

entdeckt

DAS FORSCHUNGSMAGAZIN AUS DEM HZDR

// AUSGABE 01.2015

hzdr.de



Klasse Nachwuchs!

ZWANZIG JAHRE KREBSDIAGNOSTIK

Über radioaktive Arzneimittel und molekulare Bildgebung

ZURÜCK IN DIE ZUKUNFT

Dresdner Kunstprojekt illustriert die Endlagerung radioaktiver Abfälle

LABOR DER EXTREME

Neue Experimentierstation am Europäischen Röntgenlaser XFEL

HZDR

 **HELMHOLTZ**
ZENTRUM DRESDEN
ROSSENDORF

TITELBILD: Sie hat schon wichtige Stufen genommen auf der Karriereleiter. Nach dem hervorragenden Abschluss ihrer Promotion arbeitet Claudia Arndt daran, dass die von ihr erforschten Antikörper zukünftig in der Krebstherapie eingesetzt werden können. Foto: André Forner



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

ohne ihn wäre kein wissenschaftlicher Erfolg möglich – talentierter Nachwuchs! Und um diesen zu gewinnen, braucht es deutliche Anstrengungen, denn den Besten stehen weltweit alle Türen offen. Erstklassige Infrastrukturen mit optimalen Experimentierbedingungen helfen sicherlich dabei, das Interesse bei jungen Wissenschaftlern zu wecken. Und manchmal spielen auch Zufälle eine Rolle. So war es ein Bericht über die Einweihung des Hochleistungslasers DRACO im Mitteldeutschen Rundfunk, der Josefine Metzkes, Physikabsolventin aus Halle, neugierig machte. Heute, kurz vor Abschluss ihrer Promotion, weiß sie: Die Entscheidung für Dresden war richtig, auch wenn in ihrem Fall die experimentellen Rahmenbedingungen nicht immer perfekt waren. DRACO stand, dicht eingepackt unter mehrlagiger Folie, mehr als ein ganzes Jahr still, damit die empfindliche Optik beim Erweiterungsbau des Zentrums für Hochleistungs-Strahlenquellen ELBE keinen Schaden nimmt.

Ein entscheidender Faktor für den Wissenschaftsstandort Dresden ist die Technische Universität. Hier wird hervorragender naturwissenschaftlicher Nachwuchs ausgebildet, der in Dresden die Qual der Wahl hat, wenn es um einen Promotionsplatz geht. Immerhin konkurrieren hier zahlreiche Einrichtungen um die vielversprechenden Studentinnen

und Studenten: drei Max-Planck- und ebenso viele Leibniz-Institute, zwölf Institute bzw. Institutsteile der Fraunhofer-Gesellschaft, das HZDR und ein weiterer Helmholtz-Standort sowie das Universitätsklinikum Carl Gustav Carus und die TU selbst. Weil führende Dresdner Köpfe früh erkannt haben, dass sichtbare Erfolge – bei aller Konkurrenz – nur auf der Basis einer engen Zusammenarbeit möglich sind, schlossen sich die außeruniversitären Institute und die TU Dresden zum Verbund DRESDEN-concept zusammen. Und diesem Verbund ist es nicht zuletzt zu verdanken, dass die Technische Universität im Rennen um den Status der Exzellenzuniversität gewinnen konnte. Dies wiederum zieht nun auch vermehrt die internationale Spitzenklasse nach Dresden.

Ohne besonders engagierte und in ihrem jeweiligen Fachgebiet fest verankerte Betreuer wäre die gezielte Förderung und Ausbildung von derzeit rund 150 Doktoranden am HZDR nicht möglich. Ein solcher Vollblut-Forscher ist Stephan Winnerl, den wir Ihnen unter „Porträt“ vorstellen. Dort können sie auch die Krebsforscherinnen Esther Troost und Manja Kubeil kennenlernen. Den besten Nachwuchswissenschaftler aus jedem der acht HZDR-Institute vorzustellen, ist uns allerdings nicht gelungen. Zum einen, weil die Spitze in aller Regel aus mehreren klugen und ehrgeizigen Doktoranden und Postdoktoranden besteht, und zum anderen, weil es uns auch ein Anliegen war, Sie mit der Vielfalt unserer Forschungsthemen vertraut zu machen. So reicht die Palette in dieser „entdeckt“-Ausgabe von Funktionsmaterialien und Nano-Sieben über Chemiereaktoren bis hin zu einem Regelmechanismus auf zellulärer Ebene, Beschleunigerforschung und immuntherapeutischer Behandlung von Krebserkrankungen.

Viel Vergnügen mit unserem sympathischen Nachwuchs wünscht Ihnen

Christine Bohnet
Abteilung Kommunikation und Medien im HZDR

INHALT

TITEL

Klasse Nachwuchs

- 04 Die Zukunft der Elektronik
- 07 Neue Materialien für magnetische Kühlung
- 09 Ein Sieb für Moleküle
- 12 Licht ins Dunkel bringen
- 14 Geneigt, gedreht, getrennt – so strömt's besser
- 17 Ein Aufpasser für die Zelle
- 19 Mit Lego gegen Krebs

FORSCHUNG

- 22 20 Jahre Krebsdiagnostik
- 25 Sicherheit für Reaktoren der IV. Generation

PORTRÄT

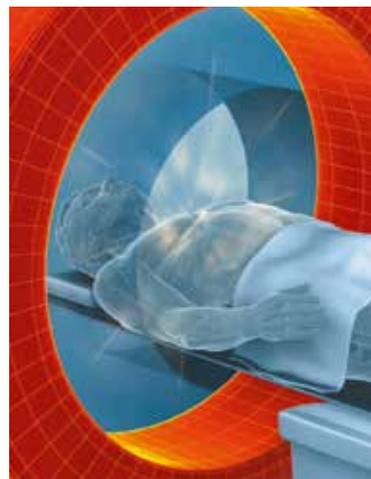
- 28 „Wir betreten gern neue Wege und schaffen Brücken zwischen Forschung und Klinik“
- 31 Nanopartikel mit Blähungen
- 33 Ein Gespür für Diplomatie
- 34 Green Photonics Award 2015 für Dresdner Forscher
- 35 HZDR-Doktorand gehört zur internationalen Spitze
- 35 Neuer „Research Fellow“
- 35 Preis der Zeitschrift „Nuklearmedizin 2015“

WISSENSWERT

- 36 Zurück in die Zukunft
- 36 Zeit für Ausstellungen
- 37 Neuer Film zur Endlagerforschung
- 37 Terminvorschau
- 38 Labor der Extreme
- 38 Das Innovationspotenzial ausschöpfen
- 39 Impressum



Foto: André Forner



// Noch ist die moderne Mikroelektronik in zwei Welten geteilt: Entweder arbeiten, wie im Prozessor eines Computers, winzige elektrische Ströme – oder auf der eingebauten Festplatte Magnetfelder. Die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Funktionsmaterialien“ vereint beide Welten in Halbleitern. Am Ende könnten dabei Computerchips mit zusätzlichen Magnetschaltern entstehen.

DIE ZUKUNFT DER ELEKTRONIK

_TEXT . Roland Knauer

Seit einem halben Jahrhundert sind Halbleiter eine Art Triebwerk, das die Weltwirtschaft in Schwung hält. Stecken diese Bauteile doch in praktisch allen Geräten, die für die Revolutionen des Alltags in den vergangenen Jahrzehnten verantwortlich waren: Fernseher und Computer, Handy und Solarzellen. Die Funktion solcher Halbleiter-Elemente ist in dieser Zeit immer gleich geblieben. In Materialien wie Silizium oder

Gallium-Arsenid, die elektrischen Strom kaum leiten, werden Elemente wie Phosphor oder Aluminium, Kohlenstoff oder Tellur implantiert. Die fremden Atome im Kristallgitter ändern die elektrischen Eigenschaften. Dadurch kann ein kleiner elektrischer Strom von außen ein solches Halbleiter-Element ein- oder ausschalten. Ob im Prozessor des Computers oder im Bildsensor einer digitalen Kamera, die Chips arbeiten bisher immer nach diesem Prinzip winziger elektrischer Schalter. Genau das aber möchte Shengqiang Zhou mit seiner Nachwuchsgruppe im HZDR ändern. So haben es die Forscher bereits geschafft, zusätzlich zu diesen Elektroschaltern noch kleine Magnete in Halbleiter einzubauen. Und zielen damit auf ganz neue Anwendungsmöglichkeiten. →

IONENBILLARD: Shengqiang Zhou vergleicht den Ionen-Beschuss einer Werkstoff-Oberfläche gerne mit Billardkugeln. Foto: André Forner





IONENMASCHINE: Ionen niedriger Energie stoßen vor allem Atome an der Oberfläche von ihrem angestammten Platz im Kristallgitter. Foto: Claus Preußel

Geheilte Kristalle

Um fremde Atome in die Halbleiter zu bringen, erzeugen Shengqiang Zhou und seine Mitarbeiter elektrisch geladene Atome, beschleunigen diese Ionen mit einer starken elektrischen Spannung und schießen sie so in den Halbleiter. Genauso werden überall auf der Welt Halbleiter „dotiert“, wie Elektronik-Spezialisten diesen Prozess nennen. Nur dotiert man den Halbleiter Gallium-Arsenid normalerweise mit Kohlenstoff oder Tellur, während die HZDR-Forscher dazu Mangan nehmen. Dieses Element ist genau wie Eisen ein sogenanntes „Übergangsmetall“, genau wie jenes ist auch Mangan magnetisch.

Zunächst einmal richtet der Physiker einen auf hundert Kilo-Elektronenvolt beschleunigten Strahl von Mangan-Ionen im Hochvakuum auf einen Gallium-Arsenid-Kristall. Der Halbleiter wird dabei an der Oberfläche bis zu einer Tiefe von gerade einmal einem zehntausendstel Millimeter - in der Sprache der Physiker hundert Nanometer - mit Mangan-Atomen gespickt. Zusätzlich zu dieser gewünschten Dotierung zieht der ziemlich rabiate Beschuss die Oberfläche des Kristalls allerdings erheblich in Mitleidenschaft - der Halbleiter funktioniert nicht mehr. Deshalb schießen die HZDR-Forscher anschließend mit einem Laser kurze Lichtpulse auf das Material, die gerade einmal 20 bis 30 Milliardstel Sekunden (20 bis 30 Nanosekunden) lang blitzen. Das reicht, um die oberen hundert Nanometer aufzuschmelzen, darunter bleibt der Kristall intakt. Auch die Oberfläche bleibt nicht lange flüssig, nach rund hundert

Nanosekunden kristallisiert die Schmelze, unterstützt vom intakten Kristall darunter, wieder aus. So heilt die durch den Ionenbeschuss beschädigte Oberfläche aus und einige der Gallium-Atome werden von Mangan ersetzt.

Elektro- und Magnetschalter

Genau wie alle Atome besteht Mangan aus einem Atomkern, der von Schalen aus Elektronen eingehüllt wird. Elektronen haben nun nicht nur eine elektrische Ladung, sondern auch einen „Spin“. Diese quantenmechanische Eigenschaft der Elektronen verhält sich wie ein Eigendrehimpuls, der entweder rechts oder links herum dreht. Wie beim Eisen auch ist beim Mangan eine innere Schale unvollständig, weshalb sich pro Atom ein Gesamtspin herausbildet. Die Gesamtspins verschiedener Atome verständigen sich untereinander und machen das Material magnetisch.

Etwas Ähnliches passiert auch in dem mit Mangan dotierten Gallium-Arsenid-Halbleiter, den Shengqiang Zhou mit den Ionenstrahlen hergestellt hat. Jedes Mangan-Atom erzeugt dort eine elektrisch positiv geladene Stelle, die in der Halbleiter-Technik „Loch“ genannt wird. Diese Löcher wiederum bewegen sich, was dazu führt, dass die Mangan-Atome miteinander wechselwirken. Dadurch kann das Material ferromagnetisch werden.

„Man kann die magnetischen Eigenschaften genau wie bei den logischen Schaltungen in den Prozessoren eines Computers durch ein elektrisches Feld kontrollieren“, freut sich Shengqiang Zhou. Für die Elektronik-Industrie könnte ein solcher magnetischer Halbleiter eine Revolution einleiten. Bis dahin aber dürfte der Weg noch weit sein. Denn bisher funktioniert das Duo-Material nur bei tiefen Temperaturen von knapp minus hundert Grad Celsius. „Als nächstes wollen wir daher versuchen, das gleiche Material so herzustellen, dass es auch bei normalen Temperaturen in einem Computer funktioniert“, erklärt der HZDR-Physiker. →

Solarzellen mit Schwefel und Tellur

Mit der gleichen Technik versucht Shengqiang Zhou die Entwicklung von Halbleitern in einem weiteren Anwendungsgebiet voranzutreiben. In typischen Solarzellen wandelt ein halbleitendes Material Licht in elektrischen Strom um. Die Ausbeute dieser Photovoltaik ist allerdings gering. Effektiver sind zum Beispiel Tandem-Solarzellen aus zwei unterschiedlichen Halbleitern. Einer davon könnte zum Beispiel Silizium sein, das mit Schwefel, Selen oder Tellur dotiert ist. „Dazu muss man allerdings viele tausendmal mehr Fremd-Atome als in einem Halbleiter für einen Computer-Chip in das Silizium implantieren“, erläutert der HZDR-Forscher. Das aber ist eine sehr knifflige Aufgabe, da diese Elemente viel schlechter als das bisher verwendete Phosphor in die Silizium-Kristalle passen. Genau die richtige Aufgabe für Shengqiang Zhou und seine Mitarbeiter, die als Spezialisten für solche fast unlösbaren Probleme gelten. —

PUBLIKATIONEN:

S. Zhou u. a.: “Hyperdoping silicon with selenium: Solid vs. liquid phase epitaxy”, in Scientific Reports 2015 (DOI 10.1038/srep08329)

M. Khalid, E. Weschke, W. Skorupa, M. Helm, S. Zhou: “Ferromagnetism and impurity band in a magnetic semiconductor: InMnP”, in Physical Review B 2014 (DOI 10.1103/PhysRevB.89.121301)

Elf Nachwuchsgruppen am HZDR

Mittel zum Aufbau einer eigenen Forschungsgruppe erhalten herausragende Nachwuchswissenschaftler beispielsweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Emmy Noether-Programm. Dies ist Helmut Schultheiß gelungen, der am HZDR eigenverantwortlich die Gruppe „Spinwellen als Brücke zwischen Spintronik und Photonik“ leitet. Die DFG verfolgt mit dem auf fünf Jahre angelegten Programm das Ziel, begabten Nachwuchs zügig für eine wissenschaftliche Leitungsaufgabe, etwa als Hochschullehrer, zu qualifizieren.

Auch die Helmholtz-Gemeinschaft legt großen Wert auf die Förderung von exzellentem Nachwuchs. Bis zu 250.000 Euro jährlich erhalten gleich drei Nachwuchsgruppenleiter am HZDR: Alina Maria Deac und Shengqiang Zhou für ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Halbleiterforschung sowie Moritz Schmidt für grundlegende Forschungen zur Endlagerproblematik.

Auch das HZDR selbst gibt qualifizierten Nachwuchswissenschaftlern die Chance, eine eigene Forschergruppe zu leiten und über eigenes Budget zu verfügen. Die Nachwuchsgruppen werden jeweils nach drei und fünf Jahren durch eine Kommission aus HZDR-Wissenschaftlern begutachtet; bei Erfolg winkt eine feste Anstellung. Aktuell forschen im HZDR sieben Nachwuchsgruppen: eine Gruppe ist in der Krebsforschung angesiedelt, zwei Gruppen beschäftigen sich mit Energiethemen und vier mit Material- und Beschleunigerforschung.

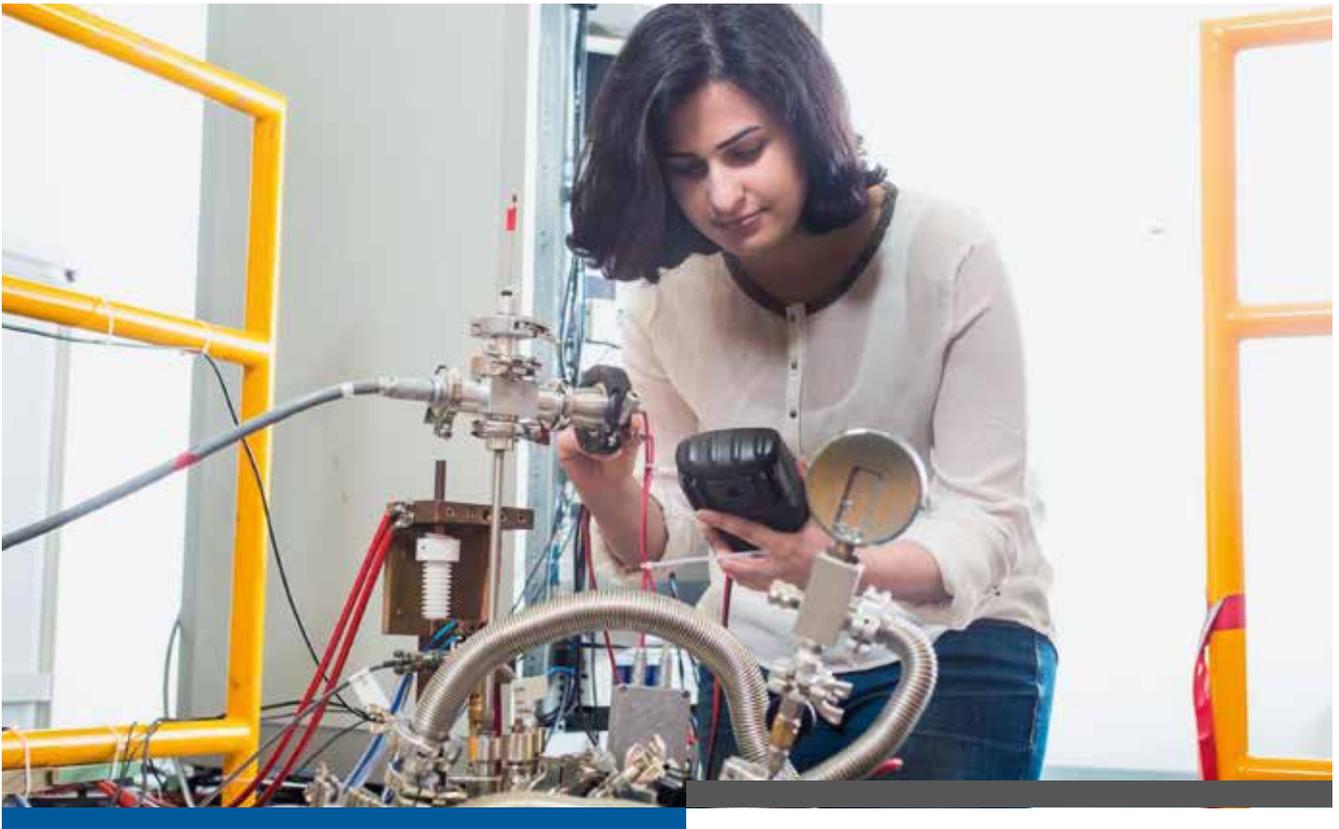


TEAMARBEIT: Shengqiang Zhou (li.) zusammen mit Kollegen und Mitgliedern seiner Nachwuchsgruppe – Wenbo Luo, Yutian Wang, Danilo Bürger, Slawomir Prucnal und Kun Gao (v. l.).

KONTAKT

_Helmholtz-Nachwuchsgruppe
Funktionsmaterialien am HZDR
Dr. Shengqiang Zhou
s.zhou@hzdr.de

// Mahdiyeh Ghorbani Zavareh untersucht am Hochfeld-Magnetlabor Dresden des HZDR Materialien, deren besondere Eigenschaften für neuartige Kühlgeräte genutzt werden können. Diese Kühltechnologie basiert allein auf einem magnetischen Effekt. In Zukunft könnten damit also Geräte auf den Markt kommen, die nicht nur effizienter kühlen, sondern auch leiser, sicherer und umweltschonender sind.



MESSUNG: Für ihre Experimente in hohen Magnetfeldern und bei tiefen Temperaturen muss Mahdiyeh Ghorbani Zavareh den experimentellen Aufbau sorgfältig überprüfen. Foto: André Forner

NEUE MATERIALIEN FÜR MAGNETISCHE KÜHLUNG

_TEXT . Christian Döring

Ob in Supermärkten, Klimaanlage oder in der heimischen Küche – Kältetechnik kommt in vielen Bereichen unseres Alltags zum Einsatz. Zugleich ist aber der Energiebedarf für einen solch flächendeckenden und kontinuierlichen Betrieb sehr hoch: Laut einer Studie des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau aus dem Jahr 2011 werden 14 Prozent des jährlichen Stromverbrauchs in Deutschland für Kältetechnik aufgewendet.

