

entdeckt

DAS FORSCHUNGSMAGAZIN AUS DEM HZDR

// AUSGABE 01.2014

hzdr.de



Nützliches Wissen

5 μ m

DER HERR ÜBER DIE STRÖMUNGEN

Patentiertes berührungsloses Messverfahren für heiße Schmelzen

NEUES VERFAHREN ZUM RECYCELN VON BILDSCHIRM-SCHROTT

Kaiserpfalz-Preis der Metallurgie für Forscher von HZDR und TU Bergakademie Freiberg

BESCHLEUNIGER IN MEDIZIN UND FORSCHUNG

Die Weltbeschleunigerkonferenz „IPAC“ fand 2014 in Dresden statt

HZDR

 **HELMHOLTZ
ZENTRUM DRESDEN
ROSSENDORF**

TITELBILD: Das Silikatgerüst einer Kieselalge ist ein Isolator, leitet also keinen Strom. Für ein REM-Bild (Raster-Elektronenmikroskop) müsste man es deshalb beschichten, was dazu führen kann, dass Details der Struktur nicht abgebildet werden. Dank der Ladungskompensation im neuen Helium-Ionenmikroskop des HZDR entfällt dieser aufwendige Arbeitsschritt. (Probe von Anne Jantschke, Bioanalytische Chemie, TU Dresden)



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

Berichten die Medien über Forschung, so ist immer wieder von Durchbrüchen, sensationellen Funden und Ergebnissen, die die Welt verändern, die Rede. Vom Forschungsalltag mit seinen Höhen und Tiefen erfährt die Öffentlichkeit meist wenig. Nicht nur deshalb geistert immer noch das Bild vom elitären Wissenschaftler im Elfenbeinturm durch die Köpfe. Wie es in diesen vermeintlichen Elfenbeintürmen aussieht, davon kann der interessierte Bürger an Tagen der offenen Tür oder Langen Nächten der Wissenschaften immerhin einen Eindruck bekommen. Und dabei erfahren, dass wissenschaftliche Durchbrüche und Sensationen extrem selten sind und dass sich Fortschritte meist aus winzigen Schritten zusammensetzen.

Bis eine neue Technologie marktreif oder ein neues Medikament entwickelt ist, dauert es in aller Regel Jahrzehnte. Hier unterscheidet sich die Forschung kaum von der Industrie. So gesehen ist Wissenschaft ein zähes Geschäft. Es braucht einen langen Atem, um von der Idee über die Beantragung der erforderlichen Mittel bis zur Auswertung der Daten und deren Veröffentlichung zu gelangen. Umso mehr freuen sich alle, wenn am Ende wirklich etwas herauskommt. Da Forscher meist Neuland betreten, ist das jedoch keinesfalls garantiert. Auch Scheitern ist möglich!

Diese „entdeckt“-Ausgabe trägt den Titel „Nützliches Wissen“ und ist somit dem Thema Wissens- und Technologietransfer gewidmet. Was ist der Nutzen der Forschung, die wir im HZDR betreiben? Wer profitiert davon? Welche Ziele können wir gemeinsam mit Forschungs- und Industriepartnern erreichen? Wo stehen wir mit unseren patentierten Entwicklungen in der Material-, Energie- und Krebsforschung? Dieses breite thematische Spektrum spiegelt sich im vorliegenden Magazin wider.

Berichte über Fortschritte in der Krebsforschung wecken Hoffnungen, zugleich liegt der gesellschaftliche Nutzen dieser Forschungsrichtung klar auf der Hand, denn rund 500.000 Menschen erkranken jedes Jahr allein in Deutschland neu an Krebs. Das HZDR, die Technische Universität und das Universitätsklinikum Dresden haben in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um diese Forschungsrichtung ein gutes Stück voranzubringen. Auf den folgenden Seiten lernen Sie dazu die Krebsforscher Nils Cordes und Michael Bachmann, den Physiker und Geschäftsführer Günter Zschornack sowie die Masterstudentin Gisela Gabernet Garriga kennen.

Patienten finden sich – im übertragenen Sinne – auch in der Industrie, etwa wenn große Antriebsachsen im Schwermaschinenbau gerettet werden müssen, bevor sie brechen. Ein in Rossendorf entwickelter und patentierter Sensor steht seit kurzem dafür bereit. Gerade die Messtechnik spielt für den Technologietransfer am HZDR eine große Rolle, aber auch Menschen sind wichtige Bindeglieder zwischen Wissenschaft und Industrie. Wir stellen zwei ehemalige Doktoranden vor, die ihren Weg im Industrieunternehmen machen und zugleich gerne auf die im Zentrum vorhandene Infrastruktur und das Know-how zurückgreifen.

Wissenschaft zum Wohle der Menschen – dieses Bild vom Forschungsbetrieb könnte dasjenige vom Elfenbeinturm ablösen. Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind sich bewusst, dass sie gegenüber der Gesellschaft, die ihre Arbeiten mit öffentlichen Geldern finanziert, eine Bringschuld wie eine Informationspflicht haben. Begeben Sie sich also mit unserem Forschungsmagazin auf Entdeckungstour, folgen Sie uns auf Facebook oder Twitter, besuchen oder schreiben Sie uns. Wir freuen uns auf Sie!

Eine spannende Lektüre wünscht Ihnen

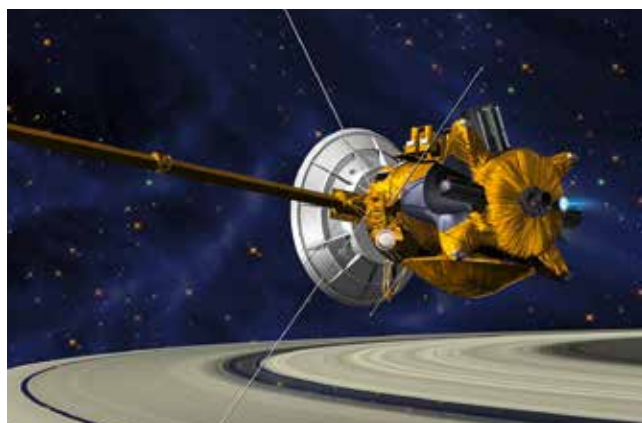
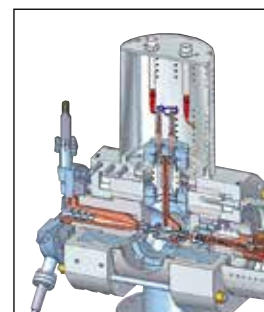
Christine Bohnet
Abteilung Kommunikation und Medien im HZDR

INHALT

TITEL

Nützliches Wissen

- 04 Krebs aus dem Rhythmus bringen
- 07 Universelle Tumor-Antigene als Ziel gegen Krebs
- 10 Mit Ionen schonend gegen Krebs
- 13 Blick in die Tiefe mit scharfen Details
- 14 Bessere Bilder für die medizinische Diagnostik
- 17 Leben in der Uranmine
- 20 Wo starke Kräfte sinnvoll walten
- 22 Mit Magnetfeldern berührungslos messen
- 24 Auf Tauchstation in der Gölle
- 27 Weit weg von der Erde
- 29 Ionen auf der Überholspur
- 31 Nanoreaktoren für „intelligente“ Chemotherapie



PORTRÄT

- 32 Neue Konzepte für die Informationstechnik
- 33 Der Herr über die Strömungen
- 35 Bindeglieder zwischen Wissenschaft und Industrie
- 37 Von Rossendorf in die weite Welt



WISSENSWERT

- 39 Neues Verfahren zum Recyclen von Röhren- und LCD-Bildschirmen entwickelt
- 40 Multiflow im Irak
- 41 Beschleuniger in Medizin und Forschung
- 42 Mit DeltaX zum Dokortitel!
- 42 Der LHC im Klassenzimmer
- 42 Terminvorschau



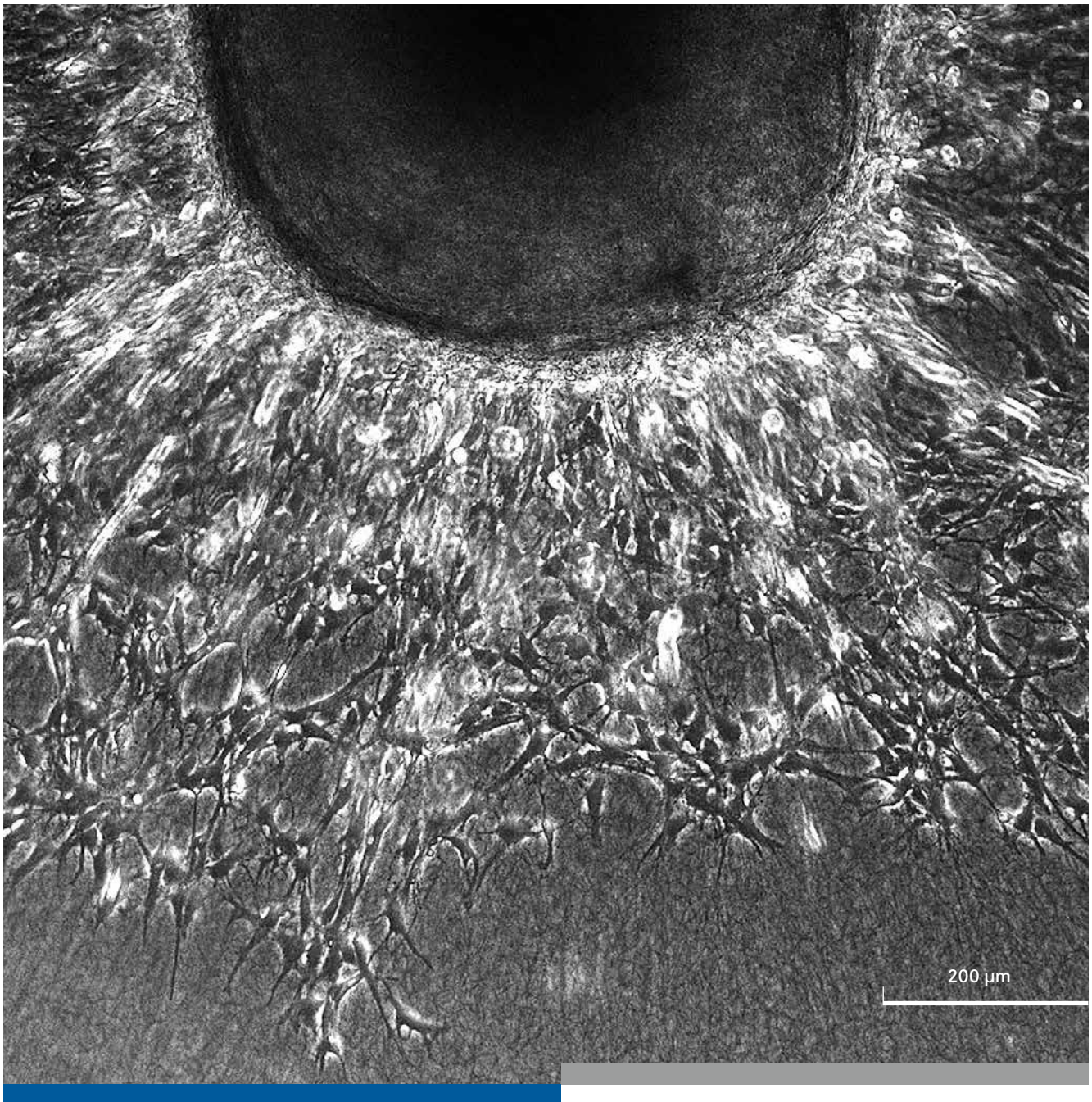
Foto: J. Socher / Netzwerk Teilchenwelt

43 Impressum

// Nils Cordes forscht an Molekülen, die – in Kombination mit der Strahlentherapie – aggressive Krebserkrankungen stoppen könnten.

KREBS AUS DEM RHYTHMUS BRINGEN

_TEXT . Sascha Karberg



AUSWANDERUNG: Einzelne Glioblastom-Zellen verlassen den kompakten Zellverband (halbkugelartige Formation am oberen Bildrand).

Es ist wie ein molekulares Musical: Wenn Zellen wachsen und sich teilen, wandern und differenzieren, dann müssen Moleküle miteinander tanzen. Ein genau abgestimmtes, rhythmisches Miteinander von Proteinen und Genen, Rezeptoren und Signalstoffen. Und sobald auch nur ein Spieler im Ensemble aus dem Takt gerät, endet das Stück im Chaos: Krebs.

Vielleicht braucht es deshalb einen, der was vom Tanzen, von Timing und Harmonien versteht, wenn neue Therapien gegen Krebs erdacht werden sollen. Schon mit 16 Jahren wollte Nils Cordes aufs große Parkett. Ob Jazz, Swing oder Musical, den Traum vom Tanzen und Singen gab der Forscher, der heute am Nationalen Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie - OncoRay sowie als Abteilungsleiter am HZDR-Institut für Radioonkologie arbeitet, auch während des Medizinstudiums nicht auf. „Aber irgendwann hat die Vernunft gesiegt“, sagt Cordes. Er ließ die Bühnenkarriere sausen und ging in die Krebsforschung. Für zukünftige Patienten eine vielleicht lebensrettende Entscheidung. Denn inzwischen hat Cordes' Team entdeckt, wie sich Krebszellen von besonders aggressiven Tumoren stoppen lassen.

Über alle Grenzen hinweg

„Krebs ist eine Ganzkörper-Erkrankung“, meint Cordes. „Alles hängt zusammen, und die Integrine sind die Moleküle, die alles verbinden, über alle Grenzen hinweg.“ Integrine sind Proteine, die in der Zellmembran sitzen und sowohl nach außen über die Zelloberfläche als auch ins Innere der Zellen wirken. So wie sich im Musical alles dem Rhythmus des Hauptdarstellers anpasst, so sind auch Integrine Dreh- und Angelpunkt vieler Zellfunktionen. Zum einen verbinden sie Zellen oder hängen sie wie Haken an dem Gerüst zwischen den Zellen,

denen weder Chemo- noch Strahlentherapien in den letzten Jahren wesentliche Verbesserungen in den Überlebensraten erreichen konnten.

„Der Vorteil ist, dass unsere Therapie an der Oberfläche der Zellen angreift, so dass die Wirkstoffe nicht erst durch die Zellmembran hindurch müssen“, sagt Cordes, der das Beta-1-Integrin mit Hilfe eines Antikörpers blockiert. Damit wird jedoch nicht nur die Wanderlust der Krebszellen abgestellt, sondern sie werden auch anfälliger für Bestrahlung – offenbar, weil die Reparatur des Erbguts nicht mehr funktioniert. Wenn die Krebszellen nach einer Beta-1-Integrin-Therapie bestrahlt werden, können sie die Schäden in ihrem Erbgut nicht reparieren und sterben ab. Aber wie kann ein Molekül wie Beta-1-Integrin, das doch an der Zelloberfläche sitzt, die DNA-Reparatur beeinflussen, die im Innersten der Zelle, im Zellkern, abläuft? Die Antwort findet sich in der besonderen Choreographie der Zelle. „Es gibt eine Reihe von Proteinen, die sowohl mit dem Integrin wechselwirken als auch im Zellkern eine Funktion haben und sich deshalb hin und her bewegen“, sagt Cordes. „Doch wenn das Integrin blockiert ist, führt das zu einem Re-Arrangement.“ Die Choreographie gerät durcheinander, die molekularen Tänzer verpassen ihre Partner, und die Krebszelle wird anfällig für Strahlentherapie.

Krebs in drei Dimensionen

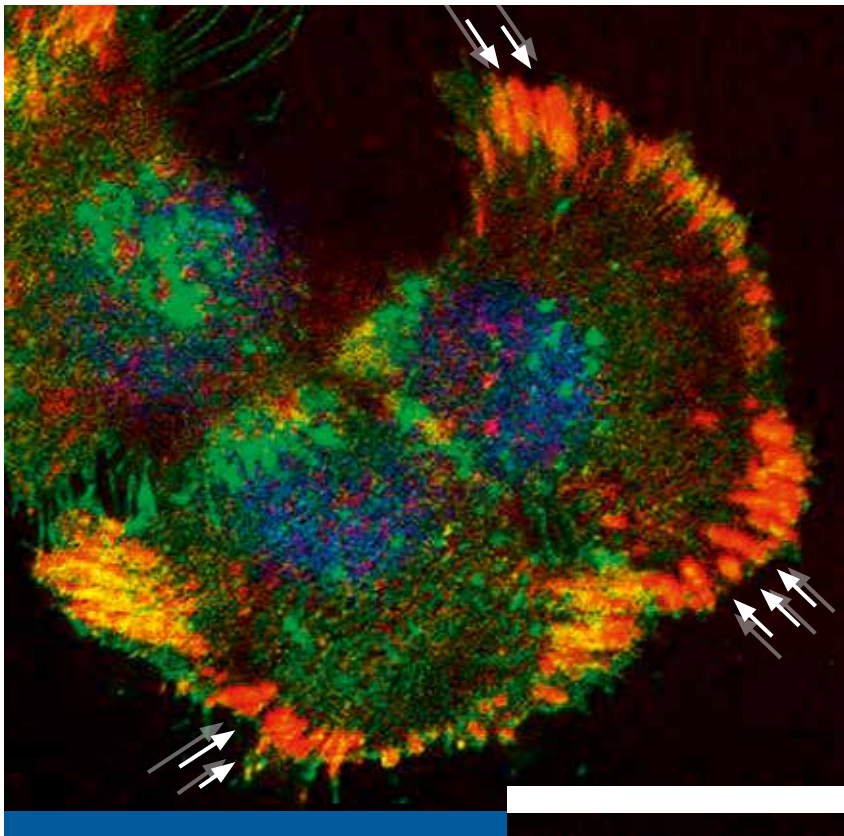
Cordes' Forscherteam kam dem Integrin auf die Spur, weil die Forscher die menschlichen Krebszellen nicht in flachen Petrischalen untersuchen, sondern in einer dreidimensionalen, gerüstartigen Matrix aus Stoffen, die die Zellen im Körper selbst produzieren: Laminin, Kollagen I sowie IV und

Eine neue Methode kann den Bewegungsdrang von Hirn- sowie von Kopf-Hals-Tumorzellen hemmen.

der Matrix, auf. Sie leiten jedoch auch Signale ins Innere der Zelle weiter, dass sie wachsen, sich teilen oder differenzieren soll. Einer dieser Hauptdarsteller, das Beta-1-Integrin, kommt besonders häufig auf der Oberfläche von Krebszellen vor. Cordes hat nun einen Weg gefunden, es zu hemmen. Und erzielt damit erstaunliche Wirkungen.

„Wir können das Einwandern von Krebszellen in gesundes Gewebe zu 80 bis 90 Prozent verhindern“, sagt Cordes. Gerade bei Glioblastomen, besonders aggressiven Hirntumoren, tanzen die Zellen gern aus der Reihe, infiltrieren gesundes Gewebe und entkommen dadurch sowohl dem Chirurgen bei der Operation als auch Bestrahlungen und Chemotherapien. Cordes' neue Technik kann nicht nur den Bewegungsdrang von Hirn-, sondern auch von Kopf-Hals-Tumorzellen hemmen. Damit gibt es erstmals Hoffnung für zwei Tumorarten, bei

Fibronectin. „Das sieht dann ganz ähnlich aus wie echtes Tumorgewebe“, sagt Cordes. Die Krebszellen, die die Forscher aus Biopsien von Patienten bekommen, wachsen in dieses Gerüst so gut ein, dass die Krebsgewebestücke bis zu 500 Mikrometer groß werden. Diese Größe kommt der Situation im realen Tumor sehr nahe. Wie im Patienten bilden sich zum Beispiel Gegenden, in denen die Krebszellen wenig Sauerstoff oder Nährstoffe bekommen, weil sie nicht an den Blutkreislauf angeschlossen sind. Eine Situation, die entscheidend für das Verhalten der Krebszellen ist, in normalen Krebszell-Kulturen aber nicht vorkommt und zu falschen Forschungsergebnissen führen kann. „Wir haben beobachten können, wie die Krebszellen an Strängen von Kollagen I entlang wandern“, erzählt Cordes. „Wenn wir aber Kollagen IV als Gerüst anbieten, dann können die Zellen nicht mehr wandern.“ Das ist deshalb so interessant, weil sich Hirntumorzellen ihr eigenes Gerüst bauen



WIRKUNG VON AUSSEN: Die Pfeile weisen auf Beta-Integrin-Rezeptoren in einer Zellmembran, wo die neue Therapie angreift.

Die Therapie wird sich in bestehende Behandlungskonzepte einfügen. „Wir verfolgen die Idee, dass man mehrere Medikamente gegen den Krebs einsetzt, die synergistisch wirken, so dass man die Konzentration jedes einzelnen reduzieren kann“, sagt Cordes. Damit lassen sich die Nebenwirkungen der einzelnen Wirkstoffe reduzieren und trotzdem die besten Erfolgsraten erreichen. Eine Therapie mit Antikörpern gegen Beta-1-Integrin mache nur dann Sinn, wenn der Tumor anschließend bestrahlt wird, sagt Cordes. Sobald er den geeigneten menschlichen Antikörper hat, möchte der Forscher deshalb Radionuklide, also strahlende Atome, an

können, an dem entlang sie sich bewegen. „Das ist wohl der Grund für ihre Widerstandsfähigkeit gegen Therapien und ihre invasive Kraft“, sagt Cordes.

