



FORSCHUNGSARBEIT

„Einblick in die Quantenwelt“

MICHAEL NICKLAS

Elitestudiengang Physik mit integriertem Doktorandenkolleg

Universität Regensburg, Dezember 2018

Einblick in die Quantenwelt

Michael Nicklas hat im Studiengang „Physik mit integriertem Doktorandenkolleg“ an der Universität Regensburg studiert und promoviert. Dabei hat er sich mit den elektronischen Transporteigenschaften von einzelnen Kohlenstoff-Nanoröhren befasst, und neue theoretische Methoden zu deren Beschreibung entwickelt.

Schrödingers Katze

Die Paradoxie der Koexistenz oder Überlagerung von sich eigentlich gegenseitig ausschließenden Quantenzuständen wurde von Schrödinger am Beispiel einer bedauernswerten Katze veranschaulicht. In einem Gedankenexperiment wird diese in einem versiegelten Kasten eingeschlossen, in dem sich ein Mechanismus befindet, welcher die Katze entweder tötet, oder am Leben lässt, sobald der Zustand eines Quantensystems durch einen Messprozess auf eine von zwei Alternativen festgelegt wurde. Solange die Messung nicht durchgeführt wird ist es unmöglich zu sagen, welcher Zustand vorliegt - daher befindet sich auch die Katze in einem Überlagerungszustand von „lebendig“ und „tot“.

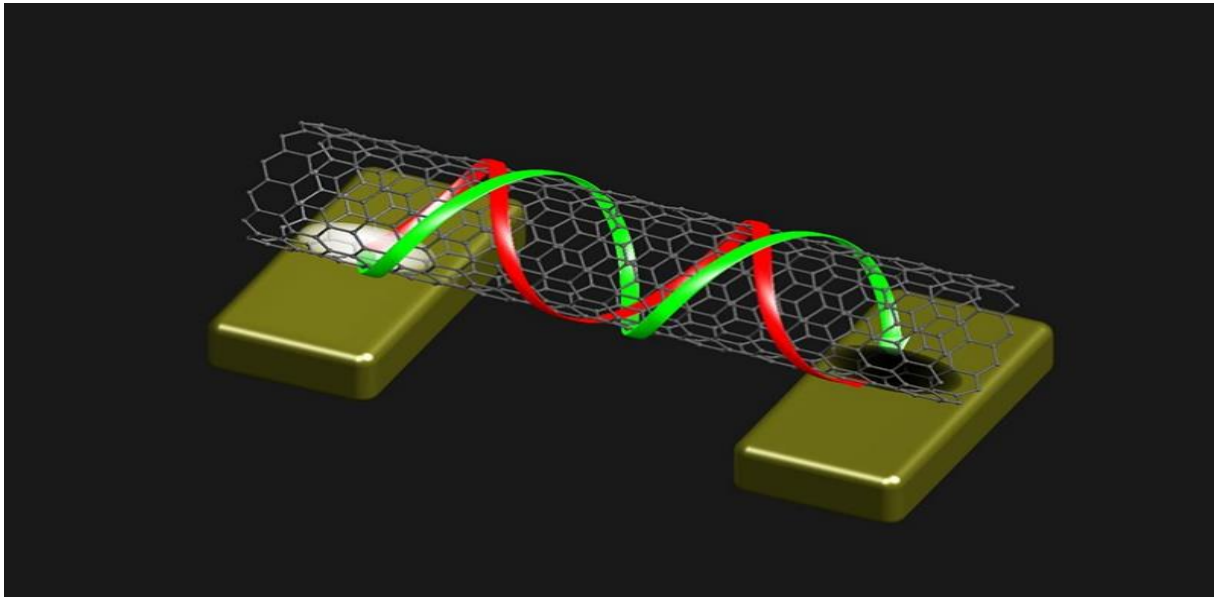
Ein Beispiel solcher Überlagerung in der Quantenwelt ist das Phänomen der optisch induzierten Transparenz. In einem wichtigen Experiment der Atomphysik wurde ein Gas von zwei Lasern mit unterschiedlicher Farbe beleuchtet. Solange nur ein Laser aktiv ist, kann das Licht durch die Anregung der Atome absorbiert werden. Wird jedoch gleichzeitig mit beiden Lasern beleuchtet, können sich die Anregungsprozesse destruktiv überlagern und sich damit gegenseitig unterdrücken – das Gas absorbiert nicht mehr und wird durchsichtig. Die zusätzliche Beleuchtung unterdrückt die Absorption des Lichts

Eine Drehtür für Elektronen

Eine Kohlenstoff-Nanoröhre ist ein Hohlzylinder aus reinem Kohlenstoff mit einem Durchmesser von nur einem millionstel Millimeter, dessen Wand nur eine Atomlage dick ist und dessen elektrischer Leitwert wie bei einem Transistor gesteuert werden kann. Eine solcher molekularer Draht wird mittels zweier metallischer Elektroden elektrisch kontaktiert (s. Abbildung).

Der Stromtransport durch die Nanoröhre erfolgt ähnlich wie die Durchquerung einer Drehtür. Ähnlich einer Drehtür kann nur ein Elektron nach dem anderen hereinkommen. Klassisch können sich die Elektronen entweder mit (rote Bahn in Abbildung) oder entgegen (grüne Bahn) dem Uhrzeigersinn durch die Nanoröhre bewegen. In der Quantenwelt müssen sich die Elektronen nicht für einen Drehsinn entscheiden, sondern sie können eine Überlagerung von beiden einnehmen. Dieses Phänomen führt, wie in dem optischen Experiment, zur Interferenz: ohne Interferenz gelingt die Durchquerung der Drehtür leicht. Destruktive Interferenz lässt sich als eine blockierte Drehtür verstehen. Weil das Elektron in diesem Fall gefangen ist, spricht man in Analogie zur Quantenoptik von einem Dunkelzustand („dark state“).

Obwohl diese Möglichkeit für Elektronen schon seit zwei Jahrzehnten theoretisch vorhergesagt wurde, ist es erst jetzt gelungen dies experimentell nachzuweisen. Das Experiment ist ein weiterer Schritt auf dem Weg zur künftigen Nutzung von Quantenphänomenen in der Elektronik und Informationsverarbeitung.



*Interferenz von Elektronenwellen in einer Kohlenstoff-Nanoröhre. Elektronen in einer Kohlenstoff-Nanoröhre müssen sich nicht für einen Drehsinn (rote oder grüne Bahn) entscheiden, sondern sie dürfen eine Überlagerung von beiden einnehmen.
Rechte: Andrea Donarini, Universität Regensburg*

Weitere Informationen:

[🔗 https://www.nature.com/articles/s41467-018-08112-x](https://www.nature.com/articles/s41467-018-08112-x)