Zwar konnten viele Hersteller in den letzten Jahren energieeffizientere Geräte entwerfen, doch die weitere Optimierung wird immer aufwändiger und kostspieliger. Der Grund: Die

allermeisten Kühlschränke oder Gefriertruhen basieren weiterhin auf dem seit fast 200 Jahren unveränderten Prinzip der Kompressionskältemaschine. Dabei wird ein Kältemittel durch einen geschlossenen Kreislauf geleitet, nimmt im Kühlschrankinneren Wärme auf und gibt sie über Kondensatoren an der Rückseite des Geräts wieder ab. Der „Energiefresser“ ist dabei ein Kompressor, der das gasförmige Kältemittel vor dem Übergang in den flüssigen Zustand verdichten muss. Darüber hinaus sind die meisten Kältemittel treibhauswirksam oder sehr leicht brennbar. →

Rund 30 Prozent effizienter als herkömmliche Technologie

Eine Alternative dazu könnte die magnetische Kühlung bieten, bei der ganz auf Kompressor und bislang übliche Kältemittel verzichtet wird. „Würde man die magnetischen Eigenschaften bestimmter Materialien nutzen, könnte man etwa 30 Prozent effizientere Kühlschränke bauen“, erläutert die HZDR-Doktorandin Mahdiyeh Ghorbani Zavareh. Die 31-jährige Iranerin untersucht am Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) Stoffe und Legierungen, bei denen der sogenannte magnetokalorische Effekt besonders stark ausgeprägt ist: „Magnetokalorische Materialien erwärmen sich, wenn man sie einem starken Magnetfeld aussetzt. Sobald sie sich jedoch nicht mehr im Feld befinden, kühlen sie wieder ab.“

Physiker nutzen dabei ein thermodynamisches Grundprinzip: Entropie – sehr vereinfacht gesagt, das Maß der Unordnung in einem System – darf in einem derartigen Kreislauf nicht abnehmen. Wird ein magnetokalorisches Material in ein Magnetfeld gebracht, ordnen sich die magnetischen Momente in dem Stoff und die magnetische Entropie sinkt. Zum Ausgleich muss deshalb die Entropie im Atomgitter zunehmen: Die Atome bewegen sich stärker und sorgen somit für einen Temperaturanstieg im Material. Diese Wärme kann außerhalb des Kühlschranks abgeführt werden. Bewegt man das Kühlmaterial nun aus dem Magnetfeld, geht die magnetische Ordnung wieder verloren und die Atome im Material reagieren erneut: Sie schwingen weniger und die Temperatur nimmt ab. Das nun abgekühlte Material kann damit Wärme – in diesem Fall aus dem Inneren des Geräts – aufnehmen und der Kühlkreislauf kann von Neuem beginnen.

Suche nach dem besten Material

Das Wechselspiel aus Magnetismus und Thermodynamik nutzen Wissenschaftler schon seit einiger Zeit, um besonders tiefe Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt zu erreichen. Und auch für den Hausgebrauch existieren schon erste Prototypen: An der Rückseite eines solchen Kühlschranks ist ein Dauermagnet angebracht, durch den sich eine Scheibe mit einem magnetokalorischen Material dreht. Bislang wird dabei allerdings noch oft das Seltenerdmetall Gadolinium genutzt, das für eine Massenproduktion viel zu teuer wäre. „Um meinen Aufbau zu testen, habe ich zunächst ebenfalls Gadolinium genutzt. Für spätere Anwendungen ist aber vor allem interessant, welche alternativen Verbindungen mit ähnlichen Eigenschaften in Frage kommen. Mit meinem experimentellen Aufbau können wir nun verschiedene magnetokalorische Materialien untersuchen“, sagt Mahdiyeh Ghorbani Zavareh.

Diese unterschiedlichen Proben testet die Wissenschaftlerin unter dem Einfluss starker Magnetfelder. Dazu werden hohe Ströme über kurze Zeiträume durch speziell am HZDR gefertigte Spulen geleitet; so entstehen intensive Magnetpulse. Bis zu einer – je nach Material verschiedenen – Obergrenze gilt dabei die einfache Regel: Je größer das Magnetfeld in einem Puls ist, desto höher ist auch der erreichte Temperaturunterschied. Um praxistaugliche Aussagen treffen zu können,

Mahdiyeh Ghorbani Zavareh

Mahdiyeh Ghorbani Zavareh hat in ihrer Heimatstadt Isfahan (Iran) an der University of Technology Physik studiert. Sie zählte dort zu den besten Absolventen ihres Jahrgangs und schloss mit einer theoretischen Masterarbeit zur Interaktion von Elektronen in Graphen-Nanobändern ab. Gemeinsam mit ihrem Ehemann zog sie Ende 2011 nach Dresden: „Nachdem mein Mann die Zusage für seine Promotion am Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung des HZDR erhalten hatte, wurde auch eine Stelle am Hochfeld-Magnetlabor Dresden ausgeschrieben.“ Im Februar 2012 begann die junge Iranerin dann ihre Promotion.

ist aber vor allem die Dauer der Magnetpulse entscheidend: „Die Pulse hier am HLD dauern zwischen 10 und 100 Millisekunden. Das entspricht exakt der Frequenz von 10 bis 100 Hertz, mit der später auch echte Magnetkühlschränke arbeiten könnten“, erklärt die Physikerin. Die Kühlleistung wird somit unter relevanten Bedingungen im Labor gemessen und kann auf potenzielle Anwendungen übertragen werden. In den bisherigen Experimenten konnte die Temperatur um bis zu zehn Grad pro Kühlzyklus gesenkt werden – mehr als genug, um vielleicht in Zukunft auch im Haushalt Butter und Käse mit Magneten frisch zu halten. —

PUBLIKATION:

M. Ghorbani Zavareh u. a.: „Direct measurements of the magnetocaloric effect in pulsed magnetic fields: The example of the Heusler alloy $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{35}\text{In}_{15}$ “, in Applied Physics Letters 106 (2015, DOI 10.1063/1.4913446)

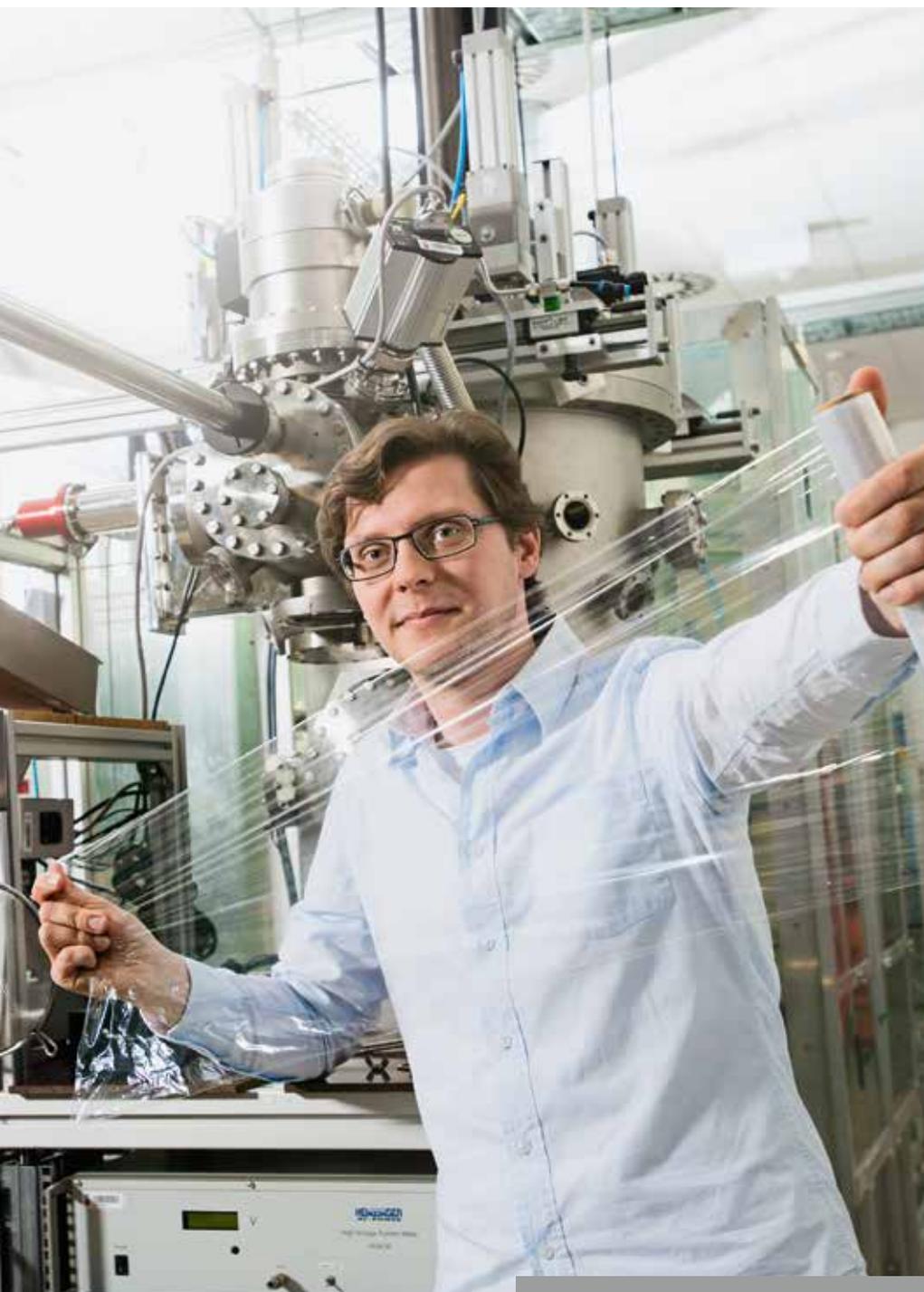
KONTAKT

— Hochfeld-Magnetlabor Dresden am HZDR
Mahdiyeh Ghorbani Zavareh
m.ghorbani@hzdr.de

// Während seiner Promotionsarbeit am HZDR gelang Richard Wilhelm eine erstaunliche Beobachtung: Hochgeladene Ionen fliegen entweder fast unbeeinflusst durch eine Nano-Membran oder verlieren ungeheuer viel Energie dabei.

EIN SIEB FÜR MOLEKÜLE

_TEXT . Roland Knauer



HAUCHDÜNN: Die Membranen, an denen Richard Wilhelm forscht, sind eigentlich nur wenige Atomlagen dick. Foto: André Forner

Die ultradünne Folie sieht wie von einem Geschosshagel durchsiebt aus. Genau das ist wohl auch passiert, nur lässt sich der Beschuss mit bloßem Auge gar nicht beobachten, weil er in einer Nano-Welt passiert: Die Folie selbst ist gerade einmal einen Nanometer und damit den Millionstel Teil eines Millimeters dick. Auch die Löcher darin haben Durchmesser im Nanometer-Bereich. Da sind viele Biomoleküle wie zum Beispiel Proteine deutlich größer – und können mit einem solchen Nanosieb abfiltriert werden. So ähnlich wird das Blut von Patienten gereinigt, deren Niere versagt: Eine Membran lässt kleine Moleküle wie zum Beispiel Harnstoff durch winzige Poren ausfließen, während große Proteine nicht durchpassen und in den Körper zurückgeleitet werden, wo sie noch gebraucht werden. Auch für etliche weitere Anwendungen in Technik und Wissenschaft benötigt man solche Molekularsiebe. Trotzdem wird Richard Wilhelm vom Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf solche Anwendungen kaum weiter entwickeln. Schließlich ist er Grundlagenforscher und hat die Nanosiebe gefunden, als er einen altbekannten Sachverhalt überprüft hat. →

Statistik versagt bei ultradünnen Folien

„Normalerweise verlieren Ionenstrahlen umso mehr Energie, je dicker das Material ist, das sie durchdringen“, erklärt der Physiker. Ist ein Material also doppelt so dick wie ein anderes, verlieren die Ionen auch doppelt so viel Energie und werden daher doppelt so stark abgebremst. Diesen Zusammenhang haben Forscher immer wieder bestätigen können und es bietet sich eine einfache Vorstellung an: Die Ionen verlieren an jeder Schicht von Atomen einen winzigen Bruchteil ihrer Energie und werden so ein ganz klein wenig gebremst. Nach

Gölnzhäuser von der Universität Bielefeld. Zum anderen können auch nur wenige andere Institute auf der Welt langsame und hochgeladene Ionen ähnlich wie der HZDR-Forscher auf Oberflächen schießen.

Zunächst erzeugt die Anlage im HZDR Elektronen, die ihrerseits aus dem Edelgas Xenon einige Elektronen herauszuschlagen. Jedes einzelne Xenon-Atom hat in seiner Schale 54 Elektronen. 44 davon kann die Anlage theoretisch entfernen, in der Praxis klappt das bis zum 40. Elektron gut. Die Xenon-Atome verlieren also ihr Elektronen-Kleid bis auf die Unterwäsche,

Wie genau die Nanolöcher entstehen, ist noch nicht völlig geklärt.

einer Million Atomschichten haben sie daher eine Million Mal diesen Energie-Bruchteil eingebüßt und sind entsprechend stark gebremst worden.

Das klingt bestechend einfach. Es stimmt aber nicht, wenn Richard Wilhelm in Zusammenarbeit mit Friedrich Aumayr von der Technischen Universität in Wien ultradünne Membranen mit extrem hochgeladenen Xenon-Ionen beschießt. „Dann verliert ein bestimmter Teil der Ionen sehr viel Energie, der Rest dagegen fliegt fast ungebremst weiter“, staunt der Physiker. Was war bei seinem Experiment passiert? Was hatte der Forscher anders gemacht als seine Kollegen?

Entblätterte Atome

Zum einen verwendet Richard Wilhelm extrem dünne Folien, die mit einem Nanometer gerade einmal drei Atomschichten dick sind. Diese weniger als hauchdünnen Folien sind jedoch kein Standardprodukt, sondern eine Spezialität von Armin

die sie als innerste Schicht tragen. Die Atome verlieren aber nicht nur ihre Hülle, sondern mit jedem Elektron auch eine negative elektrische Ladung. Übrig bleiben entblätterte Atome, die ebenso viele positive Ladungen besitzen wie sie Elektronen verloren haben. „Ionen“ nennen Naturwissenschaftler solche geladenen Atome. Mit 30, 35 oder sogar 40 positiven Einheiten sind diese Xenon-Ionen extrem stark geladen.

Normalerweise entstehen diese Ionen mit vielen unterschiedlichen Ladungen und werden mit einer elektrischen Spannung von 4.500 Volt beschleunigt. Anschließend lenkt ein Elektromagnet den so entstandenen Strahl von Xenon-Ionen um 90 Grad ab. Die Forscher können die Stärke des Magneten nun so einstellen, dass zum Beispiel nur die 35-fach geladenen Xenon-Atome exakt um 90 Grad abgelenkt werden. Alle anderen Ionen werden ein wenig mehr oder weniger umgelenkt. Übrig bleibt daher ein Strahl aus Ionen, von denen jedes zum Beispiel 35 positive Ladungen trägt.

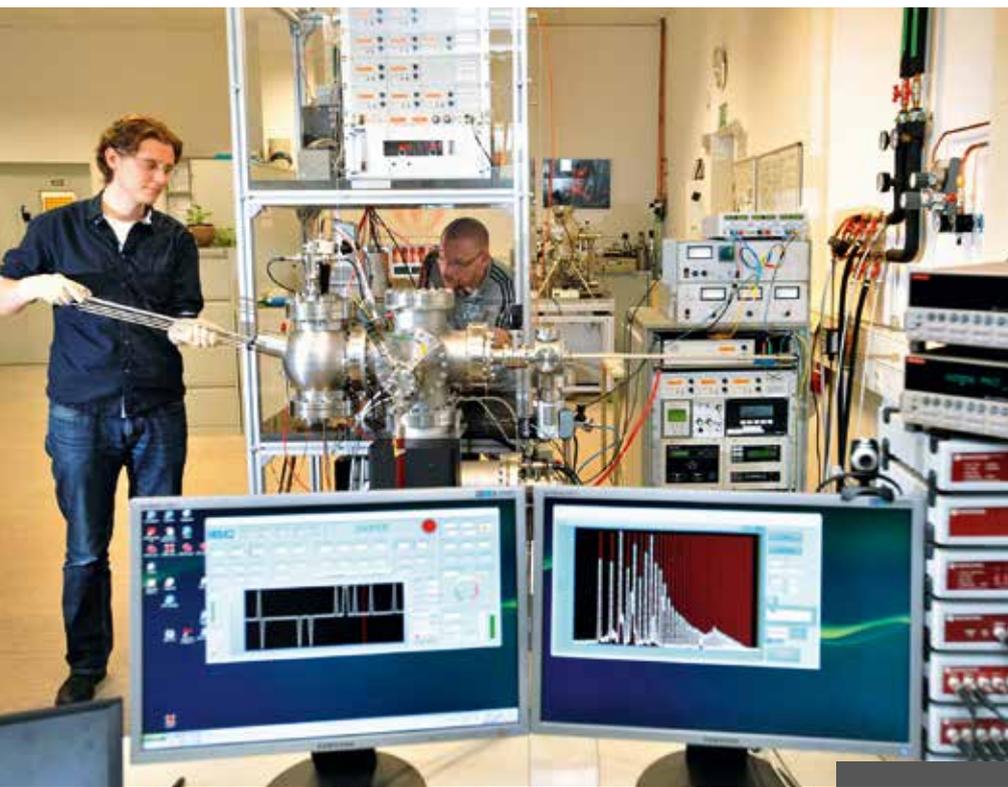
Mit solchen einheitlichen Ionenstrahlen aber erhalten die Forscher oft viel eindeutigere Ergebnisse als mit einem Mix von Ionen verschiedener Ladungen. Bevor der Strahl auf die Nanofolie von der Bielefelder Uni trifft, werden die Ionen noch einmal kräftig abgebremst. Von diesen langsamen Ionen passiert dann ein bestimmter Teil die drei Atomschichten der ultradünnen Folie ohne viel Energieverlust und nimmt unterwegs auch nur zwei oder drei Elektronen aus der Folie auf. Die restlichen Xenon-Ionen werden dagegen stark abgebremst, kassieren obendrein noch etliche Elektronen aus der Folie und reduzieren so ihre extrem hohe positive Ladung auf zwei oder drei Einheiten.

Lücken für Ionen

Diese überraschende Entdeckung lässt sich im Grunde einfach erklären: Eine einzelne Atomschicht ist ja keine dichte Mauer, sondern hat relativ große Lücken, durch die Ionen einfach durchsauen können. Bei den ultradünnen Folien stehen die Chancen daher gar nicht schlecht, dass ein Ion durch solche Lücken in nur drei Atomschichten fast ungehindert durchschießen kann. Werden dagegen – wie fast überall →

Richard Wilhelm

Der gebürtige Erfurter lernte das Ionenstrahlzentrum des HZDR bereits während seines Physikstudiums an der TU Dresden kennen. Nach einem Forschungsaufenthalt an der Universität Stockholm zog es Richard Wilhelm wieder nach Dresden, wo er zum Thema „Wechselwirkung langsamer, hochgeladener Ionen mit Oberflächen und Membranen“ promovierte. Für seine herausragenden Forschungen erhielt er gemeinsam mit zwei Kollegen den HZDR-Forschungspreis 2014. Heute wirkt der 28-Jährige beim Aufbau einer neuen Anlage für das Nano-Engineering mit niederenergetischen Ionen mit.



NANOSTRUKTUREN: Wie Präzisionsgeschosse können mit dieser Anlage in Zukunft einzelne Ionen in eine nur wenige Quadrat-Nanometer große Oberfläche implantiert werden. Richard Wilhelm (li.) und René Heller richten den Ionenstrahl dafür aus. Foto: Frank Bierstedt

sonst auf der Welt – viel dickere Folien untersucht, sinkt diese Chance mit der Dicke immer stärker ab. Bei einer Million Schichten wird fast sicher zumindest einmal die Lücke verfehlt und die Statistik spricht gegen ungebremst durchschießende Ionen. Da die Forscher aber nicht messen können, an welcher Schicht ein einzelnes Ion gebremst wird, registrieren sie die Ionen nur hinter der Folie. Diese sind bei normalen Materialien praktisch alle stark abgebremst. Nur bei ultradünnen Folien wie denen aus Bielefeld findet ein Teil der Ionen in allen drei Atomschichten eine Lücke.

