

**Press release****Universität zu Köln****Eva Schissler**

03/11/2025

<http://idw-online.de/en/news848797>Research results, Scientific Publications  
Information technology, Materials sciences, Physics / astronomy  
transregional, nationalUNIVERSITÄT  
ZU KÖLN**Neuartige Methode ermöglicht Fortschritt für topologische Quantencomputer**

**Physiker\*innen der Universität zu Köln haben einen supraleitenden Schlüsseffekt in Nanodrähten aus topologischen Isolatoren entdeckt. Ihre Ergebnisse bringen die Forschenden einen Schritt näher an den Bau stabiler Quantenbits (Qubits) der nächsten Generation, indem sie topologische Isolatoren als Grundlage verwenden / Veröffentlichung in „Nature Physics“**

Physiker\*innen der Universität zu Köln ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zum topologischen Quantencomputer gelungen: Sie konnten erstmals die gekreuzte Andreev-Reflexion (Crossed Andreev Reflection – CAR) in Nanodrähten aus topologischen Isolatoren (TI) nachweisen. Die Studie „Long-range crossed Andreev reflection in topological insulator nanowires proximitized by a superconductor“ wurde in Nature Physics veröffentlicht. Die Ergebnisse liefern detaillierte Erkenntnisse über die supraleitenden Effekte in diesen Materialien, die für die Herstellung robuster Quantenbits (Qubits) auf der Grundlage von Majorana-Fermionen in einer Quantenplattform auf der Grundlage Topologischer Isolatoren (TI-Plattform) unerlässlich sind. Die Entwicklung einer solchen Plattform gehört zu den Hauptzielen des Exzellenzclusters „Materie und Licht für Quanteninformation“ (ML4Q).

Die Quanteninformatik könnte künftig die Informationsverarbeitung revolutionieren, jedoch sind die derzeitigen Qubit-Technologien zu instabil und fehleranfällig. Einer der vielversprechendsten Ansätze ist die Verwendung von topologischen Supraleitern, in denen spezielle Quantenzustände, die sogenannten Majorana-Fermione, erzeugt werden können. In der Theorie bieten diese Zustände eine inhärent stabile Grundlage für Quantencomputer, die weniger anfällig für eine Vielzahl von Fehlern sind. Trotz vieler optimistischer Behauptungen bleibt die experimentelle Beobachtung dieser Zustände umstritten.

In der vorliegenden Studie untersuchte Dr. Junya Feng, Postdoktorand im Topological Matter Laboratory Cologne (TMLC) unter der Leitung von Professor Dr. Yoichi Ando, Nanodrähte aus topologischen Isolatoren (TI-Materialien), die sich in Kombination mit einem konventionellen Supraleiter besser für die topologische Supraleitung eignen als andere Materialien. Dem Team gelang es nun, die gekreuzte Andreev-Reflexion nachzuweisen: ein seltener Quanteneffekt, bei dem sich ein an einem Ende eines Nanodrahtes injiziertes Elektron mit einem anderen, weiter entfernten Elektron ‚koppelt‘ und ein supraleitendes Cooper-Paar bildet. Dieser Effekt mit Fernwirkung ist ein überzeugender Beweis für weitreichende supraleitende Korrelationen, die eine Voraussetzung für Majorana-basierte Qubits sind.

„In dieser Studie wurde erstmalig untersucht, wie die Andreev-Reflexion in Nanodrähten aus topologischen Isolatoren funktioniert, wenn diese an Supraleiter gekoppelt sind. Dieses Verständnis ist entscheidend für die Erzeugung robuster Majorana-Fermione in der TI-Plattform“, sagt Professor Ando. „Dieser Durchbruch wurde durch Junya Fengs innovativen Herstellungsansatz ermöglicht: das Ätzen hochwertiger Nanodrähte aus abgeschabten topologischen Isolatorplättchen. Diese Methode ist ideal für Quantenexperimente, da sie wesentlich sauberere Strukturen erzeugt als bisherige Techniken. Dank dieses Fortschritts können wir nun Experimente durchführen, die bisher nur mit herkömmlichen Halbleiter-Nanodrähten möglich waren. Wir haben beschlossen, uns ganz auf diese neue Herstellungsmethode zu konzentrieren, da sie zu einer Reihe von spannenden Ergebnissen geführt hat. Mit dieser Entdeckung kommt das Exzellenzcluster ML4Q der Verwirklichung eines topologischen Qubits einen Schritt näher.“

Die Fähigkeit, supraleitende Korrelationen in TI-Nanodrähten zuverlässig zu induzieren und zu kontrollieren, ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg zur Entwicklung Majorana-basierter Qubits in der TI-Plattform. Der nächste Schritt besteht darin, die Majorana-Fermionen in diesen Systemen zu beobachten und zu kontrollieren – ein wesentlicher Meilenstein auf dem Weg zum fehlertoleranten Quantencomputer.

Das Ergebnis der Kölner Forschungsgruppe entstand in Zusammenarbeit mit Forschenden der Universität Basel, die dazu beitrugen, die besondere Art und Weise zu verstehen, wie die Andreev-Physik in TI-Nanodrähten funktioniert.

Materie und Licht für Quanteninformation (ML4Q) wurde 2019 als Exzellenzcluster im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder eingerichtet. In ML4Q haben sich Wissenschaftler\*innen der Universitäten Köln, Aachen und Bonn sowie des Forschungszentrums Jülich zusammengeschlossen, um die Forschung im Bereich Quantencomputing voranzutreiben. Das Konsortium vereint Wissenschaftler\*innen aus den zentralen Forschungsbereichen des Quantencomputing: Festkörperphysik, Quantenoptik, Quantengeräte und Quanteninformatik. Das Ziel ist es, durch die Entwicklung neuartiger Quanten-Hard- und -Software die Grenzen des Fachgebiets zu erweitern: von der Grundlagenforschung zur Quantenmaterie über Quanteninformationsgeräte bis hin zu Betriebsprotokollen und Software. Der Forschungsschwerpunkt liegt auf bahnbrechenden Technologien, die sich heute noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden, aber schon morgen wegweisend sein können.

contact for scientific information:

Professor Dr. Yoichi Ando  
II. Physikalisches Institut der Universität zu Köln  
+49 221 470 3570  
ando@ph2.uni-koeln.de

Original publication:

DOI: [10.1038/s41567-025-02806-y](https://doi.org/10.1038/s41567-025-02806-y)  
<https://www.nature.com/articles/s41567-025-02806-y>