



**BITTE BEACHTEN SIE DIE SPERRFRIST:  
MITTWOCH, 5. MÄRZ 2008, 19 UHR!**

## **PRESSEINFORMATION**

### **FORSCHUNG**

#### **Lichte Momente mit Kühleffekt – Quantensprünge im mechanischen System gesucht**

**München, 5. März 2008** — Licht wird nicht nur von Materie absorbiert oder gestreut, sondern übt auch mechanische Kräfte aus. So kann der Strahlungsdruck des Lichts eine kleine „Lichtmühle“ drehen, ein „Sonnensegel“ im Weltall in Bewegung setzen oder auch den Schweif eines Kometen wegdrücken. Besonders starke Effekte werden sichtbar, wenn das Licht in optischen Resonatoren eingesperrt wird. Darin sind zwei Spiegel so angeordnet, dass Licht möglichst oft zwischen ihnen reflektiert wird, was die Lichtintensität um ein Vielfaches erhöht. Ist einer der beiden Spiegel etwa auf einen Schwingbalken montiert und damit beweglich, kann er sogar vom Lichtdruck beeinflusst werden. LMU-Forscher haben bereits 2004 allein mit Hilfe der Lichtkräfte einen solchen Balken auf eine Temperatur abgekühlt, die um einen Faktor 20 unter der Raumtemperatur lag. Ein internationales Team um die experimentell forschende Gruppe von Jack Harris und den Theoretiker Steve Girvin von der US-amerikanischen Yale University konnte jetzt die optischen und mechanischen Eigenschaften eines derartigen experimentellen Aufbaus entscheidend verbessern. Ebenfalls an dem Projekt beteiligt war der Theoretiker Dr. Florian Marquardt vom Department für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München. Wie die Wissenschaftler in der aktuellen Ausgabe der Fachzeitschrift „Nature“ berichten, wurde dank des neuen Systems ein Kühleffekt von fast einem Faktor Fünfzigtausend nachgewiesen: Das ist ein neuer Rekord und ein wichtiger Schritt auf dem Weg, künftig „Quantensprünge“ der Schwingungszustände makroskopischer Objekte zu messen.

„Die Wechselwirkung zwischen Licht und Materie hat die Entwicklung der Physik seit ihren Anfängen begleitet“, berichtet Marquardt. „Dabei weiß man auch schon lange, dass Licht selbst mechanische Kräfte ausüben kann, die in einem optischen Resonator verstärkt werden. Solche Systeme

Luise Dirscherl (Leitung)

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706  
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656  
[dirscherl@lmu.de](mailto:dirscherl@lmu.de)

Infoservice:  
+49 (0)89 2180 - 3423

Geschwister-Scholl-Platz 1  
80539 München  
[presse@lmu.de](mailto:presse@lmu.de)  
[www.lmu.de](http://www.lmu.de)

**Kommunikation und Presse**

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706  
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656  
[dirtscherl@lmu.de](mailto:dirscherl@lmu.de)

**Infoservice:**  
**+49 (0)89 2180 - 3423**

werden seit den 70er Jahren untersucht. Erst in jüngster Zeit aber werden kleinere, leichter schwingende Aufbauten genutzt, wie sie in der Mikro- und Nanophysik gefertigt werden. In diesen Systemen sind die Lichteffekte besonders ausgeprägt.“ In der vorliegenden Arbeit zeigt Marquardt nun in Zusammenarbeit mit Forschern der US-amerikanischen Yale University, wie ein erweiterter Aufbau zu deutlich verbesserten Ergebnissen führen kann – und so völlig neue Perspektiven eröffnet. So könnten damit möglicherweise bald schon makroskopische Objekte erstmals in den quantenmechanischen Zustand tiefster Schwingungsenergie abgekühlt werden, um dann etwa die Schwingungsquantenzahl zu messen. Die Quantenmechanik untersucht und beschreibt Teilchen auf atomarer und subatomarer Ebene, die sich in ihren Eigenschaften und ihrem Verhalten vielfach unterscheiden von den makroskopischen Objekten der Alltagswelt.