Finden die Ionen in einer der drei Schichten dagegen keine Lücke, werden sie nicht nur gebremst, sondern nehmen auch sehr viele Elektronen von der Folie auf. Da jedes Xenon-Ion stark positiv geladen ist und entsprechend viele Elektronen aufsaugt, fehlen an einer kleinen Stelle der Folie schlagartig sehr viele Elektronen. Dadurch wird die Folie offensichtlich instabil und schleudert viele hundert bis zu einige tausend Atome heraus. An den Stellen, an denen ein Ion an der Folie gebremst wurde, entstehen so winzige Nanolöcher und der Ionenstrahl wandelt die Folie in ein Molekular-Sieb um.

Wie diese Löcher genau entstehen, ist noch nicht endgültig geklärt. „Ich könnte mir vorstellen, dass an der Auftreffstelle auf wenigen Quadrat-Nanometern sehr viele Elektronen abgegeben werden und sich so eine hohe positive elektrische Ladung auf einer winzigen Fläche konzentriert“, überlegt Richard Wilhelm. Diese hohe Ladungskonzentration wiederum könnte zu einer sogenannten „Coulomb-Explosion“ führen, bei der die Atome aus dieser kleinen Fläche herausgeschleudert werden und die winzigen Löcher mit wenigen Nanometern Durchmesser entstehen.

Eine andere Theorie vermutet, dass die gewaltige Energie, die in den extrem stark geladenen, auftreffenden Ionen steckt, die kleine Fläche so stark aufheizt, dass dort das Material verdampft und so ebenfalls ein Nanoloch zurückbleibt. Unabhängig vom genauen Mechanismus, mit dem die winzigen Löcher entstehen, klingt eine weitere Beobachtung interessant: Je stärker die Xenon-Ionen positiv geladen sind, umso mehr von ihnen scheinen hängen zu bleiben und dabei ein Nanoloch in die Folie zu reißen. Eine hohe Ionenladung perforiert daher die Folie wirkungsvoller mit Löchern einer gut bestimmten Nano-Größe. Da Richard Wilhelm und seine Kollegen wiederum die Ladung der Xenon-Ionen einstellen können, lassen sich mit den HZDR-Ionenstrahlen Nanosiebe nach Maß herstellen. Die Grundlagenforscher haben damit ein Rezept für hohe Präzision in der recht praktischen Herstellung von Molekularsieben. —

PUBLIKATIONEN:

R. Wilhelm, E. Gruber u. a.: “Charge exchange and energy loss of slow highly charged ions in 1 nm thick carbon nanomembranes”, in *Physical Review Letters* 2014 (DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.153201)

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

KONTAKT

— Institut für Ionenstrahlphysik und
Materialforschung am HZDR
Dr. Richard A. Wilhelm
r.wilhelm@hzdr.de

// Die HZDR-Doktorandin Josefine Metzkes forscht im Bereich der Laser-Teilchenbeschleunigung und verfolgt ein großes Ziel: kompakte Ionenbeschleuniger für die Strahlentherapie zu entwickeln.



LASER-BESCHLEUNIGER: Wie genau Licht geladene Teilchen auf Tempo bringt, das interessiert Josefine Metzkes. Foto: André Forner

LICHT INS DUNKEL BRINGEN

_TEXT . Sara Schmiedel

„Für mich sind die Ergebnisse ein Puzzlestück, um zum Großen und Ganzen beizutragen“, sagt Josefine Metzkes, Doktorandin am HZDR-Institut für Strahlenphysik, über ihre letzte Publikation. Das Ergebnis sei kein riesiger Durchbruch, aber eben doch ein weiterer kleiner Schritt auf dem Weg zum Ziel. Das Ziel, ein ausgesprochen hehres, das ist der Einsatz von Laser-Teilchenbeschleunigern für die Medizin, genauer: die Therapie von Krebs.

Kleinere Anlagen, geringere Kosten

Protonen kommen schon jetzt in der Bestrahlung von Tumoren zum Einsatz, da ihre Energie im Gegensatz zu der von Röntgenstrahlung viel präziser im Tumorgewebe deponiert werden kann, sodass umliegendes Gewebe geschont wird. Auch in Dresden gibt es seit 2014 ein Protonenstrahl-Therapiezentrum – die UniversitätsProtonenTherapie Dresden (UPTD) am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus. Die Protonen werden

hier in einem Zyklotron erzeugt, auf 60 Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und über meterlange Bahnen zum Patienten gelenkt. Die einzelnen Bauelemente sind tonnenschwer und richtig groß. Hinzu kommen meterdicke Wände, die nötig sind, um den Beschleuniger und die Strahlführung auf dem Weg zum Patienten abzuschirmen. Genau das wollen Wissenschaftler wie Josefine Metzkes ändern. „Lasergetriebene Beschleuniger können theoretisch ganz nah am Patienten platziert werden, es müssen nur das Licht und der Behandlungsraum selbst abgeschirmt werden, was mit viel weniger Aufwand möglich ist“, erklärt die junge Forscherin. Die Anlagen wären kleiner und potenziell kostengünstiger.

Bevor es aber tatsächlich so weit sein könnte, muss noch viel Grundlagenforschung betrieben werden. Zwar steht in Dresden-Rossendorf ein äußerst leistungsfähiger Laser, der ultrakurz gepulste Hochleistungslaser DRACO, dennoch reichen die Energien für die medizinische Anwendung noch längst nicht aus. Schießt man mit dem DRACO-Laserstrahl →

auf ein Festkörper-Target, eine zwei Mikrometer dünne Titan-Folie, dann werden Elektronen im Laserfeld beschleunigt und erzeugen starke elektrische Felder an den Oberflächen des Targets. Atome aus der Folie und auf der Oberfläche der Folie haftende Verunreinigungen – winzige Mengen an Kohlenwasserstoffen – werden ionisiert und in diesen elektrischen Feldern beschleunigt. Die meisten der Ionen sind Protonen. Diese Protonen können derzeit eine Energie von 20 Mega-Elektronenvolt (MeV) erreichen, für medizinische Anwendungen werden allerdings rund 180 MeV benötigt.

Einem unbekanntem Phänomen auf der Spur

Ein Problem ist die Energie der beschleunigten Teilchen, ein anderes ist die Stabilität: Teilchenbeschleuniger müssen konstant funktionieren und eine sehr hohe Reproduzierbarkeit garantieren. „Das ist uns hier in Ansätzen bereits gelungen“, sagt Josefine Metzkes. „Wir konnten mit vielen tausenden Protonenpulsen unter sehr konstanten Bedingungen Zellen bestrahlen und die biologische Wirkung mit hoher Genauigkeit untersuchen.“ Die Forschergruppe entdeckte aber – quasi nebenbei – einen für den studierten Parameterbereich bisher unbekanntem Effekt: Wird die Laser-Energie immer weiter gesteigert, um die Energie der Protonen zu erhöhen, ändern sich an einem bestimmten Punkt deren Eigenschaften. „Der Protonenstrahl bricht regelrecht auf, er filamentiert“, erklärt Josefine Metzkes. „Für eine Anwendung in der Medizin ist das ganz entscheidend, schließlich benötigt man homogene und vorhersehbare Strahlen.“ Wo genau die Instabilitäten herkommen, ist noch nicht geklärt. Genauso wenig, ob diese abhängig von den Energien des Lasers sind. Dies soll am DRACO-Laser untersucht werden, der derzeit zu einem etwa fünffach so starken System umgebaut wird. Zukünftig können die Wissenschaftler hier mit einer Leistung von einem Petawatt Protonen beschleunigen. Zum Vergleich: Deutschlands Kraftwerke haben eine Leistung von insgesamt rund 194 Gigawatt – das neue Lasersystem erreicht für die Dauer eines Lichtpulses von 30 Femtosekunden in etwa die 5.000-fache Leistung.

STRAHLENQUELLE: In dieser Kammer trifft ein hochintensiver Laser- auf einen Elektronenstrahl. So entsteht Röntgenstrahlung. Foto: Frank Bierstedt



Josefine Metzkes

Josefine Metzkes hat in Halle (Saale) und Toronto Medizinische Physik studiert und arbeitet seit 2008 in Dresden. Ihr Diplomarbeits- und schließlich auch Promotionsthema hat die Brandenburgerin übers Radio gefunden. „Ich habe zufällig einen Bericht über den Aufbau von DRACO hier am HZDR gehört“, erinnert sie sich. „Und da ich gerade am Ende meines Studium war, habe ich mich beworben.“ Josefine Metzkes hat die Experimente am DRACO-Laser von Anfang an begleitet: Vom Aufbau der Experimentierkammern über die Justierung der Optik bis hin zur Auswertung.

Die Blackbox öffnen

Für Wissenschaftler interessant sind aber nicht nur die Protonen, sondern auch der Beschleunigungsvorgang an sich. Er findet auf wenigen Mikrometern Länge und innerhalb weniger Femtosekunden, also Billiardstel Sekunden, statt. Diesen Vorgang beschreibt Josefine Metzkes derzeit in ihrer Doktorarbeit. Sie hat untersucht, was genau am Target passiert, wenn es vom Laser getroffen wird. „Wir wollen klären, wann und wie weit sich ein Plasma an der Folie bildet, wann genau also der Laserpuls beginnt, das Target zu verändern. Das Ganze ist sonst eine Blackbox. Die müssen wir aber verstehen, um die Laser-Parameter gezielt verändern zu können.“ Um Licht ins sprichwörtliche Dunkel zu bringen, spalten die Wissenschaftler einen Teil des DRACO-Pulses ab, verändern dessen Frequenz so, dass blaues Licht entsteht, und fangen die Reflexion am Plasma mit einer Kamera auf. „Vereinfacht kann man sich das so vorstellen, dass man mit einer sehr schnellen Taschenlampe auf ein Ziel leuchtet und davon ein Foto macht“, so Metzkes. Es entstehen Ringsignaturen, die je nach Plasmabedingungen in ihrer Größe variieren und Aufschluss darüber geben, wie sich das Target verändert hat. Für Josefine Metzkes sind dies wieder ein paar fehlende Puzzlestücke. —

PUBLIKATIONEN:

J. Metzkes u. a.: „Experimental observation of transverse modulations in laser-driven proton beams“, in *New Journal of Physics* 2014 (DOI: 10.1088/1367-2630/16/2/023008)

K. Zeil, J. Metzkes u. a.: „Direct observation of prompt pre-thermal laser ion sheath acceleration“, in *Nature Communications* 2012 (DOI: 10.1038/ncomms1883)

KONTAKT

— Institut für Strahlenphysik am HZDR
Josefine Metzkes
j.metzkes@hzdr.de

// HZDR-Doktorand Hans-Ulrich Härting hat einen völlig neuen Reaktor entwickelt. Gegenüber herkömmlichen chemischen Reaktoren ist dieser deutlich umsatzstärker.

GENEIGT, GEDREHT, GETRENNT – SO STRÖMT'S BESSER

_TEXT . Sara Schmiedel



INGENIEURSKUNST: Hans-Ulrich Härting forscht für mehr Energieeffizienz in der Chemieindustrie – damit unsere Lebensgrundlagen erhalten und verbessert werden. Foto: André Forner

Hans-Ulrich Härtings Prototyp ist einen Meter zwanzig lang, hat einen Durchmesser von zehn Zentimetern und besteht aus glänzendem Edelstahl. Im Inneren befinden sich fest verspannte, kleine Katalysatorkugeln. Dieser Reaktor ist zwar deutlich kleiner als seine industriellen Pendanten, aber im Vergleich zu Forschungsreaktoren, die beispielsweise an Hochschulen stehen und meist nur wenige Zentimeter messen, macht er schon ordentlich was her. Und noch etwas ist anders – es handelt sich um den ersten geneigt rotierenden Festbett-Reaktor, ein Konzept, das von Härtings Chef, HZDR-Wissenschaftler Markus Schubert, entwickelt wurde.

Zurzeit steht der Mini-Reaktor allerdings still. „Die Experimente sind vorerst abgeschlossen, ich bin gerade dabei, Journalpublikationen und dann auch meine Doktorarbeit zu schrei-

ben“, sagt Hans-Ulrich Härting. Der Ingenieur promoviert auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik und untersucht, wie man Strömungen in chemischen Reaktoren gezielt beeinflussen kann. Sein Ziel: Reaktionen im Inneren der Reaktoren, die optimal ablaufen.

Chemische Reaktoren haben Optimierungsbedarf

Festbett-Reaktoren an sich sind keine Seltenheit, sie kommen in der chemischen und petrochemischen Industrie zum Einsatz. Die aufrecht stehenden, zylindrischen Apparate können Durchmesser von bis zu fünf und Höhen von zehn Metern und mehr erreichen. Sie sind mit einem Katalysator gefüllt, der in Form von kleinen Kugeln die chemischen Reaktionen von ver-



schiedenen Flüssigkeiten und Gasen erst ermöglicht. Strömen oder rieseln nun die Gase und Flüssigkeiten von oben nach unten durch den Reaktor, finden chemische Reaktionen am Katalysator statt, und die Zielprodukte verlassen den Reaktor am unteren Ende. So weit so gut.

Doch so einfach ist es in der Praxis dann doch nicht. „Man hat bei den typischen Rieselströmungen immer gewisse Fehlverteilungen im Reaktor“, erklärt Markus Schubert. „Bei vielen Reaktionen wird außerdem Wärme freigesetzt, die abgeführt werden muss. Da aber die Katalysatoren oft ganz schlechte Wärmeleiter sind und manche Bereiche kaum durchströmt werden, entstehen sogenannte Hot Spots, also heiße Zonen, die den Katalysator im schlimmsten Fall zerstören.“ Es können außerdem unerwünschte Nebenprodukte entstehen, die in einem zweiten Schritt aufwändig abgetrennt werden müssen. „Durch die Fehlverteilung wird der Katalysator nur unvollständig ausgenutzt“, fügt Hans-Ulrich Härting hinzu. Für den Anlagenbetreiber ein unnötiger Kostenfaktor, denn der Katalysator sei oft auf Edelmetallbasis und somit auch „nicht ganz billig“.

Das Aus für Hot Spots

Bereits in seiner Promotion hat sich Markus Schubert, dessen Forschungen derzeit mit einem „Starting Grant“ des Europäischen Forschungsrats unterstützt werden, mit Festbett-Reaktoren beschäftigt. Seine damalige Arbeit hat er nun gemeinsam mit Doktorand Hans-Ulrich Härting zum geneigt rotierenden Festbett-Reaktor weiterentwickelt und technisch umgesetzt. Am Reaktor lassen sich die Neigung von aufrecht bis horizontal sowie die Drehzahl der Rotation um die

OPTIMIERT: Katalysatorkugeln ermöglichen chemische Reaktionen.
Foto: Oliver Killig



Hans-Ulrich Härting

Hans-Ulrich Härting hat Verfahrenstechnik an der Technischen Universität Dresden und der Universität Sevilla (Spanien) studiert. Der 32-jährige gebürtige Leipziger ist verheiratet und hat eine einhalbjährige Tochter.

eigene Achse variieren. „Durch die gezielte Kombination des Neigungswinkels und der Drehzahl kann man verschiedene Strömungsformen einstellen“, erklärt Härting. So kann die Strömung aus Flüssigkeit und Gas als Sichel-, Ring-, disperse oder stratifizierte Strömung auftreten.

Da die beabsichtigte Reaktion im Inneren des Reaktors nur mithilfe des Katalysators stattfinden kann, ist es unabdingbar, dass Gas und Flüssigkeit diesen überhaupt erreichen. Im Dresdner Prototyp findet zuerst eine Phasentrennung statt, Gas und Flüssigkeit nehmen also jeweils getrennt voneinander Platz im Reaktor ein. „Durch die Drehung des Rohres werden die Katalysatorkugeln immer wieder benetzt, das heißt der Katalysator wird in die Flüssigkeit eingetaucht und läuft anschließend wieder trocken. Dadurch bekommt auch das Gas einen verbesserten Zugang zum Katalysator“, erklärt Hans-Ulrich Härting den Vorgang des ideal ablaufenden Betriebes bei der sogenannten stratifizierten Strömung. Gleichzeitig wird die entstehende Reaktionswärme beim Eintauchen des Katalysators an die Flüssigkeit übertragen und abgeführt, gefährliche Hot Spots können so nicht entstehen. Da Gas und Flüssigkeit getrennt voneinander strömen, sich gegenseitig also nicht behindern, ist der Gegendruck für Pumpen und Kompressoren geringer – ein Fakt, der sich energetisch auszahlt.

Industrieller Einsatz noch Zukunftsmusik

„In unseren Studien konnten wir zeigen, dass es Betriebspunkte gibt, bei denen eine Leistungssteigerung im Vergleich zu den etablierten Reaktoren vorliegt“, betont Hans-Ulrich Härting. Und die ist deutlich. Bis zu doppelt so groß sei der Umsatz. Eine Tatsache, die den Betreibern industrieller Anlagen Freudentränen in die Augen treiben müsste. Mitnichten. „Wenn so ein großer Apparat einmal gebaut ist und einigermaßen läuft, dann sind die Betreiber zurückhaltend, wenn es darum geht, sich etwas Neues hinzustellen“, zeigt sich Härting sachlich.

„Bisher sind unsere Arbeiten auch noch sehr grundlagenorientiert, wir haben die Leistungssteigerung bisher nur an einem Modellsystem gezeigt“, erklärt sein Chef. Und er fügt hinzu: „Es gibt verschiedene Prozesse und Betriebsbedingungen, bei denen mit unserem Konzept die Reaktorleistung erhöht werden kann, aber eine universelle Schlussfolgerung zu ziehen, das wäre verfrüht.“ →

Um wirklich sichtbar zu machen, was genau im Inneren des Reaktors vor sich geht, musste in Zusammenarbeit mit den Messtechnik-Experten der Abteilung ein mobiler und kompakter Computertomograph entwickelt werden. Dieser schickt, während er um den Reaktor rotiert, Gammastrahlen durch die Strömung, die, je nachdem, ob sie auf Gas oder Flüssigkeit treffen, unterschiedlich stark geschwächt werden. Aus der Intensität der auf der anderen Seite des Reaktors austretenden Strahlung können die Forscher Schnittbilder der Strömung - ähnlich wie bei medizinischen Untersuchungen - erstellen.

Nächster Schritt: Simulationen

Die beiden Wissenschaftler haben bereits einen Folgeförderantrag gestellt und wollen an ihrem Reaktor weitere Studien durchführen. Im nächsten Schritt soll dann unter anderem untersucht werden, welchen Einfluss die neuartige Betriebs-

weise bei komplexeren Reaktionen auf das Auftreten von unerwünschten Nebenprodukten hat. Hinzukommen sollen auch Simulationen und Modellierungen der Strömungen. „Wenn das funktioniert, hat das ein höheres Maß an Übertragbarkeit auch für andere Prozesse“, sagt Markus Schubert. —

PUBLIKATIONEN:

H.-U. Härting u. a.: “Liquid backmixing in an inclined tubular fixed bed reactor – Augmenting liquid residence time via flow regime adjustment”, in Chemical Engineering and Processing: Process Intensification 2015 (DOI: 10.1016/j.cep.2015.02.003)

H.-U. Härting u. a.: “Hydrodynamics of co-current two-phase flow in an inclined rotating tubular fixed bed reactor - Wetting intermittency via periodic catalyst immersion”, in Chemical Engineering Science 2015 (DOI: 10.1016/j.ces.2015.02.008)

GENEIGT: Die Neigung des Festbett-Reaktors ist beliebig verstellbar – die Verteilung von Flüssigkeit und Gas wird so gezielt beeinflusst. Foto: Oliver Killig

KONTAKT

— Institut für Fluidodynamik am HZDR
Hans-Ulrich Härting
h.haerting@hzdr.de



// Auf welche Weise regulieren Zellen ihren Kupferhaushalt? Elisabeth Fischermeier will diese Frage klären. Aus ihrer grundlegenden Forschung könnten sich eines Tages Technologien ableiten, um kontaminierte Böden und Gewässer von Schwermetall zu reinigen.

