

Über Licht wird eine vibrierende Membran mit einer Wolke aus Atomen zu einem Regelkreis gekoppelt. Die Temperatur der beiden unterschiedlichen Quantensysteme bestehend aus der Membran und den Spins der Elektronen reguliert sich so gegenseitig. Bild: Universität Basel, Departement Physik

Quantensysteme ☆☆☆☆  
**MATERIE AUS DISTANZ KÜHLEN**

02.02.2022 | Forschende der Universität Basel können zwei Quantensysteme über eine Distanz von einem Meter zu einem Regelkreis verbinden. In diesem Regelkreis wird das eine Quantensystem (eine vibrierende Membran) durch das andere Quantensystem (eine Wolke von Atomen) gekühlt. Die beiden Systeme sind über Laserlicht miteinander gekoppelt. Derartige Schnittstellen, an denen Quantensysteme unterschiedlicher Natur auch über vergleichsweise große Distanzen interagieren, sind für zukünftige Quantentechnologien von großer Bedeutung.

TAGS | QUANTENTECHNOLOGIE REGELKREIS NULLPUNKT UNIVERSITÄT BASEL

Das Prinzip der Rückkopplung kennen wir alle: Mithilfe eines Thermostaten an der Heizung regeln wir die Raumtemperatur. Der Thermostat misst die aktuelle Temperatur, gleicht diese mit einem Sollwert ab und regelt je nach Messwert den Durchfluss der Heizung. Solche Regelkreise begegnen uns in zahlreichen Bereichen des Alltags und der Technik.

Auch in der Quantenwelt sind Regelkreise nützlich, um ein System in einen gewünschten Zustand zu bringen. Oft ist es beispielsweise erforderlich bei sehr tiefen Temperaturen nahe des absoluten Nullpunkts zu arbeiten, um die sensiblen Effekte der Quantenwelt beobachten und für neue technologische Anwendungen nutzen zu können. In der Welt der Quanten, in der so Vieles anders ist als in der uns vertrauten makroskopischen Welt, funktioniert die klassische Rückkopplung, bei der eine Messung innerhalb eines Regelkreises notwendig ist, jedoch nur eingeschränkt.

In Quantensystemen führt nämlich allein schon die Messung zu einer Veränderung des Systems und somit zu einer unkontrollierten Rückwirkung. Um ein Quantensystem zu kühlen, nutzen Forschende um Prof. Dr. Philipp Treutlein vom Departement Physik und Swiss Nanoscience Institute der Universität Basel daher erstmals das Prinzip der kohärenten Rückkopplung und veröffentlichten die Ergebnisse im Fachjournal Physical Review X.

**Kontrolle ohne Messung**  
 Bei der kohärenten Rückkopplung interagieren zwei Quantensysteme miteinander. Da eines der Systeme als Kontrolleneinheit des anderen Systems fungiert, ist keine Messung erforderlich. Stattdessen wird das Kontrollsystem so eingestellt, dass es das Zielsystem durch quantenmechanisch kohärente Wechselwirkung in einen gewünschten Zustand bringt.

Ganz konkret haben die Forschenden mit Atomen als quantenmechanisches Kontrollsystem die Temperatur einer makroskopischen, aber sehr dünnen vibrierenden Membran gesteuert. Dazu wird zunächst der Eigendrehimpuls der Atome in einer wohldefinierten Richtung ausgerichtet, was einem sehr kalten Zustand nahe des absoluten Nullpunkts entspricht. Die Membran hingegen vibriert aufgrund ihrer hohen Temperatur stark. Durch quantenmechanische Wechselwirkung tauschen Atome und Membran ihre Zustände – die Membran wird kalt, ihre Energie wurde an die Atome übertragen. Diese können mit Laserlicht aber sehr schnell wieder in den Ausgangszustand zurückversetzt und für eine erneute Energieübertragung von der Membran vorbereitet werden.

Mithilfe dieser kohärenten Rückkopplung ist es den Forschenden gelungen, innerhalb eines Bruchteils einer Millisekunde die Temperatur der oszillierenden Membran von Raumtemperatur auf 200 Millikelvin (-272,95 °C), also eine Temperatur nahe des absoluten Nullpunkts, zu kühlen.

