

Pressemitteilung

Nr. 03/2021
29.01.2021

Mit supraleitenden Qubits auf dem Weg zum Quantencomputer

Der Bau eines zukunftsweisenden Quantenprozessors basierend auf supraleitenden Qubits mit neuartigen Eigenschaften – das ist das erklärte Ziel des vom BMBF mit 14.5 Millionen Euro geförderten Verbundprojekts GeQCoS („German Quantum Computer based on Superconducting Qubits“), das innerhalb von vier Jahren erreicht und am Walther Meißner-Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften an einem Prototyp demonstriert werden soll.

Dr. Ellen Latzin
Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Deutschlands führende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf dem Gebiet der supraleitenden Quantenschaltkreise haben sich in diesem Verbundprojekt die Entwicklung innovativer Konzepte für den Bau eines verbesserten Quantenprozessors zum Ziel gesetzt. Basierend auf neuartigen Materialien und Fabrikationsmethoden des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), den maßgeschneiderten theoretischen Konzepten der Friedrich-Alexander Universität Erlangen Nürnberg (FAU), den optimierten Kontrollmethoden des Forschungszentrum Jülichs (FZJ) und den Entwürfen zu neuen Architekturen mit höherer Konnektivität am Walther-Meißner-Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (WMI) und an der Technischen Universität München (TUM) soll ein Quantenprozessor mit verbesserter Qualität realisiert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wird Halbleiterhersteller Infineon skalierbare Fabrikationsprozesse entwickeln, während das Freiburger Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF die Entwicklung von optimierten Chipgehäusen vorantreibt. Der Quantenprozessor soll schließlich am WMI getestet und dessen Leistungsfähigkeit anhand eines eigens entwickelten Quantenalgorithmus gezeigt werden.

Bayerische Akademie der
Wissenschaften
Alfons-Goppel-Straße 11
(Residenz)
80539 München
Tel. +49 89 23031-1141
Fax +49 89 23031-1241
presse@badw.de
www.badw.de

Verbesserte Technologie für leistungsfähigeren Quantenrechner

Quantenrechner versprechen, bislang nicht lösbare Problemstellungen effizient lösen zu können. Dazu gehören beispielsweise die Berechnung der Eigenschaften komplexer Moleküle für die Chemie und Pharmaindustrie als auch die Lösung von Optimierungsaufgaben, sei es für Herstellungsprozesse in der Automobilindustrie, oder für Berechnungen aus der Finanzwelt. Schon heute sind Quantenrechner in der Lage, kleine spezifische Problemstellungen zu meistern und die grundlegende Funktionsweise zu zeigen. Das langfristige Ziel, einen sogenannten universellen Quantencomputer zu entwickeln, der wichtige Rechenprobleme exponentiell schneller als ein klassischer Computer berechnet, liegt jedoch noch in der Zukunft. Eine geeignete Architektur zur Berechnung praxisrelevanter Probleme kann nur durch grundlegende Verbesserungen sowohl der Hardware als auch der Software realisiert werden.

Im Rahmen des GeQCoS Verbundprojekts soll ein Quantenprozessorprototyp entwickelt werden, der aus einigen wenigen supraleitenden Qubits mit jedoch grundlegend verbesserten Bauelementen besteht. Bei dieser Technologie werden die grundlegenden Bausteine eines Quantencomputers, die Quantenbits, durch widerstandslos fließende Ströme in supraleitenden Schaltkreisen realisiert. Diese Ströme sind relativ robust gegenüber äußeren Störeinflüssen und können die Quanteneigenschaften über lange Zeiten beibehalten. Zusammen mit zuverlässigen und skalierbaren Fabrikationsmethoden hat sich dadurch eine der führenden Quantentechnologien entwickelt, die erfolgreich zum Bau von ersten Quantenprozessoren eingesetzt wird.

Die geplanten Verbesserungen betreffen zum einen die Erhöhung der Konnektivität, die Anzahl an Verbindungen zwischen den einzelnen Qubits, als auch Verbesserung der Qualität der Qubits und damit der Möglichkeit schnell und effizient die gewünschten Quantenzustände herstellen zu können. „Durch den Einsatz von neuartigen Materialien zur Herstellung der Qubits erwarten wir eine bessere Reproduzierbarkeit und eine höhere Qualität der Qubits“, stellt Ioan Pop (KIT) fest. „Zudem müssen wir die Fabrikationsmethoden verbessern um Störstellen zu vermeiden, die die Qualität der Qubits nachhaltig beeinflussen.“ fügt Alexey Ustinov (KIT) hinzu.