TÜRSTEHER: Elisabeth Fischermeier bezieht Stellung vor ihrem biologischen Labor. Foto: André Forner



EIN AUFPASSER FÜR DIE ZELLE

_TEXT . Simon Schmitt

Elisabeth Fischermeier interessiert sich für Türsteher. Allerdings nicht für die häufig muskelbepackten und finster dreinblickenden Pförtner, die sich vor den Diskotheken des Landes tummeln, sondern für einen wesentlich kleineren Einlasser: das Protein CopA. Auf der molekularen Ebene erfüllt es aber ähnliche Aufgaben. Das Transporterenzym sorgt dafür, dass bestimmte „Besucher“ – nämlich das Kupfer – nur in einer gewissen Menge den angesagten Club – in diesem Fall die Zelle, wie sie bei Menschen, Tieren und Pflanzen vorkommt – betreten dürfen. Denn das Schwermetall ist ein komplizierter Gast.

Zwar ist Kupfer ein gern gesehener Besucher in der Zelle, da es die Party erst richtig anstoßen kann. Zu viel von ihm führt aber dazu, dass die Feier ausartet und in einer Katastrophe endet. Oder, wie es Elisabeth Fischermeier ausdrückt: „Kupfer ist als Spurenelement einerseits wichtig für die Zelle, da bestimmte Enzyme es benötigen, um ihre Aufgaben zu erfüllen. Auf der anderen Seite kann ein Überschuss an Kupfer die

Zelle aber vergiften. Das richtige Level ist ein sehr schmaler Grat.“ Und genau dies hat die Aufmerksamkeit der Doktorandin vom HZDR-Institut für Ressourcenökologie geweckt.

Auf die richtige Mischung kommt es an

Fischermeier geht der Frage nach, wie Zellen ihren Kupferhaushalt regulieren. Eine entscheidende Rolle spielt dabei der „Türsteher“, das Protein CopA. Dieses findet sich in der Lipidmembran, die die Zelle umgibt. Ist der Kupfergehalt ausgeglichen, verhält sich CopA ruhig und behelligt das Schwermetall nicht. Sobald das Gedränge allerdings zu groß wird – also sobald zu viel Kupfer in der Zelle ist –, verwandelt sich CopA vom Türsteher zum Rausschmeißer. Das hat zur Folge, dass überschüssiges Kupfer ausgeschleust wird. „Die Frage ist nun, wie dieser Prozess genau abläuft“, beschreibt Elisabeth Fischermeier den Fokus ihrer Promotion. →

Die Proteine packt sie dafür in kleine Partikel – sogenannte Nanodiscs. „Das kann man sich in etwa so vorstellen, als ob man eine Gartenpflanze in einen Blumentopf umsetzt“, erläutert Fischermeier. „Wir simulieren in diesen Nanodiscs die natürliche Zellumgebung, allerdings unter vereinfachten Bedingungen. Auf diese Weise können wir das CopA besser untersuchen.“ Die Herausforderung liegt darin, das Protein aus der Zelle zu lösen. Mithilfe eines speziellen Spülmittels beseitigt die Doktorandin die „Gartenerde“ – also die Lipidmembran. Anschließend bringt sie das CopA in den zehn bis zwölf Nanometer großen „Blumentöpfen“ unter.

Elisabeth Fischermeier konnte zum ersten Mal zeigen, dass dieser Transfer in die Nanodiscs möglich ist, ohne das Protein zu zerstören. Zukünftig könnte ihr Verfahren auch am Europäischen Röntgenlaser XFEL in Hamburg für die Untersuchung von Bio-Molekülen zum Einsatz kommen.

Winzigste Lebewesen für spezielle Aufgaben

Der gebürtigen Nürnbergerin, die nach dem Studium der Biochemie in Regensburg und Berlin 2011 mit der Promotion am HZDR begann, geht es um ein grundlegendes Verständnis, wie die Prozesse in der Zelle ablaufen: „In meinem Fall vor allem der Kupfertransport.“ Letztendlich könnte die Forschung aber zu neuen Möglichkeiten führen, um verunreinigte Böden und Gewässer von Schwermetallen zu reinigen. Neu ist diese Idee nicht. In den 1970er-Jahren wurden erstmals Bakterien entdeckt, die Schadstoffe abbauen können.

Die Euphorie von damals hielt jedoch nicht lange. Die guten Laborergebnisse ließen sich praktisch nie auf die reale Umwelt übertragen. In der freien Natur finden die giftigen Stoffe und die Mikroorganismen nur schwer zueinander, da zu viele andere Faktoren, die zuvor bei den Laboruntersuchungen nicht beachtet wurden, die Prozesse stark beeinflussen. Zwar konnten einige Bakterien ihr Potenzial bereits unter Beweis stellen. So wurde zum Beispiel die Mikrobe *Geobacter metallireducens* eingesetzt, um aus dem Grundwasser rund um die stillgelegte Mine „Rifle Mill“ im Westen des US-Bundesstaates Colorado Uran zu entfernen.

Der Erkenntnisgewinn lief dabei aber eher zufällig ab, wie Fischermeier einschätzt: „Bislang wird eher nach den speziellen Mikroorganismen gesucht, die von sich aus in der Lage sind, eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen, was in manchen Fällen auch zum Erfolg geführt hat.“ Die Biochemikerin will trotzdem den umgekehrten Weg gehen. „Wenn wir genau verstehen, wie die Prozesse in den Zellen ablaufen, könnte es uns gelingen, Mikroorganismen zu züchten, die perfekt für spezielle Situationen geeignet sind. Im Falle von CopA könnten das zum Beispiel Mikroorganismen sein, die besonders resistent gegen Schwermetalle sind.“

Die Besten der Biowissenschaften

An das HZDR kam Elisabeth Fischermeier über die Dresden International Graduate School for Biomedicine and Bioengineering (DIGS-BB), wo sie auch ihren Betreuer Karim Fahmy kennengelernt hat. Der Abteilungsleiter für Biophysik am HZDR engagiert sich stark in der Lehre und Forschung dieses Programms, das die TU Dresden im Jahr 2006 mit zahlreichen Partnern aus dem Verbund DRESDEN-concept gegründet hatte. Ziel ist es, den besten Doktoranden aus den Feldern der Zellbiologie, Biomedizin, Biophysik und Biotechnologie eine optimale Betreuung zu bieten.

So werden die Promovenden bei der DIGS-BB von einem Beratungskomitee, das sich aus drei bis vier erfahrenen Wissenschaftlern zusammensetzt, unterstützt. Die Nachwuchsforscher erhalten dank regelmäßiger Treffen unabhängigen Rat, um ihre Arbeit zielgerichtet voranzubringen. Sie durchlaufen bei DIGS-BB einen strengen Auswahlprozess. Bei einer „Interview Week“ werden das Fachwissen und die Motivation abgefragt. Gleichzeitig dienen die intensiven Gespräche mit beteiligten Wissenschaftlern dazu, ein passendes Betreuer-Team zusammenzustellen.

Die DIGS-BB, die durch die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder finanziert wird, bedient gemeinsam mit der International Max Planck Research School for Cell, Developmental and Systems Biology vier wissenschaftliche Gebiete: Regenerative Medizin, Biophysik und Biotechnologie, Zell- und Entwicklungsbiologie sowie Computerbiologie. Derzeit arbeiten innerhalb der Graduiertenschule rund 200 Doktoranden an ihrer Promotion.

➤ www.dresden-ipp.de

Dafür müssen die Eigenschaften dieser winzigen Lebewesen allerdings grundlegend entschlüsselt werden, stellt Elisabeth Fischermeier fest. Ihre Forschung trägt dazu bei, einzelne Komponenten und ihr Zusammenspiel zu entdecken – auch wenn es noch ein paar Jahre dauern dürfte, bis der praktische Einsatz tatsächlich möglich ist, wie die Doktorandin voraussagt. Dennoch könnte der „Türsteher“ CopA auf diese Weise vom Aufpasser für die Zelle zum Schutzpersonal gegen Schwermetalle für gesamte Landstriche aufsteigen. —

KONTAKT

— Institut für Ressourcenökologie am HZDR
Elisabeth Fischermeier
e.fischermeier@hzdr.de



OBEN UND UNTEN:
Claudia Arndt macht
Antikörper passfähig.
Foto: André Forner

// Universelle Arzneimittel zu entwickeln, die Krebszellen mithilfe des körpereigenen Immunsystems vernichten, ist das Ziel der Abteilung Radioimmunologie am HZDR.

MIT LEGO GEGEN KREBS

_TEXT . Sascha Karberg

Claudia Arndt ist jung. Mit ihren 28 Jahren allerdings auch wieder zu alt, um Tag für Tag mit Legosteinen zu spielen. Doch genau das hat die Biologin in den letzten vier Jahren ihrer Doktorarbeit am Institut für Immunologie des Universitätsklinikums Dresden sowie der Abteilung Tumorimmunologie des Universitäts KrebsCentrums UCC Dresden gemacht. Jedenfalls wenn man den Vergleich wörtlich nimmt, mit dem

sie ihr Forschungsobjekt – bispezifische Antikörper für die Krebstherapie – zu erklären versucht. „Ein bispezifischer Antikörper funktioniert im Grunde wie ein Legostein“, sagt Arndt. Das eine Ende passt an ein Oberflächenmolekül einer Krebszelle, das andere an Strukturen in der Membran bestimmter Immunzellen, T-Zelle genannt. „Dadurch werden die Krebs- und T-Zelle miteinander verbunden, so dass die T-Zelle

→

18

19

aktiviert wird und die Tumorzelle zerstören kann.“ Antikörper haben Forscher aus gutem Grund zu Krebsmedikamenten umfunktioniert, denn im Körper sind sie die Werkzeuge des Immunsystems.

Normalerweise passen Antikörper immer nur zu einer Zielstruktur – einem Molekül auf der Oberfläche eines Virus, einem Stück einer Polle oder einem Eiweiß auf einer Krebszelle. Jede Immunzelle bildet nur einen Antikörpertyp, der ausschließlich ein einziges Ziel bindet – wie ein Legosteine an einen anderen. Sobald diese Antikörper, die ähnlich Igelstacheln auf der Oberfläche der Immunzelle angeordnet sind, an ihr Ziel andocken, vermehren sich die Zelle und mit ihr die Antikörper explosionsartig, sodass unzählige Antikörper dieses Typs produziert werden und den Fremdkörper festhalten. Fresszellen können ihn so unschädlich machen. Damit diese Immunreaktion besser funktioniert, sind Forscher auf die Idee gekommen, Antikörper zu konstruieren, die zwei Ziele erkennen können – eben bispezifisch sind. So wie ein Legosteine sowohl oben als auch unten mit anderen verbunden werden kann. Bindet so ein künstlicher, bispezifischer Antikörper sowohl an Krebs- als auch an Immunzellen, wird eine Immunreaktion gegen den Tumor eines Patienten ausgelöst.

Vielversprechende Arzneimittel

Ein Prinzip, von dem Patienten bereits profitieren. Das Krebsmedikament „Blinatumomab“, das anfangs sogar in Deutschland von der Firma Micromet entwickelt wurde, haben die US-Behörden Ende letzten Jahres als ersten bispezifischen Antikörper zugelassen. Bei Patienten mit Akuter Lymphatischer Leukämie (ALL) erkennt er eine Struktur namens CD3 auf Abwehrzellen und den Rezeptor CD19 auf Blutkrebszellen und löst so eine Abwehrreaktion aus, die den Krebs zurückdrängt. Das System ist so erfolgversprechend, dass Arzneimittelfirmen derzeit eine ganze Reihe bispezifischer Antikörper entwickeln. Doch perfekt ist es nicht. Die Arbeitsgruppe des Pharmazeuten und Krebsimmunologen Michael Bachmann, in der Claudia Arndt forscht, ist angetreten, das Prinzip noch zu verbessern.

Dabei hatte Arndt eigentlich nie eine Karriere in der Medizin geplant. „Aber die Richtung, nahe am Menschen zu forschen, hat mich immer schon fasziniert.“ Die Immunologie sei dann ein „guter Kompromiss zwischen Biologie und Medizin“ gewesen, sagt die Nachwuchsforscherin. Das viele Pipettieren und die auch mal in Sackgassen führenden, langwierigen Experimente schrecken sie nicht. „Man weiß, wo das Pipettieren hinführt und dass es später einen Patienten retten könnte.“ Vor allem wenn man dazu beitragen kann, ein funktionierendes Therapieprinzip noch zu verbessern.

„Wenn man einen neuen bispezifischen Antikörper entwickeln will, könnte man den Teil, der die Immunzelle bindet, eigentlich beibehalten, und nur den Teil ändern, der den jeweiligen Krebszelltyp erkennen soll“, sagt Arndt. Aber wenn man am einen Ende etwas austauscht, könne das die Bindungseigenschaften der anderen Seite verändern, weil sich die gesamte Struktur des Moleküls ändert. Wer je einen Legosteine auf der

einen Seite mit dem Feuerzeug verformt hat, weiß, dass sich auch die andere verzieht. Deshalb müssen bisher bispezifische Antikörper komplett neu entwickelt werden. „Bei jedem neuen bispezifischen Antikörper muss man wieder testen, ob die T-Zelle überhaupt noch gebunden wird“, so Arndt. Ein lästiges Problem. „Um das zu ändern, haben wir ein Baukastensystem entwickelt.“

Baukastensystem mit universell einsetzbarem Modul

Anstatt mit nur einem „Legosteine“ arbeitet Arndt mit zweien – einem Zielmodul und einem Effektor-Modul. Das Zielmodul ist ein umgebauter (monospezifischer) Antikörper, der auf der einen Seite an ein Molekül auf der Krebszelle binden kann und auf der anderen mit einer leicht erkennbaren Struktur ausgestattet ist – ein in der Arbeitsgruppe entwickeltes, einzigartiges „Peptid-Epitop“. An dieses Peptid-Epitop klammert sich wiederum das Effektor-Modul, ein bispezifischer Antikörper, der außerdem die Immunzelle greifen kann.

„Der Effekt ist der Gleiche: Tumor- und T-Zelle werden vernetzt“, sagt Arndt. „Aber der Vorteil ist, dass wir das Effektor-Modul universell einsetzen und mit jedem beliebigen Zielmodul kombinieren können.“ Die aufwändige Prüfung, ob sich der bispezifische Antikörper beim Umbau für ein neues Krebsziel verändert hat, entfällt.

Das bietet auch für Patienten einen großen Vorteil. Denn das Baukastensystem erlaubt es, mehrere Ziele auf einer Krebszelle anzusteuern. „Dazu kombinieren wir einfach das Effektor-Modul mit zwei, drei oder mehr Zielmodulen, die auf den Krebszellen unterschiedliche Zielstrukturen erkennen“, erläutert Arndt. Das erhöhe die Chancen erheblich, dass die Therapie greift. Denn Tumorzellen sind wandlungsfähig. Und wenn die Krebszellen zufällig jene Oberflächenstruktur ändern, an die ein normaler bispezifischer Antikörper andockt, dann wirkt →

Claudia Arndt

Bereits ihr Studium der Biologie schloss die 28-jährige Claudia Arndt an der TU Dresden mit Auszeichnung ab, ebenso die vierjährige Promotion auf dem Gebiet der Tumorummunologie an der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus. Der Name der begabten Nachwuchswissenschaftlerin steht auf insgesamt 16 Publikationen. Zählt man die einzelnen Werte für den „impact factor“, der den Stellenwert einer Fachzeitschrift angibt, zusammen, kommt man auf beeindruckende 80 Punkte.

2015 wurde sie auf dem Symposium „Tumor Immunology meets Oncology XI“ mit dem „Young Investigator Award“ (3. Platz) ausgezeichnet. Als Mitarbeiterin des HZDR-Instituts für Radiopharmazeutische Krebsforschung wird sich Arndt auch weiterhin mit universellen Antikörpern für die immuntherapeutische Behandlung von Krebserkrankungen beschäftigen.

PLATTE: Wie sich Immunzellen gegen Krebs aktivieren lassen, untersucht Claudia Arndt in aufwändigen Experimenten.

Foto: Frank Bierstedt



die Therapie nicht mehr. „Es ist aber unwahrscheinlicher, dass der Tumor gleichzeitig mehrere Oberflächenstrukturen ändert, die wir mit unserem Baukastenprinzip ansteuern.“

Immuntherapie plus Bestrahlung

Das System ist so variabel, dass es sich auch mit konventionellen Krebstherapien, wie zum Beispiel der Strahlentherapie, kombinieren lässt. Wenn Tumorzellen bestrahlt und zerstört werden, werden Proteine aus den Zellkernen freigesetzt. Eines davon ist das „La“-Protein, das an der Oberfläche der noch intakten Tumorzellen haften bleibt. Das können Arndt und Bachmann mit ihrem Baukastensystem ausnutzen. Denn das Effektormodul kann an das „La“-Protein binden, weil es natürlicherweise das Peptid-Epitop enthält. Dadurch kann allein schon das Effektormodul – ohne Zutun der Zielmodule – Immunzellen in die Bereiche einer Geschwulst bringen, die bereits mit der Strahlentherapie behandelt wurden.

Und wenn das noch nicht reichen sollte, den Krebs zu beseitigen, dann könnten zum Beispiel auch radioaktive Isotope in eines der Zielmodule eingebaut werden. In Kooperation mit den Kollegen vom HZDR-Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung wollen Arndt und Co. ihr Baukastensystem mit solchen Radionukliden aufrüsten und ausprobieren, ob

sich der Zielmodul-Antikörper im Tumor anreichert. So soll die Strahlung nur die Krebszellen schädigen, nicht aber die gesunden Zellen im Rest des Körpers. Ein Projekt, das Arndt gerade erst begonnen hat. Mit ihren molekularen Legosteinen wird die Jungforscherin also noch lange herumspielen. —

PUBLIKATIONEN:

C. Arndt u. a.: “Simultaneous targeting of prostate stem cell antigen and prostate-specific membrane antigen improves the killing of prostate cancer cells using a novel modular T cell-retargeting system”, in *Prostate* 2014 (DOI 10.1002/pros.22850)

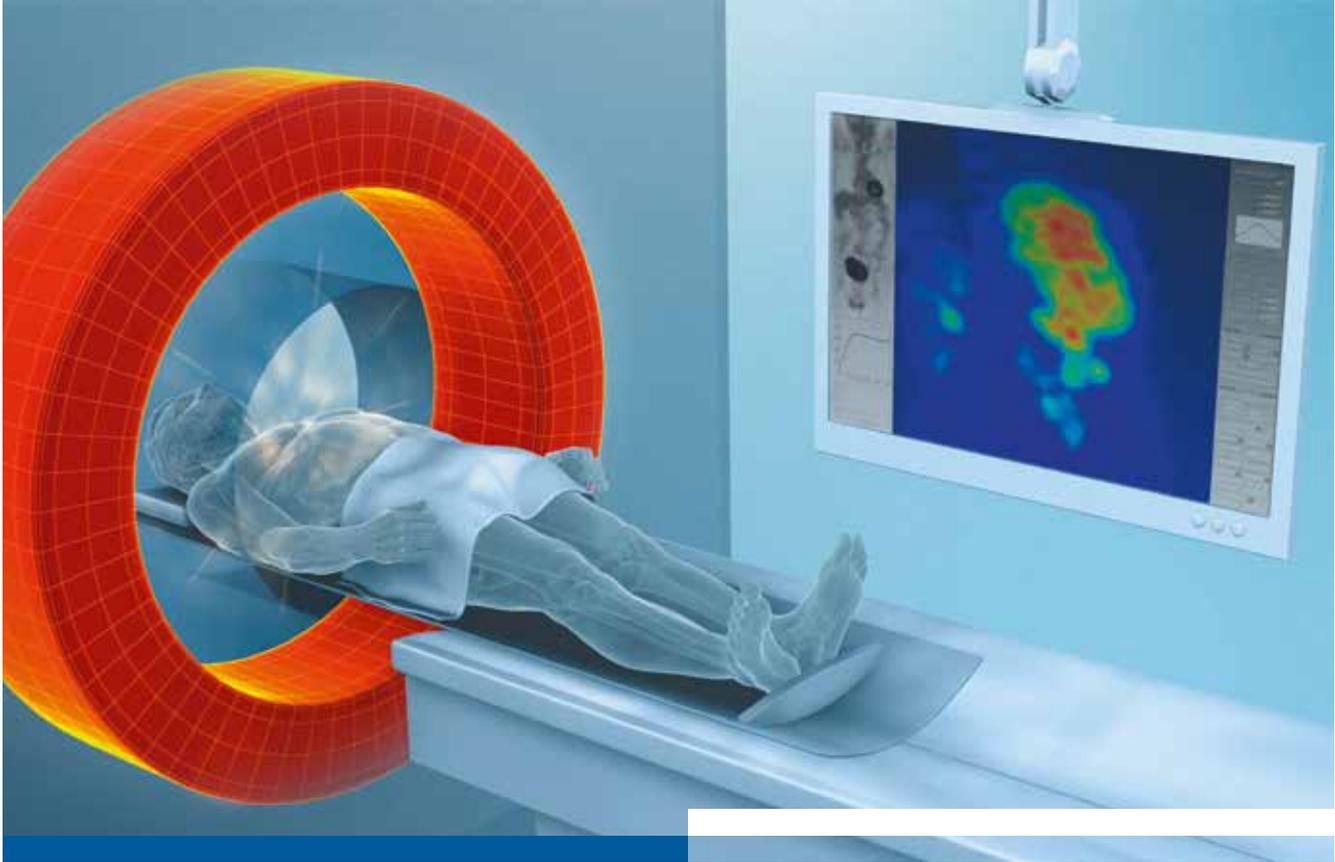
C. Arndt u. a.: “Costimulation improves the killing capability of T cells redirected to tumor cells expressing low levels of CD33: Description of a novel modular targeting system”, in *Leukemia* 2014 (DOI: 10.1038/leu.2013.242)

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)

KONTAKT

— Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung am HZDR
Dr. Claudia Arndt
c.arndt@hzdr.de

// Ziemlich genau zwanzig Jahre lang fand im PET-Zentrum Dresden-Rossendorf medizinische Diagnostik statt. Doch vom Ende einer Ära kann keine Rede sein.



