

femto

Das DESY-Forschungsmagazin – Ausgabe 02/17

NEU
DENKEN!

Wie entstehen
Innovationen?

Gemischtes Doppel

Analyse enthüllt zwei
unterschiedliche Arten Wasser

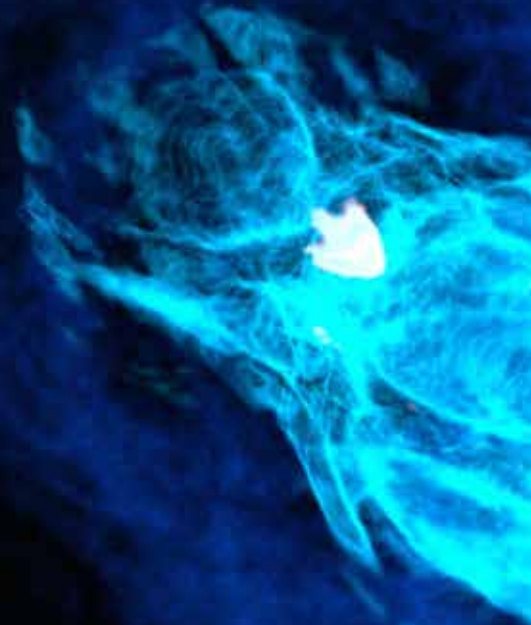
Extreme Ionisation

Röntgenblitz erzeugt
„molekulares Schwarzes Loch“

Superharte Fenster

Silizium-Keramik wird unter
Hochdruck durchsichtig





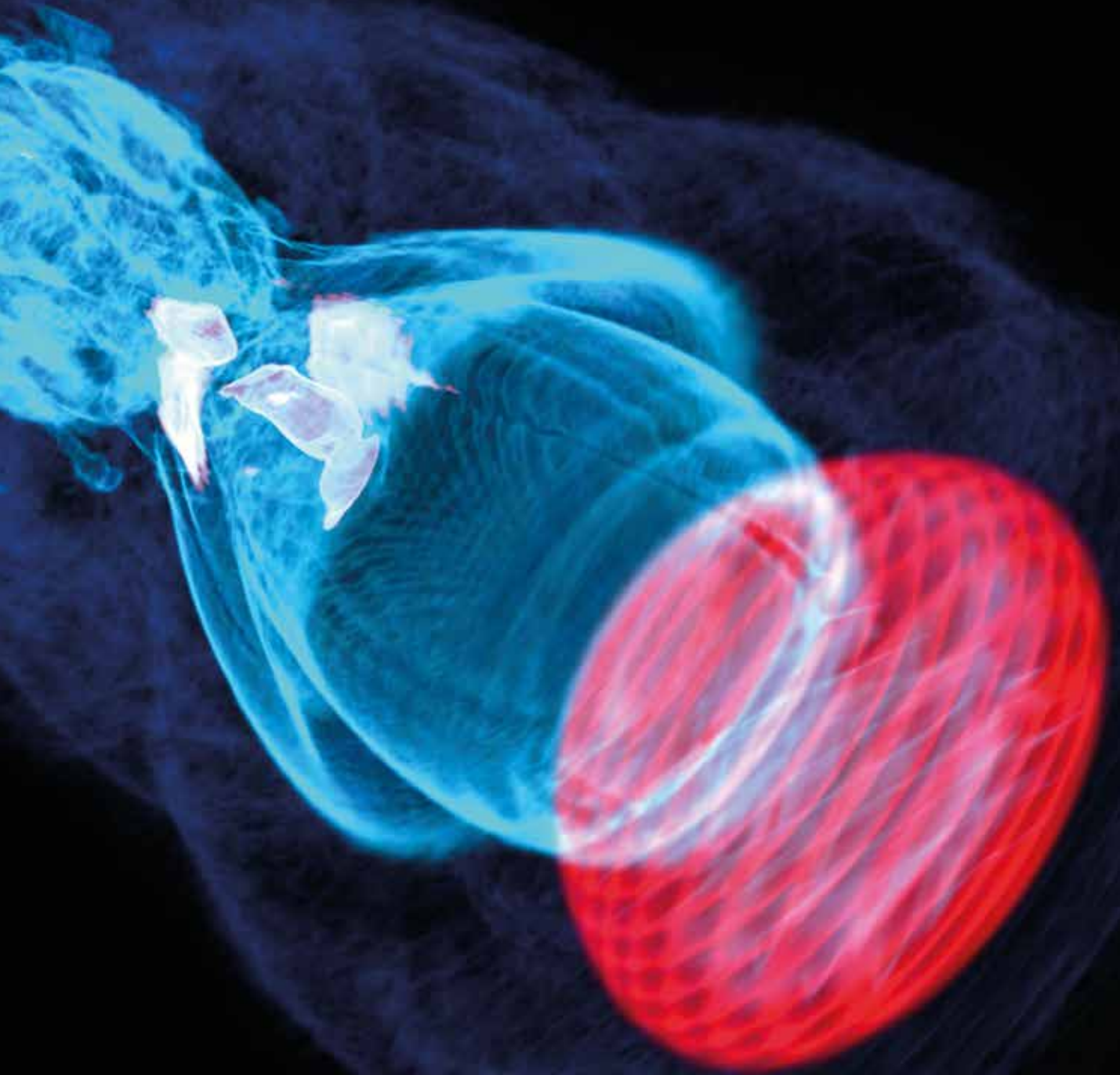
Pendeltrick für Plasmabeschleuniger

Hamburger Forscher haben ein raffiniertes Verfahren zur Verbesserung sogenannter Plasmabeschleuniger erdacht, die als vielversprechende Kandidaten für die Teilchenbeschleuniger der Zukunft gelten. Mit einem „Pendeltrick“ lässt sich die Qualität der Elektronenstrahlen aus diesen innovativen Teilchenbeschleunigern erheblich verbessern. „Plasmabeschleuniger können eine bis zu tausendfach stärkere Beschleunigung erreichen als die modernsten Maschinen, die heute im Einsatz sind“, sagt DESY-Beschleunigerdirektor Reinhard Brinkmann, auf dessen Vorschlag die Studie basiert. „Damit könnten kompaktere und stärkere Anlagen mit einem breiten Einsatzspektrum von der Grundlagenforschung bis zur Medizin möglich werden. Allerdings befindet sich die Technik noch in einem sehr frühen experimentellen Stadium, und eine Reihe von Problemen muss gelöst werden, bevor eine Anwendung möglich wird.“

Bei der Plasma-Beschleunigung wird in einer dünnen Kapillare eine Welle aus elektrisch geladenem Gas erzeugt, ein sogenanntes Plasma. Dazu können beispielsweise Wasserstoff und extrem intensive und kurze Laserblitze dienen. „Mit dem von uns ausgearbeiteten Prinzip hoffen wir dabei, direkte Kontrolle über das Beschleunigungsfeld zu bekommen. Das ist ein entscheidender Schritt für die Entwicklung von Plasmabeschleunigern“, sagt Andreas R. Maier von der Universität Hamburg.

.....
Physical Review Letters, 2017; DOI: 10.1103/PhysRevLett.118.214801

femtoskop



Simulation der Plasmawelle, die der Laserpuls (rot) hinter sich herzieht. Das Elektronenpaket ist als heller Fleck nahe dem Wellental zu sehen.

Inhalt

ZOOM

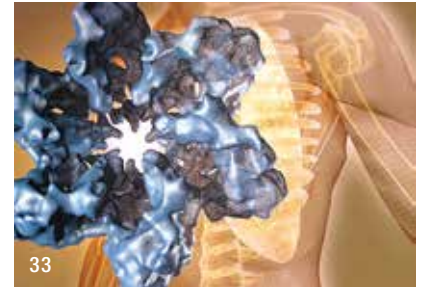
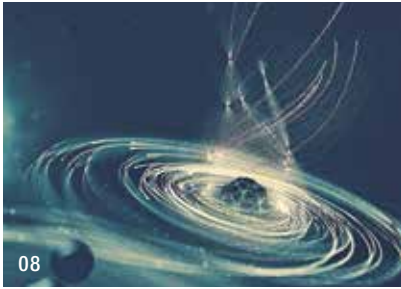
NEU DENKEN!

Wie entstehen Innovationen?

Überall, wo geforscht und entwickelt wird, passiert Innovation: Etwas Neues entsteht. Das können allumfassende Modelle für die Entstehung des Universums genauso sein wie bahnbrechende Technologien, mit deren Hilfe Atome sichtbar werden. Im engeren Sinne wird aus der Fülle von Ideen und Entdeckungen aus der Wissenschaft erst dann eine Innovation, wenn sich diese auch wirtschaftlich nutzen lässt. In einem Forschungszentrum wie DESY entsteht beides: die Grundlagen für die Innovationen der Zukunft ebenso wie industrienahen Anwendungen und Ausgründungen. Im besten Fall greift beides ineinander und leistet einen Beitrag dazu, unsere Gesellschaft fit für die Zukunft zu machen.

Seite 12–31





CAMPUS

- 06 Wasser ist nicht gleich Wasser**
Röntgenuntersuchung enthüllt zwei unterschiedliche Arten Wasser
- 08 Ein molekulares Schwarzes Loch**
Bislang stärkste Ionisation eines Moleküls
- 10 Meteoriten-Rätsel gelöst**
Unerwartetes Verhalten von Siliziumdioxid-Mineralen
- 36 Virus im Röntgenlaser**
Neue Methode ermöglicht atomgenaue Analyse
- 38 Superharte Fenster**
Forschern gelingt Herstellung transparenter Keramik

ZOOM

- 12 Neu denken**
Wie entstehen Innovationen?
- 16 „Wir haben die Dynamik“**
Interview mit DESYs Chief Technology Officer Arik Willner
- 19 „Gründungsförderung in Hamburg stärken“**
Ein Gastbeitrag von Hamburgs Erstem Bürgermeister Olaf Scholz
- 30 Erfinder und Vordenker**
Innovationsberater Nick Sohnemann im Gespräch mit DESY-Teilchenphysiker Andreas Ringwald

SPEKTRUM

- 32 Forschung kurzgefasst**
- Erstes Laserlicht im European XFEL
 - Springende Kristalle
 - Neues Zentrum für Infektionsforschung
 - Molekularer Blick auf Tuberkulose-Infektion
 - Wirbel im Atomverbund
 - Vesikel-Origami
 - Spardüse für die Protein-Kristallographie

RUBRIKEN

- 02 femtoskop**
Pendeltrick für Plasmabeschleuniger
- 23 femtopolis**
Auf einen Kaffee ...

- 35 femtomenal**
118 814 Biomoleküle entschlüsselt
- 40 femtofinale**
Neues Teilchen entdeckt!

Wasser ist nicht gleich Wasser



Flüssiges Wasser existiert in zwei Varianten: High Density Liquid (HDL) und Low Density Liquid (LDL), die jetzt bei sehr tiefen Temperaturen nachgewiesen wurden – sich allerdings nicht in Flaschen abfüllen lassen.

Bild: DESY, Gesine Born

Flüssiges Wasser existiert in zwei unterschiedlichen Varianten – zumindest bei sehr tiefen Temperaturen. Das konnte ein internationales Forscherteam unter Leitung der Universität Stockholm anhand von Röntgenuntersuchungen bei DESY und am Argonne National Laboratory in den USA zeigen. Die Forscher um Anders Nilsson hatten sogenanntes amorphes Eis untersucht. Diese glasähnliche Form von Wassereis ist bereits seit Jahrzehnten bekannt. Sie ist auf der Erde selten und kommt im Alltag nicht vor, das meiste Wassereis im Sonnensystem existiert jedoch in dieser amorphen Form. Statt in einem festen Kristall – wie etwa bei einem Eiswürfel aus dem Tiefkühlfach – liegt das Eis dabei in Form ungeordneter Molekülketten vor, was mehr der inneren Struktur eines Glases entspricht. Amorphes Eis lässt sich beispielsweise herstellen,

indem flüssiges Wasser so schnell abgekühlt wird, dass die Moleküle keine Zeit haben, eine geordnete Kristallstruktur auszubilden.

„Amorphes Eis existiert in zwei Varianten, einer mit hoher und einer mit geringerer Dichte“, erläutert

„Die neue bemerkenswerte Eigenschaft, die wir beobachtet haben, ist, dass Wasser als zwei verschiedene Flüssigkeiten existieren kann“

Anders Nilsson, Universität Stockholm

DESY-Physiker Felix Lehmkuhler aus dem Forscherteam. Die beiden Varianten werden als High Density Amorphous Ice (HDA) und Low Density Amorphous Ice (LDA) bezeichnet. „HDA-Eis hat eine rund 25 Prozent höhere Dichte als LDA-Eis“, sagt Lehmkuhler. „Schon länger fragen sich Wissenschaftler, ob diese beiden Eis-Sorten nicht entsprechende Varianten in flüssigem

Wasser haben. Das ist jedoch sehr schwer zu messen. Selbst wenn es in flüssigem Wasser beide Varianten geben sollte, durchmischen sie sich ständig, wandeln sich ineinander um, und es existiert keine Möglichkeit, die beiden zu trennen.“

Diese Hürde haben die Forscher nun bei tiefen Temperaturen genommen. Im Stockholmer Labor präparierte Katrin Amann-Winkel besonders reine Proben aus HDA-Eis. Am Argonne National Laboratory beobachteten die Wissenschaftler, dass sich die innere Struktur dieses Eises bei Erwärmung zwischen minus 150 Grad und minus 140 Grad Celsius verändert – es wandelt

sich dabei in eine Form niedrigerer Dichte um.

An DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III konnten die Forscher nun die Dynamik dieser Phasenumwandlung verfolgen. Dabei zeigte sich, dass die Umwandlung über eine Flüssigkeit erfolgt: Zunächst geht das HDA-Eis in eine flüssige Form hoher Dichte über, dann wandelt sich dieses High Density Liquid (HDL) in eine Form niedrigerer Dichte (Low Density Liquid, LDL) um. Das belegt die Existenz der beiden vermuteten Varianten von flüssigem Wasser – zumindest bei sehr tiefen Temperaturen. Das extrem tiefgekühlte Wasser ist dabei so viskos, dass sich die beiden flüssigen Phasen nur sehr langsam ineinander umwandeln und vermischen und dadurch messbar werden.

„Die neue bemerkenswerte Eigenschaft, die wir beobachtet haben, ist, dass Wasser als zwei verschiedene Flüssigkeiten existieren kann, bei tiefen Temperaturen, bei denen die Eiskristallisation langsam ist“, erläutert Forschungsleiter Nilsson, Professor für Chemische Physik an der Universität Stockholm. „Es ist sehr spannend, dass wir mit Röntgenstrahlung in der Lage sind, die relativen Positionen der Moleküle zu verschiedenen Zeiten zu bestimmen“, ergänzt Fivos Perakis von der Universität Stockholm, gemeinsam mit Amann-Winkel Hauptautor der Studie. „Wir konnten insbesondere die Transformation der Probe zwischen den beiden Phasen bei tiefen

Temperaturen verfolgen und zeigen, dass eine Diffusion einsetzt, wie es typisch ist für Flüssigkeiten.“

Für den Alltag ändert die Entdeckung der beiden Varianten von flüssigem Wasser nichts. Für die Wissenschaft ist es jedoch ein wichtiger Schritt zum Verständnis dieser außergewöhnlichen Flüssigkeit. „So einfach Wasser erscheint, so merkwürdig verhält es sich im Vergleich zu anderen Flüssigkeiten“, erläutert Lehmkühler aus der DESY-Forschungsgruppe Kohärente Röntgenstreuung von Gerhard Grübel, der als Leitender Wissenschaftler bei DESY arbeitet.

„Wasser zeigt so viele Anomalien – Dichte, Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit sind nur drei von mehreren Dutzend Eigenschaften, die bei Wasser anders sind als bei den meisten anderen Flüssigkeiten“, sagt Lehmkühler. „Viele dieser Eigenschaften sind Grundlage für die Existenz von Leben, denn ohne Wasser und seine besonderen Eigenschaften ist Leben, wie wir es kennen, nicht möglich.“ Die Erforschung von Wasser hat nicht nur daher große Bedeutung und ist ein Bereich, in dem sich auch DESY verstärkt engagiert. Neue Röntgenlichtquellen wie der gerade in Betrieb gehende europäische Röntgenlaser European XFEL, dessen Hauptgesellschafter DESY ist, oder der Ausbau von DESYs Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III zur nächsten Generation, PETRA IV, werden Forschern erlauben, noch weiter in bislang unkartiertes Terrain des Wasser-Phasendiagramms vorzudringen.

Mit künftigen Untersuchungen hoffen die Wissenschaftler unter

anderem die Frage zu beantworten, ob die beiden Arten flüssiges Wasser auch bei Zimmertemperatur existieren. Dabei gibt es keinen prinzipiellen Grund dafür, dass es sie nur bei Tieftemperaturen geben sollte. „Die neuen Ergebnisse stützen stark das Bild, in dem sich Wasser bei Raumtemperatur nicht entscheiden kann, welche der beiden Formen es annehmen soll, hohe oder niedrigere Dichte, was zu lokalen Fluktuationen zwischen beiden führt“, sagt Lars Pettersson, Professor für Theoretische Chemische Physik an der Universität Stockholm. „Kurz und bündig heißt das: Wasser ist keine komplizierte Flüssigkeit, sondern zwei einfache Flüssigkeiten in einer komplizierten Beziehung.“

*Proceedings of the National Academy of Sciences, 2017;
DOI: 10.1073/pnas.1705303114*

„Viele dieser Eigenschaften sind Grundlage für die Existenz von Leben, denn ohne Wasser und seine besonderen Eigenschaften ist Leben, wie wir es kennen, nicht möglich“

Felix Lehmkühler, DESY



Bei der Umwandlung von HDA-Eis in LDA-Eis nimmt das Eisvolumen spontan um rund ein Viertel zu. Das ließ sich bereits vor der aktuellen Untersuchung beobachten.

Bilder: Universität Stockholm, Katrin Amann-Winkel/Filippo Cavalca

Ein molekulares Schwarzes Loch

Mit einem ultraintensiven Röntgenblitz haben Forscher ein einzelnes Atom in einem Molekül kurzzeitig in eine Art elektromagnetisches „Schwarzes Loch“ verwandelt. Anders als Schwarze Löcher im Weltall saugt das beschossene Atom allerdings nicht mit seiner Schwerkraft Materie aus der Umgebung an, sondern Elektronen über seine elektrische Ladung – und lässt damit sein Molekül innerhalb eines winzigen Sekundenbruchteils explodieren. Die Untersuchung liefert entscheidende Informationen für die Analyse von Biomolekülen mit Hilfe von Röntgenlasern.

