

Medieninformation der Universität Innsbruck

5. August 2013

Eine untrügliche Quantenmessung

Für Quantenphysiker gehört die Verschränkung mittlerweile zum täglichen Handwerkszeug. Für den Bau von zukünftigen Quantencomputern bildet sie die wesentliche Grundlage. Nun haben Innsbrucker Forscher gemeinsam mit Schweizer Kollegen in der Fachzeitschrift Nature Physics eine neue, sehr verlässliche Methode zum Nachweis von Verschränkung veröffentlicht.

Quantencomputer, Quantenkommunikation und Quantenkryptografie sind ohne Verschränkung nicht denkbar. Für viele zukünftige Quantentechnologien bildet diese, für unser Alltagsverständnis seltsam erscheinende Eigenschaft von Quantensystemen die wesentliche Grundlage. Experimentalphysiker stehen daher heute in ihren Labors sehr häufig vor der Aufgabe, die Verschränkung in Quantensystemen eindeutig nachzuweisen. „Wir haben vor zwei Jahren erstmals 14 Ionen kontrolliert miteinander verschränkt“, erzählt Thomas Monz aus der Arbeitsgruppe von Rainer Blatt am Institut für Experimentalphysik der Universität Innsbruck und dem Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Das Team hält bis heute den Weltrekord für die größte je im Labor miteinander verschränkte Anzahl von Teilchen. „Für den Nachweis von Verschränkung mussten wir bisher einige, experimentell kalibrierte Annahmen machen. Aber Annahmen - zu Beispiel über die Anzahl der Dimensionen im System oder Kalibrierungen - machen Ergebnisse angreifbar“, sagt Monz, der nun gemeinsam mit Julio Barreiro, heute am Max Planck Institut für Quantenoptik in Garching, und Jean-Daniel Bancal aus der Arbeitsgruppe um Nicolas Gisin an der Universität Genf, jetzt am Zentrum für Quantentechnologien in Singapur, ein neues Messverfahren für den Nachweis der Verschränkung mehrerer Quantenobjekte entwickelt und getestet hat.

Korrelationen bestimmen

Diese vom Messsystem weitgehend unabhängige Methode geht von einer einzigen Annahme aus: „Wir müssen lediglich sicherstellen, dass wir an den einzelnen Quantenobjekten Operationen aus einem fixen Satz an Operationen durchführen, und dass diese Operationen untereinander unabhängig sind“, erklärt Julio Barreiro. „Welche Operationen aber im Detail durchgeführt werden, spielt dabei keine Rolle mehr.“ So schließen die Physiker viele Fehlerquellen und damit Fehlinterpretationen von Ergebnissen aus. „Am Ende untersuchen wir die Korrelationen zwischen den Messergebnissen der einzelnen Quantensysteme und den Messeinstellungen. Übersteigen die Korrelationen einen bestimmten Wert, dann gilt das als

Rückfragehinweis:

Thomas Monz
Institut für Experimentalphysik
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507 52452
E-Mail: thomas.monz@uibk.ac.at
Web: <http://www.quantumoptics.at/>

Christian Flatz
Büro für Öffentlichkeitsarbeit
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507 32022
Mobil: +43 676 872532022
E-Mail: christian.flatz@uibk.ac.at



verlässliche Aussage darüber, dass die Objekte des Quantensystems miteinander verschränkt sind.“ Für die experimentell nur schwer vermeidbare gegenseitige Beeinflussung der im Innsbrucker Experiment in einer Vakuumkammer nebeneinander schwebenden Kalziumionen bei der Manipulation mit einem Laser hat der Schweizer Theoretiker Jean-Daniel Bancal den notwendigen Wert des Korrelationskoeffizienten nach oben korrigiert. „Wenn dieser Wert bei der Auswertung überschritten wird, kann mit Sicherheit von einem verschränkten System ausgegangen werden“, sagt Bancal.

Annahmen als Achillesferse

Für die Physik sind Verfahren, die von sehr wenigen Grundannahmen ausgehen, hochinteressant. Sie sind weitgehend unabhängig vom System, arbeiten extrem zuverlässig und stärken das Vertrauen in die Ergebnisse der Experimentalisten. „Annahmen sind die Achillesferse vieler Verfahren – experimentell wie auch in der Theorie“, betont Thomas Monz. „Uns ist es hier gelungen, die Zahl der notwendigen Annahmen für den Nachweis von Verschränkung in einem Quantensystem auf ein Minimum zu reduzieren. Wir erhalten damit eine sehr verlässliche Aussage, ob ein System von mehreren Quantenteilchen verschränkt ist oder nicht.“ In ihrem Labor konnten die Innsbrucker Physiker die Verschränkung von sechs Kalziumionen nachweisen. Die neue Methode kann auch in größeren Systemen eingesetzt werden, der technische Aufwand steigt mit der Zahl der Teilchen allerdings deutlich an.

Publikation: Demonstration of genuine multipartite entanglement with device-independent witnesses. Julio T. Barreiro, Jean-Daniel Bancal, Philipp Schindler, Daniel Nigg, Markus Hennrich, Thomas Monz, Nicolas Gisin, and Rainer Blatt. Advance Online Publication, Nature Physics 2013 (DOI: 10.1038/NPHYS2705)

Eine Medieninformation des Büros für Öffentlichkeitsarbeit der Universität Innsbruck (Anschrift: Christoph-Probst-Platz, Innrain 52, A-6020 Innsbruck, Tel.: +43 512 507 32000, E-Mail: presse@uibk.ac.at)