

Medieninformation der Universität Innsbruck

24. März 2014

Dreiteilchenverschränkung besteht härtesten Test

Die Quantenmechanik unterscheidet sich in wesentlichen Grundannahmen von der klassischen Physik. Nun haben Wissenschaftler der University of Waterloo und der Universität Innsbruck erstmals drei miteinander verschränkte Photonen völlig unabhängig von einander gemessen. Die in der Zeitschrift Nature Photonics veröffentlichten Ergebnisse bestätigen eindrucksvoll die Theorie der Quantenverschränkung.

Quantenphysik zeichnet sich durch einige für den Laien schwer verständliche Eigenschaften aus. So geht die klassische Physik davon aus, dass Vorgänge nur Auswirkungen auf ihre direkte räumliche Umgebung haben. Die in der Quantenmechanik formulierte Möglichkeit, dass verschränkte Teilchen auch über weite Distanzen hinweg stark miteinander verbunden sein können, veranlasste Albert Einstein einmal dazu, von einer „spukhaften Fernwirkung“ zu sprechen. Bis heute suchen deshalb Zweifler nach möglichen verborgenen Eigenschaften, die die Quantenmechanik doch den Gesetzen der klassischen Physik unterordnen. Diese Bemühungen erfahren nun erneut einen Rückschlag. Mit der örtlich unabhängigen Messung von drei miteinander verschränkten Photonen bestätigen Physiker um Gregor Weihs vom Institut für Experimentalphysik der Universität Innsbruck sowie Thomas Jenewein und Kevin Resch vom Institute for Quantum Computing (IQC) der University of Waterloo in Kanada eindrucksvoll die Richtigkeit der Quantenmechanik.

Weit entfernte Messstationen

Schon 1997 hatte Gregor Weihs im Rahmen seiner Doktorarbeit an der Universität Innsbruck verschränkte Photonenpaare in einem Distanz von 400 Metern gemessen und dabei die Korrelationen der Photonen statistisch nachgewiesen. Nun wiederholte er das Experiment mit dem Team an der University of Waterloo mit jeweils drei verschränkten Photonen. Die Vorarbeiten dafür hat Weihs noch in seiner Zeit als Associate Professor am Institute for Quantum Computing (IQC) der University of Waterloo geleistet. Für das Experiment brachten die Physiker jeweils drei Photonen in einen GHZ-Zustand. Dieses nach Daniel Greenberger, Michael Horne und Anton Zeilinger benannte Experiment, wurde eben dazu erdacht, Theorien mit verborgenen Variablen auszuschließen.

Von den drei Photonen übertrugen die Forscher zwei über Freistrahlstrecken in hunderte Meter entfernt stehende Messstationen. Das

Rückfragehinweis:

Univ.-Prof. Dr. Gregor Weihs
Institut für Experimentalphysik
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507 52550
E-Mail: gregor.weihs@uibk.ac.at
Web:
<http://www.uibk.ac.at/exphys/photoni>
k

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



das dritte Photon wurde am Ort der Photonenquelle gemessen. Echte Zufallsgeber steuerten den nächtlichen, rund eineinhalbstündigen Messprozess, in dem die Polarisation der drei Photonen parallel gemessen wurden. „Mit dem Experiment konnten wir die Verschränkung der Photonen statistisch klar nachweisen“, freut sich Gregor Weihs. „Weil die Messstationen so weit von einander entfernt stehen, kann ausgeschlossen werden, dass Informationen über die Messung von einer Station zur nächsten übertragen werden, noch bevor dort gemessen wird. Damit ist ausgeschlossen, dass eine Informationsübertragung das Messergebnis beeinflusst.“ Zusätzlich haben die Wissenschaftler die Zufallsgeber, die den Messprozess steuern, hunderte Meter von einander entfernt untergebracht. So wird ein weiterer möglicher Einfluss auf die Messungen ausgeschlossen. „Die einzige Annahme, die wir für das Experiment noch voraussetzen müssen, ist, dass die Detektoren allen Photonen die gleiche Chance lassen“, lässt Gregor Weihs für die Zukunft Zweifel an noch ein kleines Schlupfloch.

Aufwändiges Experiment

Möglich wurde dieses für das grundlegende Verständnis der Natur wichtige Experiment, weil Gregor Weihs und seine Kollegen in Kanada über eine sehr gute Quelle zur Erzeugung der Photonen sowie ausgezeichnete Übertragungstechniken verfügen. „Nur so konnten ausreichend Photonentriplets erzeugt und gemessen werden, um in vergleichsweise kurzer Zeit statistisch relevante Ergebnisse zu erzielen“, erzählt Gregor Weihs. „Darüber hinaus benötigt ein solches Experiment ein großes, motiviertes Team und ausreichend Mittel für die aufwändige Infrastruktur.“ Das Experiment bestätigt nicht nur die Eigenschaften der Quantenmechanik, es eröffnet auch Perspektiven für die Realisierung von quantenkryptographischen Anwendungen für mehr als zwei Teilnehmer. Finanziell unterstützt wurde es unter anderem vom Wissenschaftsfonds FWF und der Europäischen Union.

Publikation: Experimental Three-Photon Quantum Nonlocality under Strict Locality Conditions. C. Erven, E. Meyer-Scott, K. Fisher, J. Lavoie, B. L. Higgins, Z. Yan, C. J. Pugh, J.-P. Bourgoin, R. Prevedel, L. K. Shalm, L. Richards, N. Gisin, R. Laflamme, G. Weihs, T. Jennewein, and K. J. Resch. *Nature Photonics* 2014 [doi: 10.1038/nphoton.2014.50, <http://dx.doi.org/10.1038/nphoton.2014.50>]

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)