Die Forscher beschossen Iodmethan-Moleküle (CH_3I) mit dem Röntgenlaser LCLS am US-Beschleunigerzentrum SLAC in Kalifornien. Die Blitze erreichten dabei eine Intensität von 100 Billionen Kilowatt pro Quadratcentimeter. Das extrem energiereiche Röntgenlicht schlug 54 der 62 Elektronen aus dem Molekül, so entstand ein 54-fach positiv geladenes Molekül. „Das ist unseres Wissens die höchste Ionisation, die je mit Licht erreicht worden ist“, erläutert Robin Santra aus dem Forscherteam, Leitender DESY-Wissenschaftler am Hamburger Center for Free-Electron Laser Science (CFEL).

Diese Ionisation geschieht aber nicht auf einen Schlag. „Die Methylgruppe CH_3 ist quasi blind für die Röntgenstrahlung“, sagt Santra, der auch Physikprofessor an der Universität Hamburg ist. „Der Röntgenblitz entreißt zunächst dem Iodatom fünf bis sechs seiner Elektronen. Durch die resultierende hohe positive Ladung saugt das Iodatome die Elektronen von der Methylgruppe ab wie eine Art atomares Schwarzes Loch.“ Tatsächlich ist die Kraft auf die Elektronen dabei sogar wesentlich stärker als die eines typischen astrophysikalischen Schwarzen Lochs mit der Masse von etwa zehn Sonnen. „Solch ein echtes Schwarzes Loch könnte durch seine Gravitation auf ein Elektron keine vergleichbar hohe Kraft ausüben, egal wie nah man das Elektron an das Schwarze Loch heranbringt“, erläutert Santra.

Der Vorgang ist so schnell, dass die abgesaugten Elektronen noch vom selben Röntgen-

„Das ist unseres Wissens die höchste Ionisation, die je mit Licht erreicht worden ist“

Robin Santra, DESY/CFEL



blitz hinauskatapultiert werden. Es entsteht eine Kettenreaktion, in deren Verlauf dem Iodmethan bis zu 54 seiner 62 Elektronen entzogen werden – alles in weniger als einer billionstel Sekunde. „Auf diese Weise sammelt sich eine extreme positive Ladung innerhalb eines zehntel milliardstel Meters. Das zerreißt das Molekül“, sagt Daniel Rolles von DESY und der Kansas State University.

Die Beobachtung dieser ultraschnellen Dynamik hat große Bedeutung für die Analyse

„Die Daten haben hohe Relevanz für Untersuchungen an Freie-Elektronen-Röntgenlasern, denn sie zeigen im Detail, was bei Strahlungsschäden tatsächlich passiert“

Sang-Kil Son, CFEL

komplexer Moleküle mit Freie-Elektronen-Röntgenlasern (XFEL) wie LCLS in Kalifornien oder dem European XFEL bei Hamburg. Diese Laseranlagen erzeugen extrem intensives Röntgenlicht, mit dem sich unter anderem die räumliche Struktur komplexer Moleküle auf einzelne Atome genau bestimmen lässt. Aus diesen Strukturinformationen schließen etwa Biologen auf die genaue Funktionsweise von Biomolekülen. Ihre atomare

Das helle Röntgenlicht schlägt so viele Elektronen aus dem Iodatom, dass dieses wie eine Art elektromagnetisches Schwarzes Loch die Elektronen der Methylgruppe absaugt, die schließlich ebenfalls davongeschleudert werden.

Struktur geben die Moleküle preis, bevor sie explodieren, wie andere Wissenschaftler bereits gezeigt haben. Für die Untersuchung der Dynamik von Biomolekülen, wie etwa bei der Photosynthese, ist allerdings die Wirkung der Röntgenstrahlung auf die Elektronen von Bedeutung.

Das Iodmethan diente bei dieser Untersuchung als Modellsystem. „Iodmethan ist als relativ einfaches Molekül gut geeignet, um die Prozesse der Strahlungsschädigung in anderen, komplexer aufgebauten organischen Verbindungen zu verstehen“, sagt Artem Rudenko von der Kansas State University. „Wenn mehr Nachbarn als die einzelne Methylgruppe vorhanden sind, können noch mehr Elektronen eingesaugt werden.“

Dem Team von Robin Santra ist es dabei erstmals gelungen, diese ultraschnelle Dynamik auch theoretisch zu beschreiben. Das war nur durch die Entwicklung eines neuen, weltweit

einmaligen Computerprogramms möglich. „Es ist nicht nur das erste Mal, dass diese Untersuchung gelungen ist, wir haben sogar eine numerische Beschreibung des Vorgangs“, betont Sang-Kil Son vom CFEL, der für das Entwicklungsteam des Computerprogramms verantwortlich ist. „Die Daten haben hohe Relevanz für Untersuchungen an Freie-Elektronen-Röntgenlasern, denn sie zeigen im Detail, was bei Strahlungsschäden tatsächlich passiert.“

Nature, 2017; DOI: 10.1038/nature22373

Cristobalit-Kristalle des Mineralogischen Museums
Harvard aus den Ellora-Höhlen in Indien

Meteoriten- Rätsel gelöst

Mit Hilfe von intensivem Röntgenlicht aus Teilchenbeschleunigern haben Bayreuther Forscher die langgesuchte Erklärung für scheinbar widersprüchliche Eigenschaften von Mars- und Mond-Meteoriten gefunden. Das Team um Leonid Dubrovinsky von der Universität Bayreuth enträtselte, wieso verschiedene Formen von Siliziumdioxid nebeneinander in Meteoriten existieren können, obwohl sie unter sehr unterschiedlichen Bedingungen entstehen.

Die Wissenschaftler hatten ein Siliziumdioxid-Mineral namens Cristobalit untersucht. „Dieses Mineral ist von großem Interesse für die Analyse planetarer Proben wie Meteoriten, weil es die vorherrschende Form von Siliziumdioxid in extraterrestrischem Material darstellt“, erläutert Ana Černok vom Bayerischen Geoinstitut (BGI) an der Universität Bayreuth, die inzwischen an der Open University in Großbritannien arbeitet. „Cristobalit hat dieselbe chemische Zusammensetzung wie Quarz, aber seine innere Struktur unterscheidet sich deutlich“, ergänzt Razvan Caracas vom französischen Forschungszentrum CNRS.

Anders als der allgegenwärtige Quarz ist Cristobalit auf der Erde relativ selten, da es sich erst unter sehr hohen Temperaturen und besonderen Bedingungen bildet. Es findet sich jedoch häufig in Meteoriten, die durch Asteroidentreffer aus Mond oder Mars herausgeschlagen wurden und schließlich auf der Erde gelandet sind.

Überraschenderweise haben Forscher jedoch in solchen Mond- und Mars-Meteoriten neben Cristobalit auch das Mineral Seifertit gefunden. Es ist ebenfalls eine Form von Siliziumdioxid, entsteht aber erst unter extrem hohem Druck. Dubrovinsky und seine Kollegen haben Seifertit vor 20 Jahren erstmals künstlich hergestellt. „Cristobalit und Seifertit in denselben

Körnern eines Meteoriten zu finden, ist rätselhaft, denn sie entstehen unter völlig anderen Drücken und Temperaturen“, betont Dubrovinsky. „Angestoßen durch diese merkwürdige Beobachtung haben zahlreiche experimentelle und theoretische Studien das Verhalten von Cristobalit unter Hochdruck untersucht, aber das Rätsel ließ sich über zwei Jahrzehnte nicht lösen.“

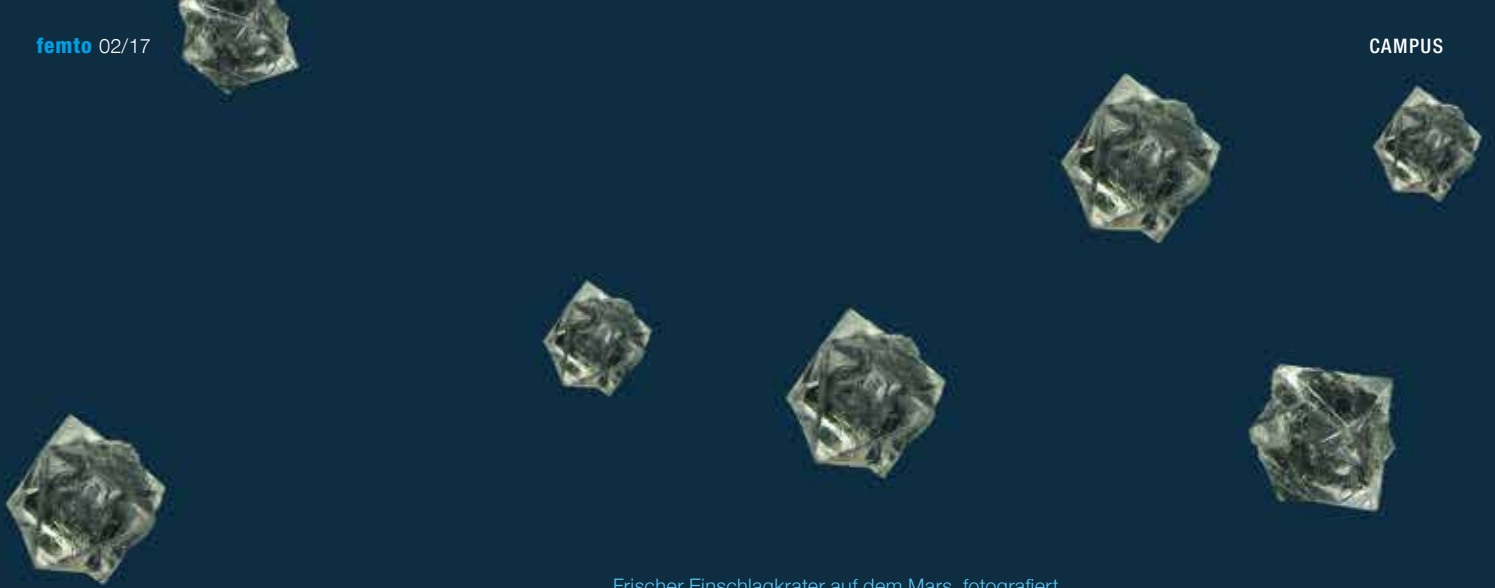
Mit dem intensiven Röntgenlicht der Forschungslichtquellen PETRA III bei DESY und ESRF im französischen Grenoble konnten die Wissenschaftler nun unerreichte Einblicke in die innere Struktur von Cristobalit unter Hochdruck von bis zu 83 Gigapascal (GPa) gewinnen, das entspricht rund dem 820 000-fachen Atmosphärendruck. „Die Experimente zeigen, wie Cristobalit in eine als Cristobalit X-I bezeichnete Hochdruckphase übergeht, wenn es gleichmäßig zusammengepresst wird – oder wie wir sagen, unter hydrostatischem oder quasi-hydrostatischem

„Diese Ergebnisse haben unmittelbare Auswirkung auf die Untersuchung von Einschlagprozessen im Sonnensystem“

Leonid Dubrovinsky, Universität Bayreuth

Gleichgewicht“, erläutert Elena Bykova, die an der PETRA III-Messstation arbeitet, an der die Versuche stattfanden. „Wenn der Druck verschwindet, wandelt sich Cristobalit X-I dann wieder zurück in normales Cristobalit.“

Wird Cristobalit jedoch ungleichmäßig zusammengepresst, unter sogenannten nicht-hydrostatischen Bedingungen, bildet sich unerwarteterweise eine dem Seifertit ähnliche Struktur. Diese Struktur entsteht bereits bei deutlich



geringerem Druck als nötig ist, um Seifertit aus gewöhnlichem Siliziumdioxid zu bilden. „Theoretische Berechnungen bestätigen die dynamische Stabilität der neuen Phase auch bei hohen Drücken“, erläutert Caracas.

Zudem bleibt diese Phase auch ohne Druck stabil. „Das war eine Überraschung“, sagt Ćernok. „Unsere Studie erklärt damit, wie Seifertit bereits bei deutlich geringerem Druck entstehen kann als erwartet, wenn man Cristobalit komprimiert. Daher haben Meteoriten, die Seifertit und Cristobalit enthalten, nicht notwendigerweise sehr heftige Einschläge erlebt.“ Das unerwartete Verhalten erklärt, wieso Cristobalit und Seifertit nebeneinander in einem Meteoriten existieren können. Denn bei einem Einschlag kann die Schockwelle auf ihrem Weg durch das Material verschiedene, sich überschneidende hydrostatische und nicht-hydrostatische Druckzonen erzeugen, so dass verschiedene Varianten von Siliziumdioxid in demselben Meteoriten entstehen können.

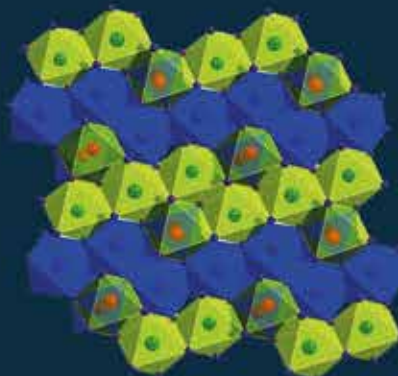
„Diese Ergebnisse haben unmittelbare Auswirkung auf die Untersuchung von Einschlagprozessen im Sonnensystem“, erläutert Dubrovinsky. „Sie liefern einen klaren Beleg dafür, dass weder Cristobalit noch Seifertit als verlässliche Indizien für die Stärke eines Schocks gelten können, die ein Meteorit erfahren hat.“ Allgemeiner gefasst zeigen die Beobachtungen auch, dass dasselbe Material ganz anders auf hydrostatische und nicht-hydrostatische Kompression reagieren kann. „Unsere Resultate legen einen zusätzlichen Mechanismus nahe, über den Materialwissenschaftler die Eigenschaften von Materialien verändern können. Neben Druck und Temperatur können auch unterschiedliche Formen mechanischer Spannung zu völlig anderem Verhalten von Festkörpern führen.“

Frischer Einschlagkrater auf dem Mars, fotografiert von der HiRISE-Kamera des „Mars Reconnaissance Orbiter“ der US-Raumfahrtbehörde NASA

Leonid Dubrovinsky



Bild: Leonid Dubrovinsky, Universität Bayreuth



Modell der Kristallstruktur von Cristobalit X-I. Diese Hochdruckphase von Cristobalit setzt sich zusammen aus zwei Schichten (grün und blau), jede von ihnen besteht aus Si_2O_6 .

Bild: NASA/JPL/University of Arizona

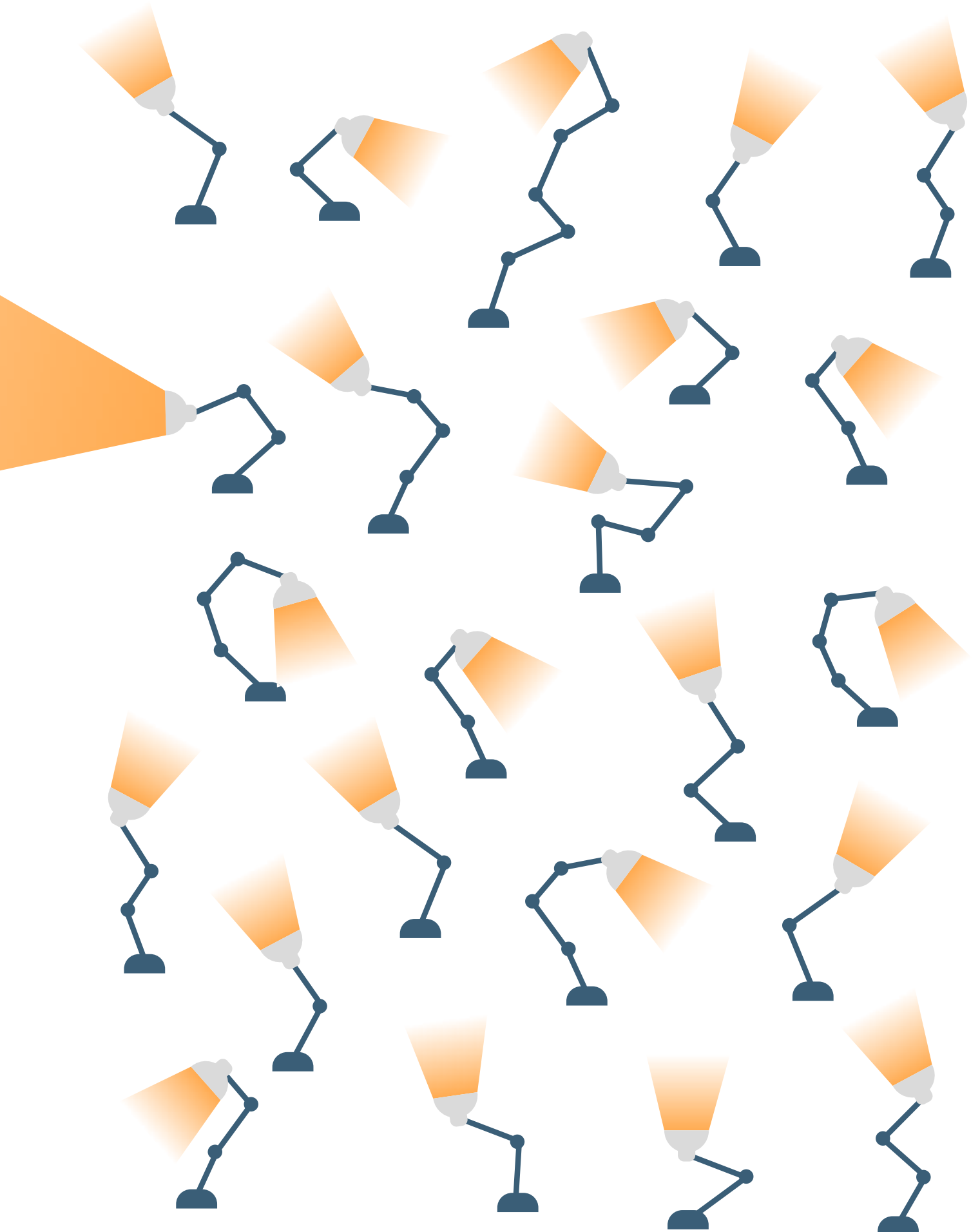
ZOOM

NEU DENKEN!

Wie entstehen Innovationen?

Überall, wo geforscht und entwickelt wird, passiert Innovation: Etwas Neues entsteht. Das können allumfassende Modelle für die Entstehung des Universums genauso sein wie bahnbrechende Technologien, mit deren Hilfe Atome sichtbar werden. Im engeren Sinne wird aus der Fülle von Ideen und Entdeckungen aus der Wissenschaft erst dann eine Innovation, wenn sich diese auch wirtschaftlich nutzen lässt. In einem Forschungszentrum wie DESY entsteht beides: die Grundlagen für die Innovationen der Zukunft ebenso wie industriennahe Anwendungen und Ausgründungen. Im besten Fall greift beides ineinander und leistet einen

Beitrag dazu, unsere Gesellschaft fit für die Zukunft zu machen. Der tiefgreifende digitale Wandel sorgt dafür, dass Innovationszyklen in der Wirtschaft kürzer werden, der Wettbewerb steigt und gesellschaftliche Entwicklungen schneller ablaufen. Diesen Herausforderungen muss sich auch die Wissenschaft stellen. DESY mit seinem breit aufgestellten Forschungscampus bietet eine Vielzahl von Kompetenzen, um Innovationen voranzutreiben.