EINBLICK: Die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) ist ein sehr sensitives Verfahren für die Diagnose von Krebserkrankungen. Illustration: AlFilm

20 JAHRE KREBSDIAGNOSTIK

_TEXT . Christine Bohnet

Im Jahr 1995 wurde in Rossendorf der erste Patient mit der damals noch jungen Methode der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) untersucht. Zwanzig Jahre später sagt Jörg Steinbach, einer der beiden Direktoren am Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung am HZDR: „Mission erfüllt! Die Methode ist einerseits tägliche Routine und wird nah am Patienten im Dresdner Universitätsklinikum weitergeführt – und gleichzeitig ist sie auch zukünftig ein Instrument der modernen Grundlagenforschung.“

Heute wie damals geht es den Helmholtz-Forschern darum, präzisere Aussagen für die medizinische Diagnostik zu ermöglichen. Ihr besonderer Fokus: Die Positronen-Emissions-Tomographie. Für dieses moderne Bildgebungsverfahren

werden dem Patienten je nach Diagnoseziel unterschiedliche radioaktive Sonden injiziert. Diese mit kurzlebigen Radionukliden markierten Substanzen heißen im Fachjargon Radiotracer oder auch Radiopharmaka. Der Radiotracer reichert sich in einem bestimmten, meist krankhaft veränderten Gewebe an, zerfällt nach einiger Zeit und sendet dabei charakteristische Strahlung aus, die von außen mithilfe von Detektoren gemessen wird. Leistungsstarke Software rechnet die Daten in dreidimensionale Bilder um. Die PET-Bilder zeigen damit die Ausdehnung der Gebiete mit erhöhter Anreicherung des Radiopharmakons und den zeitlichen Verlauf – ein wichtiger Zusatzparameter. So erhält der Arzt genaue Aussagen beispielsweise zur Lage und zur Ausbreitung von Tumoren oder zum Status von Hirnfunktionen. →

Ein ganzes Arsenal an Radiopharmaka steht den Forschern und Ärzten zur Verfügung. Das Arbeitspferd ist der „PET-Zucker“. Bei diesem radiomarkierten Glucosederivat macht man sich zunutze, dass viele Tumorarten besonders viel Energie und damit Glucose verbrauchen. Dagegen reichern sich radiomarkierte Aminosäuren in Hirntumoren an. Weitere Radiopharmaka dienen der Charakterisierung von Tumoren und unterstützen damit die Therapieplanung, werden für die Diagnose von Knochenmetastasen und der Parkinson-Krankheit eingesetzt oder dafür, Vorgänge der Hirnfunktion (Neurotransmission) abzubilden. Dieser „Werkzeugkasten“ wird durch die Forschungen ständig erweitert. Das HZDR

Magnetresonanztomographie (MRT) handelte es sich um die zweite Anlage in Europa und die dritte weltweit. „Immerhin machten sich während der vierjährigen Betriebszeit in Rossendorf mehr als 2.700 Patienten zur Untersuchung auf den Weg zu uns“, resümiert Jörg Steinbach. Zugleich fanden intensive Forschungsarbeiten statt, um die neuartige Kombinationstechnologie für die Klinik zu optimieren. Im April 2015 war es dann soweit: Das Gerät fand einen neuen Platz am Universitätsklinikum Dresden ganz in der Nähe des Nationalen Zentrums für Strahlenforschung in der Onkologie, kurz „OncoRay“, das gemeinsam von den Partnern Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Medizinischer Fakultät der TU Dresden und

Forschungsschwerpunkte sind radioaktive Arzneimittel und molekulare Bildgebung.

stellt die Radiopharmaka in einem zertifizierten GMP-Bereich (GMP steht für „Good Manufacturing Practice“) her. Es besitzt für zwei der wichtigsten Substanzen eine arzneimittelrechtliche Zulassung: „GlucosRos“ ([F-18]FDG) und „NaFRos“ ([F-18]Fluorid). Von den insgesamt zwölf Radiopharmaka für die klinische Praxis sind sechs häufig im Einsatz.

Meilensteine aus 20 Jahren PET-Bildgebung

Bereits im Jahr 2004 entwickelten HZDR-Wissenschaftler eine fortgeschrittene Methode zur Korrektur der Patientenbewegung während der Untersuchung für die PET. Als eine der ersten Gruppen überhaupt etablierten sie ein System für Kopfuntersuchungen, bei dem Infrarotkameras die Bewegungen verfolgen. Diese Bewegungen werden rechenstechnisch den millionenfach anfallenden Messwerten exakt zugeordnet, sodass ein „Verwackeln“ der Bilder quasi in Echtzeit verhindert wird.

Das leistungsstarke Softwarepaket ROVER, das heute weltweite Verbreitung findet, zählt ebenfalls zu den Meilensteinen. Vertrieben durch die Firma „ABX advanced biochemical compounds“ im sächsischen Radeberg, garantiert ROVER eine schnelle und einfache Bildverarbeitung sowie eine standardisierte Auswertung der erzeugten Bilder. Die Physiker und Informatiker am Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung passen ROVER stetig an laufende Entwicklungen an – zum Beispiel vor Jahren an die Kombination aus PET und Computertomographie (CT) oder aktuell an Anlagen für PET und Magnetresonanztomographie – und ertüchtigen die Software für klinische Anforderungen. So können Radioonkologen die Bilddaten in die Systeme zur Bestrahlungsplanung importieren, was eine nahtlose Integration von modernsten diagnostischen Methoden in die Therapie von Krebserkrankungen möglich macht.

Deutschlands erstes, für Patienten zugelassenes PET/MRT-Ganzkörpergerät nahm im Jahr 2011 im Helmholtz-Zentrum den Betrieb auf. „Bei dieser Kombination aus PET und

HZDR getragen wird. Um dennoch die Forschungsarbeiten am Helmholtz-Zentrum fortführen zu können, wurde eigens ein Teil der Betriebszeit am PET/MRT-Gerät dafür reserviert.

Jährlich erkranken rund 450.000 Patienten in Deutschland neu an Krebs. Aber jeder Patient, ja selbst jeder Tumor ist anders. Experten sind sich einig, dass nur mit individuellen Therapieansätzen die Heilungsrate, die derzeit bei etwa 50 Prozent liegt, weiter erhöht werden kann. Fortschritte bei den Bildgebungsverfahren helfen dabei, Tumore immer besser nachweisen, lokalisieren und charakterisieren zu können. Institutsdirektor Steinbach: „Ein Schwerpunkt an unserem Institut liegt ganz klar auf der Entwicklung radioaktiver Sonden. Vor allem Radiotracer, die nicht nur Lage und Ausbreitung, sondern auch Verhalten und Funktionen von Tumoren darstellen, sind unser Ziel.“ Dazu haben immer auch biochemische Grundlagenarbeiten gehört, um die besten Andockstellen für tumorspezifische Radiopharmaka zu entdecken.

Radiotherapeutika für die interne Bestrahlung

Neue und effektive Krebstherapien zu entwickeln, ist eine der größten Herausforderungen an die Medizin. Wenn sich bei einem Patienten bereits Absiedlungen (Metastasen) gebildet haben, muss die Behandlungsmethode systemisch sein, das heißt, die Tumortheraeutika müssen über die Blutbahn zu den Metastasen gelangen. Dies ist beispielsweise das Gebiet der Chemotherapie. Wesentliche Fortschritte bei der Therapie bestimmter Tumore könnten neue Arzneimittel bringen, die Krebszellen entweder gezielt mit Radioaktivität oder über das körpereigene Immunsystem bekämpfen. Die HZDR-Forscher verfolgen hier mehrere Wege. Sie erforschen spezielle, mit Radionukliden markierte Substanzen sowie Nanopartikel.

Die Idee: Die Radionuklide werden mit einem Trägermolekül oder Trägerteilchen zum Tumor transportiert und die dort freiwerdende Strahlungsenergie führt zum Absterben der Krebszellen. Hierfür sind geeignete Radionuklide notwendig, die am Wirkungsort verbleiben müssen, bis die Strahlendosis

→

22

23

im Tumor abgegeben ist. Gleichzeitig braucht es Transportmoleküle oder -partikel, die in der Lage sind, an möglichst alle im Körper verstreuten Tumorzellen mit hoher Präzision anzudocken. Das sind vorrangig Peptide oder Proteine wie etwa Antikörper, deren definierte Radiomarkierung und Charakterisierung zum Know-how des Instituts gehört. „Wir arbeiten zudem an neuartigen Arzneimitteln, die Krebszellen mithilfe des körpereigenen Immunsystems vernichten sollen“, erklärt Michael Bachmann, zweiter Direktor am Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung. „Einer unserer Schwerpunkte sind Antikörper, die gleich zwei Ziele erkennen können.“ Bindet solch ein „bispezifischer“ Antikörper sowohl an Krebs- als auch an Immunzellen, wird eine gezielte Immunreaktion gegen den Tumor ausgelöst (siehe Artikel auf den Seiten 19 – 21). „Damit können wir Krebserkrankungen in Zukunft hoffentlich noch besser bekämpfen.“

Wie alles anfang

Bereits zu DDR-Zeiten experimentierten Forscher am damaligen Zentralinstitut für Kernforschung mit einer im Haus konzipierten PET-Kamera, entwickelten die Methoden zur Herstellung von Radionukliden und etablierten erste Radiosynthesen für Radiotracer. So nahmen sie in den 1980er-Jahren erste Untersuchungen an Versuchstieren mit einer kleinen experimentellen Kamera vor. Anfang der 1990er-Jahre befand sich eine große PET-Kamera für Patientenuntersuchungen, die auf demselben Prinzip basierte, im Aufbau. Diese wurde jedoch verschrottet, als ein experimentelles PET-System aus dem kanadischen Montreal seinen Weg in das im Jahr 1992 gegründete Forschungszentrum Rossendorf fand. Die POSITOME IIIp-Kamera war zwar nur rund zwei Jahre in Betrieb, doch sie half bei der Umsetzung der im Jahr 1991 ausgesprochenen Empfehlung des Wissenschaftsrats, dem Beratungsgremium der Bundesregierung und der Regierungen der Länder für Wissenschaft, Forschung und

UMZUG: Gut verpackt – die Komponenten des PET/MRT-Kombigeräts.



Hochschulen: In Rossendorf sollte das erste ostdeutsche PET-Zentrum installiert werden.

Vor 20 Jahren fanden dann bereits Patientenuntersuchungen mithilfe des Radiotracers auf Zuckerbasis ([F-18]FDG) und der kanadischen Kamera statt. Im Mai 1997 ersetzte ein moderner Ganzkörper-PET-Scanner von Siemens das experimentelle System, und 2011 schließlich nahm die PET/MRT-Anlage der Firma Philips ihren Betrieb auf. Bis zum Jahr 2005, als das Dresdner OncoRay-Zentrum mit Mitteln aus dem Bundesministerium für Bildung und Forschung eine PET/CT-Kamera anschaffen konnte, war das PET-Zentrum somit alleiniger Dienstleister auf dem Gebiet der PET-Diagnostik für den Medizinstandort Dresden.

Mehr als 14.000 Patientenuntersuchungen am HZDR

Insgesamt konnten mehr als 14.000 Patienten untersucht werden. Im PET-Zentrum Dresden-Rossendorf, in dem HZDR, Universitätsklinikum und TU Dresden eng kooperieren, herrschte eine klare Arbeitsteilung: Das medizinische Know-how stellte das Universitätsklinikum Dresden – vor allem die Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, hinzu kamen die Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie sowie die Klinik für Radiologie. Die benötigten Radiotracer liefert auch heute noch das HZDR, ebenso das Spezialwissen für die Bildgebung.

Gleichzeitig fand und findet Forschung statt – in der Radiopharmazie, der Medizinphysik und der Medizin. Um ein Beispiel herauszugreifen: Im Rahmen des EU-Projektes „BioCare“ gingen Wissenschaftler der Dresdner Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie und des HZDR der Frage nach, ob und wie der Zucker-Stoffwechsel von Krebszellen die Wirkung der externen Strahlentherapie beeinflusst. Sie fanden heraus, dass Tumore, die viel Zucker verstoffwechseln, auch empfindlicher auf eine höhere Strahlendosis reagieren. Diese Studiendaten belegen exemplarisch, dass biologische Informationen, wie sie mithilfe der PET gewonnen werden können, vielversprechend sind, um in Zukunft die Krebstherapie zu personalisieren.

Über den Zeitraum von 20 Jahren wurden nicht nur zahlreiche Patienten untersucht, sondern es ist im gemeinsamen PET-Zentrum Dresden-Rossendorf auch eine Synergie der Forschung zum Wohle von Patienten entstanden. Die enge Zusammenarbeit der Partner aus Forschung und Medizin wird heute auf breiterer Basis im Nationalen Zentrum für Strahlungsforschung in der Onkologie – OncoRay sowie gemeinsam mit Heidelberger Kollegen im Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) fortgeführt. ─

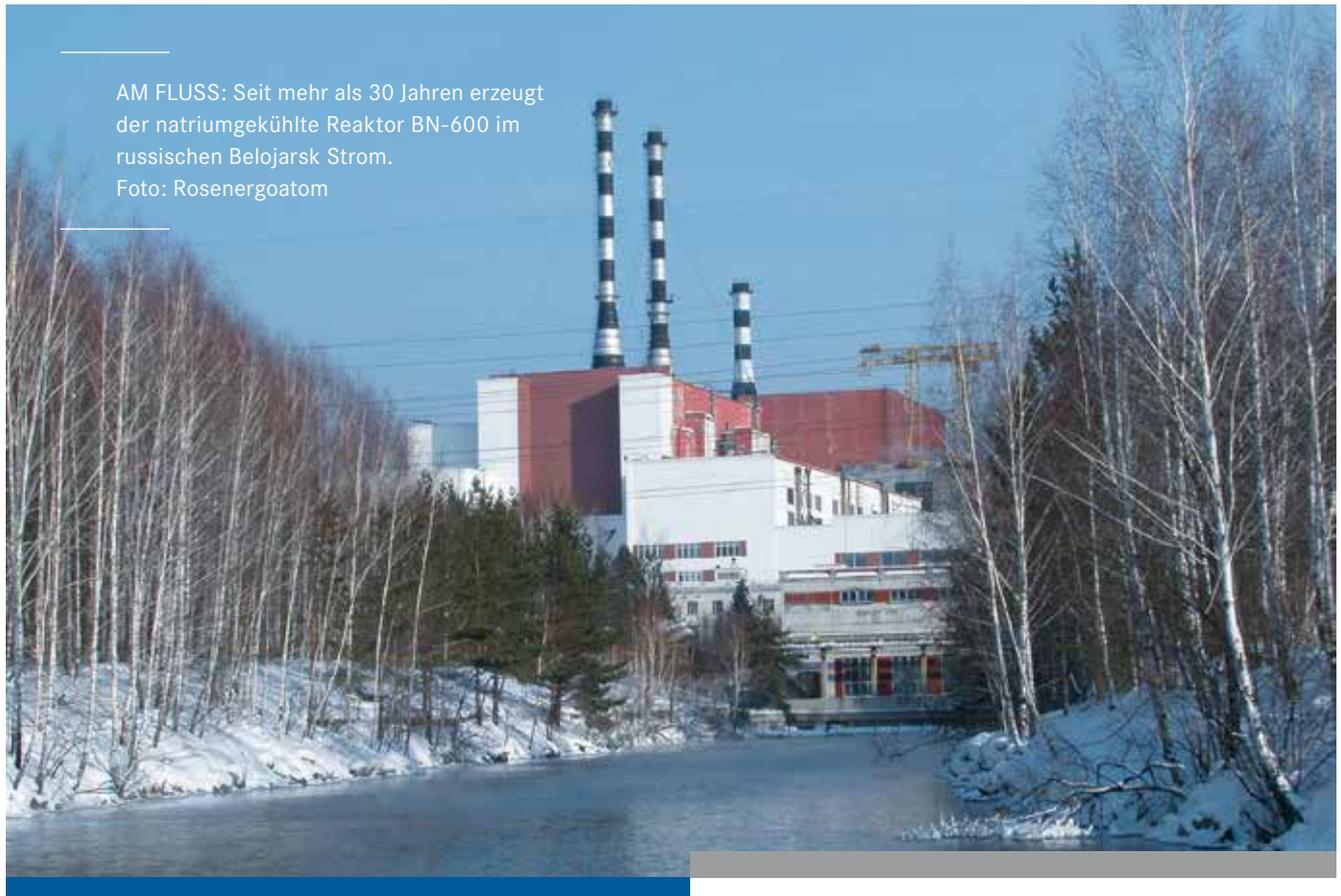
KONTAKT

— Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung am HZDR
 Prof. Jörg Steinbach / Prof. Michael Bachmann
 j.steinbach@hzdr.de / m.bachmann@hzdr.de

// In einer aktuellen Veröffentlichung im Fachblatt „Applied Energy“ beschreibt der Kerntechnik-Experte Bruno Merk, wie Reaktoren mit schnellen Neutronen sicher betrieben werden können.

SICHERHEIT FÜR REAKTOREN DER IV. GENERATION

_TEXT . Christine Bohnet



AM FLUSS: Seit mehr als 30 Jahren erzeugt der natriumgekühlte Reaktor BN-600 im russischen Belojarsk Strom.
Foto: Rosenergoatom

In Deutschland steigt man aus, anderenorts in der Welt steigt man ein. Die friedliche Nutzung der Kernenergie ist nicht nur für hochentwickelte europäische Länder wie Finnland, Großbritannien oder Frankreich eine wichtige Option, um den enormen Energiehunger zu stillen, ohne den CO₂-Ausstoß zu erhöhen. Auch große asiatische Länder wie Indien oder China setzen auf Atomstrom. Während es sich bei den in Deutschland betriebenen Kernkraftwerken durchwegs um Leichtwasser-Reaktoren der zweiten Generation handelt, planen Russland, Frankreich, Japan, Indien und auch China Reaktoren der vierten Generation. Diese Anlagen nutzen schnelle Neutronen zur Energiegewinnung und setzen beispielsweise Natrium als Kühlmittel ein.

