

Projekt

Superinductor-based Quantum Technologies with Ultrastrong Couplings (SiUCs)

Koordinator:	Pol Forn-Díaz Barcelona Supercomputing Center Carrer de Jordi Girona 29 08034 Barcelona Tel.: +34-934137716 E-Mail: pol.forn Diaz@bsc.es
Projektvolumen:	ca. 650.000 € (BMBF-Förderquote 100%) – deutsche Partner
Projektlaufzeit:	01.04.2020 – 31.03.2023 – deutsche Partner
Projektpartner:	➤ Universität Regensburg (RU) ➤ Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Internationale Partner: ➤ Barcelona Supercomputing Center, Barcelona (Spanien) ➤ Slovak Academy of Sciences, Bratislava (Slowakei) ➤ Centre National de la Recherche Scientifique, Grenoble (Frankreich) ➤ Consiglio Nazionale delle Ricerche (Italien)

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.

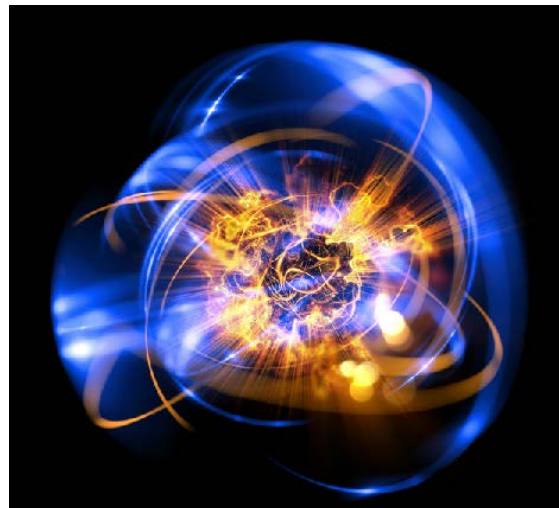


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: © rybindmitriy/Fotolia)

Ultra-starke Wechselwirkung in Quantenschaltkreisen

Supraleitende Quantenschaltkreise bilden eine der vielversprechendsten Plattformen für die Entwicklung von Quantencomputern. Physikalische Grundlage dieser Technologie ist die Kontrolle der starken Licht-Materie-Wechselwirkung.

In supraleitenden Quantenschaltkreisen werden Mikrowellenphotonen für die gesamte Quanteninformationsverarbeitung verwendet, beispielsweise für die Manipulation und Auslese von Quanten Bits (Qubits) sowie für Qubit-Qubit Wechselwirkung. Zur Beschreibung der Licht-Materie Wechselwirkung wird in der Regel die Quantenoptik herangezogen. Demnach ist die Kopplung zwischen Licht und Atomen nur schwach und die Zustandsänderung von Atomen geschieht bei Manipulation nur langsam.

Das Verbundvorhaben SiUCs verfolgt nun einen radikal neuen Ansatz für Qubits, bei dem sehr starke Licht-Materie Kopplung genutzt wird. Mit dem Ansatz dieser ultra-starken Kopplung werden sich die Qubits wesentlich schneller manipulieren lassen, wodurch sich die Rechentiefe eines Quantencomputers deutlich erhöhen lässt.

Superinduktoren für ultra-starke Kopplung

Zur Realisierung des Ansatzes der ultra-starken Kopplung wird eine Architektur auf Basis von sogenannten Superinduktivitäten entwickelt (s. Abb. 2). Resonatoren und Koppler, die aus solchen Komponenten aufgebaut sind, weisen im Mikrowellenbereich Impedanzen nahe dem Quantenwiderstand auf ($RQ \sim 6.5 \text{ k}\Omega$), was eine Verstärkung der Licht-Materie Wechselwirkung und gleichzeitig weniger Verluste ermöglicht.

Neben der Entwicklung und den Tests der Hardware Elemente, werden neue Modelle entwickelt, die die Licht-Materie Wechselwirkung im ultra-starken Regime beschreiben. Außerdem soll ein Mikrowellen-Einzelphotonendetektor entwickelt werden, ein noch fehlendes Element in der supraleitenden Quantenschaltkreis-Toolbox.

Abschließend sollen diese Modelle mittels der entwickelten Quantensimulatoren untersucht werden.

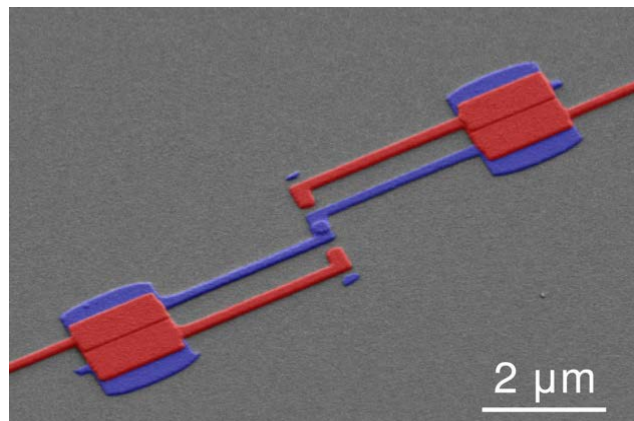


Bild 2: Rasterelektronenmikroskop-Abbildung einer Fluxonium-Junction wobei eine Al/AlO_x/Al Joesphson-Junction (blau) mit einem grAl Superinduktor (rot) gekoppelt ist. (Quelle: Grunhaupt et al. Nature Materials 18, 816 (2019)).