

Pressemitteilung

Sperrfrist 29.11.2009, 18:00 London Time

Spinone – eingeschlossen wie Quarks Phänomen aus der Teilchenphysik erstmals in fester Materie nachgewiesen

Der Begriff „Confinement“ (räumlicher Einschluss) ist für die moderne Physik von zentraler Bedeutung. Er besagt, dass bestimmte Teilchen nicht isoliert vorkommen. Ganz offensichtlich ist dieses Bauprinzip am Beispiel der Quarks zu erkennen, den Elementarteilchen, aus denen die Protonen und Neutronen bestehen. Prof. Bella Lake vom Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) hat nun zusammen mit einer Gruppe internationaler Wissenschaftler im Experiment nachgewiesen, dass das Prinzip des „Confinement“ auch in kondensierter Materie existiert.

Dem Confinement liegt die Theorie der starken Wechselwirkung zugrunde. Danach sind die Teilchen, zum Beispiel Quarks, durch eine Kraft aneinander gebunden, deren Stärke wächst, je weiter die Teilchen voneinander entfernt sind, also je mehr man versucht, sie zu trennen. Irgendwann wird die aufgewendete Energie so groß, dass sie zur Paarbildung ausreicht. Dabei entsteht ein Quark-Antiquark-Paar.

In den 1990er Jahren hat ein Team um Prof. Alexei Tsvetik vom Brookhaven National Laboratory (USA) eine Theorie entwickelt, nach der ein analoger „Confinement Prozess“ auch in Festkörpern existieren müsste. Die Voraussetzungen dafür hat Tsvetik in so genannten Spin-Leitern gesehen. Bella Lake und Kollegen haben diese Theorie nun erstmals im Experiment bestätigt. Sie berichten darüber in der aktuellen Ausgabe der Zeitschrift *Nature Physics*.

In dem untersuchten Kristall besteht die Spin-Leiter aus Kupferoxid-Molekülen, die zu einer Kette aufgereiht sind. Aufgrund einer starken elektronischen Wechselwirkung bilden zwei solcher Ketten die „Beine“ der Leiter. Das Besondere an den einzelnen Ketten ist, dass sich die Elektronen im Zusammenspiel anders verhalten als einzelne Elektronen. Normalerweise zeichnen sich einzelne Elektronen jeweils durch ihre Elementarladung und ihren magnetischen Spin aus. In der Kette jedoch separieren sich die Eigenschaften Spin und Ladung voneinander. Bella Lake und ihre Kollegen konnten mithilfe von Neutronenstreu-Experimenten nachweisen, was genau passiert: Sobald zwei Kupferoxid-Ketten eine Spin-Leiter bilden, rekombinieren die separierten Spin-Teile in neuartiger Weise. Bella Lake: „Unsere Ergebnisse zeigen, dass die angeregten Spin-Ketten, so genannte Spinone, in ähnlicher Weise wie Quarks eingeschlossen und zusammengehalten werden.“ Auch hier wird - je mehr Energie man aufwendet - die zusammenhaltende Kraft immer stärker bis es schließlich zur Bildung von Spinon-Paaren kommt.

Prof. Alan Tennant, Leiter des Instituts „Komplexe Magnetische Materialien“ am HZB, erläutert den Prozess: „Die Geometrie der Leiter spielt eine wesentliche Rolle: Spinone finden sich immer zu Paaren zusammen, und diese Paarbildung kostet Energie. Sobald sich also Spinone voneinander entfernen, steigt auch der Energiebetrag, der notwendig ist, um ein benachbartes Elektron zur Paarbildung anzuregen. Man kann sich das wie bei einem Gummiband vorstellen. Je weiter es auseinander geht, um so mehr Energie wird für den Zusammenhalt aufgewendet.“ Bella Lake betont die Parallele zur Teilchenphysik: „Diese starke Tendenz, die Spinone zur Paarbildung haben, ist vergleichbar mit den Kräften, die die Quarks zusammenhalten, sodass sie subatomare Teilchen – zum Beispiel Hadronen (zu denen die Protonen und Neutronen gehören) – bilden können.“

