

Auslösesignal und Pulsemission eingehalten werden konnte, wurden die Oszillatoren zwischen den Pulsen in einem kontinuierlichen „prelasing“-Betrieb gehalten.

In einem gemeinsamen Kraftakt mehrerer Forschergruppen, die jeweils ihre Expertise auf den Gebieten der Beschleunigerphysik, der Atomphysik sowie den Laser- und Detektortechnologien einbrachten, gelang nach mehreren Fehlversuchen schließlich der Durchbruch. Am Abend des 5. Juli 2009 konnten die Wissenschaftler die gesuchte Resonanz klar nachweisen. Der daraus abgeleitete Wert von 0,84184 Femtometern (ein Femtometer entspricht 0.000 000 000 000 001 Meter) für den Protonenradius ist rund zehnmal genauer als der bisher anerkannte Wert von 0,8768 Femtometern. Doch er steht in so krassem Widerspruch zu demselben, dass auf der Suche nach der Ursache der Diskrepanz derzeit alles auf den Prüfstand gestellt wird: Frühere Präzisionsmessungen, die aufwendigen Rechnungen der Theoretiker, und eventuell könnte sogar die am besten bestätigte physikalische Theorie, die Quantenelektrodynamik, angezweifelt werden. „Bevor wir aber die Gültigkeit

der Quantenelektrodynamik in Frage stellen, müssen erst einmal die Theoretiker prüfen, ob sie sich nicht an der einen oder anderen Stelle verrechnet haben“, meint Randolph Pohl. Einen Hinweis, welche Interpretation die richtige ist, wird möglicherweise das nächste, für 2012 geplante Projekt liefern. Dann wollen die Forscher myonisches Helium spektroskopisch untersuchen und dessen Kernradius bestimmen. Dazu wird vom IFSW der Laser weiter verbessert und an die neuen Anforderungen angepasst werden.

Olivia Meyer-Streng/Paul Pivnicki/amg

*) Die Ergebnisse erschienen am 8. Juli 2010 in der Zeitschrift Nature: Randolph Pohl, Aldo Antognini, Thomas Graf, Franz Kottmann et al., „The size of the proton“, Doi:10.1038/nature09250

KONTAKT

Prof. Thomas Graf
Institut für Strahlwerkzeuge
Tel. 0711/685-66841
e-mail: graf@ifsw.uni-stuttgart.de

unikurier Nr. 106, 2/2010, Universität Stuttgart

QUANTEN-SPINFLÜSSIGKEIT SIMULIERT >>>>

>>>>

Neuer Ansatz für Supraleiter?

Elektronen in einer wabenförmigen Kristallstruktur können einen exotischen Zustand der Materie annehmen, den Physiker als „Quanten-Spinflüssigkeit“ bezeichnen. Forschern der Universitäten Stuttgart und Würzburg ist gelungen, das Auftreten einer Quanten-Spinflüssigkeit in einem realitätsnahen Modell aufzuzeigen. Dazu nutzten die Wissenschaftler um Prof. Alejandro Muramatsu und Dr. Stefan Wessel vom hiesigen Institut für Theoretische Physik III und ihre Würzburger Kollegen um Prof. Fakher Assaad aufwendige Simulationsrechnungen.*)

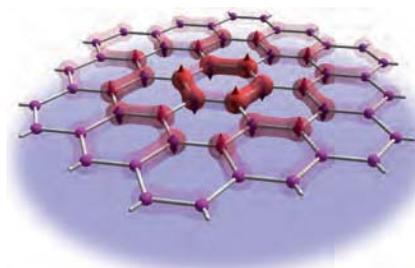
Quanten-Spinflüssigkeiten haben eine besondere Eigenschaft: Bis zum absoluten Nullpunkt von minus 273 Grad Celsius fluktuieren ihre Elektronen (Quantenfluktuationen) und bleiben daher ungeordnet. Die starken Quantenfluktuationen, die nötig sind, um eine „Quanten-Spinflüssigkeit“ zu erzeugen, kommen in der Natur nur sehr selten vor. Den Wissenschaftlern gelang es, sie in einem realistischen Modell nachzuweisen, indem sie die gegenseitige Abstoßung der Elektronen und ihre Quantenfluktuationen in die Simulationsrechnung an modernen Supercomputern mit einbezogen.

Die Quanten-Spinflüssigkeit entsteht in der Nähe des Überganges zwischen den Zuständen „Metall“ und „Mott-Isolator“. In „Mott-Isolatoren“, bei denen aufgrund der Kristallstruktur metallisches Verhalten zu erwarten wäre, verhindert die gegenseitige Abstoßung der Elektronen, dass Strom durch das Material fließt. Am Übergang der zwei Zustände sind die Quantenfluktuationen so stark, dass eine magnetische Ordnung unterdrückt wird, die sonst bei sinkenden Temperaturen entstehen würde. Daher sprechen die Wissenschaftler bei der Quanten-Spinflüssigkeit von einem nicht-magnetischen Mott-Isolator.

Die von den Wissenschaftlern gefundene Quanten-Spinflüssigkeit lässt sich in Materialien erzeugen, in denen die Atome in einer Ebene das Muster einer Honigwabe bilden. Diese Struktur zeigt zum Beispiel Graphen, ein zweidimensionales

Material aus Kohlenstoffatomen, für dessen Entdeckung in diesem Jahr der Nobelpreis vergeben wurde. Gelänge es, in einer solchen Gitterstruktur die Wechselwirkungen zwischen den Elektronen gezielt zu erhöhen, ließe sich der Zustand einer Quanten-Spinflüssigkeit schaffen. Noch vielversprechender als Graphen sind Schichten anderer Elemente der vierten Hauptgruppe, weil sie eine höhere elektronische Wechselwirkung aufweisen. Mit ultrakalten Atomen sollte sich die „Quanten-Spinflüssigkeit“ ebenfalls realisieren lassen, wie das beschriebene Modell der Physiker zum Verhalten von ultrakalten Atomen in optischen Gittern zeigt.

Die Quanten-Spinflüssigkeit ist auch deshalb interessant, weil daraus möglicherweise ein Supraleiter erzeugt werden kann, durch den elektrischer Strom ganz ohne Widerstand und damit verlustfrei fließen kann. Interessant wäre dies für superschnelle Computerchips oder verlustfreie Stromversorgungsnetze. *uk*



Flache und wabenförmige Gitterstruktur an der die Simulation einer so genannten Spinflüssigkeit gelungen ist.

(Abbildung: Thomas Lang)

*) Zi Yang Meng, Thomas C. Lang, Stefan Wessel, Fakher F. Assaad, and Alejandro Muramatsu: „Quantum spin-liquid emerging in two-dimensional correlated Dirac fermions“, Nature 464, 847 (2010)

KONTAKT

Prof. Alejandro Muramatsu
Institut für Theoretische Physik III
Tel. 0711/685-65204
e-mail: mu@itp3.uni-stuttgart.de