Durch die Lähmung des Integrins kann Cordes die Tumorzellen stoppen – und die normalen Zellen bleiben offenbar intakt. „Normalzellen können auf andere Integrine, wie Beta-3-Integrin, ausweichen, wenn Beta-1-Integrin blockiert ist“, meint Cordes. „Tumorzellen scheinen da weniger flexibel zu sein, weshalb wir wohl nur in Krebszellen einen Effekt sehen.“ Die Nebenwirkungen einer Beta-1-Integrin-Therapie dürften sich also in Grenzen halten. Bei Experimenten an Mäusen mit Kopf-Hals-Tumoren scheint die Hemmung von Beta-1-Integrin mit anschließender Bestrahlung nicht nur den Krebs zu heilen, sondern darüber hinaus auch die Schleimhautentzündung zu verzögern, die sich normalerweise nach einer Strahlenbehandlung einstellt. „Wenn man sich aus dem Fenster lehnt, könnte man sogar sagen, die Therapie hat einen gewissen schützenden Effekt auf das normale Gewebe“, sagt Cordes.

Den Schritt in die Klinik wagen

Bis die ersten Tests am Menschen möglich sind, wird es aber noch ein paar Jahre dauern. Zurzeit entwickelt Cordes gemeinsam mit der Münchner Firma MAB Discovery Antikörper, die für den Einsatz gegen das menschliche Beta-1-Integrin geeignet sind. „Wenn wir drei passende Antikörper-Kandidaten haben, gehen wir in die Klinik“, sagt Cordes und hofft, dass das noch vor 2018 der Fall sein wird.

den Antikörper hängen. Das werden Kollegen im Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung des HZDR übernehmen. So wird die Strahlendosis direkt und nur zu den Krebszellen getragen, so dass eine Bestrahlung von außen durch gesundes Gewebe vermieden werden könnte.

Die ersten Tests der Beta-1-Integrin-Therapie an Krebspatienten könnten vielleicht schon bis 2020 stattfinden. Vorausgesetzt, eine Pharmafirma wird auf die Ergebnisse aufmerksam und übernimmt die Entwicklung bis zur Zulassung. „Unsere Untersuchungen zeigen, dass diese Therapie in vielen verschiedenen Tumortypen funktionieren könnte, und das dürfte für Pharmafirmen interessant sein“, sagt Cordes. Ein wenig klingt es wie die Hoffnung eines Nachwuchstalents auf ein Engagement am Broadway. —

PUBLIKATIONEN:

I. Eke u.a.: „Three-dimensional invasion of human glioblastoma cells remains unchanged by X-ray and carbon ion irradiation in vitro“, in International Journal of Radiation Oncology - Biology - Physics, Bd. 84, Nr. 4 (2012; DOI: 10.1016/j.ijrobp.2012.06.012)

A. Vehlowa, N. Cordes: „Invasion as target for therapy of glioblastoma multiforme“, in Biochimica et Biophysica Acta, Bd. 1836 (2013; DOI: 10.1016/j.bbcan.2013.07.001)

KONTAKT

„Nationales Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay / Institut für Radioonkologie am HZDR
Prof. Nils Cordes
nils.cordes@oncoray.de

// Wie sich ein von Autoimmunkrankheiten bekannter Mechanismus für die Antikörper-Therapie bei Krebs nutzen lässt.

UNIVERSELLE TUMOR-ANTIGENE ALS ZIEL GEGEN KREBS

_TEXT . Anja Weigl

Wenn es nach dem Dresdner Tumorimmunologen Michael Bachmann geht, könnte es in Zukunft erheblich einfacher werden, neue Krebsmedikamente in Form von Antikörpern zu finden und sie gleichzeitig gegen möglichst viele Arten von Tumoren einzusetzen. Dazu müsste man seine Methode beispielsweise mit Bestrahlung oder Chemotherapie kombinieren. Die Bestrahlungsdosis wäre dabei letztlich geringer als bei konventioneller Strahlentherapie, und damit auch die Nebenwirkungen der Strahlung auf gesunde Zellen. Denkt man zudem an die langjährige Erfahrung der Rossendorfer Radiochemiker auf dem Gebiet der Entwicklung radioaktiver Substanzen, so liegt die Kombination von Antikörper-Therapie und Bestrahlung von innen nahe. In Zukunft könnte es also durchaus strahlende Arzneimittel auf Antikörper-Basis geben, die direkt vor Ort im Körper des Patienten ihre strahlende Fracht freisetzen und damit den Krebs gleich doppelt in die Zange nehmen und zerstören.

In Dresden sollen nun ganz besondere Antikörper gegen Tumorzellen eingesetzt werden. Antikörper werden üblicherweise von unserem Abwehrsystem gebildet, um Krankheitserreger wie Viren und Bakterien – allgemein als Antigene bezeichnet – zu bekämpfen. Die Antikörper lagern sich an die Erreger an und verhindern so ihre Verbreitung. Beide, Antikörper und Antigene, müssen zusammenpassen wie ein

PLATTE MIT IMMUNZELLEN: Forscher im HZDR verfolgen das Ziel, radioaktiv markierte Antikörper für eine innere Bestrahlung gegen Krebserkrankungen einsetzen zu können.
Foto: Frank Bierstedt





PRÜFUNG: Wann und wie sich ein Kernprotein auch auf der Zelloberfläche nachweisen lässt, das interessiert die Doktorandin Stefanie Koristka.
Foto: Frank Bierstedt

Schlüssel zum Schloss. Auf ähnliche Weise können Antikörper auch Krebszellen zerstören, etwa indem sie deren Wachstum blockieren oder sie für das Immunsystem angreifbar machen. Das gelingt nur, wenn die Antikörper in der Lage sind, Ziele auf den Oberflächen der Tumorzellen zu erkennen, sogenannte Tumor-Antigene. Ohne diese Bindestellen finden die Antikörper die Tumorzellen nicht. Will man also ein Medikament gegen eine bestimmte Krebsart entwickeln, muss man die genau passende Binstelle auf der Oberfläche einer Tumorzelle identifizieren und dagegen Antikörper im Labor entwickeln. Dafür brauchen Forscher viel Zeit. Und viele, wenn nicht die meisten Tumore besitzen gar keine spezifischen Tumor-Antigene auf ihrer Oberfläche. Antikörper als Krebsmedikamente sind dort also wirkungslos. Der Tumorerkrankung Bachmann will das ändern.

Antigene aus toten Zellen

Michael Bachmann wurde im Jahr 2013 sowohl zum Professor für translationale Radiopharmakologie an der TU Dresden als auch zum Direktor am HZDR-Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung berufen; mit dem Chemiker Jörg Steinbach hat das Institut nun eine Doppelspitze. Bachmanns Postulat: Es gibt universelle Tumor-Antigene, also Molekülstrukturen, die man bei vielen unterschiedlichen Krebsarten als Bindestellen für Antikörper-Medikamente nutzen kann. Die Antikörper, die er gegen Krebszellen einsetzen will, entstehen ähnlich wie Antikörper, die unser eigenes Abwehrsystem gegen Krankheitserreger bildet. Sie treten aber nur im Zusammenhang mit Erkrankungen auf, bei denen sich das Immunsystem gegen den eigenen Körper richtet, sogenannten Autoimmunerkrankungen.

Der Gedanke, solche gegen den eigenen Körper gerichteten Antikörper für die Tumorthherapie zu nutzen, beschäftigt Bachmann schon sehr lange. Nach dem Studium der Pharmazie in Mainz wechselte er bald in den dortigen Fachbereich Medizin, wo er in physiologischer Chemie promovierte und 1989 auch seine Habilitation ablegte. Bachmann entdeckte damals einen Mechanismus bei Autoimmunerkrankungen, den er nun für die Therapie von Tumorerkrankungen nutzen will. „Viele der bei diesen Patienten auftretenden Auto-Antikörper, also gegen den eigenen Körper gerichteten Antikörper, sind gegen Antigene innerhalb der Zelle, meist sogar im Zellkern, gerichtet. Sie können deshalb für lebende Zellen nicht gefährlich werden, →

da sie weder an diese binden noch in diese hineingelangen können“, erklärt Bachmann. Seine Arbeitsgruppe fand aber heraus, dass Antigene aus abgestorbenen Zellen als Folge von Krankheitsschüben freigesetzt werden und dann an den Oberflächen benachbarter, lebender Zellen binden. Dadurch werden sie für die Auto-Antikörper zugänglich. In ähnlicher Weise kann man Antigene auch gegen lebende Tumorzellen einsetzen, ist Michael Bachmann überzeugt.

Weniger Strahlung und Nebenwirkungen

Zuerst müsse man einige Tumorzellen zerstören – zum Beispiel durch Bestrahlung oder Chemotherapie. Die Strahlendosis kann dabei niedrig sein, weil der Tumor zunächst nur teilweise vernichtet werden muss; entsprechend geringer sind dann auch die Nebenwirkungen der Strahlung. Die getöteten Zellen setzen daraufhin die Kernproteine frei, welche auf die Oberflächen noch intakter Krebszellen wandern. An diesen Bindestellen können dann die Antikörper-Medikamente andocken. „Wir schaffen uns die Tumor-Antigene also selbst“, meint Bachmann und bezeichnet diese Antigene deshalb als induzierbare Tumor-Antigene. „Das sollte bei allen soliden, also von Organen ausgehenden Tumoren funktionieren.“

Experimentell hat er dies bereits gezeigt. Seine Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit dem sogenannten La-Antigen; Antikörper dagegen findet man bei bestimmten systemischen Autoimmunerkrankungen, bei denen sich das Immunsystem gegen nahezu alle Organe richtet. Bachmann geht davon aus, dass sich auch andere Kernproteine als molekulare Angriffspunkte für Krebsmedikamente eignen. Allerdings sei die Bindungsfähigkeit dieser Antigene an den Zelloberflächen bisher unterschiedlich erforscht.

KUNTERBUNTE KERNE: Doktorandin Irene Michalk untersucht angefärbte Zellkerne mit einem Fluoreszenzmikroskop.
Foto: Frank Bierstedt



Immunzellen gegen Krebs aktivieren

Wie sollen nun die Tumorzellen umgebracht werden? Das Immunsystem spielt dabei eine wichtige Rolle. Bei vielen Krebsarten haben die Immunzellen diese Fähigkeit verloren. Die Krebszellen verändern ihre Oberflächenstrukturen so, dass sie dem Abwehrsystem vorspielen, alles sei normal. Doch nun sollen die Killerzellen des Immunsystems die Krebszellen wieder erkennen und angreifen. Die Wissenschaftler setzen dafür Antikörper ein, die gleich zwei Aufgaben haben: Sie finden nicht nur die Krebszellen, sondern sie aktivieren auch das Abwehrsystem. Bereits zwei solcher bispezifischer Antikörper konnten die Forscher herstellen; sie wirken aber nur gegen jeweils ein bestimmtes Tumor-Antigen. Ein bispezifischer Antikörper gegen ein aus toten Zellen freigesetztes, universelles Antigen, den man bei vielen verschiedenen Tumorzellen einsetzen könnte, ist das nächste Ziel. Bachmann geht davon aus, das Medikament „in den nächsten Jahren“ zum Patienten bringen zu können.

Bereits in der Vergangenheit entwickelte Bachmanns Gruppe Antikörper, die die Radiochemiker in Rossendorf anschließend radioaktiv markierten. Die Substanzen lassen sich prinzipiell für die Diagnose oder Therapie von Krebs verwenden. Deshalb setzt er heute auf zwei parallele Entwicklungen: Zum einen die Strategie, induzierbare Antigene als Zielstrukturen für die Tumorthherapie zu entwickeln, zum anderen steht aber auch ein radioaktiv markierter Antikörper gegen ein spezielles Tumor-Antigen, das PSCA-Antigen, auf der Forschungsagenda. Es findet sich auf der Oberfläche von Prostata-Krebszellen und lässt sich für die Diagnose dieser Krebsart nutzen. Markierte Antikörper könnten aber auch, neben äußerer Bestrahlung und Chemotherapie, zur inneren Bestrahlung eingesetzt werden und damit die Vorstufe für Bachmanns Ansatz der induzierbaren Antikörper-Therapie sein. —

PUBLIKATIONEN:

C. Arndt u. a.: „Costimulation improves the killing capability of T cells redirected to tumor cells expressing low levels of CD33: Description of a novel modular targeting system“, in *Leukemia* (2014; DOI: 10.1038/leu.2013.243)

C. Arndt u. a.: „Redirection of T cells with a first fully humanized bispecific CD33-CD3 antibody efficiently eliminates AML blasts without harming hematopoietic stem cells“, in *Leukemia* (2013; DOI: 10.1038/leu.2013.18)

M. Condomines, M. Cartellieri, M. Bachmann, M. Sadelain: „Combinatorial antigen-recognition with balanced signaling ensures selective tumor eradication by engineered T cells“, in *Nature Biotechnology* (2013; DOI:10.1038/nbt.2459)

KONTAKT

_Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung am HZDR
Prof. Michael Bachmann
m.bachmann@hzdr.de

// Fast hätte die Jahrhundertflut die Entwicklung von Ionenstrahlen für Werkstoff- und Krebsforschung in Dresden verhindert. Doch dann kam alles anders.



HOCH, HÖHER, AM HÖCHSTEN: Günter Zschornack an einer von ihm entwickelten Anlage für hochgeladene Ionen. Foto: DREEBIT

MIT IONEN SCHONEND GEGEN KREBS

_TEXT . Sascha Karberg

Als Günter Zschornack im Sommer 2002 sein Labor einen Meter fünfzig tief im Elbwasser versinken sah, war das wie für so viele Menschen der Region eine Katastrophe. „Das Wasser kam über das Fensterbrett hereingelaufen“, erinnert sich der Ionenstrahl-Physiker, dessen der Technischen Universität Dresden zugehöriger Institutsteil ganz nah an der Elbe in Pirna lag. Empfindliche und einzigartige Elektronik, über Jahre entwickelt und per Hand zusammenschraubt, versank in der brackigen Flut. „Alles Schrott.“ Damals konnte der leidenschaftliche Forscher nicht ahnen, dass die Flut und der Zwang zum Neuanfang vielleicht das Beste war, was ihm passieren konnte. Denn heute ist Zschornack nicht mehr allein Forscher, sondern Teilhaber und einer der Geschäftsführer seiner eigenen Firma, der Dreebit GmbH, die erfolgreich Ionenquellen an Forschungsinstitute und Klinikausrüster in aller Welt verkauft. Zschornacks Maschinen unterstützen dort nicht nur Material-, Kern-, Ionen- und astrophysikalische Forschung, sondern

haben auch das Potential für eine präzisere und schonendere Bestrahlung von Tumoren.

Der Funke, der Zschornack für das Erforschen und Nutzen hochgeladener Ionen entzündete, sprang 1977 in Dubna bei Moskau über, am Vereinigten Institut für Kernforschung, wohin die jahrgangsbesten Absolventen des Physikstudiums an der TU Dresden zu arbeiten eingeladen wurden. „Da hat es sich so ergeben, dass ich mit hochgeladenen Ionen zu tun hatte“, sagt Zschornack. „Und das hat sich dann mein ganzes Leben fortgesetzt.“ Nicht einmal die Jahrhundertflut konnte die Flamme der Begeisterung löschen. Als ihm das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf Asyl für sein Labor und Team anbot, zögerte der Forscher nicht lang und zog im Sommer 2004 um.

So wurde aus der Katastrophe ein Glücksfall – auch für die Rosendorfer Forscher. Denn Zschornack brachte sein Wissen ein, →

um die sogenannte Zweiquellen-Anlage am HZDR aufzubauen, bestehend aus einer Elektron-Zyklotron-Resonanz-Ionenquelle und der Elektronenstrahl-Ionenquelle EBIT (Electron Beam Ion Trap). „Beide Quellen erzeugen hochgeladene Ionen und werden für die Materialforschung eingesetzt“, sagt Zschornack.

Vom Forscher zum Unternehmer

2006 dann entschloss sich Zschornack, damals immerhin schon 56, sein Ionen-Wissen nicht nur als Forscher, sondern auch als Unternehmer zu nutzen. Mit seinem Partner Frank Großmann gründete er die Dreebit, eine der wenigen Firmen weltweit, die kommerziell Ionenquellen, kleine Beschleuniger, Ionenstrahl-Anlagen und Komponenten für die Ionenoptik oder Ionenstrahl-Diagnostik baut. Inzwischen liefert die Firma an Forschungsinstitute weltweit, darunter das Weizmann-Institut in Israel, das Schweizer Paul-Scherrer-Institut und demnächst sogar das National Astronomical Observatory in Peking. Ohne die Flut wäre das wohl nicht möglich gewesen, denn das Helmholtz-Zentrum unterstützte die Firmengründung nicht nur, indem es auf dem Rossendorfer Gelände Räumlichkeiten zur Verfügung stellte. Auch der Erfahrungsschatz von →

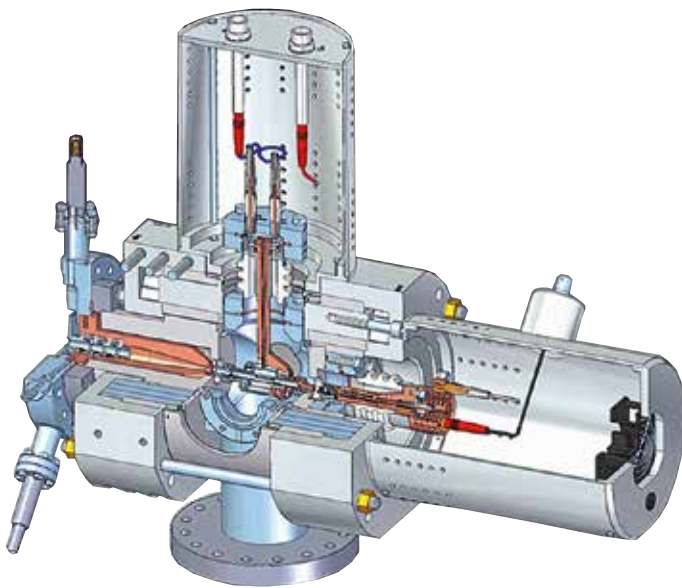


Einmal pusten, bitte!

Ein neues Produkt im Portfolio von Dreebit werden Geräte sein, mit denen sich der Atem eines Patienten analysieren lässt. „Der Patient pustet in ein Röhrchen und aus der Atemgasanalyse lassen sich dann erste Rückschlüsse ziehen auf eine Krebserkrankung oder auch auf Stoffwechselstörungen“, sagt Zschornack. Atemluft besteht aus unterschiedlichen Molekülen wie Sauerstoff, Kohlendioxid, Stickstoff, aber auch charakteristischen organischen Verbindungen. Um die Moleküle nachweisen zu können, müssen sie ionisiert werden, es müssen ihnen also Elektronen entzogen werden. „Das Ionisieren ist nötig, weil ein neutral geladenes Teilchen nicht durch elektromagnetische Felder beeinflusst und gemessen werden kann“, erklärt der Forscher. Um die Elektronen entfernen zu können, muss Energie zugeführt werden. „Die große Kunst beim Ionisieren ist, komplexe Moleküle dabei nicht zu zerbrechen.“ Nach dem gleichen Prinzip lassen sich auch andere Gasgemische analysieren, zum Beispiel das Biogas, das in Bioreaktoren entsteht und eine Aussage über den Fermentationsprozess erlaubt. Oder in der Lebensmittel-Qualitätssicherung: „Ein verdorbener Käse riecht ganz anders als ein frischer und das lässt sich eben auch messen.“ Bislang werden für derartige Zwecke meist Gas-Chromatographen eingesetzt, die mit teuren Trägergasen arbeiten und deren Messungen zeitintensiv sind. „Unsere Technik braucht etwa eine Minute und wird deutlich weniger kosten.“



SUPRALEITEND: Die für die medizinische Teilchentherapie einsetzbare Ionenquelle der Firma DREEBIT mit dem Namen Dresden EBIS-SC basiert auf modernster supraleitender Technologie. Bild: DREEBIT



AUFGESCHNITTEN: Im Schnitt durch die Ionenquelle Dresden EBIS sind Magnetstrukturen (hellblau), Hochspannungselemente (rot) und spezielle Strukturen für die Führung des Ionenstrahls (hellbraun) zu erkennen.
Bild: DREEBIT

Zschornacks neu gewonnenen Kollegen floss in die Forschung und Entwicklung der Dreebit'schen Ionenquellen ein. „Das war eine Riesenhilfe“, bedankt sich Zschornack. Mittlerweile hat das Unternehmen 38 Mitarbeiter, macht fünf Millionen Euro Umsatz und steht auf eigenen Füßen – am neuen Standort in Großröhrsdorf zwischen Dresden und Bautzen. Natürlich haben auch die Rossendorfer Forscher schon eine Ionenquelle von Dreebit gekauft, zum Freundschaftspreis, versteht sich. „Die ist in der Lage, hochgeladene Ionen zu erzeugen, die man sonst nur im Fusionsplasma, in der Korona der Sonne oder am Rand von schwarzen Löchern findet.“ Die Helmholtz-Forscher wollen mit Hilfe dieser Ionen Materialien im Nanobereich bearbeiten, also millionstel Millimeter feine Strukturen erzeugen.

Am unmittelbarsten dürften Krebspatienten von Zschornacks Ionentechnologie profitieren. „Hochgeladene Ionen sind so etwas wie Energiespeicher“, sagt der Forscher. Denn wenn ein Atom oder Molekül ionisiert wird, dann bleibt die dafür nötige Energie im System, das heißt im Ion gespeichert. Hunderte von Kiloelektronenvolt können so in einem Ion deponiert werden. „Wenn dieses Ion dann auf eine Festkörper-Oberfläche trifft, wird diese Energie in wenigen Femtosekunden (eine Femtosekunde ist ein Millionstel einer Milliardstel Sekunde) umgesetzt“, sagt Zschornack. „Und zwar gewaltig viel Energie.“ Lenkt man die hochgeladenen Ionen in Form eines Ionenstrahls auf eine Oberfläche, können so Hügel oder Krater mit besonderen physikalischen oder chemischen Eigenschaften erzeugt werden.

