



Pressemitteilung

Ansprechpartner	Christian Wißler Stellv. Pressesprecher Wissenschaftskommunikation
Telefon	+49 (0)921 / 55-5356
E-Mail	christian.wissler@uni-bayreuth.de
Thema	Forschung: Naturwissenschaften

„100 Eiffeltürme auf einer Fingerspitze“

Weltrekord: Materialwissenschaftliche Hochdruckforschung überschreitet erstmals die Marke von 1 Terapascal

Extreme Drücke und Temperaturen, die im Labor mit hoher Präzision erzeugt und kontrolliert werden, sind ideale Voraussetzungen für die Physik, Chemie und Materialforschung. Sie ermöglichen es, Strukturen und Eigenschaften von Materialien aufzuklären, neue Materialien für industrielle Anwendungen zu synthetisieren, neue Materiezustände zu entdecken, zu einem vertieften Verständnis von Materie vorzudringen und damit beispielsweise Einblicke in den Aufbau und die Dynamik der Erde sowie anderer Planeten zu gewinnen. Daher besteht weltweit ein starkes Forschungsinteresse daran, die im Labor erzeugten und für Materialanalysen genutzten Drücke immer weiter zu steigern.

Als ‚magische Grenze‘ galt bisher die Marke von 1 Terapascal (= 1.000.000.000.000 Pascal). Das sind 1 Billion Pascal, im Englischen: *1 trillion pascal*. Dieser Druck ist dreimal höher als der Druck, der im Zentrum der Erde herrscht. Zum Vergleich: Dieser Druck würde auf einer Fingerspitze lasten, wenn man darauf 100 Exemplare des Eiffelturms übereinander stapeln könnte.

Eben diese Grenze hat ein internationales Forschungsteam um Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia und Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky von der Universität Bayreuth jetzt erstmals erreicht und überschritten. Wie den Wissenschaftlern dieser Rekord gelungen ist, darüber berichten sie im Forschungsmagazin ‚Science Advances‘.

Internationale Forschungskooperation

An der jetzt veröffentlichten Studie waren zusammen mit dem Bayerischen Geoinstitut (BGI) und dem Labor für Kristallographie der Universität Bayreuth zahlreiche weitere Forschungspartner beteiligt: das Center for Advanced Radiation Sources an der Universität Chicago, die European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble, die Universität Antwerpen, das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sowie die Baltische Föderale Immanuel-Kant-Universität in Kaliningrad. Entscheidende Experimente wurden

von den Bayreuther Wissenschaftlern am Argonne National Laboratory, einem Forschungsinstitut des US-Energieministeriums in Chicago, durchgeführt.

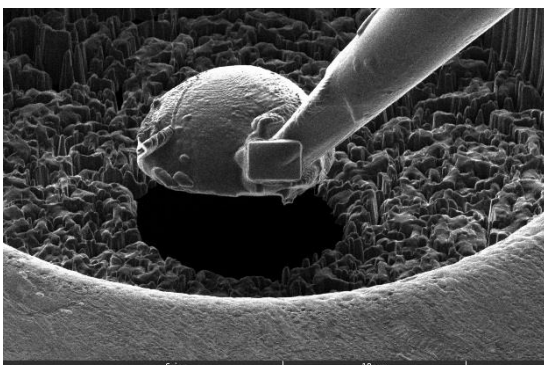


Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky und Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia im Argonne National Laboratory der USA in Chicago, nachdem sie die Überschreitung von 1 Terapascal experimentell nachweisen konnten. Der Bildschirm im Hintergrund zeigt das entsprechende Beugungsmuster. Foto: privat.

Im Labor synthetisiert: Superharte Diamant-Kugeln

Es sind kugelförmige nanokristalline Diamanten, mit denen jetzt die Tür in eine neue Dimension der Materialforschung aufgestoßen wurde. Wissenschaftler an der Universität Bayreuth hatten die durchsichtigen Kugeln, die einen Durchmesser zwischen 10 und 20 Mikrometern aufweisen, im Labor synthetisiert. Wie sich herausstellte, besitzen sie aufgrund ihres einzigartigen Gefüges eine ganz ungewöhnliche Druckfestigkeit. Sie erweisen sich als höchst widerstandsfähig, wenn äußere Drücke auf sie einwirken.

Diese Eigenschaft haben die Mitglieder der Forschungsgruppe mit dem Ziel genutzt, für materialwissenschaftliche Experimente einen Druck von mehr als 1 Terapascal zu erzeugen. Mit einer Ionenfeinstrahlanlage haben sie die superharten Diamant-Kugeln zunächst in zwei Halbkugeln getrennt. Diese Hälften wurden anschließend in einer doppelseitigen Diamantstempelzelle installiert. Während die dazwischen eingezwängten Materialproben steigenden Drücken ausgesetzt waren, wurden sie an der Elektronensynchrotron-Anlage in Chicago mit Röntgenstrahlen durchleuchtet. Die Beugungsmuster, die aus diesen technologisch sehr anspruchsvollen Untersuchungen hervorgingen, brachten es an den Tag: Die Grenze von 1 Terapascal war erreicht und überschritten.