Am Messplatz P11 von DESYs Röntgenquelle PETRA III lassen sich Biomoleküle atomgenau durchleuchten.



Innovation ist ein echtes Buzzword, das Wirtschaftsunternehmen genauso elektrisiert wie Politiker. Der Nährboden für Innovationen sind Ideen, die in neue Produkte, Dienstleistungen oder Verfahren umgesetzt werden. „Neu denken“ lautet daher die Devise – auch in einer wachsenden Zahl von Konzernen. Wie das am besten funktioniert, ist Gegenstand einer ganzen Philosophie und einer boomenden Schulungs- und Dienstleisterbranche. Innovationsberater und Zukunftsgestalter bemühen sich, eine allzu enge Binnenperspektive aufzubrechen mit Ansätzen, die unkonventionell, kreativ und lösungsorientiert sind. „Design Thinking“ heißt eine Methode, die auch Einzug in Großkonzerne wie Telekom, IBM, Bosch oder Daimler gehalten hat. Grund dafür ist nicht die pure Lust an Neuem, sondern die Notwendigkeit, flexibel und innovativ auf den digitalen Wandel und andere Herausforderungen zu reagieren, um konkurrenzfähig zu bleiben.

„Wir haben hier exzellente Wissenschaftler und eine Fülle von Innovationen, die quasi nebenbei in Forschung und Entwicklung entstehen“

Die Methode ist leicht nachvollziehbar: Design Thinking orientiert sich an dem Arbeitsprozess von Industriedesignern, bei denen Nutzer und ihre Bedürfnisse im Mittelpunkt stehen. Das Ziel: neue Ideen generieren und Problemlösungen finden, die aus Nutzersicht überzeugend sind. Das klingt logisch, ist aber nicht selbstverständlich, wenn in einem Unternehmen starre hierarchische Strukturen und von oben verordnete Strategien dominieren. Dagegen setzt Design Thinking auf vernetztes Denken im Team, auf Menschen aus verschiedenen Fachrichtungen, die gemeinsam in einem kreativen Umfeld an einer Fragestellung tüfteln, Konzepte entwickeln und sich dabei an den Bedürfnisse der Menschen orientieren, Neues ausprobieren, Prototypen entwickeln.

Als einfache Innovationstechnik gestartet, hat sich Design Thinking zu einer eigenen Denk- und Arbeitsweise entwickelt, die nicht nur an der Stanford University in Kalifornien gelehrt, sondern auch von immer mehr deutschen Firmen genutzt wird. So betrachtet ist Innovation keineswegs nur in Entwicklungsabteilungen verortet, sondern sollte ein ganzes System durchdringen: Strategien und Prozesse ebenso wie die Firmenkultur.

WISSENSCHAFT ALS INNOVATIONSMOTOR

Was sich manch traditionsreiches Unternehmen durch Design Thinking oder andere Innovationstechniken erst wieder antrainieren muss, gehört in der Wissenschaft zum Standardrepertoire: neu denken, Hypothesen bilden, Dinge hinterfragen und auf den Prüfstand stellen, Zusammenhänge finden ... Die Wissenschaft hat viel zu bieten in Sachen Innovation. Ihre ganze Denk- und Arbeitsweise strebt nach neuen Erkenntnissen und Techniken. „Überall, wo wir forschen und für die Forschung auch Experimente aufbauen, passiert Innovation von ganz allein“, sagt der Physiker Arik Willner, Chief Technology Officer (CTO) bei



HELMUT DOSCH
DESY

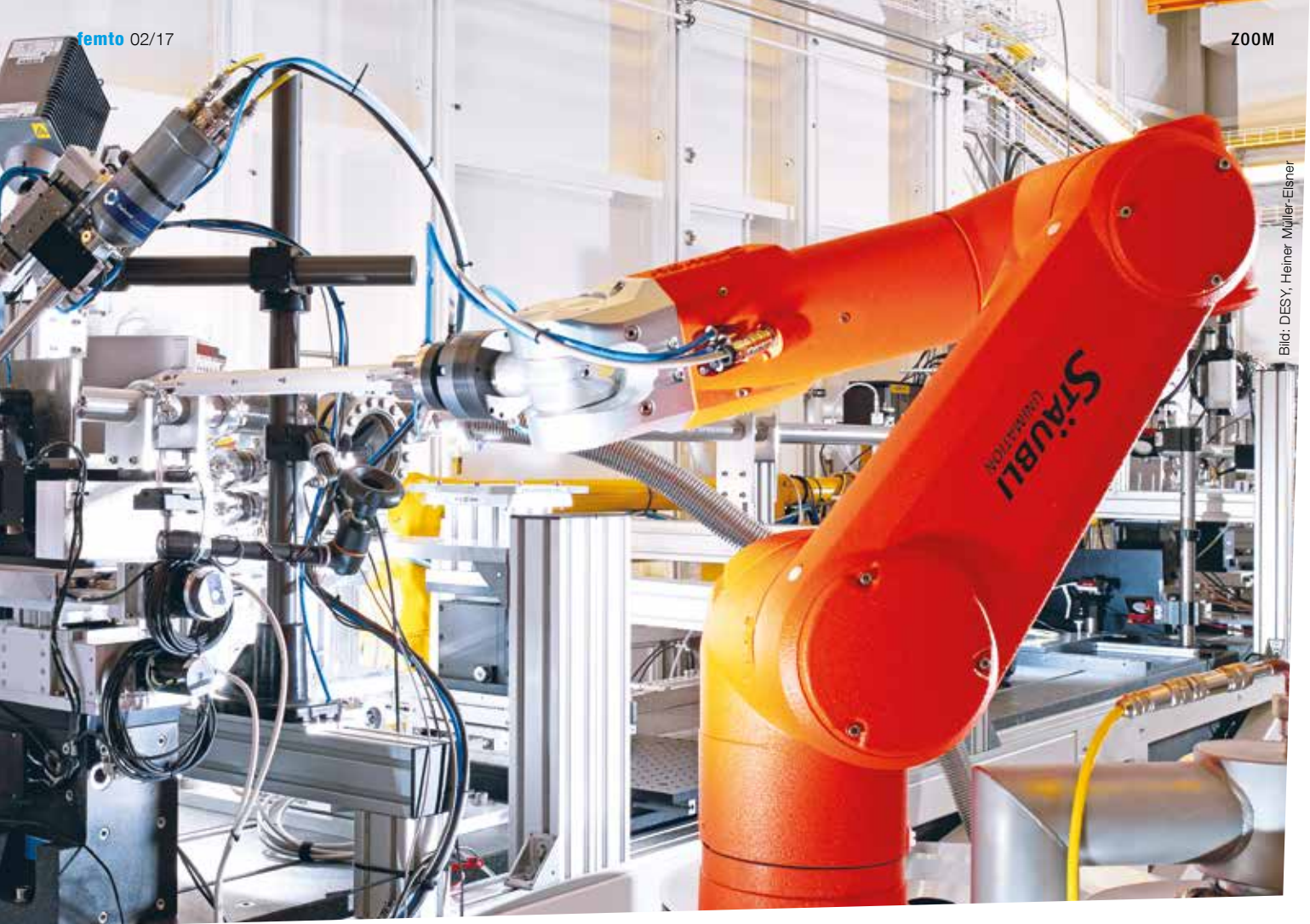


Bild: DESY, Heiner Müller-Elsner

DESY. Daher spielt Wissenschaft als Impulsgeber und Innovationstreiber in unserer Gesellschaft eine immer größere Rolle. „Wir stellen die Förderung von Innovationen auf dem Campus grundlegend neu auf“, erläutert der Vorsitzende des DESY-Direktoriums Helmut Dosch. „Wir haben hier exzellente Wissenschaftler und eine Fülle von Innovationen, die quasi nebenbei in Forschung und Entwicklung entstehen. Das sind Entwicklungen, die wir im Rahmen der Innovationsstrategie von Hamburg genauso wie für die der Europäischen Union hervorragend einbringen können.“

Die eigentliche Mission von DESY wird sich dadurch nicht ändern, betont Willner: „Unser Fokus als DESY liegt weiter auf der Grundlagenforschung, aber das steht auch nicht im Widerspruch zu Innovation und Transfer – das greift ineinander. Wir werden uns der Frage stellen, wie wir das, was wir hier an Bord haben, besser verwertbar und für die Industrie nutzbar machen.“ Dazu vernetzt sich DESY mit Industrieunternehmen, Partnerinstituten und der Politik, bietet Experimentiermöglichkeiten und Knowhow, för-

dert Produktentwicklungen und Ausgründungen und hat ein gemeinsames Innovationszentrum mit der Universität Hamburg und der Freien und Hansestadt Hamburg gegründet.

Innovation beginnt bei DESY bereits mit dem Bau der komplexen Teilchenbeschleuniger für die Forschung. Dazu entwickelte Komponenten und Verfahren erfordern Spitzentechnologie – und oftmals neue technische Lösungen. Diese finden später Anwendung etwa in der Medizinbranche, der Radar- und Satellitentechnik oder in chemischen Verfahren.

MANCHMAL IST ES REVOLUTION

Manchmal führt eine Entdeckung in der Wissenschaft ganz ungeplant zu einer Fülle von Innovationen und neuen Anwendungen. Ein Paradebeispiel dafür ist die sogenannte Synchrotronstrahlung, ein besonderes Licht, das an Teilchenbeschleunigern entsteht. Für Teilchenphysikexperimente ist sie ein lästiger Störeffekt, doch bereits in den 1950er Jahren erkannten einige Wissenschaftler ihr Potenzial: Synchrotronstrahlung eignet sich, besonders im Röntgenbereich, hervorragend zum Durchleuchten verschiedenster Materialien. →



Arik Willner hat im Juli 2016 die neu geschaffene Position des Chief Technology Officer (CTO) bei DESY angetreten und leitet die Stabsstelle für Innovation und Technologietransfer.

„WIR HABEN DIE DYNAMIK“

femto: Warum ist das Thema Innovationen für DESY wichtig?

Arik Willner: Ich glaube, dass ein öffentlich finanziertes Forschungszentrum einen Auftrag hat: Wie können wir das, was unsere Wissenschaftler erforschen und entwickeln, auch kurz- und mittelfristig nutzbar machen für die Gesellschaft? Wie können wir beitragen zur Lösung der großen Fragen der Gesellschaft?

femto: Warum ist DESY für die Industrie wichtig?

Arik Willner: Die Unternehmen merken, dass sie im globalen Wettbewerb der Ideen zu langsam sind, wenn sie ihre Entwicklungsabteilungen wie Hochsicherheitstrakte organisieren. Daher lautet das Stichwort „Open Innovation“. Die Unternehmen öffnen sich auch gegenüber Forschungseinrichtungen wie DESY und suchen den Kontakt zu uns. Die Industrie begrüßt beispielsweise unsere Initiative, zu dem Projekt PETRA IV mit ihnen ins Gespräch zu kommen: Was sind die Herausforderungen der Industrie in den verschiedenen Branchen, und wie können wir diese mit PETRA IV

adressieren? Siemens und Bosch signalisieren Interesse, mit uns zusammen die Medizintechnik und die medizinischen Bildgebungsverfahren von morgen zu entwickeln. Philips möchte in verschiedenen Bereichen mit uns zusammenarbeiten. All diese Firmen stehen in einem globalen Wettbewerb und profitieren davon, wenn sie Akteure wie DESY in ihre Innovationsketten einbinden.

femto: Was kann DESY der Industrie denn bieten?

Arik Willner: Unsere Hightech-Anlagen, unsere Technologien und unser Knowhow. Unsere Röntgenlichtquellen PETRA III und FLASH bieten herausragende Möglichkeiten, ebenso unser Großrechner. Wir bauen außerdem gerade Netzwerke mit Partnern wie der Technischen Universität Hamburg oder der Hamburger Hochschule für Angewandte Wissenschaften HAW auf, um Unternehmen umfassend zu unterstützen. Die Firmen müssen sich wieder dynamischer aufstellen. Wir haben die Dynamik, aber bislang weniger darüber nachgedacht, daraus einen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Impact zu generieren.

femto: Nützt das nur den Unternehmen?

Arik Willner: Es muss ein Miteinander werden, eine Win-Win-Situation für alle Partner. Auch wir lernen von der Industrie und bekommen Geld, das wir wieder in die Forschung investieren können. Es profitiert aber auch die Region. Wir sind in Hamburg sehr tief in die Innovationsstrategie des Senats eingebettet. Unser Campus soll sich zu einem Forschungs- und Innovationscampus entwickeln, und wir fokussieren uns dabei auf die Schwerpunkte Life Science, Nano- und Lasertechnologie sowie neue Materialien. Das ist unser Innovationsprofil. Hier hat DESY eine hohe Methodenkompetenz und ein großes Knowhow.

Auch in Brandenburg sind wir als DESY in die Innovations- und Transferstrategie integriert – und zwar sowohl mit unserem Standort in Zeuthen als auch mit der Gesamtstiftung DESY, also mit unserer gesamten Innovationsleistung. Wir leisten einen Beitrag zur Entwicklung der Gesellschaft – in der Region, in Deutschland und in Europa.

→ Vor über 50 Jahren starteten am DESY-Ringbeschleuniger erste Messungen mit dem intensiven Licht. Heute ist DESY eines der weltweit führenden Zentren für die Forschung mit Röntgenstrahlung aus Teilchenbeschleunigern. Hier untersuchen Forscher mit atomarer Genauigkeit das Innere von Werkstoffen, Kulturgütern, Knochenimplantaten, Nanomaterialien oder Biomolekülen.

Im Sommer 1970 begann am DESY-Beschleuniger außerdem noch eine weitere Erfolgsgeschichte: Ken Holmes und Gerd Rosenbaum nahmen die ersten Beugungsbilder von Insektenflugmuskeln mit Synchrotronstrahlung auf, die Ära der Strukturbiologie begann. Die Pioniere dieser noch jungen Forschungsdisziplin nutzten den 1974 in Betrieb gegangenen DORIS-Speicherring, um den molekularen Ablauf der Muskelbewegung zu entschlüsseln. Die intensiven und gebündelten Röntgenstrahlen aus Teilchenbeschleunigern erwiesen sich als ideales Werkzeug, um die Struktur von Proteinen im Detail zu analysieren, und als echter Innovationsmotor. Der Biochemikerin Ada Yonath gelangen an DORIS wichtige Experimente für die Aufklärung der komplexen Struktur des Ribosoms – eines der zentralen Moleküle des Lebens. 2009 wurde sie gemeinsam mit zwei Fachkollegen mit dem Nobelpreis für Chemie geehrt.

DER BOOM DER STRUKTURBIOLOGIE

Heute betreibt DESY mit PETRA III eine der besten Röntgenlichtquellen der Welt und bietet exzellente Experimentiermöglichkeiten für alle, die stark gebündeltes, sehr kurzweiliges Röntgenlicht für ihre Analysen benötigen. „Moderne Röntgenlichtquellen bieten die Möglichkeit, die Struktur von Biomolekülen und Krankheitserregern atomgenau zu entschlüsseln und auf diese Weise systematisch ihre Funktion zu erforschen. Damit bekommt die Bioforschung eine neue Qualität“, erläutert Matthias Wilmanns, Gründungsdirektor des Centre for Structural Systems Biology (CSSB), einem Zentrum für Infektionsforschung auf dem DESY-Campus. „Wir betreiben eine Art Google Maps für den menschlichen Körper. Der Mensch hat ja ein grundlegendes Interesse, so genau in den Körper hineinzuzoomen zu können, wie es geht. Mit der Röntgenstrukturanalyse sind wir jetzt in der Lage, einzelne Atome zu sehen.“ Damit lassen sich neue Wege in der Medikamentenforschung beschreiten, etwa im Kampf gegen Infektionskrankheiten. „Wir haben etwa 30 000 Proteine im



"Wir betreiben eine Art Google Maps für den menschlichen Körper."



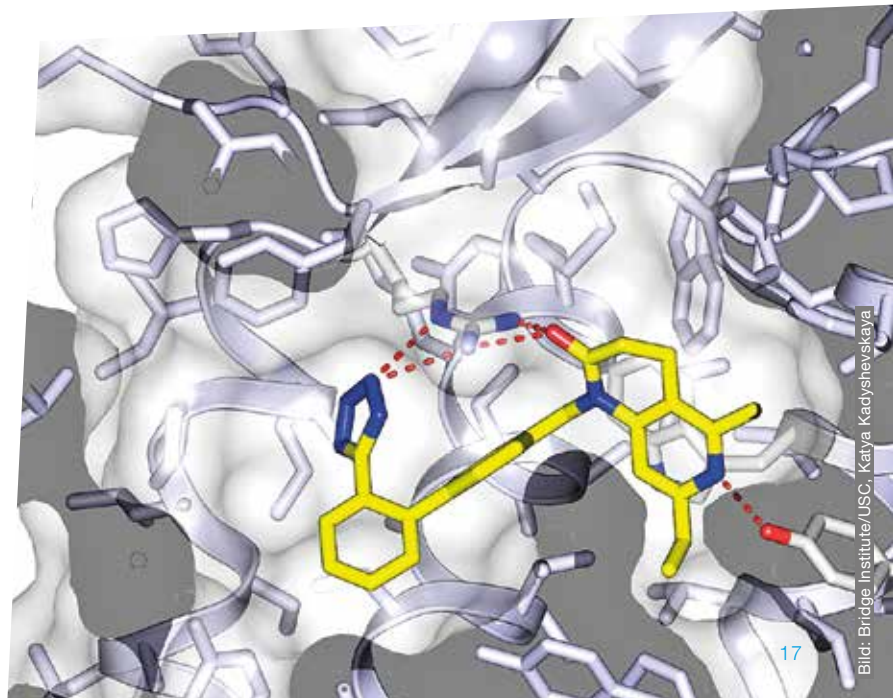
MATTHIAS WILMANNSS
CSSB

Körper“, erläutert Wilmanns. „Die einfachste Idee für ein Medikament lautet, dass ich gezielt eines dieser Proteine mit einem kleinen, maßgeschneiderten Molekül blockiere, das genau die passende Form hat. Das wird oft Schlüssel-Schloss-Prinzip genannt. In Wirklichkeit ist es eher wie eine dreidimensionale Karte, wo es Berge gibt und Täler, Krater und Höhlen und vieles mehr. Je genauer man diese Strukturen kennt, desto besser kann man etwas Passendes maßschneidern und desto weniger muss man ausprobieren. So kann man auf den ungeheuer teuren Wegen, die oft in der Pharmaforschung beschritten werden müssen, Abkürzungen nehmen und Millionenbeträge sparen.“

DIE ZUKUNFT IST BEWEGT

Dass ihre aus wissenschaftlicher Neugier gestarteten Experimente eine solche, fast schon revolutionäre Innovationskraft entfalten würden, →

Molekulare Struktur der sogenannten Bindungstasche des Blutdruckregulators AT1R mit einem gebundenem Molekül





→ hätten die Pioniere der Synchrotronstrahlung wohl nicht zu träumen gewagt. Planen lassen sich derartige Durchbrüche jedenfalls nicht.