Skalpell statt Flammenwerfer

In der Krebstherapie lassen sich mit Ionenstrahlen gezielt irreparable Schäden im Erbgut von Krebszellen verursachen, die daraufhin absterben. Das schafft zwar auch die herkömmliche Strahlentherapie mit sogenannten Photonen, doch zum einen nicht so effektiv und zum anderen mit Folgen auch für das normale Gewebe. „Auf dem Weg zum Tumor schädigen Photonenstrahlen gesunde Zellen, insbesondere wenn der Tumor nicht direkt unter der Haut, sondern tiefer liegt“, erklärt Zschornack. Ionen hingegen geben ihre Energie erst dort ab, wo sie gestoppt werden. „Wenn man den Ionenstrahl also so einstellt, dass die Ionen genau im Tumor gestoppt werden, dann wird nicht nur das gesunde Gewebe geschont, sondern die Ionen zerstören das Erbgut der Krebszellen viel effektiver als es herkömmliche Photonenstrahlung könnte.“

Die modernste Form der Ionentherapie ist die Bestrahlung mit Kohlenstoff-Ionen. „Unsere Quellen sind in der Lage, Strahlen sehr guter Qualität für hochgeladene Kohlenstoff-Ionen zu erzeugen“, sagt Zschornack über die Ionenquellen, die Dreebit herstellt. Eine der Quellen wird derzeit am Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) getestet. Sie speist die Ionen in ein Test-Strahlrohr für das dortige Synchrotron ein, ein Ring, in dem die Ionen mit Hilfe von Magnetfeldern in eine Kreisbahn gezwungen und beschleunigt werden. Die sächsischen Ionenquellen zeichnen sich dadurch aus, dass die Ionenstrahlen fast parallel zueinander aus der Quelle kommen. Das ist wichtig, weil von einem breit gefächerten Strahl nur ein Bruchteil der Ionen in die feine Öffnung des Synchrotrons gelangen würde. „Das heißt, dass man viel mehr Ionen in das Synchrotron einspeisen kann“, sagt Zschornack. Die ersten Patienten könnten vielleicht schon in wenigen Jahren mit Ionen aus Zschornacks Quellen behandelt werden.

„Kohlenstoff-Ionen sind geladene Teilchen und können durch elektrische und magnetische Felder genau fokussiert werden“, sagt Zschornack. So kann der Ionenstrahl das Tumorgewebe auf den Millimeter genau treffen. „Die Mediziner sagen immer, im Vergleich zur Ionentherapie, mit der man wie mit einem Präzisionskalpell arbeiten kann, ist die herkömmliche Bestrahlung wie ein Flammenwerfer.“ —

KONTAKT

_DREEBIT GmbH /
Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung am HZDR
PD Dr. Günter Zschornack
guenter.zschornack@dreebit.com

↗ www.dreebit.com

// Mit einem Ionen-Mikroskop einer neuen Geräteklasse – weltweit existieren bislang kaum zehn vergleichbare Anlagen – können HZDR-Forscher sowie ihre Kollegen im Nanoanalytik-Zentrum an der TU Dresden ab sofort noch tiefer in bislang unbekannte Nano-Welten vordringen.

BLICK IN DIE TIEFE MIT SCHARFEN DETAILS

_TEXT . Christine Bohnet

Das Mikroskopsystem „ORION NanoFab“, das auf einem fein gebündelten Strahl elektrisch geladener Atome basiert, kommt gleich mit mehreren Vorteilen daher. Da die Ionen an einem unvorstellbar kleinen Quellpunkt entstehen – sie bilden sich an gerade einmal drei Atomen einer Wolframspitze und werden von dort beschleunigt –, ist der Durchmesser des Strahls kleiner als ein Nanometer (ein Nanometer ist

der millionste Teil eines Millimeters). Zugleich weitet er sich auf seinem Weg zur Materialprobe kaum auf, das heißt, die Strahldivergenz ist sehr gering. Und genau diese besonderen Eigenschaften sind dafür verantwortlich, dass zum einen eine hervorragende Auflösung im Nanometer-Bereich und zum anderen eine einmalige Tiefenschärfe von bis zu einigen Mikrometern (tausendstel Millimeter) erreicht werden.

3D-BILDER AUS DER NANOWELT: Technikerin Annette Kunz bei Arbeiten am neuen Helium/Neon-Ionenmikroskop im HZDR. Foto: Oliver Killig

Das Mikroskop kann wahlweise mit den Edelgas-Ionen Helium oder Neon betrieben werden. Während Helium die bestmögliche laterale Auflösung erzielt, eignet sich das schwerere, chemisch neutrale Neon besonders dazu, winzige Strukturen zu schreiben oder in ihren Eigenschaften zu verändern. Der Leiter des Ionenstrahlzentrums am HZDR, Johannes von Borany, schwärmt: „Damit garantiert das Ionen-Mikroskop einerseits eine neue Qualität der Abbildung und eröffnet andererseits Möglichkeiten einer ‚echten‘ Nanostrukturierung für einzigartige Experimente mit kleinsten Bauteilen.“

Die Funktionsweise des Ionen-Mikroskops ähnelt der eines Rasterelektronen-Mikroskops (REM). Die Ionen werden ebenso über die zu untersuchende Materialoberfläche gerastert wie beim REM die Elektronen. Ein großer Vorteil der positiv geladenen Ionen liegt allerdings darin, dass sich unerwünschte Aufladungseffekte bei der Untersuchung isolierender Materialien durch eine „Elektronendusche“ leicht unterdrücken lassen. Deshalb sind Ionen die Teilchensorte der Wahl, um beispielsweise poröse keramische Materialien zu untersuchen, die als zukunftssträchtige Speicher für Wasserstoff oder Methan gehandelt werden. Dies gilt auch für Biomaterialien, wie das Titelbild der aktuellen „entdeckt“-Ausgabe beweist.

Das Helium/Neon-Ionenmikroskop im HZDR ist eine Entwicklung des Unternehmensbereichs Mikroskopie von ZEISS und wurde durch ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Industrie finanziertes Projekt im Rahmen der Helmholtz-Plattform für die Charakterisierung von Materialien für Energiesysteme der Zukunft angeschafft. „Gemeinsam mit ZEISS wollen wir die Technologie weiterentwickeln“, freut sich von Borany auf die Arbeit mit dem neuen Gerät. —

KONTAKT

_Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung am HZDR
Dr. Johannes von Borany
j.v.borany@hzdr.de



// Am HZDR arbeitet ein Forscherteam an Korrekturverfahren zur Verbesserung der Positronen-Emissions-Tomographie (PET).



WERTVOLLE KOMBINATION: Fast zeitgleich kann das Ganzkörpergerät im HZDR den Stoffwechsel von Krebsgeschwulsten mit Hilfe der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) und deren anatomische Lage sowie weitere Parameter mit der Magnetresonanztomographie (MRT) bildlich darstellen. Foto: Frank Bierstedt

BESSERE BILDER FÜR DIE MEDIZINISCHE DIAGNOSTIK

_TEXT . Uta Bilow

Ob Röntgen, Ultraschall oder Magnetresonanztomographie (MRT) – der Blick in den Körper ist medizinische Routine. Die Aufnahmen helfen dabei, Diagnosen abzusichern und den Verlauf von Erkrankung und Therapie zu verfolgen. Einen wichtigen Fortschritt stellen Verfahren dar, die mehrere bildgebende Methoden kombinieren. Die neueste Entwicklung auf diesem Sektor sind PET-MRT-Geräte. Am HZDR ist bereits seit 2010 ein solches Ganzkörper-PET-MRT-Gerät installiert. Es erlaubt sehr detaillierte Einblicke ins Körperinnere: Während die PET-Einheit funktionelle Informationen liefert, etwa über den Stoffwechsel, fertigt das MRT-System Aufnahmen von den anatomischen Gegebenheiten. Eine PET-MRT-Untersuchung erzeugt somit Bilder, in denen die komplementäre Information beider Untersuchungsmethoden kombiniert vorliegt, was wesentlich beispielsweise für die Diagnostik von Tumoren ist.

Allerdings bringt die Kombination von so unterschiedlichen Verfahren wie PET und MRT auch neue Herausforderungen mit sich. Eine wesentliche ist dabei die so genannte Schwächungs-

korrektur. „Ohne Schwächungskorrektur sind die Informationen über die Stoffwechselvorgänge verfälscht“, erklärt der HZDR-Forscher Jens Maus. Das am HZDR installierte Gerät besitzt eine Software, die diese Korrektur übernimmt. Die Ergebnisse sind allerdings nicht immer zufriedenstellend. Deshalb arbeiten die Wissenschaftler in Kooperation mit dem Gerätehersteller Philips daran, ein verbessertes Verfahren für die Schwächungskorrektur für PET-MRT-Aufnahmen zu entwickeln.

Bei einer PET-Aufnahme wird dem Patienten eine radioaktiv markierte Substanz injiziert. Die Moleküle dieses Radiotracers nehmen am Stoffwechsel im Körper teil, zerfallen nach einiger Zeit und senden dabei Strahlung aus. Es entsteht ein Paar von Photonen (Lichtteilchen), die in entgegengesetzte Richtungen davonfliegen. Detektoren, die ringförmig den Körper des Patienten umfassen, registrieren die Photonen; ein Computer setzt schließlich die Signale zu einem dreidimensionalen Bild zusammen. Weil Krebszellen im Vergleich zu gesunden Zellen einen erhöhten Stoffwechsel aufweisen, reichern sich →

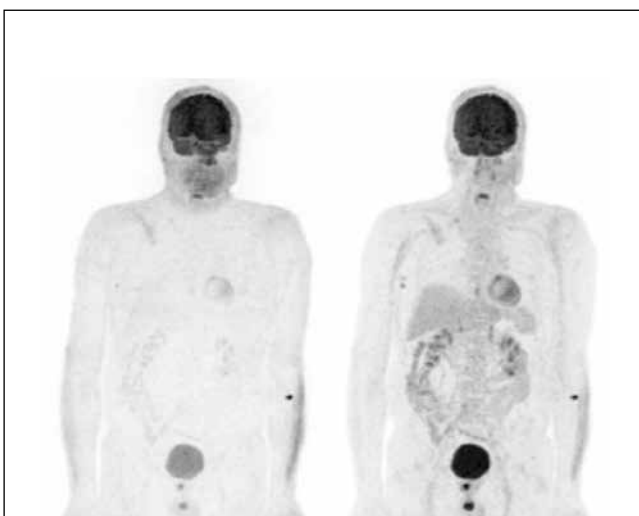
bestimmte Tracer in ihnen an. Eine PET-Aufnahme kann diese erhöhten Anreicherungen - und damit Tumore oder Metastasen - sichtbar machen.

Der Weg der Photonen

„Auf ihrem Weg vom Emissionsort zum Detektor passieren die Photonen Gewebe, mit dem sie wechselwirken. Dadurch wird ein Teil von ihnen gestreut oder absorbiert“, erklärt Georg Schramm, der als Doktorand an dem Forschungsprojekt beteiligt ist. „Abhängig vom Weg der Photonen fällt diese Schwächung sehr unterschiedlich aus.“ Denn der Anteil, der abgeschwächt wird, hängt von der Art und Menge des Gewebes zwischen Emissionsort und Detektor ab. So werden beispielsweise bei einer Hirnaufnahme rund 75 Prozent der Photonenpaare und bei einer Aufnahme des Körperstamms bis zu 95 Prozent der Photonenpaare vor der Detektion gestreut oder absorbiert. Erst wenn man die Schwächungskorrektur anwendet, erhält man zutreffende Bilder. Aus diesen Aufnahmen kann der Arzt ablesen, wo sich der Radiotracer im Körper angereichert hat und vor allem wie stark.

Bei gewöhnlichen PET-Geräten gibt es einen einfachen und bewährten Weg, um die Schwächungskorrektur zu ermitteln. Eine zusätzliche Strahlenquelle (Radionuklid oder Röntgenröhre) rotiert um den Körper. So wird direkt das Abschwächungsverhalten des Patientenkörpers gemessen und für die Schwächungskorrektur herangezogen. Bei einem kombinierten PET-MRT-Gerät ist dies jedoch nicht möglich – die empfindliche Anlage würde durch die rotierende Einheit gestört.

Deshalb nutzt man einen Kunstgriff. „Aus dem MRT-Bild wird mit Algorithmen abgeleitet, wie groß die Dichte und somit die Photonenabschwächung des Körpers an verschiedenen



Projektion der Maximumintensitäten einer PET-Untersuchung mit dem häufig verwendeten $[^{18}\text{F}]\text{FDG}$, rekonstruiert ohne (links) und mit Schwächungskorrektur (rechts). Die Aktivitätskonzentration in tief liegenden Strukturen (Leber, Niere) wird im Bild ohne Schwächungskorrektur deutlich unterschätzt.

Stellen ist“, erläutert Jens Maus. Diese indirekte Methode ist jedoch keineswegs trivial, da die Bildintensität in MRT-Aufnahmen nicht direkt im Verhältnis zur Gewebedichte steht, welche für das Schwächungsverhalten maßgebend ist. Deshalb wird in der MRT-basierten Schwächungskorrektur ein anatomisches MRT-Bild in Luft, Lungen- und Weichteilgewebe segmentiert. Jede Gewebeklasse bekommt einen bestimmten Schwächungswert zugeordnet, der in der Schwächungskorrektur der PET-Aufnahme angewendet wird.

Chirurgische Schrauben und Drähte verfälschen die Bilder

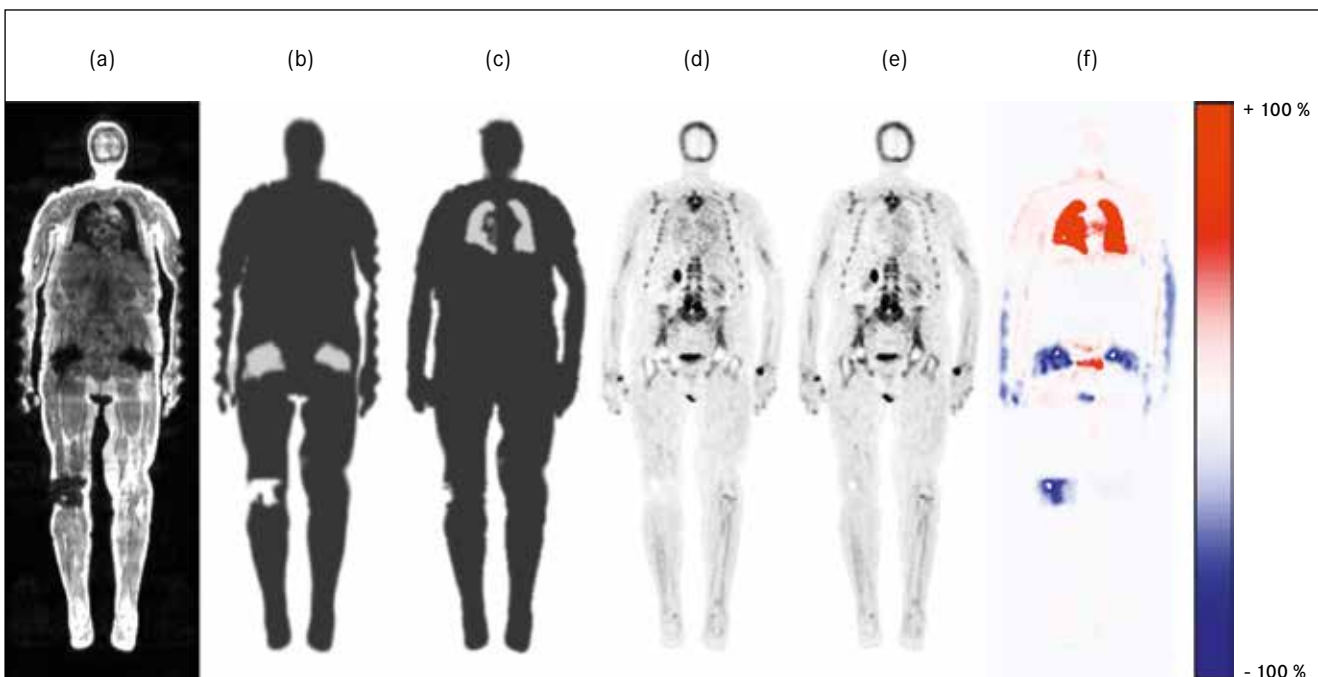
Für die meisten Patienten liefert dieses Verfahren ganz gute Werte, wie die HZDR-Forscher herausgefunden haben. In einer Untersuchung, die sie gemeinsam mit der Uniklinik Dresden durchführten, wurden Patienten mit zwei verschiedenen PET-Geräten untersucht. Zunächst erstellten die Wissenschaftler Aufnahmen mit einem gewöhnlichen PET-Gerät, das die Schwächungskorrektur mithilfe einer rotierenden externen Quelle berechnet. Danach kam das kombinierte PET-MRT-Gerät zum Einsatz, das die Korrektur aus den MRT-Aufnahmen ableitet. Beim Vergleich der verschiedenen Bilder zeigte sich, dass die Abweichungen bei den meisten Patienten sehr klein sind. „Bei 90 Prozent unserer Patienten hat diese MRT-basierte Schwächungskorrektur gut funktioniert“, berichtet Jens Maus. Bei jedem Zehnten allerdings gab es Probleme und Abweichungen von bis zu 50 Prozent in der rekonstruierten Tracer-Verteilung. „Wenn im MRT-Bild irgendwelche Fehler auftauchen, kann die Software diese Fehler nicht eliminieren, sondern sie werden immer in die Schwächungsinformation übersetzt“, so der Informatiker Jens Maus. Die möglichen Fehlerquellen sind vielfältig: Künstliche Hüftgelenke zählen dazu oder chirurgische Schrauben und Drähte im Körper.

Deshalb arbeiten die HZDR-Forscher an einer verbesserten, segmentierten Schwächungskorrektur auf MRT-Basis, wie Georg Schramm beschreibt: „Dabei fließen nicht nur Informationen aus dem MRT-Bild, sondern auch aus dem PET-Bild in die Gewebeklassifizierung ein. Die Gewebearten werden dann besser erkannt, und Artefakte lassen sich kompensieren. Wir erhalten damit ein verbessertes Schwächungsbild.“ Ihren neuen Algorithmus haben die Forscher bereits an Patienten mit Endoprothesen untersucht. Auf einem MRT-Bild sind künstliche Knie- oder Hüftgelenke wie ein blinder Fleck. Die Bereiche geben keine Signale ab, und führen so zu falschen Werten bei der Abschwächungskorrektur. Die kombinierte PET-MRT-Ganzkörper-Aufnahme liefert daher keine verlässlichen quantitativen Werte in diesen Regionen. Die falsche Schwächungsinformation im Bereich von Hüft- und Knie-Endoprothesen ergibt eine deutliche Unterschätzung der Tracer-Anreicherung in diesen Bereichen. „Die Aufnahmen, die wir mit unserem Algorithmus und der verbesserten Segmentierung erhalten, können diese Artefakte kompensieren“, so Georg Schramm. „Die Bilder liegen näher an der Wahrheit!“

Die Forschungsergebnisse aus dem HZDR kommen bereits einzelnen Patienten zugute. „Die Ärzte informieren uns über Patientenaufnahmen, bei denen es offensichtlich Schwierigkeiten mit der Schwächungskorrektur gibt. Wir erstellen dann



Direkt gemessenes Schwächungsbild eines PET-Geräts (links), MR-basiertes Schwächungsbild des am HZDR vorhandenen PET/MRT-Kombinationsgeräts (Mitte) und relative Differenz der PET-Bilder, rekonstruiert mit den beiden Schwächungsbildern. Eine inkorrekte Segmentierung der Lunge im MRT-basierten Schwächungsbild führt zu einer deutlichen Unterschätzung der Aktivitätskonzentration am unteren Ende der Lunge.



(a) MRT-Bild als Ausgangspunkt für segmentiertes Schwächungsbild des Herstellers (b). (c) Schwächungsbild nach verbesserter Segmentierung. (d),(e) PET-Bilder, rekonstruiert mit Schwächungsbildern (b),(c). (f) relative Differenz zwischen (d) und (e). Metall-Endoprothesen in Hüfte und Knie führen zu Signalauslöschungen im MRT-Bild, was in falschen Schwächungswerten in Lunge, Hüfte und Knie in (b) resultiert. Mit der entwickelten verbesserten Segmentierung (c) können diese Artefakte kompensiert werden. Die inkorrekten Schwächungswerte in (b) führen zu einer deutlichen Überschätzung der Aktivitätskonzentration in der Lunge und zu einer Unterschätzung der Aktivitätskonzentration in Hüfte und Knie.

zusätzliche Aufnahmen mit unserer verbesserten Schwächungskorrektur, die die Mediziner bei der Diagnose unterstützen“, sagt Jens Maus. Zusätzlich gibt es alle zwei Wochen eine Telefonkonferenz mit dem Gerätehersteller Philips, mit dem man im engen Austausch steht. „Wir arbeiten daran, unsere Methode zeitnah in die klinische Routine zu überführen.“

PUBLIKATIONEN:

G. Schramm u. a.: „Quantitative accuracy of attenuation correction in the Philips Ingenuity TF whole-body PET/MR system. A direct comparison with transmission-based attenuation correction“ (2013; DOI: 10.1007/s10334-012-0328-5)

G. Schramm u. a.: „Influence and compensation of truncation artifacts in MR-based attenuation correction in PET/MR“ (2013; DOI: 10.1109/TMI.2013.2272660)

G. Schramm u. a.: „Evaluation and automatic correction of metal-implant-induced artifacts in MR-based attenuation correction in whole-body PET/MR imaging“ (2014; DOI: 10.1088/0031-9155/59/11/2713) →

KONTAKT

— Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung am HZDR
Prof. Jörg van den Hoff
j.van_den_hoff@hzdr.de

Dr. Jens Maus
j.maus@hzdr.de

// Bakterien wachsen in Bergbau und Endlager.

