

Quantentunneln in der Makrowelt

19.12.2025, 10:37 | Wissenschaft, Forschung, Bildung

Pressemitteilung von: *idw - Informationsdienst Wissenschaft*

19.12.2025 - Dezember 2025

Deutscher Physikalischer Verband (DPG)

PHYSIKKonkret

Quantentunneln in der Makrowelt

„Der Nobelpreis für Physik 2025 würdigt die drei Preisträger für die Beobachtung makroskopischer Quantenphänomene in supraleitenden elektrischen Schaltkreisen.“

Die Physik Nobelpreisträger haben kollektives Tunneln und Energiezustände auf makroskopischer Skala nachgewiesen. Diese Energiezustände bilden eine der Grundlagen für moderne Quanteninformations- und Quantentechnologien.

„Durchdringen von Barrieren“ entspricht unserer klassischen Intuition. Auf der mikroskopischen Ebene ist dieses Phänomen jedoch außergewöhnlich. Es liegt zum Beispiel dem radioaktiven Zerfall und der kontinuierlichen chemischen Bindung zugrunde.

Die Preisträger zeigen, dass es neben dem „Josephson-Effekt“ Tunneln für Elektronen einen zweiten, ganz andersartigen Tunnelmechanismus gibt. In einem Supraleiter wird die Gesamtheit der supraleitenden Ladungsträger durch eine makroskopische Wellenfunktion mit einer bestimmten Phase beschrieben. Ein Josephson-Kontakt koppelt zwei Supraleiter über eine dünne Isolationschicht. Dieser Kontakt kann in zwei Zuständen vorliegen: einem mit einem Widerstand Null und einem zweiten mit unendlichem Widerstand. Die Phasendifferenz zwischen den Supraleitern bestimmt den Stromfluss. Die Forscher initialisierten den Kontakt in den Zustand mit Widerstand Null. Dieser ist aufgrund thermischer Fluktuationen nicht stabil. Bei folgendem Temperaturanstieg kann das Schalten in den zweiten Zustand thermisch ausgelöst werden, was sich durch das Auftreten einer Spannung äußert. Sie zeigten fest, dass die Schaltzeit umgekehrt proportional mit der Abkühlung des Systems abnimmt. Bei immer tiefer werdenden Temperaturen wird sie jedoch nicht weiter ab, sondern bleibt konstant – ein Beweis dafür, dass der Kontakt zusätzlich auch durch Quantentunneln aus dem ersten Zustand in den zweiten Zustand übergeht.

„Die Supraleitung findet bereits zahlreiche Anwendungen, beispielsweise in der Medizintechnik und Elektronik. Makroskopische Quantenphänomene ermöglichen nun vorwiegend auf Supraleitung basierende Plattformen für Quanteninformations- und Quantentechnologien.“

Klaus Richter
Präsident des Deutschen Physikalischen Verbands (DPG)

kontinuierliche der makroskopischen Phasendifferenz aus dem ersten Zustand in den zweiten Zustand übergehen kann [1]. Die Forscher haben außerdem festgestellt, dass der Kontakt – genau wie ein Atom – einen diskreten Leichterhöher Energiezustände aufweist [2]. So wurde zum ersten Mal gezeigt, dass zwei verschiedenen Atomen aus einem Atombaukasten hervorgehen.

Die Möglichkeit, atomähnliches Verhalten in einem makroskopischen Schaltkreis zu erzeugen, steht in den folgenden Jahren auf großer Interesse. Verschiedene Arbeitsgruppen realisieren supraleitende Schaltkreise, die auch in Zirkuiten, Atomuhren [3], Kryptosysteme Chips werden entwickelt, mit denen Quanteninformationen gespeichert und verarbeitet werden können. Insbesondere ist die supraleitende Technologie eine beliebte Plattform für die Realisierung von quantenlogischen Schaltkreisen [4]. Diese Entwicklung wird das Interesse an der schon jetzt zahlreichen Anwendungen der Supraleitung (z. B. in der Medizintechnik oder der supraleitenden Detektoren) um ein Vielfaches erhöhen.

