

Garching, 2. Februar 2012

Presse-Information

Eine Quantenverbindung zwischen Licht und Mechanik

Forscher an der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL, Schweiz) und dem Max-Planck-Institut für Quantenoptik (Garching bei München) haben ein mikroskopisches System entwickelt, in dem elektromagnetische Schwingungen, sprich Licht, in mechanische Schwingungen – und wieder zurück – umgewandelt werden. Die Wechselwirkung zwischen Licht und Mechanik ist dabei im Prinzip stark genug, um auch exotische Quantenzustände des Lichts auf den mechanischen Oszillator übertragen zu können (Nature, 2. Februar 2012).

Seit dem frühen 20. Jahrhundert ist bekannt, dass den uns bekannten physikalischen Gesetzen letztlich die Quantentheorie zugrunde liegt, welche auch einige seltsame Phänomene vorhersagt: Ein Objekt kann z.B. gleichzeitig an zwei Orten sein. Außerdem ist es ständig ein wenig in Bewegung, selbst am absoluten Temperaturnullpunkt. Dies wird auch als sein Quantengrundzustand bezeichnet. Im Alltag machen sich diese quantenmechanische Effekte normalerweise nicht bemerkbar: Sie können nur in gut isolierten Systemen beobachtet werden, deren Kopplung an die Umgebung extrem schwach ist.

Da sich bei größeren Objekten ein Kontakt mit der Umgebung nicht vermeiden lässt, treten Quanteneffekte nicht mehr in Erscheinung, wegen eines als Dekohärenz bezeichneten Phänomens. Bis vor kurzem konnten Wissenschaftler Quanteneffekte daher nur an extrem kleinen Systemen, wie einzelnen Molekülen oder Atomen, beobachten. Nun hat eine Forschungsgruppe um Prof. Tobias Kippenberg vom Laboratory of Photonics and Quantum Measurement (EPFL und MPQ) gezeigt, dass sogar der Bewegungszustand von Objekten, die mit bloßem Auge zu sehen sind, mithilfe von Licht in so kurzer Zeit kontrolliert werden kann, dass er durch Dekohärenzprozesse nicht verändert wird. Damit lassen sich in Zukunft exotische Quantenzustände in der Bewegung solcher mechanischen Objekte verwirklichen.

Bei dem Objekt handelt es sich um einen auf einem Mikrochip gefertigten Glasring mit einem Durchmesser von 30 Mikrometern (etwa die Hälfte eines Haardurchmessers). So wie ein Weinglas beim Anstoßen klingt, d.h. Schallwellen aussendet, so hat auch dieser Glasring wohl definierte Eigenschwingungen. Gleichzeitig dient er auch als eine Art Rennbahn für Licht, das immer wieder im Ring umläuft. An jeder Kurve überträgt das Licht einen kleinen Impuls auf die Glasoberfläche, was man auch als Strahlungsdruck bezeichnet. So gering der Effekt pro Umlauf auch ist, so summiert er sich doch zu einer bemerkbaren Größe auf, da das Licht bis zu einer Million Mal umläuft. Die resultierende Kraft kann den Ring daher in Bewegung versetzen, aber auch seine Eigenschwingungen dämpfen.

Extrem tiefe Temperaturen sind die Voraussetzung dafür, das Quantenregime zu erreichen, da Quanteneffekte ansonsten von thermischen Fluktuationen überdeckt werden. Deshalb wird der Mikrotorus in einem Kryostaten platziert, der die Struktur auf weniger als 1 Kelvin abkühlt. Koppelt man Licht ein, so lässt sich die Bewegung mittels des Strahlungsdrucks noch einmal um den Faktor hundert verringern, so dass sich der Glasring die meiste Zeit im Quan-

Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Olivia Meyer-Streng

Tel.: 089 / 32 905-213
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de

Hans-Kopfermann-Str. 1
D-85748 Garching

Tel.: 089 / 32 905-0
Fax: 089 / 32 905-200

tengrundzustand befindet. Noch wichtiger aber ist, dass die Wechselwirkung zwischen Licht und mechanischer Oszillatorschwingung so stark werden kann, dass beide eine unzertrennliche Verbindung eingehen. Eine kleine Anregung in Form eines Lichtpulses kann dann vollständig in kleine Vibrationen und wieder zurück umgewandelt werden. Die Gruppe um Tobias Kippenberg hat es erstmals geschafft, diese Umwandlung von Licht in Bewegung in so kurzer Zeit stattfinden zu lassen, dass die Quanteneigenschaften des ursprünglichen Lichtpulses nicht durch Dekohärenz verloren gehen.

Sie zeigt so die Möglichkeit auf, die Quanteneigenschaften der mechanischen Oszillatorbewegung zu steuern und die seltsamen quantenmechanischen Eigenschaften auch an von Menschen gefertigten Objekten zu beobachten. Darüber hinaus könnten die mechanischen Oszillatoren als Schnittstellen dienen, um Quantensysteme unterschiedlichster Natur über durch Glasfaser geleitetes Licht zu koppeln. [EV]

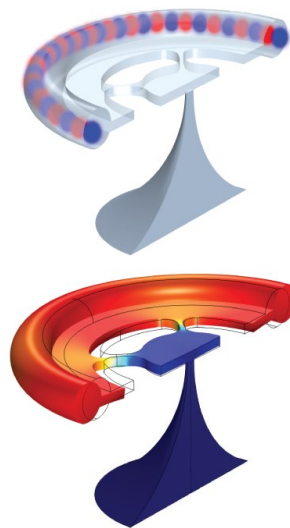
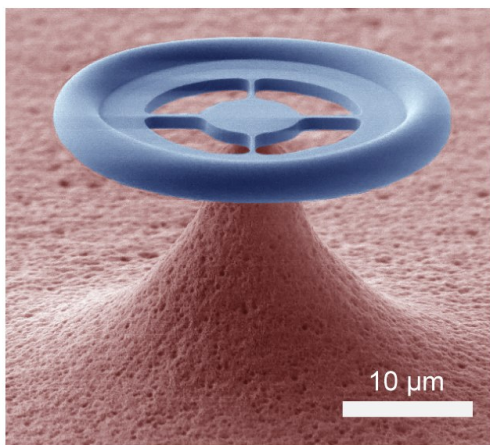


Abb.: Links: Elektronenmikroskopische Aufnahme des Glasrings, der kleiner als ein Haardurchmesser ist. Er ist über vier Speichen mit dem Trägerchip verbunden um sicherzustellen, dass die Struktur lange Zeit vibrieren kann, ähnlich einer guten Stimmgabel. Licht kann in diesem Ring bis zu einer Million Mal zirkulieren. Rechts oben: Wenn das Licht an die äußere Oberfläche stößt, übt es eine kleine Kraft auf diese aus, die die Schwingungen des Rings beeinflusst. Rechts unten: Die Struktur vibriert radial, d.h. der Ring dehnt sich und zieht sich wieder zusammen, mit einer Frequenz von 78 Millionen Schwingungen pro Sekunde. (Grafik: MPQ, EPFL)

Originalveröffentlichung:

E. Verhagen, S. Deléglise, S. Weis, A. Schliesser, Tobias J. Kippenberg

Quantum-coherent coupling of a mechanical oscillator to an optical cavity mode

Nature, 2. Februar 2012.

Kontakt:

Prof. Tobias J. Kippenberg (PhD)

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

(Swiss Federal Institute of Technology Lausanne)

Associate Professor

Tel.: + 41 - 21 / 69 34428 (CH) / +41 795350016

E-Mail: tobias.kippenberg@epfl.ch

<http://k-lab.epfl.ch/>