LEBEN IN DER URANMINE

_TEXT . Roland Knauer

Wenn Stalaktiten von der Decke einer Höhle hängen, sollte das einer Geochemikerin wie Evelyn Krawczyk-Bärsch vom Institut für Ressourcenökologie des HZDR eigentlich keinen Schauer über den Rücken jagen. Auch nicht an einem Ort wie der Mine Königstein in der Sächsischen Schweiz, in der bis 1990 mit Hilfe von Schwefelsäure Uran aus dem Berg gelöst wurde. Allerdings bestehen diese Stalaktiten nicht wie in anderen Höhlen aus Kalkstein, sondern aus lebenden Zellen: Hängen aber bis zu 45 Zentimeter lange Filme aus Bakterien von der Decke, kommen sich wohl die allermeisten Menschen wie in einem Grusel-Film vor – Schauern inbegriffen. Für Evelyn Krawczyk-Bärsch gehört das inzwischen zum Beruf, schließlich erforscht sie solche Mikroorganismen.

HINTERLASSENSCHAFTEN: In der ehemaligen Uranerzmine im sächsischen Königstein haben sich beeindruckende Biofilme gebildet.

Uranbergbau mit Schwefelsäure

Die Vorgeschichte ihrer Untersuchungen begann genau genommen 1963. Damals wurde in der Nähe der Festung Königstein eine Uran-Lagerstätte entdeckt: 30.000 Tonnen dieses damals für Kernkraftwerke und Atombomben benötigten Elements steckten dort im Sandstein der Sächsischen Schweiz. Ab 1967 wurde das radioaktive Schwermetall dann abgebaut. Rasch war klar, dass sich herkömmliche Bergbaumethoden wegen des sehr geringen Urangehalts im Sandstein schlecht eigneten.

Bereits am Anfang der 1970er Jahre begannen Untersuchungen, ob sich das Uran nicht mit chemischen Verfahren besser aus dem Gestein lösen lässt. 1984 wurde der Abbau in Königstein komplett umgestellt. Durch Bohrlöcher wurde verdünnte Schwefelsäure in den Sandstein gepresst oder in dort gesprengte Kammern gefüllt. Später wurde die Flüssigkeit zusammen mit den aus dem Gestein gelaugten Uranverbindungen an die Erdoberfläche gepumpt. Dort wurde das Uran



→

dann in einer Aufbereitungsanlage aus der Lösung gewonnen. Ungewöhnlich ist diese Methode nicht, sie wurde auch in vielen anderen Ländern wie den USA, Australien, China und Russland eingesetzt.

Kontrolliertes Fluten

In Königstein kamen bis 1990 über fünfzig Millionen Tonnen Gestein mit dieser Wasser-Schwefelsäure-Mischung in Berührung. Ein Teil der verdünnten Säure blieb dabei in den Poren und löste weiter Uran und andere Schwermetalle heraus.

Als das Bergwerk 1990 nach der Wende geschlossen wurde, konnten die Betreiber daher die Pumpen nicht einfach abstellen: Laufen die Stollen unkontrolliert voll Wasser, könnten die Uran- und Schwermetallverbindungen aus dem Sandstein ins Grundwasser oder in Bäche, Flüsse und Seen an der Oberfläche gelangen.

2001 begann die für das Stilllegen der Urananlagen in der ehemaligen DDR zuständige, bundeseigene Wismut GmbH daher damit, die Stollen kontrolliert und langsam mit Wasser zu fluten. Zusammen mit der aus dem Gestein sickernden Flüssigkeit wird dieses Wasser von der tiefsten Stelle des Bergwerks an die Oberfläche gepumpt. Dort trennt eine Aufbereitungsanlage das reichlich gelöste Uran ab, bevor das gereinigte Wasser in die Elbe geleitet wird.

„Gruselkabinett“ unter Tage

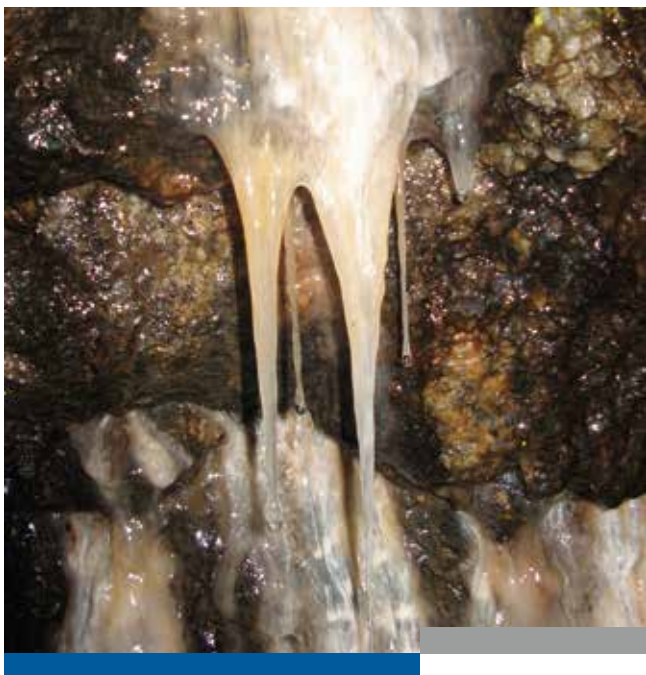
Im Jahr 2008 steigen dann Evelyn Krawczyk-Bärsch, ihr HZDR-Kollege Thuro Arnold und weitere Wissenschaftler, geführt von Wismut-Mitarbeitern, in das Uranbergwerk Königstein, um das Flutungswasser zu untersuchen. Wieviel Schwermetalle sind dort gelöst? Wie viele Mikroorganismen leben darin? Die zweite Frage klingt auf den ersten Blick reichlich über-

flüssig: Uranlösungen wie das ziemlich saure Flutungswasser in Königstein sind schließlich extrem giftig, in dieser Brühe sollte eigentlich kein Organismus lange überdauern. Und doch berichteten andere Forscher bereits seit den 1970er Jahren, nicht nur Mikroorganismen in solchem sauren und giftigen Bergwerkswasser gefunden, sondern sogar einen wimmelnden Mikrokosmos entdeckt zu haben. Ein dichter Film aus einer Reihe unterschiedlicher Mikroorganismen kann im Wasser schwimmen, manchmal hängen auch Gebilde von der Höhlendecke, die Stalaktiten ähneln, aber ebenfalls ein Biofilm sind.

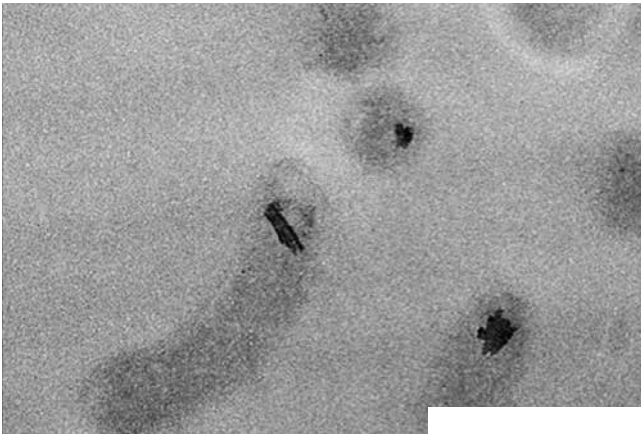
„Als wir neben den Flutungskanälen durch die Stollen liefen, schwammen im Wasser tatsächlich solche Biofilme, 20 bis 30 Zentimeter dick war dieser Schleim“, erinnert sich Evelyn Krawczyk-Bärsch. Von der Decke hingen Stalaktiten, von deren Spitzen Wassertropfen auf den Boden plätscherten. Nur ähnelten diese Gebilde nicht etwa Stein, sondern eher Schleim. Tatsächlich werden sie im wissenschaftlichen Englisch „Snottites“ genannt, „snot“ wiederum bedeutet „Nasenschleim“ oder im Volksmund eben Schnodder, Rotz und einiges mehr. Kein Wunder, wenn sich die Forscher an ein Gruselkabinett erinnert fühlen, wenn solcher Schnodderschleim aus Bakterien von der Decke hängt.

„Eisefresser“ breiten sich aus

Evelyn Krawczyk-Bärsch und ihre Kollegen setzen das gesamte Spektrum der HZDR-Analyse-Möglichkeiten ein, um dieses „Gruselkabinett“ wissenschaftlich zu beschreiben. Wie erwartet ist das Wasser sehr sauer und enthält jede Menge Schwermetalle, vor allem Eisen und natürlich Uran. In den Biofilmen fand HZDR-Forscherin Isabel Zirstein etliche verschiedene Mikroorganismen, Bakterien, Algen, Amöben und sogar Hefen und Pilze. Besonders häufig sind *Ferrovum myxofaciens*-Bakterien, die gern in saurem Wasser vorkommen. Während Menschen und Tiere Kohlenstoffverbindungen mit Sauerstoff verbrennen und die dabei freigesetzte Energie für Lebensprozesse nutzen, setzen diese Mikroorganismen Eisen mit Sauerstoff um. Beides gibt es reichlich, das Bergwerk wurde ja bis zur Flutung gut belüftet und so mit Sauerstoff versorgt. Unter solchen Bedingungen wachsen diese „Eisefresser“ üppig. Mit der Zeit sammeln sich so in den Stalaktiten mehr und mehr Eisenverbindungen an. Sie färben den von der Decke hängenden Schleim, während er langsam fester wird, in einem kräftigen orange-braunen Farbton. →



BAKTERIEN IM ENDLAGER: Biofilme im zukünftigen Endlager für hochradioaktiven Abfall in Finnland.



GEFANGEN: Die Aufnahmen mit dem Transmissions-Elektronenmikroskop zeigen Uran-Phosphat-Kristalle in Bakterienzellen.

Dort wachsen also Organismen, die an extreme Lebensumstände angepasst sind. Damit sind vor allem das stark saure Wasser und der hohe Salzgehalt darin gemeint, die Radioaktivität spielt nur eine untergeordnete Rolle. Erheblich größere Probleme sollten die Mikroorganismen daher mit der starken Giftwirkung der im Wasser vorkommenden Uran- und Arsenverbindungen haben. Allerdings finden die Forscher diese giftigen Uransubstanzen nur im Wasser und nicht in den

IN DER MINE: Bestimmung von Sauerstoffkonzentration, pH-Wert und Redoxpotential im Biofilm mit Hilfe von Mikrosensoren.



Biofilmen. Schauen sich die Wissenschaftler einzelne Zellen an, entdecken sie in den Membranen toter Bakterien zwar durchaus Uran, nicht aber in lebenden Mikroorganismen. „Offensichtlich haben lebende Bakterien also einen Sperrmechanismus, der Uran ausfiltert“, erklärt Evelyn Krawczyk-Bärsch diese Beobachtung.

Mikroorganismen im Gneis

Ganz ähnliche Biofilme wie im gefluteten Erzbergwerk Königstein sah die Geochemikerin auch 70 Meter unter der Erdoberfläche im Onkalo-Tunnel, der 300 Kilometer nordwestlich der finnischen Hauptstadt Helsinki liegt. Ab 2022 sollen dort im harten Gneis-Gestein die Uran-Brennstäbe finnischer Kernkraftwerke ihr Endlager finden. In diesem Fels gibt es ebenfalls jede Menge Spalten und Risse, durch die Wasser sickert, das wiederum die Lebensgrundlage für Mikroorganismen bietet. Genau an diesen Rissen wachsen die Biofilme, die hier allerdings mit allenfalls einem Zentimeter viel dünner als die Matten im Königstein-Bergwerk sind. Und wieder findet die HZDR-Forscherin einen ganzen Mikrokosmos winziger Organismen – im Endlager kann also eine vielfältige Mikrowelt wachsen. Zurück in Dresden hat Evelyn Krawczyk-Bärsch in Proben dieser Biofilme einen interessanten Schutzmechanismus entdeckt: Die Mikroorganismen wandeln die giftigen Uranverbindungen in Uran-Phosphat-Kristalle um. Diese Feststoffe sind aber nicht mehr giftig, ihre Strahlung ist relativ gering und sie werden den winzigen Bakterien nicht mehr gefährlich.

Damit ist klar, dass solche Biofilme radioaktive Elemente durchaus aufnehmen und transportieren können. Und da auch in einem weiteren Endlager, das Schweden im harten Gneis plant, viele Risse sind und an den feuchten Wänden dicke Biofilme wachsen, ergänzt ein weiterer Punkt die Suche nach einem sicheren Endlager für hochradioaktive Stoffe: Welche Rolle spielen dort Mikroorganismen? Die Forschung dazu nimmt gerade Fahrt auf – und Evelyn Krawczyk-Bärsch wird wohl noch öfter unter Tage Bakterien Schleim untersuchen. —

KONTAKT

— Institut für Ressourcenökologie am HZDR
Dr. Evelyn Krawczyk-Bärsch
e.krawczyk-baersch@hzdr.de

➤ <http://www.wismut.de/>
➤ <http://20jahre.wismut.de/>

// Funktionelles Umformen mit Magnetfeldern.



MODUL FÜR MODUL: Die Energieversorgungsanlagen im Hochfeld-Magnetlabor Dresden sind modular aufgebaut. Je nach Bedarf können diese sehr hohe Pulsströme durch Zuschaltung mehrerer Kondensatorgruppen (gelb) erzeugen. Foto (auch S. 21): Jürgen Jeibmann

WO STARKE KRÄFTE SINNVOLL WALTEN

_Text . Sara Schmiedel

Normalerweise stellt sie für die Wissenschaftler im Hochfeld-Magnetlabor (HLD) des HZDR die größte Barriere bei der Jagd nach immer höheren Magnetfeldern dar: Die Lorentz-Kraft. Wirkt sie doch im Inneren der Magnetfeld-Spulen auf die stromdurchflossenen Drähte und ist in der Lage, diese bersten zu lassen. Umgekehrt kann ihre Stärke aber auch genutzt werden, um Metallrohre zu verformen und Werkstoffe miteinander zu verschweißen. Und das alles berührungslos und mit nur wenig Energieaufwand.

„Setzt man beispielsweise ein Metallrohr einem Magnetpuls aus, so wird darin ein elektrischer Strom generiert, der das Magnetfeld im Rohrrinnern schwächt und eine Lorentz-Kraft erzeugt“, erklärt Thomas Herrmannsdörfer, Physiker im HLD. Anders als die Lorentz-Kraft, die in Spulen nach außen wirkt und diese bei sehr hohen Feldern zum Zerreißen bringen kann, ist die Lorentz-Kraft im Metallrohr jedoch nach innen gerichtet. „Dafür ist der Induktionsstrom verantwortlich, der im Werkstück in umgekehrter Richtung des Spulenstroms →

fließt, und die Natur der Lorentz-Kraft, die senkrecht zu Magnetfeld und der Flussrichtung des Stromes wirkt.“

Bei der Magnetpuls-Umformung ist es wichtig, das Magnetfeld möglichst schnell zu ändern, denn: „Der Induktionsstrom und ebenso die kompressive Lorentz-Kraft sind umso stärker, je schneller sich das Magnetfeld ändert, beziehungsweise je höher die elektrische Leitfähigkeit des Metallrohres ist. Stimmt man den Magnetpuls in Höhe und Dauer und damit die Lorentz-Kraft geeignet auf Rohre oder andere Werkstücke ab, so kann man gezielte Verformungen und sogar Verschweißungen mehrerer Werkstücke erreichen“, sagt Herrmannsdörfer. Dieses Verfahren eignet sich besonders gut für das Verpacken von kritischen Materialien oder das Verschweißen schwer verbindbarer Metalle.

Erfolgreiche Dresdner Kooperation

Bekannt ist das Hochfeld-Magnetlabor eigentlich für seine rekordträchtigen Magnetfelder und die meist grundlagenwissenschaftliche Festkörperforschung seiner Mitarbeiter und Messgäste. Dass hier auch industrietaugliche Apparaturen entwickelt werden, ist weniger bekannt. „Wir sind schon seit einigen Jahren dabei, mit Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) Möglichkeiten der elektromagnetischen Pulsumformung zu eruieren“, sagt Thomas Herrmannsdörfer. Bereits 2008 begann die Zusammenarbeit der beiden Dresdner Forschungseinrichtungen. „Zur Entwick-

lung unserer Anlagen wurden wir durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert. Dem Sächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst sind wir für die Förderung unserer Studie sehr dankbar.“

Die Wissenschaftler und Techniker des HZDR waren seitdem vor allem für die Entwicklung und Konstruktion der Pulsstrom-Generatoren zuständig. Das größte Problem stellen dabei nicht Kondensatoren oder Spulen, sondern die Hochleistungsschalter dar, die den kurzen Stromstoß auslösen. „Ein kompletter Pulsvorgang vom Aufladen der Kondensatoren bis zum Umformen des Werkstücks kann in unserer Anlage im Takt von fünf Sekunden geschehen“, erklärt Herrmannsdörfer. „Die Schalter werden dabei mit bis zu einigen hunderttausend Ampere belastet, also Stromstärken, bei denen heutige Pulsstrom-Schalter noch schnell verschleifen“, so der Physiker weiter. „Durch die kontinuierliche Entwicklung von Pulsstrom-Generatoren in den vergangenen Jahren sind wir technisch up-to-date. Das kommt natürlich auch unseren täglichen Aufgaben beim Betrieb unserer beiden weltweit größten Kondensatorbänke sowie zukünftigen Technologieentwicklungen, wie Pulsstrom-Anlagen für die Helmholtz-Beamline am Europäischen XFEL in Schleswig-Holstein oder für die radiopharmazeutische Tumortherapie, zugute.“

Derzeit ist ein am HLD entwickelter Pulsstrom-Generator am Fraunhofer IWS in Betrieb und wird dort für die Bearbeitung von gut verformbaren Metallen wie Aluminium und Kupfer verwendet. Ein bauähnlicher Generator steht bei Kooperationspartnern in Frankreich am Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses – hier ist er Teil astrophysikalischer Laborexperimente. Die größte, aus mehreren Modulen bestehende Anlage befindet sich in einem Labor im Erweiterungsbau des HLD. Mit dieser können Stromstärken bis 1,6 Mega-Ampere und Leistungen über zehn Gigawatt für Sekundenbruchteile erzeugt werden. Diese Anlage schafft neue Perspektiven für den industriellen Einsatz und könnte zukünftig auch die elektromagnetische Umformung und Verschweißung hochzugfester Stähle erlauben. ┘



— KONTAKT

_Hochfeld-Magnetlabor Dresden am HZDR
Dr. Thomas Herrmannsdörfer
t.herrmannsdoerfer@hzdr.de

// Ein neuartiger, kontaktloser Drehmoment-Sensor misst, wie stark sich Achsen oder Wellen im Einsatz verformen.



BERÜHRUNGSLOS: Der gelbe Sensor misst mit hoher Präzision das Verdrillen von Achsen und anderen beweglichen Teilen.
Foto: Oliver Killig

MIT MAGNETFELDERN BERÜHRUNGSLOS MESSEN

_Text . Gerhard Samulat

Wenn es knirscht, ist es meist schon zu spät. Überlastete oder fehlerhafte Antriebsachsen können binnen Sekunden teure Anlagen ruinieren. Deswegen kleben die Betreiber oft so genannte Dehnmessstreifen auf ihre sicherheitsrelevanten Achsen. Optische Messverfahren bieten eine Alternative, gehören aber ebenfalls zu den kontaktbehafteten Konzepten. Sie funktionieren nur, wenn sich auf den Achsen Messstellen befinden. „Beide Verfahren sind hochgenau, erfordern aber eine aufwendige elektronische Messdaten-Telemetrie und Systemwartung“, erklärt Dominique Buchenau vom Institut für Fluidodynamik am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf. „Je nachdem, wie stark die Messumgebung durch Öl oder Partikel verschmutzt ist, kann diese Technik sehr schnell versagen.“

Auswechseln lassen sich Achsen oder Wellen aber nicht mal eben so, besonders nicht im Schwermaschinenbau. „Das

bedeutet oft lange Stillstandzeiten“, weiß der Ingenieur, der in Jena technische Physik studierte. Windkraftanlagen können dann tagelang keinen Strom mehr liefern, Mahlwerke großer Zementanlagen stehen quälend lange still oder Bohrgestänge müssen mühsam aus der Tiefe Stück für Stück nach oben gezogen werden. „Das kostet die Betreiber meist richtig Geld“, sagt Buchenau. „Aber auch Aspekte der Betriebssicherheit oder das Thema Energieeffizienz spielen eine wichtige Rolle.“ Deswegen hat er sich zusammen mit seinen Kollegen etwas einfallen lassen: Einen kontaktlosen Drehmoment-Sensor, der sich unabhängig vom Messobjekt warten, reparieren oder austauschen lässt.

