

Pressemitteilung

Schnittstelle zwischen zwei Welten: Atome gekoppelt an mikromechanischen Oszillator

Ultrakalte Atomwolken und mechanische Oszillatoren gehörten bisher zu unterschiedlichen Welten der Physik. LMU-Forscher haben nun erstmals ein atomares Bose-Einstein-Kondensat an die Schwingungen eines mikromechanischen Oszillators gekoppelt. Durch solch kontrollierte Wechselwirkung möchte man künftig mechanische Oszillatoren auf Quantenniveau steuern, was zu Anwendungen in der Quanteninformationsverarbeitung oder als neuartige Sensoren für kleinste Kräfte führen könnte.

Bose-Einstein Kondensate (BECs) aus ultrakalten elektrisch neutralen Atomen sind ein Musterbeispiel für ein Quantensystem, das mit ausgefeilten Techniken manipuliert und dabei in hohem Maß von störenden Umwelteinflüssen isoliert werden kann. Das macht es möglich, fragile Quantenzustände im BEC zu erzeugen und über viele Sekunden am Leben zu erhalten. Eine spannende Fragestellung ist, in wie weit sich dieses hohe Maß an Kontrolle auf andere Systeme wie z.B. mikromechanische Oszillatoren übertragen lässt. Solche mikroskopischen Schwingungssysteme können bei tiefen Temperaturen ebenfalls Quanteneffekte zeigen, so dass bei geeignet starker Kopplung von Atomen an einen Oszillator ein neuartiges, hybrides Quantensystem geschaffen werden könnte. Dies würde z.B. kohärente Energie- oder Informationsübertragung zwischen den beiden Teilsystemen erlauben und die quantenmechanische Verschränkung zwischen Atomen und Oszillator ermöglichen. In der Anwendung mikromechanischer Oszillatoren als Kraftsensoren könnte dies zu erhöhter Empfindlichkeit führen.

Im Rahmen des Exzellenzclusters Nanosystems Initiative Munich (NIM) haben nun Wissenschaftler der LMU München, des MPQ Garching und der ENS Paris einen ersten Schritt in diese neue Forschungsrichtung gemacht und ein BEC an die Schwingungen eines Mikrooszillators gekoppelt. In ihrem Experiment verwenden die Forscher der Arbeitsgruppen von Prof. Philipp Treutlein und Prof. Theodor W. Hänsch, Prof. Jörg P. Kotthaus und Prof. Jakob Reichel einen sogenannten Atom-Chip - einen Chip mit stromdurchflossenen, mikroskopischen Golddrähten - um magnetische Fallenpotentiale für Atome zu erzeugen. Der Chip trägt zusätzlich einen mikroskopischen Balkenoszillator wie er z.B. in der Rasterkraftmikroskopie zum Einsatz kommt. Mit den Magnetfallen des Atom-Chips wird nun ein BEC erzeugt und in die Nähe des Oszillators gebracht.

„Bei kleinen Abständen von ungefähr einem Mikrometer vermitteln Atom-Oberflächenkräfte wie die Casimir-Polder Kraft eine Anziehung zwischen Atomen und Oszillator und ermöglichen dadurch eine Kopplung zwischen den Schwingungen des Oszillators und der Atome“, erklärt David Hunger, der als Doktorand an dem Experiment arbeitet. „Dies ist ganz ähnlich wie in einem System aus zwei

schwingenden Pendeln mit extrem unterschiedlicher Masse, die mit einer Feder verbunden sind.“

„Über die Kopplung werden kollektive Schwingungen der Atome in der Magnetfalle angeregt - auf diese Weise können die Schwingungen des Oszillators mit Hilfe der Atome detektiert werden“, ergänzt Stephan Camerer, ebenfalls Doktorand an dem Münchner Experiment. „Da die Atome nur bei ganz bestimmten Frequenzen anschwingen, lässt sich die Kopplung der Schwingungssysteme über das Auftreten von scharfen Resonanzen beobachten, die sich durch Anpassen der Magnetfalle einstellen und damit kontrollieren lassen.“

Der bisher verwendete Balkenoszillator ist zweihundert Mikrometer lang und wird für die Messungen zu Schwingungen mit einer Amplitude von mehreren Nanometern angeregt. Bei Verwendung von nanoskaligen Oszillatoren wie z.B. einem Kohlenstoff-Nanoröhrchen könnten mit dieser Methode jedoch in Zukunft auch noch Schwingungen mit extrem kleinen Amplituden - in der Nähe des Quantenrauschens - nachgewiesen werden. Dazu muss das Experiment bei äußerst niedrigen Temperaturen durchgeführt werden. Unter solchen Bedingungen beeinflussen die Atome das Nanoröhrchen so stark, dass sie z.B. ihre Quantenzustände auf das Nanoröhrchen übertragen können.

Publikation:

“Resonant Coupling of a Bose-Einstein Condensate to a Micromechanical Oscillator”;

David Hunger, Stephan Camerer, Theodor W. Hänsch, Daniel König, Jörg P. Kotthaus, Jakob Reichel, Philipp Treutlein;

Physical Review Letters, published online April 9, 2010

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Philipp Treutlein
LMU München, Fakultät für Physik
Schellingstr. 4/III, 80799 München
Tel.: +49-(0)89-2180-3937
E-Mail: treutlein@lmu.de
<http://www.munichatomchip.de>