



Pressemitteilung

Neuer Ansatz auf dem Weg zum Quantencomputer

Übergroße Ionen machen Rechnen auf Quantenbasis zuverlässiger und schneller – Tübinger Physiker an internationalem Forschungsprojekt beteiligt

Dr. Karl Guido Rijkhoek
Leiter

Antje Karbe
Pressereferentin

Telefon +49 7071 29-76788
+49 7071 29-76789

Telefax +49 7071 29-5566
karl.rijkhoek[at]uni-tuebingen.de
antje.karbe[at]uni-tuebingen.de

www.uni-tuebingen.de/aktuell

Tübingen, den 15.04.2020

Ein internationales Forschungsteam hat einen neuen, vielversprechenden Weg zu einem zuverlässigen und praktisch nutzbaren Quantencomputer aufgezeigt. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzten bei ihrem Experiment so genannte Rydberg-Ionen des Elements Strontium, die durch Laserpulse in hoch-angeregte elektronische Zustände versetzt wurden. Diese übergroßen Ionen wechselwirken außerordentlich stark und erlauben den Austausch der in den Ionen abgespeicherten Quanteninformation mithilfe von Photonen. Die Ergebnisse wurden am Mittwoch im Fachmagazin *Nature* veröffentlicht.

Dieser Ansatz unterscheidet sich deutlich von den bislang existierenden Quantenrechnern auf Ionenbasis. Diese bestehen aus Ionen, die einen Kristall bilden, und der Austausch von Quanteninformation erfolgt in der Regel über Kristallschwingungen. Gerade in großen Ionenkristallen mit sehr komplizierten Schwingungsmustern ist diese Methode allerdings sehr langsam. Komplexe Rechenoperationen können daher nicht schnell genug durchgeführt werden, so dass die gespeicherte Quanteninformation zerfällt. Die Nutzung von übergroßen Ionen umgeht dieses Problem, und ermöglicht den schnellen Ablauf von Quantenrechnungen selbst in großen Systemen.

„Quantencomputer auf Ionenbasis gelten unter Fachleuten seit langem als vielversprechend, da sie im Prinzip mit Fehlerraten von weniger als 0,1 Prozent rechnen können“, sagte Professor Igor Lesanovsky vom Institut für theoretische Physik der Universität Tübingen. Ionen lassen sich mithilfe elektrischer Felder einfangen und kontrollieren sowie sehr gut von der Umgebung abschirmen. Allerdings traten in der Vergangenheit Probleme bei der Skalierung eines solchen Rechners auf. Wurde die Zahl der eingesetzten Ionen schrittweise erhöht, um den Quantenrechner größer und leistungsfähiger zu machen, mussten Wissenschaftler feststellen, dass die Rechenoperationen anschließend langsamer abliefen und die Fehlerrate stieg. „Um Quanteninformationen zu übertragen, müssen die Ionen in Schwingungen versetzt werden“,

erklärte Lesanovsky: „Erhöht man die Zahl der eingesetzten Ionen, führt das aber dazu, dass die Schwingungsmuster zunehmend komplizierter werden und immer schwieriger zu kontrollieren sind.“ Die Ionen stören sich gewissermaßen gegenseitig beim Rechnen.

Einem Forscherteam der Universität Stockholm gelang es nun, die beschriebenen Probleme durch den Einsatz von Rydberg-Ionen zu lösen. Professor Lesanovsky begleitete das aktuelle Experiment gemeinsam mit Dr. Weibin Li von der Universität Nottingham durch theoretische Berechnungen und die Untersuchung möglicher Fehlerquellen. Herkömmliche Ionen zeichnen sich dadurch aus, dass die Elektronen im engen Abstand um den Atomkern kreisen. Bei Rydberg-Ionen zirkuliert dagegen ein Elektron in einem weiten Abstand um den Kern. Ionen in Rydberg-Zuständen sind dadurch nicht nur weitaus größer als herkömmliche Atome oder Ionen, sie zeichnen sich auch durch besondere physikalische Eigenschaften aus.

„Rydberg-Ionen bilden gewissermaßen kleine Antennen und erlauben dadurch, besonders schnelle Quantengatter zu realisieren, die die „Grundbausteine“ eines Quantencomputers darstellen“, erklärt Professor Markus Hennrich von der Universität Stockholm. Da die Wechselwirkung zwischen Rydberg-Ionen nicht auf Kristallschwingungen, sondern auf dem Austausch von Photonen basiert, erwarten die Forscher, dass ein Quantenrechner auf Basis von Rydberg-Ionen auch bei einer großen, dreidimensionalen Ionenstruktur funktioniert, die für die Schaffung eines leistungsstarken und breit einsetzbaren Quantencomputers notwendig wäre.

Eine wesentliche Größe für jeden Quantencomputer ist die so genannte Kohärenzzeit. Der Begriff bezeichnet den Zeitraum, über welchen sich Quanteninformation stabil speichern und verarbeiten lässt. „Auch bei der derzeit besten Abschirmung ist diese Kohärenzzeit immer begrenzt, da Quantenzustände bereits beim kleinsten Kontakt mit der Umwelt zerstört werden“, erklärte Lesanovsky. Die Wissenschaftler erwarten, dass mit dem von ihnen gewählten experimentellen Ansatz bis zu 100 Millionen Rechenoperationen pro Kohärenzzeit durchgeführt werden können. Quantenprozessoren basierend auf Festkörpern oder supraleitenden Schaltkreisen erlauben im Moment etwa 1.000 Rechenoperationen pro Kohärenzzeit. „Ein Quantenrechner auf der Basis von Rydberg-Ionen hat damit vor allem das Potenzial, deutlich zuverlässiger zu arbeiten als andere Systeme auf Quantenbasis.“

Quantencomputer gelten als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Während herkömmliche Computer nach den Gesetzen der klassischen Physik funktionieren, arbeiten Quantencomputer nach den Regeln der Quantenmechanik. Die Fähigkeit von miteinander verschränkten Quanten, Informationen ohne zeitliche Verzögerung auszutauschen, macht sie sehr schnell und leistungsfähig. Quantencomputer könnten in der Zukunft überall dort zum Einsatz kommen, wo gewaltige Datenmengen verarbeitet werden müssen, so zum Beispiel in der Personalisierten Medizin oder bei der Künstlichen Intelligenz. Die Bundesregierung startete Ende Januar 2020 eine strategische Initiative zum Quantencomputing und stellte dafür 300 Millionen Euro bereit. Große Konzerne wie IBM oder Google haben in der Vergangenheit bereits experimentelle Quantencomputer vorgestellt. Fachleute gehen aber davon aus, dass bis zur Schaffung eines alltagstauglichen Quantencomputers noch mindestens zehn Jahre Forschung und Entwicklung notwendig sind.

Publikation:

Chi Zhang, Fabian Pokorny, Weibin Li, Gerard Higgins, Andreas Pöschl, Igor Lesanovsky, Markus Hennrich, Sub-microsecond entangling gate between trapped ions via Rydberg interaction. *Nature* 2019, DOI 10.1038/s41586-020-2152-9, <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2152-9>

Kontakt:

Prof. Dr. Igor Lesanovsky
Universität Tübingen
Institut für Theoretische Physik
Telefon +49 7071 29-76379
igor.lesanovsky@uni-tuebingen.de