„Eigentlich ist der Drehmoment-Sensor eine Weiterentwicklung eines ebenfalls von uns ersonnenen Durchfluss-Messgerätes für heiße, flüssige Metalle, wie sie beispielsweise in Stahlwerken oder Aluminiumgießereien vorkommen“, sagt →

der Wissenschaftler. Der Sensor besteht aus zwei E-förmigen Eisen, deren Pole sich beiderseits der Achse gegenüber liegen. Einer dieser dreizackigen Eisenkämme trägt auf seinem mittleren Pol eine Sendespule. Sie erzeugt ein Magnetfeld, das einige hundert Mal in der Sekunde seine Richtung wechselt. Das Eisen konzentriert und verteilt zudem das Magnetfeld. Auf dem gegenüber liegenden Eisenkamm sind auf den äußeren Polen zwei Empfängerspulen angeordnet. Sie haben einen Abstand von wenigen Zentimetern. „Der richtet sich

Stillstand oder in der Bewegung durch Torsionskräfte verdrillt, dann misst die eine Empfängerspule einen etwas anderen Wert als die andere. „Mit Eingangsströmen von wenigen hundert Milli-Ampere messe ich einen deutlichen Effekt in Form einer Amplitudenänderung oder einer Phasenverschiebung zwischen den Empfängersignalen“, sagt er. „Und das bei einem Abstand von über einen Zentimeter zwischen Welle und Sensor.“ Die Drehung der Welle reißt das Magnetfeld sozusagen mit sich. Voraussetzung ist allerdings, dass sie ferromag-

Das zu messende Objekt: Eine Achse oder Welle, die im Stillstand oder in der Bewegung verdrillt wird.

nach dem Durchmesser der Welle“, betont Buchenau. Messen kann er mit dieser Anordnung, die er als Differenzialtransformator bezeichnet, die genaue Position und Lage, aber auch die Drehzahl der Welle.

Drehende Wellen reißen das Magnetfeld mit sich

Zwischen der Sende- und den Empfängerspulen befindet sich das zu messende Objekt: Eine Achse oder einfach nur eine Stange aus Metall, die irgendwie mechanisch verdrillt wird. Die Sendespule induziert in den Empfängerspulen einen Strom. „Wirken auf die Welle oder Achse keine Kräfte, sind beide Signale gleich“, erläutert Buchenau. Wird sie jedoch im

netisch, also magnetisierbar ist. „Die Messung der Phasenverschiebung ist sogar exakter“, verrät der technische Physiker. „Denn die kann in hundertstel bis tausendstel Schritten aufgelöst werden.“ Er überprüft anhand seiner Ergebnisse auch immer, ob diese die theoretischen Voraussagen verschiedener Labormodelle bestätigen, vor allem im Hinblick auf potentielle Stör- und Drifteinflüsse.

PATENTIERT: Dominique Buchenau und seine Kollegen haben alle neu entwickelten Sensoren mit Patenten geschützt. Foto: Oliver Killig



Sensoren als Verkaufsschlager

Schuld ist die Grundlagenforschung. Um Magnetfelder im Kosmos zu erforschen, holen HZDR-Wissenschaftler die magnetischen Phänomene ins Labor und stellen sie dort in extrem verkleinertem Maßstab nach. Dafür benötigen sie besonders empfindliche Sensoren. Da kommerziell verfügbare Messsysteme nicht überall einsetzbar sind, wurde hier in den letzten Jahren viel Entwicklungsarbeit geleistet. Hinzu kommt, dass auch die Forscherkollegen im Haus, die sich mit komplexen Strömungen in verschiedenen Industriebranchen beschäftigen, vielfältige Messgeräte wie autonome Sensoren, Gittersensoren oder Nadelsonden entwickelt haben. So steht heute eine große Auswahl an Messtechnik für unterschiedlichste Fragestellungen zur Verfügung.

„Einige der Entwicklungen sind mittlerweile am Markt erhältlich und erfreuen sich steigender Nachfrage“, so der Leiter der Technologietransfer-Abteilung Björn Wolf. In der HZDR Innovation GmbH findet er einen perfekten Partner, wenn es um Vertrieb, Vermarktung oder Lizenzierung von im Zentrum entwickelten Sensoren oder auch ganz allgemein um Service für die Industrie geht. Andreas Kolitsch, der Geschäftsführer der „Inno“, wie die HZDR-Ausgründung meist genannt wird, hat als ehemaliger Leiter des Ionenstrahlzentrums schon jahrelang eng mit der Industrie zusammengearbeitet, und so verfolgt er auch weiterhin die Politik, maßgeschneiderte Servicepakete für interessierte Unternehmen zu schnüren.

Und das mit steigendem Erfolg, schreibt die erst 2011 gegründete Firma doch von Beginn an schwarze Zahlen. „Wir rechnen für das laufende Jahr mit einem Umsatz von fast zwei Millionen Euro“, freut sich der Geschäftsführer. „Mit der Inno haben wir quasi eine Transfertochter im HZDR geschaffen. Gemeinsam können wir Messeauftritte und Marketingaktivitäten organisieren oder uns auch einfach nur gegenseitig unterstützen.“ Derzeit ist Kolitsch intensiv mit einem neuen Projekt unter Beteiligung der HZDR Innovation GmbH beschäftigt: Er hat die Firma „i3 Membrane“, die kleinstporige Metallmembranen produzieren wird, aus dem HZDR ausgegründet. (CB)

KONTAKT

_Abteilung Technologietransfer am HZDR
Dr. Björn Wolf
b.wolf@hzdr.de

_HZDR Innovation GmbH
Prof. Andreas Kolitsch
andreas.kolitsch@hzdr-innovation.de

HZDR
INNOVATION

Mit dem patentierten Gerät lassen sich auch sehr dicke Achsen problemlos prüfen

„Falls die Welle nicht ferromagnetisch ist, können wir deren Oberfläche mit einem gut magnetisierbaren Material beschichten und somit doch prüfen“, verrät Buchenau. Ihm kommt entgegen, dass sich das Magnetfeld bei hohen Frequenzen hauptsächlich über die Achsenoberfläche verteilt. Genau an der Oberfläche treten auch die maximalen mechanischen Spannungen auf. Zudem lassen sich auch sehr massive Achsen problemlos untersuchen; es gibt Wellen, die haben einen Durchmesser von einem Meter fünfzig. „Der Drehmoment-Sensor lässt sich für alle technischen Applikationen anpassen“, sagt der Experte. „Ist die Achse leicht exzentrisch, kann ich auch deren Drehgeschwindigkeit messen und habe somit eine Information über die übertragene Leistung“, rechnet er vor. „Unsere aktuellen Untersuchungen belegen, dass wir die Sender- und Empfängerspulen sogar auf dem gleichen Eisen platzieren können.“ Das macht den Sensor besonders kompakt.

Wie erwähnt, lässt sich das gleiche Prinzip dazu benutzen, um Fließgeschwindigkeiten flüssiger Metalle berührungslos zu messen. Dabei wählen die Forscher die Magnetfelder so klein, dass sie die Strömung nicht beeinflussen. Solch ein patentierter Durchfluss-Sensor mit digitaler Auswertetechnik ist mittlerweile kommerziell verfügbar. Gemeinsam mit der Firma „SAAS Systemanalyse und Automatisierungsservice GmbH“ in Bannewitz südlich von Dresden wurde in einem von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) geförderten Projekt aus dem patentierten Messprinzip und dem ersten Labormuster ein kommerzielles Messgerät entwickelt, das von der SAAS GmbH jetzt produziert und mit zunehmendem Erfolg vertrieben wird.

Der ebenfalls zum Patent angemeldete Drehmoment-Sensor stößt gegenwärtig auf große Resonanz. Innerhalb kürzester Zeit haben gut zwanzig Firmen ihr Interesse bekundet – darunter sehr namhafte Konzerne, die mit Windkraft, Tiefenbohrungen oder Förderanlagen zu tun haben. „Jetzt forschen wir an neuen Techniken und Einsatzgebieten“, sagt Buchenau. Beispielsweise versucht er, sehr geringe Durchflüsse exakt zu erfassen. Eine Vielzahl bisher nicht veröffentlichter Ideen wartet auf Verwirklichung. —

PUBLIKATION:

D. Buchenau u. a.: „Contact-less magneto-elastic torsional sensor based on phase-shift measurements“, in Measurement Science and Technology, Bd. 25 (2014; DOI: 10.1088/0957-0233/25/7/075901)

KONTAKT

_Institut für Fluidodynamik am HZDR
Dr. Dominique Buchenau
d.buchenau@hzdr.de

// Was geht ab in Biogasanlagen? Für die Betreiber sind die Behälter oft eine „Black Box“: Meist umso mehr, je stärker die Masse verquirlt wird. Doch das frisst Energie. Forscher des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf entwickeln daher Sensoren, die Einblicke in die Gärbehälter bringen – und so die Effizienz der Anlagen steigern.



AUTONOME SENSOREN: Eine neue Technologie kann erstmals überprüfen, ob Biogasanlagen effizient betrieben werden.

Bild: Fotolia © Wolfgang Jargstorff

AUF TAUCHSTATION IN DER GÜLLE

Text: Gerhard Samulat

Wie Spielzeug-U-Boote tauchen die Sensoren durch das Gärbecken. Alle zwanzig Sekunden messen sie den Druck, die Temperatur und mit welcher Stärke sie von der Strömung hin- und hergerissen werden. „Aus den Daten können wir nachher schließen, wie gut das Substrat durchmischt ist“, erläutert Uwe Hampel. Er ist AREVA-Stiftungsprofessor für Bildgebende Messverfahren der Energie- und Verfahrenstechnik an der Technischen Universität Dresden sowie Abteilungsleiter am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf.

Die Sensoren sind etwa so groß wie Tennisbälle. Ihre Form erinnert aber eher an die Plastikbehälter aus den Schokoladen-Überraschungseiern. Im Gegensatz zu diesen sind sie jedoch so robust, dass sie lange die Prozessbedingungen in der

Biomasse überstehen. Ihr hermetisch gekapseltes Inneres enthält eine Elektronik sowie eine Knopf-Batterie, die sie gut einhundert Tage autark machen.

Sebastian Reinecke, ein Doktorand von Hampel, hat die Sensoren entwickelt. „Anfänglich hörte sich das nach Spinnerei an“, gesteht der Professor. Doch begeisterte die Idee schnell die Experten. Auf der Energiefachmesse „enertec“ erzielte das Sensorkonzept einen Innovationspreis. Schließlich weiß bislang niemand so genau, was sich in einer Biogasanlage im Detail abspielt. „Wenn Sie dort einen Grashalm hineinwerfen, kann der bereits nach wenigen Minuten über den Überlauf wieder herauskommen“, erläutert Hampel. Andere bleiben nahezu ewig drin. Das Rührwerk verquirlt das Fluid nur →

ungleichmäßig; Zonen am Rand sind oft kaum durchmischt. „Was im Gärbehälter abläuft, lässt sich zwar berechnen“, sagt der Strömungsexperte, „aber nicht verlässlich prüfen.“

Die Betreiber von Biogasanlagen brauchen Durchblick

Hinzu kommt, dass Mikroorganismen beim Vergären oft Symbiosen bilden. Das hilft, die Stoffe umzusetzen. Die Mikroben sollen sich möglichst gleichmäßig in der Biomasse verteilen. Rührt man aber zu viel, stört sie das. Das wirkt sich negativ auf die Gasausbeute aus. „Was dort biochemisch im Detail abläuft, ist noch nicht gut verstanden“, sagt Hampel. Zumal der Prozess im Spätsommer, wenn mehr Mais hineinkommt, ein anderer ist als im Winter, wenn mehr Gülle reinfließt. Die Betreiber arbeiten daher häufig mit Erfahrungswerten. Meist schalten sie den Rührer aber zu oft ein. Das frisst viel Strom und verschlechtert die Energiebilanz. Ziel ist daher, möglichst wenig zu rühren und dennoch einen hohen Gas-Ertrag zu erwirtschaften.

Sebastian Reinecke kam nun auf die Idee, diese kleinen Mini-U-Boote zu bauen, sie ins Substrat zu werfen und sie mittreiben zu lassen. „Ihre Dichte passen wir genau an das Medium an“, sagt er. Nach einer Weile schwappen sie über den Überlauf aus dem Behälter. Dann sammelt er sie und liest die Daten aus. „Die Informationen gleichen wir mit einem Rührwerksmodell ab“, erklärt Hampel. Daraus entwickeln die Forscher Empfehlungen für den optimalen Rührvorgang. „Künftig versuchen wir, die Partikel mit Funk auszustatten, damit wir sie im Behälter orten und mit ihnen kommunizieren können“, sagt er.



EIFÖRMIG: Nur etwas größer als die bekannten Überraschungseier für Kinder und mit intelligenter Messtechnik ausgestattet ist der im HZDR entwickelte Sensor.

Nächstes Ziel: Kläranlagen

Auch die Betreiber von Klärwerken sind mittlerweile auf die Technik aufmerksam geworden. In Klärwerken verdauen Mikroben in so genannten Belebtschlamm-Becken organische Abfälle. Dafür benötigen sie Sauerstoff. Deswegen pressen die Betreiber Luft von unten ins Becken und verquirlen das Ganze. Auch das braucht viel Energie. In einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Pilotprojekt will ein Konsortium aus dem Institut für Wasser & Energie Bochum GmbH (IWEB), der TU Dortmund, der Süd-Oberlausitzer Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsgesellschaft mbH (SOWAG), des Ruhrverband KöR sowie des HZDR nun ebenfalls das pfiffige Messverfahren testen. Ein Ziel ist, die vom Abwasser aufgenommene Sauerstoffmenge messbar zu steigern – und damit den Prozess deutlich effizienter zu machen. ↵

10.000 BILDER PRO SEKUNDE: Bis heute weiß tatsächlich niemand, wie genau sich eine Luftblase in einer Flüssigkeit bewegt – erst recht nicht, wenn sie sich im Wasser verformt, sich in der Flüssigkeit auflöst oder mit anderen Blasen vereinigt. Mit Hilfe des im HZDR entwickelten Röntgentomographen ROFEX, der Einblicke selbst in trübste Brühen erlaubt, soll genau das im Labor untersucht werden. Bild: AIFilm

KONTAKT

— Institut für Fluidynamik am HZDR
Sebastian Reinecke
 s.reinecke@hzdr.de

// Helmholtz-Forscher arbeiten an einer besseren Energieversorgung für „deep-space missions“, also für Raumschiffe und -sonden, die tief im Weltall ihren Strom nicht aus den dort schwachen Strahlen der Sonne erzeugen können.



MISSION: Das Cassini-Raumschiff befindet sich bereits seit zehn Jahren im Weltall. Hier schwenkt es in einen Orbit um Saturn ein. Bild: NASA

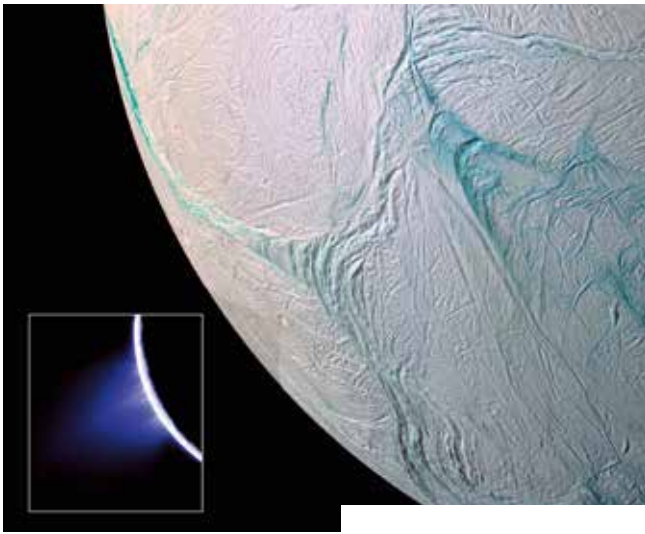
Die Sonne ist der wichtigste Energielieferant auf unserer Erde, ihre Energie wird aber auch von Satelliten angezapft, die damit ihre Steuerungs- und Regelungssysteme oder Sensoren sowie Kommunikationselektronik betreiben. Dafür sind diese Satelliten mit Solarzellen ausgestattet. Anders verhält es sich mit Weltraummissionen, die sich weit von der Sonne entfernen. Für diese kommen derzeit nur Energieträger zum Einsatz, die Strom aus der Zerfallswärme von Plutonium erzeugen können. Die radioaktiven Substanzen geben über einen längeren Zeitraum von mindestens zehn Jahren Wärme ab, welche in elektrischen Strom umgewandelt wird. Eingepackt sind sie in kompakte Radionuklid-Boxen, die ein wenig wie eine Batterie aussehen, weshalb sie auch Radionuklid- oder Plutonium-Batterien genannt werden.

Missionen wie Galileo, Ulysses und Cassini werden so mit Strom für den Funkverkehr, das Bordsystem oder die Experimente versorgt. Da die Radionuklid-Batterien ohne bewegliche Teile auskommen, sind sie wartungsfrei. Die Wärme aus

dem radioaktiven Zerfall wird entweder direkt zum Heizen eingesetzt, um beispielsweise kälteempfindliche Elektronik im Sonnenschatten zu schützen, oder aber zur Stromproduktion genutzt. Dies geschieht durch spezielle Thermoelemente, die zur Stromerzeugung einen möglichst hohen Temperaturunterschied benötigen. Der Wirkungsgrad ist mit deutlich unter zehn Prozent allerdings sehr gering, wie die Europäische Raumfahrtbehörde ESA auf ihrer Internetseite (sci.esa.int) berichtet.

Mit Magnetfeldern Strom erzeugen

Raumsonden zukünftig auf effizientere Art mit mehr Energie für die Erkundung des fernen Kosmos auszustatten ist das Ziel des von der Europäischen Union geförderten Forschungsprojekts mit dem wegweisenden Namen „Space Trips“. Eine neue Technologie auf Magnetfeld-Basis steht dabei im Mittelpunkt. Für deren Funktionieren werden benötigt: Erstens eine geeignete Methode, um die Wärmeenergie in eine mechanische Bewegung umzuwandeln, und zweitens ein elektrisch leitfähiges Material. Dann entsteht in Kombination mit einem Magneten ein elektrischer Strom, und das mit einem viel höheren Wirkungsgrad als bei den herkömmlichen thermoelektrischen Systemen.



DIE FONTÄNEN DES ENCELADUS: Dünne Strahlen mit Eispartikeln schießen von der Oberfläche des Saturnmondes und reichen bis zu 750 Kilometer ins Weltall. Quelle der Fontänen sind etwa 100 Kilometer lange Spalten, die etwas wärmer sind als ihre Umgebung. Bild: NASA/JPL/Space Science Institute.

Um beim letzten Schritt, der Stromerzeugung, anzufangen: Ordnet man um ein Metall oder ein anderes leitfähiges Material eine Magnetspule an und versetzt den Leiter in Bewegung, so wird darin ein Strom erzeugt (physikalisch: Induktion). Die Richtung des Stromflusses gibt die Lorentzkraft vor, die viele in ihrer Schulzeit als Drei-Finger-Regel kennengelernt haben. Der Strom wandert als bewegte Ladung zu einer Elektrode, wo er abgegriffen werden kann. Statt in einem festen Material kann ebenso gut auch Strom in einem flüssigen Metall induziert werden. Damit lassen sich neben unerwünschten Reibungsverlusten auch bewegliche Teile vermeiden, die aus Wartungsgründen unerwünscht sind.

Doch wie wird das flüssige Metall in Bewegung versetzt? Hierfür testen die Forschungspartner aus Frankreich, Lettland und Deutschland ein für die Energieerzeugung bislang nur selten genutztes Phänomen, den thermoakustischen Effekt. Damit werden jedoch keine Töne erzeugt, sondern mechanische Wellen. In manchen technischen Bereichen – etwa in gasführenden Rohrleitungen oder Brennkammern von Gasturbinen – ist die Thermoakustik höchst unerwünscht. Durch das Zusammenspiel von Wärme, Strömung und Akustik können dort regelmäßig wiederkehrende Pulsationen entstehen, die zu schwer regulierbaren Druckschwankungen führen können. Genau diesen Effekt aber wollen die EU-Forscher nun quasi als Motor verwenden. Um Wärme in einem Gas in mechanische Schwingungen umzuwandeln – darauf beruht der thermoakustische Effekt –, muss zum einen ein großes Temperaturgefälle vorhanden sein. Zum anderen braucht es ein Metallgitter oder einen ähnlichen Aufbau, damit sich daran eine Schwingung erregen kann. Der gasgefüllte Kolben wirkt dann wie ein Reso-

nator und die sich ausbildende, stehende Druckwelle treibt mit ihren regelmäßigen Schwingungen das flüssige Metall außerhalb des Kolbens an. So zumindest der Plan.

Forscher im Rossendorfer Institut für Fluidodynamik verfügen über ein großes Know-how für Flüssigmetalle, beschäftigen sie sich doch seit vielen Jahren damit, wie man deren Strömungsverhalten verbessern und damit etwa die Energieeffizienz im Stahl- oder Aluminiumguss erhöhen kann. Deshalb klopfte die internationale Forschergruppe im Projekt „Space Trips“ mit einem sehr konkreten Auftrag bei dem Physiker Sven Eckert an. „Ganz genau kümmern wir uns nur um die Schnittstelle zwischen Gas und Flüssigmetall, doch die hat es in sich“, erklärt er. „Die Gassäule wackelt im Kolben mit einer bestimmten Frequenz, sagen wir zehn Mal in der Sekunde, hin und her. Auf der anderen Seite der Schnittstelle haben wir die freie Oberfläche des Flüssigmetalls. Die große Frage lautet: Bei welcher Frequenz zerreißt die Schnittstelle?“

Neuland für die Forschung

Das hätte zur Folge, dass sich Gas und flüssiges Metall vermischen und den Stromgenerator außer Gefecht setzen. Die ersten Versuche im Dresdner Labor zeigen, dass das Prinzip des thermoakustisch angetriebenen Stromgenerators bei einer niedrigen Frequenz von drei Hertz, also drei Schwingungen pro Sekunde, reibungslos funktioniert. Mit einigem Aufwand, etwa indem Lamellen oder andere mechanische Strukturen verwendet werden, um die Oberflächenspannung des flüssigen Metalls zu stabilisieren, erreicht man vielleicht zehn oder gar 20 Hertz. „Die erste Halbzeit liegt hinter uns, doch von den im Projekt geforderten 50 Hertz sind wir noch weit entfernt. Die Partner versuchen derzeit, das Problem von unterschiedlichen Seiten anzugehen, sei es, indem sie ein neues Design entwerfen oder andere Materialien verwenden, sei es, indem sie versuchen, mit niedrigeren Frequenzen auszukommen“, gibt sich Eckert optimistisch.