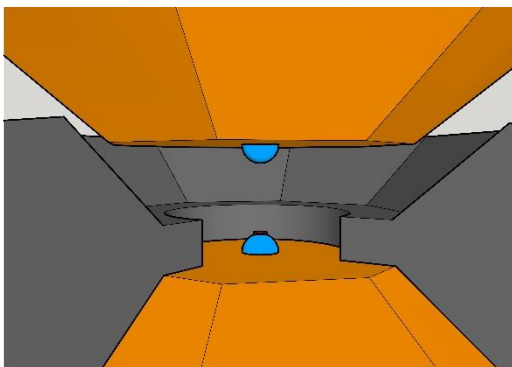


Nachdem ein kugelförmiger nanokristalliner Diamant in zwei Halbkugeln getrennt worden ist, werden die Halbkugeln für den Einsatz in einer doppelseitigen Diamantstempelzelle vorbereitet. Elektronenmikroskopische Aufnahme: Leonid Dubrovinsky und Natalia Dubrovinskaia.

In der Diamantstempelzelle: Materialproben unter Höchstdruck

Diamantstempelzellen als solche kommen in der Hochdruck- und Hochtemperaturforschung schon seit langem zum Einsatz: Dabei wird die Probe des zu untersuchenden Materials zwischen zwei Diamanten platziert. Diese Diamanten pressen die Materialprobe aus entgegengesetzten Richtungen zusammen, wobei Drücke bis zu etwa 250 Gigapascal entstehen können.

Am Bayerischen Geoinstitut (BGI) und am Labor für Kristallographie der Universität Bayreuth wurde diese Forschungstechnik schon vor wenigen Jahren entscheidend weiterentwickelt. Die hier konstruierten doppelseitigen Diamantstempelzellen ermöglichen die Erzeugung von viel höheren Drücken. Denn in diesen Zellen wird auf jedem der beiden Diamanten ein halber nanokristalliner Diamant befestigt. Die Köpfe dieser Halbkugeln stehen exakt einander gegenüber. So können sie die extremen Drücke, die von außen seitens der größeren Diamanten auf sie ausgeübt werden, an die zwischen ihnen befindliche Materialprobe weitergeben – und zwar ohne dabei zerstört zu werden. Die Pointe dieses zweistufigen Verfahrens liegt darin, dass der an die Materialprobe weitergegebene Druck vervielfacht wird. Denn die Köpfe der Halbkugeln, welche die Materialprobe berühren, haben eine wesentlich kleinere Fläche als ihre kreisförmigen Unterflächen, mit denen sie an den größeren Diamanten befestigt sind.



Schema einer zweistufigen Diamantstempelzelle: Zwei Diamant-Halbkugeln (blau) werden an den gegenüberliegenden Diamanten (orange) einer herkömmlichen Diamantstempelzelle befestigt. Die Materialprobe (rot) befindet sich zwischen den Köpfen der Halbkugeln, die sich aufeinander zubewegen und die Probe von beiden Seiten einem immer stärkeren Druck aussetzen.

Grafik: Elena Bykova / Christian Göppner.

Eine wesentliche Ursache für die Druckfestigkeit von nanokristallinen Diamanten ist ihre Korngröße. Bei den nanokristallinen Diamanten, mit denen in zweistufigen Zellen jetzt erstmals ein Kompressionsdruck von mehr als 1 Terapascal erzeugt werden konnte, liegt sie zwischen 2 und 15 Nanometern.

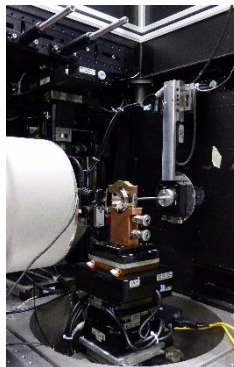
Untersuchungen auch an flüssigen oder gasförmigen Proben

Die jetzt veröffentlichten Forschungsergebnisse eröffnen aber nicht allein wegen der Überschreitung von 1 Terapascal neue Möglichkeiten für die physikalische, chemische und geowissenschaftliche Materialforschung. Spezielle Dichtungen, welche die Wissenschaftler in den doppelseitigen Diamantstempelzellen installiert haben, bilden wesentliche Voraussetzungen dafür, dass nicht nur Festkörper, sondern auch Materialproben in ursprünglich flüssigem oder gasförmigem Zustand bei Drücken von über 1 Terapascal analysiert werden können.

