

**Pressemitteilung****Universität Bayreuth****Christian Wißler**

22.11.2022

<http://idw-online.de/de/news805290>Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen  
Chemie, Physik / Astronomie, Werkstoffwissenschaften  
überregional**Richtungsweisend für die Supraleiter-Forschung: neue Verbindungen aus Lanthan und Wasserstoff**

Alle heute bekannten und in Forschung und Industrie angewendeten Supraleiter sind nur unterhalb von 150 Grad Kelvin (rund minus 120 Grad Celsius) supraleitend. Weltweit werden daher Materialien gesucht, die diese Eigenschaft bei höheren Temperaturen haben. Aufgrund theoretischer Modellierungen sind Hydride immer stärker in den Fokus gerückt. Ein internationales Forschungsteam unter der Leitung von Wissenschaftler\*innen der Universität Bayreuth berichtet jetzt in „Nature Communications“ über neue, unter hohen Drücken erzeugte Verbindungen aus Lanthan und Wasserstoff. Die überraschenden Strukturanalysen dieser Lanthanhydride werden die Suche nach neuen Supraleitern weiter voranbringen können.

Supraleitende Materialien sind dadurch charakterisiert, dass sie unterhalb einer bestimmten Temperatur – der sogenannten Sprungtemperatur – ihren elektrischen Widerstand verlieren. Grundsätzlich wären sie ideal geeignet, um elektrische Energie über sehr weite Strecken vom Stromproduzenten zu den Konsument\*innen zu transportieren. Zahlreiche energiewirtschaftliche Herausforderungen wären auf einen Schlag gelöst: So könnte beispielsweise der an Küsten von Windrädern erzeugte Strom ohne Verluste ins Landesinnere geleitet werden. Dies wäre aber erst dann möglich, wenn Materialien verfügbar sind, die bei normaler Raum- und Umgebungstemperatur supraleitende Eigenschaften haben.

Im Jahr 2019 wurde bei Experimenten, die vom Max-Planck-Institut in Mainz koordiniert wurden, eine ungewöhnlich hohe Sprungtemperatur von minus 23 Grad Celsius gemessen. Die Messung fand bei einem Kompressionsdruck von 170 Gigapascal statt – 1,7 Millionen Mal höher als der Druck der Erdatmosphäre. Bei dem Material handelte es sich um ein Lanthanhydrid ( $\text{LaH}_{10+\delta}$ ), eine Verbindung von Atomen des Metalls Lanthan mit Wasserstoffatomen. Der Bericht über diese Experimente und weitere ähnliche Berichte werden bis heute kontrovers diskutiert. Sie haben in der internationalen Wissenschaft ein großes Interesse an Lanthanhydriden mit unterschiedlichen Zusammensetzungen und Strukturen geweckt.

Daran knüpft die neue in „Nature Communications“ veröffentlichte Studie an. Die Messdaten von 2019 ließen vermuten, dass sich unter sehr hohen Kompressionsdrücken noch andere supraleitende Lanthanhydride bilden. Diese Überlegungen haben sich jetzt bestätigt: Im Hochdrucklabor des Bayerischen Geoinstituts (BGI) wurden insgesamt sieben Lanthanhydride erzeugt: die zwei schon bekannten Verbindungen  $\text{LaH}_{10+\delta}$  und  $\text{LaH}_3$  sowie die bisher unbekanntesten Lanthanhydride  $\text{LaH}_4$ ,  $\text{LaH}_4+\delta$ ,  $\text{La}_4\text{H}_{23}$ ,  $\text{LaH}_6+\delta$  und  $\text{LaH}_9+\delta$ . Diese Verbindungen entstanden aus Proben, die Lanthan und Paraffin – eine wasserstoffreiche Mischung aus gesättigten Kohlenwasserstoffen – enthielten. Die Proben wurden in Diamantstempelzellen sehr hohen Drücken zwischen 96 und 176 Gigapascal ausgesetzt und dabei auf über 2.200 Grad Celsius erhitzt.