Sehr wohl aber lässt sich der Boden bereiten, auf dem Innovationen sprießen. In der Wissenschaft bedeutet dies, exzellente Experimentiermöglichkeiten und kluge Köpfe zusammenzubringen. Bei DESY in Hamburg ist ein internationaler und interdisziplinärer Forschungscampus ent-



HENRY CHAPMAN
DESY/CFEL

»Wenn wir ultraschnelle Schnappschüsse zu einem Film anordnen, können wir die Moleküldynamik in Zeitlupe zeigen.«

standen mit weltweit einzigartigen Röntgenlichtquellen und einer Vielzahl von Partnerinstituten. Für die Nano- und Bioforschung beispielsweise bieten sich hier herausragende Möglichkeiten, die bereits zu vielen Innovationen geführt haben.

Die nächste Revolution in der Strukturforschung in Hamburg startet mit dem Forschungsbetrieb des internationalen Röntgenlasers European XFEL: Die bislang statischen Bilder lernen laufen. Die Bewegungen von Atomen und Molekülen, der Ablauf von chemischen Reaktionen, Veränderungen in Werkstoffen oder der Angriff von Krankheitserregern lassen sich mit atomarer Auflösung „filmen“. Wie ein Daumenkino bestehen diese Filme aus einer Aneinanderreihung von Momentaufnahmen.

Röntgenlaser liefern solche Schnappschüsse aus der Nanowelt mit einer Zeitauflösung von Femtosekunden (billiardstel Sekunden). „Wenn wir solche ultraschnellen Schnappschüsse zu einem Film anordnen, können wir die Moleküldynamik in Zeitlupe zeigen“, erläutert DESY-Forscher Henry Chapman vom Center for Free-Electron Laser Science (CFEL). Solche Untersuchungen eröffnen völlig neue Einblicke in biochemische Abläufe, beispielsweise medizinisch relevante Prozesse im menschlichen Körper oder technologisch interessante Vorgänge in der Natur.



Der längste supraleitende Linearbeschleuniger der Welt treibt den europäischen Röntgenlaser European XFEL an.

VON GRUND AUF NEU

Grundlagenforschung spielt eine ganz besondere Rolle im Innovationsgeschehen. Nicht streng fokussiert auf die unmittelbare Verwertbarkeit der Ergebnisse, wird hier die Basis für die Innovationen der Zukunft gelegt. Forschungsansätze, die nicht auf die Optimierung von etwas Bestehendem ausgerichtet sind, sondern völlig neue Wege öffnen. Doch das eine schließt das andere nicht aus, und daher treffen auf dem DESY-Campus mittlerweile Wissenschaftler, die sich mit der fundamentalen Entwicklung des Universums beschäftigen, auf Experten für die Entwicklung neuer Datenspeicher oder Gründer, die gerade eine neue Technik zu einem Geschäftsmodell weiterentwickeln.

Aussichtsreiche und vielseitige Anwendungen bieten beispielsweise neue Nanowerkstoffe, die sich an DESYs Röntgenlichtquellen atomgenau durchleuchten und maßschneidern lassen. Ein Nanometer entspricht einem Millionstel eines Millimeters. Materie im Nanomaßstab hat andere physikalische und chemische Eigenschaften →



»GRÜNDUNGSFÖRDERUNG IN HAMBURG STÄRKEN«

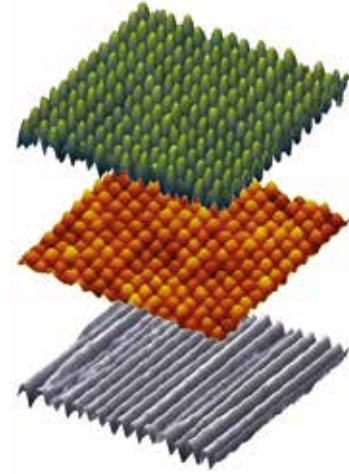
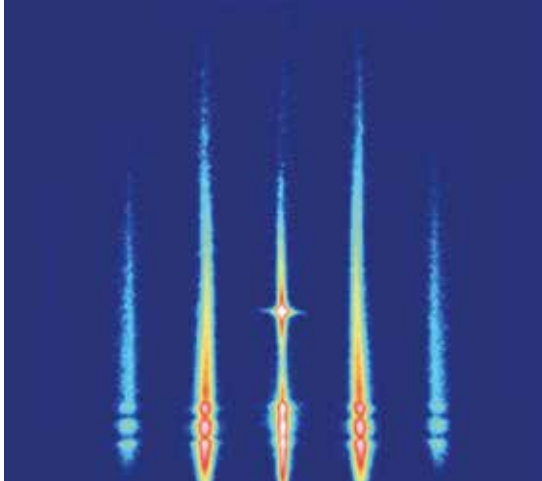
Ein Gastbeitrag von Hamburgs
Erstem Bürgermeister Olaf Scholz

Wir in Hamburg haben verstanden, wie wissensbasierter Strukturwandel funktioniert. So wurde Hamburg letztes Jahr von der EU-Kommission als eine der innovativsten Regionen Europas ausgezeichnet. Unsere verschiedenen Cluster wurden sogar mehrmals ausgezeichnet, und auch bei den Existenzgründungen steht Hamburg deutschlandweit als Nummer 1 da.

Gerade für Existenzgründungen sind Orte von großer Bedeutung, an denen Innovationen entstehen. Das gemeinsame Innovationszentrum von DESY, der Universität Hamburg und der Freien und Hansestadt Hamburg ist so ein Ort. Hier ist ein attraktives Umfeld für Firmenausgründungen, Technologie-Start-ups und kleinere Unternehmen entstanden, die von der unmittelbaren Nähe zu DESY profitieren werden. Das Innovationszentrum ist gemeinsam mit dem in der Nachbarschaft geplanten Forschungs- und Innovationspark (F&I-Park) ein Beispiel dafür, wie erfolgreicher Wissens- und Innovationstransfer gelingen kann. Mit diesen Einrichtungen schaffen wir wichtige Voraussetzungen, damit Innovationen kontinuierlich zur Marktreife geführt werden können.

Die Gründungsförderung in Hamburg hört allerdings mit dem F&I-Park-Konzept nicht auf: Gerade an Forschungseinrichtungen wie DESY, die in der Wissenschaft im weltweiten Vergleich Maßstäbe setzen, entstehen Ideen für Produkte und damit für Unternehmen, die in hohem Maße innovativ und wettbewerbsfähig sind. Sie agieren auf internationalen Märkten oder schaffen diese sogar. Sie sorgen für Wachstum, Wertschöpfung und hochqualifizierte Arbeitsplätze. Um diese Gründungsideen zu fördern, werden wir die Vernetzung von Forschern, die sich eine Unternehmensgründung vorstellen können, an den Hochschulen und Forschungseinrichtungen mit der Gründungsförderung in Hamburg stärken und eine Plattform schaffen, welche die speziellen Bedarfe dieser wissensintensiven Gründungen adressiert. Dies wird der Auftakt dafür sein, die Gründungsunterstützung an den Hamburger Hochschulen und Forschungseinrichtungen weiter auszubauen.

Das Wachstum selbstorganisierender Nanoschichten (rechts) lässt sich im Röntgenlicht verfolgen (links).



→ ten als ihr Pendant mit Zentimeter- oder Meterabmessungen. Das hat Wissenschaft und Wirtschaft gleichermaßen auf den Plan gerufen und einen ganzen Forschungs- und Industriezweig geschaffen, der sich mit neuen Phänomenen, Gesetzmäßigkeiten und Anwendungen von Strukturen auf der Skala unterhalb von 100 Nanometern befasst.

DIE ZUKUNFT IST NANO

„DESYs Röntgenquellen FLASH und PETRA III sind die idealen Supermikroskope, um Strukturen und Prozesse in der Nanowelt zu beobachten und zu verstehen“, betont DESY-Forschungsdirektor Edgar Weckert. „Auf unserem Hamburger Campus erforschen wir fachübergreifend und gemeinsam mit verschiedenen Institutionen und Partnern Materialien und Werkstoffe auf der Nanoskala.“ DESYs NanoLab kombiniert dazu die Forschungs-

schnelle und einfache Alternative zu bisherigen Verfahren und ist damit auch für die Wirtschaft interessant, die immer häufiger Nanostrukturen nutzt. Auch neue Nanomaterialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften werden hier entwickelt – eine neue Materialklasse beispielsweise, die zugleich hart und sehr bruchfest ist. Dazu hat ein Forscherteam von DESY, der Technischen Universität Hamburg, der Universität Hamburg und des Helmholtz-Zentrums Geesthacht Eisenoxid-Nanopartikel mit einer Hülle aus organischer Ölsäure kombiniert. Auch einen neuen Mechanismus, der zur Entwicklung superharter und superzäher Keramiken für industrielle Anwendungen weiten könnten, haben Forscher bei DESY identifiziert.

„DESYs Röntgenquellen FLASH und PETRA III sind die idealen Supermikroskope, um Strukturen und Prozesse in der Nanowelt zu beobachten und zu verstehen.“



EDGAR WECKERT
DESY

lichtquellen mit einem Spektrum von Analysegeräten und Methoden, um Werkstoffe, Nanopartikel, Oberflächen und Prozesse auf der Nanoskala zu untersuchen und das Anwendungspotenzial der Nanomaterialien umfassend auszuloten.

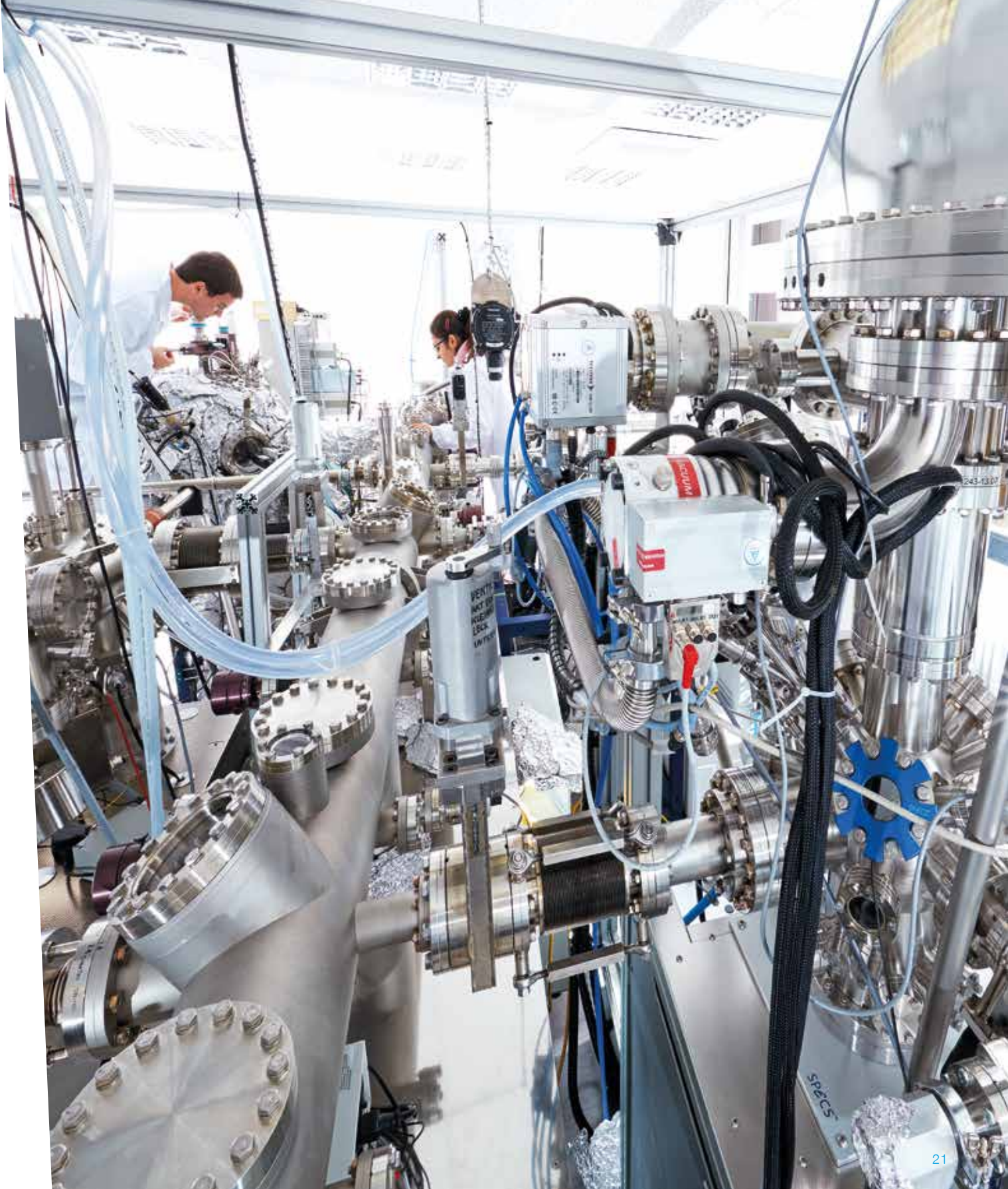
DESY-Forscher haben beispielsweise ein neues Verfahren entwickelt, mit dem sich metallische Nanostrukturen selbst bauen und ordnen. Dieser sogenannte Bottom-up-Ansatz bietet eine

KATALYSATOR-VERSCHLEISS LIVE IM BLICK

Zukunftsweisend sind die Erforschung und Entwicklung von Katalysatoren, also Stoffen, die eine chemische Reaktion beschleunigen oder überhaupt erst ermöglichen. Sie sind in zahlreichen industriellen Prozessen unverzichtbar. Das wohl bekannteste Beispiel ist der Abgaskatalysator im Auto: Darin wandelt eine Mischung aus Platin, Rhodium und Palladium giftiges Kohlenmonoxid und schädliche Stickoxide in weniger gefährliche Verbindungen um. An DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III konnten Forscher auf der Nanoebene beobachten, wie Platin-Nanopartikel unter den Betriebsbedingungen eines Auto-Katalysators zusammenwachsen und dadurch an Effizienz verlieren. Außerdem haben sie eine High-Speed-Röntgentechnik entwickelt. Mit ihr lässt sich die atomare Struktur von Oberflächen so →

Materie im Nanomaßstab hat andere physikalische und chemische Eigenschaften, die sich im DESY-NanoLab umfassend ausloten lassen.

Bild: DESY, Heiner Müller-Elsner





← Der Elektronikstandard MicroTCA.4 hat zahlreiche Einsatzmöglichkeiten, von Teilchenbeschleunigern bis zur Luftfahrt.

DAS MicroTCA.4 TECHNOLOGY LAB

Nicht selten ist die Entwicklung neuer Teilchenbeschleuniger Anlass für technologische Innovationen, die großes Anwendungspotenzial haben. Ein Beispiel ist die erforderliche Steuerungstechnik, die hochpräzise und extrem schnell sein muss und viele Datensätze parallel verarbeiten muss. Um Systeme für solche Anforderungen zu wappnen, haben sich bestimmte Elektronikstandards etabliert, also einheitliche Beschreibungen, anhand derer sich solche Systeme konstruieren lassen. Allerdings: „Keiner der Standards war am Ende geeignet, um mit DESY in die Zukunft zu gehen“, sagt DESY-Beschleunigerexperte Holger Schlarb. Daher haben Schlarb und sein Team einen neuen

Industriestandard mitentwickelt und gemeinsam mit dem DESY-Technologietransfer zur Marktreife gebracht.

Zunächst nahmen sich die Forscher den Standard vor, der ihren Anforderungen am nächsten kam: MicroTCA (Micro Telecommunications Computing Architecture). „Dieser Industriestandard ist sehr weit verbreitet“, erläutert Schlarb. „Er kommt aus dem Telekommunikationsbereich und kann alles, was wir brauchen – bis auf eine Sache: feinste, analoge Daten erfassen.“ Daher taten sich die DESY-Physiker mit anderen Instituten und Industriepartnern zusammen und erweiterten den Standard um entscheidende Funktionen: MicroTCA.4 verbindet nun ultraschnelle Digitalelektronik mit der Möglichkeit, analoge Baugruppen auf kleinstem Raum zu integrieren. Seine enorme Ausfallsicherheit und Skalierbarkeit machen ihn ideal für den Einsatz in der Kontrolle von Teilchenbeschleunigern. Aber auch in der Industrie gibt es zahlreiche Einsatzmöglichkeiten, von der Telekommunikation, Online-Inspektion, Luftfahrt und Medizintechnik bis hin zur Präzisionsmesstechnik.

Im vergangenen Jahr hat DESY zusammen mit Partnern aus der Wirtschaft das MicroTCA.4 Technology Lab gegründet, das als eines der Helmholtz Innovation Labs gefördert wird. Ziel ist es, MicroTCA.4 weiterzuentwickeln und auf einem großen Markt zu etablieren. „Das MicroTCA.4 Technology Lab ist ein wichtiger Baustein in der Innovationsstrategie des Forschungszentrums“, sagt DESY-Direktor Helmut Dosch. „Es wird eine neue Dimension in der Kooperation von DESY mit der Wirtschaft eröffnen“.

→ schnell bestimmen, dass Live-Aufnahmen von Oberflächenreaktionen wie Katalyse oder Korrosion mit einer Zeitauflösung von weniger als einer Sekunde möglich werden. „Wir können damit Oberflächenprozesse verfolgen, die sich bislang nicht in Echtzeit beobachten ließen, und die in vielen Bereichen der Materialforschung eine zentrale Rolle spielen“, erläutert der Leiter des DESY-NanoLab, Andreas Stierle.

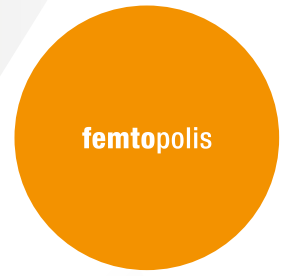
DIE NEUE SOLARZELLENGENERATION

Auch Solarzellen werden an den Messplätzen von PETRA III unter die Röntgenlupe genommen und weiterentwickelt. Beispielsweise Kunststoff-solarzellen mit organischen Halbleitern. Sie sind flexibel formbar, leicht und preiswert und damit

vielseitig einsetzbar. Noch dazu lassen sie sich in material- und energiesparenden Druckprozessen herstellen. Um diese Solarzellen markttauglich zu machen, sind allerdings noch verschiedene Herausforderungen zu meistern. So gilt es, die Effizienz der Energieumwandlung zu verbessern sowie die Herstellungskosten zu senken und die Lebensdauer der Materialien und Module zu erhöhen. Dazu experimentieren verschiedene Gruppen an PETRA III, optimierten beispielsweise ein von dänischen Forschern entwickeltes Herstellungsverfahren oder steigerten die Leistung der Plastiksolarzellen durch Beimischung von magnetischen Nanopartikeln.

