

## Press release

Universität Hamburg

Abteilung 2,

07/01/2022

<http://idw-online.de/en/news797666>

Research projects, Research results  
Physics / astronomy  
transregional, national



# Charakterisierung von Materialien für nächste Generation von Quantencomputern mit nichtlinearer optischer Spektroskopie

**Forscher des Fachbereichs Physik und des Exzellenzclusters "CUI: Advanced Imaging of Matter" der Universität Hamburg und der University of California at Irvine haben kürzlich einen neuen Weg zur Charakterisierung von topologischen Supraleitern mit Hilfe von Multi-THz-Pulsexperimenten entwickelt.**

Dies eröffnet eine Möglichkeit zur eindeutigen Identifizierung vorhergesagter exotischer Materiezustände und könnte dazu beitragen, neuartige Materialien für zukünftige Geräte zu entwerfen, die Quanteninformation tragen und verarbeiten können.

Wissenschaftler auf der ganzen Welt streben nach der Realisierung skalierbarer Quantencomputer auf der Grundlage von Festkörpermateriale. Eine solche Klasse von Materialien sind topologische Supraleiter. Es wird vermutet, dass sie eine besondere Art von Quantenzuständen an ihren Rändern beherbergen, die nicht-abelschen Anyonen in Form von Majorana-Fermionen. Indem man diese Quasiteilchen in Netzwerken von Quantendrähten umherschleibt, kann man logische Quantengatter realisieren, die Bausteine von Quantencomputern.

Volumeneigenschaften statt Ränder im Fokus

Frühe Anzeichen für die Existenz von Majoranas wurden auf der Grundlage von Messungen des Quantentransports gemeldet. Diese Studien erwiesen sich aber später als unzuverlässig, da Majoranas leicht mit trivialen Anregungen von Randzuständen verwechselt werden können. Die neue Theoriearbeit verfolgt einen anderen Ansatz: Anstatt die Majoranas an den Rändern des Bauelements selbst zu untersuchen, werden Volumeneigenschaften betrachtet. Aufgrund der so genannten "Bulk-Rand-Korrespondenz" sind Majoranas eng mit der Topologie der Bulk-Bandstruktur des Supraleiters verbunden. In gewissem Sinne erfahren die Teilchenanregungen im Volumen des Materials eine "Verflechtung" mit den Majoranas an den Rändern. Diese starke Verflechtung kann mit Hilfe der zweidimensionalen THz-Spektroskopie untersucht werden, einer Technik, die bei Molekülen und 3D-Materialien weit verbreitet ist.

„Im Gegensatz zur ‚linearen‘ Absorptionsspektroskopie können wir mit nichtlinearen Multipulsexperimenten die optische Antwort angeregter Teilchen untersuchen und so diese Verflechtung deutlich mit einzigartigen Signaturen des exotischen topologischen Zustands in den 2D-Spektren aufzeigen“, so Prof. Dr. Michael Thorwart von der Universität Hamburg und Wissenschaftler im Exzellenzcluster.

Der Theorievorschlag formuliert einen wichtigen Schritt zwischen dem Nachweis der grundlegendsten, aber nicht vollständig charakterisierenden Eigenschaften von Majoranas und der momentan zu ehrgeizigen Demonstration der logischen Gatter-Operationen mit nicht-abelschen Anyonen in Form der Verflechtung von Majorana-Zuständen.

„Solche optischen Techniken liefern spektroskopische Informationen, die über die Bildgebung hinausgehen, und ermöglichen eine zweifelsfreie Charakterisierung topologischer Materialien. Als solche könnten sie eine Brücke zu den

künftigen Anwendungen in der Quantentechnologie schlagen“, ergänzt Felix Gerken, Erstautor der Studie und Doktorand an der CUI-Graduate School des Exzellenzclusters.

contact for scientific information:

Prof. Dr. Michael Thorwart

Tel. +49-(0)40-42838-3641

E-Mail: michael.thorwart@physik.uni-hamburg.de

Original publication:

DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.129.017401>

URL for press release: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.129.017401> - Publikation in den PHYSICAL REVIEW LETTERS