 auf 189.000 Tonnen geschätzt wird – überschaubar. Dennoch scheinen auch kleine Rohstoffvorkommen wirtschaftlich interessant zu sein, wie das Beispiel der sächsischen Gemeinde Storkwitz zeigt. Seit den 1980-er Jahren werden dort etwa 38.000 Tonnen Seltene Erden vermutet, was die Versorgung deutscher Firmen also kurzfristig entspannen könnte. Probebohrungen sollen nun Gewissheit über die Menge der dort lagernden Ressourcen bringen.

Um bei dem weltweiten Wettbewerb mithalten zu können, der um die wertvollen mineralischen und metallhaltigen Rohstoffe

eingesetzt hat, bündeln große deutsche Unternehmen ihre Ressourcen und haben sich in einer „Allianz zur Rohstoffsicherung“ zusammengeschlossen. Sie wollen frühzeitig dabei sein, wenn neue Rohstoffprojekte begonnen werden, wobei Partnerschaften mit jungen Bergbauunternehmen als besonders aussichtsreich gelten. „Dabei ist es unumgänglich, die Lagerstätten und die Unternehmen geologisch, technologisch und wirtschaftlich genau zu bewerten“, sagt Jens Gutzmer vom Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie. Auf diesem Gebiet kann sich der Direktor des neuen HZDR-Instituts, das im vergangenen Jahr gegründet wurde, Kooperationen mit Unternehmen vorstellen, denn solche Bewertungen sind ein Schwerpunkt der Forscher in Freiberg.

Vor zwei Jahren beteiligte sich die sächsische Landesregierung mit einem Konzept, das das HZDR gemeinsam mit der TU Bergakademie Freiberg erarbeitet hatte, an einem Bieterverfahren des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Vier Monate später erhielten die beiden Partner den Zuschlag →

zur Gründung eines Forschungsinstituts, das die nachhaltige Versorgung mit wirtschaftskritischen mineralischen und metallhaltigen Rohstoffen sichern helfen soll. Angesichts der weltweit weiter steigenden Nachfrage nach Ressourcen werde man nicht umhin kommen, neue Rohstofflagerstätten zu erschließen, so Jens Gutzmer. Doch es wird endlich Zeit, das Potenzial zu erforschen und zu heben, das in der Rückgewinnung der Ressourcen aus ausgedienten Technologieprodukten liegt, um diese in den Rohstoffkreislauf zurückzuführen. Das Recycling ist neben der Aufbereitung und Veredelung der Rohstoffe einer der Hauptschwerpunkte des Helmholtz-Instituts Freiberg.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter forschen an beiden Partnerstandorten, in Freiberg und in Dresden, und haben dort Zugriff auf eine breit gefächerte Ausrüstung wie das Freiburger Forschungsbergwerk und moderne Technika für Aufbereitung und Metallurgie. Dazu gehören aber auch Labore

BAKTERIEN ALS BERGARBEITER: Biotechnologen im HZDR untersuchen den Einsatz von Bakterien für die Aufbereitung von Kupfer und anderen Metallen. Foto: Frank Bierstedt



zur chemischen und physikalischen Charakterisierung von Rohstoffen, beispielsweise im Ionenstrahlzentrum des HZDR, und biotechnologische Labore, in denen die Aufbereitung von Kupfer und anderen Metallen mit Bakterien erforscht wird. In ein paar Jahren sollen etwa einhundert Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler daran arbeiten, neue Technologien für die Wirtschaft zu entwickeln, um mineralische und metallhaltige Rohstoffe effizienter bereitzustellen und zu nutzen sowie umweltfreundlich zu recyceln. —