DESYs INNOVATIONSBESCHLEUNIGER

Spannende Zeiten also für Innovationen in der Materialforschung und Medizin, doch eine →



femtopolis

Auf einen Kaffee

...

Um es gleich vorweg zu sagen: Tee funktioniert natürlich genauso gut. Die Rede ist von der sozialen Funktion unserer Lieblingsgetränke. „Wollen wir uns auf einen Kaffee treffen?“ Ein klassischer Auftakt, um ins Gespräch zu kommen, sich kennenzulernen, Ideen auszutauschen. Getränke sind soziale Schmiermittel im privaten genau wie im beruflichen Bereich. Während der Epoche der Aufklärung waren Europas Kaffeehäuser wichtige Nachrichtenbörse und Anbahnungsort für Geschäfte. Heute richten Firmen Kaffeeecken und Teeküchen ein, damit sich die Angestellten wohlfühlen, Wissen austauschen – und am Ende produktiver sind. Auch in modernen Forschungsgebäuden wird Wert auf Kommunikationsinseln gelegt, in denen Kaffee & Co. nicht fehlen dürfen, um die erwünschte verbindende Wirkung zu entfalten.

Im besten Fall fachsimpeln hier herausragende Vertreter verschiedener Forschungsdisziplinen zunächst über die optimale Zubereitung eines Latte macchiato oder ärgern sich gemeinsam über die zu dürrtige Crema auf dem Espresso, bevor sie erstaunt feststellen, dass ihr Gesprächspartner genau die Methode entwickelt hat, die das eigene Forschungsthema entscheidend voranbringen könnte. Menschen brauchen andere Menschen, um ihre Möglichkeiten auszuloten, um das Knäuel der Komplexität zu entwirren, um zu wirklich brillanten Lösungen zu gelangen. Und als Vermittler für diese erwünschten Interaktionen eignet sich Kaffee – per Definition ein schwarzes, psychotropes, koffeinhaltiges Heißgetränk aus gerösteten und gemahlene Kaffeebohnen und heißem Wasser und das beliebteste Getränk der Deutschen. Der positive Effekt der Kaffeepausen ist auch wissenschaftlich belegt. Studien zeigen, dass Konzentrationsfähigkeit und Produktivität steigen und Stress verringert wird.

Die Kaffeepause hat sogar schon ihr eigenes Konferenzformat kreiert. Der irische Verleger und Software-Entwickler Tim O'Reilly stellte fest, dass bei klassischen Konferenzen die Kaffeepausen den größten Mehrwert für die Teilnehmer bringen. Daher erdachte er das Konzept der „Unkonferenzen“. Statt Wissen durch Frontalvorträge zu vermitteln, geht es vor allem darum, den persönlichen Austausch der Teilnehmer zu fördern. 2005 initiierte er sein erstes „FooCamp“ („Friends of O'Reilly“) im kalifornischen Palo Alto: ein Ad-hoc-Event, bei dem die Teilnehmenden Inhalt und Ablauf aus dem Stand selbst organisierten.

Heute sind solche Unkonferenzen, auch als Barcamps bekannt, ein etabliertes Format: offene Tagungen mit viel Gestaltungsspielraum und Interaktion. Doch ob Barcamp oder klassische Konferenz: Kein Format kommt ohne Kaffee aus.

Im DESY-Rechenzentrum werden fortwährend neue Methoden zum Umgang mit Big Data aus der Forschung entwickelt.

→ ganze Reihe von technischen Durchbrüchen setzt schon viel früher an: bei der Entwicklung und dem Bau der Forschungsanlagen, die diese Anwendungen überhaupt erst möglich machen. Die Entwicklung neuer Teilchenbeschleuniger und Detektoren ist Pionierarbeit und seit über 50 Jahren DESYs Kernkompetenz. Wenn für die Teilchenphysik oder für die Forschung mit Röntgenstrahlung neue Beschleuniger- und Detektor-technologie entwickelt wird, spielt DESY weltweit in der ersten Liga, etwa bei der „Weltmaschine“ Large Hadron Collider (LHC) am Forschungszentrum CERN bei Genf.

Ein Paradebeispiel dafür ist der Röntgenlaser European XFEL. Elf Staaten sind an dem internationalen Projekt beteiligt. DESY ist

»Der Beschleuniger ist ein herausragendes Beispiel für eine erfolgreiche weltumspannende Kooperation, die neben Forschungseinrichtungen, Instituten und Universitäten auch Industrieunternehmen umfasst, in denen einzelne Komponenten gefertigt wurden.«



ROBERT FEIDENHANS'L
European XFEL

Hauptgesellschafter und für Bau und Betrieb des Linearbeschleunigers verantwortlich, dessen supraleitende Technologie in internationaler Zusammenarbeit unter DESY-Federführung entwickelt wurde. „Der Beschleuniger ist ein herausragendes Beispiel für eine erfolgreiche weltumspannende Kooperation, die neben Forschungseinrichtungen, Instituten und Universitäten auch Industrieunternehmen umfasst, in denen einzelne Komponenten gefertigt wurden“, betont der European-XFEL-Geschäftsführer Robert Feidenhans'l. Supraleitend bedeutet, dass die Beschleunigerkomponenten keinerlei elektrischen Widerstand besitzen. Dazu müssen sie auf extrem tiefe Temperaturen gekühlt werden. Von den technologischen Entwicklungen und Durchbrüchen beim Bau einer solchen Hightech-Anlage profitieren auch die beteiligten Industrieunternehmen, die bei der Fertigung entscheidendes Knowhow und technologischen Vorsprung erlangen.

DAS ZEITALTER VON BIG DATA

An großen Teilchenbeschleunigern entstehen gewaltige Datenmengen, die analysiert und

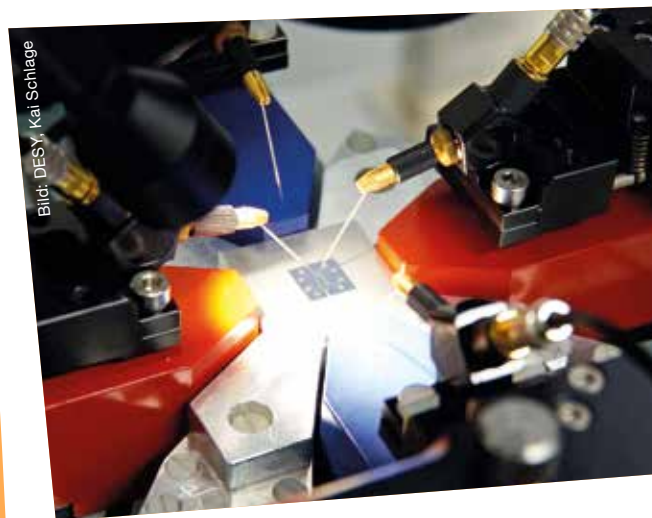


Bild: DESY, Heiner Müller-Elsner

gespeichert werden müssen. Insbesondere die Teilchenphysik ist daher seit jeher ein besonderer Innovationstreiber für die Computertechnologie. Heutzutage sind die enormen Datenmengen, die in verschiedenen Wissenschaftsbereichen anfallen, selbst Gegenstand neuer Forschungsansätze. Die Sensoren, Spezialkameras und Detektoren, mit denen Forscher ihre Experimente beobachten, werden immer leistungsfähiger. Sie liefern höhere Auflösungen, schärfere Bilder und schnellere Messungen – und damit immer mehr Daten in immer kürzerer Zeit. Die Folge: Es wird immer schwieriger, die Daten zu übermitteln, zu speichern und zu analysieren. „Die alten Techniken reichen dazu nicht aus“, sagt Volker Gülzow, Leiter der IT-Abteilung von DESY. „Wir müssen neue Wege gehen.“ Zum einen braucht es innovative Konzepte bei Hardware und Software, um die Daten überhaupt zu erheben und zuverlässig zu speichern. Zum anderen sind schnelle Algorithmen und ausgefeilte Computerpro-



gramme zur Auswertung der Messungen gefragt. Zu den Entwicklungen in diesem Bereich gehört eine Technik, die DESY gemeinsam mit dem US-Forschungszentrum Fermilab und der Nordic Data Grid Facility entwickelt hat: dCache ist ein System zum intelligenten Verwalten gewaltiger Datenmengen. Die Speicher heutiger Daten-Grids müssen diese Flut nicht nur sicher aufnehmen, sondern auch von jedem Ort der Welt aus zugänglich machen. „dCache bewegt die Daten automatisch so zwischen verschiedenen Speichermedien wie Festplatte und Magnetband hin und her, wie es für den Anwender am besten ist“, erläutert Projektleiter Patrick Fuhrmann von DESY. „Das System agiert wie ein Zwischenspeicher, der zuverlässig dafür sorgt, dass die Daten stets zum Rechnen parat sind, egal woher sie kommen.“ Inzwischen wird die Technik nicht nur für die Datenströme aus dem LHC genutzt, sondern auch für andere Wissenschaftsbereiche sowie von Unternehmen etwa aus dem Bankensektor. →



Die neuartigen Magnetsensoren lassen sich auf zahlreiche Anwendungen anpassen.

MAGNETSENSOREN FÜR DIE INDUSTRIE

Magnetsensoren – oder genauer Magnetowiderstandssensoren – sind winzige, hochempfindliche und leistungsstarke Begleiter unseres täglichen Lebens. Sie messen im Auto die Rotationsgeschwindigkeit der Räder für das Bremssystem ABS und die elektronische Stabilitätskontrolle ESP, stecken in jedem Handy, lesen Daten in Festplatten und dienen der Sicherheit durch das Aufspüren von Mikrorissen in Metallbauteilen. Diese Vielfalt an Einsatzgebieten erfordert jeweils eine entsprechend individuelle Funktion.

Die Sensoren bestehen aus mikrostrukturierten Stapeln von abwechselnd magnetischen und nichtmagnetischen Schichten, die jeweils nur wenige Nanometer dünn sind. Unter dem Einfluss eines äußeren Magnetfeldes ändert sich der elektrische Widerstand dieser Schichtstapel. Obwohl der Riesenmagnetowiderstandseffekt (giant magneto-resistance, GMR), für dessen Entdeckung Albert Fert und Peter Grünberg im Jahr 2007 den Nobelpreis für Physik erhielten, die Sensorik revolutioniert hat, bleibt ein Problem: Die Magnetfeldstärke, bei der der Widerstand schaltet, ist im Wesentlichen vorgegeben.

DESY-Forscher haben ein Herstellungsverfahren entwickelt, das es erstmalig ermöglicht, gezielt Kontrolle über die Magnetowiderstandseigenschaften in den Sensorschichtsystemen zu erlangen. Mit diesem Verfahren kann in jeder magnetischen Einzelschicht der winzigen Schichtstapel die Feldstärke des Schaltens flexibel und präzise eingestellt werden. Darüber hinaus können magnetische Vorzugsrichtungen von einzelnen Schichten beliebig zueinander orientiert werden. Somit kann auf einfache Weise eine Fülle von neuen Sensoreigenschaften realisiert werden.

„Bisher war es häufig so, dass die Anwendung auf den Sensor angepasst werden musste, mit unserer Technik können wir den Sensor für die gewünschte Anwendung maßschneidern“, erklärt DESY-Forscher Kai Schlage. Mit Mitteln aus dem Helmholtz-Validierungsfonds werden die Sensoren nun zur kommerziellen Marktreife weiterentwickelt. Dazu wird unter anderem der Einsatz der Sensoren im industriellen Umfeld getestet, um die Anforderungen aus der Automobilbranche sowie aus weiteren Anwendungsbereichen erfüllen zu können.



Christian Schroer ist wissenschaftlicher Leiter der Röntgenlichtquelle PETRA III.

EIN RÖNTGENMIKROSKOP FÜR DIE NANOFORSCHUNG

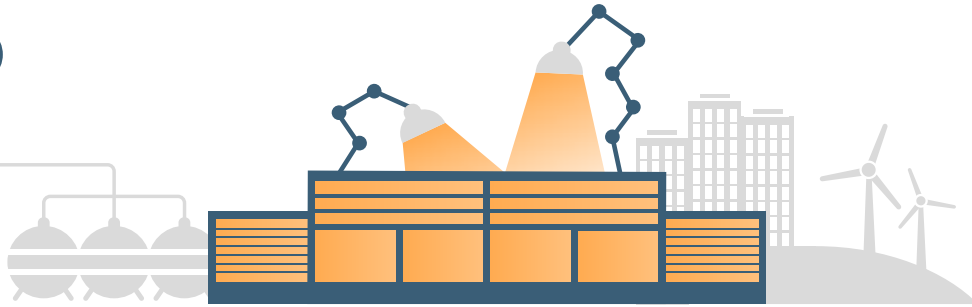
Mit PETRA III betreibt DESY eine der besten Speicherring-Röntgenstrahlungsquellen der Welt. Forschergruppen aus aller Welt nutzen das intensive Röntgenlicht, das sich durch besonders hohe Brillanz auszeichnet, für eine Vielzahl von Experimenten – von der Medizinforschung bis zur Nanotechnologie. Doch der 2300 Meter lange Ringbeschleuniger PETRA hat noch mehr Potenzial: Er lässt sich zu einem extrem fokussierten und hochauflösenden 3D-Röntgenmikroskop ausbauen, das insbesondere den zukunftsweisenden Nano- und Materialwissenschaften herausragende Forschungsperspektiven bietet.

Unter dem Projekttitel PETRA IV plant DESY ein solches ultimatives Röntgenmikroskop, mit dem Forscher physikalische und chemische Prozesse im Inneren eines Materials auf allen Längenskalen untersuchen können – von Millimetern bis hin zu atomaren Dimensionen. Abläufe, die sich

auf molekularer Ebene in Katalysatoren, Batterien oder Mikrochips abspielen, ließen sich unter realitätsnahen Betriebsbedingungen analysieren, Eigenschaften und Prozesse in vielversprechenden neuen Materialien verstehen und steuern, um Werkstoffe mit Nanostruktur gezielt maßschneidern zu können.

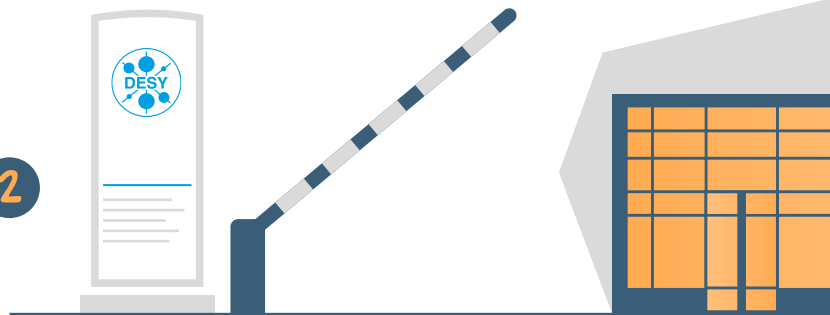
„Diese Möglichkeiten helfen der Industrie, ganz entscheidende Weichen zu stellen, um neue Produktionsverfahren und Werkstoffe zu entwickeln“, sagt Christian Schroer, wissenschaftlicher Leiter der Anlage. „Zum Beispiel kann man lokal auf der Nanoskala verfolgen, was in einer Batterie im Betrieb während der typischen Be- und Entladevorgänge passiert. Man kann beobachten, wie und warum sie altert, und Maßnahmen dagegen entwickeln. Das gilt aber auch für die verschiedensten materialwissenschaftlichen Proben, etwa aus Flugzeugtechnik oder Leichtbau, deren Entstehung und Verschleiß sich mit atomarer Auflösung verfolgen lässt.“

1



»Das eine ist, dass wir den Technologien, die unsere Wissenschaftler erfinden, ein zweites Leben ermöglichen, nämlich ein am Markt platziertes oder ein Leben als Teil einer Maschinerie in der Industrie.«

2



»Das zweite ist, dass wir unser Knowhow, unsere Anlagen und Instrumente, die einzigartig auf der Welt sind, anbieten für die industrielle Nutzung und so die Lücken in den Innovationsketten dort schließen.«

3

»Das dritte ist, dass wir Ausgründungen fördern, also unseren Wissenschaftlern ermöglichen, ein eigenes Unternehmen zu gründen auf Basis einer Technologie, die bei uns entwickelt wurde oder die in Zusammenhang mit DESY-Patenten steht.«

→ Wissenschaft trägt auf vielfältige Weise zum Innovationspotenzial der Gesellschaft bei – letztlich immer, wenn etwas erforscht oder entwickelt wird. In der Wirtschaft hingegen ist der Fokus klar gesetzt: Eine Idee wird dann zu einer Innovation, wenn die Entwicklung bis hin zur Marktfähigkeit geht und Profit generiert. Auf DESY übertragen bedeutet das: „Wir müssen eine Auswirkung auf die Wirtschaft und die Gesellschaft haben mit dem, was wir tun, dann reden wir von Innovation“, sagt DESY-CTO Arik Willner, „das kann der Profit eines Unternehmens sein, aber auch der Einfluss auf eine regionale Wirtschaftsstrategie.“

VON DER FORSCHUNG IN DIE INDUSTRIE

Dafür verfolgt DESY drei Ziele: „Das eine ist, dass wir den Technologien, die unsere Wissenschaftler erfinden, ein zweites Leben ermöglichen, nämlich ein am Markt platziertes oder ein Leben als Teil einer Maschinerie in der Industrie“, sagt Willner.

„Das zweite ist, dass wir unser Knowhow, unsere Anlagen und Instrumente, die einzigartig auf der Welt sind, anbieten für die industrielle Nutzung und so die Lücken in den Innovationsketten dort schließen. Das dritte ist, dass wir Ausgründungen fördern, also unseren Wissenschaftlern ermöglichen, ein eigenes Unternehmen zu gründen auf Basis einer Technologie, die bei uns entwickelt wurde oder die in Zusammenhang mit DESY-Patenten steht.“

Mehrere vielversprechende Hightech-Ausgründungen hat DESY bereits auf den Weg gebracht. Beispielsweise die Firma Class 5 Photonics GmbH, die Hochleistungslaser für Wissenschaft und Industrie entwickelt und gemeinsam von DESY und dem Helmholtz-Institut Jena initiiert wurde. Ein Team aus der DESY-Detektorentwicklungsgruppe entwickelte zudem eine schnelle und hochauflösende Röntgenkamera namens LAMBDA und gründete auf dieser Basis





Das Innovationszentrum wird Existenzgründer aus der Forschung unterstützen.

→ die Firma X-Spectrum GmbH. Innovative Messinstrumente, die auf neuartigen Nano-Positionierungssystemen basieren, bringt die DESY-Ausgründung suna precision GmbH insbesondere auf den wissenschaftlichen Markt. Aus dem Center for Free-Electron Laser Science (CFEL) bei DESY stammt die Ausgründung Cycle GmbH. Das Unternehmen vertreibt innovative Produkte für wissenschaftliche und industrielle Anwendungen, die auf Ultrakurzpuls-Lasertechnologie aufbauen.