Bei dem neuen Ansatz wird eine halbtransparente Membran in die Mitte des optischen Resonators eingeführt. Dessen optische Elemente, also die Spiegel, sind dann – anders als bei herkömmlichen Systemen – von dem mechanischen Element, der Membran, getrennt. „Damit erzielen wir eine um Größenordnung verbesserte Qualität optischer und mechanischer Eigenschaften“, so Marquardt. „In der Praxis bedeutet das, dass wir selbst mit dem jetzt schon existierenden Aufbau einen Kühleffekt von fast dem Faktor Fünftausend nachweisen konnten. Noch wichtiger als dieser Rekord und die technischen Verbesserungen ist aber die Tatsache, dass dieser Aufbau im Prinzip dazu verwendet werden kann, gequantelte Schwingungszustände eines makroskopischen Objekts zu messen, in diesem Fall ist das die schwingende Membran.“ Es sind die besonderen Eigenschaften des Aufbaus, die dies ermöglichen: Im optischen Resonator bildet sich durch die vielfache Reflektion des Lichts eine stehende Lichtwelle aus. Je nachdem, an welcher Position dieser stehenden Welle sich die Membran genau befindet, ist ihr Effekt auf die optische Resonanzfrequenz verschieden. Der Effekt ist am stärksten, wenn sie sich an einem Intensitätsmaximum befindet, und am schwächsten an einem Minimum.

Mathematisch ausgedrückt: In der Nähe eines Maximums oder Minimums hängt die optische Resonanzfrequenz nicht mehr direkt linear von der Auslenkung der schwingenden Membran ab, sondern vom Quadrat der Auslenkung. Im Zeitmittel liefert das Quadrat der Auslenkung ein Maß für die Energie der Membran, was dann auf optischem Wege gemessen werden kann. In der quantenmechanischen Analyse dieses Messprozesses übersetzt sich die Energie direkt in die Zahl der in der Membran gespeicherten Schwingungsquanten, so dass diese direkt nachgewiesen werden könnte. „Bis zur Realisierung einer solchen Messung sind aber noch weitere Verbesserungen am Aufbau und am Abkühlverfahren notwendig“, betont Marquardt. „Trotzdem ist das eine aufregende Perspektive, weil es zum ersten Mal ermöglichen würde, ‚Quantensprünge‘ zwischen den Schwingungszuständen eines makroskopischen Objekts nachzuweisen. Experimente dieser Art konnten

bisher nur zum Beispiel an einzelnen Elektronen durchgeführt werden, und nicht an Objekten, die viele Billionen Mal schwerer sind.“

Auf deutscher Seite wurde das Projekt gefördert vom Sonderforschungsbereich (SFB) 631 „Festkörperbasierte Quanteninformationsverarbeitung: Physikalische Konzepte und Materialaspekte“ sowie vom Exzellenzcluster „Nanosystems Initiative Munich“ (NIM). Florian Marquardt ist Leiter einer Nachwuchsgruppe im Rahmen des Emmy-Noether-Programms der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) am Arnold-Sommerfeld-Zentrum für Theoretische Physik der LMU.

**Publikation:**

“Strong dispersive coupling of a high finesse cavity to a micromechanical membrane”,

J.D. Thompson, B.M. Zwickl, A.M. Jayich, Florian Marquardt, S.M. Girvin & J.G.E. Harris,

Nature, 6. März 2008

**Ansprechpartner:**

Dr. Florian Marquardt

Lehrstuhl für theoretische Festkörperphysik, Department für Physik der LMU

Tel.: 089 / 2180 – 4591

Fax: 089 / 2180 – 4155

E-Mail: [Florian.Marquardt@physik.lmu.de](mailto:Florian.Marquardt@physik.lmu.de)

Web: [www.theorie.physik.uni-muenchen.de/~florian/](http://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/~florian/)

**Kommunikation und Presse**

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706

Telefax +49 (0)89 2180 - 3656

[dirschler@lmu.de](mailto:dirschler@lmu.de)

**Infoservice:**

+49 (0)89 2180 - 3423