KONTAKT

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

➔ www.hzdr.de/hif

Hoch dekoriert

_TEXT . Christine Bohnet



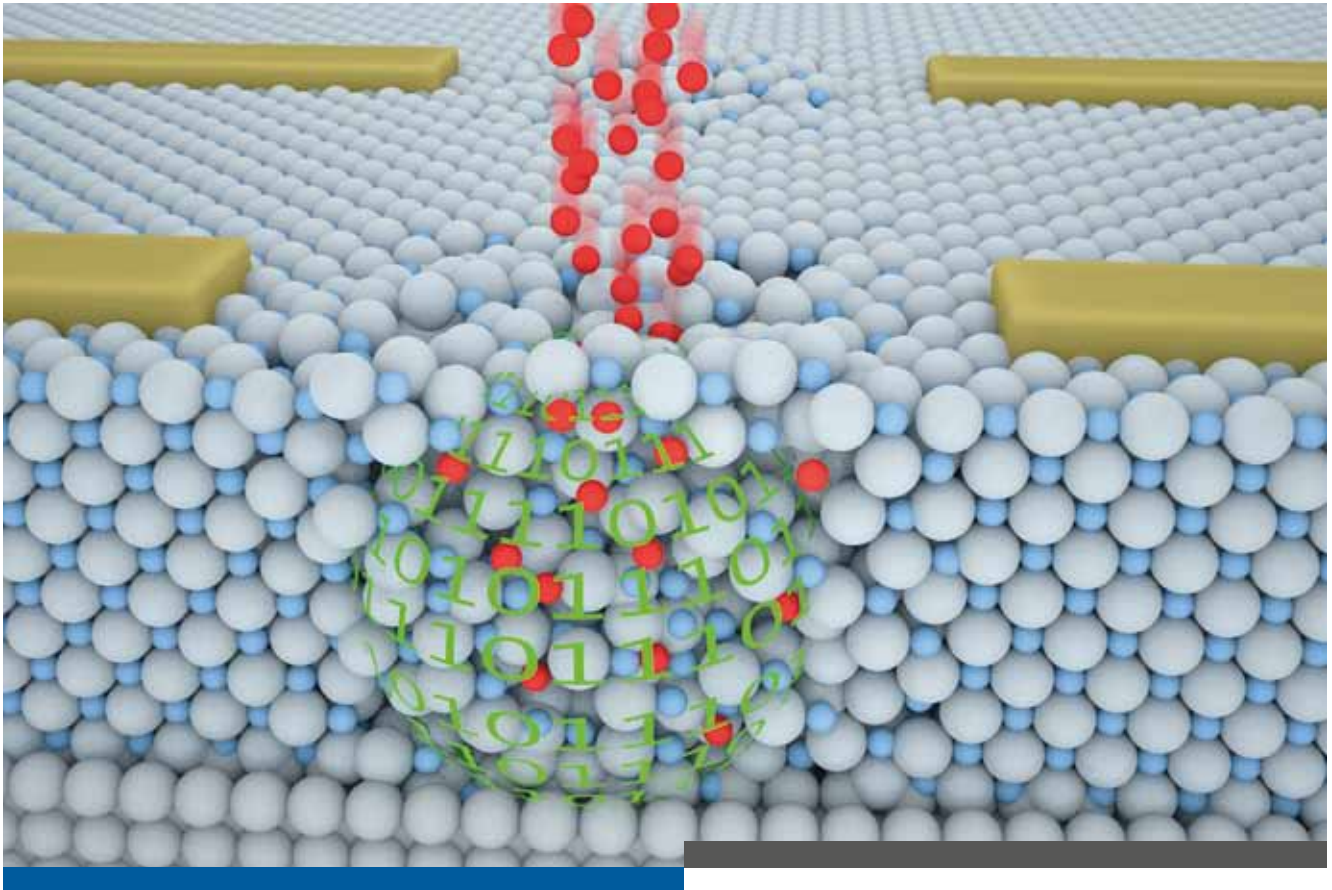
Michael Baumann ist seit kurzem auch Direktor am HZDR

Michael Baumann ist Direktor der Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie an der Universitätsklinik Carl Gustav Carus Dresden und seit Januar 2012 ist er auch als Direktor dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf zugehörig. In den ersten Monaten des Jahres 2012 erhielt er gleich zwei renommierte Preise. Am 2. März wurde ihm in Genf der „Gilbert H Fletcher Distinguished Professor Lecture Award“ verliehen. Der Preis würdigt international führende Onkologen, die zur Verbesserung der Heilung von Krebserkrankungen beitragen. Das MD Anderson Cancer Center in Houston/Texas – eine der Spitzeneinrichtungen auf diesem Gebiet – vergibt ihn einmal jährlich.

Im Mai 2012 nimmt Baumann den Regaud Preis der Europäischen Gesellschaft für Radiotherapie und Onkologie ESTRO auf der ESTRO-Jahrestagung in Barcelona entgegen. Es handelt sich um die höchste Auszeichnung, die von der europäischen Radioonkologie vergeben wird. Der Preis, der nur alle zwei Jahre an einen international angesehenen Radioonkologen verliehen wird, ist benannt nach dem Franzosen Claudius Regaud, der im Jahr 1911 das Prinzip der fraktionierten Bestrahlung formulierte und diese später zusammen mit Henri Coutard in die klinische Praxis einführte. Damit gilt er der Fachwelt als Vorbild für translationale Forschung, also für eine Forschung, die bestrebt ist, Erkenntnisse möglichst schnell zum Wohle von Patienten anwenden zu können.