EIN ZENTRUM FÜR GRÜNDER

Künftig sollen Gründer aus der Wissenschaft noch stärker von der Expertise und Infrastruktur auf dem DESY-Campus in Hamburg profitieren. Gemeinsam mit der Universität Hamburg und der Freien und Hansestadt Hamburg wird DESY ein neues Innovationszentrum auf dem Forschungscampus betreiben. Ausgründungen von DESY, der Universität Hamburg oder anderen Forschungs-

GLOSSAR DER INNOVATION

Innovation

Wörtlich: Neuerung oder Erneuerung, abgeleitet vom lateinischen Verb innovare, also erneuern. Im engeren Sinne resultieren Innovationen erst dann aus Ideen, wenn diese in neue Produkte, Dienstleistungen oder Verfahren umgesetzt werden, die tatsächlich erfolgreiche Anwendung finden und den Markt durchdringen.

Innovation Hacking

Neue Ideen werden nicht mehr bis ins letzte Detail erforscht, durchdacht und analysiert, sondern schnellstmöglich in kleinen „Testeinheiten“ ausprobiert und auf den Markt gebracht. Der Vorteil: Man sieht schnell, was an der Idee funktioniert und was nicht. So können Ideen verbessert oder erweitert werden. Dadurch sinkt die Gefahr, dass während eines langwierigen Entwicklungsprozesses die Konkurrenz auf dieselbe Idee kommt und diese dann für sich beansprucht.

Design Thinking

Design Thinking ist ein Ansatz, der zum Lösen von Problemen und zur Entwicklung neuer Ideen führen soll. Ziel ist dabei, Lösungen zu finden, die aus Sicht des Kunden überzeugend sind. Design Thinking basiert auf der Annahme, dass Probleme besser gelöst werden können, wenn Menschen unterschiedlicher Disziplinen kreativ zusammenarbeiten und gemeinsam Konzepte entwickeln, die mehrfach geprüft werden.

Disruptive Innovation

Wenn Innovation die Spielregeln auf dem Markt oder im Nutzungsverhalten entscheidend verändert, ist sie disruptiv. Sie wird auch als revolutionäre Innovation bezeichnet und unterscheidet sich von der evolutionären oder inkrementellen Innovation, bei der eine bestehende Technologie oder ein existierendes Produkt verbessert, effizienter oder günstiger wird. Design Thinking gilt als Methode, mit der disruptive Innovationen systematisch hergestellt beziehungsweise zumindest wahrscheinlicher werden können.

Open Innovation

Open Innovation, also offene Innovation, bedeutet, dass der Innovationsprozess von der herkömmlichen geschlossenen Form über die Unternehmensgrenzen hinaus nach außen geöffnet wird. Interne und externe Ideen fließen bei Open Innovation gleichermaßen in die Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle ein. Grundvoraussetzung für die Umsetzung und Nutzung von Open Innovation ist die Bereitschaft, offen für die Ideen anderer zu sein und Wissen mit anderen zu teilen.

instituten finden hier ein exzellentes Umfeld und eine einmalige Kombination aus Büro- und Laborflächen.

Auch Start-ups von außerhalb können sich hier einmieten. Das Innovationszentrum wird voraussichtlich 2019 auf einem rund 5000 Quadratmeter großen Grundstück in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Forschungseinrichtungen auf dem DESY-Campus bezugsfertig sein. —>

NICK SOHNEMANN
Future Candy



ANDREAS RINGWALD
DESY

„WIR LEBEN IN EINER ZEIT, IN DER ERFINDER UND VORDENKER WIEDER SEHR WERTGESCHÄTZT WERDEN“

Am Anfang einer Innovation steht eine Idee – eine, die so gut ist, dass sich daraus etwas Innovatives entwickeln lässt. Aber wie kommt man auf solche Ideen? Und wie zündet man daraus Innovationen? Diese Fragen diskutieren der Physiker Andreas Ringwald, der in der Theoretischen Teilchenphysik die großen Rätsel des Universums erforscht, und der Innovationsberater Nick Sohnemann, der die Agentur Future Candy gegründet hat und Firmen dabei hilft, innovativer zu werden.

femto: Meistens ist es ja nicht so, dass man am Schreibtisch sitzt und plant: Jetzt habe ich eine Idee ...

Andreas Ringwald: Die Ideen kommen eigentlich von alleine. Beispielsweise, wenn ich beim Segeln entspanne und versuche, gar nichts zu denken – dann kommen sie. Man kann ja nicht aufhören zu denken. Ich schreibe die Idee dann immer ins Logbuch. Als Wissenschaftler überlegen wir nicht: Wollen wir innovativ sein? Sondern wir haben Fragen, und denen gehen wir nach.

Nick Sohnemann: So ähnlich ist das bei uns auch. Die Wirtschaft taucht

mittlerweile in eine Art Hyperwettbewerb ab. Innovationsvorteile lassen sich nur noch kurz ernten. Daher ist Innovation ein Dauerthema. Der tiefgreifende digitale Wandel sorgt dafür, dass die neue Zeit unvorhersehbar geworden ist. Das Einzige, was hilft, ist: machen, ausprobieren, schnell Prototypen entwickeln.

Andreas Ringwald: Also gar nicht planen? Innovation wird nicht geplant, sondern geschieht?

Nick Sohnemann: Ganz so auch nicht, aber Planung ist nicht mehr so starr und langwierig wie früher. In dem halben Jahr, in dem ich die Ideen aus

meiner Entwicklungsabteilung analysiere und einige wenige auswähle, passieren schon wieder so viele neue Sachen. Ich muss permanent beobachten, wie der Markt da draußen ist. Was funktioniert für meine Kunden? Und ich muss in meine Unternehmenskultur gucken. Was funktioniert mit meinen Mitarbeitern?

femto: Was ist denn der allererste Schritt zur Innovation?

Nick Sohnemann: Der erste Schritt für uns ist der Kunde. Wir haben die ganzen neuen Methoden aus dem Silicon Valley verinnerlicht – Design Thinking, Lean Startup –, wir haben

diese Prozesse an den deutschen Markt angepasst und daraus unseren Prozess, das Innovation Hacking, entwickelt. Am Anfang steht bei all diesen Methoden immer das Kundenverständnis, also kundenzentriertes Innovieren.

femto: Was bedeutet das?

Nick Sohneemann: Ein bekanntes Beispiel: Niemand will einen Bohrer, alle wollen ein Loch in der Wand. Ich will Lebensmittel haben, aber nicht in den Supermarkt gehen. Ich will zur Arbeit kommen, aber nicht selber fahren. Wie kann mir Technologie dabei helfen? Aus diesem Verständnis heraus denken wir über Dinge nach.

Andreas Ringwald: Ich gehe von den großen Fragen aus, die wir in der Grundlagenforschung haben. Die Physik hat schon bestimmte Lösungsansätze für einzelne Probleme. Ich versuche immer, etwas zu finden, das diese einzelnen Ansätze in einer übergeordneten Theorie verbindet – so dass die Fragen aus einer übergeordneten Perspektive alle zusammenpassen und gelöst werden können.

femto: Also eher Evolution statt Revolution?

Andreas Ringwald: Einen völlig neuen Ansatz sehe ich zurzeit nicht. Viele Puzzleteile zusammenführen, das ist meine Vorgehensweise. Dazu muss man sich in ganz verschiedene Themen einarbeiten, sonst kann man das Puzzle nicht zusammenfügen.

Nick Sohneemann: Das gilt für uns auch. Es gibt immer Gegenentwicklungen zu irgendwelchen Trends – zu Technologie beispielsweise Sinnlichkeit erfahren. Es gibt viele neue

Geschäftsmodelle und Plattformen, die müssen wir im Blick haben. In den 1980er und -90er Jahren haben die Berater den Firmen gesagt: Ihr müsst euer Kerngeschäft machen und Sparten reduzieren. Heute führt die Kerngeschäftslogik dazu, dass viele große Unternehmen schlecht innovieren können, weil sie immer denken: Das hab ich gelernt, diese eine Sache muss ich machen und mich fokussieren.

femto: Und wie schafft man Abhilfe?

Nick Sohneemann: Wir arbeiten wie eine Kreativagentur für Innovationen. Bei uns bestellen die Unternehmen den kulturellen Wandel. Der richtet sich häufig erstmal nach innen. Die Mitarbeiter müssen alle mitgenommen werden bei Strategie und Innovationsprozessen. Wir sehen, dass sich Dinge so schnell verändern, dass Vorhersagen und Planungen ganz schnell auch wieder veraltet sind. Da hilft nur ausprobieren. Die neuen Produkte sind anders als die Old Economy.

Andreas Ringwald: Das hätte ich jetzt nicht erwartet. Wenn ich sonst Innovation höre, klingt das eher nach Planwirtschaft. Als ich in der Physik angefangen habe, hab ich nie geplant, jetzt will ich dieses oder jenes herausfinden. Ich habe gelesen, bin auf Dinge gestoßen, habe etwas gemacht. Meist mache ich Dinge, die kein anderer macht. Ich kann aber nicht planen für die nächsten fünf Jahre, welches Problem ich anpacke.

femto: Hemmt zuviel Planung die Wissenschaft?

Andreas Ringwald: Das kommt auf das Feld an. Natürlich müssen die großen Experimente am LHC mit

tausenden Mitarbeitern planen, aber in der Theoretischen Physik kann das eher kontraproduktiv sein. Ich hatte beispielsweise bei der DFG (Anm.: Deutsche Forschungsgemeinschaft) ein Projekt beantragt, alles war schon geschrieben und genehmigt. Eine Woche später war ich auf eine sehr spannende Sache gestoßen und wollte das Projekt komplett umwidmen. Und das hat geklappt, das fand ich toll. Wir müssen uns nicht immer genau an die Pläne halten, wir müssen aber gut begründen, warum wir abweichen.

Nick Sohneemann: Wahrscheinlich gibt es in der Grundlagenforschung viel mehr Spielraum, auch mal etwas auszuprobieren – Trial and Error –, das führt eher mal zu größeren Durchbrüchen als das schrittchenweise Optimieren der Auftragsforschung.

Andreas Ringwald: Bei der DFG gibt es mittlerweile Gelder für „High Risk, High Gain“-Experimente.

femto: Ist Innovation ein Thema, das unsere Gesellschaft insgesamt zukunftsfähiger machen kann?

Nick Sohneemann: Ja, auf jeden Fall! Wir leben in einer Zeit, in der Erfinder und Vordenker wieder sehr wertgeschätzt werden. Durch die Digitalisierung wird vieles neu gebaut. Wir können eigentlich mitbauen. Aber in Deutschland gibt es wenige von diesen visionären Typen, und es gibt kaum Early Adopters, also Leute, die die neuesten Produkte kaufen und ausprobieren. Die gibt es eher im Silicon Valley. Aber wir Deutschen sind pragmatisch, wir sind so etwas wie die Good Second Movers, irgendwann springen wir auf und dann starten wir durch!

Erstes Laserlicht im European XFEL, aufgezeichnet vom Röntgendetektor am Ende des Tunnels



Erstes Laserlicht

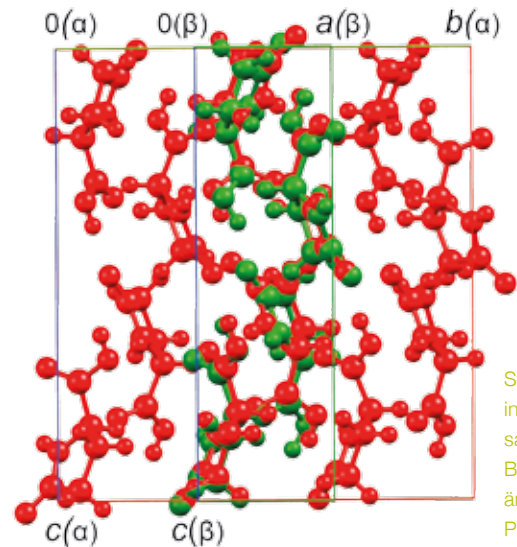
Der europäische Röntgenlaser European XFEL hat sein erstes Laserlicht erzeugt. Anfang Mai gelang dem Betriebsteam das sogenannte First Lasing. Der European XFEL lieferte dabei einen Röntgenblitz pro Sekunde, später sollen es einmal 27 000 sein.

„Der europäische Röntgenlaser ist zum Leben erweckt worden“, sagte der Vorsitzende des DESY-Direktoriums, Helmut Dosch. „Mit dem ersten Laserlicht aus dem modernsten und leistungsstärksten Linearbeschleuniger der Welt beginnt in Europa eine neue Ära der Forschung.“

Das Röntgenlicht erlaubt Forschern einzigartige Einblicke in den Nanokosmos, um beispielsweise die atomgenaue Struktur von Proteinen zu entschlüsseln oder chemische Reaktionen in atomarer Superzeitlupe zu filmen. Seit dem offiziellen Start der Betriebsphase Anfang Juli sind nun erste Experimente an Europas neuem Röntgenlaser möglich.

Der European XFEL erzeugt seine intensiven Röntgenblitze mit Hilfe energiereicher Elektronen aus einem supraleitenden Teilchenbeschleuniger, den ein Konsortium aus 17 Forschungseinrichtungen unter der Führung von DESY in den vergangenen sieben Jahren gebaut hat. Der insgesamt 3,4 Kilometer lange Röntgenlaser verläuft vom DESY-Gelände in Hamburg bis ins benachbarte Schenefeld in Schleswig-Holstein. DESY ist Hauptgesellschafter des European XFEL, an dem sich elf internationale Partner beteiligen.

Bild: DESY



Strukturänderung in einem thermosensiblen Kristall: Beim Erhitzen ändert sich die Position der Atome von rot zu grün.

Springende Kristalle

Thermosensible Kristalle faszinieren Wissenschaftler schon länger: Auf einer Heizplatte springen die unscheinbaren Kristalle plötzlich von selbst um ein Vielfaches ihrer Länge in die Höhe. Für die abrupte Bewegung ist eine Änderung der Struktur der Kristalle verantwortlich. Weil die Veränderung so schnell passiert, kann man sie nur schwer genauer untersuchen. Ein internationales Forscherteam um Panče Naumov von der New York University Abu Dhabi in den Vereinigten Arabischen Emiraten hat jetzt mit einem neuen Verfahren entdeckt, dass die Kristalle kurz vor der Strukturänderung eine Schallwelle ausstoßen, durch deren Untersuchung die Wissenschaftler mehr über den Phasenübergang herausfinden konnten. Zusätzlich haben sie bei DESY die Veränderung der Kristallstruktur genauestens untersucht.

Dem Phasenübergang und der folgenden Bewegung der Kristalle liegt ein spannender Prozess zugrunde: Thermische Energie, also Wärme, wird in mechanische Bewegungsenergie umgewandelt. Diese Energiekonversion in den Kristallen könnte für verschiedene Anwendungsfelder interessant sein. „Solche Materialien könnten später vielleicht für Temperatursensoren verwendet werden. Der Phasenübergang findet ja immer bei einer ganz bestimmten Temperatur statt, bei der der Sensor dann sozusagen umspringt“, erklärt DESY-Forscher Martin Etter. „Eine weitere vorstellbare Anwendung liegt in der Umwandlung von Wärme in Strom. Davon sind wir aber noch weit entfernt.“

Angewandte Chemie, 2017;
DOI: 10.1002/ange.201702359

Neues Zentrum für Infektionsforschung

Das neue interdisziplinäre Infektionsforschungszentrum Centre for Structural Systems Biology (CSSB) auf dem DESY-Campus ist offiziell eröffnet. „Die Einweihung des CSSB ist ein Meilenstein in der interdisziplinären Erforschung von Infektionen und Resistenzen“, sagte Olaf Scholz, Erster Bürgermeister der Freien und Hansestadt Hamburg. „Hier haben die Forscherinnen und Forscher Zugriff auf europaweit einmalige Licht- und Röntgenstrahlungsquellen und so die Möglichkeit, Strukturbiologie, Infektionsbiologie und Systembiologie miteinander zu verbinden. Damit entsteht in Hamburg ein neuartiger Forschungsschwerpunkt, der die komplexen Prozesse und Wechselwirkungen zwischen Krankheitserregern und ihren Wirten in den Fokus rückt.“



Bild: CSSB; Tina Mavric

Feierliche Schlüsselübergabe: Schleswig-Holsteins Wissenschaftsstaatssekretär Oliver Grundel, DESY-Direktor Helmut Dosch, Ministerialdirektorin Bärbel Brumme-Bothe aus dem Bundesforschungsministerium, der Wissenschaftliche Direktor des CSSB, Matthias Wilmanns, Niedersachsens Wissenschaftsministerin Gabriele Heinen-Kljajić und Hamburgs Erster Bürgermeister Olaf Scholz (v.l.n.r.)

Das neue CSSB-Gebäude bietet Wissenschaftlern auch den direkten Zugang zu DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III und dem Freie-Elektronen-Laser European XFEL. Im Untergeschoss des Gebäudes werden fünf Kryo-Elektronenmikroskope installiert, mit denen CSSB-Wissenschaftler Krankheitserreger auf verschiedenen Skalen der Auflösung und Komplexität sichtbar machen können.

Finanziert wurde das neue Gebäude von der Bundesrepublik Deutschland, der Freien und Hansestadt Hamburg und den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein.

Tuberkulose-Infektion

Ein internationales Team von Wissenschaftlern hat einen wichtigen Schritt zum Verständnis des Ablaufs einer Tuberkulose-Infektion geschafft. Sie enträtselten die molekulare Struktur eines Membrankanals, der eine wichtige Rolle bei der Infektion spielt. Das Team, dem auch Wissenschaftler der Hamburger Niederlassung des Europäischen Molekularbiologie-Laboratoriums EMBL und des neuen Strukturbiologiezentrums CSSB auf dem Hamburger DESY-Campus angehören, präsentiert die erste molekulare Struktur eines sogenannten Typ-7-Sekretionssystems, das bei Mykobakterien wie dem Tuberkulose-Erreger *Mycobacterium tuberculosis* vorkommt.

„Diese Ergebnisse sind ein großer Schritt vorwärts in unserem Verständnis davon, wie einige der tödlichsten Krankheitserreger wie *Mycobacterium tuberculosis* funktionieren“, sagt der Leiter der Hamburger EMBL-Niederlassung und Wissenschaftliche Direktor des CSSB, Matthias Wilmanns. „Unser Ziel ist, auf dieser Basis Sekretion als Mechanismus zu untersuchen, über den Mykobakterien den menschlichen Wirt infizieren und mit ihm interagieren.“ Neue Wirkstoffe gegen Tuberkulose werden dringend



Bild: Thomas Marlovits/IMP, Kulcsar, IMP Wien

Tuberkulose-Erreger benötigen ein aktives Typ-7-Sekretionssystem, das in vielen Mykobakterien vorkommt

gebraucht, da die auslösenden Bakterien immer häufiger widerstandsfähig gegen Antibiotika sind.

