



[Home] [FAQ] [Registrieren] [Newsletter] [RSS] [Kontakt] [Partner] [Sitemap] [Suche]

Montag, 16.01.2006

» Findemaschine

QUANTEN OPTIK LASER

Shop

**Physik webweit finden**

Bitte wählen Sie...

## Kondensate mit Paarungsproblemen

23-12-2005

[\[Druckansicht\]](#)  
[\[Kommentieren\]](#)

Login

Ihre E-Mail Adresse

Ihr Passwort:

Passwort vergessen?

Fermionische Supraflüssigkeit auch mit unausgeglichener Spinbesetzung

Einzelgänger sind meist interessanter als Konformisten - das gilt auch im Bereich der Atome. Die Herstellung von Bose-Einstein-Kondensaten aus bosonischen "gleichgeschalteten" Atomen vor zehn Jahren hatte enormes Aufsehen erregt und den drei Pionieren Cornell, Ketterle und Wieman den Physik-Nobelpreis eingebracht. Doch die Kondensation von fermionischen Atomen, die wegen des Pauli-Prinzips einander aus dem Wege gehen, hat sich inzwischen als noch viel interessanter herausgestellt. Jetzt haben die Gruppen von Wolfgang Ketterle am MIT und Randall Hulet an der Rice University in Houston eine Entdeckung mit fermionischen Kondensaten gemacht, die auch Festkörper-, Kern- und Astrophysiker aufhorchen lässt.

Beide Teams benutzten fermionische Lithium-6-Atome, die aus je drei Protonen, Neutronen und Elektronen bestanden. Der Spin der Atome hatte den Wert  $\frac{1}{2}$  und zeigte in einem Magnetfeld in Feldrichtung oder ihr entgegen. Die Atome wurden mit Laserlicht festgehalten und auf weniger als ein Mikrokkelvin abgekühlt. Da sich die Lithiumatome normalerweise anziehen, konnten sich die Atome mit jeweils entgegengesetzten Spins paarweise zu einem bosonischen Molekül verbinden. Bei sehr tiefen Temperaturen bildeten diese Moleküle ein Bose-Einstein-Kondensat (BEC).

In einem starken Magnetfeld ließ sich die Wechselwirkung zwischen den Atomen mit Hilfe einer "Feshbach-Resonanz" so verändern, dass die Atome einander abstießen. Trotzdem war es bei hinreichend tiefer Temperatur möglich, dass je zwei Atome mit entgegengesetztem Spin ein Paar bildeten (ähnlich den Cooper-Paaren der Elektronen in einem Supraleiter), das durch die Wechselwirkung mit den umgebenden Atomen locker zusammengehalten wurde. Diese Atompaaire konnten dann einen suprafluiden Zustand bilden, wie er von der Theorie der Supraleitung beschrieben wird, die auf Bardeen, Cooper und Schrieffer (BCS) zurückgeht.

Durch Veränderung des Magnetfeldes war es also möglich, die Lithiumatome aus dem bosonischen BEC-Zustand in den fermionischen BCS-Zustand zu bringen, wie die Gruppen von Ketterle und Hulet vor einem halben Jahr zeigen konnten. Dass die Kondensate in beiden Zuständen suprafluid waren, hatten Ketterle und seine Mitarbeiter dadurch nachgewiesen, dass sie die Kondensate mit rotierenden Laserstrahlen umgerührt und in Drehung versetzt hatten. Dabei wurde eine regelmäßige Anordnung von quantisierten Wirbeln sichtbar,

» Forschung

**Astro Gravitation**

**Atom Kern Teilchen**

**Bio Chemie Polymer**

**Computer Mathe**

**Festkörper Nano**

**Geo Klima**

**Quanten Optik Laser**

**Förderprogramme**

**Forschungslandkarte**

**Schwerpunkte**

**Reviews & Artikel**

» HighTech

» Forschung

» Studium

» Jobs

» Physik Journal

»

Physik in unserer Zeit

»

Laser Technik Journal

»

NanoS Guide+Journal

» DPG

» Shop

» Termine

» Magazin

» Einstein

» News

» Suche

Produkte & Anbieter

**Physik Journal**

Anbieter

**HORIBA** JOBIN YVON

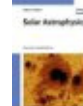
**HORIBA Jobin Yvon GmbH**

**Astrophysik**

Peter V.

Foukal

**Solar**



**Astrophysics**

2nd revised edition

»»

Shop

**Nanotechnologie**



**Nanoelectronics and Information Technology.**

...eine einzigartige Einführung...

»»

Shop

**Photonische Kristalle**



**Photonic Crystals**

Advances in Design, Fabrication, and Characterization

»»

Wie kommt man in das  
Anbieterverzeichnis?

**mehr**

wie sie charakteristisch für einen suprafluiden Zustand mit Drehimpuls ist.

Bei allen bisherigen Experimenten kamen beide Spinausrichtungen gleich häufig vor, so dass jedes Atom einen Partner mit entgegengesetztem Spin finden und sich mit ihm verbinden konnte. Jetzt haben die Teams von Ketterle und Hulet untersucht, wie die Paarung und die Suprafluidität beeinflusst werden, wenn eine der beiden Spinausrichtungen in der Überzahl ist. Eine ähnliche Situation tritt bei der Suprafluidität von Quarks in der dichten Materie des frühen Universums auf, aber auch im Kern von Neutronensternen oder bei exotischen, magnetisierten Supraleitern. Mithilfe der fermionischen Kondensate können die dabei auftretenden Phasenübergänge experimentell detailliert untersucht werden.

