



## Physiker der Universität Stuttgart erforschen Mott-Isolatoren

Wenn der elektrische Strom stecken bleibt

Physiker unterscheiden Metalle, die Strom sehr gut leiten, von Isolatoren, die Strom nicht leiten. Als Mott-Isolatoren<sup>1</sup> werden Metalle bezeichnet, die keinen Strom leiten. Forschern der Universität Stuttgart um Professor Martin Dressel vom 1. Physikalischen Institut ist es nun gemeinsam mit Wissenschaftlern an Universitäten in den USA, Russland und Japan gelungen, den sogenannten Mott-Übergang zu erforschen, wie also nichtleitende zu leitenden Metallen werden. Das internationale Team sieht in diesem Erfolg einen Ansatz für die Konstruktion elektrischer Bauelemente mit gänzlich neuartigen Eigenschaften. Auch erachten sie ihn als einen möglicherweise entscheidenden Baustein, um das Rätsel der Hochtemperatur-Supraleitung zu lüften.

Mott-Isolatoren enthalten zwar genügend Elektronen, um Strom gut zu leiten, doch diese behindern sich so stark, dass sie sich kaum bewegen. Bei niedrigen Temperaturen stecken die Elektronen fest, wie Eisschollen eines Flusses.

Der Physiknobelpreisträger Nevill Mott vermutete dies zwar schon in den 1930er Jahren, doch erst 50 Jahre später war es möglich, die Eigenschaften solcher Metalle zu berechnen. Demnach enthalten sie unvorstellbar viele Elektronen, die sich alle gegenseitig beeinflussen: In einem Würfel von einem

---

<sup>1</sup> Der britische Nobelpreisträger für Physik Sir Nevill Mott (1905-1996) beschäftigte sich Zeit seines Lebens mit den Eigenschaften von Elektronen in Festkörpern; im Jahre 1980 erhielt er die Ehrendoktor der Universität Stuttgart.

### Hochschulkommunikation

Leiter Hochschulkommunikation  
und Pressesprecher

Dr. Hans-Herwig Geyer

Kontakt

T 0711 685-82555

Ansprechpartnerin

Susanne Schupp

Kontakt

T 0711 685-82211

hkom@hkom.uni-stuttgart.de

www.uni-stuttgart.de



Zentimeter Kantenlänge befinden sich  $10^{20}$  Elektronen, eine riesige Zahl mit zwanzig Nullen, vergleichbar der gesamten weltweiten Datenspeicherkapazität. Mit Hilfe ausgeklügelter Computermodelle konnten die Wissenschaftler schließlich berechnen, dass die elektrische Abstoßung der Elektronen so groß werden kann, bis sich nichts mehr bewegt. Es fließt kein Strom, die Elektronen sitzen fest. Könnte man also - so der Ansatz der Physiker - die abstoßende Kraft reduzieren, würde das Material an einem bestimmten Punkt metallisch werden. Dies wird als Mott-Übergang von einem Isolator zu einem Metall bezeichnet.

Details solch eines reinen Mott-Übergangs im Experiment zu überprüfen, war bislang unmöglich. Grund waren die magnetischen Eigenschaften der untersuchten Materialien. Die zündende Idee der Stuttgarter Physiker war nun, Stoffe zu erforschen, die nicht magnetisch sind, sogenannte Quanten-Spin-Flüssigkeiten. An ihnen ist es erstmals gelungen, den Mott-Übergang von einem Isolator zu einem Metall im Experiment zu untersuchen. Nachgewiesen wurden metallische Fluktuationen, d.h. eine durch die Quanteneigenschaften der Elektronen hervorgerufene Unbestimmtheit, die bei anderen Materialien von der magnetischen Ordnung verschleiert war. Dass dieses Niemandsland an der Grenze zwischen Isolator und Metall nun zugänglich gemacht wurde, könnte neue Anwendungen in der Materialforschung und Quantenelektronik eröffnen.

Quanten-Spin-Flüssigkeiten wurden in den 2000er Jahren entdeckt und unterdrücken aufgrund ihrer Anordnung in einem Dreieck – im Fachjargon als „geometrische Frustration“ bezeichnet – jede magnetische Ordnung bis an den absoluten Nullpunkt der Temperatur. Die magnetischen Spins stecken in einer Zwickmühle und wissen nicht, wie sie reagieren sollen. Die Stuttgarter Forscher fanden nun heraus, dass diese Spins zu den



optischen Eigenschaften beitragen können, obwohl die Elektronen sich nicht mehr bewegen.

Kontakt: Prof. Dr. Martin Dressel, 1. Physikalisches Institut an der Universität Stuttgart, Email: [dressel@pi1.physik.uni-stuttgart.de](mailto:dressel@pi1.physik.uni-stuttgart.de)  
Tel.: 0711-685 64946

Die Fachartikel erschienen im August 2018 in Nature Materials 2018 (<https://doi.org/10.1038/s41563-018-0140-3>) und Physical Review Letters 121, 056402 (2018) (<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.056402>)

Anlage: Foto

Kristallstruktur des Mott-Isolators  $(\text{BEDT-TTF})_2\text{Cu}_2(\text{CN})_3$  als ein Beispiel einer Quanten-Spin-Flüssigkeit, die keine magnetische Ordnung zeigt.