Ob das Unikat jemals im Einsatz sein wird, ist dennoch ungewiss, denn weitere Probleme warten auf die europäischen Konstrukteure. So entpuppt sich ausgerechnet die Lorentzkraft als Bremsklotz für das vibrierende Flüssigmetall. Reduzieren wollen die Forscher die damit verbundenen Verluste durch ein System von Minirohren in Form eines Zylinders. Dadurch verschlechtert sich allerdings die Relation zwischen Gewicht und erzeugter Energie. Und da jedes Gramm zählt, wenn es um die Stromversorgung von teuren Weltraummissionen geht, gibt es hier noch viel zu rechnen und zu experimentieren. Ziel jedenfalls ist, im nächsten Jahr einen Demonstrator am langjährigen Partnerinstitut des HZDR im lettischen Riga zu bauen. Ob dies gelingt oder nicht, spannend ist das Neuland für die Forscher allemal. Gewiss ebenso spannend wie die Erkenntnisse, welche die Weltraumforschung erdfernen Regionen abtrotzen will. —

KONTAKT

— Institut für Fluidodynamik am HZDR
Dr. Sven Eckert
S.Eckert@hzdr.de

// Dresdner Wissenschaftler koppeln Massenspektrometer an Ionenbeschleuniger und ebnen so den Weg für eine effiziente Rohstoffsuche sowie für eine ökologische Verarbeitung.

IONEN AUF DER ÜBERHOLSPUR

_Text . Tina Schulz



HAUS IM HAUS: Vor Strahlung und Temperaturschwankung geschützt, soll das Sekundärionen-Massenspektrometer in Zukunft per Fernsteuerung von Forschern auf der ganzen Welt rund um die Uhr genutzt werden können. Bild: Oliver Killig

Wenn Forscher die Zusammensetzung chemischer Verbindungen untersuchen, zerlegen sie sie für gewöhnlich in ihre einzelnen Bestandteile. Unterscheidet man diese Bestandteile aufgrund ihrer Masse, dann spricht man von der Massenspektrometrie. Genau diese Technik nutzen Wissenschaftler am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) – einer Einrichtung des Helmholtz-Zentrums Dresden-

28

29

→

Rossendorf – bei der Analyse von Energiematerialien oder auf der Suche nach kostbaren Rohstoffen.

Seltene Erden sind solche begehrten Elemente. Es gibt jedoch Stoffe, die für die Forscher von ebenso großem Interesse sind: Ultraspuren- und Pfadfinder-Elemente. Blei und Bismut sind bekannte Vertreter dieser beiden Gruppen. Auch in kleinsten Konzentrationen liefern sie Hinweise auf die Bildung von Lagerstätten und das Vorkommen von Rohstoffen. „Genau hier setzt unser Sekundärionen-Massenspektrometer (SIMS) an“, sagt der Leiter der Arbeitsgruppe Ionenstrahlanalytik, Axel Renno, und fügt hinzu: „Kennen wir ihren Gehalt in den Erzen und wissen, wie sie gebunden sind, dann können wir die Rohstoffsuche effizienter und die Aufbereitung umweltfreundlicher gestalten.“

Das SIMS ist ein Ungetüm aus Metall, Schrauben und zahllosen Kabeln, das von einem sogenannten „Haus im Haus“ – einer Art Container – umgeben ist, welches das SIMS vor äußeren Temperaturschwankungen und elektromagnetischer Strahlung schützt. Ein vom übrigen Gebäude entkoppeltes, tonnenschweres Fundament aus Gabbro – einem magmatischen Gestein – sorgt dafür, dass auch minimale Erschütterungen keine Auswirkung auf seine Arbeit haben.

UNTER BESCHUSS: Über eine Vorkammer wird die Probe in die Hauptkammer eingeschleust und im Ultrahochvakuum mit Cäsium-Ionen beschossen.

Auf die Masse kommt es an

Im luftleeren Inneren des SIMS bombardiert ein Cäsium-Ionenstrahl die polierte Oberfläche einer Probe. Die Teilchen des Ionenstrahls fräsen sich in die oberste Schicht des Materials und sprengen negativ geladene Ionen aus seiner Struktur. Daher sind es auch „Sekundär-Ionen“, deren Masse der Detektor am Ende aufspürt. Diese Art der Massenspektrometrie ist eine der wichtigsten Mikromessmethoden und an sich sehr effizient, durch das Auftreten von Masseninterferenzen jedoch nicht immer ausreichend genau, um den Gehalt der Elemente möglichst exakt zu bestimmen. Grund dafür ist, dass nicht nur einfache Atom-Ionen aus der Probe geschlagen werden. Der Detektor erfasst außerdem Molekül-Ionen mit identischer Masse.

Mit Beschleuniger zu neuen Höchstleistungen

Deswegen koppeln Wissenschaftler und Techniker aus dem HIF, dem Ionenstrahlzentrum und der Forschungstechnik das SIMS an den Tandembeschleuniger im HZDR. Aus dem SIMS wird so ein Super-SIMS. Bald sind die Vorbereitungen abgeschlossen. Wenn alles klappt, nehmen die Leichtgewichte dann richtig Fahrt auf. Mit nahezu halber Lichtgeschwindigkeit rasen sie durch das Vakuum des Beschleunigers; hinein in einen mit dem Edelgas Argon gefüllten Bereich, in dem sie einige ihrer Hüllenelektronen abstreifen. Dadurch zerfallen alle noch existierenden Molekül-Ionen und werden als Atom-Ionen weiter in Richtung Detektor beschleunigt. Diese Methode ist so empfindlich, dass man in kürzester Zeit ein einzelnes schwarzes Sandkorn in der mit weißem Sand gefüllten Dresdener Frauenkirche finden könnte.



Geht es nach den drei Helmholtz-Schwesterzentren Dresden-Rossendorf, Leipzig und Potsdam, dann ist das Super-SIMS zukünftig Teil eines einzigartigen Netzwerks von mikroanalytischen Geräten auf Basis eines neuartigen Fernsteuerprotokolls. Ihr Vernetzungsprojekt SIMGA soll Wissenschaftlern weltweit den Zugang zu einem komplexen System von SIMS-Technologien ermöglichen. Das langfristige Ziel ist es, die Analyse von geologischen, biologischen und umweltrelevanten Materialien noch effektiver zu gestalten. —

KONTAKT

_Helmholtz-Institut Freiberg für
Ressourcentechnologie am HZDR
Dr. Axel Renno
a.renno@hzdr.de

NANOREAKTOREN FÜR „INTELLIGENTE“ CHEMOTHERAPIE

_Interview . Christian Döring

Seit einigen Jahren messen sich Dresdner Masterstudenten an der Harvard Universität (USA) beim „Biomod“ – einem Wettbewerb für biomolekulares Design. 2013 erreichte die Masterandin Gisela Gabernet Garriga mit ihrer Gruppe „Nanormous“ den zweiten Platz. Sie forscht am HZDR in der Abteilung von Karim Fahmy, der im Juli als Honorarprofessor für „Structural Dynamics of Biomolecules“ an die TU Dresden berufen wurde.



Frau Gabernet Garriga, Sie studieren am Biotechnologischen Zentrum der TU Dresden (Biotec) und schreiben Ihre Masterarbeit am HZDR. Was motivierte Sie, am „Biomod“-Wettbewerb teilzunehmen?

_GG: Wir hatten damals vom großen Erfolg des Biotec-Teams „Nanosaurus“ gehört: Sie erreichten 2012 in Harvard den zweiten Platz. Davon angespornt, fanden wir uns in einer Gruppe von elf internationalen Masteranden zusammen und stellten als „Nanormous“ ein eigenes Projekt auf die Beine. 2013 konnten wir damit Platz zwei in der Gesamtwertung verteidigen und wurden sogar für das beste YouTube-Video ausgezeichnet. Die Teilnahme Dresdner Masterstudenten hat sich seither als Tradition etabliert: In diesem Jahr tritt das Team „DNAmic“ in Harvard an.

_KF: Der Wettbewerb ist eine Art Katalysator für die wissenschaftliche Zusammenarbeit in Dresden. Solche Studenten sind es, die das volle Potential von DRESDEN-concept ausschöpfen und gewissermaßen den Klebstoff bilden, der all die Dresdner Forschungsinstitute zusammenhält. Diese aktive Kooperation für den Biomod-Wettbewerb brachte Gisela auch ans HZDR: Um Nanoreaktoren designen zu können, wollte sie mit ihrer Gruppe die Infrastruktur vor Ort nutzen.

■ Um was handelt es sich bei diesen Nanoreaktoren?

_GG: Das sind hohle Kügelchen mit einem Durchmesser von rund 200 Nanometern, die zum Stofftransport in lebenden Organismen eingesetzt werden könnten. Die winzigen Kugeln werden auch Polymerosome genannt und formen sich durch Selbstorganisation aus zugleich wasser- und fettliebenden Molekülen. Damit auch Stoffe durch deren Wände wandern können, haben wir per DNA-Origami einige Kanäle eingebaut. Diese lassen zwar kleine organische Moleküle wie Arzneimittel durch, verhindern aber, dass größere Moleküle wie Proteine passieren können. So werden beispielsweise Enzyme im Inneren der Kugeln gehalten.

■ DNA-Origami? Was genau ist das?

_KF: Es werden kurze DNA-Sequenzen erzeugt, die in der Lage sind, einen deutlich längeren DNA-Strang in beliebige zwei- und dreidimensionale Formen zu falten. DNA-Moleküle dienen somit als Grundgerüst oder Baumaterial im Nanobereich. Eine solche Technik spielt auch beim Projekt des Teams „DNAmic“ eine wichtige Rolle: Für ihre „Plasmonic Waveguides“ nutzt die Gruppe ebenfalls selbstorganisierende Prozesse, um Licht mit Hilfe von Gold und DNA zu leiten.

_GG: Ich kam zum HZDR, weil hier schon länger DNA-Origamis erforscht werden. Das eigentliche Design und die Beschreibung der DNA-Origami-Kanäle finden somit in den Rossendorfer Laboren mit der Forschergruppe von Karim Fahmy statt. Betreut hat uns der Physiker Adrian Keller und Hilfe erhalten wir von den HZDR-Mitarbeitern Bezuayehu Teshome und Jana Oertel.

■ Wo kommen diese Nanoreaktoren zur Anwendung?

_GG: Nanoreaktoren könnten potentiell als Transportsystem von Wirkstoffen in der Krebsbehandlung eingesetzt werden. Bislang kommt es bei der Chemotherapie zu unerwünschten Nebenwirkungen, weil die Arzneimittel nicht nur die Krebszellen angreifen, sondern auf ihrem Weg durch den Körper auch gesundes Gewebe schädigen. Wir haben deshalb die Polymerosomen mit Antikörpern ausgestattet, die sie direkt zu Antigenen an der Oberfläche von Krebszellen führen können. Im Inneren der Polymerosomen befindet sich dann ein Enzym, das aus einem inaktiven Arzneimittel ein aktives macht.

Im Prinzip handelt es sich um eine „intelligente“ Chemotherapie: In seiner inaktiven Form verbreitet sich das Mittel überall im Körper, ohne Schaden anzurichten. Die toxische Wirkung entfaltet es erst, wenn es vom Enzym im Nanoreaktor umgewandelt wird – direkt an den Krebszellen. So schädigt die Chemotherapie nur noch ganz gezielt das Krebsgewebe. Derzeit sind wir aber noch dabei, das System vollständig zu beschreiben. Das nächste Ziel ist ein Machbarkeitsbeweis mit Enzymen innerhalb des Nanoreaktors. Es steht uns also noch sehr viel Arbeit bevor. —

— KONTAKT

_Institut für Ressourcenökologie am HZDR

Prof. Karim Fahmy (KF)
k.fahmy@hzdr.de

Gisela Gabernet Garriga (GG)
g.gabernet-garriga@hzdr.de

// Noch ist es eine Vision, doch Physiker des HZDR forschen bereits daran: Spinwellen sollen Mikroprozessoren zu mehr Leistung verhelfen.

NEUE KONZEPTE FÜR DIE INFORMATIONSTECHNIK

_Text . Uta Bilow



LEITER: Helmut Schultheiß baut im HZDR eine Emmy Noether-Nachwuchsgruppe auf.

Schnelle Datenverarbeitung und geringer Energieverbrauch – diese Forderungen an Mikroprozessoren werden immer drängender. Der Computer der Zukunft soll mit noch höherer Taktfrequenz rechnen und dabei weniger Strom schlucken und keine Wärme produzieren. Möglich wird dies mit ganz neuen Konzepten für die Informationsverarbeitung: Anstelle von Elektronen könnten künftig Spinwellen zur Datenverarbeitung genutzt werden. Am HZDR baut Helmut Schultheiß derzeit eine Nachwuchsgruppe auf, die genau diesen Weg beschreiten möchte. „Jedes Elektron hat ein magnetisches Moment, den sogenannten Spin“, beschreibt der Physiker das zugrundeliegende Phänomen. „In einem Ferromagneten kann man diese Spins so anregen, dass sie eine Welle bilden.“ Diese heißen in der Fachsprache Magnonen. Mithilfe solcher Wellen kann man Informationen weitergeben – und zwar viel schneller als mit Elektronen, die durch Leiterbahnen und Bauelemente fließen. „Die Magnonik erlaubt eine wahnsinnig schnelle Signalverarbeitung auf sehr kleiner Längenskala“, unterstreicht Schultheiß. „Magnonen haben Frequenzen bis in den Terahertz-Bereich!“

Seit Juni 2013 forscht der gebürtige Pfälzer in Dresden an neuartigen Materialien, die einen optimalen Spinwellen-Transport ermöglichen. Am Ionenstrahlzentrum und mit Elektronenstrahl-Lithografie werden die Materialien so präpariert, dass die Forscher Spinwellen in verschiedenen Frequenzbereichen anregen können. Dann wollen sie die Spinwellen so manipu-

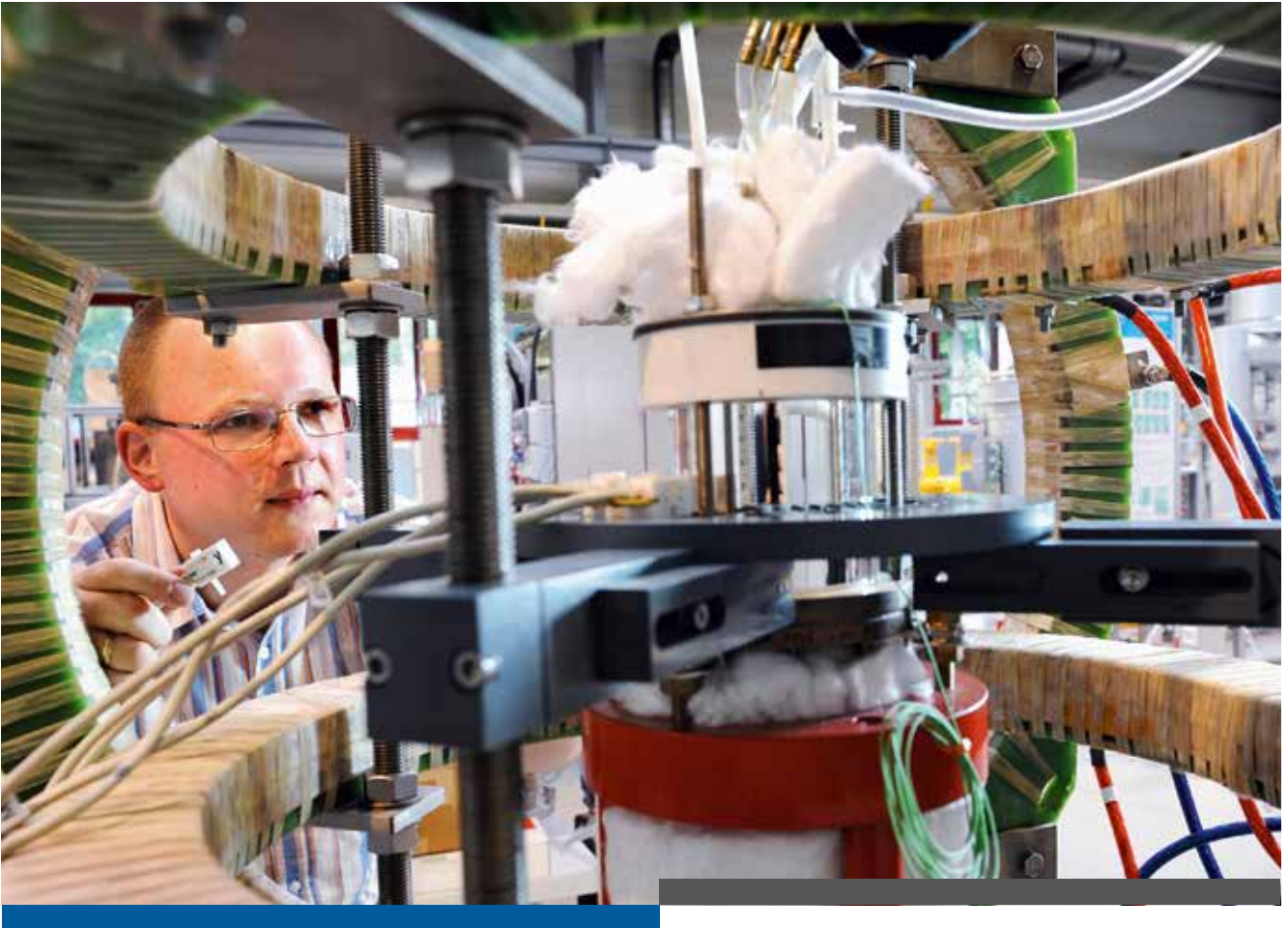
lieren, dass diese sich überlagern und dabei auslöschen oder verstärken. So lassen sich Logikbausteine wie zum Beispiel Schalter konstruieren. „Ferromagnetische dünne Schichten sind schon jetzt die Basis in der Informationsverarbeitung“, weiß Helmut Schultheiß und erwähnt den GMR-Effekt, der 1988 entdeckt wurde und auf dem heute die Funktionsweise des Schreib-Lese-Kopfes einer Festplatte basiert. „Durch Nutzung von Spinwellen in solchen Schichten kann man die Grenzen der gegenwärtigen Elektronik überwinden.“

Erzeugen lassen sich die Spinwellen auf verschiedenen Wegen: Mikrowellenfelder kommen infrage, aber auch sogenannte spin-polarisierte Ladungsströme. „Außerdem wollen wir untersuchen, ob wir mit Licht Spinwellen anregen können“, sagt Schultheiß, der vor kurzem in das Emmy Noether-Programm der Deutschen Forschungsgemeinschaft aufgenommen wurde. Das gibt ihm die Möglichkeit, sein ambitioniertes Forschungsprogramm mit einer eigenen Nachwuchsgruppe anzugehen. Aus dem Programm fließen auch Gelder in die Ausstattung der Labore, wo die Physiker derzeit spektroskopische Geräte aufbauen, mit denen sie die Spinwellen vermessen können. —

KONTAKT

_Institut für Ionenstrahlphysik und
Materialforschung am HZDR
Dr. Helmut Schultheiß
h.schultheiss@hzdr.de

// Neue Technologien zu entwickeln, ist häufig ein langwieriger und anstrengender Prozess. Am HZDR-Institut für Fluidodynamik lässt man sich davon aber nicht abschrecken – was zu weltweit einzigartigen Erfindungen führen kann.



OHNE BERÜHRUNG: Thomas Wondrak arbeitet daran, die Strömungen in heißen oder chemisch aggressiven Schmelzen sichtbar zu machen. Bild: Frank Bierstedt

DER HERR ÜBER DIE STRÖMUNGEN

_Text . Simon Schmitt

Mit einem leicht quietschenden Geräusch rollt der Schreibtischstuhl langsam auf die Versuchsanlage zu, bevor er einen guten Meter entfernt von dem Gerät, das an einen selbstgebauten Ofen erinnert, stehen bleibt. Der ungeschulte Beobachter kann keine entscheidende Veränderung in der großen Halle, in der das Möbelstück und die Anlage fast die kleinsten Gegenstände sind, erkennen. Auf einer Ebene, die für das menschliche Auge unsichtbar ist, hat die Bewegung jedoch einschneidende Konsequenzen ausgelöst – zumindest für Thomas Wondrak: „Früher hätte diese Aktion bereits ausgereicht, unsere Messungen nachhaltig zu stören.“

Der Nachwuchsgruppenleiter am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf beschreibt mit dem Beispiel die größte Herausforderung bei seinen Untersuchungen: die Sensibilität der Messmethode. Einerseits ist dies zwar gerade ihre Stärke, da sie dadurch selbst sehr schwache Magnetfelder in flüssigen Stahlschmelzen aufspüren kann. Andererseits muss aber die Versuchsanlage bei jedem Experiment exakt aufgebaut sein, da sogar kleinste externe Einflüsse die Messungen ruinieren könnten. Wondrak stört das nicht: „Wenn man eine weltweit einzigartige Technologie entwickeln will, muss man eben viele Hürden nehmen.“ →

Überraschend ist diese Einstellung nicht, denn der studierte Informatiker und seine Kollegen vom HZDR-Institut für Fluidodynamik wollen immerhin etwas erreichen, was bislang unmöglich ist – oder zumindest so erschien: die direkte Messung von Strömungen in heißen oder chemisch aggressiven Schmelzen. Die Kenntnisse darüber könnten die Qualität und die Energiebilanz beispielsweise beim Stahlguss nachhaltig verbessern. Denn die Strömung in der heißen Stahlschmelze wirkt sich auf die Eigenschaften des Endproduktes aus. Ist sie ruhig und gleichmäßig, entsteht hochwertiger Stahl. Eine instabile Strömung führt jedoch zu Verunreinigungen.