„Aufgrund der Interaktion der beiden Systeme schieben wir die Membran in den kalten Zustand“, erklärt Doktorand Gian-Luca Schmid, der zusammen mit Chun Tat Ngai, ebenfalls Doktorand bei Treutlein, Erstautor der Studie ist. „Faszinierend bei den Untersuchungen ist, dass wir ein makroskopisches mit einem atomaren Quantensystem über eine recht große Distanz koppeln und steuern können“, kommentiert Treutlein.

**Verzögerungen trotz Lichtgeschwindigkeit**  
 Die vergleichsweise große Distanz zwischen den beiden Quantensystemen ist eine wichtige Voraussetzung für mögliche Anwendungen in der Quantentechnologie. Sie führt aber auch dazu, dass es zu winzigen Verzögerungen kommt. Obwohl sich Licht mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, macht sich die Verzögerung bei der Rückkopplung bemerkbar und das System wird instabiler. Als Folge wird die oszillierende Membran etwas weniger gekühlt als dies ohne Verzögerung theoretisch möglich wäre.


Die Forschenden in Basel untersuchen Phänomene wie diese an Quantschnittstellen zwischen Atomen und Festkörpersystemen, da derartige Hybridsysteme in der zukünftigen Quantentechnologie eine wichtige Rolle spielen werden. Neuartige Sensoren und Quantennetze sind mögliche Anwendungen.


„Wir sind sicher, dass unsere Studie weitere praktische Untersuchungen zur kohärenten Rückkopplung von Quantensystemen auslösen wird“, so Treutlein.


Firmen zu diesem Artikel


**Universität Basel**  
 BASEL, 2 Artikel/News


Verwandte Artikel


- 


Turck duotec wird zu duotec  
**ELEKTRONIKSPEZIALIST PRÄSENTIERT SICH MIT NEUEM NAMEN UND NEUEM MARKTAUFTRITT**  
 Der Elektronikspezialist Turck duotec hat am 01. Januar 2022 ihren Namen geändert und heißt jetzt duotec. Mit dem ... >
- 


Quantensystem  
**EUROPAS ERSTER QUANTENCOMPUTER MIT MEHR ALS 5.000 QUBITS**  
 Ein Quantenannealer mit mehr als 5.000 Qubits nimmt am Forschungszentrum Jülich seine Arbeit auf. Das Jülich ... >
- 


Zukunftstechnologie  
**IT-TRENDS FÜR 2022**  
 Die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft schreitet schnell voran, ebenso wie die Weiterentwicklung der ... >
- 


Quantentechnologie  
**QUANTENFORSCHUNG AN DER UNI STUTTGART WIRD GEFÖRDERT**  
 Die Quantenforschung der Universität Stuttgart erhält zwei neue Großgeräte. Hierfür hat das Ministerium für ... >
- 

Philipp Mirilauntas und Arthur Rönisch, Turck duotec  
**INNOVATIONEN ZUGÄNGLICH MACHEN**  
 Der Konsolidierungsprozess in der EMS-Industrie schreitet voran. Sind es zukünftig daher vor allem die großen ... >
- 

Satelliten- und Quantentechnologie  
**LASERMODULE FÜR DEN WELTRAUMEINSATZ**  
 Das Ferdinand-Braun-Institut präsentiert auf der „Space Tech Expo Europe“ vom 16. bis 19.11.2021 in Bremen ... >
- 

Ladeinfrastruktur  
**QUANTENCOMPUTING ZUM BELADEN VON ELEKTROFAHRZEUGEN**  
 Auf einem „IBM Q System One“ hat das Fraunhofer IOSB-AST erste Versuche zum Beladen von großen Elektroflotten ... >
- 

Quantentechnologie  
**FORSCHUNGSPROJEKT IQAN: ENTWICKLUNG EINER ROBUSTEN QUANTENPLATTFORM**  
 In der Entwicklung von neuen Quantentechnologien ist das neue Forschungskonsortium IQAn ganz vorne mit dabei: Im ... >
- 

Computerforschung  
**KALIFORNISCHE TOP-WISSENSCHAFTLER KOMMEN NACH JÜLICH**  
 Diesen Sommer sind drei US-amerikanische Forscher aus Kalifornien ans Forschungszentrum Jülich gewechselt. Die ... >
- 

Sicherheitslösung  
**KOMMUNIKATION VERSCHLÜSSELN MIT QUANTENTECHNOLOGIE**  
 Ein Team von Physikern der Universität Jena und des CiS-Forschungsinstituts wurde mit dem „INNOspace Masters Award“ ... >