Ein besonderes Augenmerk legen die Forscherinnen und Forscher auf den Schlüsselschluss zwischen Hardware und Software, in dem sie Algorithmen entwickeln die ideal auf die Hardware, d. h. die Art der Qubits und der Operationen sowie den vorhandenen Verbindungen zwischen den Qubits abgestimmt sind. „Nur so können die derzeit und in näherer Zukunft verfügbaren Hardwareressourcen optimal ausgenutzt werden“ meint Michael Hartmann (FAU). „Wir werden aber insbesondere auch effizientere und präzisere Methoden für die Kontrolle der Qubits und die Modellierung des Gesamtsystems entwickeln“, fügt Frank Wilhelm-Mauch hinzu, der vor kurzem an das Forschungszentrum Jülich gewechselt ist und dort gemeinsam mit David DiVincenzo und Pavel Bushev am Aufbau eines Quantencomputerzentrums arbeitet. Schlussendlich gilt es aber auch die Grundlagen für eine rasche Industrialisierung und Kommerzialisierung der Quantentechnologie zu schaffen. Dazu gehört eine reproduzierbare Fertigung von skalierbaren Quantenschaltkreisen nach industriellen Maßstäben. „Infineon kann mit seiner langjährigen Erfahrung in der Herstellung von Spezialhalbleiterchips hier maßgeblich zur Verbesserung der supraleitenden Schaltkreise beitragen und dabei auch auf Quantentechnologieexpertise im Bereich der Ionenfallen zurückgreifen, einer zweiten sehr vielversprechenden Quantencomputerplattform“, erklärt Sebastian Luber von Infineon. Um die hochsensitiven Quantenschaltkreise optimal ansteuern und gleichzeitig von der Umgebung abschirmen zu können werden im Projekt auch optimierte Prozessorgehäuse entwickelt. „Die Skalierung zu einer großen Anzahl an Qubits und deren Operation bei tiefen Temperaturen stellt auch große Herausforderungen an die Aufbau- und Verbindungstechnik. Hier können wir aber sehr gut die vorhandenen Werkzeuge aus traditionellen Feldern adaptieren und im Bereich der Quantentechnologien anwenden“, erwähnt Sébastien Chartier (IAF).

Schlussendlich sollen neuartige Kopplungsmechanismen erarbeitet werden, die es erlauben, die Anzahl der benötigten Operationen zu minimieren. Mit diesen Maßnahmen soll es am Walther-Meißner-Institut gelingen die verbesserte Leistungsfähigkeit anhand eines geeigneten Algorithmus zu zeigen. Das Projekt soll somit die Skalierbarkeit hin zu Quantencomputing-Architekturen mit einer größeren Qubit-Anzahl als nächsten Schritt sicherstellen und so die Voraussetzungen für eine Entwicklung fehlerkorrigierter Quantencomputer erarbeiten.

Keimzelle für die zukünftige Quantencomputerentwicklung

Die entwickelten Technologien werden nicht nur zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen führen, sondern durch eine enge Verknüpfung mit Unternehmen auch das Quantenökosystem in Deutschland und Europa stärken. Ein konkretes Ziel ist es, den entwickelten Quantenprozessor so früh wie möglich sowohl auf der Hardware- als auch auf der Softwareebene innovativen Erstnutzern zur Verfügung zu stellen. Durch zahlreiche Unternehmen mit starken Forschungs- und Entwicklungsabteilungen ist Deutschland in einer idealen Ausgangsposition, um zu einem führenden Zentrum von Nutzern und Profiteuren von Quantencomputing zu werden. Durch den Zugang zu dem, im Projekt entwickelten, Prozessor sollen daher gezielt Unternehmen im Quantentechnologiebereich gestärkt und Neugründungen gefördert werden.

Darüber hinaus soll das Vorhaben als Keimzelle der aktuellen Bundesinitiative zum Bau eines Quantencomputers „made in Germany“ dienen. Der enge Zusammenschluss zwischen Wissenschaft und Industrie ist ein klares Bekenntnis zur Förderung von Technologietransfer und zur Etablierung eines deutschlandweiten Netzwerkes basierend auf supraleitenden Qubits. Die Orientierung des Projekts an der Schnittstelle zwischen Ingenieurwissenschaften, der Informatik und der Physik trägt der Interdisziplinarität des Feldes der Quanteninformationsverarbeitung Rechnung und dient der Aus- und Weiterbildung von hochqualifizierten Wissenschaftlern als wichtiger Bestandteil der deutschen Technologielandschaft.

