



IBM Wissenschaftler erzielen Meilenstein in der Erforschung von praxistauglichen Quantencomputern

IBM Wissenschaftler erzielen Meilenstein in der Erforschung von praxistauglichen Quantencomputern
Wie Nature Communications in seiner heutigen Ausgabe berichtet, haben Wissenschaftler des IBM Thomas J. Watson Research Centers erfolgreich einen Schaltkreis aus vier, in einem quadratischen Gitter angeordneten Quantenbits entwickelt. Dieser entspricht der kleinsten vollständigen Einheit eines skalierbaren Quantencomputers mit Quantenfehlerkorrektur. Die IBM Forscher konnten mit ihrer Arbeit erstmals die zwei Arten von Quantenfehlern (so genannte Bit-flip- und Phase-flip-Fehler), die in jedem Quantencomputer auftreten können, erkennen und messen. Bisher war es nur möglich, einen der beiden Fehler zu bestimmen, nicht aber beide gleichzeitig. Diese Fähigkeit ist jedoch notwendig für die Korrektur von Quantenfehlern - einer wesentlichen Voraussetzung für den Bau eines entsprechenden Computers. Eine der größten Herausforderungen bei der Realisierung von Quantencomputern ist die Kontrolle oder Beseitigung der Dekohärenz, die zu Rechenfehlern führt. Diese können z.B. durch Wärme, elektromagnetische Strahlung oder Störstellen im Material verursacht werden. Solche Fehler sind in der Quantenmechanik besonders gravierend, da Quanteninformationen sehr fragil sind. Um Bit-flip- und Phase-flip-Fehler gleichzeitig zu erkennen, haben die IBM Wissenschaftler vier supraleitende Quantenbits (Qubits) in einem quadratischen Gitter auf einem rund ein Quadratzentimeter großen Chip verbunden. Dabei bildet die Anordnung in einem Viereck eine wichtige Neuerung, da eine lineare Kette von Qubits die gleichzeitige Detektion beider Quantenfehlerarten verhindert. Zudem ließe sich die von IBM gewählte Konfiguration durch den Anschluss weiterer Qubits gut skalieren. Die Rechenleistung von Quantencomputern eröffnet viele neue Möglichkeiten, um hochkomplexe Optimierungs- und Simulationsprobleme zu lösen, die heute mit keinem Supercomputer berechenbar sind. Könnte man einen Quantencomputer mit nur 50 logischen Qubits bauen, so gäbe es keine Kombination aus Superrechnern der gegenwärtigen TOP500-Liste, die dessen Rechenleistung nachahmen könnte. Logische Qubits sind durch Quantenfehlerkorrektur frei von Dekohärenz und werden durch mehrere physikalische Qubits codiert. "Quantencomputer haben das Potenzial, die computergestützten Wissenschaften zu transformieren", sagt Arvind Krishna, Direktor von IBM Research. "Sie werden üblicherweise für die Kryptographie erforscht. Wir sehen jedoch auch ein bedeutendes Einsatzgebiet darin, bisher nicht lösbare Problemstellungen in der Physik oder Quantenchemie zu bearbeiten. Dies könnte etwa der Materialforschung oder Medikamentenentwicklung völlig neue Möglichkeiten eröffnen." Wie man Quantenfehler erkennt Die grundlegendste Information, die ein Computer versteht, ist das Bit. Vergleichbar mit einem Lichtschalter, der ein- und ausgeschaltet werden kann, hat ein Bit die zwei Zustände 1 oder 0. Ein Quantenbit kann ebenfalls 1 oder 0, aber auch beide Zustände gleichzeitig annehmen. Dies wird als Superposition oder als 0+1 bezeichnet. Das Vorzeichen dieser Superposition ist wichtig, da beide Zustände 0 und 1 eine Phasenbeziehung miteinander haben. Diese Superpositionseigenschaft ermöglicht dem Quantencomputer, die richtige Lösung unter Millionen von Möglichkeiten viel schneller als konventionelle Computer herauszusuchen. Im Superpositionszustand können zwei verschiedene Arten von Fehlern auftreten: