

## Projekt

Koordinator:

Dr. Hannes Rotzinger  
Karlsruher Institut für Technologie  
Wolfgang-Gaede-Str. 1  
76131 Karlsruhe  
Tel.: 0721 / 608-43506  
E-Mail: rotzinger@kit.edu

Projektvolumen:

1,7 Mio. € (Förderquote 80,6 %)

Projektlaufzeit:

01.02.2020 – 31.01.2024

Projektpartner:

- Physikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe
- Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik, Karlsruher Institut für Technologie, Eggenstein-Leopoldshafen
- Zentrum für adaptive Kryotechnik und Sensorik, Trans-MIT GmbH, Giessen

## Die technische Grundlage für die Erschließung quantenphysikalischer Anwendungen

Die Erforschung neuer Quantentechnologien erfährt derzeit weltweit einen beträchtlichen Aufschwung. Dieser wird vor allem von den Erwartungen an die Leistungsfähigkeit des Quantencomputers gestützt. Doch auch andere Quantentechnologien versprechen erhebliche Fortschritte in den Bereichen Messtechnik, Sensorik, Medizintechnik oder Biotechnologie.

Die vielversprechendsten Anwendungen der Quantentechnologien sind jedoch kurzfristig nicht praktisch umzusetzen. Es fehlt hierfür die erforderliche Gerätetechnik, die in großen Teilen erst entwickelt werden muss. Die genutzten Quantenphänomene reagieren sehr empfindlich auf äußere Einflüsse und sind daher sehr kurzlebig. Ihre Bereitstellung und Kontrolle ist mit einem beträchtlichen apparativen Aufwand verbunden. Selbst dort, wo man bereits grundlegende Funktionen nachweisen konnte, ist die technische Beherrschung der Quantensysteme noch viel zu kostspielig und zu wenig robust für eine praktische Nutzung. Es gilt daher, in enger Zusammenarbeit zwischen den Herstellern der technischen Ausrüstungen und den Forschern in den Labors neue Geräte für den Einsatz in den Quantentechnologien zu entwickeln. Stabile und kostengünstige Systeme sollen die Aussichten auf eine erfolgreiche wirtschaftliche Nutzung der Quanteneffekte erheblich verbessern. Eine wesentliche Zielstellung der geförderten Projekte liegt darin, einheimische Unternehmen dabei zu unterstützen, sich als weltweit führende Ausrüster für Forschung und Entwicklung zu etablieren.



Bild 1: Die apparative Beherrschung von Quantenphänomenen für neue Anwendungen ist derzeit noch sehr kostenintensiv und benötigt hochqualifiziertes Personal. (Quelle: iStock.com/Maartje van Caspel)

## Experimentierplattform für einfache Quantum Computing Funktionen

Ziel des Projektes ist es, eine neuartige, für potentielle Anwender attraktive Experimentierplattform für solche Quantum Computing Anwendungen zu schaffen, die für ihre Funktion sehr tiefer Temperaturen nahe des absoluten Nullpunktes bedürfen. Dies trifft derzeit auf nahezu alle der am weitesten fortgeschrittenen Quantencomputer zu, da diese aus supraleitenden Schaltungen bestehen.

Die Plattform soll leicht bedienbar, wartungsarm und dabei kostengünstig sein und es Interessenten aus Industrie und Forschungsinstituten erlauben, sich mit den einfachen Funktionen einer Quantenschaltung vertraut zu machen, ohne die beträchtlichen Kosten aufbringen zu müssen, wie sie bislang zum Betrieb solcher hochempfindlicher, supraleitender Quantensysteme erforderlich sind. Dies soll erreicht werden, indem ein Betrieb weitgehend ohne die sonst für derart tiefe Temperaturen notwendige, spezielle Infrastruktur und insbesondere ohne schwierig zu handhabende kryogene Flüssigkeiten, wie etwa flüssiges Helium, ermöglicht wird.