Nr. 03/2021
29.01.2021

Munich Quantum Valley

Dieses Projekt steht auch in engem Zusammenhang mit dem Munich Quantum Valley, einem Zusammenschluss der Bayerischen Ministerien, der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, der Fraunhofer-Gesellschaft, der Ludwig-Maximilians-Universität München, der Max-Planck-Gesellschaft und der Technischen Universität München, das der Freistaat Bayern in den nächsten drei Jahren mit 300 Millionen Euro fördern wird.

„Wir sind auf dem richtigen Weg, um mit Hilfe der Quantentechnologie bislang unlösbare Rechenaufgaben lösen zu können. Wir können das enorme Potential von Quantencomputern heute noch gar nicht abschätzen, es steht aber außer Frage, dass wir mit dieser Technologie langfristig sowohl neue wissenschaftliche Erkenntnisse gewinnen können, als auch wirtschaftlich völlig neue Impulse setzen können“ schließt Stefan Filipp, der als Professor an der TU München und Direktor am WMI das Projekt koordiniert.

Verbundprojekt GeQCoS („German Quantum Computer based on Superconducting Qubits“)

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderprogramm Quantentechnologien - von den Grundlagen zum Markt
Förderkennzeichen des Teilvorhabens am WMI: 13N15680

Beteiligte Institutionen:

Das **Walther Meißner-Institut (WMI) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften** leistet in enger Kollaboration mit der Technischen Universität München seit fast 20 Jahren Pionierarbeit im Bereich der Quantenwissenschaften und Quantentechnologien (QWT) mit supraleitenden Schaltkreisen und ist federführend in einer Vielzahl von Quanteninitiativen im Münchener Raum beteiligt.

Das **Forschungszentrum Jülich (FZJ)** adressiert Quantencomputing in den Säulen Quantenmaterialien, Quantencomputing Devices und der Quantencomputing User Facility JUNIQ mit dem Ziel, Grundlagen, Prototypen und Anwendungen im Quantencomputing zu entwickeln und beinhaltet das Zentrallabor des Europäischen Flaggschiffprojekts OpenSuperQ.

Am **Karlsruher Institut für Technologie (KIT)** wird seit 2008 experimentelle Pionierarbeit zur Multiplex-Qubit-Auslese, Zwei-Niveau-Defekten, Quantensimulatoren und Quantenmetamaterialien geleistet sowie die Entwicklung von Quantenschaltungen weiter vorangetrieben.

Die **Universität Erlangen Nürnberg (FAU)** ist eine der innovationsstärksten Universitäten weltweit. In der Arbeitsgruppe von Prof. Hartmann wird neben der Entwicklung von Kopplungsschaltkreisen und Qubits, die Entwicklung von Algorithmen für NISQ Quantencomputer vorangetrieben.

Nr. 03/2021
29.01.2021

Infineon Technologies AG ist ein weltweit führender Anbieter von Halbleiterlösungen mit einem der breitesten Produktportfolios der Branche. Das Unternehmen verfügt über eine hohe Kompetenz in Konzeption, Design und Herstellung von Spezialtechnologien und ist an mehreren Konsortien zu Quantentechnologien beteiligt, u.a. PIEDMONS zu Ionenfallen-basierten und QUASAR zu Silizium-basierten Quantencomputern.

Das **Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF** beherrscht die gesamte Wertschöpfungskette auf dem Gebiet der III/V-Halbleiter und verfügt über langjährige Erfahrung im Aufbau von Mikrowellen- und Submillimeterwellenmodulen sowohl in Hohlleitern als auch auf Leiterplatten. Im Bereich des Quantencomputings beteiligt sich das IAF unter anderem am EU-Projekt „SEQUENCE“ (Entwicklung kryogener Elektronik) und koordiniert das Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg.

Kontakt:

Prof. Dr. Stefan Filipp
Walther-Meißner-Institut der BAdW
Technische Universität München
stefan.filipp@wmi.badw.de

Pressebild: Visualisierung eines Quantenprozessors basierend auf supraleitenden Qubits. ©Chris Hohmann.