Einerseits der so genannte Bit-Flip-Fehler, bei dem 0 und 1 vertauscht werden. Das ist ähnlich zu klassischen Bit-Flip-Fehlern in der IT, deren Untersuchungen in der Vergangenheit Aufschluß darüber gegeben haben, wie man diese Fehler erkennen kann. Das allein reicht jedoch für die Korrektur von Quantenfehlern nicht aus, da auch so genannte Phase-Flip-Fehler auftreten können. Diese wandeln das Vorzeichen der Phasenbeziehung zwischen 0 und 1 im Superpositionszustand um. Beide Fehlerarten müssen erkannt werden, um die Quantenfehlerkorrektur vollständig und exakt durchführen zu können. Quanteninformationen sind sehr empfindlich, da alle bestehenden Qubit-Technologien bei der Wechselwirkung mit Materie und elektromagnetischer Strahlung ihre Information verlieren. Theoretiker haben allerdings Wege aufgezeigt, um die Informationen viel länger zu erhalten, in dem sie diese über viele Qubits verteilen. Der "Surface Code" ist ein solches Fehlerkorrekturschema. Hierbei genügt es, Wechselwirkungen zwischen direkt benachbarten physikalischen Qubits zu kontrollieren, um ein logisches Qubit zu kodieren. Dadurch wird dieses ausreichend stabil, um fehlerfreie Operationen durchzuführen. Diesen Ansatz nutzte auch das IBM Team in seinen Experimenten. Da das direkte Auslesen des Zustands eines Qubits diesen zerstört, verwendeten die Wissenschaftler zwei unterschiedliche Hilfsqubits (auch Syndrom-Qubits genannt) um zu bestimmen, ob zwei benachbarte Daten-Qubits identisch sind oder ein Fehler aufgetreten ist. Hierbei zeigt eines der Syndrom-Qubits an, ob ein Bit-Flip-Fehler in den Daten-Qubits aufgetreten ist, während das andere Syndrom-Qubit anzeigt, ob ein Phase-Flip-Fehler vorliegt. Die gleichzeitige Bestimmung beider Fehler in den Daten-Qubits ist ein richtungsweisender Schritt für die Quantenfehlerkorrektur. Da zur Herstellung der Qubits Standardverfahren der Silizium-Halbleitertechnologie genutzt werden, geht IBM davon aus, dass sobald einige supraleitende Qubits verlässlich und in größerer Zahl gefertigt sowie mit niedriger Fehlerrate kontrolliert werden können, keine grundlegenden Hindernisse mehr bestehen, um die Fehlerkorrektur in einem größeren Gitter aus Qubits zu demonstrieren. Die wissenschaftliche Arbeit mit dem Titel "Demonstration of a quantum error detection code using a square lattice of four superconducting qubits" von A.D. Córcoles, E. Magesan, S. Srinivasan, A. Cross, M. Steffen, J. Gambetta, J. Chow wird veröffentlicht in Nature Communications, DOI 10.1038/ncomms7979, 29. April 2015. Hochaufgelöstes Bildmaterial: https://www.flickr.com/gp/ibm_research_zurich/594908/ YouTube-Video: <https://youtu.be/XEGWr2n14uI> A Smarter Planet blog: <http://ibm.co/1Ko8rv0> Kontaktinformation Michael Kieß Unternehmenskommunikation IBM Deutschland Forschung und Entwicklung +49 171 492 11 78 michael_kiess@de.ibm.com 

Pressekontakt

IBM Deutschland

71137 Ehningen

Firmenkontakt

IBM Deutschland

71137 Ehningen

(Hardware, Software und Services) und B2B-Lösungen. Das Unternehmen beschäftigt derzeit 399.400 Mitarbeiter und ist in über 170 Ländern aktiv. Die IBM in Deutschland mit Hauptsitz bei Stuttgart ist die größte Landesgesellschaft in Europa. Mehr Informationen über IBM unter: ibm.com/de/ibm/unternehmen/index.html IBM ist heute das einzige Unternehmen in der IT-Branche, das seinen Kunden die komplette Produktpalette an fortschrittlicher Informationstechnologie anbietet: Von der Hardware, Software über Dienstleistungen und komplexen Anwendungslösungen bis hin zu Outsourcingprojekten und Weiterbildungsangeboten.