



## **FORSCHUNGSARBEIT**

„Neue Materialklasse als möglicher Wegweiser  
für die Zukunft der Elektrotechnik“

**RAPHAEL KOZLOVSKY**

Internationales Doktorandenkolleg Topologische Isolatoren

Universität Regensburg, Dezember 2018

# Neue Materialklasse als möglicher Wegweiser für die Zukunft der Elektrotechnik

Raphael Kozlovsky ist Doktorand im Internationalen Doktorandenkolleg „Topologische Isolatoren“ an der Universität Regensburg. Dort und an der Universität Oxford in Großbritannien forscht er an einer neuen Materialklasse, die als „topologische Isolatoren“ bezeichnet werden.

## Das Ende des Moore'schen Gesetzes

Intel-Mitbegründer Gordon E. Moore prognostizierte 1965, dass sich die Transistordichte in integrierten Schaltkreisen alle zwei Jahre verdoppeln würde, einhergehend mit einer Verdoppelung der Computerleistung etwa alle achtzehn Monate. Erst jetzt beginnt das Gesetz von Moore seine Gültigkeit zu verlieren. Die exponentielle Zunahme der Transistordichte über Jahrzehnte hinweg führt zu extrem kleinen Transistorgrößen im Nanometerbereich (IBM veröffentlichte 2017 einen 5 nm Siliziumchip). Eine weitere Verkleinerung der Größe führt bei Chips auf Basis der konventionellen Halbleitertechnologie zu unvermeidlichen Problemen, darunter enorme Wärmeentwicklung und damit große Energieverluste.

## Was kommt nach Moore?

Ein möglicher Lösungsansatz für dieses Problem ist die Entwicklung von elektronischen Systemen basierend auf einem neuartigen Material, bei dem die Streuung von Elektronen, die elektrische Widerstand und damit unerwünschte Wärme erzeugt, quasi nicht vorhanden ist. Bei diesen neuartigen Materialien handelt es sich um sogenannte topologische Isolatoren, welche im Inneren isolierend sind, auf der Oberfläche jedoch leitende Elektronen enthalten. Diese Oberflächenelektronen können aufgrund quantenmechanischer Gesetze nicht direkt zurückgestreut werden. Daher bezeichnen Wissenschaftler ihre Dynamik als "topologisch geschützt", was bedeutet, dass kontinuierliche Transformationen (z.B. eine Erhöhung der Verunreinigung des Systems) ihr Verhalten nicht verändern. Einer der zentralen Bestandteile, welche den Schutz der Elektronenbewegung ermöglichen, ist der sogenannte Spin. Der Spin ist neben der Ladung ein weiterer Freiheitsgrad des Elektrons, der topologische Isolatoren auch für Anwendungen in der Spintronik und in der Quanteninformationsverarbeitung interessant macht.

## Nanodrähte aus topologischen Isolatormaterialien

Obwohl das Forschungsfeld der topologischen Isolatoren extrem schnell wächst, gibt es auf dem Weg zu zukünftigen Anwendungen noch viele Herausforderungen. Raphael untersucht die Eigenschaften von nanometergroßen Drähten, die aus bestimmten topologischen Isolatormaterialien bestehen. Solche Nanodrähte bieten eine perfekte Plattform um die Transporteigenschaften der geschützten Oberflächenelektronen zu untersuchen. Eine Frage, die sich stellt, ist, wie elektrische und magnetische Felder diese Elektronen und den durch den Draht fließenden Strom beeinflussen. Ausgehend von zylindrischen Drähten untersucht Raphael außerdem die Auswirkungen verschiedener Geometrien (Formen) der Drähte. Durch die Krümmung der Oberfläche könnten hierbei neue Quantentransportphänomene zu Tage treten.

Mehr zum Internationalen Doktorandenkolleg Topologische Isolatoren:

🔗 <https://www2.uni-wuerzburg.de/idk-tois/index.php>

Weitere Informationen:

🔗 <https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.97.035157>