Der Zugang zu nutzerfreundlichen Experimentierplattformen ist ein Schlüsselement, das es Informatikern und Technikern erlaubt, sich mit den Eigenheiten eines Quantencomputers frühzeitig vertraut zu machen und eine praxisnahe Umgebung aus Soft- und Hardwareschnittstellen zu entwickeln, noch bevor praktisch einsetzbare, voll funktionsfähige Quantencomputer zur Verfügung stehen und ohne dass die derzeit enormen Kosten für die Herstellung und den Betrieb größerer Quantenschaltkreise von mehreren zehn Qubits aufgebracht werden müssen.

## Einfache Handhabung durch innovative Kühltechnik und flexible Kontrollelektronik

Das Projekt zielt darauf ab, in Deutschland vorhandenes Know-How im Bereich der supraleitenden Qubits mit neuen Technologien aus der Elektronik und der Kryotechnik zu vereinen. Die enormen Fortschritte bei der Entwicklung von künstlichen zwei-Niveau Quantensystemen (Qubits) auf der Basis von supraleitenden Schaltkreisen haben in den vergangenen zwei Dekaden zu einer Erhöhung deren Lebenszeit über mehrere Größenordnungen geführt und so einen realisierbaren Weg eröffnet, diese Technologie für Qubit-Algorithmen einzusetzen. Als herausragende Qualitäten, neben der langen Lebenszeit, sind hier das große Potential bei der Skalierbarkeit einzelner Qubits und die vergleichsweise einfache Herstellung zu nennen. Diese Qubits neuester Generation sollen mit einer modernen Kryotechnik betrieben werden, die weitestgehend automatisierbar und vollständig frei von kryogenen Flüssigkeiten ist. Eine neu entwickelte Qubit-Steuer-Auslese-Elektronik auf der Basis von hochintegrierten field programmable gate arrays (FPGA) erlaubt darüber hinaus eine enorme Kostenersparnis gegenüber konventionellen Techniken und zugleich eröffnet die im Vergleich zu klassischen Laboraufbauten funktional höhere Integrationsdichte auch neue Möglichkeiten, komplexere Qubit-Schaltkreise und Algorithmen zu implementieren.

Mit dem Fernziel eines leicht einsetzbaren, supraleitenden oder halbleitenden Quanten-Computers, ist es mit der zu entwickelnden Plattform möglich, dem Anwender langfristig eine abstrakte Qubit-Architektur bereitzustellen, auf der er seine Qubit-Algorithmen ohne oder mit nur geringen Kenntnissen der verwendeten Hardware ausführt.

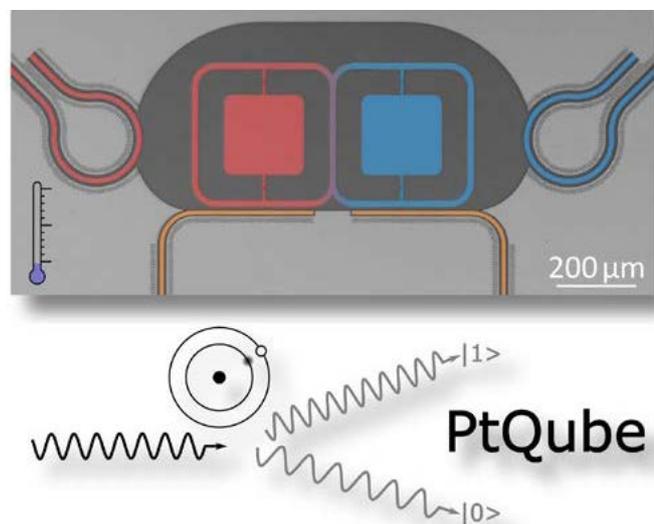


Bild 2: Abbildung zweier lithographisch hergestellter, galvanisch gekoppelter Transmon-Qubits (in blau und rot hervorgehoben). Die Bestimmung des Quantenzustands dieser Tieftemperatur-Qubits erfolgt jeweils über die Frequenzmessung supraleitender Mikrowellenresonatoren (orange). (Quelle: Karlsruher Institut für Technologie)