Die Fachwelt allerdings ist gespalten. Während die eine Seite betont, dass gerade mit Natrium gekühlte Reaktoren über eine hohe inhärente und passive Sicherheit verfügten, behaupten die Gegner, dass sie prinzipiell gefährlich seien und nicht wirtschaftlich betrieben werden könnten. Zu den

Gegnern gehört das „International Panel on Fissile Materials“ in den USA („Internationales Gremium für Spaltmaterialien“). Dieses gab in einem Forschungsbericht vom Februar 2010 bekannt: „Die Zuverlässigkeit von Leichtwasser-Reaktoren ist bis zu einem Punkt angestiegen, an dem diese im Durchschnitt zu etwa 80 Prozent ihrer Laufzeit Energie erzeugen. Im Gegensatz dazu fielen viele der natriumgekühlten Demonstrationsreaktoren einen Großteil der Zeit aus, in der sie elektrischen Strom hätten erzeugen sollen.“ (siehe: <http://fissilematerials.org/library/rr08.pdf>, Seite 9)

Schnelle Neutronen brauchen Katalysator

Wenn man von „schnellen Neutronen“ spricht, dann ist damit das Energiespektrum der für die Kettenreaktion benötigten Teilchen gemeint. Prinzipiell nutzen Kernkraftwerke aus, dass Neutronen Atomkerne spalten können. In jeder Spaltreaktion werden mehr Neutronen freigesetzt als dafür eingesetzt

→

24

25



START: Beladung des neuen, schnellen Reaktors BN-800 am Standort Belojarsk. Foto: Rosenergoatom

werden. Damit solch eine Kettenreaktion beherrschbar bleibt, werden in allen Kernreaktoren Neutronenabsorber eingesetzt. In Leichtwasserreaktoren bremst das Kühlmittel, also das Wasser, die Neutronen ab. Im schnellen Reaktor übernimmt flüssiges Natrium die Funktion der Wärmeabfuhr. Anders als bei Wasser, prallt ein Neutron von einem metallischen Atomkern quasi ungebremst ab, vergleichbar einer Billardkugel, die auf die Bande trifft.

Einsatz im Schnellen Brüter weder aufwändig angereichert noch aufbereitet zu werden. Mehr noch: Natriumgekühlte Reaktoren können auch viele der extrem langlebigen, schweren Kerne, die prinzipiell beim Betrieb eines Reaktors entstehen, verbrennen und damit in kurzlebige Stoffe umwandeln, was die Problematik der Endlagerung wesentlich entschärft. Selbst Plutonium-Abfall könnte als Brennstoff verwendet werden.

Vergleich: Generation II versus Generation IV

Bruno Merk vom HZDR hat nun die Operations- und Abschaltzeiten von schnellen Reaktoren unter die Lupe genommen – und mit besonders stabil laufenden, deutschen Leichtwasser-Reaktoren verglichen. Seine Prämisse: Anlagen, die nur geringe ungeplante Ausfallzeiten und Wartungsintervalle zu verbuchen haben, sind technisch ausgereift und sicher. Im Auftrag der Internationalen Atomenergiebehörde IAEA hat er gemeinsam mit Kollegen aus den USA und Indien Daten vom stillgelegten Demonstrationskraftwerk Phénix in Frankreich und vom seit über 30 Jahren in Betrieb befindlichen, russischen Reaktortyp BN-600 in Belojarsk ausgewertet.

„Aus den Kinderkrankheiten ist die Technologie erwachsen, das zeigen die geringen ungeplanten Stillstandszeiten gerade beim BN-600, der seit über 30 Jahren sicher läuft“, so Merk. „Wir haben für unseren Vergleich die Laufzeiten bereinigt, also die geplanten Revisionen herausgerechnet. In den letzten zehn Jahren sind die Betriebserfahrungen mit einer bereinigten Verfügbarkeit von knapp 97 Prozent geradezu exzellent. An solche Zahlen reichen nur wenige Leichtwasser-Reaktoren heran.“ Die untersuchten deutschen Kernkraftwerke Grafenrheinfeld (Start 1981) und Emsland (Start 1988) weisen mit 96,2 bzw. 99,8 Prozent ähnlich hohe Verfügbarkeiten auf, so die Ergebnisse der Forscher. Merk betont: „Es gab auch keine größeren Reparaturen am BN-600. Damit ist das Sicherheitsniveau eines Schnellen Brüters heute auf dem Stand der besten Leichtwasser-Reaktoren aus der zweiten Generation. Während der geplanten Revisionszeiten wurden in dieser

„Der französische ASTRID-Reaktor wird in jedem Fall realisiert. Wir brauchen Kerntechnik-Experten in Deutschland, die bei Sicherheitsfragen Gehör finden. Und das wiederum klappt nur, wenn wir einen aktiven Part in den großen EU-Forschungsprojekten übernehmen.“

Mit schnellen Neutronen lässt sich zudem effizient Plutonium erbrüten. Was für die Gegner der Technologie nur weiteres Öl im Feuer bedeutet, weil es sich um waffenfähiges Plutonium handeln kann, gehört für die Befürworter zu den großen Vorteilen der Technologie. Die Idee ist, immer in etwa so viel Plutonium zu produzieren, wie im Betrieb der Anlage verbrannt wird. Benötigt wird der Stoff als eine Art Katalysator für das ansonsten nicht spaltbare Uran-238, also das nahezu allein in der Natur vorkommende Uran. Dieses braucht für den

Periode auch noch die Nachrüstarbeiten für die Laufzeitverlängerung durchgeführt.“

Dass es die Natrium-Technologie in sich hat, dessen ist sich natürlich auch Merk bewusst: „Wir Kerntechniker stehen zu den Problemen, die es gegeben hat. Neuralgische Punkte sind vor allem die Dampferzeuger und die Pumpen.“ So kann durch Lecks, hervorgerufen etwa durch schlecht gefertigte Schweißnähte, Wasser bzw. Wasserdampf mit dem Natrium in →

Berührung geraten – mit der fatalen Folge besonders heftiger Reaktionen. Nicht umsonst gab es in Deutschland und Großbritannien schon vor vielen Jahren den Beschluss, aus der Brüter-Technologie kurz nach oder teilweise sogar noch vor Inbetriebnahme der Anlagen wieder auszusteigen.

Anders in Frankreich, wo ernsthaft an „ASTRID“ gearbeitet wird, dem voraussichtlich ersten Reaktor der IV. Generation. Im Jahr 2025 bereits könnte er in Betrieb gehen. Am Vorgänger-Projekt Phénix kam es allerdings nicht nur zu einem Natriumbrand. „Daraus haben wir Kerntechniker gelernt und die Anlagen wurden entsprechend aufgerüstet“, sagt der HZDR-Wissenschaftler. Automatische Feuerlöscher und Auffangsysteme sowie doppelte Wände in den Leitungen, durch die Natrium fließt, gehören dazu. Bei einem Natriumleck am japanischen Monju-Reaktor im Jahr 1995 zeigte sich, worauf es außerdem ankommt. „Wichtig ist, dass die Betriebsmannschaft extrem gut geschult ist und sofort auf einen Vorfall reagieren kann. Und natürlich muss auch die Bevölkerung vollumfänglich aufgeklärt werden“, führt Merk aus.

Sicherheit im Vordergrund

Sowohl Leichtwasser-Reaktoren als auch schnelle Reaktoren verfügen über eine hohe inhärente Sicherheit. Das heißt, dass sich die Anlage aus physikalischer Sicht selbst stabilisiert. So sinkt bei einem Leichtwasser-Reaktor die Leistung bei Wasser- und Druckverlust. Bei steigender Brennstoff-Temperatur werden sowohl im Leichtwasser-Reaktor als auch im Schnellen Brüter mehr Neutronen im Brennstoff eingefangen, ohne dass sie eine Spaltreaktion hervorrufen. Sobald ein Schneller Brüter überhitzt, dehnt er sich zudem aus – auch durch diesen Prozess nimmt die Leistung ab.

TEST: Blick ins Kontrollzentrum des BN-800 beim Erreichen der ersten Kritikalität. Foto: Rosenergoatom



Bruno Merk hat sich Gedanken über ein Verfahren gemacht, das die Stabilität des Reaktorkerns erhöht mit dem Ziel, Neutronen im Brennstoff bei steigender Temperatur verstärkt einzufangen. Dafür müssen mehr Neutronen sicher abgebremst werden können. Nun bremst zwar Wasser Neutronen ab, es kann aber in einem Schnellen Brüter wegen des reaktionsfreudigen Natriums nicht verwendet werden. Bindet man jedoch Wasserstoff an eine geeignete Trägersubstanz, zum Beispiel an Yttrium, und setzt das Material als Abstandhalter zwischen den vielen einzelnen Brennstäben im Reaktorkern ein, so kommt es zum gewünschten Abbremsseffekt. Wichtig ist dabei, dass das Yttriumhydrid in den Brennelementen sehr fein verteilt wird. Diese Idee ist mittlerweile patentiert. „Uns Kerntechniker in Deutschland treiben die gleichen Fragen um, an denen auch die internationalen Kollegen arbeiten“, erläutert Merk. „Wir wollen herausfinden, mit welchen Methoden wir eine höchstmögliche Sicherheit erreichen können.“ Zugleich soll der Abbrand von Brennstoff in schnellen Reaktoren weiter optimiert werden, um möglichst wenig nuklearen Abfall zu erzeugen.

Zur Sicherheit natriumgekühlter Reaktoren tragen im Übrigen auch Forschungsarbeiten anderer Bereiche bei. So wird in Deutschland intensiv zu flüssigen Metallen geforscht, denn diese kommen auch in vielen anderen Industriezweigen vor bzw. werden für Zukunftstechnologien – wie beispielsweise neuartige Batterien oder Solarkraftwerke – immer bedeutsamer. In einem Flüssigmetall lässt sich Energie in großen Mengen speichern oder Wärme effektiv abführen. Die Wärmeleitfähigkeit ist bis zu 100 Mal größer als bei Wasser. Durch neue Messverfahren, wie sie auch am Dresdner Helmholtz-Zentrum entwickelt wurden, ist es heute möglich, die Strömungen von flüssigen Metallen vollständig zu überwachen. So ist in den letzten Jahren die Betriebssicherheit von Flüssigmetall-Technologien deutlich gestiegen.

„Forschung kann letztlich immer nur dazu beitragen, Optionen zu eröffnen, Wege aufzuzeigen und fundierte Diskussionen anzustoßen.“ Davon ist Bruno Merk mehr denn je überzeugt. Die Entscheidung, ob und welche Technologie eingesetzt wird, muss eine Gesellschaft treffen, indem sie Gefahren und Risiken sorgfältig abwägt. Deutschland steigt aus der Erzeugung von Energie durch Atomkraft bis zum Jahr 2022 aus. Dennoch braucht das Land Experten wie Bruno Merk und seine Kollegen am HZDR und an den Helmholtz-Zentren in Jülich und Karlsruhe, die zur Sicherheit der nur wenige Kilometer von unseren Grenzen in Belgien, Frankreich, Tschechien oder der Schweiz entstehenden Reaktoren beitragen. ─

PUBLIKATION:

B. Merk u. a.: „Progress in reliability of fast reactor operation and new trends to increased inherent safety“, in Applied Energy 2015 (DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.02.023)

KONTAKT

_Institut für Ressourcenökologie am HZDR
Dr. Bruno Merk
b.merk@hzdr.de

// Die Medizinerin Esther Troost hat seit Kurzem eine Professur für „Bildgestützte Präzisions-Strahlentherapie“ inne. Gemeinsam mit ihrem Partner, dem Medizinphysiker Aswin Hoffmann, will sie in Dresden die Strahlentherapie weiterentwickeln.

„WIR BETRETEN GERN NEUE WEGE UND SCHAFFEN BRÜCKEN ZWISCHEN FORSCHUNG UND KLINIK“

_TEXT . Stephan Wiegand

„Lass es uns am besten so sagen: Wenn es für unsere Arbeit einen vergleichbaren Wissenschaftsstandort in London oder New York gegeben hätte, wir wären nach Dresden gekommen. Die hier gebotene Herausforderung und Dual Career-Perspek-

tive sind einzigartig. Wir sind hier so herzlich aufgenommen worden, das begeistert uns bislang jeden Tag neu.“ Esther Troost und Aswin Hoffmann treffen sich kurz auf dem Flur im OncoRay-Zentrum und setzen sich für eine halbe Stunde in eines ihrer Büros. Nach wenigen Augenblicken herrscht Wohlfühlatmosphäre – auch ohne die typischen persönlichen Utensilien, Fotos oder Blumen, die häufig volle Schreibtische garnieren. Das „Wissenschaftlerpaar“ versteht sich ganz augenscheinlich als eine spannende Liaison, sowohl im Labor als auch im Leben außerhalb des Klinikums. →

ZWEI KULTUREN: Deutschland – Niederlande, MRT – PET, Medizin – Physik. Esther Troost schafft Zusammenhänge.
Foto: Stephan Wiegand



„Gut, wenn uns am Wochenende oder an Feiertagen mal langweilig wird, dann arbeiten wir halt an einem interessanten Artikel“, sagt Esther Troost und schaut dabei lächelnd zu ihrem Partner. Die Büros liegen auf einer Etage und sie haben bereits in ihrer alten Heimat, in den Niederlanden, viel gemeinsame Zeit im Wissenschaftsbetrieb verbracht. Wenn sie über ihre Forschung sprechen, dann ändert sich nicht nur der Gesichtsausdruck, auch die Sprache bekommt eine andere Farbe. Plötzlich definieren beide eigene Standards, analysieren Strahlendosen, klassifizieren Bildgebungsverfahren und werten den Einfluss von Magnetfeldern auf einen Strahl aus geladenen Teilchen aus. „Esther ist die Frau für Tumorerkrankungen im Thorax und Kopf“, sagt Aswin Hoffmann, und „mein Mann ist mehr der Bauchtyp“, wirft die Professorin ein. Ob diese Einteilung wohl auch im Privaten so gilt, das lässt sich nur ahnen. Esther Troost bewegt sich in ihrem Arbeitsfeld auf medizinischem Terrain, Aswin Hoffmann dagegen hat sich der Medizinphysik verschrieben.

Arbeiten im Doppelpack

„Hier in Deutschland gibt es für einen Medizinphysiker wie mich ziemlich viel routinemäßige Arbeit“, sagt Hoffmann. „In den Niederlanden sind die Tätigkeitsfelder ganz anders definiert, da gibt es beispielsweise Dosimetristen, die verantwortlich sind für die Bestrahlungsplanung und Qualitäts-

pie in einem Gerät vereinen. Sollte es gelingen, dann wäre das tatsächlich eine Weltpremiere. „Jetzt sind wir noch ganz am Beginn. Das alles sind nur Ideen, wir wissen gar nicht genau, ob das technisch möglich ist“, formuliert er vorsichtig. „Aber man muss es einfach versuchen.“ Geht der innovative Plan auf, dann wäre das ein bedeutender Schritt, um Patienten eine noch präzisere und effektivere Krebstherapie zu geben. „Schießt man das Protonenbündel einfach in das Magnetfeld des MRT-Gerätes, wird der Strahl aus positiv geladenen Teilchen abgelenkt. Genau das müsste von uns in der Dosiskalkulation berechnet werden.“ Schließlich soll das Ziel sein, die MRT in die Protonen-Bestrahlungseinheit zu integrieren.

Hier in Dresden ist der Weg für eine solche Herausforderung gut geebnet, das hat der Wissenschaftler gespürt: „Ja, das würde ich sagen, denn in Holland gibt es so eine Konstellation wie das OncoRay-Zentrum mit den Partnern HZDR, Universitätsklinikum und Technische Universität Dresden nicht. Für uns beide ist es das perfekte Umfeld, um das theoretische Forschungspotenzial auch für die Klinik zu nutzen.“ Das war auch für Esther Troost die Motivation, den Wohnsitz einige hundert Kilometer nach Osten zu verlagern. „Das Drumherum, die Kollegen, der Ruf und der visionäre Chef, das waren – klar – die Gründe für einen Umzug.“ Am Ende eine einfache Entscheidung für beide, denn wenn es darum geht, wissenschaftlich neue Wege zu suchen, dann gehört der Tapetenwechsel auch zum gemeinsamen Alltag. „Man muss

Die Medizinerin Esther Troost ist sicher, dass Fortschritte in der Bildgebung die Therapie von Krebserkrankungen nachhaltig verändern werden.

kontrolle einer Bestrahlung.“ Mit der Konsequenz, dass für einen Medizinphysiker mehr Raum bleibt, um zu forschen und Innovationsprojekte zu leiten. Hier in Deutschland muss Hoffmann sich viel intensiver um eine Nische bemühen. Das gelingt im konkreten Fall außerordentlich gut, denn in Dresden steht er auf zwei Beinen. Zu 60 Prozent vertieft er sich als Gruppenleiter in seine Forschungsarbeit – den Raum dazu findet er im Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, wo er am Institut für Radioonkologie angestellt ist –, und 40 Prozent seiner Zeit arbeitet er als Medizinphysiker am Universitätsklinikum Dresden. Bei beiden Tätigkeiten steht die Integration der Magnetresonanztomographie (MRT) in die Strahlentherapie im Mittelpunkt, weshalb er die Zweigleisigkeit als Chance sieht.

„Mit meiner Forschungsgruppe habe ich vor, die Echtzeit-Bildgebung in die Protonentherapie zu integrieren.“ Damit könnte man während der Behandlung genau erkennen, ob ausschließlich das Krebsgewebe bestrahlt wird. In den nächsten zehn Jahren, so hofft der Forscher, will er MRT und Protonenthera-

manchmal aufpassen, dass man sich nicht nur mit dem Job beschäftigt – aber das gelingt uns ganz gut, wenn wir unser Gehirn lüften und mit den zwei Hunden früh am Morgen an der Elbe spazieren gehen.“

Tumore besser verstehen

Esther Troosts Fokus liegt auf der Bildgebung: „Hier auf dem Medizincampus ist jetzt das Kombigerät des HZDR eingeschwebt, das anatomische Informationen der Magnetresonanztomographie mit den Informationen zum Stoffwechsel, wie sie die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) liefert, vereint.“ Nun kann die Medizinerin mit dem optimistischen Lächeln quasi permanent auf unzählige Patientendaten zugreifen und gemeinsam mit Kollegen der Nuklearmedizin und Radiologie an der Universitätsklinik sowie mit der HZDR-Gruppe um den Physiker Jörg van den Hoff und weiteren OncoRay-Kollegen die Krebsforschung auf dem Gebiet der Bildgebung weiter voranbringen. →

„Faszinierend! Ich bin sicher, dass Fortschritte in der Bildgebung die Tumorthherapie nachhaltig verändern werden“, sagt Troost. Spätestens in dem Moment wird klar, weshalb Dresden für beide Wissenschaftler als neue Heimat so interessant ist. „Früher hatte man nur ein Röntgenbild, auf dem haben wir die Kontur des Tumors ungefähr eingezeichnet und dann die Patienten mit Bestrahlungsbündeln von vorn und hinten bestrahlt. Selbst damit hatten wir Erfolge, aber die Chancen waren gering und die Nebenwirkungen heftiger.“

Heute arbeiten Wissenschaftler weltweit daran, Tumore zukünftig lediglich aufgrund von Bildanalysen schnell abgrenzen und klassifizieren zu können. „Ich habe gerade überlegt, was wir in Kürze anfangen werden, um genau diese Informationen aus den gesammelten Daten herausholen zu können“, so Troost. Dafür müssten die Bilder aus dem Patientenkörper Parameter liefern können, mit denen sich beispielsweise folgende Fragen beantworten lassen: Handelt es sich um eine Entzündung oder einen Krebsherd? Wie unterscheiden

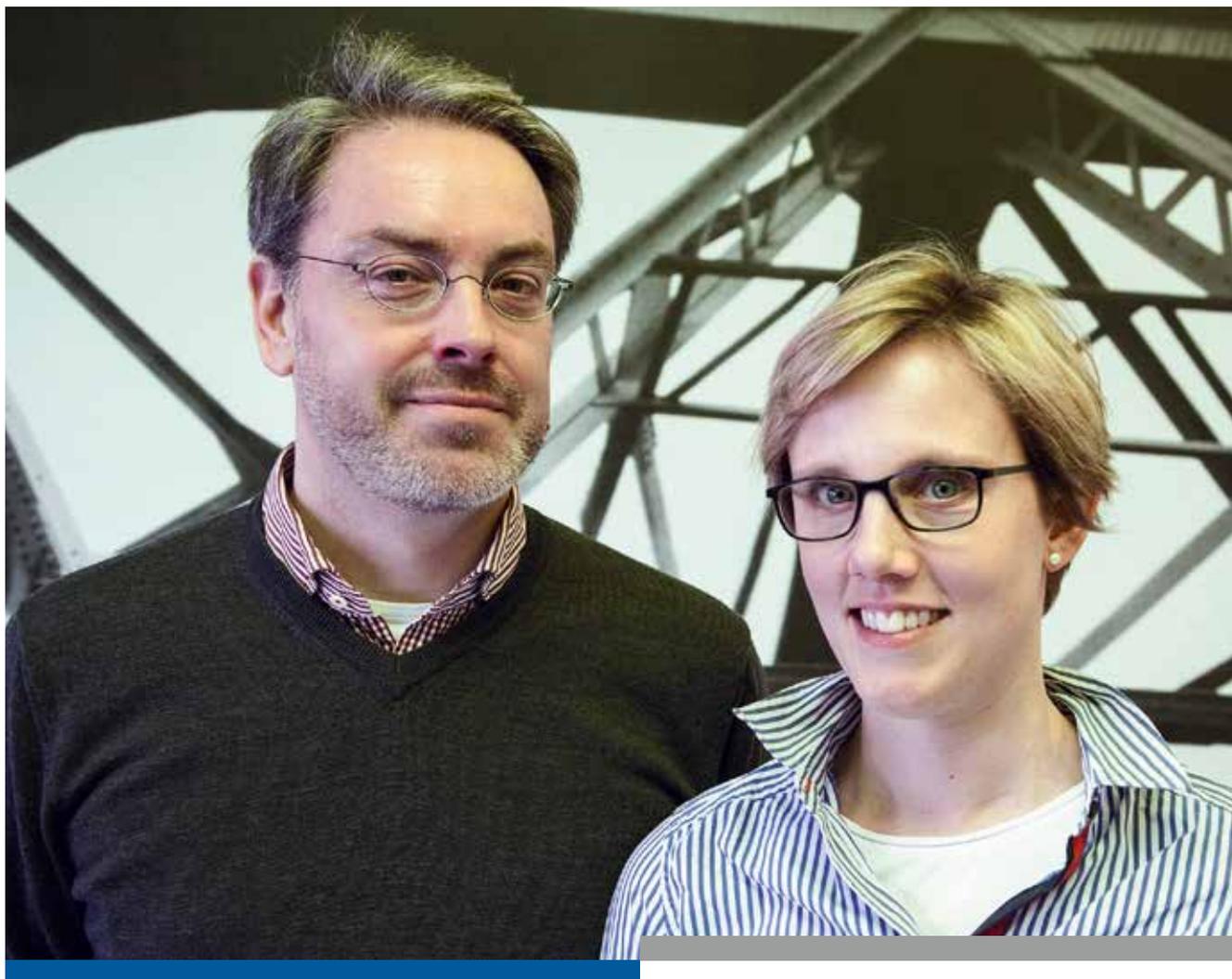
sich die Rezeptoren auf der Oberfläche von Krebszellen im Vergleich zu gesunden Zellen? Lassen sich Rezeptoren mit bildgebenden Verfahren klassifizieren? Welche Daten helfen dabei, Tumore noch besser zu charakterisieren?

