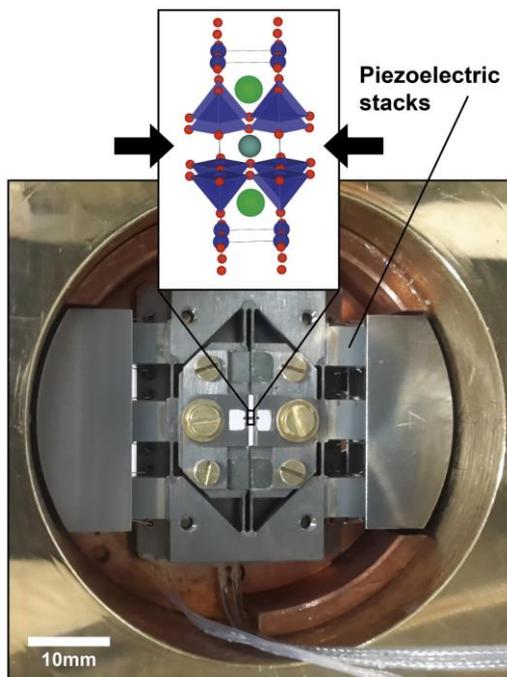


Science: Hoher Druck ordnet Elektronen

Forscher des KIT untersuchen konkurrierende Zustände in Hochtemperatur-Supraleitern –
Publikation im Fachjournal *Science*



Um Druck kontrolliert auf ihre mikroskopische, supraleitende Probe zu bringen (Grafik), nutzen die Forschenden empfindliche Halterungen mit Aktoren auf Basis des Piezoeffekts. (Abb.: KIT)

Hochtemperatur-Supraleiter können elektrische Energie widerstandsfrei transportieren. Allerdings verhindert eine starre Ladungsordnung die Supraleitung. Forscherinnen und Forscher am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben die konkurrierenden Zustände mit hochauflösender inelastischer Röntgenstreuung untersucht und festgestellt, dass hoher einachsiger Druck die Elektronen ordnet. Ihre Studie eröffnet neue Einblicke in die Funktion elektronisch korrelierter Materialien. Die Forscher berichten in der Zeitschrift *Science* (DOI: 10.1126/science.aat4708).

Strom ohne Verluste transportieren – Supraleiter machen es möglich. Diese Materialien weisen unterhalb bestimmter Temperaturen keinen

Monika Landgraf
Pressesprecherin,
Leiterin Gesamtkommunikation

Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-21105
E-Mail: presse@kit.edu

Weiterer Pressekontakt:

Dr. Joachim Hoffmann
Redaktionsleiter
Tel.: +49 721 608-21151
joachim.hoffmann@kit.edu

elektrischen Widerstand mehr auf. Allerdings sind sie dabei auf extreme Kälte angewiesen: Klassische Supraleiter müssen fast bis zum absoluten Nullpunkt – minus 273 Grad Celsius – heruntergekühlt werden, und selbst Hochtemperatur-Supraleiter benötigen noch Temperaturen von etwa minus 200 Grad Celsius, um Strom widerstandsfrei zu leiten. Trotz der aufwendigen Kühlung werden Supraleiter bereits in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Um Supraleiter zu entwickeln, die bei höheren Temperaturen – eventuell sogar bei Raumtemperatur – funktionieren und damit wesentlich zu einer effizienten Energieversorgung beitragen, müssen entscheidende Zustände und Vorgänge in supraleitenden Materialien grundlegend verstanden werden.

Forscher um Professor Matthieu Le Tacon, Leiter des Instituts für Festkörperphysik (IFP) des KIT, sind dabei nun einen wesentlichen Schritt vorangekommen: Sie haben gezeigt, dass hoher einachsiger Druck konkurrierende Zustände in einem Hochtemperatur-Supraleiter kontrollieren kann. Neben dem IFP des KIT waren das Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart, das Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe in Dresden, die European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble/Frankreich und die Universidad Nacional de La Plata/Argentinien an der Studie beteiligt. Eine Publikation in der Zeitschrift *Science* stellt die Ergebnisse vor.

