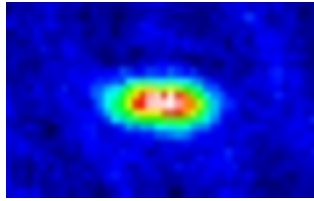


... Und noch näher an den absoluten Nullpunkt



Fotos: W. Ketterle

Was treibt eigentlich einen Forscher zu immer neuen Vorstößen in die uns umgebende Natur, ja sogar darüber hinaus?

Einem US-Forscherteam ist es erstmals gelungen, ein Bose-Einstein-Kondensat zu verwirklichen und damit einen neuen Kälterekord aufzustellen. Die erreichte Temperatur ist 16 millionenmal kälter als die unter natürlichen Bedingungen existierende tiefste Temperatur, nämlich die des Weltraumes.

Für ganze 15 Sekunden ballte sich eine Gaswolke von etwa 2000 Rubidiumatome zu einem „Superatom“ zusammen. Das funktionierte deshalb, weil die Bewegung der Rb-Atome nicht ungeordnet, wie üblicherweise, sondern exakt im gleichen Takt erfolgte. Beim Unterschreiten einer bestimmten, sehr niedrigen Temperatur wird ein Zustand erreicht, in dem alle Teilchen die niedrigste mögliche Energie haben. Die Atome „kondensieren“. Dieses Phänomen, nach seinen Entdeckern die Bose-Einstein-Kondensation genannt, tritt nur in unmittelbarer Nähe des absoluten Nullpunktes auf.

Am absoluten Nullpunkt, bei Null Grad Kelvin oder nach der Celcius-Einteilung bei $-273,15^{\circ}\text{C}$, ist jegliche Bewegung von Teilchen unmöglich. Dieser Zustand wird nie erreicht werden, aber der Drang der Forscher läßt den Abstand zum absoluten Nullpunkt immer geringer werden.

Den neuen Kälterekord erzielte ein Forscherteam um C. E. Wiemann und E. A. Cornell im Labor des National Institute of Standards and Technology in Colorado, Boulder/ USA. In ihren Experimenten bremsten sie sukzessive die



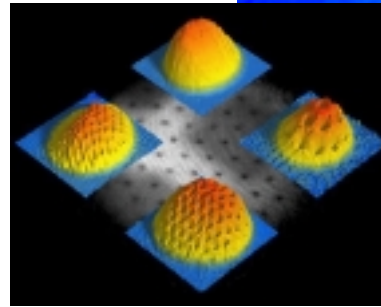
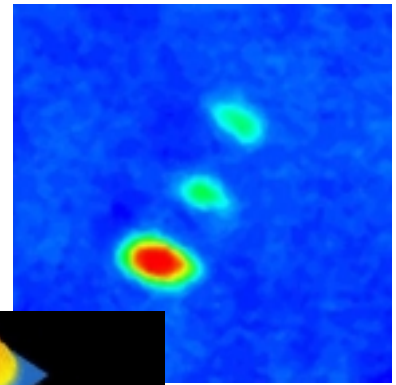
„Welt“-Temperaturskala

Ein rein optisch hergestelltes Bose-Einstein-Kondensat aus Rubidiumatomen, wie es Forscher am Georgia Institute of Technology herstellten

© Georgia Institute of Technology

Bewegung und damit die Temperatur der Atome mit Laserstrahlen und Magnetfallen ab. Das klingt einfach, ist es aber nicht. Vielfältige apparative Aufwendungen und eine Menge Tricks gehörten dazu, um die Atome zu überlisten. Bei einem äußerst geringen Partialdruck wurden 10^7 Atome des Isotops ^{87}Rb in einer magnetooptischen Falle eingefangen und abgebremst. Nach Kompression, Laserkühlung und Spinpolarisation wurde das Gas zur Verdampfungskühlung in eine spezielle magnetische Quadrupolfalle (der ein homogenes, rotierendes Magnetfeld überlagert ist), die sogenannte TOP-Falle (Time-averaged, Orbiting Potential) geleitet. Durch Optimierung der Versuchsparameter konnte die Kondensation der Rubidium-Atome bei 0,000 000 17 Kelvin (170 Nanokelvin) erreicht werden. Nach adiabatischer Expansion wurde (bei geringerer Dichte) sogar eine Temperatur bis hinab zu 20 nK ermittelt.

Der wissenschaftliche Hintergrund dieses spektakulären Ergebnisses bildet die sogenannte „Bose-Einstein-Kondensation“ eines idealen Gases. Der zugrundeliegende Effekt wurde auf der Basis quantenstatistischer Betrachtungen 1924 von D. Bose an Photonen gefunden und im gleichen Jahr von A. Einstein für beliebige Teilchen verallgemeinert. Gegenstand der theoretischen Voraussage war, daß Teilchen mit ganzzahligem Drehimpuls, die Bosonen, bei sehr hoher Dichte oder sehr tiefer Temperatur oder beides in einem gemeinsamen Quantenzustand kondensieren können. Es ist nichts anderes als der Übergang, das „Sammeln“ aller Teilchen in einem gleichen energetischen Zustand, der der niedrigsten möglichen Energie entspricht. Nur in der Bose-Einstein-Statistik



In diesem Bose-Einstein-Kondensat aus Natriumatomen bilden sich viele kleine Wirbelchen aus.

© Jet Propulsion Laboratory

ist eine solche Kondensation überhaupt möglich, da im Gegensatz zur Fermi-Statistik, bei der die Teilchen (Fermionen) einen halbzahligen Spin aufweisen, hier ein Zustand gleicher Energie beliebig oft besetzbar ist.

Bisher blieb der experimentelle Beweis für diese Voraussage aus, ja, er schien sogar aufgrund der interatomaren van-der-Waals-Wechselwirkung, der die Atome unterliegen, unmöglich. Deshalb ist dieses Ergebnis für die Forschung sehr bedeutsam, eröffnet es doch völlig neue, interessante Forschungsbereiche der Physik.

Seit dem Erreichen des Kältereordes bzw. dem erstmaligen experimentellen Nachweis der Bose-Einstein-Kondensation eines nahezu wechselwirkungsfreien Gases vor einem Jahr haben weitere Forschergruppen die Bose-Einstein-Kondensation auch an anderen Systemen erfolgreich verwirklichen können. Es bleibt abzuwarten, wie sich diese neuen Forschungsergebnisse in praktische Anwendungen umsetzen lassen.

Dr. Christine Ritschel
WiTec-Public Relations, Karlsruhe