Im OncoRay, dem Nationalen Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie, werden immer weiter Ideen perfektioniert und Brücken geschlagen. Das Forscherpaar schwärmt: „Hier gehört die Bildgebung auch während der Bestrahlung schon heute zum Standard. Wir können eine Strahlentherapie drei-, ja sogar vierdimensional planen, wenn man den Zeitfaktor noch mit hinzuzählt.“ Schon seit Jahren sind Computertomographie (CT) und ein kombiniertes PET/CT-Gerät im Einsatz. Nun vervollständigt das PET/MRT-Ganzkörpergerät aus dem Helmholtz-Zentrum die einzigartige Forschungsplattform OncoRay. „Wohin diese Reise geht in den kommenden drei, vier, fünf Jahren, das können wir heute kaum abschätzen, aber es ist uns wichtig, dass wir dabei sind.“ —

KONTAKT

„Institut für Radioonkologie am HZDR
Prof. Esther Troost / Dr. Aswin Hoffmann
e.troost@hzdr.de / aswin.hoffmann@hzdr.de

AUFTEILUNG: Esther Troost ist die Frau für den Kopf, Aswin Hoffmann ist eher der „Bauchtyp“.
Foto: Stephan Wiegand



// Kohlenmonoxid ist nicht nur ein giftiges Gas, es ist auch ein Botenstoff, über den Zellen miteinander kommunizieren. Die HZDR-Chemikerin Manja Kubeil will es gezielt in Tumoren freisetzen, um sie zu zerstören.



RUHE: Bis kurz vor ihrer Abreise nach Australien war Manja Kubeil noch im HZDR-Labor anzutreffen.

NANOPARTIKEL MIT BLÄHUNGEN

_TEXT . Sascha Karberg

Vielleicht ist es ganz gut, dass Manja Kubeil mit ihrem nächsten Forschungsprojekt erst einmal ans andere Ende der Welt umzieht. Immerhin will sie Nanopartikel bauen, die so etwas wie Blähungen bekommen: Sie sollen das Gas Kohlenmonoxid (CO) auf Kommando freisetzen. Doch Gefahr droht nicht, auch nicht für empfindliche Nasen, im Gegenteil. Was die Chemikerin aus der Arbeitsgruppe von Holger Stephan am HZDR während ihres zweijährigen Aufenthalts an der Monash University in Melbourne konstruieren will, könnte irgendwann Krebspatienten helfen. Denn das Kohlenmonoxid-Gas kann Tumoren schaden. Da es aber auch für gesunde Zellen nicht harmlos ist, darf es nur im erkrankten Gewebe freigesetzt werden. Die dafür nötigen, speziellen Moleküle wird die 31-Jährige mit

Hilfe eines Marie Curie-Stipendiums der Europäischen Union in den Laboren des australischen Kooperationspartners herstellen. Ein Projekt, das fürs Surfen und Känguru-Sightseeing nicht viel Zeit lassen dürfte.

Den Horizont erweitern

Für Kubeil, die erst vor Kurzem ihre Promotion in der Radiopharmazie abschloss, bedeutet der Umzug nicht nur geographisches, sondern auch forschersches Neuland. „Das ist ein komplett neues Themengebiet für mich“, sagt die gebürtige Berlinerin. Die Herausforderung geht sie aber mindestens so

→

30

31

zuversichtlich an wie zu Beginn ihres Studiums, als sie nach Dresden kam, um sowohl Chemie zu lernen als auch auf eigenen Füßen zu stehen. „Nach meiner Doktorarbeit wollte ich auf jeden Fall meinen wissenschaftlichen Horizont erweitern“, sagt Kubeil. Nun zieht es sie mit wenig mehr als einem Koffer auf den fünften Kontinent und in ein junges Forschungsfeld, das mindestens so unerschlossen ist wie das australische Outback. „Erst um die Jahrtausendwende sind die ersten Komplexe entwickelt worden, mit denen Kohlenmonoxid gezielt freigesetzt werden kann“, erläutert die Chemikerin. Denn CO, das beispielsweise gegen Entzündungserkrankungen oder zu hohem Blutdruck eingesetzt werden kann, darf nicht einfach ins Blut gespritzt werden. In hohen Konzentrationen ist es sogar tödlich, weil es irreversibel an den roten Blutfarbstoff Hämoglobin bindet. „Dann erstickt man“, sagt Kubeil. Deshalb wurden CO-freisetzende Moleküle (CO-Releasing Molecules, CORMs) entwickelt, eine Klasse von Metallcarbonylkomplexen. „Man kann den pH-Wert ändern, Enzyme dazugeben oder die Carbonylkomplexe mit Licht bestrahlen, so dass sie zum gewünschten Zeitpunkt und am gewünschten Ort CO freisetzen.“

Mit Licht Gas freisetzen

Kubeils Aufgabe ist es, Carbonylkomplexe zu entwickeln, die CO freisetzen, wenn sie mit Licht bestrahlt werden. Licht im sichtbaren Spektralbereich dringt jedoch kaum ins Gewebe ein. Ein Nachteil, wenn es tiefer liegende Tumore zu erreichen gilt. Deshalb verwendet Kubeil zum einen Infrarotlicht, das weiter ins Gewebe vordringen kann, und zum anderen

TRENNUNG: Laborflaschen mit verschiedenen Laufmitteln für ein spezielles Verfahren (HPLC), mit dem chemische Substanzen getrennt und analysiert werden. Foto: Frank Bierstedt



sogenannte „upconverting nanoparticles“. Wenn diese speziellen Nanopartikel mit Infrarotlicht bestrahlt werden, wandeln sie es in sichtbares Licht um. Dieses fällt dann auf die Carbonylkomplexe, die Kubeil überall an der Oberfläche der „upconverting nanoparticles“ befestigt. Dadurch wird das Kohlenmonoxid freigesetzt, welches dann den gewünschten Effekt auf den Tumor ausübt. Damit sich die Nanopartikel im Tumor anreichern, wird Kubeil sie auch noch mit Zielfindungsmolekülen, zum Beispiel Somatostatin-Analoga, ausstatten. Diese docken an Strukturen in der Zellmembran an, die besonders häufig bei Krebszellen vorkommen.

Erst Quadratmeter, dann Nanometer

Ein straffes Programm, das Manja Kubeil mithilfe ihrer erfahrenen Betreuer bewältigen will – dem 2014er Helmholtz-Preisträger Leone Spiccia von der School of Chemistry der Monash University, der 2015 zu einem Gastforschungsaufenthalt nach Dresden kommt, und Bim Graham vom Monash Institute of Pharmaceutical Sciences. „Mit Metallcarbonylkomplexen hat man dort Erfahrung, es gibt aber noch keinen, der Licht im sichtbaren Bereich absorbiert“, sagt Kubeil. Wenn der chemische Teil der Arbeit erledigt ist, dann will sie nachsehen, wie sich ihre „blähenden Nanopartikel“ in den Zellen verhalten. Mit verschiedenen spektroskopischen Methoden und sogar dem Synchrotron an Melbournes Stadtgrenze will die deutsche Chemikerin den winzigen, keine zehn millionstel Millimeter großen Partikeln in der Zelle nachspüren.

Was passiert mit den Abbauprodukten der Metallkomplexe nach der CO-Freisetzung? Werden sie aus der Zelle geschleust oder sind sie schädlich für die Zellen? Wandern die Nanopartikel in die Zelle oder bleiben sie draußen? Viele offene Fragen. Aber zunächst ist für Manja Kubeil erst einmal eine Wohnung und die betrifft nicht die Nanometer- sondern Quadratmeter-Dimension: Ob sie im chronisch überlaufenen Melbourne eine günstig gelegene Wohnung für sich und ihren Ehemann findet. →

PUBLIKATIONEN:

K. Zarschler, M. Kubeil, H. Stephan: „Establishment of two complementary in vitro assays for radiocopper complexes achieving reliable and comparable evaluation of in vivo stability“, in RSC Advances 2014 (DOI: 10.1039/c3ra47302c)

J. A. Barreto, W. O'Malley, M. Kubeil, B. Graham, H. Stephan, L. Spiccia: „Nanomaterials: Applications in cancer imaging and therapy“, in Advanced Materials 2011 (DOI: 10.1002/adma.201100140)

KONTAKT

— Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung am HZDR
Dr. Manja Kubeil
manja.kubeil@monash.edu

// In Dresden wird derzeit als Partnerstandort zu Heidelberg das Nationale Centrum für Tumorerkrankungen aufgebaut. Aus administrativer Sicht spielt Heidrun Groß dabei eine entscheidende Rolle.

EIN GESPÜR FÜR DIPLOMATIE

_TEXT . Simon Schmitt



KOOPERATION: Der NCT-Koordinatorin Heidrun Groß ist es wichtig, die Interessen aller Beteiligten in Heidelberg und Dresden zu berücksichtigen. Foto: Stephan Wiegand

„Forschungseinrichtungen sind manchmal wie kleine Länder“, erklärt Heidrun Groß. „Sie haben eigene Interessen und achten auch darauf, diese möglichst durchzusetzen. Wie zwischen Staaten müssen deshalb Kompromisse gefunden werden, die für alle Beteiligten befriedigend sind. Die Prozesse, die sich dabei abspielen, sind ziemlich ähnlich.“ Groß spricht aus Erfahrung. Immerhin beschäftigte sie sich jahrelang – im Studium, bei der Promotion und als Post-Doc – mit internationalen Beziehungen. Diese Kenntnisse helfen ihr nun bei einem Projekt, bei dem ebenfalls viele Partner in einem Boot sitzen. Seit Anfang des Jahres koordiniert sie den Aufbau des Nationalen Centrums für Tumorerkrankungen (NCT) in Dresden.

„Das bedeutet, dass derzeit alle administrativen Aufgaben bei mir zusammenlaufen, von der Terminkoordination über die Ausarbeitung von Verträgen bis zur Gestaltung einer neuen

Homepage“, beschreibt Groß ihr Tätigkeitsspektrum. Kein Wunder – ist sie doch momentan neben Michael Baumann, dem Geschäftsführenden Direktor, die einzige Mitarbeiterin am Dresdner NCT. Die gebürtige Sächsin stört das aber nicht: „Während meiner Zeit als Leiterin einer transnationalen Nachwuchsforschergruppe habe ich viel Erfahrung im Wissenschaftsmanagement gesammelt.“ Ein juristisches Grundverständnis konnte Groß zuvor durch ihre Promotion an der TU Dresden, in der sie sich mit kultureller Vielfalt und dem Urheberrecht beschäftigt hat, aufbauen.

Konstruktive Kooperation

Dabei entwickelte sie auch ein diplomatisches Gespür, wie Groß mit einem Bild zeigt: „Einen Tisch können wir nur dann sinnvoll nutzen, wenn alle vier Beine gleich lang sind. Genauso verhält es sich beim NCT. Wir müssen unbedingt die Interessen aller Partner berücksichtigen. Kommt einer von ihnen zu

→

32

33

kurz, wackelt das ganze Gebilde. Alle Beteiligten verstehen den Aufbau des NCT in Dresden aber als eine große Chance für den Standort. Deswegen verläuft die Kooperation zwischen den Einrichtungen sehr konstruktiv.“ Nicht unbedingt selbstverständlich, wenn man bedenkt, wie viele an dem Vorhaben beteiligt sind. Allein für das NCT in der sächsischen Landeshauptstadt haben sich das Uniklinikum Carl Gustav Carus, die Medizinische Fakultät der TU Dresden, das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) und das HZDR zusammenschlossen.

„Der Standort ist bereits ein herausragendes Beispiel für eine langjährige und erfolgreiche Forschungsk Kooperation, wie OncoRay oder DRESDEN-concept zeigen“, erzählt Groß. Ein gutes Fundament also, auf dem nun auch das NCT aufgebaut werden kann. Dresden wird so zum Partnerstandort für Heidelberg, wo das DKFZ mit dem dortigen Universitätsklinikum, der Medizinischen Fakultät der Heidelberger Universität und der Deutschen Krebshilfe vor elf Jahren das NCT gründete. Als ein Zentrum sollen Heidelberg und Dresden nun die individualisierte Krebstherapie verbessern. „Es geht darum, die Stärken zu ergänzen und daneben weitere Profile zu bilden“, erklärt Groß.

Forschung für den Patienten

Das NCT verfolgt den Ansatz, Forschung, Behandlung und Prävention unter einem Dach zu verbinden. Die wissenschaftlichen Ergebnisse fließen unmittelbar in die Therapie der Patienten ein – die Erfahrungen aus der Behandlung wiederum in die Forschung. Dieser Kreislauf soll den Transfer der Forschungserkenntnisse in die klinische Anwendung beschleunigen. In Dresden werden dafür am NCT zunächst fünf neue Professuren besetzt, „die sich in die beteiligten Einrichtungen einpassen“, betont Groß. „Daneben wollen wir aber auch mit zahlreichen Programmen Brücken zu den bestehenden Strukturen in der Onkologie schlagen.“

Auf dieser Grundlage will das Gesamt-NCT in den nächsten zehn Jahren zu einem der führenden Krebsforschungszentren weltweit aufsteigen. Ein ehrgeiziges Ziel, wie die Dresdnerin zugibt. Durch die Kooperation sieht sie allerdings das nötige Potenzial: „Zwar kommt man schneller voran, wenn man allein geht. Weiter kommt man jedoch gemeinsam.“ —

KONTAKT

— Nationales Centrum für Tumorerkrankungen Dresden
Dr. Heidrun Groß
heidrun.gross@uniklinikum-dresden.de

↗ <http://www.nct-heidelberg.de/>

PREISTRÄGER

Green Photonics Award 2015 für Dresdner Forscher

Im Rahmen der SPIE-Konferenz PHOTONICS West 2015, dem internationalen Treff der Optik- und Photonik-Branche in San Francisco, ging der Green Photonics Award 2015 an ein Dresdner Forscherteam: Andrés Lasagni und Sebastian Eckhardt aus dem Institut für Fertigungstechnik an der TU Dresden, Lars Müller-Meskamp aus dem Institut für Angewandte Photophysik sowie Mathias Siebold und Markus Löser vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf. Sie erhielten den Preis in der Kategorie „Lasergestützte Fertigung und Mikro-/Nano-Fertigung“.

Die Nachfrage nach hocheffizienten, transparenten Elektroden ohne den Einsatz von seltenen oder teuren Rohstoffen wie Indium erfordert eine neue Generation dünner, metallischer Schichten mit hoher Transparenz und elektrischer Leitfähigkeit. Ein spezielles Laserverfahren (direktes Laserinterferenz-Strukturierungsverfahren) erlaubt es, periodische, lochähnliche Oberflächenstrukturen auf dünnen metallischen Folien herzustellen. Es bietet deutliche Verbesserungen der optischen Transparenz, während gleichzeitig die elektrischen Eigenschaften der sehr dünnen Materialschichten auf einem annehmbaren Niveau erhalten bleiben.

Die beiden HZDR-Forscher entwickelten einen Festkörperlaser speziell für die Strukturierung superdünner Metallelektroden. So mussten sie die abgestrahlten Wellenlängen auf das an der Technischen Universität und am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) genutzte Laser-Verfahren genau anpassen, zugleich ging es darum, einen Laserstrahl mit einer hohen Impulsenergie zu erzeugen. Damit gelang es Sebastian Eckhardt im Rahmen seiner Promotionsarbeit, Metallelektroden, die aus sehr dünnen Materialschichten bestehen, für den Einsatz in Dünnschicht-Solarzellen und -LEDs zu strukturieren.

Die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen IWS und HZDR wird in dem gemeinsamen LAMETA-Projekt weitergeführt. Hier stehen besondere Prägewalz-Werkzeuge im Mittelpunkt, die unterhalb des Mikrometer-Bereichs funktionieren sollen. Diese gilt es lasertechnisch so herzustellen, dass sie für die industrielle Produktion von Kunststoff-Bauteilen mit funktionalen und mikrostrukturierten Oberflächen geeignet sind.

HZDR-Doktorand gehört zur internationalen Spitze

Den John Dawson-Promotionspreis 2015 erhielt Karl Zeil vom HZDR-Institut für Strahlenphysik. Dem Physiker ging es in seiner Doktorarbeit darum, die Mechanismen der Laser-Teilchenbeschleunigung besser zu verstehen, denn nur so ist es möglich, die Energien der Teilchen skalieren zu können. Das Ziel: einen kompakten Laserbeschleuniger für die moderne Krebsbehandlung mit Protonen zu entwickeln.



Alle zwei Jahre werden mit den „John Dawson Thesis Prizes“ die beiden besten Doktorarbeiten in Theorie und Experiment auf dem Gebiet der Plasmabeschleunigung gewürdigt. Karl Zeil nahm die mit 1.000 Euro dotierte Auszeichnung auf dem diesjährigen Laser Plasma Acceleration Workshop (LPAW) entgegen, der vom 10. bis 15. Mai 2015 auf der Insel Guadeloupe stattfand.

Der Amerikaner John M. Dawson (1930 - 2001) war ein führender Plasmaphysiker und einer der Pioniere der Beschleunigerforschung. In dessen übergroße Fußstapfen tritt nun Karl Zeil, der für seine exzellente Promotionsarbeit bereits den 1. Nachwuchspreis der Behnken-Berger-Stiftung in Empfang nahm. Seit Kurzem leitet er eine eigene HZDR-Nachwuchsgruppe zum Thema Laser-Ionenbeschleunigung.

Neuer „Research Fellow“

Viel Zeit im Labor und möglichst wenig in Sitzungen oder mit stupider Bürokratie zu verbringen, davon träumen sicherlich viele Vollblut-Forscher. Gut, wenn eine Einrichtung ausgewählten Top-Wissenschaftlern genau das bieten kann. Im HZDR wurde jetzt der dritte „HZDR Research Fellow“ benannt: Stephan Winnerl.