In Kooperation mit dem Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg und dem Center for Advanced Radiation Sources in Chicago gelang es, die Strukturen der neuen Verbindungen aus Lanthan und Wasserstoff zu identifizieren. Dabei stellte sich heraus, dass Lanthanhydride mit der gleichen Anordnung von Lanthan-Atomen sich hinsichtlich ihres Wasserstoffgehalts erheblich unterscheiden. Anders gesagt: Das gleiche Gerüst aus Lanthan-Atomen kann mit

unterschiedlich vielen Wasserstoff-Atomen verknüpft sein. Dabei können die Wasserstoff-Atome sehr verschieden angeordnet sein. Die Wissenschaftler\*innen haben nachgewiesen, dass es eine ähnliche strukturelle Vielfalt auch bei Hydriden geben kann, die statt des Lanthan andere Metalle aus der Gruppe der Seltenen Erden enthalten. Diese überraschende Erkenntnis widerlegt eine Hypothese, die bei der Erforschung supraleitender Materialien bisher eine zentrale Rolle gespielt hat: nämlich das Vorurteil, dass eine bestimmte Anzahl und Anordnung von Lanthan-Atomen nur eine einzige Konfiguration von Wasserstoff-Atomen zulässt.

Vor diesem Hintergrund erklärt die Koordinatorin der Studie, Prof. Dr. Dr. h.c. Natalia Dubrovinskaia vom Laboratorium für Kristallographie der Universität Bayreuth: „Bei der Suche nach Supraleitern mit höheren Sprungtemperaturen sind theoretische Modelle und hierauf basierende Berechnungen unentbehrlich. Wasserstoffhaltige Festkörper haben sich dabei als vielversprechende Materialien erwiesen. Die Supraleitfähigkeit dieser chemischen Verbindungen hängt, wie wir heute wissen, wesentlich von der Anzahl und der Anordnung der Wasserstoffatome ab. Umso wichtiger ist es, dass in die theoretischen Modelle keine falschen Annahmen einfließen, die zur Folge haben, dass wasserstoffhaltige Festkörper mit hoher Sprungtemperatur unentdeckt bleiben.“ Prof. Dr. Dr. h.c. Leonid Dubrovinsky vom BGI ergänzt: „Unsere Erkenntnisse zu den Lanthanhydriden führen uns nachdrücklich vor Augen, dass wir bei der Suche nach optimalen Supraleitern die Anzahl der möglichen wasserstoffhaltigen Verbindungen und die Vielfalt der möglichen Konfigurationen von Wasserstoff-Atomen nicht unterschätzen dürfen.“

#### Internationale Zusammenarbeit:

Die neue Studie basiert auf einer engen Zusammenarbeit der Universität Bayreuth mit Forschungspartnern an den Universitäten in Linköping, Edinburgh und Frankfurt am Main sowie am Center for High Pressure Science & Technology Advanced Research in Peking. Der Erstautor Dr. Dominique Laniel war bis vor kurzem am Labor für Kristallographie sowie am Bayerischen Geoinstitut der Universität Bayreuth tätig und leitet heute eine Arbeitsgruppe an der University of Edinburgh.

