

7.564 Zeichen
Abdruck honorarfrei
Beleg wird erbeten

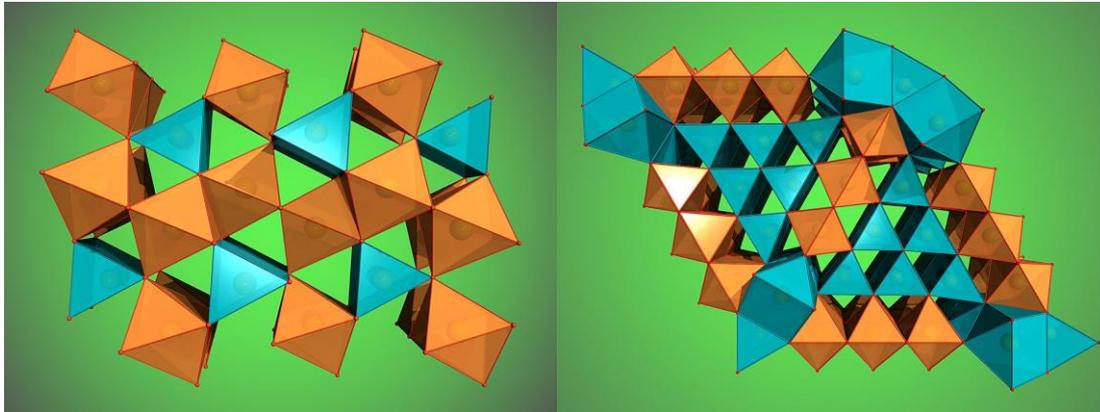
Dr. Elena Bykova und Dr. Maxim Bykov beim Aufbau von Experimenten an einem Diffraktometer an der Röntgenquelle Petra III, Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg. Foto: Dr. Konstantin Glazyrin.

Große Sauerstoffquellen im Erdinneren

Neue Erkenntnisse der Hochdruck- und Hochtemperaturforschung

Tief im Erdinneren existieren große, bisher unbekannte Sauerstoffquellen, die möglicherweise einen erheblichen Einfluss auf den Materialkreislauf der Erde haben. Darauf deuten neue Forschungsergebnisse hin, die ein internationales Team unter der Leitung der Bayreuther Wissenschaftlerin Dr. Elena Bykova erzielt hat.

Entscheidend waren dabei Materialanalysen an der Röntgenquelle Petra III des Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY) in Hamburg, der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble und der Advanced Photon Source (APS) am Argonne National Laboratory in Chicago. Die Wissenschaftler konnten beobachten, dass unter sehr hohen Drücken und Temperaturen aus den Mineralen Hämatit und Magnetit neue, bisher unentdeckte Eisenoxid-Phasen entstehen und Sauerstoff dabei freigesetzt wird. Darüber berichten sie in der Fachzeitschrift „Nature Communications“.



Strukturmodelle der neu entdeckten Eisenoxide Fe_5O_7 und $\text{Fe}_{25}\text{O}_{32}$, die unter hohen Drücken und Temperaturen aus Fe_2O_3 bzw. Fe_3O_4 entstehen. Eisenatome sind blau-grün dargestellt.
Grafiken: Dr. Elena Bykova.

Untersuchungen von Mineralen unter extremen Bedingungen

Eisenoxide sind Minerale, die in der Natur in verschiedenen kristallinen Strukturen – sogenannten Phasen – vorkommen. Besonders weit verbreitet sind Hämatit (Fe_2O_3) und Magnetit (Fe_3O_4). Diese Eisenerzminerale haben einen Eisengehalt von über 70 Prozent und sind eine der wichtigsten Ressourcen für die industrielle Gewinnung von Eisen und Stahl. Dr. Elena Bykova, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Labor für Kristallographie und am Bayerischen Geoinstitut (BGI) der Universität Bayreuth, hat mit ihrem Team diese Eisenoxide unter sehr hohen Drücken und Temperaturen untersucht.