Einblick in heiße Schmelzen

„Im schlimmsten Fall muss der Stahl dann wieder eingeschmolzen werden, was zu höheren Kosten und einem unnötigen Energieaufwand führt“, erläutert Thomas Wondrak. „Mögliche Materialfehler lassen sich aber erst nach dem Erstarren des Metalls feststellen, da wir ja nicht während des Gießprozesses in die Schmelze schauen und die Strömung messen können – bei 1.500 Grad Celsius versagt fast jedes Material, das direkt mit der Schmelze in Berührung kommt.“ Der gebürtige Regensburger hat deswegen zusammen mit seinen Kollegen vom HZDR eine Messmethode entwickelt, die dies gar nicht erst nötig macht: die kontaktlose induktive Strömungstomographie (Contactless Inductive Flow Tomography, CIFT).

Der Ansatz nutzt eine spezielle Eigenschaft von Strömungen leitfähiger Flüssigkeiten aus: Sie können Magnetfelder beeinflussen. Um die Kokille – also die Form, in der Metalle und Legierungen gegossen werden – baut Wondrak deshalb vertikale und horizontale Spulen auf, die die Anlage selbst zwar nicht berühren, in der Schmelze aber ein Magnetfeld erzeugen. Die Strömung im Inneren löst wiederum ein eigenes Magnetfeld aus, das das äußere leicht verzerrt, was sich mit dem Rossendorfer Sensorsystem messen lässt. Auf dieser Grundlage wird es möglich, ein dreidimensionales Abbild von den Strömungen in der Schmelze zu rekonstruieren.

Da die Signale aus der Schmelze aber viel kleiner als das angelegte Magnetfeld sind, müssen die Sensoren sensibel reagieren. Deshalb kann selbst der rollende Stuhl die Untersuchungen stören. Durch das Verschieben hat sich ein weiteres, wenn auch sehr kleines Magnetfeld gebildet, das die Anlage sofort aufgespürt hat. Oder aufgespürt hätte. Denn dieses Problem konnten Wondrak und seine Mitstreiter lösen, indem sie ein Magnetfeld mit einer bestimmten Frequenz anlegen. Alle Signale, die auf einer anderen Frequenz zurückgesendet werden, können sie auf diese Weise herausfiltern. Dadurch gelang dem Team ein weiterer Schritt, um die Sensoren für größere Aufgaben zum Beispiel bei der realen Stahlproduktion fit zu machen.

Auf dem Weg zur Anwendung

So nähern sich die HZDR-Forscher langsam an die Industrie an. Eine Entwicklung, die nicht immer so sicher schien: „Als ich im Jahr 2007 mit meiner Promotion anfang, wurde gerade zum ersten Mal demonstriert, dass der Ansatz generell anwendbar ist, um Strömungen in heißen Schmelzen zu messen. Es war anschließend meine Aufgabe herauszufinden, ob es möglich ist, CIFT auch in die Industrie zu übertragen. Damals hat man mir ganz klar gesagt, dass die Antwort auch nein lauten könnte“, erinnert sich Wondrak und lacht. Denn in seiner Dissertation, die er 2012 abschloss, wies er nach, dass CIFT kein akademisches Spielzeug, sondern eine Technologie ist, die viele Produktionsprozesse der Flüssigmetall-Industrie verbessern könnte.

„Wir sind mittlerweile so weit, dass wir Tests unter realen Bedingungen durchführen können“, beschreibt Wondrak den aktuellen Stand. „Wir benötigen nur noch einen Industriepartner, der die weitere Entwicklung begleitet.“ Bis das Messverfahren marktreif ist, wird es allerdings noch ein wenig dauern. Zehn Jahre, schätzt der Wahlsachse, werden die HZDR-Forscher noch benötigen, um die Technik zu perfektionieren. Für Außenstehende ein langer Zeitraum – für die Wissenschaft eher ein Wimpernschlag. „Wir sprechen immerhin von einer Technologie, die es so bislang überhaupt nicht gab und die wir von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung komplett neu entwickeln“, erläutert Wondrak.

Denn das grundlegende Prinzip der Sensoren leitet sich aus astrophysikalischen Untersuchungen ab, die HZDR-Forscher gemeinsam mit Kollegen aus Riga bereits im Jahr 1999 durchgeführt hatten. Damals wiesen sie in Laborexperimenten den Dynamoeffekt nach. Die Wissenschaftler zeigten bei den Untersuchungen auf, dass schraubenförmige Strömungen im flüssigen äußeren Kern der Erde Magnetfelder erzeugen, wie Wondrak erklärt: „Es laufen also ähnliche Prozesse wie bei den Strömungen in der Stahlproduktion ab – nur in wesentlich größerem Maßstab.“

Aus den numerischen Methoden, mit denen sie den Dynamoeffekt simulierten, haben die Forscher im Anschluss das Verfahren der berührungslosen Strömungsmessung über Magnetfelder entwickelt. Seitdem nähern sie sich Schritt für Schritt an die Industrie an – auch wenn ihnen gelegentlich ein Möbelstück in den Weg rollt. —

KONTAKT

— Institut für Fluidodynamik am HZDR
Dr. Thomas Wondrak
t.wondrak@hzdr.de

// Der auffälligste Wissenstransfer von Forschungszentren in die Wirtschaft sind neue Technologien. Entscheidender sind aber die Menschen, die über ihre Ausbildung an Einrichtungen wie dem HZDR die Erkenntnisse in die Gesellschaft tragen.

BINDEGLIEDER ZWISCHEN WISSENSCHAFT UND INDUSTRIE

_Text . Simon Schmitt

Wenn sich Eik Schiller an seine Promotionszeit erinnern will, muss er lediglich einen Blick aus seinem Fenster werfen. Sieht er dort doch den Campus seiner ehemaligen Wirkungsstätte. Sein früheres Institut kann der gebürtige Zittauer zwar von seinem Büro aus nicht erkennen, wenige Schritte bringen ihn aber schnell dorthin. Einmal pro Woche arbeitet Eik Schiller im Durchschnitt am Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung des HZDR. „Wir nutzen für gemeinsame Projekte analytische Geräte und Laborräume des Zentrums“, erzählt der Leiter der Abteilung für Forschung und Entwicklung der ROTOP Pharmaka AG.

Im Herbst 2005 wechselte Schiller zu dem Rossendorfer Unternehmen, das auf dem Campus des Forschungszentrums Arzneimittel für die Nuklearmedizin entwickelt und herstellt. „Durch meine Zeit am HZDR war das praktisch ein fließender Übergang“, erinnert sich der Chemiker. „Da ich schon während meiner Promotion mit Forschern von ROTOP zusammengearbeitet habe, wurde mir nach der Verteidigung meiner Doktorarbeit die Stelle eines wissenschaftlichen Mitarbeiters

angeboten.“ Damals war das Unternehmen mit rund 20 Mitarbeitern noch relativ klein. Seitdem konnte es nachhaltig seine Geschäftsfelder ausbauen. Und mit der Firma wuchs auch Eik Schiller in größere Aufgaben hinein.

Als 2006 die sogenannte Good Manufacturing Practice (GMP) – Richtlinien, die die Qualität bei der Produktion von Arzneimitteln sichern sollen – auf die Wirkstoffe ausgeweitet wurde, übernahm Schiller die Abteilung Wirkstoffsynthese, fünf Jahre später die Leitung für Forschung und Entwicklung. Gleichzeitig ernannte ihn die sächsische Landesaufsichtsbehörde zur Sachkundigen Person. „Das bedeutet, dass ich persönlich für die Qualität der hergestellten Arzneimittel verantwortlich bin. Die perfekte Grundlage dafür konnte ich mir durch die Ausbildung am HZDR legen, denn ich habe hier die Forschung an radioaktiven Arzneimitteln in ihrer ganzen Breite – von der Chemie über die Physik und die Biologie bis zur Medizin – kennengelernt.“



STARKE VERZAHNUNG: Nach seiner Promotion am HZDR wechselte Eik Schiller zur ROTOP Pharmaka AG. Für gemeinsame Projekte zieht es den Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung noch häufig an das Zentrum. Bild: Oliver Killig



Partnerschaft zwischen angewandter und grundlegender Forschung

Nicht nur aufgrund der räumlichen Nähe hat Schiller das Forschungszentrum aber nie so ganz verlassen. „Bei der Entwicklung von Arzneimitteln für die Krebsdiagnostik sind wir mittlerweile ein eingespieltes Team. Vor allem bei der Grundlagenforschung greifen wir oft auf die Kenntnisse des HZDR zurück. Als mittelständische Firma können wir zum Beispiel radiochemische und biologische Untersuchungen, die vor Einführung eines Medikaments nötig sind, nicht selbst durchführen.“ Bei gemeinsamen Projekten, die selbstverständlich wie mit anderen Unternehmen auch vertraglich vereinbart werden, entschlüsseln deshalb oft die HZDR-Forscher den synthetischen Herstellungsprozess der Mittel. Im Anschluss wird er bei ROTOP bis zur Marktreife weiterentwickelt. „So profitieren beide Seiten, da sich die Kompetenzen ergänzen.“

Diese enge Verzahnung mit Forschungszentren findet auch Jaroslava Salomon äußerst wichtig. Als Programmmanagerin für Forschung und Innovation bei der Dresdner Von Ardenne GmbH spielt sie praktisch die Vermittlerin zwischen Industrie und Wissenschaft. „Um komplett neue Technologien zu entwickeln, fehlen uns als mittelständischem Unternehmen ganz einfach die Ressourcen. Hier verlassen wir uns auf angewandte und Grundlagenforschung, wie sie am HZDR betrieben wird. Sobald potentiell marktfähige Ideen und Produkte entstehen, übernehmen wir die Aufgabe, sie gemeinsam mit den Zentren bis zur industriellen Anwendung zu begleiten.“

START ALS DOKTORANDIN: Jaroslava Salomon am Niederenergie-Implanter im Ionenstrahlzentrum. Auch heute noch arbeitet sie oft mit dem HZDR zusammen. Bild: Claus Preußel



Ein großer Anteil ihrer Arbeit besteht deswegen darin, die Entwicklungen an den Forschungseinrichtungen zu beobachten. Optimal darauf vorbereitet hat sie ihre Promotion am HZDR, wie die gebürtige Slowakin berichtet: „Mir war früh klar, dass ich nicht in der Wissenschaft bleiben, sondern lieber in die Wirtschaft gehen möchte. Anders als an einer Universität konnte ich am HZDR bereits frühzeitig Kontakte zur Industrie knüpfen. Dadurch habe ich ein Gespür dafür entwickelt, welche Innovation für den Markt interessant sein könnte.“ Dank der guten Arbeitsbedingungen und der Möglichkeit, sich auf ihre Forschung zu konzentrieren, blickt Salomon deswegen zufrieden auf ihre Promotion in Dresden-Rossendorf zurück.

Dresden statt Baltimore

In die sächsische Landeshauptstadt hat es sie vor elf Jahren allerdings eher zufällig verschlagen. Nach dem Ingenieurstudium an der Slowakischen TU Bratislava wollte Jaroslava Salomon ihre Doktorarbeit eigentlich am Labor für Angewandte Physik der John Hopkins Universität in Baltimore beginnen. Durch einen persönlichen Kontakt lernte sie jedoch das HZDR kennen. „Die spannenden Forschungsthemen und die hervorragenden technischen Möglichkeiten haben mich schließlich überzeugt, nicht in die USA, sondern nach Deutschland zu gehen“, erinnert sich Salomon. Am Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung des HZDR beschäftigte sie sich mit der Frage, wie sich die Effizienz von Silizium-Leuchtdioden steigern lässt.

Nach ihrer Promotion in der Fachrichtung Physik im Jahr 2009 wechselte die Diplom-Ingenieurin zur Von Ardenne GmbH. Bei dem Dresdner Anlagenbauer werden Vakuumbeschichtungsanlagen entwickelt, mit denen mikro- bis nanometerdünne Funktionsschichten auf Materialien wie Glas oder Folie aufgebracht werden können. Diese Materialien sind die Grundlage für Produkte wie Architekturglas, Solarmodule, veredelte Metallfolien für dekorative Anwendungen oder Displays. Aber auch in Salomons Fall blieb die Verbindung zum Forschungszentrum stark: „Gerade im Bereich der Prozessanalytik arbeiten wir oft mit dem HZDR zusammen. Wenn eine Schicht nicht die gewünschten Eigenschaften aufweist, hilft uns das Rossendorfer Grundlagenwissen weiter.“

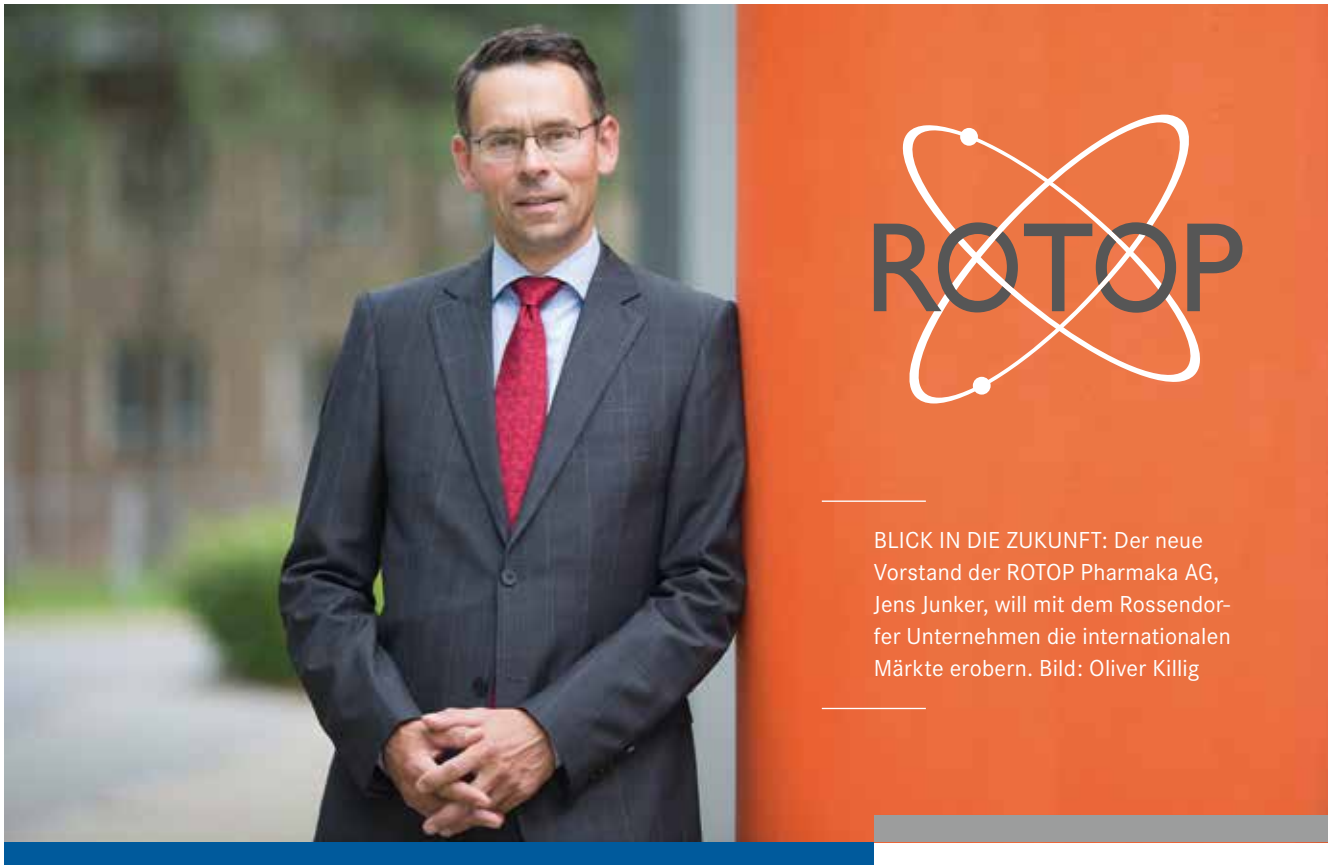
Wissenschaftler, wie Eik Schiller und Jaroslava Salomon, werden auf diese Weise zu Brückenköpfen zwischen Forschung und Industrie. Denn sie tragen einerseits die Erkenntnisse aus Zentren, wie dem HZDR, in die Wirtschaft, andererseits machen sie die Forschungseinrichtungen auf die Bedürfnisse der Industrie aufmerksam. Die wichtige Verzahnung zwischen den beiden gesellschaftlichen Bereichen, die Innovation und Fortschritt sichern, wird so real. —

KONTAKT

_ROTOP Pharmaka AG
Dr. Eik Schiller
eisc@rotop-pharmaka.de

_Von Ardenne GmbH
Dr. Jaroslava Salomon
salomon.jaroslava@vonardenne.biz

// Das vergangene Wachstum nachhaltig ausbauen: Dieses Ziel verfolgen die neuen Eigentümer der ROTOP Pharmaka AG. Besonders auf den internationalen Märkten in Europa und Nordamerika sehen sie gute Absatzchancen für ihre Produkte.



BLICK IN DIE ZUKUNFT: Der neue Vorstand der ROTOP Pharmaka AG, Jens Junker, will mit dem Rossendorfer Unternehmen die internationalen Märkte erobern. Bild: Oliver Killig

VON ROSSENDORF IN DIE WEITE WELT

_Text . Simon Schmitt

Die Vision ist klar: Aufstieg zu einem der europaweit führenden Unternehmen in der Nuklearmedizin. Die Herausforderungen ebenfalls. Dies wird schnell deutlich, wenn man sich mit Jens Junker über die Zukunft der ROTOP Pharmaka AG unterhält. Seit Januar 2014 lenkt er gemeinsam mit der Firmengründerin Monika Johannsen die Geschicke bei dem Hersteller für radiopharmazeutische Arzneimittel, der sich mitten auf dem Rossendorfer Forschungscampus befindet. Der erfahrene Manager weiß, dass das Wachstum nicht schnell, sondern nachhaltig erfolgen muss. Gerade deswegen fiel die Wahl auf ihn.

„Es freut uns sehr, dass wir für die Zukunft des Unternehmens eine sächsische Lösung finden konnten“, verkündete Monika Johannsen am Anfang des Jahres auf der Pressekonferenz, auf der sie die Investoren Wilhelm Zörgiebel und Jens Junker als neue Eigentümer der ROTOP Pharmaka AG vorstellte. Nach 14

erfolgreichen Jahren wollte die Gründerin das Zepter weitergeben, damit die Firma langfristig weiter stetig wächst. Um dies zu erreichen, müssen nach Ansicht der neuen Gesellschafter nun zwei zentrale Aufgaben gemeistert werden: Das Geschäft muss internationaler und die Organisationsstruktur umgebaut werden.

„Wir haben momentan rund 50 Mitarbeiter“, erzählt Junker. „Das ist eine typische Wachstumsschwelle für Unternehmen. Ab diesem Punkt kommt es nicht mehr darauf an, dass sich alle Mitarbeiter in jedem Bereich perfekt auskennen. Vielmehr müssen jetzt Aufgaben und Verantwortlichkeiten stärker delegiert werden.“ Da er bei diesen strategischen Fragen auf einen großen Erfahrungsschatz zurückgreifen kann, ist es auch kein Problem, dass er nicht mit jedem Detail der ROTOP-Produkte vertraut ist, meint Junker. Immerhin hat er sich mit den Herausforderungen, die das mögliche Wachstum bestimmen werden, ausgiebig auseinandergesetzt. →

So hat er in den vergangenen drei Jahren mittelständische Unternehmen in Sachsen beraten, die den Schritt auf internationale Märkte gewagt haben. Vor der Rückkehr in seine Heimat leitete Junker bis 2010 eine tschechische Firma in Hradec Králové, die Güter für Schwellenländer herstellt. Zuvor hat er von 2001 bis 2005 die Produkte eines Unternehmens aus dem Anlagenbau und der Verfahrenstechnik international vertrieben. Um für die unterschiedlichen Märkte die besten Abläufe zu finden, baute Junker vor Ort eigene Vertriebsstrukturen auf. Vom Start-Up zum Unternehmen mit rund 150 Mitarbeitern führte er davor ein deutsch-israelisches Gemeinschaftsprojekt.