Weitere Forschungsperspektiven

„Wir freuen uns sehr darüber, dass es uns zusammen mit unseren Forschungspartnern gelungen ist, die internationale Hochdruck- und Hochtemperaturforschung in dieser Weise voranzubringen“, erklärt Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia. Die jetzt veröffentlichten Forschungsergebnisse seien für zahlreiche Forschungszweige von erheblicher Relevanz, insbesondere für die Physik und Chemie der Festkörper, die Materialwissenschaft, die Geophysik und die Astrophysik. Ebenso könne die Industrie davon profitieren, beispielsweise wenn es um die Entwicklung neuer Wasserstofftechnologien oder hochleistungsfähiger Supraleiter geht.

Vom 4. bis 9. September 2016 wird die European High Pressure Research Group (EHPRG), die europäische Fachgesellschaft für Hochdruckforschung, an der Universität Bayreuth zu ihrer 54. Jahrestagung zusammenkommen. „Auch hier werden die neuen Forschungsmöglichkeiten natürlich ein Thema sein“, so Prof. Dubrovinskaia.



Li.: Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky montiert eine zweistufige Diamantstempelzelle an der Elektronensynchrotron-Anlage des Argonne National Laboratory in Chicago/USA. Foto: Natalia Dubrovinskaia.

Re.: Die zweistufige Diamantstempelzelle ist fertig montiert. Die Experimente können beginnen.
Foto: Natalia Dubrovinskaia.

Forschungsförderung

In Deutschland wurden die Forschungsarbeiten von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie als Projekt der Verbundforschung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Projekte der Verbundforschung beziehen Universitäten in die Entwicklung und den Aufbau innovativer Methoden und Instrumente für große Forschungseinrichtungen ein. Dadurch wird es möglich, die herausragenden Kompetenzen von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu verknüpfen und durch Synergie-Effekte weiter zu stärken.

Veröffentlichung

Natalia Dubrovinskaia, Leonid Dubrovinsky et al.,
Terapascal Static Pressure Generation with Ultrahigh Yield Strength Nanodiamond,
Science Advances, 20 July 2016.
DOI: 10.1126/sciadv.1600341



Kontakte

Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia
Laboratorium für Kristallographie
Universität Bayreuth
D-95440 Bayreuth
Natalia.Dubrovinskaia@uni-bayreuth.de
Telefon: +49 (0)921-55 3880 oder 3881

Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky
Bayerisches Geoinstitut (BGI)
Universität Bayreuth
D-95440 Bayreuth
Leonid.Dubrovinsky@uni-bayreuth.de
Telefon: +49 (0)921-55 3736 oder 3707

7.116 Zeichen, Abdruck honorarfrei, Beleg wird erbeten

Text und Redaktion:

Christian Wißler
Stellv. Pressesprecher
Wissenschaftskommunikation
Zentrale Servicestelle Presse, Marketing und Kommunikation
Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30 / ZUV
95447 Bayreuth
Telefon: +49 (0)921 / 55-5356
E-Mail: christian.wissler@uni-bayreuth.de
www.uni-bayreuth.de

- **Fotos und Grafiken:** In hoher Auflösung zum Download unter:
www.uni-bayreuth.de/de/universitaet/presse/pressemitteilungen/2016/116-rekord-hochdruckforschung/



Kurzporträt der Universität Bayreuth

Die Universität Bayreuth ist eine junge, forschungsorientierte Campus-Universität. Gründungsauftrag der 1975 eröffneten Universität ist die Förderung von interdisziplinärer Forschung und Lehre sowie die Entwicklung von Profil bildenden und Fächer übergreifenden Schwerpunkten.

Die Forschungsprogramme und Studienangebote decken die Natur- und Ingenieurwissenschaften, die Rechts- und Wirtschaftswissenschaften sowie die Sprach-, Literatur und Kulturwissenschaften ab und werden beständig weiterentwickelt.

Gute Betreuungsverhältnisse, hohe Leistungsstandards, Fächer übergreifende Kooperationen und wissenschaftliche Exzellenz führen regelmäßig zu Spitzenplatzierungen in Rankings. Die Universität Bayreuth liegt im weltweiten Times Higher Education (THE)-Ranking ,150 under 50' auf Platz 35 der 150 besten Universitäten, die jünger als 50 Jahre sind.

Seit Jahren nehmen die Afrikastudien der Universität Bayreuth eine internationale Spitzenposition ein; die Bayreuther Internationale Graduiertenschule für Afrikastudien (BIGSAS) ist Teil der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder. Die Hochdruck- und Hochtemperaturforschung innerhalb des Bayerischen Geoinstituts genießt ebenfalls ein weltweit hohes Renommee. Die Polymerforschung hat eine herausragende Position in der deutschen und internationalen Forschungslandschaft. Die Universität Bayreuth verfügt über ein dichtes Netz strategisch ausgewählter, internationaler Hochschulpartnerschaften.

Derzeit sind an der Universität Bayreuth rund 13.500 Studierende in 146 verschiedenen Studiengängen an sechs Fakultäten immatrikuliert. Mit ca. 1.200 wissenschaftlichen Beschäftigten, 232 Professorinnen und Professoren und etwa 900 nichtwissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist die Universität Bayreuth der größte Arbeitgeber der Region.