Die Gruppe von Thomas Marlovits am Wiener Forschungsinstitut für Molekulare Pathologie (IMP) konnte mit Hilfe elektronenmikroskopischer Untersuchungen zeigen, dass vier Proteintypen das Typ-7-Sekretionssystem aufbauen und einen sechsteiligen Ring um eine zentrale Pore bilden. Das System besitzt außerdem flexible molekulare „Arme“, die ins Innere der Bakterienzelle reichen und jene Moleküle greifen, die transportiert werden sollen.

Nature Microbiology, 2017; DOI: 10.1038/nmicrobiol.2017.47

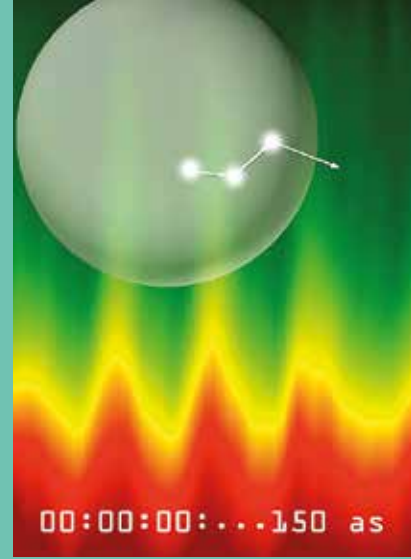
Wirbel im Atomverbund

Elektronen in nichtleitenden Materialien könnte man Trägheit nachsagen. In der Regel bleiben sie an ihren Plätzen, tief im Inneren eines solchen Atomverbunds. Es herrscht also relative Ruhe im dielektrischen Kristallgitter. Dieses Idyll hat nun ein Forscherteam erheblich durcheinander gewirbelt und schaffte es damit zum ersten Mal, die Wechselwirkung zwischen Licht und Elektronen in einem Dielektrikum, also einem nichtleitenden Material, auf Zeitskalen von Attosekunden (Milliardstel von milliardstel Sekunden) zu verfolgen.

Die Forscher schickten auf ein rund 50 Nanometer dickes Glasteilchen Lichtblitze, die nur wenige hundert Attosekunden dauerten und Elektronen in dem Glas frei-

setzten. Gleichzeitig strahlten die Forscher ein intensives Lichtfeld auf die Glasteilchen, das die freigesetzten Elektronen in Schwingungen versetzte. Die Folge: Die Elektronen stoßen mit den Atomen aus dem Glas zusammen. „Bei einem elastischen Stoß bleibt wie beim Billard die Energie des Elektrons erhalten, nur die Richtung kann sich ändern. Bei einem inelastischen Stoß werden die Atome angeregt, und ein Teil der Energie der Elektronen geht verloren. Für das Experiment bedeutete dies einen Rückgang des Elektronensignals, den wir messen konnten“, beschreibt Francesca Calegari (CNR-IFN Mailand und CFEL-DESY sowie Universität Hamburg) die Experimente.

Die Erkenntnisse der Forscher könnten nun medizinischen



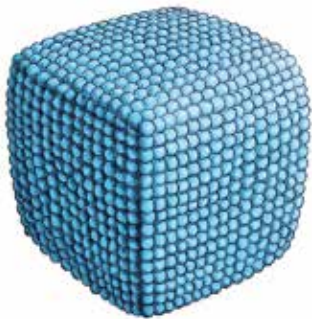
150 Attosekunden benötigten die Elektronen, um nach der Anregung mit UV-Licht das Dielektrikum zu verlassen.

Anwendungen zu Gute kommen. Denn mit diesen weltweit ersten Ultrakurzzeit-Beobachtungen von Elektronenbewegungen in einem nichtleitenden Material haben die Forscher wichtige Erkenntnisse über die Wirkung von Strahlung in einem Körper erlangt, der dem menschlichen Gewebe in seinen dielektrischen Eigenschaften ähnlich ist.

Nature Physics, 2017; DOI: 10.1038/nphys4129

Bild: CNR-IFN/CFEL-DESY/Universität Hamburg, Francesca Calegari

Vesikel-Origami



Künstlerische Darstellung eines Phospholipid-Würfels. Die Moleküle sind so eng gepackt, dass sich die Membranen kaum krümmen. Dadurch entsteht die Würfelform.

Zum ersten Mal haben Wissenschaftler ein phosphorhaltiges Fettmolekül beobachtet, das von selbst Würfel bildet. Untersuchungen an dem sogenannten Phospholipid, die unter anderem bei DESY durchgeführt wurden, zeigten, dass spezielle Bindungen in dem synthetischen Molekül für die besondere Form verantwortlich sind. Phospholipide spielen eine wichtige Rolle im Organismus und bilden unter anderem die Zellmembranen im Körper. Das Ergebnis verbessert daher das Verständnis der Kräfte, die in Biomembranen wirken, und könnte neue Möglichkeiten in der Medizin eröffnen, wie die Forscher um Andreas Zumbühl von der Universität Fribourg in der Schweiz berichten.

Durch die besondere Struktur könnte das Phospholipid beispielsweise interessant sein für den zielgerichteten Transport von

Medikamenten zu bestimmten Stellen im Körper. „Die Kanten des Würfels werden nur durch die äußere Molekülschicht gebildet, die innere Schicht hat hier eine Lücke. Dort besteht also sozusagen eine Sollbruchstelle, die beispielsweise durch Schütteln geöffnet werden kann“, erklärt Zumbühl. Dadurch kann ein vorher im Würfel eingeschlossenes Medikament gezielt freigesetzt werden. „Man könnte beispielsweise ein Medikament einschließen, das Blutgerinnsel auflöst, um es als Soforthilfe nach einem Herzinfarkt zu verwenden. In einer verschlossenen Arterie würden hohe Scherkräfte auf die Würfel wirken, wodurch das Medikament genau dort freigesetzt wird und helfen kann“, sagt Zumbühl. Für eine solche Anwendung ist der jetzt untersuchte Würfel allerdings noch nicht geeignet, er ist zu fragil.

Angewandte Chemie, 2017; DOI: 10.1002/ange.201701634

Das Röntgenbild der neuartigen Düse während des Betriebs zeigt den inneren Proteinstrom, der von Ethanol umschlossen ist.

Bild: DESY, Dominik Oberthür

Spardüse

Eine neuartige Injektionsdüse reduziert den Verbrauch wertvoller Proteinkristalle in der Kristallographie und erweitert das Spektrum dieser weit verbreiteten Analyseverfahren. Durch das innovative Konzept kommt die serielle Röntgenkristallographie, mit der sich die räumliche Struktur von Proteinen atomgenau bestimmen lässt, mit bis zu acht Mal weniger Kristallen aus, wie die Entwickler um DESY-Wissenschaftlerin Saša Bajt vom Center for Free-Electron Laser Science (CFEL) berichten.

Biologen interessieren sich für die räumliche Struktur von Proteinen, weil sie viel über die genaue Funktionsweise dieser Biomoleküle verrät. Die Röntgenkristallographie ist das mit Abstand wichtigste Werkzeug für derartige Untersuchungen. Dafür wird aus den zu untersuchenden Proteinen ein kleiner Kristall gezüchtet und mit Röntgenstrahlung beleuchtet. „Proteinkristalle zu züchten, ist kompliziert, oft lassen sich nur wenige millionstel Gramm und extrem winzige Kristalle produzieren“, erläutert Dominik Oberthür von DESY, Hauptautor der wissenschaftlichen Veröffentlichung. Mit den extrem hellen Blitzen sogenannter Freie-Elektronen-Röntgenlaser (XFEL) lassen sich selbst solche winzigen Kristalle noch analysieren. Dazu sprüht man einen beständigen Strahl von Mikrokristallen durch den gepulsten Laser. Doch auch die lassen sich nur schwer züchten. Bajts Team hat daher das neue Konzept einer sogenannten Double-Flow Focusing Nozzle (DFFN) entwickelt, also einer doppelt flüssigkeitsfokussierenden Düse, die den Verbrauch der Proteinkristalle deutlich reduziert.

Scientific Reports, 2017; DOI: 10.1038/srep44628

femto menal

PROGRESS
20%

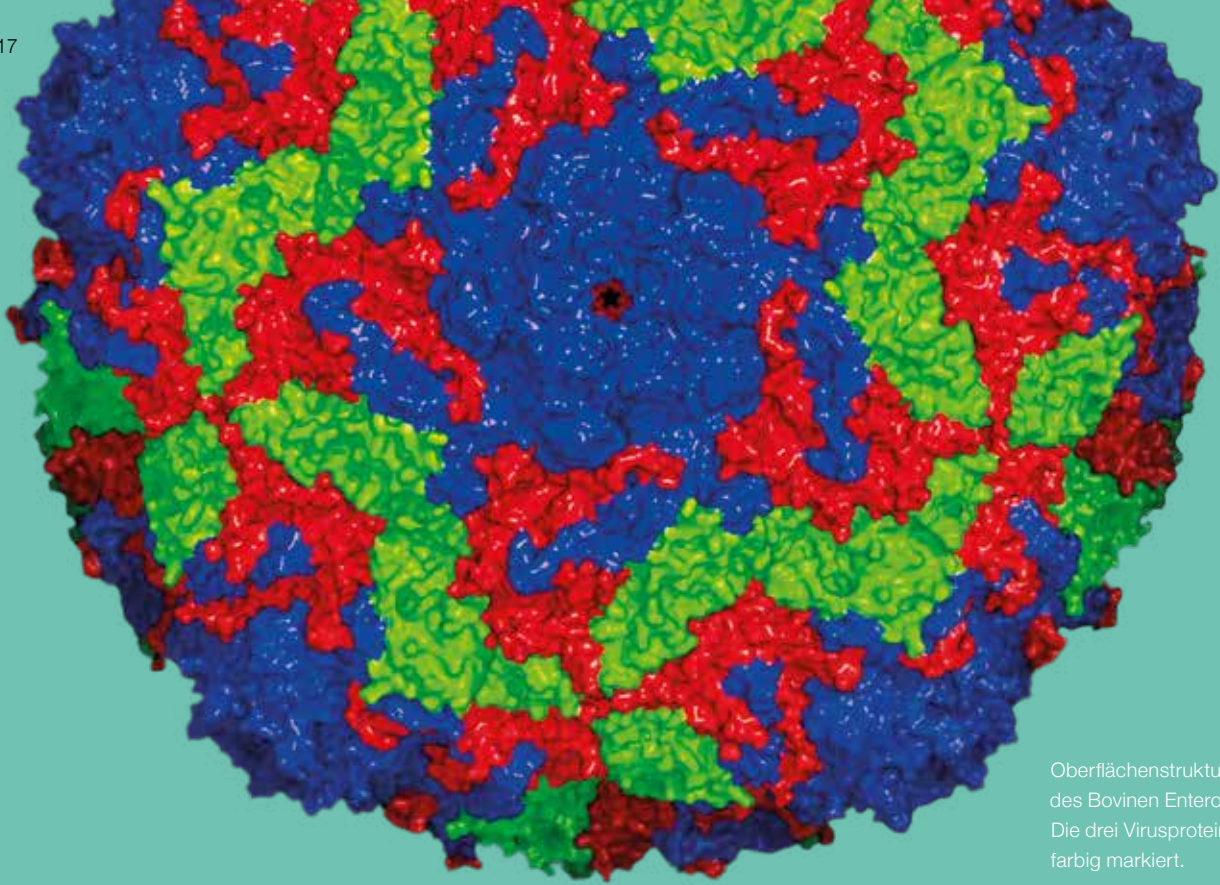
Bild: BioXFEL, Fiacre Kabayiza

Die räumliche Struktur von

118 814

Biomoleküle haben Forscher bislang mit Hilfe von Röntgenstrahlung entschlüsselt. Darunter sind viele lebenswichtige Proteine, die auch Ansatzpunkte für neue Medikamente bieten. Wie die dabei verwendete Technik der Röntgenkristallographie funktioniert, lässt sich auch auf dem Smartphone erkunden: Mit der kostenlosen App „XFEL Crystal Blaster“ (für iPhone, Android, Mac und PC) des US-Forschungskonsortiums BioXFEL lässt sich per Röntgenlaser auf Kristalle aus Biomolekülen wie dem Sehpurpur Rhodopsin schießen und so dessen Struktur bestimmen. Bei einem Treffer erscheinen jeweils die Röntgenstreubilder. Sind genug beisammen, wird die Struktur aufgelöst und das Protein erklärt.

<https://www.bioxfel.org/knowledge-transfer/234-xfel-educational-game>



Oberflächenstruktur des Bovinen Enterovirus 2. Die drei Virusproteine sind farbig markiert.

Virus im Röntgenlaser

Neue Methode ermöglicht atomgenaue Analyse

Ein internationales Forscherteam hat erstmals mit einem Röntgenlaser die atomgenaue Struktur eines intakten Viruspartikels entschlüsselt. Die verwendete innovative Methode reduziert die für die Analyse nötige Menge an Virusmaterial drastisch und beschleunigt die Untersuchung um ein Vielfaches.

In der Strukturbiologie untersuchen Forscher die räumliche Struktur von Biomolekülen, um daraus deren Funktionsweise zu entschlüsseln. Dieses Wissen nützt dem Verständnis grundlegender biologischer Vorgänge im Organismus, wie beispielsweise des Transports von Material in die und aus der Zelle, und kann auch zur Entwicklung neuer Medikamente beitragen: „Die Kenntnis der dreidimensionalen Struktur eines Proteins gibt einzigartige Einblicke in seine biologische

Funktion“, erläutert David Stuart, Life-Science-Direktor am britischen Synchrotron Diamond Light Source und Professor an der Universität Oxford, der an der Studie beteiligt war. „Wenn wir beispielsweise die Struktur eines Proteins kennen, mit dem sich das Virus an eine Zelle ‚anhakt‘, versetzt uns das möglicherweise in die Lage, einen Schutz für die Zelle zu entwickeln, so dass das Virus unfähig ist, sie anzugreifen.“

Die bei Weitem ergiebigste Methode der Strukturbiologie ist die Röntgenkristallographie, mit der bereits tausende Strukturen von Biomolekülen bestimmt worden sind. Hierbei werden kleine Kristalle aus den zu untersuchenden Proteinen gezüchtet und mit hochenergetischem Röntgenlicht beleuchtet. Die Kristalle streuen die Röntgenstrahlung auf charakteristische Weise, so dass sich aus den entstehenden

Beugungsmustern die räumliche Struktur des Kristalls – und somit seiner Bestandteile – atomgenau berechnen lässt. Allerdings sind Proteinkristalle nicht so stabil und unempfindlich wie beispielsweise Salzkristalle. Sie sind schwer zu züchten, bleiben oft winzig klein und werden schnell von der energiereichen Röntgenstrahlung beschädigt.

„Röntgenlaser haben einen neuen Zugang zur Protein-Kristallographie ermöglicht, weil sich mit ihren extrem intensiven Blitzen auch noch winzigste Kristalle analysieren lassen, die an anderen Röntgenlichtquellen kein ausreichend helles Streubild erzeugen“, betont Armin Wagner von der Diamond Light Source. Jeder dieser Mikrokristalle kann allerdings nur ein einziges Streubild liefern, weil er danach im Röntgenlaserblitz verdampft. Für eine Strukturanalyse sind in der

Regel aber hunderte bis tausende Streubilder nötig. Daher schießen Forscher bei derartigen Untersuchungen in der Regel einen feinen Flüssigkeitsstrahl mit Proteinkristallen durch den gepulsten Laser, der in schneller Folge ultrakurze Röntgenblitze abfeuert. Jedes Mal, wenn ein Röntgenblitz zufällig einen Mikrokristall trifft, entsteht ein Streubild und wird aufgezeichnet.

Das Problem bei dieser grundsätzlich sehr erfolgreichen Methode, mit der bereits die Strukturen von mehr als 80 Biomolekülen entschlüsselt worden sind: „Die Trefferquote liegt typischerweise bei unter einem Prozent der Röntgenblitze, womit die meisten der kostbaren



Bild: Roland Magunia

„Unser Ansatz reduziert nicht nur den Bedarf an Messzeit und Probenmenge drastisch, er eröffnet auch die Möglichkeit, Viren mit Röntgenlasern zu analysieren“

Alke Meents, DESY/CFEL

Mikrokristalle ungenutzt im Auffangbehälter landen“, sagt DESY-Forscher Alke Meents vom Hamburger Center for Free-Electron Laser Science (CFEL), einer Kooperation von DESY, Universität Hamburg und Max-Planck-Gesellschaft. Die bisher angewandten Methoden benötigen daher typischerweise mehrere Stunden Messzeit und deutlich mehr Probenmaterial, um die Struktur zu entschlüsseln.

Um kostbare Messzeit und Probenmaterial effizienter einzusetzen, hat das Team um DESY-Physiker

Meents ein neues Verfahren entwickelt: Die Wissenschaftler verwenden einen mikrostrukturierten Chip mit tausenden winzig kleiner Poren, auf die sich die Proteinkristalle verteilen. Der Chip wird mit dem Röntgenlaser dann so abgerastert, dass im Idealfall mit jedem Schuss des Lasers ein Streubild aufgenommen wird.

Die Forscher testeten ihre Methode mit zwei unterschiedlichen Viren am Röntgenlaser LCLS des US-Forschungszentrums SLAC, der 120 Röntgenblitze pro Sekunde liefert. Sie beluden ihren Probenhalter mit einer kleinen Menge an Mikrokristallen des Bovinen Enterovirus 2 (BEV2), das Fehl- und Totgeburten sowie Unfruchtbarkeit bei Rindern auslösen kann und schwer zu kristallisieren ist. Bei der Untersuchung erzielten die Wissenschaftler eine Trefferquote von bis zu neun Prozent. In nur 14 Minuten sammelten sie so genug Daten, um die – bereits aus Untersuchungen an konventionellen Röntgenlichtquellen

bekannte – Struktur des Virus mit einer Detailgenauigkeit von 0,23 Nanometern (millionstel Millimetern) zu bestimmen.

