

## Projekt

## 2D hybrid materials as a platform for topological quantum computing (Topoquant)

Koordinator:

Prof. Felix von Oppen  
Freie Universität Berlin  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Tel.: +49 30 838-53036  
E-Mail: vonoppen@physik.fu-berlin.de

Projektvolumen:

ca. 215.000 € (BMBF-Förderquote 100%) – deutsche Partner

Projektlaufzeit:

01.04.2018 – 31.03.2021

Projektpartner:

➔ Freie Universität Berlin  
Internationale Partner:  
➔ ETH Zürich (Schweiz)  
➔ Universität Kopenhagen (Dänemark)  
➔ Universität Lund (Schweden)

## QuantERA – Transnationale Förderung für die Quantentechnologien

Quantentechnologien bringen zahlreiche Chancen für neue Anwendungen in Industrie und Gesellschaft mit sich – in der Informationsübertragung und -verarbeitung, für höchstpräzise Mess- und Abbildungsverfahren oder für die Simulation komplexer Systeme. Szenarien sprechen davon, die Magnetfelder des Gehirns zu vermessen und Alzheimer oder Parkinson besser zu verstehen, den Verkehrsfluss zu optimieren und Staus zu vermeiden oder neue Werkstoffe und Katalysatoren allein auf der Grundlage von Simulationen zu entwickeln. Quantentechnologien schaffen dafür die Basis und haben das Potenzial, heute vorhandene technische Lösungen etwa in der Sensorik oder beim Computing deutlich zu übertreffen.

Die Quantentechnologien besitzen an vielen Stellen das Potenzial, in Anwendungsfeldern und Märkten eine dominante Rolle zu spielen. Allerdings steht das Feld noch am Anfang der Technologieentwicklung. Um Anwendungen zu erschließen bedarf es noch erheblicher Forschungsanstrengungen. Mit der transnationalen ERA-NET Maßnahme QuantERA unterstützt das BMBF zusammen mit Akteuren der anderen Teilnehmerländer und der Europäischen Kommission die Forschung im Bereich der Quantentechnologien.

Perspektivisch betrachtet sind ERA-NET Instrumente für eine bedarfsgerechte und flexible transnationale Förderung als Ergänzung zur rein nationalen Förderung einerseits und zu den europäischen EU-Forschungsrahmenprogrammen andererseits.

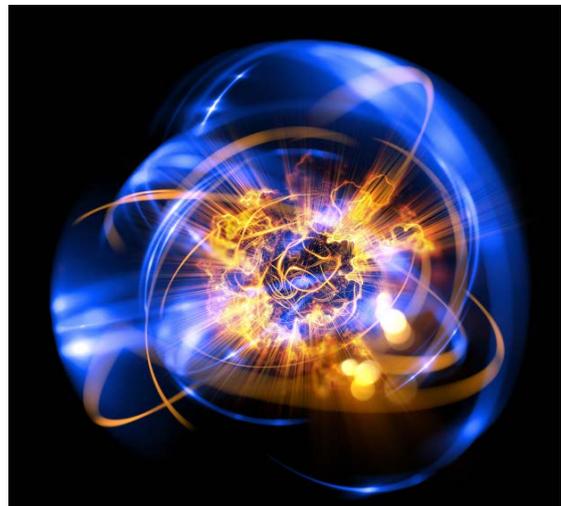


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.  
(Quelle: fotolia ©rybindmitriy)

## Topologische Quantencomputer

Im Prinzip können Quantencomputer gewisse relevante Probleme sehr viel effizienter lösen als herkömmliche Computer. Hierzu nutzen sie aus, dass Systeme in der Quantenmechanik auch in mehreren Zuständen gleichzeitig vorliegen können. So kann ein sogenanntes Quantenbit (Qubits) nicht nur die Zustände 0 oder 1 annehmen, sondern auch beliebige Kombinationen der beiden. Dies kann Algorithmen insofern beschleunigen, da viele Konfigurationen parallel zur gleichen Zeit anstatt sequentiell abgearbeitet werden können. Nun sind solche Überlagerungszustände von 0 und 1 hochgradig instabil, was ihre Anwendung in Quantencomputern ungemein erschwert. Üblicherweise wird versucht, Qubits möglichst weitgehend gegen äußere Störungen abzuschirmen. In diesem Projekt wird ein alternativer Zugang verfolgt, bei dem die Zustände, wie man sagt, topologisch geschützt sind und daher nicht auf äußere Einflüsse wie lokale elektrische oder magnetische Felder reagieren. Ein Beispiel für topologischen Schutz aus dem Alltag ist unsere Kleidung: Sie besteht aus vielen Fäden, die so ineinander verwoben sind, dass sie bei kontinuierlicher Verformung nicht auseinanderfallen. Geeignete topologisch geschützte Zustände können in topologischen Supraleitern mit sogenannten Majorana-Anregungen realisiert werden. Um die Information zu manipulieren, wird unter anderem ausgenutzt, dass sich der Zustand des Systems ändert, wenn die Majoranas vertauscht werden (nicht-abelsche Quantenstatistik).

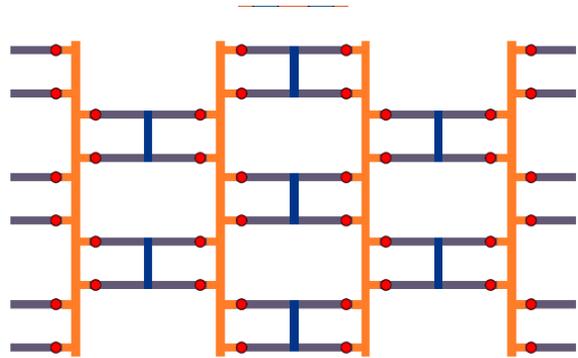


Bild 2: Ausschnitt aus einem topologischen Quantencomputer (schematisch). Majoranas werden als rote Punkte dargestellt am Ende von topologischen Supraleitern aus Halbleiter-/Supraleiter-Hybriden (grau). Supraleitende (halbleitende) Verbindungen sind blau (orange).

## Zweidimensionale Halbleiter-/Supraleiter-Hybride als Hardware für einen topologischen Quantencomputer

Um diese Ideen zu realisieren, wird eine geeignete Hardware benötigt. Große Fortschritte wurden in den letzten Jahren auf der Basis geeigneter Halbleiterdrähte, in engem Kontakt mit gewöhnlichen Supraleitern, gemacht. Hier soll nun eine neue Plattform für derartige Hybridmaterialien untersucht und entwickelt werden: Anstelle von Drähten beruht diese Plattform auf einem zweidimensionalen Elektronengas, aus dem erst durch Strukturierung geeignete Drähte entstehen. Eine solche Plattform hat gegenüber Halbleiterdrähten u.a. den Vorteil, dass die benötigten komplizierten Drahtkonfigurationen einfacher zu realisieren sind.

Dieses Vorhaben wird in einem europäischen Verbund gemeinsam mit Experimental- und theoretischen Physikern aus Dänemark, der Schweiz und Schweden verfolgt. Das vorliegende Teilvorhaben untersucht die theoretischen Grundlagen dieses Zugangs und unterstützt die Konzeption und Analyse der experimentellen Ergebnisse.