Was passierte nun, wenn die anfangs gleichen Spinbesetzungen mithilfe eines Radiofrequenzpulses ins Ungleichgewicht gebracht wurden? Der BEC-Zustand aus bosonischen Molekülen erwies sich dabei als relativ stabil: Auch bei einer (nicht zu) ungleichen Spinbesetzung bildete sich im Zentrum der Atomwolke ein Kondensat aus Molekülen. Die überzähligen fermionischen Atome mit Mehrheitsspin wurden aus dem Kondensat herausgedrängt und umhüllten es. Das Kondensat erwies sich wiederum als suprafluid. Wenn allerdings zu viele überschüssige Spins vorhanden waren, dann wurde dadurch die Bose-Einstein-Kondensation der Moleküle gänzlich verhindert - auch bei beliebig tiefer Temperatur!

Der BCS-Zustand aus gepaarten fermionischen Atomen war fragiler als der BEC-Zustand. Doch auch hier fanden die Forscher ein suprafluides Kondensat, wenn die Spinbesetzungen nicht zu ungleich waren. Die Ketterle-Gruppe hat beobachtet, dass die überzähligen Atome wiederum aus dem Kondensat herausgedrängt wurden, in dem dann beide Spinausrichtungen gleich häufig vorkamen. Wurde das Spingleichgewicht aber zu sehr gestört, so unterschieden sich die Fermi-Energien für die beiden Spinausrichtungen merklich voneinander. Dann gelang es den ungepaarten Atomen, in das Kondensat einzudringen, indem sie die Energielücke überwandern, die den suprafluiden Zustand normalerweise stabilisiert. Diese Invasion ungepaarter Atome ließ das Kondensat zusammenbrechen.

Die Hulet-Gruppe will jedoch Hinweise auf einen exotischen suprafluiden Zustand haben, in dem eine Spinausrichtung häufiger vorkommt als die andere. Hier müsste ein unkonventioneller Paarungsmechanismus am Werk sein. Das Kondensat hätte eine von Null verschiedene Spinpolarisation, wie man sie auch für einen exotischen magnetischen Supraleiter erwarten würde. Das Ketterle-Team ist zwar der Meinung, dass die vom Hulet-Team beobachtete spinpolarisierte Atomwolke nicht suprafluid ist. Aber auch am MIT hofft man, schließlich doch noch ein exotisches suprafluides Fermionen-Kondensat zu finden.

*RAINER SCHARF*

## Weitere Infos

Originalveröffentlichung:

- Martin W. Zwierlein et al.: Fermionic Superfluidity with Imbalanced Spin Populations. Scienceexpress (22.12.2005)  
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1122318>  
<http://xxx.arxiv.org/abs/cond-mat/0511197>
- Guthrie B. Partridge et al.: Pairing and Phase Separation in a Polarized Fermi Gas. Scienceexpress (22.12.2005)  
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1122876>  
<http://xxx.arxiv.org/abs/cond-mat/0511175>
- Forschungsgruppe von Wolfgang Ketterle:  
[http://cua.mit.edu/ketterle\\_group/home.htm](http://cua.mit.edu/ketterle_group/home.htm)
- Forschungsgruppe von Randall Hulet:  
<http://atomcool.rice.edu/>
- Forschungsgruppe von Deborah Jin:  
<http://jilawww.colorado.edu/~jin/>

Weitere Literatur:

- Randall Hulet: Atomic Fermi gases. McGraw-Hill Yearbook of Science & Technology, pp. 19-21, McGraw-Hill, 2004.  
[http://atomcool.rice.edu/Atomic\\_Fermi\\_Gases2004.pdf](http://atomcool.rice.edu/Atomic_Fermi_Gases2004.pdf)
- Markus Greiner, Cindy A. Regal, Deborah S. Jin: Fermi Condensates (2005)  
<http://xxx.arxiv.org/abs/cond-mat/0502539>
- C. A. Regal et al.: Momentum Distribution of a Fermi Gas of Atoms in the BCS-BEC Crossover. Phys. Rev. Lett. **95**, 250404 (2005)  
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.250404>  
<http://xxx.arxiv.org/abs/cond-mat/0507316>
- M. W. Zwierlein et al.: Vortices and superfluidity in a strongly interacting Fermi gas. Nature **435**, 1047 (2005)  
<http://dx.doi.org/10.1038/nature03858>  
<http://xxx.arxiv.org/abs/cond-mat/0505635>
- G.B. Partridge et al.: Molecular Probe of Pairing in the BEC-BCS Crossover. Phys. Rev. Lett. **95**, 020404 (2005)  
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.020404>  
[http://atomcool.rice.edu/Partridge\\_PRL\\_2005.pdf](http://atomcool.rice.edu/Partridge_PRL_2005.pdf)

Copyright © 2001 - 2006

[Datenschutz](#) [Nutzungsbedingungen](#) [Impressum](#) [Webmaster](#)