Michael Baumann ist auch Sprecher des OncoRay-Zentrums, das gemeinsam von HZDR, Universitätsklinikum und Technischer Universität Dresden getragen wird. Zusammen mit Kollegen am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) und an der Universität Heidelberg bildet OncoRay das „Nationale Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie“ und ist zudem Partner im „Deutschen Konsortium für Translationale Krebsforschung“. In den Jahren 2010 und 2011 war Michael Baumann Präsident der Europäischen Krebsgesellschaft ECCO. —

// Der durch die Helmholtz-Gemeinschaft geförderte Forschungsverbund MEMRIOX erforscht Widerstands-Gedächtnis-Effekte für energieeffiziente Speichermedien.



NEUE SPEICHERZELLEN: Ionenstrahlen strukturieren kleinste ein- und zweidimensionale Bereiche. Bild: Sander Münster

WIE KÖNNEN INFORMATIONEN IN ZUKUNFT GESPEICHERT WERDEN?

_TEXT . Anja Barth

In unserer fortschreitend digitalisierten Gesellschaft steigt der Bedarf an effektiven Medien zum Speichern und Verarbeiten von Informationen stetig an. Vor Jahren unvorstellbar, ist es mittlerweile möglich, Datenmengen im Terabyte-Bereich auf kleinstem Raum zu speichern. Doch zunehmend muss auch die Frage nach der Ressourceneffizienz bei der Produktion von Speichermedien gestellt werden. Die Fülle an Daten ist nahezu unendlich. Die Rohstoffe und die Energie, die zur Herstellung von Speichern benötigt werden, sind es nicht.

An den Speicherkomponenten der Zukunft forschen nun Wissenschaftler im Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf um Projektsprecherin Sibylle Gemming und Projektkoordinator Peter Zahn gemeinsam mit nationalen und internationalen Kollegen im so genannten Helmholtz Virtuellen Institut MEMRIOX. Der Begriff steht für „MEMory effects in Resistive Ion-beam modified OXides“. →

Die Forscher interessieren sich hier besonders für die Widerstands-Gedächtnis-Effekte in modifizierten Oxiden. Dünne Schichten aus Metalloxiden werden mit Ionenstrahlen so bearbeitet, dass gezielt Kristallfehler und Defekte, etwa Sauerstoff-Leerstellen, in der Materialstruktur entstehen. Ideale Oxide sind oft gute Isolatoren, doch die Defekte erzeugen eine lokale elektrische Leitfähigkeit.

Miniaturisierung durch passive elektronische Bauelemente

Durch das Kontaktieren der Oxidschichten mit zwei unterschiedlichen metallischen Kontakten entstehen sogenannte memristive Elemente. Das sind passive elektronische Bauelemente, deren Widerstand direkt durch einen elektrischen Strom eingestellt wird. Damit könnte es möglich sein, miniaturisierte und funktionalisierte elektronische Komponenten im Nanometer-Bereich für eine ‚grüne‘ Datenverarbeitung zu entwickeln. Derartige memristive Schalter würden nur wenig Energie zum Schreiben der Daten benötigen, können schneller als Festplatten agieren und eine lange Speicherzeit ermöglichen.

NANOSTRUKTUREN: Mit einem sehr fein gebündelten Ionenstrahl lassen sich Materialien und Oberflächen nanometergenau modifizieren.

Seit Oktober 2011 existiert MEMRIOX als Forschungsverbund, welcher über den Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft gefördert wird und auf fünf Jahre ausgelegt ist. Partner sind das Forschungszentrum Jülich, die Universitäten in Dresden, Freiberg, Chemnitz und Jena sowie die University of California in San Diego und die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Jeder Forschungsstandort trägt mit seiner Erfahrung zum Forschungsprojekt bei. So kann am HZDR auf das langjährige Know-how und die Technik in der Ionenimplantation zurückgegriffen werden.

Neben der Grundlagenforschung und der Technologieentwicklung zeichnet sich das Verbundprojekt auch durch sein Förderprogramm für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus. Doktoranden sind nicht nur in die Forschungsarbeit selbst integriert, sondern erhalten zudem Kenntnisse in Themen wie Präsentation und Rhetorik, wissenschaftliches Publizieren sowie Projektmanagement – unerlässliche Voraussetzungen für eine erfolgreiche wissenschaftliche Laufbahn. ↪

KONTAKT

_Helmholtz Virtuelles Institut MEMRIOX im HZDR
Projektkoordinator
Dr. Peter Zahn
p.zahn@hzdr.de



WISSENSWERT – NACHRICHTEN RUND UM DAS HZDR

HZDR und sächsische Leibniz-Institute feiern 20jähriges Bestehen



Nach dem Mauerfall und der politischen Wende musste sich die Forschungslandschaft in Sachsen neu ordnen. Vor allem die Institute der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR standen vor dem großen Problem, wie sie

in das bundesdeutsche Wissenschaftssystem mit den großen Wissenschaftsorganisationen Max-Planck- und Fraunhofer-Gesellschaft sowie Leibniz- und Helmholtz-Gemeinschaft passen sollten. Allerdings gab es vor gut 20 Jahren die Leibniz-Gemeinschaft noch gar nicht, stattdessen gab es die „Blaue Liste“. Dabei handelte es sich um eine Liste von Instituten, je zur Hälfte vom Bund und den Ländern finanziert.