Die Quantenphysik in der Supraleitung ist ein Josephson-Kontakt (siehe unten), analog zu einem klassischen Fall in der Supraleitung. Bei hohen Temperaturen ist die Phasendifferenz des Josephson-Kontakts in einem Minimum gefangen. Das entspricht dem Zustand mit dem Widerstand Null. Bei abnehmender Temperatur kann die Phase die Energieminima überwinden (siehe Plot) und der Kontakt in einen Zustand mit einem endlichen Widerstand wechseln. Aber auch sehr nahe am absoluten Temperaturpunkt kann der Kontakt schalten, indem die Phasendifferenz die Barriere durchdringt (siehe Plot).

Die Abbildung zeigt ein Diagramm der Energie E in eV auf der y-Achse gegen die Phasendifferenz auf der x-Achse. Es gibt zwei Hauptkurven: eine obere rote Kurve, die als 'Thermische Anregung' beschriftet ist, und eine untere blaue Kurve, die als 'Tunneln' beschriftet ist. Die blaue Kurve hat ein Minimum, das als 'Grundzustand' markiert ist. Die rote Kurve ist über der blauen Kurve und hat ebenfalls ein Minimum. Die y-Achse ist mit 'E (eV)' beschriftet, die x-Achse mit 'PHASendifferenz'.

Die neue Ausgabe erläutert die bahnbrechenden Arbeiten der diesjährigen Physik-Nobelpreisträger John Clarke, Michel Devoret und John Martinis. Ihre Experimente zeigten erstmals, dass der quantenmechanische Tunneleffekt nicht nur für einzelne Teilchen, sondern auch als kollektives Tunneln von Millionen von Teilchen in Supraleitern auftritt. Dabei gehört der Tunneleffekt zu den faszinierendsten Phänomenen der Quantenphysik, bei denen Teilchen Barrieren „durchdringen“, die sie nach der klassischen Physik niemals überwinden könnten. Außerdem wiesen die drei Preisträger Energiezustände auf makroskopischer Skala nach, die eine Grundlage für Quanteninformationstechnologien bilden.

Supraleitende Schaltkreise haben sich mittlerweile zu einer der wichtigsten Plattformen für die Entwicklung von Quantencomputern entwickelt. Damit erweitern sie das ohnehin breite Anwendungsspektrum der Supraleitung um eine zukunftsweisende Dimension. „Die Supraleitung findet bereits zahlreiche Anwendungen, beispielsweise in der Medizintechnik und Elektronik“, betont DPG-Präsident Klaus Richter. „Makroskopische Quantenphänomene

ermöglichen nun neuartige, auf Supraleitung basierende Plattformen für Quanteninformationstechnologien.“

Über Physik konkret

Die Reihe Physik konkret der DPG stellt regelmäßig aktuelle physikalische Themen in leicht verständlicher Form dar. Sie richtet sich an die interessierte Öffentlichkeit und möchte die Faszination für Physik und ihre Relevanz für den Alltag vermitteln. Die neue Ausgabe steht ab sofort auf der Webseite der DPG zum kostenlosen Download bereit.

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG), deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste nationale und mit mehr als 50.000 Mitgliedern auch mitgliederstärkste physikalische Fachgesellschaft der Welt. Als gemeinnütziger Verein verfolgt sie keine wirtschaftlichen Interessen. Die DPG fördert mit Tagungen, Veranstaltungen und Publikationen den Wissenstransfer innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft und möchte allen Neugierigen ein Fenster zur Physik öffnen. Besondere Schwerpunkte sind die Förderung des naturwissenschaftlichen Nachwuchses und der Chancengleichheit. Sitz der DPG ist Bad Honnef am Rhein. In Berlin unterhält die DPG ihre Hauptstadtrepräsentanz zur Vernetzung mit Akteurinnen und Akteuren aus Politik und Gesellschaft.

Website: www.dpg-physik.de

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Dr. Christoph Strunk
Institut für Experimentelle und Angewandte Physik
Universität Regensburg

Originalpublikation:

https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/aktuell/2025/physikkonkret_ausgabe_75_web_version.pdf

Physikkonkret-Ausgabe 75 [PDF]

Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)

Melanie Rutowski (Mitarbeiter in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

+49 (2224) 9232-26

rutowski@dpg-physik.de

News-ID: 1299546 • Views: 499 (Stand: 29.07.2026)

Link zur Pressemitteilung:

<https://www.openpr.de/news/1299546/Quantentunneln-in-der-Makrowelt-idw.html>