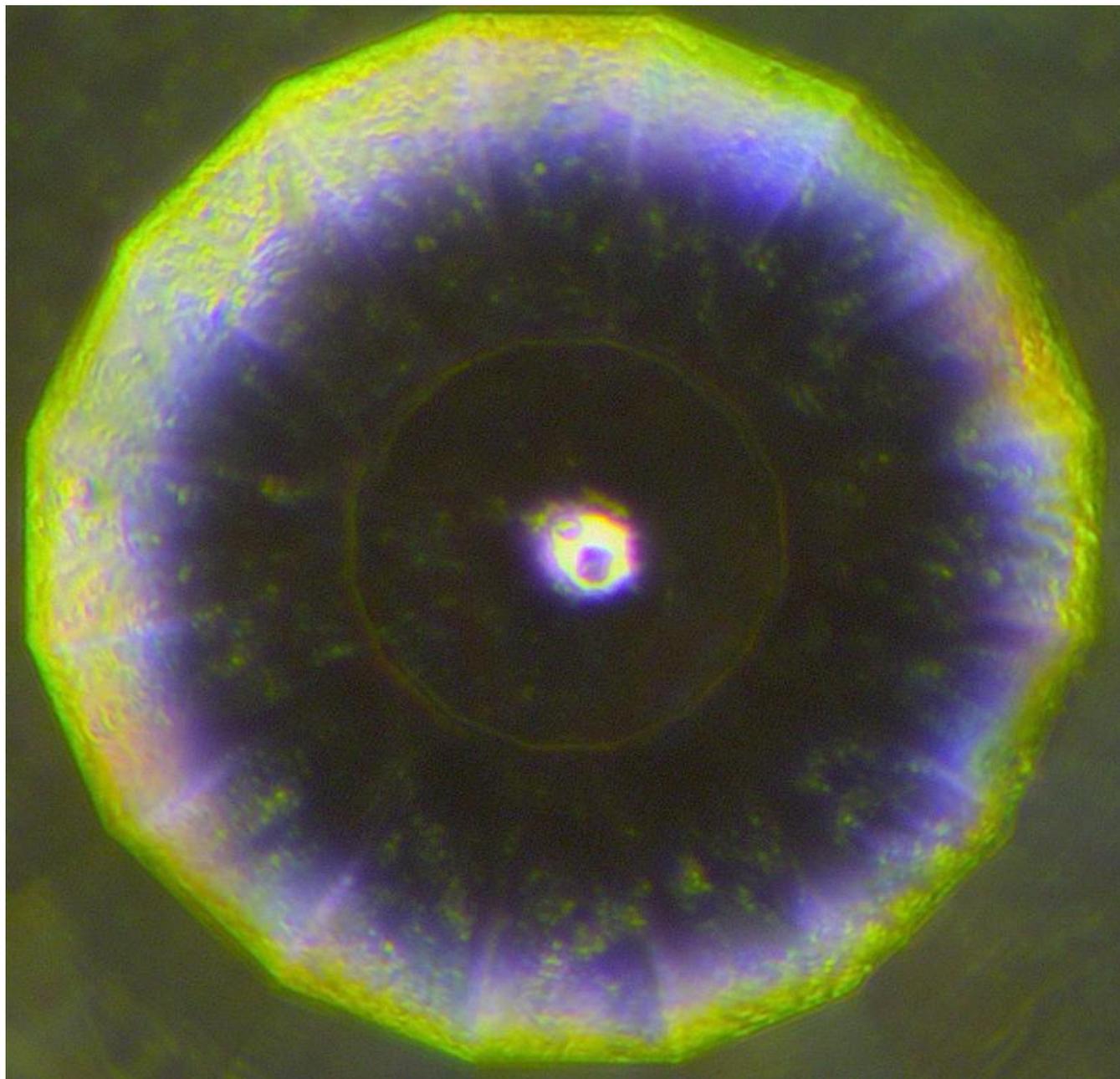
#### wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Dr. Dr. h.c. Natalia Dubrovinskaia  
Labor für Kristallographie  
Universität Bayreuth  
Tel.: +49 (0)921 / 55-3880 oder -3881  
E-Mail: Natalia.Dubrovinskaia@uni-bayreuth.de

Prof. Dr. Dr. h.c. Leonid Dubrovinsky  
Bayerisches Geoinstitut (BGI)  
Universität Bayreuth  
Tel.: +49 (0)921 / 55-3736 oder -3707  
E-Mail: Leonid.Dubrovinsky@uni-bayreuth.de

#### Originalpublikation:

D. Laniel, F. Trybel, B. Winkler, F. Knoop, T. Fedotenko, S. Khandarkhaeva, A. Aslandukova, T. Meier, S. Chariton, K. Glazyrin, V. Milman, V. Prakapenka, I. A. Abrikosov, L. Dubrovinsky, N. Dubrovinskaia: High-pressure synthesis of seven lanthanum hydrides with a significant variability of hydrogen content. Nature communications (2022), DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34755-y>



Blick ins Innere einer Diamantstempelzelle.  
Foto: Leonid Dubrovinsky.



Das Bayerische Geoinstitut (BGI) auf dem Campus der Universität Bayreuth.  
Foto: UBT.