Im Internationalen Kongresszentrum Dresden fand am 29. März die Feier zum 20jährigen Bestehen der sächsischen Leibniz-Institute unter der Federführung des Leibniz-Instituts für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden statt. Der ehemalige Wissenschaftsminister Sachsens, Hans Joachim

REDE ÜBER DEN FÖDERALISMUS: Hans Joachim Meyer über den Neuaufbau der Forschungslandschaft in Sachsen.

Fotos: Hans-Günther Lindenkreuz

Meyer, informierte in seinem geschliffenen Vortrag über den Aufbau der Forschungslandschaft in Sachsen aus gesamtdeutscher Sicht. Seine These: der Föderalismus sei für die Wissenschaft in der neueren Geschichte zunehmend zum Problem geworden. Zwei Legenden, so Meyer, prägten die Nachwendezeit. Die erste lautete, dass in der DDR Lehre und Forschung nach sowjetischem Muster getrennt wurde, die zweite, dass die DDR eine wissenschaftliche Wüste war. Beide Legenden seien aufgrund handfester Konkurrenzinteressen in der Bundesrepublik entstanden. Selbst der unparteiische Wissenschaftsrat der Bundesregierung, der von der DDR-Regierung um eine Evaluierung der Akademie-Institute gebeten wurde, sei nicht auf Antrieb „zu fairen Urteilen und angemessenen Vorschlägen“ gekommen. Die Evaluierung, die innerhalb eines Jahres durch den Wissenschaftsrat erfolgen sollte, war dennoch, wie Meyer weiter ausführte, eine „bedeutsame wissenschaftsgeschichtliche Leistung“. Im Jahr 1993 sprach der Wissenschaftsrat schließlich die Empfehlung zur Gründung der Leibniz-Gemeinschaft aus, zu der heute sechs wissenschaftlich erfolgreiche Institute in Sachsen gehören. Meyers Bewertung: „Damals siegte die praktische Vernunft, welche generell das Verhältnis zwischen Föderalismus und Wissenschaft bestimmen müsste.“

Diejenigen sächsischen Akademie-Institute, die im Jahr 1992 als Institut der Blauen Liste neu gegründet wurden, sind heute sehr gut aufgestellt und nehmen auch international einen der vorderen Plätze ein. Das Forschungszentrum Rossendorf entstand am 1. Januar 1992 als eingetragener Verein und war dann bis Ende Dezember 2010 Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Seither gehört es der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren an.

Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf feierte seinen 20. Geburtstag am 15. März 2012 als Mitarbeiterfest in den Technischen Sammlungen Dresden. Anlass war die dort gastierende Helmholtz-Wanderausstellung Wunderkammer Wissenschaft. Sie bot denn auch einen würdevollen Rahmen für die Verleihung der HZDR-Preise 2011. Rund 400 Gäste nutzten die Gelegenheit, die lehrreichen Ausstellungen in den Technischen Sammlungen näher kennenzulernen. Mitreißende Feuer- und Elektrizitätsshow rundeten den Helmholtz-Nachmittag im Museum ab.





Roland Sauerbrey (HZDR), Bernd Meyer (TU Freiberg), Freibergs Oberbürgermeister Bernd-Erwin Schramm (v.l.)

Freiberger Symposium zur Risikovorsorge strategischer Rohstoffe

_TEXT . Martin Rudolph

Am 19. und 20. April fand in der Alten Mensa der TU Bergakademie Freiberg das vom Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie und der TU gemeinsam organisierte 4. Symposium „Freiberger Innovationen“ statt. Etwa 100 Teilnehmer aus Wissenschaft und Wirtschaft besuchten die breit aufgestellte Veranstaltung unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Die 19 Vorträge von deutschen Unternehmen und internationalen Institutionen waren thematisch gegliedert in die vier Bereiche Rohstoff-Management, primäre Rohstoffe, sekundäre Rohstoffe und Recycling sowie Verarbeitung und Produkte.

