

“Cluster-State” Quantencomputer

SPERRFRIST: 9. März 2005, 19 Uhr MEZ

In der kommenden Ausgabe der namhaften Wissenschaftszeitschrift *Nature* erscheint ein österreichischer Beitrag mit dem Titel „*Experimental one-way quantum computing*“ (Philip Walther, Kevin J. Resch, Terence Rudolph, Emmanuel Schenck, Harald Weinfurter, Vlatko Vedral, Markus Aspelmeyer & Anton Zeilinger; NATURE 3347–15/2/2005). Das beschriebene Experiment stellt einen grundsätzlich neuen Weg zur der praktischen Realisierung eines Quantencomputers dar der sich von allen bisherigen Computerkonzepten unterscheidet.

Realisierung eines Quantencomputers

Am Institut für Experimentalphysik der Universität Wien (Gruppe Zeilinger) gelang es erstmals, das Grundprinzip eines neuen Quantencomputers zu realisieren. Nach der neuen Grundidee, die ursprünglich von Raussendorf und Briegel (jetzt an der Universität Innsbruck) stammt, startet man den One-Way Quantencomputer in einem sogenannten Clusterzustand. Dies ist ein hoch verschränkter Quantenzustand mehrerer Quantenbits (Qubits). Dieser Zustand muss so reich an Information sein, dass er alle im Prinzip möglichen Resultate der beabsichtigten Berechnungen enthält. Die Rechnung selbst schreitet dann auf die Weise fort, dass man an einzelnen Qubits des Clusterzustandes Messungen durchführt. Für jede Aufgabe des Computers ist eine andere Abfolge der Messungen notwendig. Der Endzustand der verbleibenden Qubits stellt dann das Endresultat der gewünschten Berechnung dar. Nun besteht ein prinzipielles Problem darin, dass eine Messung in der Quantenphysik dem Zufall unterworfen ist, das gewünschte Resultat aber nur bei ganz bestimmten Messergebnissen vorliegt. Dies würde etwa bei 10 Messungen bedeuten, dass das Ergebnis nur in einem von tausend Fällen erzielt wird.

Dieses Problem kann nun dadurch umgangen werden, dass vom Resultat früherer Messungen abhängt, welche Messungen später durchgeführt werden. Dadurch kann der Zufall ausgeschaltet werden. Dies erfordert aktives Feed-Forward (Vorwärtskopplung), die natürlich sehr schnell sein muss.

Der One-Way Quantencomputer kann als quantenphysikalische Realisierung der Unendlichen Bibliothek des argentinischen Schriftstellers Borges gesehen werden. Diese Bibliothek enthält alle Bücher die je geschrieben wurden und auch die die in der Zukunft noch geschrieben werden.

Im vorliegenden Experiment, in dessen Verlauf es laufenden Austausch und Diskussionen zwischen der Gruppe Zeilinger (IQOQI Abteilung Wien) und Prof. Briegel (IQOQI Abteilung Innsbruck) gab, wurde der einfachste mögliche Clusterzustand aus vier Lichtteilchen (Photonen) verifiziert, der natürlich nur eine sehr geringe Zahl von Operationen zulässt. Das aktive Feed-Forward besteht hier in der richtigen Auswahl der Messungen an 1 oder 2 Photonen abhängig von den Messungen an anderen Photonen.

Diese vier Lichtteilchen wurden verschränkt zu einem „Cluster-Zustand“, der es erlaubt, die Berechnungen durchzuführen. Dabei werden einzelne Messungen an den räumlich getrennten, aber verschränkten Lichtteilchen unternommen. Je nach Art und Reihenfolge der Messungen kann die „Software“ also die Art der Berechnung verändert werden.

Pressemitteilung
Institut für Experimentalphysik, Universität Wien
Institut für Quantenoptik und Quanteninformation,
Österreichische Akademie der Wissenschaften

Die unterschiedlichen Messungen erlaubten eine erfolgreiche Demonstration aller notwendigen Rechenoperationen für die Verwirklichung eines zukünftigen Quantencomputers. Darüber hinaus wurde ein Quanten-Suchalgorithmus (Clover Search Algorithm) verwirklicht, der es erlaubt wesentlich effizienter Registereinträge zu finden.

Zum wissenschaftlichen Hintergrund:

Quantencomputer bedienen sich im Gegensatz zu klassischen Computern quantenmechanischer Phänomene, wie der Superposition, der gleichzeitigen Überlagerung unterschiedlicher Zustände (0 und 1) oder der Verschränkung - Einsteins „spukhafte Fernwirkung“.

In den letzten Jahren konnte gezeigt werden, dass solche Quantencomputer eine Vielzahl von Rechenoperationen effizienter durchführen können als jeder klassisch funktionierende Computer. Die bekanntesten Beispiele sind Quantenalgorithmen zum Auffinden von markierten Einträgen oder zum Zerlegen von großen Zahlen in deren Primfaktoren.

Im Experiment wurde ein solcher Vierteilchen-Cluster-Zustand mit in Polarisation verschränkten Lichtteilchen hergestellt. Jedes dieser vier Lichtteilchen, oder Photonen, konnte einzeln einer beliebigen Polarisationsmessung unterzogen werden, so dass abhängig von der Polarisationsrichtung und Reihenfolge der Messung unterschiedliche Rechenoperationen demonstriert werden konnten.

Neben einer erfolgreichen Demonstration für einen Quantencomputer notwendigen Rechenoperationen, konnte auch ein Quantensuchalgorithmus implementiert werden, der die Stärke eines solchen One-Way Quantencomputers untermauert.

Dieses Experiment setzt einen signifikanten Schritt zur Realisierung zukünftiger Quantencomputer. Bis zur Realisierung eines einsatzfähigen Quantencomputers ist jedoch noch ein weiter Weg. Der nächste Schritt der Wiener Gruppe für den One-Way Quanten Computer wird die Realisierung des aktiven Feed-Forward sein. Diese erfordert, wegen der hohen Geschwindigkeit der Photonen, den Einsatz ultraschneller elektronischer Komponenten.

Die Arbeiten wurden von der Europäischen Kommission und vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung FWF unterstützt.

Kontakt:

Institut für Experimentalphysik, Universität Wien
Institut für Quantenoptik und Quanteninformation, Österreichische Akademie der Wissenschaften

Wolfgang Vogl e-mail: wolfgang.vogl@univie.ac.at, Tel: +43-1-4277- 29571
Sekretariat e-mail: Zeilinger-office@quantum.at Tel: +43-1-4277-51201

Ruth Francis

Senior Press Officer, Nature
Nature London
e-mail: r.francis@nature.com
Tel: +44 20 7843 4562

Pressemitteilung
Institut für Experimentalphysik, Universität Wien
Institut für Quantenoptik und Quanteninformation,
Österreichische Akademie der Wissenschaften