

°°° SPERRFRIST: Mittwoch, 1. November 2006, 19.00 Uhr MEZ °°°

Wichtiger Schritt in Richtung Quanten-„Mechanik“

Wiener Quantenphysiker um Anton Zeilinger und Markus Aspelmeyer haben eine neue Methode zur Kühlung von mikromechanischen Systemen mit Laserlicht demonstriert. Mit dem Verfahren könnten sich in naher Zukunft vielleicht sogar Quantenphänomene an makroskopischen Systemen beobachten lassen. Die Forscher berichten darüber in der aktuellen Ausgabe der Zeitschrift NATURE.

Schwingende mechanische Systeme, wie beispielsweise eine Gitarrensaite oder ein Sprungbrett, verhalten sich im Alltag nach den Regeln der klassischen Physik. Man erwartet allerdings, dass bei extrem tiefen Temperaturen ihre Quantennatur zum Vorschein kommt – aus der Mechanik, der Bewegung klassischer Körper, wird Quanten-Mechanik. Die dazu notwendigen Temperaturen konnten bislang für solche Systeme im Labor noch nicht erreicht werden. Diesem Ziel ist man nun einen Schritt näher gekommen. Einem internationalen Team von Wissenschaftlern rund um Anton Zeilinger und Markus Aspelmeyer gelang die Demonstration einer neuen Kühlmethode, mit deren Hilfe sich mikromechanische Systeme unter Einwirkung von Laserlicht „selbständig“ kühlen – derzeit von Raumtemperatur bis auf 10 Kelvin (rund -260 °C). Eine Weiterentwicklung dieser Methode sollte in Zukunft Experimente erlauben, die zeigen werden, ob und wie Quantenphänomene auch makroskopische Objekte dominieren können.

Selbständige Kühlung

Für das Experiment stellten die Forscher zunächst mikroskopisch kleine Spiegel her, mit einer Länge von knapp 500 Mikrometern (ein halber Millimeter), einer Breite von 100 Mikrometern und einer Dicke von 3 Mikrometern. Unter dem Mikroskop sind diese Spiegel gut sichtbar. Diese wurden so befestigt, dass sie – ähnlich einer Gitarrensaite – frei schwingen konnten. Aufgrund des geringen Gewichts von nur wenigen hundert Nanogramm (Milliardstel Gramm) genügen bereits die Lichtteilchen (Photonen) eines Laserstrahls, um den mikromechanischen Spiegel zu beeinflussen. Eine Kühlung des Spiegels erreicht man, wenn die Photonen mit einer bestimmten Verzögerung auf den Spiegel treffen und so seine Bewegung dämpfen. Im Prinzip ist das analog zu einem federnden Sprungbrett im Schwimmbad, das man durch geschicktes Gegenfedern zur Ruhe bringen kann. Im Experiment bildet der Mikrospiegel ein Ende eines optischen Resonators, mit dessen Hilfe einfallendes Laserlicht an den schwingenden Spiegel gekoppelt wird. Die von dem Laser ausgesandten Photonen werden von dem Mikrospiegel reflektiert. Ist der Resonator nicht perfekt auf die Wellenlänge des einfallenden Laserlichts gestimmt, man spricht von einer gezielten „Verstimmung“ (Detuning), dann nehmen die reflektierten Photonen einen Teil der Bewegungsenergie des Mikrospiegels auf: der Spiegel wird gekühlt. Da der Resonator den Druck der Photonen automatisch regelt, funktioniert diese Kühlung völlig selbständig.

Makroskopische Systeme im Visier

Dieser auf Lichtdruck basierende Mechanismus ist verwandt mit dem Prinzip der Laserkühlung, das bereits seit Jahren sehr erfolgreich zum Kühlen von wenigen Atomen oder kleinen Atomwolken verwendet wird. Die Wiener Experimentalphysiker konnten dieses Prinzip nun erstmals auf ein massives System anwenden, das aus 10^{16} Atomen besteht und bereits mit dem bloßen Auge sichtbar ist. Die Frage im Hintergrund, die schon Quantenphysiker wie Erwin Schrödinger beschäftigte, ist, ob das Verhalten solcher „alltäglichen“ Objekte auch von der Quantenphysik dominiert sein kann.

Die Wissenschaftler erwarten, dass sich durch ihre neue Kühlmethode mit noch hochwertigeren Materialien in naher Zukunft solche Experimente zur Erforschung von Quantenphänomenen an makroskopischen Systemen durchführen lassen.

Die Forschungsergebnisse sind das Resultat einer Zusammenarbeit mit den Gruppen von Dieter Bäuerle an der Universität Linz (Österreich) und Keith Schwab am Laboratory for Physical Sciences, Maryland und an der Cornell University, New York (USA). Durchgeführt wurde das Experiment am Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien. Unterstützt wurden die Forscher dabei vom Österreichischen Wissenschaftsfonds (FWF), dem Netzwerk MNA der Austrian NANO Initiative, der Stadt Wien und dem Foundational Questions Institute (FQXi).

Bitte beachten Sie die Sperrfrist: Mittwoch, 1. November 2006, 19.00 Uhr MEZ!

Referenz: <http://www.nature.com/nature/index.html>

Nature **444**, 7115 (2. November 2006);

S. Gigan, H. R. Böhm, M. Paternostro, F. Blaser, G. Langer, J.B. Hertzberg, K. C. Schwab, D. Bäuerle, M. Aspelmeyer, A. Zeilinger: **Self-cooling of a micro-mirror by radiation pressure**

Reprints können online unter: <http://www.nature.com/reprints/index.html> bestellt werden.

Bilder finden Sie unter: <http://www.iqoqi.at/media/download/>

Informationen zu den Autoren unter: <http://www.iqoqi.at> bzw. <http://www.quantum.at>

Rückfragehinweis:

Mag. Ursula Gerber

Inst. f. Experimentalphysik

Universität Wien

Boltzmannngasse 5

1090 Wien

ursula.gerber@univie.ac.at

+43 1 4277 51205