Rege Diskussionen wurden auch in den Pausen und beim abendlichen Begleitprogramm fortgesetzt und so konnten viele Kontakte geknüpft werden. Sichtlich beeindruckt zeigten sich die Teilnehmer vom Empfang mitten in der faszinierenden Mineraliensammlung „Terra Mineralia“ im Schloss Freudenstein. Der Wissenschaftsstandort Freiberg mit dem neuen Helmholtz-Institut und der ältesten montanwissenschaftlichen Institution der Welt stellte mit dem gemeinsamen Symposium unter Beweis, dass es ein großes nationales wie internationales Interesse an der Kompetenz auf dem Gebiet der Ressourcenforschung gibt.

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie



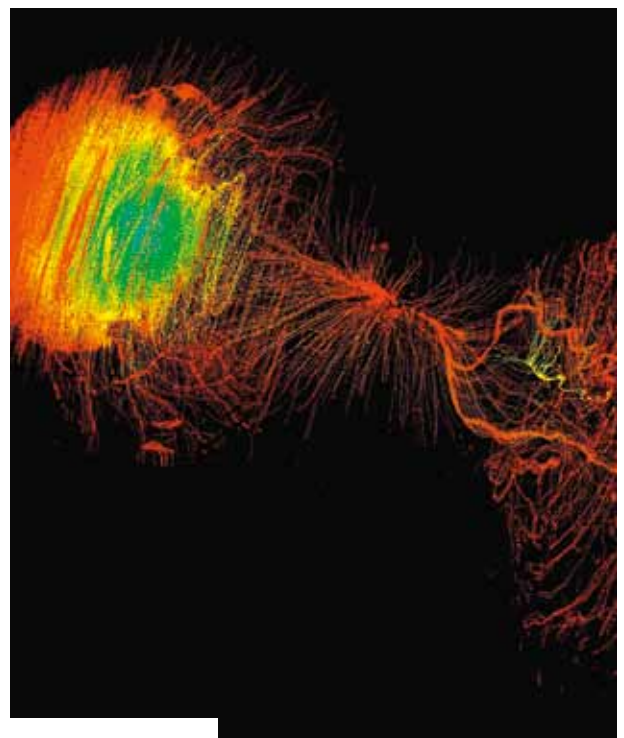
Wunderkammer Wissenschaft in Dresden

Vom 1. März bis 6. Mai 2012 gastierte die bildgewaltige Ausstellung „Wunderkammer Wissenschaft“ in den Technischen Sammlungen Dresden. Kooperationspartner vor Ort war das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf. Die Dresden Marketing GmbH hatte sich erfolgreich dafür eingesetzt, die Ausstellung im Themenjahr 2012 „Dresden. Eine faszinierende Idee. Kunst trifft Wissenschaft“ nach Dresden zu holen.

Von den kleinsten Bakterien bis zu den größten Sternen, vom Elektronen-Beschleuniger ELBE in Dresden bis zum Neutrino-Experiment KATRIN in Karlsruhe – mit über 500 akustisch untermalten, bewegten und bewegenden Bildern stellt die Helmholtz-Gemeinschaft ihre Forschung auf ungewöhnliche Art vor: eine Wissenschaftsausstellung, die nahezu vollständig auf Erklärungen verzichtet und nur auf die Kraft der Bilder setzt. Damit ist die Ausstellung ein visuelles Erlebnis, das genau wie die historischen Wunderkammern der Renaissance und des Barock an den ursprünglichen Impuls des Erforschens – das Staunen, das Fragen, die Neugier – anknüpft.

Das HZDR-Modul enthält dynamische Bilder von Strömungen, wie sie in technischen Anlagen und Reaktoren vorkommen, oder aber von großen Forschungsmaschinen, die zur Untersuchung von Materialien unter extremen Bedingungen genutzt werden. Farbenprächtige Simulationen zur Beschleunigung von Elektronen mit dem Hochleistungslaser DRACO vermitteln einen bildhaften Eindruck von modernster Beschleuniger-Technologie.

➤ www.wunderkammer-wissenschaft.eu



Kerntechnik-Experten von der Internationalen Atomenergie-Behörde IAEA in Dresden



Das Treffen der IAEA-Experten in Dresden geht auf die Initiative von Bruno Merk (1. Reihe, 3.v.l.) zurück.

Rund 30 internationale Experten der IAEA diskutierten vom 20. bis 23. März 2012 im Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf die Auswirkungen der Reaktorunfälle von Fukushima auf die Weiter- und Neuentwicklung derzeitiger und zukünftiger Reaktoren. Kerntechnik-Experten sind sich in ihren Urteilen einig: Im Hochtechnologie-Land Japan waren die Kernkraftwerke nicht fit genug, um große Naturkatastrophen ohne Gefahr für Umwelt und Bevölkerung zu überstehen, und in den nach Erdbeben und Tsunami im Jahr 2011 havarierten Anlagen lief die unbedingt notwendige Kühlung viel zu schleppend an. Moderne passive Sicherheitssysteme, über die die Anlagen in Fukushima nicht verfügten, hätten den Austritt von Radioaktivität sicherlich vermindert. Im Gegensatz dazu gehören die deutschen Kernkraftwerke nach wie vor zu den sichersten der Welt und das deutsche Know-how um Reaktorsicherheit wird international geschätzt.