Sächsische Lösung

Diese internationale Erfahrung, kombiniert mit seinen sächsischen Wurzeln, machte den gebürtigen Dresdner zu einem perfekten Nachfolger in den Augen der ROTOP-Gründerin. „Frau Johannsen hat gezielt nach Unternehmern aus der Region gesucht, weil wir wissen, was passiert, wenn eine mittelständische von einer großen Firma geschluckt wird“, berichtet Junker. „Nach ein paar Jahren bleibt nichts mehr übrig.“ Nun soll es aber auch mit ROTOP in die weite Welt gehen. „Zwar vertreiben wir Arzneimittel schon in 32 Ländern. Bislang aber tröpfchenweise.“ Besonders für die beiden Hauptprodukte MAG-3, mit dem sich Funktionen der Nieren visualisieren lassen, und NANOTOP, mit dem Tumorzellen aufgespürt werden können, sieht er gute Absatzchancen im Ausland.

Um die Herstellungskapazitäten zu steigern, werden beim sächsischen Pharmaka-Hersteller zunächst die Reindräume ausgebaut. Dadurch soll sich bis zum Ende des kommenden Jahres die Produktion verdreifachen. Außerdem will Junker auf wichtige Synergien setzen: „Wir haben auf der einen Seite die gute Zusammenarbeit mit dem HZDR im Bereich der Grundlagenforschung, die wir fortsetzen möchten. Das gibt uns die Möglichkeit, neue Medikamente zu entwickeln. Auf der anderen Seite kommen über den zweiten Gesellschafter, Wilhelm Zörgiebel, die Firmen Biotype und Qualitytype mit ins Boot. Dadurch können wir unser radiopharmazeutisches Know-how um biotechnologische Ansätze und Methoden erweitern.“

Auf Grundlage dieser Kombination aus Gendiagnostik, radiopharmazeutischer Theragnostik und Bioinformatik könnte sich in den kommenden Jahren nach Ansicht Junkers eine eigenständige, sächsische Unternehmergruppe für die personalisierte Medizin entwickeln, die auch auf den internationalen Märkten eine starke Rolle spielen kann. —

KONTAKT

_ROTOP Pharmaka AG
Jens Junker
j.junker@rotop-pharmaka.de

Auszeichnungen für Dresdner Krebsforscher

Für seine Verdienste auf dem Gebiet der Krebsforschung und -behandlung erhielt Michael Baumann, Direktor des Instituts für Radioonkologie am HZDR sowie des Nationalen Zentrums für Strahlenforschung in der Onkologie - OncoRay, Anfang Mai den Wilhelm-Warner-Preis 2013. Die Auszeichnung wird einmal pro Jahr von der gleichnamigen Stiftung, die der Hamburger Gastronom Wilhelm Warner im Jahr 1961 kurz vor seinem Tod gegründet hat, verliehen.

Die Würdigung, die mit einem Preisgeld in Höhe von 10.000 Euro dotiert ist, wurde bislang an rund 60 Wissenschaftler verliehen – unter anderem an den deutschen Nobelpreisträger Harald zur Hausen. Das Preisgeld hat Michael Baumann im vollen Umfang an die Dresdner Stiftung Hochschulmedizin gespendet, deren Ziel es ist, das Universitätsklinikum und die Medizinische Fakultät der TU Dresden in den Bereichen Krankenversorgung, Patientenfürsorge, medizinische Forschung sowie bei der Aus- und Weiterbildung medizinischen Personals zu fördern.

Ebenfalls im Mai würdigten die finnische Universität Turku und die Abo Akademi Turku Jörg Steinbach für seine Leistungen auf dem Gebiet der Radiochemie mit dem Gadolin Award 2014. Der Direktor des HZDR-Instituts für Radiopharmazeutische Krebsforschung erhielt die Auszeichnung, die an Johan Gadolin, den „Vater moderner finnischer Chemieforschung“, erinnern soll, während des 13. Turku PET Symposiums. Der Preis wird alle drei Jahre an einen Forscher verliehen. Nach Bengt Langström von der schwedischen Universität in Uppsala, der den Award 2011 bekam, ist Jörg Steinbach der zweite Preisträger.

KONTAKT

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

_Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung am HZDR
Prof. Jörg Steinbach
j.steinbach@hzdr.de



WISSENSWERT – NACHRICHTEN RUND UM DAS HZDR

NEUES VERFAHREN ZUM RECYCELN VON RÖHREN- UND LCD-BILDSCHIRMEN ENTWICKELT

_Text . Tina Schulz & Katarina Werneburg



Metallurge und Kaiserpfalz-Preisträger Robert Wolf vom Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie am HZDR.

Die neue LCD-Technologie hat sich durchgesetzt. In den Elektromärkten sind die alten Röhrenfernseher bereits ausgestorben. Es ist nur noch eine Frage der Zeit, bis sie aus den Haushalten verschwunden sind und sich auf Müllhalden türmen. Doch auch die neuen LCD-Geräte stellen ein ernstzunehmendes Recyclingproblem dar. Rund eine halbe Million Tonnen dieser Schrotte – so die Prognosen – fallen bis zum Jahr 2018 allein in der EU an. Warum aber wichtige Ressourcen vergeuden? „In geringen Mengen enthalten vor allem LCD-Bildschirme die wertvollen Metalle Indium und Zinn, die auf dem Weltmarkt stark nachgefragt und auch für unsere Industrie von großer Bedeutung sind“, erklärt Michael Stelter vom Institut für Nichteisenmetallurgie und Reinstoffe der TU Bergakademie Freiberg.

Aus diesem Grund haben die Bergakademie und das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) am HZDR gemeinsam ein Verfahren entwickelt, mit dem sowohl Röhren- als auch LCD-Bildschirme umweltschonend und gewinnbringend recycelt werden können. Für diese Leistung erhielten die HIF-Mitarbeiter Christiane Scharf und Robert Wolf sowie Michael Stelter gemeinsam mit drei weiteren Wissenschaftlern der Bergakademie am 24. Juni 2014 in Goslar den mit 50.000 Euro dotierten Kaiserpfalz-Preis der Metallurgie.

In einem einzigen pyrometallurgischen Verfahren, wobei die Bildschirme samt Glas in einem Ofen geschmolzen werden, können beide Schrottsorten zusammen verarbeitet werden. Als Produkte erhält man ein Mischglas, das als Glaskeramik genutzt werden kann, und eine bleihaltige Phase, also geschmolzenes Metall, in der alle Metalle enthalten sind. Über 80 Prozent des in den LCD-Monitoren enthaltenen Indiums konnten so bisher zurückgewonnen werden. „Dieses neue Verfahren löst die Probleme beim Recycling der

Schrotte der beiden Bildschirmgenerationen und stellt damit eine strategisch und wirtschaftlich interessante, innovative Lösung dar“, freut sich Preisträger Robert Wolf. —

KONTAKT

_Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie am HZDR
Prof. Christiane Scharf
c.scharf@hzdr.de

_Institut für NE-Metallurgie und Reinstoffe an der TU Bergakademie Freiberg
Prof. Michael Stelter
michael.stelter@inemet.tu-freiberg.de

MULTIFLOW IM IRAK

_Text . Christine Bohnet

Uwe Hampel kennt sich aus mit Strömungen. Gemeinsam mit Kollegen vom Institut für Fluidodynamik am HZDR hat er in den letzten Jahren neuartige Sensoren und ausgefeilte Messtechniken für komplexe Strömungen aus zwei Phasen – also aus einer Flüssigkeit und Gas oder Dampf – entwickelt.

erlebt. Wie in jedem anderen Wirtschaftszweig ist eine exzellente Ausbildung von Ingenieuren und Wissenschaftlern eine wesentliche Voraussetzung für nachhaltigen wirtschaftlichen Erfolg. Daher hat sich die Universität Zakho das Ziel gesetzt, sich im Irak als Exzellenzuniversität auf dem Gebiet



Verarbeitungsanlage für Rohöl im Irak. Bild: Fotolia © superkiss

„Mittlerweile haben wir unsere Forschungen auf Dreiphasen-Strömungen ausgedehnt, weil diese in vielen Prozessen der chemischen Industrie eine wichtige Rolle spielen“, so Hampel. Er verdeutlicht dies mit einem Beispiel: „Bei der sogenannten heterogenen Katalyse wird Gas in einen mit flüssigen Einsatzstoffen gefüllten Chemiereaktor eingedüst. An den in der Flüssigkeit mitströmenden Katalysator-Partikeln kommt es dann zur gewünschten chemischen Reaktion. Unsere Grundlagenuntersuchungen dienen dem Ziel, die Effizienz von solchen chemischen Prozessen zu erhöhen.“

Aber auch in einem anderen Anwendungsgebiet sind Zwei- und Dreiphasenströmungen von herausragender Bedeutung: für die Förderung und Verarbeitung von Erdöl und Erdgas. Während dieses Thema für die deutsche Wirtschaft naturgemäß weniger interessant ist, gibt es Länder und Regionen, deren Wachstum, Wohlstand und damit soziale und politische Stabilität sehr eng mit diesem Wirtschaftszweig verbunden sind. Ein gutes Beispiel dafür ist der Irak, wo abseits der politischen Wirren des Kernlandes das erdölreiche Kurdistan derzeit einen bisher unerreichten wirtschaftlichen Aufschwung

der Erdöl- und Erdgastechnologien zu etablieren. Uwe Hampels Abteilung ist für sie perfekter Partner für eine zukünftige Zusammenarbeit. Die neue Kooperation kommt jedoch nicht von ungefähr, denn einer der irakischen Leiter des Projektes war während seiner Promotionstätigkeit vor einigen Jahren an einer gemeinsamen Forschungsarbeit zwischen der britischen Universität Nottingham und dem HZDR beteiligt.

Bei der Gewinnung von Erdöl müssen verschiedene Flüssigkeiten und Gase – beides fasst der Begriff Fluide in einem Wort zusammen – aus dem unterirdischen Reservoir an die Oberfläche gefördert und dort getrennt werden. Neben Rohöl sind dies Methangas, CO₂ und Wasser, aber auch Feststoffe wie etwa Sand oder Methanhydrate. Technologisch und wissenschaftlich interessante Fragestellungen sind: Wie lassen sich die einzelnen Fluide in der Pipeline mengenmäßig erfassen? Wann wird das Reservoir unwirtschaftlich? Welche Verfahren zur Trennung der Fluide sind effizient und wirtschaftlich? Wie verhalten sich Strömungen mit mehreren Phasen in langen Rohrleitungen? Unter welchen Umständen entstehen Druckschläge durch Pfropfenbildung? Welche Druckverluste entste-



hen durch die Strömung und wie lassen sie sich mindern? Wie handhabt man zähflüssiges Rohöl? Wie verhalten sich Feststoffe im Förderstrom? Wie sehen optimale Mehrphasen-Pumpen aus?

Zur Beantwortung derartiger Fragen sowie zur praxisnahen Ausbildung ihrer Ingenieurstudenten will die Universität Zakho ein Labor für Mehrphasen-Strömungen aufbauen. Gefördert durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) startete im April 2014 im Rahmen des Irakisch-Deutschen Partnerschaftsprogramms für Universitäten die Phase A der Zusammenarbeit: die Anbahnung einer Forschungskooperation zwischen der Universität Zakho und dem HZDR.

Das Helmholtz-Zentrum wird als Referenzpartner die Universität im Irak bei Aufbau, Einrichtung und Betrieb eines eigenen Mehrphasen-Labors unterstützen. Hier sollen in Zukunft neue Technologien für die Erdgas- und Erdölfördertechnik, wie beispielsweise Mehrphasen-Mengenmessgeräte oder -Pumpen, erprobt und entwickelt werden. Die Universität Zakho finanziert alle Arbeiten, die nötig sind, um die neuen Versuchsstände auszubauen und mit Messtechnik auszustatten. Auch Training und Weiterbildung stehen hoch im Kurs. Irakische Ingenieure und Wissenschaftler sollen an den neuen Versuchsständen, aber auch im Rahmen von Kursen und durch projektbezogene Zusammenarbeit am HZDR ausgebildet werden. Nicht zuletzt können besonders fähige Nachwuchswissenschaftler von der Zusammenarbeit profitieren, indem sie in gemeinsamen Projekten promovieren.

Der Aufbau des Labors im Irak steht jedoch erst in der Phase B der Förderung durch den DAAD an, die nun gestartete Phase A beinhaltet Workshops zum Informationsaustausch und zum Kennenlernen der Partner sowie das Erarbeiten eines festen Programplans inklusive Zeit- und Finanzierungsplanung. Eine Kooperationsvereinbarung soll die erste Phase abschließen. —

KONTAKT

_Institut für Fluidodynamik am HZDR
Prof. Uwe Hampel
u.hampel@hzdr.de

Beschleuniger in Medizin und Forschung

Von den rund 30.000 Beschleunigern weltweit ist ein gutes Drittel für die Medizin im Einsatz. Meist handelt es sich um Linearbeschleuniger, die harte Röntgenstrahlung oder Elektronen für die Strahlentherapie produzieren, und das täglich sowie mit hoher Verfügbarkeit. Die Zahl der Kliniken, die einen Kreis- oder Ringbeschleuniger betreiben, ist dagegen noch überschaubar klein. Während in Dresden bald ein mehrere hundert Tonnen schwerer Kreisbeschleuniger Protonen für die neue Krebstherapie mit geladenen Teilchen liefern wird, können an der Heidelberger Ionenstrahlentherapie am Ringbeschleuniger auch Kohlenstoff-Ionen und weitere Ionen-Sorten erzeugt werden.

Die Giganten in der Welt der Beschleuniger sind aber sicherlich nur in großen Forschungszentren vorhanden. Kommt es dort zur Entdeckung neuer Teilchen, dann sorgt dies regelmäßig für Schlagzeilen in den Medien. Ein spektakuläres Thema war etwa der Nachweis des Higgs-Teilchens an der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN, für dessen Vorhersage im vergangenen Jahr der Nobelpreis Physik verliehen wurde.

„IPAC“ vom 15. bis 20. Juni 2014 in Dresden beschäftigten. Forscher vom CERN hielten allein acht Vorträge auf der „International Particle Accelerator Conference“, aber auch andere Zentren waren gleich mit mehreren Rednern vertreten. So auch das HZDR: Michael Gensch berichtete über den Aufbau einer superstrahlenden Quelle für Terahertz-Strahlen im ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen. Kooperationspartner des aufwendigen Projekts sind die Helmholtz-Zentren DESY und Karlsruher Institut für Technologie, die Physikalisch-Technische Bundesanstalt sowie der European XFEL und das amerikanische Beschleuniger-Labor SLAC.

Eine Rossendorfer Eigenentwicklung, die supraleitende Elektronenkanone, war dagegen das Vortragsthema des Physikers Jochen Teichert. Diese Zukunftstechnologie sorgt dafür, dass der Elektronenstrahl des Beschleunigers ELBE am HZDR eine besonders hohe Qualität aufweist. „Viele spannende Projekte auf dem Gebiet der Teilchenbeschleunigung werden derzeit realisiert, denn mit immer noch intensiveren und brillanteren Strahlen können Forscher



Konferenzempfang im Albertinum Dresden

Um dieses Teilchen noch genauer vermessen zu können, soll die Energie des größten Teilchenbeschleunigers der Welt – der Large Hadron Collider (LHC) hat einen Umfang von knapp 27 Kilometern – noch einmal verdoppelt werden. Dies war nur eines von vielen Themen, mit denen sich die rund 1.500 Teilnehmer auf der Weltbeschleunigerkonferenz

die Kräfte verstehen, die unsere Welt zusammenhalten“, freute sich Peter Michel vom HZDR über das Welttreffen der Beschleunigerexperten. Er hatte die Organisation vor Ort zu verantworten und ihm ist es unter anderem zu verdanken, dass die IPAC-Konferenz 2014 in Dresden stattfand. (CB)



Schüler auf der Suche nach virtuellen Strahlungsquellen im Schülerlabor DeltaX.

Mit DeltaX zum Dokortitel!

Einen Dokortitel bekommen, bevor man überhaupt mit der Schule fertig ist, noch dazu ganz ohne Prüfungsstress? Möglich ist das im Dresdner Junior doktor-Programm. Bei diesem Projekt bieten mehr als 30 Dresdner Institute und Firmen Schülern der 3. bis 12. Klasse die Möglichkeit, einen Blick in die Welt der modernen Forschung zu werfen. Das HZDR-Schülerlabor DeltaX hat sich an dem Programm mit einem Experimentiertag zur Radioaktivität beteiligt. Dabei konnten die Schüler echte Messgeräte aus den Laboren testen und erforschen, woher die Radioaktivität in der Luft oder in unterschiedlichen Lebensmitteln kommt. Abstand und Abschirmung – zwei wichtige Gesetze beim Umgang mit radioaktiven Stoffen – wurden an neuen Medientischen erprobt, die verschiedenste Strahlungsquellen virtuell simulieren können.

Die letzte Gelegenheit, am DeltaX-Programm teilzunehmen, gab es im Hörsaalzentrum der TU Dresden während der 12. Langen Nacht der Wissenschaften am 4. Juli 2014. Highlight war die Station zum radioaktiven Zigarettenrauch. Nachdem

ein spezieller Luftsammler das Abrauchen einer Zigarette erledigt hatte, konnten die Jugendlichen mit Messgeräten den Filter untersuchen und herausfinden, dass selbst der Zigarettenrauch radioaktiv ist. Insgesamt informierten sich rund 4.000 Besucher am Stand des Rossendorfer Schülerlabors. (TS)

➔ www.hzdr.de/deltax

Der LHC im Klassenzimmer

Obwohl der riesige Teilchenbeschleuniger LHC (Large Hadron Collider) am CERN, dem Europäischen Zentrum für Teilchenphysik in Genf, eine starke Faszination auf die Öffentlichkeit ausübt, bleibt vielen Menschen verborgen, was sich genau bei dem größten Experiment der Welt abspielt. Um die Experimente am CERN Schülern zu vermitteln, hat Michael Kobel deshalb die Programme „International Masterclasses“ und „Netzwerk Teilchenwelt“ entwickelt.

Dem Professor der TU Dresden geht es dabei allerdings weniger darum, bei den Teilnehmern Detailwissen aufzubauen. Vielmehr sollen sie erfahren, wie moderne Forschung in großen internationalen Kollaborationen abläuft. Die Schüler schlüpfen in die Rolle von CERN-Wissenschaftlern. Unter Anleitung von Teilchenphysikern, die entweder in die Schulen kommen oder ihre Forschungsinstitute für die Jugendlichen öffnen, werten sie Daten von Teilchenkollisionen, die am CERN aufgezeichnet wurden, aus. Jährlich erhalten so rund 5.000 Schüler in Deutschland einen Einblick in die Welt der Teilchenphysik. Besonders die eigenen Messungen und der Kontakt zu den Forschern hinterlassen bei vielen Teilnehmern einen bleibenden Eindruck. Für diese Leistung und vor allem für sein langjähriges Engagement, Jugendlichen die Teilchenphysik zu vermitteln, hat die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) den Georg-Kerschensteiner-Preis 2014, der mit 3.000 Euro dotiert ist, an Michael Kobel verliehen. (UB, SI)

➔ www.teilchenwelt.de

TERMINVORSCHAU

25. - 29.08.2014

Fifteenth International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics (CGS15)
HZDR | gemeinsam mit Technischer Universität Dresden

03. - 07.11.2014

Advanced Techniques in Actinide Spectroscopy 2014 (ATAS 2014)
HZDR

Strahlenschutzkurse an der HZDR-Forschungsstelle in Leipzig

08. - 12.09.2014

Fachkunde (Module GH, OG)

23.09.2014

Aktualisierungskurs

07. - 09.10.2014

Fachkunde (Module GG, FA)

Kunst im HZDR

04.09.2014

Eberhard von der Erde

Lehrer-Infotage im Schülerlabor DeltaX

21. und 25.08.2014

HZDR

Foto: Oliver Killig

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

Juli 2014

ISSN: 2194-5705 // Ausgabe 01.2014

REDAKTION

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

AUTOREN DIESER AUSGABE

Dr. Uta Bilow | Freie Wissenschaftsjournalistin, Dresden
Christian Döring, Sara Schmiedel | EMFL-Kommunikation, HZDR
Sascha Karberg | Journalistenbüro Schnittstelle, Berlin
Dr. Roland Knauer | Journalistenbüro Viering und Knauer, Lehnin
Gerhard Samulat | Freier Wissenschaftsjournalist, Wiesbaden
Tina Schulz, Anja Weigl | Pressestelle Helmholtz-Institut für Ressourcentechnologie am HZDR
Katarina Werneburg | Pressestelle TU Bergakademie Freiberg

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

BILDNACHWEIS

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des HZDR, soweit nicht anders angegeben

GESTALTUNG

WERKSTATT X . Michael Voigt
www.werkstatt-x.de

DRUCK

Druckerei Mißbach
www.missbach.de

AUFLAGE

3.500 // Gedruckt auf Inapa Infinity Silk, FSC zertifiziert

KONTAKT / BESTELLUNG (kostenfrei)

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

NACHDRUCK

mit Quellenangabe gestattet. Belegexemplar erbeten.

„entdeckt“ erscheint zweimal jährlich.

Alle Print-Ausgaben finden Sie als e-paper auf den Internetseiten des HZDR.

➤ www.hzdr.de

Das HZDR auf Facebook und Twitter:

➤ www.facebook.com/Helmholtz.Dresden

➤ www.twitter.com/hzdr_dresden

EXZELLENZ AUS WISSENSCHAFT UND KULTUR

DRESDEN-concept ist der synergetische Verbund der Technischen Universität Dresden mit starken Partnern aus Wissenschaft und Kultur. Unser gemeinsames Ziel: Dresden als Wissenschaftsstandort an die Weltspitze bringen!



DRESDEN
concept
Exzellenz aus
Wissenschaft
und Kultur