Alexei Tsvetik, der die Theorie entwickelt hat, sagt zur Bedeutung des experimentellen Nachweises: „Wie Hadronen gebildet werden, können wir qualitativ sehr gut beschreiben. Jedoch sind viele quantitative Aspekte bis heute nicht verstanden. Zum Beispiel können wir theoretische Parameter nicht in Einklang bringen zu der im Experiment nachgewiesenen Masse von Hadronen. Dies ist einer der Gründe, warum Analogien zu Berechnungen und Experimenten in kondensierter Materie wichtig sind. Sie könnten

Berlin, den 25. 11.2009

Weitere Informationen:

Helmholtz-Zentrum Berlin
Hahn-Meitner-Platz 1
14 109 Berlin

Prof. Bella Lake

Leiterin der Nachwuchsgruppe
Magnetismus und Supraleitung
Tel.: +49/30-8062-2058
bella.lake@helmholtz-berlin.de

Prof. Alan Tennant

Leiter des Instituts Komplexe
Magnetische Materialien
Tel.: +49/30-8062-2741
tennant@helmholtz-berlin.de

Pressestelle:

Dr. Ina Helms
Tel.: +49/30-8062-2034
ina.helms@helmholtz-berlin.de

Artikel in Nature Physics,

DOI: 10.1038/NPHYS1462

Confinement of fractional quantum number particles in a condensed-matter system

Bella Lake, Alexei M. Tsvetik, Susanne Notbohm, D. Alan Tennant, Toby G. Perring, Manfred Reehuis, Chinnathambi Sekar, Gernot Krabbes and Bernd Büchner

Beispiele sein, anhand derer wir das Prinzip des Confinement besser beschreiben könnten.”

Die Neutronen-Experimente haben die Wissenschaftler an magnetischen Kalzium-Kuprat- Kristallen durchgeführt, einer Kupferoxid-Verbindung. Sie wurde im Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden synthetisiert. Die Spin- und Kristallstruktur wurde aus Neutronendaten aufgeklärt, die am Instrument E5 des Forschungsreaktors BER II in Berlin gemessen wurden. Für weitere Neutronen-Experimente wurde eine spezielle Technik zur Untersuchung magnetischer Dynamiken benötigt, die am Rutherford Appleton Laboratory, UK, mit seiner gepulsten Neutronenquelle, ISIS, zur Verfügung stand.

Artikel in Nature Physics, DOI: 10.1038/NPHYS1462

Confinement of fractional quantum number particles in a condensed-matter system

Bella Lake, Alexei M. Tsvelik, Susanne Notbohm, D. Alan Tennant, Toby G. Perring, Manfred Reehuis, Chinathambi Sekar, Gernot Krabbes and Bernd Büchner

Das **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)** betreibt und entwickelt Großgeräte für die Forschung mit Photonen (Synchrotronstrahlung) und Neutronen. Die zum Teil einzigartigen Experimentiermöglichkeiten werden jährlich von mehr als 2.500 Gästen aus Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen weltweit genutzt. Dabei ist das HZB vor allem bekannt, weil einzigartige Probenumgebungen realisiert werden können (hohe Magnetfelder, tiefe Temperaturen). Das HZB betreibt Materialforschung zu solchen Themen, die besondere Anforderungen an die Großgeräte stellen. Forschungsthemen sind Magnetische Materialien und Funktionale Materialien. Im Schwerpunkt Solarenergieforschung steht die Entwicklung von Dünnschichtsolarzellen im Vordergrund, aber auch chemische Treibstoffe aus Sonnenlicht sind ein wichtiger Forschungsgegenstand. Am HZB arbeiten rund 1.100 Mitarbeiter/innen, davon etwa 800 auf dem Campus Lise-Meitner in Wannsee und 300 auf dem Campus Wilhelm-Conrad-Röntgen in Adlershof. Das HZB ist Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V., der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.