Die Bundesregierung hat der Kerntechnik-Forschung in der Folge des Kernenergieausstieges in ihrem Energieforschungsprogramm (2011) eine klare Aufgabe definiert. Sie soll durch Mitwirkung in internationalen Gremien als kompetenter Partner gestaltenden Einfluss auf die Sicherheitsdiskussion nehmen. Deutsche Fachleute sollen deshalb in internationalen Institutionen wie der internationalen Atom-Energie-Organisation (IAEA), der Nuklear-Energie-Agentur (NEA), der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) sowie der Europäischen Union (Euratom) aktiv mitarbeiten. Ein solcher Fachmann ist Bruno Merk vom HZDR. Er hat das IAEA-Treffen in Absprache mit dem zuständigen Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie nach Dresden geholt. Der genaue Titel der Veranstaltung lautete: „Auswirkungen von Fukushima auf aktuelle und künftige Designs schneller Reaktoren“. Daran nahmen Experten aus der Industrie, von Genehmigungsbehörden und weltweit anerkannte Wissenschaftler aus nahezu allen Ländern, die aktiv an der Entwicklung schneller Reaktoren arbeiten, teil.

Vorteile schneller Reaktoren

Bruno Merk erläutert den Vorteil von schnellen Reaktoren so: „Schnelle Reaktoren haben grundsätzlich zwei Vorteile gegenüber heutigen Reaktoren: Der Brennstoff wird erheblich besser genutzt und es lässt sich ein geschlossener Brennstoff-Kreislauf bewerkstelligen. Beides führt zu geringeren Müllmengen und es besteht zusätzlich die Möglichkeit, den Endlagerzeitraum deutlich zu verringern. Die Sicherheitsphilosophie für schnelle Reaktoren entwickelt sich im Übrigen sehr rasant, sodass auch das Ziel einer weiter verbesserten Sicherheit gegenüber derzeit in Bau befindlichen Kernreaktoren erreichbar scheint.“

Richtfest – das Hochfeld-Magnetlabor wird erweitert

Zehn Monate nach der feierlichen Grundsteinlegung konnte im Hochfeld-Magnetlabor Dresden des HZDR erneut angestoßen werden. Die Rohbauarbeiten des Erweiterungsbaus sind fertig, nun stehen der Innenausbau und die Einrichtung an.

Nachdem das Hochfeld-Magnetlabor im Jahr 2005 fertig gestellt wurde, ist es seit 2007 als europäisches Nutzerlabor für die Materialforschung in Betrieb. Die große Nachfrage nach Messzeit durch externe und interne Nutzer führte innerhalb kurzer Zeit dazu, dass das Labor an seine Kapazitätsgrenzen stieß – ein Anbau wurde dringend nötig. Im Erweiterungsbauprojekt werden eine zweite Kondensatorbank zur Energiespeicherung sowie sechs Puls-kammern für Experimente Platz finden. Die Übergabe ist Ende des Jahres 2012 geplant. Die Investitionssumme von 20 Millionen für die gesamte Erweiterung des Hochfeld-Magnetlabors als internationales Nutzerzentrum wird zu großen Teilen vom Freistaat Sachsen getragen.



Der Anbau im Hintergrund vergrößert das Laborgebäude um etwa die Hälfte.

Berufsorientierung für Jugendliche



Vier Schülerinnen und fünf Schüler aus der näheren Umgebung von Rossendorf konnten am 26. April selbst zum Naturwissenschaftler, Mechaniker, Konstrukteur und Sachbearbeiter werden und in ihren eventuellen Traumberuf schnuppern. Auf dem Programm standen nicht nur ein Blick hinter die Kulissen der Labors, Werkstätten und Büros des Zentrums, sondern auch zahlreiche Mitmach-Aktionen. So konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in der Zentralabteilung Forschungstechnik eigene Konstruktionen am Computer erstellen, im mikrobiologischen Labor Bakterien- und Algenproben anfertigen, im chemischen Labor quantitative und qualitative Bestimmungen durchführen und im Schülerlabor DeltaX mit dem Kerr-Mikroskop experimentieren. Die Organisatoren um Gleichstellungsbeauftragte Heidemarie Heim und Schülerlabor-Mitarbeiter Matthias Streller freuten sich über die interessierten Mädchen und Jungen an einem spannenden Tag zwischen Wissenschaft, Technik und Verwaltung.

