

## Projekt

## Scaling Up quantum computation with Molecular spins (SUMO)

Koordinator:	Prof. Sebastian Loth Universität Stuttgart Pfaffenwaldring 57 70569 Stuttgart Tel.: +49 711 685 652-54 E-Mail: sebastian.loth@fmq.uni-stuttgart.de
Projektvolumen:	ca. 135.000 € (BMBF-Förderquote 100%) – deutsche Partner
Projektlaufzeit:	01.11.2018 – 31.10.2021
Projektpartner:	➔ Universität Stuttgart Internationale Partner: ➔ Universität Zaragoza (Spanien) ➔ Universität Manchester (Großbritannien) ➔ INSTM Florenz (Italien) ➔ Technische Universität Wien (Österreich) ➔ Universität Oxford (Großbritannien)

## 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.

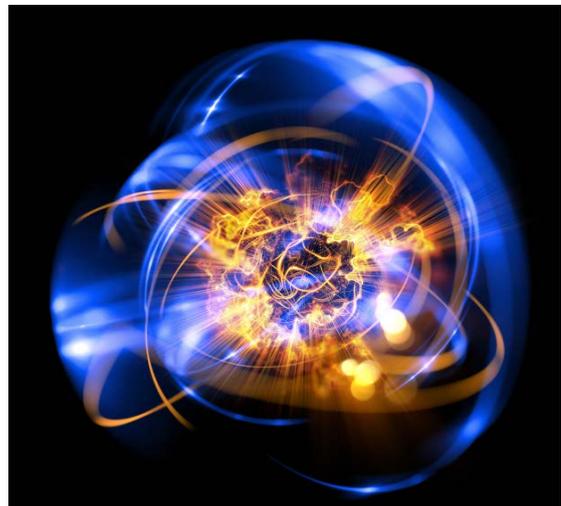


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.  
(Quelle: © rybindmitriy/Fotolia)

## Quantencomputer – Zugang zu neuen Möglichkeiten

Das 21. Jahrhundert wird bestimmt durch Information und wie wir diese verarbeiten können. Die rasante Entwicklung der Computertechnologie in den letzten 50 Jahren hat dies möglich gemacht. Aber es gibt immer noch wichtige Aufgaben, die selbst die leistungsstärksten Computer nicht lösen können.

Dafür sollen Quantencomputer entwickelt werden. Quantencomputer nutzen neue Konzepte, Information zu verarbeiten, und Architekturen, die auf den Prinzipien der Quantenmechanik beruhen. Durch die Nutzbarmachung quantenmechanischer Effekte, die in Atomen und Molekülen natürlich auftreten, können Quantenprozessoren für einige spezielle Aufgaben extrem leistungsstark werden. Um solche Aufgaben schneller und besser bearbeiten zu können als moderne Hochleistungsrechner, müssen Quantenprozessoren aber eine minimale Stufe der Komplexität erreichen. Sie müssen Mindestzahlen von Quantenbits, kurz „Qubits“, auf komplexe Weise miteinander vernetzen. Die Skalierung eines Quantencomputers auf diese Stufe ist eine große Herausforderung, denn mit zunehmender Größe wird das System vermehrt äußeren Störungen ausgesetzt sein. Trotzdem muss eine hohe Kohärenz und geringe Fehlerrate der Quantenrechnungen gewährleistet sein.

### Neuartige Architektur durch die Nutzung von magnetischen Molekülen auf supraleitenden Substraten

Das SUMO Projekt erforscht eine grundlegend neue hybrid Architektur, in der Qubits in speziell hergestellten magnetischen Molekülen, die durch supraleitende Schaltkreise vernetzt sind. Die Moleküle verhalten sich auf natürliche Weise quantenmechanisch, sind hochreproduzierbar und können in großer Anzahl auf kleinstem Raum platziert werden.

Ihr quantenmechanisches Verhalten kann sehr genau eingestellt werden. So können mittels chemischer Verfahren ihre Zusammensetzung, ihre Struktur und ihre physikalische Eigenschaften verändert werden. Auf diesem Weg sollen in diese Moleküle magnetische Ionen eingebettet werden, welche die quantenmechanische Eigenschaft des Spins besonders deutlich zeigen. Das Ziel ist es, funktionsfähige Qubits zu erzeugen, indem drei bis neun Spins in einzelnes Molekül eingebettet werden. Die Verbindung zwischen den Molekülen wird dann durch Mikrowellenresonatoren auf Basis supraleitender Schaltkreise hergestellt. Diese Hybridarchitektur ermöglicht den Bau skalierbarer Quantencomputer. Im Projekt werden konkrete Design-Richtlinien für die Verbindung zwischen Molekülen und elektronischen Leitungen auf atomarer Ebene abgeleitet. Diese sind ausschlaggebend für die technologische Entwicklungen von Einzelmolekül-Elektronik und die hier vorgeschlagene, magnetische Quantenprozessor-Architektur.

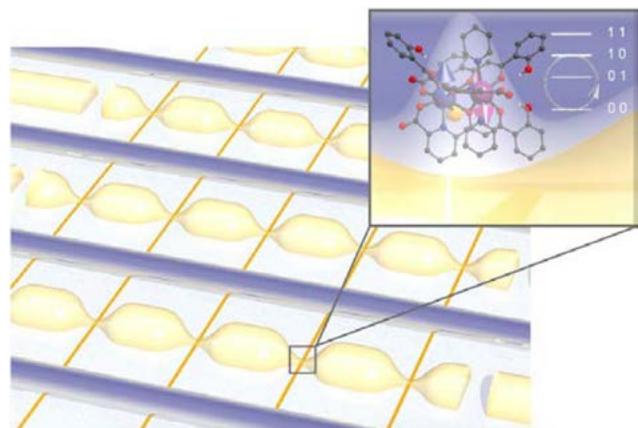


Bild 2: Schematische Darstellung eines magnetischen Quantenprozessors, in dem Qubits aus einzelnen magnetischen Molekülen durch supraleitende Resonatoren miteinander kommunizieren.