„Wir würdigen damit seine Forschungen auf höchstem Niveau“, so der Wissenschaftliche Vorstand Roland Sauerbrey. „Die Anzahl und Qualität der Publikationen ist herausragend und wir hoffen, dass das Fellowship Herrn Winnerls Karriere weiter befördert.“

Der 45-Jährige folgt mit der unbefristeten Auszeichnung den Vorbildern Stefan Facsko vom Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung, zu dem auch er selbst gehört, und Frank Stefani vom Institut für Fluidynamik. Seine wissenschaftliche Laufbahn begann an der Universität Regensburg, wo Winnerl auch die Promotion mit Auszeichnung absolvierte. Zuvor verbrachte er ein Auslandsjahr an der University of Colorado at Boulder in den USA.

Winnerls Spezialgebiet sind elementare Prozesse in halbleitenden Materialien, die er vor allem mit Terahertz-Strahlung studiert. Dabei handelt es sich um den Spektralbereich



Stephan Winnerl erhielt den HZDR-Forschungspreis 2012 von Ministerpräsident Stanislaw Tillich und HZDR-Vorstand Roland Sauerbrey (v.r.) Foto: Oliver Killig

zwischen den Mikrowellen und dem Infrarotlicht. Das HZDR bietet mit seinen zwei Freie-Elektronen-Lasern die perfekten Strahlenquellen für diese Art von Forschung. Der Wissenschaftler hat hier schon viele Messgäste betreut. Darüber hinaus gibt es langfristige Kooperationen, beispielsweise mit Lukas Eng von der TU Dresden, der die Nahfeld-Mikroskopie an den Lasern etabliert hat. Damit können die Physiker exotischen Eigenschaften von Halbleitern besser auf die Spur kommen. Dass auch die Betreuung von Studierenden und Doktoranden eine Herzenssache für Winnerl ist, zeigen die herausragenden Ergebnisse, die er mit seiner Gruppe erzielt hat. Bereits zwei Mal wurde er dafür mit HZDR-Preisen ausgezeichnet. Seine aktuellen Arbeiten, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert werden, widmen sich dem „Wundermaterial“ Graphen.

Preis der Zeitschrift „Nuklearmedizin 2015“

Frank Hofheinz vom HZDR-Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung erhielt den Preis des Fachjournals „Nuklearmedizin“ für seinen Artikel aus dem Jahr 2012, der im vergangenen Jahr am häufigsten zitiert wurde: F. Hofheinz, C. Pötzsch, L. Oehme, B. Beuthien-Baumann, J. Steinbach, J. Kotzerke, J. van den Hoff: „Automatic volume delineation in oncological PET. Evaluation of a dedicated software tool and comparison with manual delineation in clinical data sets“, veröffentlicht in Nuklearmedizin 2012, Band 51, Seiten 9 – 16.

Jörg Kotzerke, einer der Ko-Autoren und Präsident der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin, überreichte Frank Hofheinz den Preis auf der diesjährigen Jahrestagung der Gesellschaft am 25. April in Hannover.

WISSENSWERT – NACHRICHTEN RUND UM DAS HZDR

Zurück in die Zukunft

Mit einem Kunstprojekt auf dem Dresdner Postplatz haben Wissenschaftler des HZDR-Instituts für Ressourcenökologie das Thema der Endlagerung radioaktiver Abfälle illustriert. Geeignete Lagerstätten müssen die Stoffe 1.000.000 Jahre von der Biosphäre abschirmen. Um diesen gewaltigen Zeitraum in einen Rahmen zu setzen, der für Menschen vorstellbar ist, haben die Forscher gemeinsam mit dem Künstler Florian Dombois ein „Zeitseil“ entwickelt.

Beim „Flock of Happenings“ Ende Mai wurden auf den 200 Meter langen Strang 1.000.000 Jahre zunächst anhand historischer Momente in die Vergangenheit projiziert, anschließend über fiktive Zeitpunkte und die Zerfallsraten der radioaktiven Stoffe in die Zukunft. Das Seil reicht so bis zu den Anfängen der Menschheit zurück. Auf diese Weise verdeutlicht das Projekt, wie lange der radioaktive Abfall Menschen noch beschäftigen wird.



Fotos: Konrad Kästner

Zeit für Ausstellungen

Unter der Schirmherrschaft des HZDR findet noch bis zum 11. Juli 2015 die Ausstellung „Bildtaktik – Abbilden, Gestalten und Darstellen in Kunst und Wissenschaft“ statt. Dürfen wir unseren Augen trauen? Welches sind die Absichten und Wirkungen von Bildern, Formen und Darstellungen? Wie viel freie Deutung ist möglich? Diesen und weiteren Fragen spüren Bilder und Exponate auf drei Etagen in der ALTANA-Galerie der TU Dresden nach.

Das HZDR steuert drei „bildtaktische“ Themen bei. Bei der wuchtigen Magnetspule aus dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden ist auf den ersten Blick unklar, ob es sich um Design oder einfach nur um coole Technik handelt. Das macht deutlich, dass Form und Funktion auch in der Wissenschaft untrennbar verbunden sind, getreu dem Motto: „Form follows function“. In ähnlicher Weise lassen die faszinierenden Bilder von Mineralen auf zwei 3D-Fernsehern eine eindeutige Zuordnung zur

Kunst auf der einen und Wissenschaft auf der anderen Seite vermissen. Die überaus plastischen Bilder stellen Sehgewohnheiten auch deshalb in Frage, weil sie sich auf den Fernsehern zwar zeitgleich, aber in unterschiedlichen Winkeln präsen-



Magnetspule aus dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden – Ausstellungsstück in der ALTANA-Galerie

tieren. Entstanden sind sie mit der Methode der Rasterelektronen-Mikroskopie (REM). Wissenschaftler am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie des HZDR lernen damit Details über die genaue Oberflächenstruktur und die chemische Zusammensetzung von Erzproben kennen.

Das dritte Exponat zeigt eine „Explosion“ in zeitlicher Abfolge. Simuliert wurde hierfür, wie ein hochintensiver Laserpuls auf eine frei im Raum schwebende Metallkugel trifft. Dadurch heizen sich die Elektronen an der Oberfläche auf einige Milliarden Grad auf und es entsteht ein besonderer Zustand der Materie: ein Plasma aus Elektronen und Ionen. Wie bei einer Explosion breitet sich das Plasma aus, die Elektronen fliegen davon, gefolgt von den Ionen. Die eindrucksvollen Bilder der simulierten Laser-Teilchenbeschleunigung sind jedoch nicht einfach nebeneinander drapiert, sondern auf Plexiglas gedruckt, das in Form eines großen Buchs an der Wand hängt.

Hi Lights! Neues vom Licht

Mehrere Exponate steuerte das Helmholtz-Zentrum auch zur großen Lichtausstellung bei, die in den Technischen Sammlungen Dresden am 19. Juni 2015 eröffnet wurde. Dort können große und kleine Besucher ein ganzes Jahr lang viel Wissenswertes über Eigenschaften von und Forschung mit Licht erfahren. So beleuchtet Hi Lights! das Spektrum der Photonik und das Geheimnis des Lichts, stellt die „Laser-Story“ vor und geht auf „Science & Fiction“ ein. Weitere Schwerpunkte sind „Licht zum Leben“, „Mit Licht messen“ und „Wissen mit Licht“.

➤ www.tsd.de

➤ www.altana-galerie-dresden.de

Neuer Film zur Endlagerforschung

Der Ausstieg aus der Kernkraft ist in Deutschland beschlossene Sache, trotzdem werden uns die Hinterlassenschaften noch lange beschäftigen. Über mehrere Eiszeiten hinweg müssen wir hochradioaktive Abfälle sicher verwahren – eine große Verantwortung gegenüber künftigen Generationen. Wissenschaftler am Institut für Ressourcenökologie des HZDR erforschen deshalb Ausbreitungs- und Rückhaltemechanismen von Radionukliden.

In einem neuen Kurzfilm stellen Chemiker, Physiker, Biologen und Geologen ihre Arbeit an den HZDR-Standorten Dresden, Leipzig und Grenoble vor. Für ihre Untersuchungen nutzen die Forscher moderne spektroskopische Methoden, um ein Prozessverständnis auf molekularer Ebene zu gewinnen. Zudem setzen sie bei Gesteinsanalysen das bildgebende Verfahren der Positronen-Emissions-Tomographie ein. So liefert diese wichtige Grundlagenforschung fundierte Daten, die Fachleuten und Politikern bei der Beurteilung möglicher Endlagerstandorte helfen sollen. Ab sofort ist das Video in der Mediathek auf der HZDR-Website sowie auf YouTube verfügbar.

➤ www.hzdr.de/mediathek

Terminvorschau

23. | 27. | 30.07.2015

Summer Talks 2015: Bio-inspired Functional Materials
Prof. Gilles Gasser, Zürich | Prof. Silvio Aime, Turin |
Prof. Nicholas Westwood, Saint Andrews
HZDR | Helmholtz Virtuelles Institut „NanoTracking“

30.08. - 02.09.2015

Wissenschaftsforum Chemie der Gesellschaft
Deutscher Chemiker (GDCh)
Messe Dresden | lokale Organisation unter
Beteiligung des HZDR

01. - 03.09.2015

7th International Symposium on Process Tomography
(IWPT-7)
Westin Bellevue Dresden | Organisiert vom
HZDR-Institut für Fluidodynamik

05. - 13.09.2015

17th Annual Conference of the International
Association for Mathematical Geoscience (IAMG 2015)
Freiberg | Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcen-
technologie und TU Bergakademie Freiberg

05. - 07.10.2015

Jahrestagung der Gesellschaft für Biologische
Strahlenforschung e.V. (GBS)
Dresden | OncoRay – Nationales Zentrum für
Strahlenforschung in der Onkologie

24. - 26.11.2015

HZDR & ANSYS Multiphase Flow Short Course and
Conference
HZDR | Institut für Fluidodynamik

Strahlenschutzkurse an der HZDR-Forschungsstelle in Leipzig

08.09.2015 | 06.10.2015 | 27.10.2015

Aktualisierungskurs

14. - 18.09.2015

Fachkunde (Module GH, OG)

29.09. - 01.10.2015

Fachkunde (Module GG, FA)

Kunstaussstellungen im HZDR

Vernissage-Beginn jeweils um 17 Uhr

03.09.2015

Rita Geißler - Sebastian Glockmann

05.11.2015

Volker Lenkeit



Labor der Extreme

Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft gab am 24. Juni 2015 grünes Licht für eine neue Experimentierstation am Europäischen Röntgenlaser XFEL in Hamburg. Bei der „Helmholtz International Beamline for Extreme Fields“ (HIBEF), die 2018 den Betrieb aufnehmen soll, handelt es sich um ein Kooperationsprojekt zwischen DESY und dem HZDR. Zugleich soll ein internationales Nutzerkonsortium aus bis zu 100 Einrichtungen zur wissenschaftlichen Ausrichtung und teils auch zur Finanzierung beitragen. Aus Großbritannien liegt bereits die Zusage für einen Hochleistungslaser im Wert von rund elf Millionen Euro vor; alles in allem sind für das Vorhaben etwa 32 Millionen angesetzt.

„Das erlaubt uns eine Wissenschaft und Experimente, die bisher nicht realisierbar waren“, sagt Thomas Cowan vom HZDR, der das internationale Nutzerkonsortium zum Aufbau der HIBEF-Station leitet. Er erläutert dies anhand eines simplen Beispiels: „Schlägt man mit einem Hammer auf einen Metallgegenstand, kommt es zu einer Schädigung, die man vielleicht nicht einmal sieht, die aber auf atomarer Ebene tatsächlich Auswirkungen hat. Heute versteht man solche Prozesse auf der Mikro-Ebene. Wir wollen uns aber in die Nano- und Subnanowelt, also in die Welt der Atome begeben.“ Möglich wird dies durch die Kombination des brillanten Röntgenlichts vom Freielektronen-Laser XFEL – dem Analysewerkzeug – mit den intensiven Lichtblitzen äußerst leistungsstarker Lasersysteme. Diese erzeugen die extremen Zustände der Proben.

Die Röntgenstrahlung des XFEL wird zukünftig immer noch tiefere Einblicke in die Struktur von Materialien, Zellen, Molekülen und Atomen sowie von extrem kurzen chemischen und

physikalischen Prozessen gestatten. Bestrahlt man Materie gleichzeitig mit einem ultrakurz gepulsten Hochleistungslaser, verspricht dies neue Erkenntnisse über bisher verborgene Vorgänge. Hinzu kommt, dass HIBEF neben den geplanten Lasersystemen – eines vom britischen Konsortialpartner und eines aus dem HZDR – auch noch eine Einheit zur Erzeugung höchster Magnetfelder beherbergen wird. Deshalb ist HIBEF Teil der neuen Anlage für Experimente zu hohen Energiedichten („High Energy Density Matter Experiments“; HED), die derzeit am XFEL aufgebaut wird.

Extreme Bedingungen für verschiedene Wissenschaftsbereiche

Die einzigartige Kombination der Helmholtz-Beamline ermöglicht neuartige Experimente zum Magnetismus, die zu besserem Grundlagenverständnis bis hin zu innovativen Anwendungen, etwa in der Elektronik, führen sollen. Die Untersuchung von Materie unter extremen Bedingungen betrifft aber auch Studien, wie sich das Vakuum in starken Feldern verhält. Ein weiterer Schwerpunkt wird auf der Plasmaphysik liegen. Plasmen sind besondere Zustände der Natur, die in Sternen ebenso vorkommen wie bei der Beschleunigung von Teilchen mithilfe von Laserstrahlung. Britische und weitere Projektpartner interessieren sich dagegen für Materie, die extremen Drücken ausgesetzt ist. Die geplanten Experimente betreffen damit so unterschiedliche Gebiete wie Materialforschung, Geowissenschaften oder Plasma- und Astrophysik.

➔ www.hzdr.de/hibef

Das Innovationspotenzial ausschöpfen

Um die Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Rohstoffsektors zu verbessern, hat das Europäische Institut für Innovation und Technologie (EIT) im Dezember 2014 ein internationales Konsortium beauftragt, die Wissens- und Innovationsgemeinschaft EIT Raw Materials aufzubauen.

Die Koordination übernimmt das HZDR zusammen mit der Fraunhofer-Gesellschaft. Das Netzwerk wird mehr als 100 europäische Universitäten, Unternehmen und

Forschungseinrichtungen unter einem Dach vereinen. Die Verknüpfung soll den Austausch von Ideen und Forschungsergebnissen vereinfachen, um das Innovationspotenzial der europäischen Ressourcenindustrie komplett auszuschöpfen. Das Ziel: Den Rohstoffsektor in einen Wachstumsmarkt für Europa verwandeln, der sowohl Investitionen als auch talentierte Entrepreneurinnen und Forscher anzieht.

➔ eit.europa.eu

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

Juni 2015

ISSN: 2194-5705 // Ausgabe 01.2015

REDAKTION

Dr. Christine Bohnet (verantwortlich), Simon Schmitt, Jana Grämer (Bilder) |
Kommunikation und Medien am HZDR

Wissenschaftlicher Redaktionsbeirat (nach Forschungsbereichen):

Energie – Dr. Harald Förstendorf, Dr. Frank Stefani

Gesundheit – Dr. Fabian Lohaus, Dr. Holger Stephan

Materie – Dr. Stefan Facsko, Dr. Andreas Wagner

AUTOREN DIESER AUSGABE

Christian Döring | EMFL-Kommunikation, HZDR

Sascha Karberg | Journalistenbüro Schnittstelle, Berlin

Dr. Roland Knauer | Journalistenbüro Viering und Knauer, Lehnin

Sara Schmiedel | Freie Wissenschaftsjournalistin Leipzig

Stephan Wiegand | Universitätsmedizin Dresden

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

4.000 // Gedruckt auf Inapa Infinity Silk, FSC zertifiziert

KONTAKT /BESTELLUNG (kostenfrei)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Kommunikation und Medien

Dr. Christine Bohnet

Postfach 51 01 19 | 01314 Dresden

Tel. 0351.260 2450

E-Mail c.bohnet@hzdr.de

NACHDRUCK

mit Quellenangabe gestattet. Belegexemplar erbeten.

„entdeckt“ erscheint zweimal jährlich, unter dem Titel „discovered“ meist auch auf Englisch.

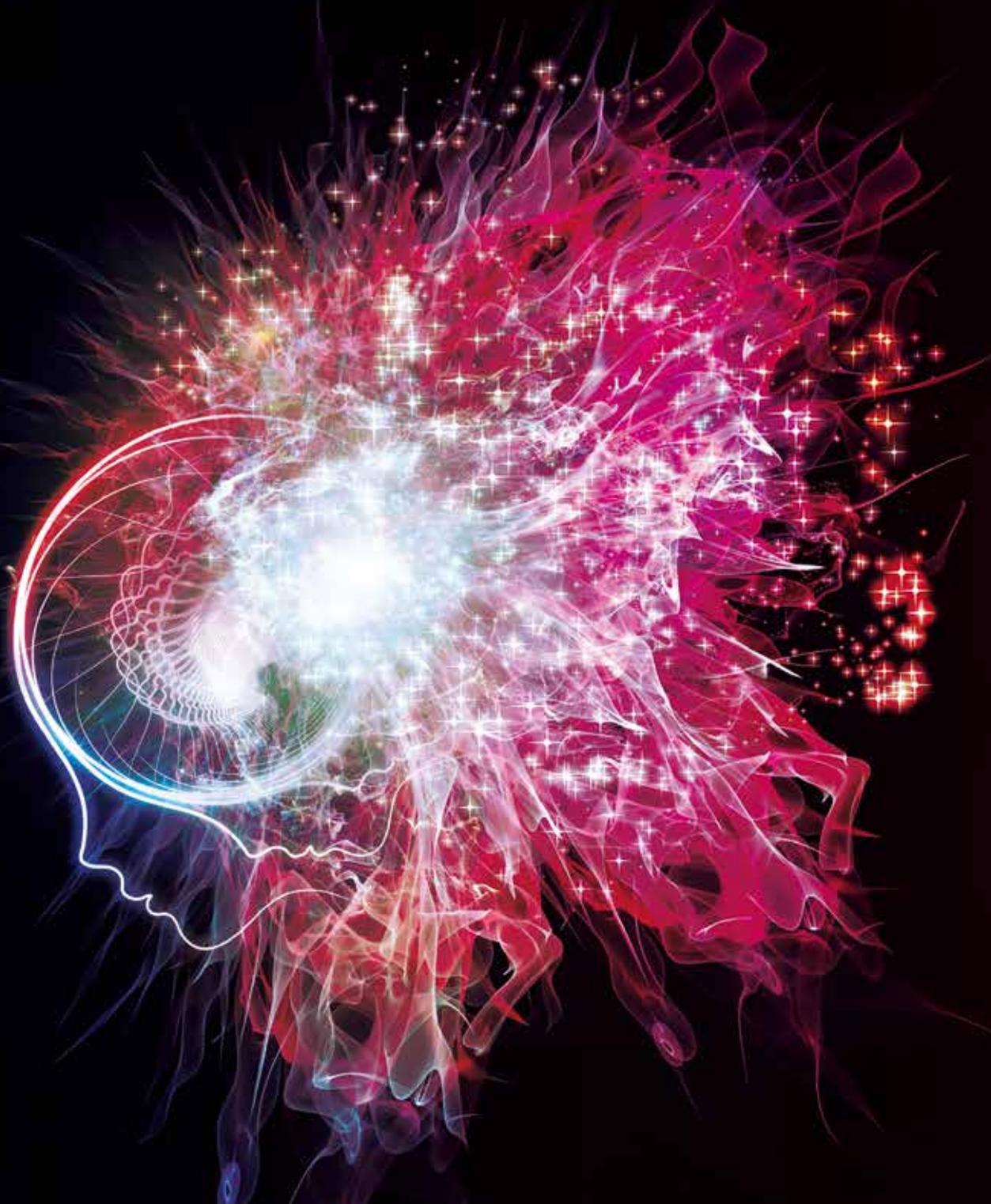
Alle Print-Ausgaben finden Sie als E-Paper auf den Internetseiten des HZDR.

➤ www.hzdr.de

Das HZDR auf Facebook und Twitter.

➤ www.facebook.com/Helmholtz.Dresden

➤ www.twitter.com/hzdr_dresden



EINTRITT
FREI

D R E S D N E R
LANGE NACHT
DER WISSENSCHAFTEN

3. Juli 2015 18-1 Uhr

www.wissenschaftsnacht-dresden.de