Mit hochauflösender inelastischer Röntgenstreuung, bei der Röntgenstrahlen auf eine Probe treffen und das Streulicht vermessen wird, untersuchten die Wissenschaftler den Hochtemperatur-Supraleiter $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.67}$, der zu den Kupraten gehört. Dabei handelt es sich um komplexe Verbindungen aus Kupfer, Sauerstoff und weiteren Elementen. Kupfer- und Sauerstoffatome bilden zweidimensionale Strukturen. Werden Ladungsträger in diese Ebenen eingeführt, kommt es zu komplexen und miteinander konkurrierenden Zuständen: Die Kopplung zwischen Ladungsträgern führt zur Supraleitung, eine starre Ladungsordnung dagegen verhindert sie. Zu den Ladungsordnungszuständen gehört die Anordnung der Ladungsträger in streifenförmigen Nanostrukturen, welche die Ladungsträger unbeweglich macht und so die Supraleitung unterdrückt. Auch periodische Schwankungen in der Verteilung der elektrischen Ladungen, sogenannte Ladungsdichtewellen (CDW – charge density waves), verhindern die Supraleitung. Durch chemische Beimengungen, als Doping bezeichnet, oder durch externe Magnetfelder lassen sich diese Zustände variieren. Die Interpretation solcher Experimente wird allerdings durch Gitterfehler und zufällig festgehaltene magnetische Wirbel erschwert.

Dagegen ermöglicht einachsiger Druck, das Verhältnis zwischen Ladungsdichtewellen und Supraleitung präzise zu untersuchen, wie die Forscher aus Karlsruhe, Stuttgart, Dresden, Grenoble und La Plata in ihrer Arbeit feststellten. Sie zeigten, dass hoher Druck entlang der Kristallachse a des untersuchten Hochtemperatur-Supraleiters $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.67}$ zu einem weitreichenden dreidimensionalen Ladungsdichtewellen-Zustand führt, ohne dass dazu Magnetfelder erforderlich sind. Mit dieser Zustandsänderung ist auch eine starke Dämpfung der Gitterschwingungsanregung verbunden. „Unsere Ergebnisse ermöglichen neue Einblicke in die Funktion von Hochtemperatur-Supraleitern und anderen elektronisch korrelierten Materialien“, erklärt Professor Matthieu Le Tacon vom KIT. „Darüber hinaus zeigen sie, dass einachsiger Druck das Potenzial bietet, die Ordnung der Elektronen in solchen Materialien zu kontrollieren.“

Originalpublikation:

H.-H. Kim, S. M. Souliou, M. E. Barber, E. Lefrancois, M. Minola, M. Tortora, R. Heid, N. Nandi, R. A. Borzi, G. Garbarino, A. Bosak, J. Porras, T. Loew, M. König, P. M. Moll, A. P. Mackenzie, B. Keimer, C. W. Hicks, M. Le Tacon: Uniaxial Pressure Control of Competing Orders in a High Temperature Superconductor. Science, 2018. DOI: 10.1126/science.aat4708. (Abstract unter <http://science.sciencemag.org/content/362/6418/1040>)

Als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ schafft und vermittelt das KIT Wissen für Gesellschaft und Umwelt. Ziel ist es, zu den globalen Herausforderungen maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information zu leisten. Dazu arbeiten rund 9 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einer breiten disziplinären Basis in Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften zusammen. Seine 25 500 Studierenden bereitet das KIT durch ein forschungsorientiertes universitäres Studium auf verantwortungsvolle Aufgaben in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft vor. Die Innovationstätigkeit am KIT schlägt die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichen Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen.

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter:
www.sek.kit.edu/presse.php

Das Foto steht in der höchsten uns vorliegenden Qualität auf www.kit.edu zum Download bereit und kann angefordert werden unter: presse@kit.edu oder +49 721 608-21105. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.