Nachwuchsförderung wird am HZDR groß geschrieben. So wurde das Zentrum zwölf Mal in Folge als „hervorragender Ausbildungsbetrieb“ von der Industrie- und Handelskammer Dresden gewürdigt und bildet in insgesamt dreizehn Berufen aus. Im Schülerlabor DeltaX verbringen Schulklassen regelmäßig Forschertage oder ganze Projektwochen.

Neues Gästehaus für internationale Nutzer

Nach reichlich einjähriger Bauzeit begrüßte das neue Gästehaus des HZDR im Januar 2012 seine ersten Gäste. Der 2,5 Millionen Euro teure Neubau verfügt über 30 Einzel- und Doppelzimmer. Jedes Zimmer ist mit einer eigenen Sanitärzelle ausgestattet, einige auch mit einer kleinen Küche. Neben Gemeinschaftsküche und Aufenthaltsraum gibt es die Möglichkeit, das Frühstücksbuffet zu nutzen.

Das Gebäude befindet sich direkt auf dem HZDR-Gelände, die Gäste des Zentrums müssen so nur kurze Wege zurücklegen. „Im neuen Gästehaus haben die Messgäste unserer Großgeräte Vorrang“, sagt Wolfgang Matz, unter dessen Leitung das Gästehaus gebaut wurde. „Aber auch Doktoranden und Praktikanten sind herzlich willkommen.“

Terminvorschau

29.06.2012 | 18 - 24 Uhr

Lange Nacht der Wissenschaften in Leipzig
Wissenschaftspark, Permoser Straße 15

Die Forschungsstelle Leipzig des HZDR präsentiert Radioaktivität in Umwelt und Forschung

06.07.2012 | 18 - 1 Uhr

10. Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften

Das HZDR im Hörsaalzentrum der TU Dresden,
Bergstraße 64

Motto: Energie- und Ressourcenforschung am HZDR

STRAHLENSCHUTZKURSE AN DER HZDR-FORSCHUNGSSTELLE LEIPZIG

25.09.2012

Aktualisierungskurs

17.09. - 21.09.2012

Fachkunde (Module GH, OG)

09.10. - 11.10.2012

Fachkunde (Module GG, FA)

Wissenschaftliche Veranstaltungen

12. - 14.06.2012

10. Multiphase Flow Conference & Short Course

22. - 27.07.2012

International Conference on Superlattices,
Nanostructures, and Nanodevices – ICSNN 2012

19. - 21.09.2012

8th International Symposium on Ultrasonic Doppler
Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering

30.09. - 07.10.2012

3rd EuroMagNET Summer School

05. - 07.11.2012

International Workshop on Advanced Techniques
in Actinide Spectroscopy (ATAS)

22.11.2012

Wissenschaftliches Kolloquium anlässlich des
60. Geburtstags von Prof. Roland Sauerbrey

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

Juni 2012

ISSN: 2194-5705 // Ausgabe 01.2012

REDAKTION

Dr. Christine Bohnet (verantwortlich), Sara Schmiedel, Anja Weigl
Abteilung Kommunikation und Medien im HZDR

AUTOREN DIESER AUSGABE

Anja Barth, Maria Hörhold, Martin Rudolph
Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des HZDR

Uta Bilow

Freie Wissenschaftsjournalistin, Dresden

Sascha Karberg

Journalistenbüro Schnittstelle, Berlin

Roland Knauer

Journalistenbüro Viering und Knauer, Lehnin

Carsten Wolf

Journalist, Dresden

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, wenn nicht anders angegeben

GESTALTUNG

WERKSTATT X . Michael Voigt

www.werkstatt-x.de

DRUCK

Druckerei Mißbach

www.missbach.de

AUFLAGE

4.000 // Gedruckt auf Inapa Infinity Silk, FSC zertifiziert

KONTAKT/BESTELLUNG (kostenfrei):

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Kommunikation und Medien

Dr. Christine Bohnet

Postfach 50 01 19 | 01314 Dresden

Tel.: 0351.260 2450

Mail: c.bohnet@hzdr.de

www www.hzdr.de

Das HZDR auf Facebook:

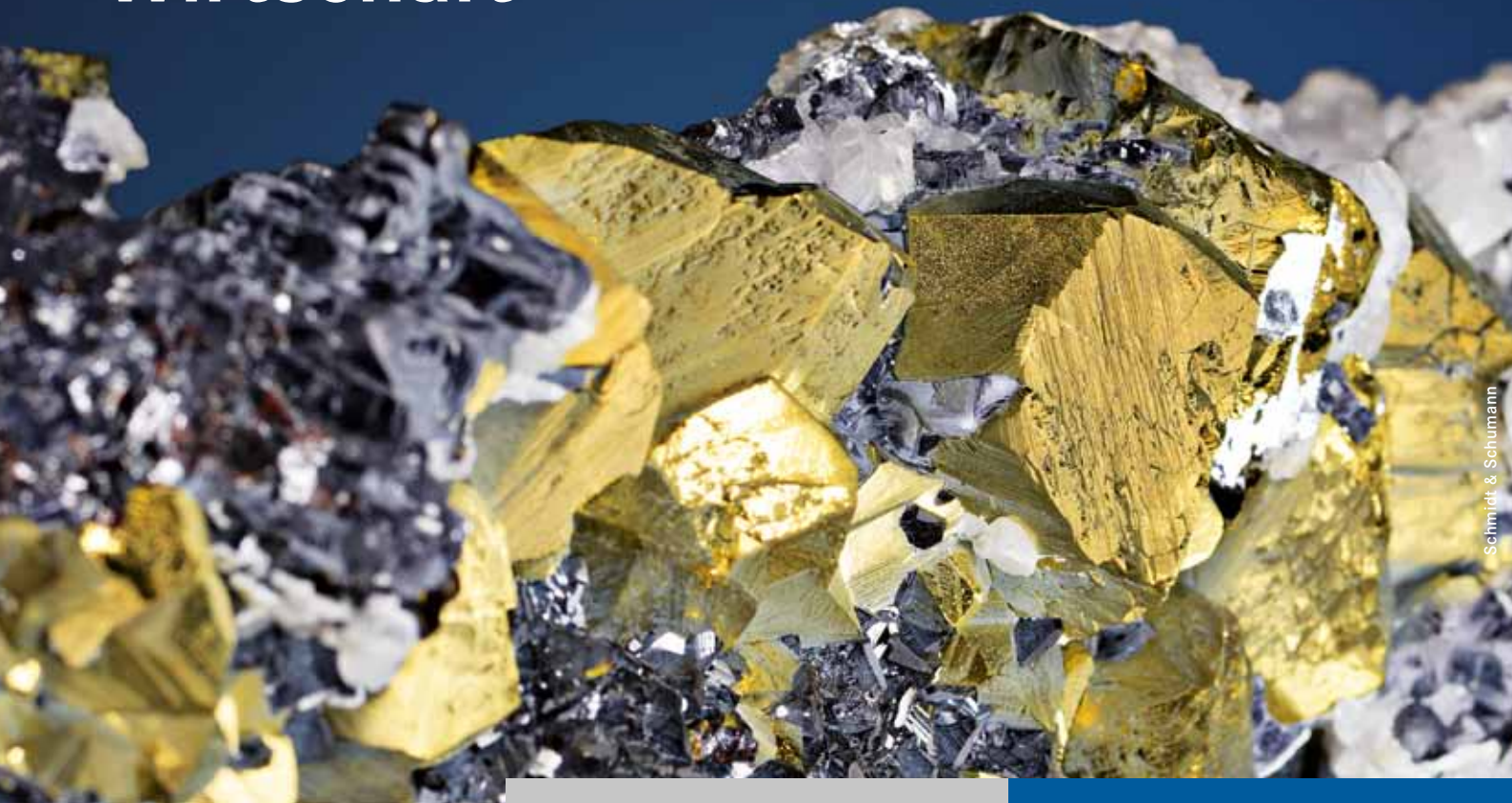
<http://www.facebook.com/Helmholtz.Dresden>

„entdeckt“ erscheint zweimal pro Jahr



Foto: Oliver Killig

Spurenelemente für eine gesunde Wirtschaft



Schmidt & Schumann

Kristallaggregat von Kupferkies,
Bleiglanz, Zinkblende und Kalkspat.
Es enthält kleine Mengen an
Indium, Germanium und Silber.
Fundort: Rhodopen, Bulgarien

Cer, Germanium, Indium, Lanthan, Yttrium. Ohne Elemente wie diese bleiben Energiesparlampen und Bildschirme dunkel. Und Mobiltelefone stumm. Für das Technologieland Deutschland sind es deshalb strategische Ressourcen. Doch weltweit steigender Bedarf und sinkende Lagerstätten-Qualität haben sie knapp und teuer gemacht – eine Gefahr für die Wirtschaft. Hier setzt das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie an: Wir entwickeln Technologien, strategische Ressourcen dort zu erschließen, wo sie bisher unzugänglich waren. Vor allem im eigenen Land. Deshalb: Wenn Sie Wege suchen, an die begehrten Elemente heranzukommen: Sprechen Sie uns an.

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

