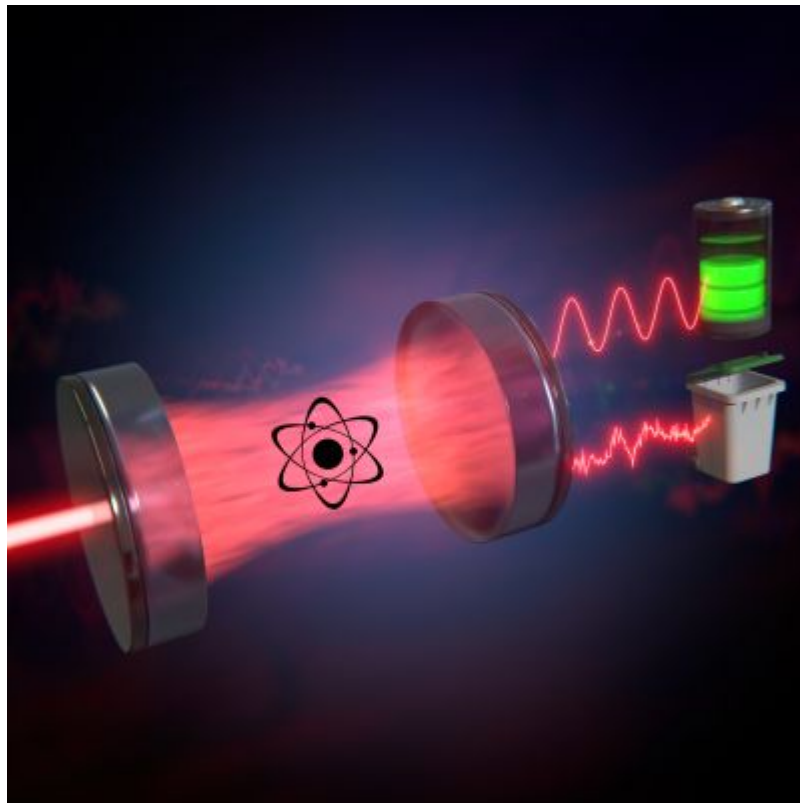


Arbeit und Wärme in Quantensystemen

25.11.2025, 08:00 | Wissenschaft, Forschung, Bildung

Pressemitteilung von: *idw - Informationsdienst Wissenschaft*



Dass Wärme kein Stoff ist, sondern durch mechanische Reibung in unbegrenzter Menge entstehen kann, fand der Offizier und Physiker Benjamin Thompson alias Graf Rumford 1798 in München durch Beobachtungen beim Ausbohren von Kanonenrohren heraus.

Rumford bestimmte die Menge der entstandenen Wärme, indem er die Kanonenrohre in Wasser tauchte und die Zeit bis zum Sieden des Wassers mass. Auf der Basis solcher Experimente entstand im 19. Jahrhundert die Thermodynamik, die zunächst im Dienst der industriellen Revolution stand und zum Beispiel physikalisch erklärte, wie Wärme in Dampfmaschinen effizient in nützliche Arbeit umgewandelt werden kann.

Heute gehören die Hauptsätze der Thermodynamik zum Grundwissen aller Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler: Die Gesamtenergie, also die Summe aus Wärme und Arbeit, bleibt in einem geschlossenen System konstant und die Unordnung oder Entropie nimmt niemals ab.

Diese Sätze sind zwar allgemein gültig, doch will man sie auf kleinste Quantensysteme anwenden, so stösst man schnell auf Schwierigkeiten. Forschende der Universität Basel um den Physiker Prof. Dr. Patrick Potts haben nun einen neuen Weg gefunden, thermodynamische Grössen auch für bestimmte Quantensysteme konsistent zu definieren. Ihre Ergebnisse haben sie soeben im Fachjournal «Physical Review Letters» veröffentlicht.

Laserlicht im Hohlraum

«Bei der thermodynamischen Beschreibung von Quantensystemen haben wir das Problem, dass in solchen Systemen alles

mikroskopisch ist. Dadurch funktioniert die Unterscheidung von Arbeit, also nützlicher makroskopischer Energie, und Wärme, also ungeordneter mikroskopischer Bewegung, nicht mehr so einfach», erklärt Doktorand Aaron Daniel.

Daniel und seine Kollegen nahmen als Beispiel sogenannte Resonatoren unter die Lupe, also Hohlräume, in denen einfallendes Laserlicht zwischen zwei Spiegeln hin und her reflektiert wird und schliesslich teilweise wieder austritt.

Anders als das normale Licht einer Glühlampe oder LED hat Laserlicht die besondere Eigenschaft, dass seine elektromagnetischen Wellen haargenau im Gleichtakt schwingen. Läuft das Laserlicht jedoch durch einen Hohlraum, in dem sich Atome befinden, kann dies den Gleichtakt – auch Kohärenz genannt – mehr oder weniger stark stören. In diesem Fall wird das Licht ganz oder teilweise inkohärent (was der ungeordneten Bewegung von Teilchen entspricht). «Die Kohärenz des Lichts in einem solchen Laser-Resonator-System war der Ausgangspunkt unserer Berechnungen», sagt Max Schrauwen, der als Bachelorstudent an dem Projekt beteiligt war.

Arbeit durch Kohärenz

Die Forschenden definierten zunächst, was man bei Laserlicht unter «Arbeit» verstehen kann: zum Beispiel die Fähigkeit, eine sogenannte Quanten-Batterie aufzuladen. Dazu braucht man kohärentes Licht, das eine Ansammlung von Atomen gemeinsam in einen angeregten Zustand versetzt. Nun könnte man vereinfachend annehmen, dass das in den Hohlraum einfallende, kohärente Laserlicht Arbeit verrichten kann, das austretende, teilweise inkohärente Laserlicht aber nicht. Damit müsste man das austretende Licht als «Wärme» bezeichnen.

Doch auch teilweise inkohärentes Licht kann prinzipiell noch nützliche Arbeit leisten – nur eben weniger als komplett kohärentes. Daniel und seine Kollegen untersuchten, was passiert, wenn sie den kohärenten Teil des austretenden Laserlichts als Arbeit und nur den inkohärenten Teil als Wärme ansehen. Das Ergebnis: Wird Arbeit auf diese Weise definiert, so sind beide Hauptsätze der Thermodynamik erfüllt und der Ansatz damit schlüssig.

«Mit unserem Formalismus können wir in Zukunft präzisere Fragestellungen in der Quantenthermodynamik untersuchen», sagt Daniel. Das ist beispielsweise für quantentechnologische Anwendungen wie Quantennetzwerke von Bedeutung. Zudem kann so auch der Übergang von klassischem Verhalten makroskopischer Systeme zum quantenmechanischen Verhalten mikroskopischer Systeme noch besser erforscht werden.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Dr. Patrick Potts, Universität Basel, Departement Physik, Tel. +41 61 207 37 79, E-Mail: patrick.potts@unibas.ch

Originalpublikation:

Max Schrauwen, Aaron Daniel, Marcelo Janovitch and Patrick P. Potts

Thermodynamic framework for coherently driven systems

Physical Review Letters (2025), doi: 10.1103/zdbv-rksc

<https://doi.org/10.1103/zdbv-rksc>

Universität Basel

Reto Caluori (Mitarbeiter in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

+41 61 207 24 95

reto.caluori@unibas.ch

News-ID: 1297240 • Views: 434 (Stand: 18.08.2026)

Link zur Pressemitteilung:

<https://www.openpr.de/news/1297240/Arbeit-und-Waerme-in-Quantensystemen-idw.html>