



Neues Quantengatter aus drei Qubits gebaut

Einen weiteren wichtigen Grundbaustein für einen zukünftigen Quantencomputer haben Forscher um Rainer Blatt vom Institut für Experimentalphysik der Universität Innsbruck und dem Institut für Quantenoptik und Quanteninformation (IQOQI) im Labor erstmals realisiert: ein Rechengatter aus drei Qubits, das sogenannte Toffoli-Gatter. Sie berichten darüber in der Fachzeitschrift *Physical Review Letters*.

Die Gesetze der Quantenmechanik erlauben es Quantencomputern, Informationen wesentlich schneller und effizienter zu verarbeiten, als dies herkömmliche Rechenmaschinen können. Auch schwierigste Algorithmen führen sie in nur wenigen Rechenschritten durch. Die Grundbausteine für Quantencomputer sind Gatter (Rechenoperationen) mit einem oder mehreren Quantenbits (Qubits). Schon mit Einzelqubit-Operationen und einer Zweiqubit-Operation sind grundlegende Experimente in der Welt der Quantenphysik möglich. Dies haben die Innsbrucker Forscher um Rainer Blatt in den letzten Jahren bereits eindrucksvoll gezeigt. So konnten sie zum Beispiel im Jahr 2005 erstmals den Quantenzustand eines Atoms in vollständig kontrollierter Weise auf ein zweites Atom teleportieren. Im Vorjahr führten die Wissenschaftler zum ersten Mal eine deterministische Verschränkungsübertragung (Entanglement Swapping) durch.

Gatter aus drei Qubits

Zwar können mit Quantengattern aus einem oder zwei Qubits grundsätzlich alle möglichen Algorithmen realisiert werden, bei komplexeren Aufgabenstellungen führt dies in der praktischen Umsetzung jedoch rasch an Grenzen. Neben den im Labor bereits existierenden Ein- und Zwei-Qubit-Gattern war die internationale Forschergemeinde deshalb auf der Jagd nach einem Rechengatter aus drei Qubits. Dies gelang nun den Experimentalphysikern in Innsbruck mit drei in einer Falle gefangenen Kalzium-Ionen, die jeweils ein Qubit repräsentieren. Das Ziel-Qubit des Toffoli-Gatters wird dabei nur dann geschaltet, wenn beide Kontroll-Qubits den Wert „1“ annehmen – in allen anderen Fällen bleibt das Ziel-Qubit unverändert.

Wesentlicher Schritt auf dem Weg zum Quantencomputer

Mit diesem neuen Gatter wird nicht nur die Palette der im Labor verfügbaren Quantengatter größer, es steigert auch deren Effizienz. „Um ein Toffoli-Gatter auf konventionelle Weise zu realisieren, müssten sechs kontrollierte Schaltoperationen miteinander verknüpft werden“, erklärt der am Experiment beteiligte Tiroler Nachwuchsphysiker Thomas Monz. „Im Vergleich dazu ist unser Toffoli-Gatter dreimal so schnell und weist zudem eine geringere Fehlerrate auf.“ Das Gatter kann bei der Realisierung von Quantenfehlerkorrekturverfahren oder der quantenmechanischen Primfaktorzerlegung zum Einsatz kommen und stellt einen wesentlichen Grundbaustein für einen zukünftigen Quantencomputer dar.

Bilder finden Sie unter: <http://www.iqoqi.at/media/download/>

Realization of the quantum Toffoli gate with trapped ions. T. Monz, K. Kim, W. Hänsel, M. Riebe, A. S. Villar, P. Schindler, M. Chwalla, M. Hennrich, and R. Blatt. Physical Review Letters 2009
<http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.102.040501>

Arbeitsgruppe „Quantenoptik und Spektroskopie“

<http://www.quantumoptics.at>

Kontakt:

Thomas Monz
Universität Innsbruck, Institut für
Experimentalphysik
Technikerstrasse 25, 6020 Innsbruck, Austria
Tel.: +43 512 507-6328
E-mail: Thomas.Monz@uibk.ac.at
Web: <http://www.quantumoptics.at>

Dr. Christian Flatz
Public Relations
Institut für Quantenoptik und Quanteninformation
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Technikerstraße 21a, A-6020 Innsbruck,
Tel.: +43 650 5777122
E-Mail: pr-iqoqi@oeaw.ac.at