Dabei kamen die am BGI entwickelten Diamantstempelzellen zum Einsatz. In einer solchen Stempelzelle können winzige Materialproben zwischen zwei harten Diamantköpfen eingequetscht und Kompressionsdrücken von mehreren hundert Gigapascal ausgesetzt werden. Mit einem zielgenau gesteuerten Laserstrahl lassen sich die Proben dann auf mehr als 2.000 Grad Celsius erhitzen. „Die intensive und zugleich äußerst feine Röntgenstrahlung, die von der DESY-Röntgenquelle Petra III erzeugt wird, macht es möglich, Veränderungen in der kristallinen Struktur der Proben zu beobachten – eben diejenigen Veränderungen, die durch eine extreme Steigerung des Kompressionsdrucks und der Temperatur ausgelöst werden“, erklärt Dr. Bykova.



„Live“ beobachtet: die Entstehung bisher unbekannter Eisenoxide

Bei diesen Untersuchungen stellte sich heraus, dass Fe_2O_3 sich bei einem Druck von 67 Gigapascal und einer Temperatur von 2.400 Grad Celsius auflöst und das bisher unbekannte Eisenoxid Fe_5O_7 entsteht. Für die Erforschung geochemischer Prozesse ist diese Entdeckung umso interessanter, als derartige Verhältnisse ungefähr 1.500 Kilometer unter der Erdoberfläche gegeben sind – also innerhalb des unteren Erdmantels, der sich bis in eine Tiefe von rund 2.900 Kilometern erstreckt. Wenn der Druck und die Temperatur in der Stempelzelle auf 80 Gigapascal und 2.200 Grad Celsius gesteigert werden, zerfällt auch Fe_3O_4 und es bildet sich das Eisenoxid $\text{Fe}_{25}\text{O}_{32}$ heraus. Derart hohe Drücke und Temperaturen kommen in den untersten Bereichen des Erdmantels vor.

„Die Hochdruck- und Hochtemperaturforschung hat bereits in den letzten Jahren eine Reihe von Eisenoxiden entdeckt, die sich hinsichtlich ihrer Strukturen von Hämatit und Magnetit klar unterscheiden. Aber erstmals haben wir, dank der besonderen Leistungsfähigkeit der Synchrotron-Zentren in Hamburg, Grenoble und Chicago, die Entstehung von Eisenoxiden bei hohen Drücken und Temperaturen in situ – also sozusagen 'live' – beobachten und die dabei erstmals entdeckten kristallinen Strukturen exakt bestimmen können“, erklärt Dr. Maxim Bykov. Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Bayerischen Geoinstitut und Ko-Autor der in „Nature Communications“ veröffentlichten Studie. Für seine herausragende Dissertation am Labor für Kristallographie ist er im letzten Jahr mit einem Preis der Stadt Bayreuth ausgezeichnet worden.

Mineraltransport in den Erdmantel:

Freigesetzter Sauerstoff beeinflusst geochemische Prozesse

Die neuen Forschungsergebnisse eröffnen eine neue Sicht auf Prozesse im Erdinneren. Denn Hämatit und Magnetit sind die Hauptbestandteile von Bändererzen (Banded Iron Formations, BIFs). Hierbei handelt es sich um riesige, schichtförmig strukturierte Gesteinsmassen, die rund 2 Milliarden Jahre alt sind und sich über die gesamte Erdoberfläche verteilen. Sie sind in der Regel mehrere hundert Meter dick und mehrere hundert Kilometer lang. Ursprünglich bedeckten sie weite Flächen des Meeresbodens. Seitdem aber bewirken Prozesse der Subduktion, dass Krustenmaterial tief ins Erdinnere gelangt. Dies geschieht



Dr. Elena Bykova und Dr. Maxim Bykov in einem Labor des Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY) in Hamburg. Foto: Dr. Konstantin Glazyrin.

immer dann, wenn ozeanische Erdkruste am Rand einer Kontinentalplatte in den Erdmantel abtaucht.

