

Projekt

Langreichweitiger Quantenbus für Elektronenspins in Silizium (SiQuBus)

Koordinator:	Dr. rer. nat. Lars Schreiber Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen Otto-Blumenthal-Str. 52074 Aachen Tel.: +49 241 80-24486 E-Mail: lars.schreiber@physik.rwth-aachen.de
Projektvolumen:	ca. 294.000 € (Förderquote 100%) - deutscher Partner RWTH
Projektlaufzeit:	01.04.2018 – 31.03.2021
Projektpartner:	➤ Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen ➤ Forschungszentrum Jülich (assoziiert) Internationale Partner: ➤ TU Delft (Niederlande) ➤ CNRS (Frankreich) ➤ CEA (Frankreich) ➤ Institute of Physics, Polish Academy of Sciences (Polen)

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.

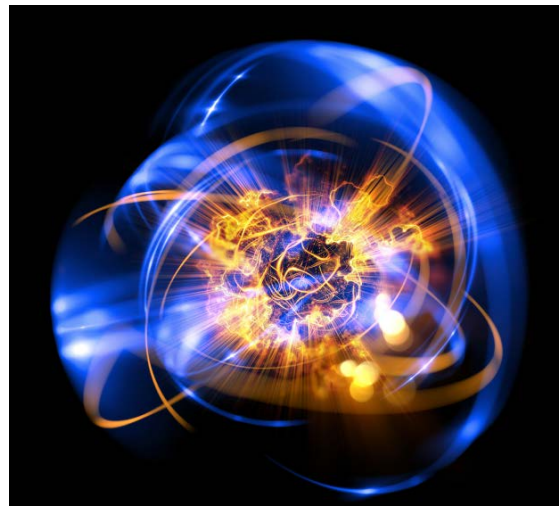


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: fotolia ©rybindmitriy)

Der Quantencomputer – immenses Potenzial, große Herausforderungen

Der Quantencomputer hat potenziell immense Vorteile gegenüber einer konventionellen Rechnerarchitektur. Insbesondere im Bereich der Mustererkennung, dem maschinellen Lernen oder auch der Lösung von Optimierungsproblemen. Quantencomputer könnten in Zukunft bei derartigen Aufgaben mehrere Größenordnungen schneller sein als ihre klassischen Pendanten. Durch Ausnutzung von grundlegenden quantenmechanischen Konzepten wie Quanten-Superposition und -Verschränkung können Quantencomputer bestimmte Probleme lösen, die zu komplex für klassische Computer sind. Für diese Anwendungen müssen Quanten-Informationen redundant gespeichert werden, um Quanten-Fehlerkorrektur durchführen zu können. Konkret muss ein logisches Qubit, das Grundelement eines Quantencomputers, durch viele imperfekte physikalische Qubits repräsentiert werden. Ein vielversprechendes System sind Elektronenspin-Qubits in Silizium, weil sie vergleichsweise stabile Quanteneigenschaften aufweisen und weitestgehend kompatibel mit der Herstellung von Silizium-Prozessoren sind. Um auf diesem Wege tatsächlich einen überlegenden Quantencomputer zu realisieren, ist allerdings noch viel Forschungsarbeit zu leisten.

SiQuBus – Mit neuer Technologie die Skalierbarkeit erreichen

Ein fehlender Baustein für eine skalierbare Quantencomputerarchitektur ist die kohärente Übertragung von Quanteninformation auf einer Distanz von ca. 10 Mikrometern. Ein solcher Quantenbus (QuBus) schafft Raum für elektrische Zuleitungen und gegebenenfalls klassische Kontrollelektronik auf einem Computer-Chip. Im QuBus wird die Quanteninformation übertragen, indem ein Elektron, in dessen Spin die Qubit-Information kodiert ist, kontrolliert über eine solche Distanz transportiert wird. Der QuBus besteht aus einer Reihe von metallischen Gattern auf einem Siliziumchip, die zum einen das Elektron in einem Quantenpunkt einfangen, aber auch durch Änderung des Potentials kontrolliert bewegen. Für die Skalierbarkeit wichtig ist, dass der QuBus unabhängig von seiner Länge nur vier elektrische Zuleitungen benötigt. Dieses komplexe Bauteil wird im SiQuBus-Projekt untersucht, um letztlich ein QuBit zu transportieren ohne dessen Quanteneigenschaften zu zerstören.

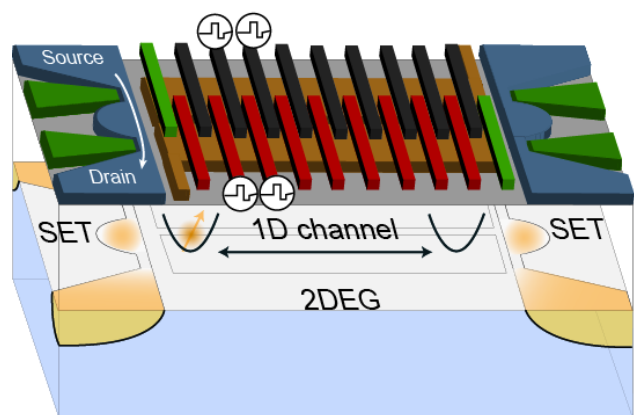


Bild 2: Schematische Darstellung des Quantenbusses
(Quelle: RWTH Aachen)

Dies ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einem Quantencomputer, der auch wirklich seinen klassischen Pendanten gegenüber überlegen ist. Erste Anwendungen könnten dann die Simulation von Molekülen und damit beispielsweise eine viel effizientere Medikamentenherstellung oder auch die Optimierung von Verkehrsflüssen in überlasteten Innenstädten sein.