„Unseres Wissens ist dies die erste atomgenaue Struktur eines

intakten Viruspartikels, die an einem Röntgenlaser bestimmt werden konnte“, betont Meents. „Während frühere Untersuchungen an anderen Röntgenlichtquellen Kristalle mit einem Gesamtvolumen von 3,5 Nanolitern benötigt haben, sind wir mit sehr viel kleineren Kristallen mit einem Gesamtvolumen von 228 Pikolitern ausgekommen. Das ist über zehn Mal weniger.“

Die Untersuchung der Viruskristalle erfolgte dabei bei Raumtemperatur. Eine Tiefkühlung, welche in der Röntgenkristallogra-

phie normalerweise eingesetzt wird, um Strahlenschäden an den Proteinkristallen zu verringern, ist für die hochempfindlichen Kristalle von Viren oft nicht möglich. Kristalle, die aus einzelnen Virusproteinen bestehen, sind hingegen robuster und können sich gut kühlen lassen. In einem zweiten Test untersuchte das Forscherteam um Meents daher das Virusprotein Polyhedrin, das als Grundbaustein für einen porösen Container dient, in dem sich bis zu mehrere tausend Viruspartikel verschansen können. Die Viren nutzen diese Container als Schutz vor externen Umwelteinflüssen und sind somit in der Lage, auch bei widrigen Bedingungen über längere Zeit intakt zu bleiben. »

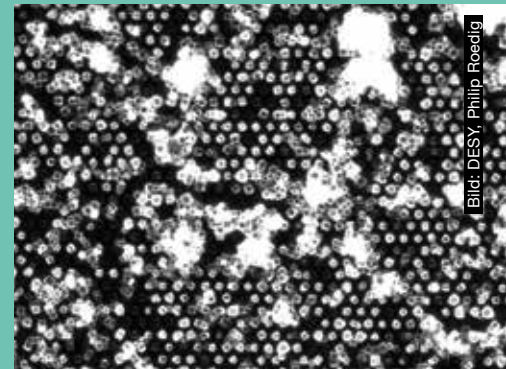


Bild: DESY, Philip Roedig

Mikroskopaufnahme des mikrostrukturierten Probenträgers, beladen mit Kristallen für die Untersuchung. Jedes Viereck ist ein winziger Kristall.

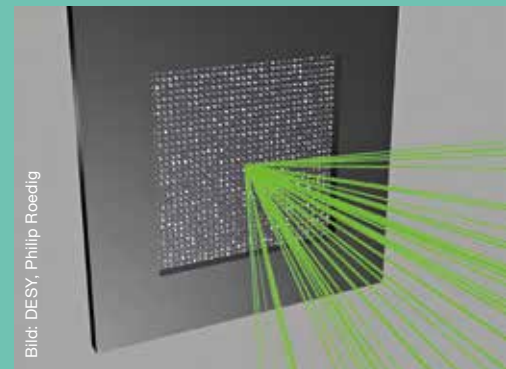


Bild: DESY, Philip Roedig

Darstellung des Untersuchungsprinzips: Der mit Nanokristallen beladene Chip wird vom Röntgenstrahl (grün) Pore für Pore abgerastert. Jeder Kristall erzeugt ein Streubild.

Die Wissenschaftler beluden ihren Chip mit Polyhedrin-Kristallen und untersuchten sie mit dem Röntgenlaser, während der Chip bei Temperaturen unter minus 180 Grad Celsius gehalten wurde. Bei dieser Untersuchung erreichten die Forscher eine Trefferquote von bis zu 90 Prozent. In nur zehn Minuten hatten sie mehr als genug Streubilder des Polyhedrins aufgezeichnet, um die Proteinstruktur auf 0,24 Nanometer genau bestimmen zu können. „Für die Polyhedrin-Struktur haben wir nur einen einzigen Chip abscannen müssen, der mit vier Mikrogramm Proteinkristallen beladen war. Das ist Größenordnungen unter der üblicherweise benötigten Menge“, erläutert Meents.

„Unser Ansatz reduziert nicht nur den Bedarf an Messzeit und Probenmenge drastisch, er eröffnet auch die Möglichkeit, Viren mit Röntgenlasern zu analysieren“, fasst Meents zusammen. In einem nächsten Schritt planen die Wissenschaftler, die Kapazität ihres Chips von 22 500 auf rund 200 000 Mikroporen fast zu verzehnfachen und die Scangeschwindigkeit auf bis zu tausend Proben pro Sekunde weiter zu erhöhen. Dies würde es erlauben, die Möglichkeiten des europäischen Röntgenlasers European XFEL besser zu nutzen, der zurzeit in der Region Hamburg in Betrieb geht und bis zu 27 000 Röntgenblitze pro Sekunde erzeugen soll. Außerdem soll bei der nächsten Generation des Chips jeweils nur diejenige Mikropore freiliegen, die gerade untersucht wird, um die übrigen Kristalle vor Schäden durch Streustrahlung des Röntgenlasers zu schützen.

Nature Methods, 2017;

DOI: 10.1038/nmeth.4335

Superharte Fenster aus transparenter Keramik

Ein japanisch-deutsches Forscherteam hat bei DESY ein superhartes Fenster aus einer weit verbreiteten Industriekeramik hergestellt. Es ist das erste durchsichtige Werkstück aus Siliziumnitrid. Solche Fenster könnten unter extremen Bedingungen verwendet werden, wie sie etwa in Motoren herrschen. Das verwendete kubische Siliziumnitrid bildet sich unter hohem Druck und ist die zweithärteste Nanokeramik nach Diamant, kann aber wesentlich höheren Temperaturen standhalten.

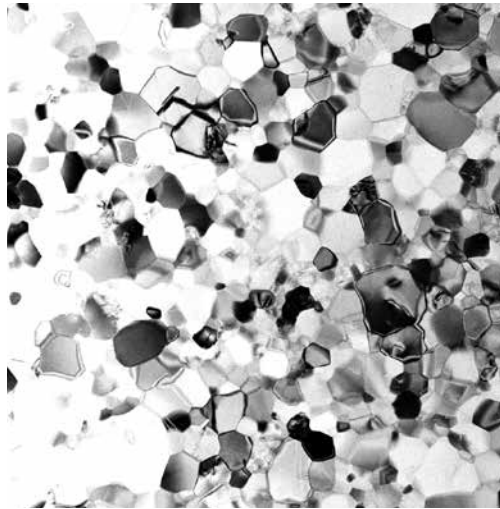
„Siliziumnitrid ist eine sehr beliebte Keramik in der Industrie“, erläutert DESY-Forschungsleiter Norimasa Nishiyama, der inzwischen außerordentlicher Professor am Tokyo Institute of Technology ist. „Es wird vor allem für Kugellager, Schneidwerkzeuge und Motorteile in der Auto- und Flugzeugindustrie verwendet.“ Der keramische Werkstoff ist extrem stabil, da die Silizium-Stickstoff-Bindung sehr stark ist. Unter Normalbedingungen besitzt Siliziumnitrid eine hexagonale Kristallstruktur, und gesinterte Werkstücke aus diesem Material sind nicht durchsichtig. Sintern bezeichnet das Heißpressen eines pulverförmigen Ausgangsmaterials zu makroskopischen Werkstücken und ist eine weit verbreitete Technik zur Herstellung einer großen Produktpalette, von reibungsarmen keramischen Lagern bis hin zu Zahnersatz.

Bei einem Druck von mehr als 13 Gigapascal (GPa), das entspricht dem 130 000-fachen Atmosphärendruck, verändert sich die Kristallstruktur von Siliziumnitrid zu einer kubischen Symmetrie. „Die kubische Variante von Siliziumnitrid ist erstmals 1999 von einer Forschergruppe an der TU Darmstadt erzeugt worden, aber das Wissen über dieses Material ist noch sehr begrenzt“, sagt Nishiyama. Sein Team nutzte eine Hochdruckpresse bei DESY, um hexagonales Siliziumnitrid hohem Druck und hohen Temperaturen auszusetzen. Bei 15,6 Gigapascal, also rund dem 156 000-fachen Atmosphärendruck, und 1800 Grad Celsius entstand ein durchsichtiges Stück kubisches Siliziumnitrid mit einem Durchmesser von ungefähr zwei Millimetern. „Es handelt sich um die erste transparente Probe dieses Materials“, betont Nishiyama.

Die Analyse der Kristallstruktur an DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III zeigte, dass sich das anfangs hexagonale Siliziumnitrid vollständig in die kubische Form umgewandelt hatte. „Die Transformation gleicht der von Kohlenstoff, der ebenfalls eine hexagonale Struktur bei Normalbedingungen besitzt und sich unter Hochdruck in eine kubische Variante namens Diamant umwandelt“, erläutert Nishiyama. „Allerdings hängt die Transparenz von Siliziumnitrid stark von den Korngrenzen ab. Die Undurchsich-

tigkeit entsteht durch Lücken und Poren zwischen den einzelnen Körnchen.“

Untersuchungen mit einem Transmissions-Rasterelektronenmikroskop an der Universität Tokio zeigten, dass die Hochdruckprobe des Materials nur sehr dünne Korngrenzen besitzt. „Außerdem verteilen sich in der Hochdruckphase Sauerstoffverunreinigungen in dem gesamten Material und sammeln sich nicht wie unter Normalbedingungen an den Korngrenzen. Das ist entscheidend für die Transparenz“,



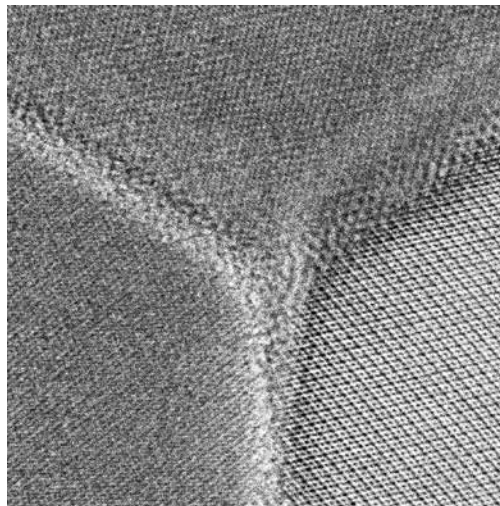
Transmissionselektronenmikroskopaufnahme von kubischem Siliziumnitrid. Die Korngröße beträgt rund 150 Nanometer (millionstel Millimeter).

„Kubisches Siliziumnitrid ist die dritthärteste Keramik, die wir kennen, nach Diamant und kubischem Bornitrid“

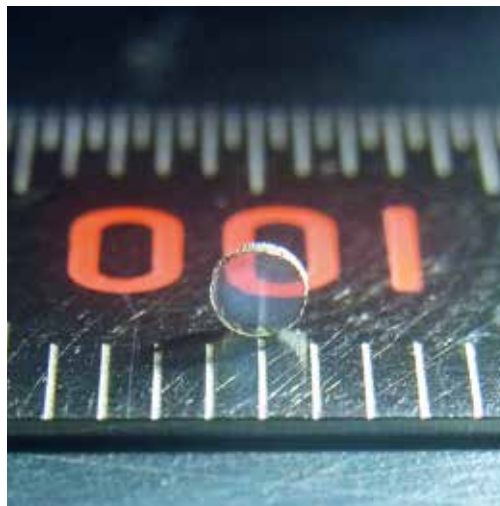
Norimasa Nishiyama, DESY/Tokyo Tech

sagt Nishiyama. Die Wissenschaftler sehen verschiedene industrielle Anwendungen für ihre superharten Fenster. „Kubisches Siliziumnitrid ist die dritthärteste Keramik, die wir kennen, nach Diamant und kubischem Bornitrid“, erläutert Nishiyama. „Borverbindungen sind jedoch nicht transparent, und Diamant ist an der Luft nur bis etwa 750 Grad Celsius stabil. Kubisches Siliziumnitrid dagegen ist transparent und bis 1400 Grad Celsius stabil.“

Wegen des zur Herstellung nötigen hohen Drucks ist die Fenstergröße allerdings aus praktischen Gründen begrenzt. „Das Rohmaterial ist billig, aber für die Produktion transparenter Werkstücke benötigen wir etwa doppelt so viel Druck wie für künstlichen Diamant“, sagt Nishiyama. „Es ist relativ einfach, Fenster mit einem Durchmesser von einem bis fünf Millimeter herzustellen. Aber alles über einem Zentimeter wird schwer zu erreichen sein.“

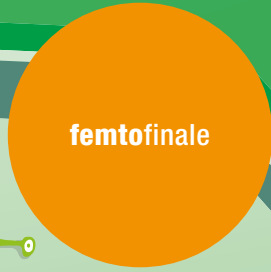


Das erzeugte polykristalline kubische Siliziumnitrid besitzt nur sehr dünne Korngrenzen von weniger als einem Nanometer, wie diese Transmissionselektronenmikroskopaufnahme einer Dreifachgrenze mit atomarer Auflösung zeigt.



Ein etwa zwei Millimeter großes Fenster aus durchsichtigem kubischem Siliziumnitrid, produziert bei DESY

TEILCHENZOO

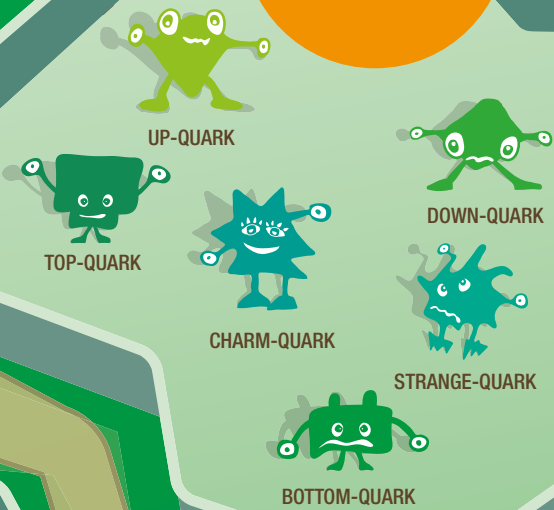


WILLKOMMEN IM TEILCHENZOO

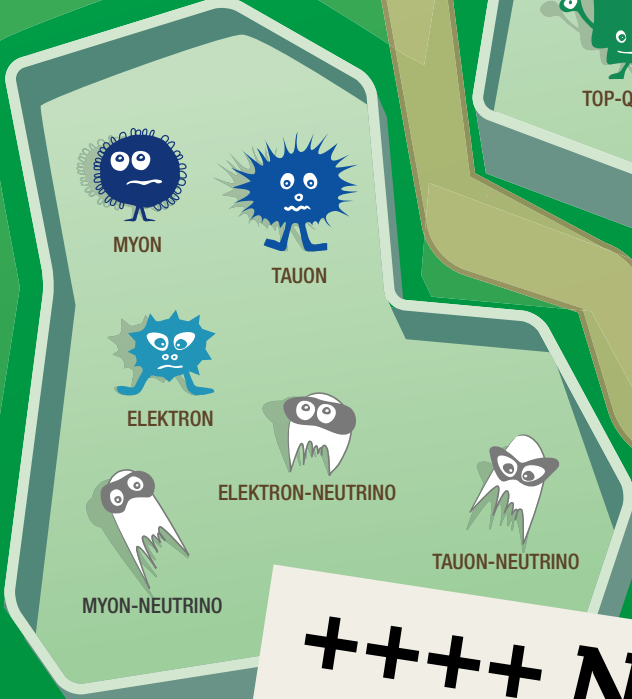
Hier sehen Sie die kleinsten Bausteine der Welt. Teilchen, aus denen die Materie aufgebaut ist, und Kraftteilchen, die Wechselwirkungen zwischen den Materieteilchen vermitteln.

Wir selbst und unsere Umwelt bestehen aus drei verschiedenen Teilchen: Up-Quarks, Down-Quarks und Elektronen. Eine besondere Besucherattraktion ist das Higgs-Teilchen, das erst 2012 am LHC entdeckt wurde und den anderen Teilchen ihre Masse verleiht.

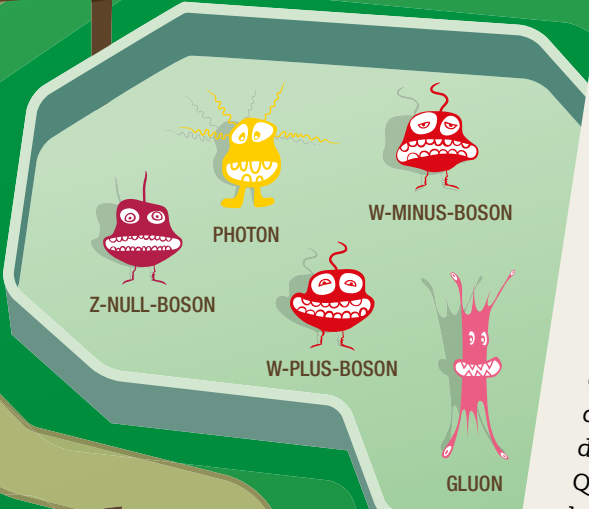
QUARKS



LEPTONEN



KRAFTTEILCHEN



HIGGS-TEILCHEN



++++ NEWS +++++

NEUES TEILCHEN ENTDECKT!

Forscher haben am leistungsstärksten Teilchenbeschleuniger der Welt, dem Large Hadron Collider (LHC), ein neues Teilchen entdeckt. Es besteht aus zwei Charm-Quarks und einem Up-Quark und hat den nicht ganz eingängigen Namen Ξ_{cc}^{++} (das Ξ ist der griechische Buchstabe Xi). Im LHC werden Protonen auf extrem hohe Energien beschleunigt. Prallen sie zusammen, entstehen verschiedenste Teilchen, darunter auch bislang unentdeckte wie Ξ_{cc}^{++} , das allerdings

schon nach Sekundenbruchteilen wieder zerfällt. Das neu entdeckte Teilchen ist das erste, das aus zwei schweren und einem leichten Quark besteht. „In unserem täglichen Leben spielt das keine Rolle“, erläutert DESY-Forscher Wilfried Buchmüller, der Theoretische Elementarteilchenphysik an der Universität Hamburg lehrt. „Es ist ein weiteres Puzzleteil, das dazu beiträgt, die bisherigen Modelle und Theorien der Teilchenphysik zu verbessern.“

Impressum

femto wird herausgegeben vom
Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY,
einem Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft

Redaktionsanschrift

Notkestraße 85, D-22607 Hamburg
Tel.: +49 40 8998-3613, Fax: +49 40 8998-4307
E-Mail: femto@desy.de
Internet: www.desy.de/femto
ISSN 2199-5184

Redaktion

Till Mundzeck (v.i.S.d.P.), Ute Wilhelmsen

An dieser Ausgabe haben mitgewirkt

Nikolai Promies

Gestaltung und Produktion

gutentag Hamburg

Bildbearbeitung und Herstellung

EHS, Hamburg

Redaktionsschluss

August 2017

femto

Das DESY-Forschungsmagazin

Abonnieren Sie
femto kostenlos!

www.desy.de/femto oder 040 8998-3613



Das Forschungszentrum DESY

DESY zählt zu den weltweit führenden Beschleunigerzentren. Mit den DESY-Großgeräten erkunden Forscher den Mikrokosmos in seiner ganzen Vielfalt – vom Wechselspiel kleinster Elementarteilchen über das Verhalten neuartiger Nanowerkstoffe bis hin zu jenen lebenswichtigen Prozessen, die zwischen Biomolekülen ablaufen. Die Beschleuniger und die Nachweisinstrumente, die DESY an seinen Standorten in Hamburg und Zeuthen entwickelt und baut, sind einzigartige Werkzeuge für die Forschung: Sie erzeugen das stärkste Röntgenlicht der Welt, bringen Teilchen auf Rekordenergien und öffnen völlig neue Fenster ins Universum.



DESY ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.