„Die Vermutung liegt nahe, dass auf diese Weise auch große Mengen von Hämatit und Magnetit tief in den Erdmantel vorgedrungen sind und sich unter den Kompressionsdrücken und Temperaturen, wie wir sie im Labor nachgestellt haben, in neue Eisenoxid-Phasen umgewandelt haben“, meint Dr. Bykova. Die Sauerstoffmengen, die dabei im unteren Erdmantel freigesetzt worden sind, seien nicht zu unterschätzen. „Nehmen wir einmal an, dass die Menge der Bändererze, die im Verlauf der Erdgeschichte ins Erdinnere gelangt sind, von der Forschung heute zutreffend eingeschätzt wird. Dann sind allein bei der Umwandlung von Hämatit in Fe_5O_7 Sauerstoffmengen produziert worden, die insgesamt acht- bis zehnmal größer sind als die Sauerstoffmenge in der heutigen Erdatmosphäre“, so die Bayreuther Wissenschaftlerin.

Was ist mit diesem Sauerstoff im Erdmantel geschehen? Die Autoren der neuen Studie wissen darauf noch keine endgültige Antwort. „Es ist aber angesichts der produzierten Mengen sehr wahrscheinlich, dass der bei der Umwandlung von Eisenoxiden entstandene



Sauerstoff den Materialkreislauf der Erde bis heute erheblich beeinflusst – sei es, dass er Oxidationsprozesse in den unmittelbar umgebenden Gesteinsmassen fördert oder Spurenelemente mobilisiert. Möglicherweise steigt er auch bis in den oberen Erdmantel auf und trägt hier zur Bildung von Silikaten bei“, meint Prof. Dr. Dr. h.c. Leonid Dubrovinsky, Forschungsprofessor am BGI in Bayreuth. „Die riesigen Sauerstoffressourcen im Erdinneren, auf die unsere neuen Forschungsergebnisse verweisen, sollten jedenfalls in künftigen Modellen geochemischer Prozesse berücksichtigt werden – bis hin zu Modellen der Klimaentwicklung.“

Internationale Kooperation und Forschungsförderung

Die neuen Forschungsergebnisse sind aus einer engen Zusammenarbeit führender Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der geowissenschaftlichen Hochdruck- und Hochtemperaturforschung hervorgegangen. Schon seit vielen Jahren kooperieren das Labor für Kristallographie und das Bayerische Geoinstitut der Universität Bayreuth sehr erfolgreich mit dem Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg, der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble und der Advanced Photon Source (APS) am Argonne National Laboratory in Chicago. Wissenschaftler aller dieser Einrichtungen sind als Ko-Autoren an der in „Nature Communications“ veröffentlichten Studie beteiligt.

„Unsere Forschungsarbeiten sind von vielen Seiten unterstützt worden“, erklärt Prof. Dr. Dr. h.c. Natalia Dubrovinskaia, Heisenberg-Professorin für Materialphysik und Technologie bei extremen Bedingungen an der Universität Bayreuth. „Insbesondere die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) haben die in Bayreuth und Hamburg durchgeführten, technologisch sehr anspruchsvollen Materialanalysen finanziell gefördert.“

Veröffentlichung:

Elena Bykova et al., Structural complexity of simple Fe₂O₃ at high pressures and temperatures. Nat. Commun. 7:10661 doi: 10.1038/ncomms10661 (2016).



Kontakt:

Dr. Elena Bykova

Bayerisches Geoinstitut und Labor für Kristallographie

Universität Bayreuth

95447 Bayreuth

Telefon: +49 (0)921 55 3888

E-Mail: elena.bykova@uni-bayreuth.de

Text und Redaktion:

Christian Wißler M.A.

Zentrale Servicestelle Presse, Marketing und Kommunikation

Universität Bayreuth

D-95440 Bayreuth

Tel.: +49 (0)921 55-5356

E-Mail: mediendienst-forschung@uni-bayreuth.de



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 zählt im weltweiten Times Higher Education (THE)-Ranking ‚100 under 50‘ zu den hundert 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, 234 Professorinnen und Professoren und etwa 880 nicht-wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist die Universität Bayreuth der größte Arbeitgeber der Region.