



Institut für Quantenoptik und Quanteninformation
Österreichische Akademie der Wissenschaften

Otto Hittmair-Platz 1 / Technikerstraße 21a
6020 Innsbruck, Austria, Europe
Tel +43 512 507 4701
Fax +43 512 507 9815
iqoqi-ibk@oeaw.ac.at
www.iqoqi.at

Geschäftsführender Direktor
Univ.Prof. Dr. Peter Zoller
peter.zoller@oeaw.ac.at

Sperrfrist:
Donnerstag, 18. April 2019, 20:00 Uhr MESZ

Quantenwelt: Zufall hilft beim Messen

Durch zufällig gewählte Messungen können Innsbrucker Physiker die Quantenverschränkung von Vielteilchensystemen bestimmen. Mit dem neuen Verfahren lassen sich Quantensimulationen auf eine größere Zahl von Quantenteilchen ausweiten. Die Forscher berichten in der Fachzeitschrift Science über die erste erfolgreiche Demonstration dieses von Innsbrucker Theoretikern entwickelten Messverfahrens.

Quantenphänomene sind experimentell schwierig zu beherrschen, der Aufwand steigt mit der Größe des Systems dramatisch. Seit einigen Jahren sind Wissenschaftler in der Lage, kleine Quantensysteme gut zu kontrollieren und an ihnen Quanteneigenschaften zu erforschen. Solche Quantensimulationen gelten als vielversprechende frühe Anwendung von Quantentechnologien, die Probleme lösen könnten an denen Simulationen auf herkömmlichen Computer scheitern. Allerdings müssen dafür die als Quantensimulatoren eingesetzten Quantensysteme noch weiter wachsen. Die Verschränkung von vielen Teilchen ist nach wie vor ein messtechnisch schwer fassbares Phänomen. „Um einen Quantensimulator aus zehn oder mehr Teilchen in unserem Labor betreiben zu können, müssen wir die Zustände des Systems möglichst genau charakterisieren“, erläutert Christian Roos vom Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Bisher wurde für die Beschreibung von Quantenzuständen die Quantenzustands-Tomographie verwendet, mit der der Zustand eines Systems vollständig beschrieben werden kann. Dieses Verfahren ist allerdings mit einem sehr hohen Mess- und Rechenaufwand verbunden und eignet sich nicht für Systeme mit über einem halben Dutzend Teilchen. Vor zwei Jahren präsentierten die Innsbrucker Forscher um Christian Roos gemeinsam mit Kollegen aus Deutschland und Großbritannien eine messtechnisch sehr effiziente Methode für die Charakterisierung komplexer Quantenzustände. Allerdings können damit nur schwach verschränkte Zustände beschrieben werden. Dieses Problem umgeht nun eine neue Methode, die Theoretiker um Peter Zoller im Vorjahr vorgestellt haben und mit der beliebige Verschränkungszustände charakterisiert werden können.

Dieses Verfahren haben sie nun gemeinsam mit Experimentalphysikern um Rainer Blatt und Christian Roos im Labor demonstriert.

Quantensimulationen auf größeren Systemen

„Das neue Verfahren basiert auf der wiederholten Messung von zufällig gewählten Veränderungen von einzelnen Teilen des Systems. Die statistische Auswertung der Messergebnisse macht dann Aussagen über das Maß der Verschränkung des Systems möglich“, erklärt Nachwuchsphysiker Andreas Elben aus dem Team von Peter Zoller. Demonstriert haben die Innsbrucker Physiker das Verfahren in einem Quantensimulator aus mehreren in einer Reihe aufgefädelt Ionen in einer Vakuumkammer. Ausgehend von einem einfachen Zustand lassen die Forscher die einzelnen Teilchen mit Hilfe von Laserpulsen wechselwirken und erzeugen so Verschränkung in dem System. Mit einem umfangreichen Messprotokoll kann dann der Zustand beschrieben werden: „Wir führen an jedem Ion 500 lokale Transformationen durch und wiederholen die Messungen insgesamt 150 mal, um dann aus den Messergebnissen mit statistischen Methoden Aussagen über den Verschränkungszustand ermitteln zu können“, erklärt die PhD-Studentin Tiff Brydges vom Institut für Quantenoptik und Quanteninformation. In der nun in der Fachzeitschrift veröffentlichten Arbeit charakterisieren die Innsbrucker Physiker die dynamische Entwicklung eines Systems aus zehn Ionen sowie eines aus zehn Ionen bestehenden Teilsystems einer 20-teiligen Ionenkette. „Im Labor hilft uns dieses neue Verfahren sehr, weil wir so unseren Quantensimulator noch besser verstehen lernen und zum Beispiel die Reinheit der Verschränkung genauer beurteilen können“, sagt Christian Roos, der davon ausgeht, dass die neue Methode auf Quantensystemen mit bis zu mehreren Dutzend Teilchen erfolgreich angewendet werden kann.

Die wissenschaftliche Arbeit wurde in der Fachzeitschrift Science veröffentlicht und vom Europäischen Forschungsrat ERC und dem österreichischen Wissenschaftsfonds FWF finanziell unterstützt. „Diese Veröffentlichung zeigt einmal mehr die fruchtbare Zusammenarbeit zwischen den theoretisch arbeitenden Physikern und den Experimentalphysikern hier in Innsbruck“, unterstreicht Peter Zoller. „An der Universität Innsbruck und dem Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Österreichischen Akademie der Wissenschaften finden junge Forscherinnen und Forscher aus beiden Bereichen sehr gute Bedingungen für weltweit konkurrenzfähige Forschungsarbeiten.“

Publikation: Probing Renyi entanglement entropy via randomized measurements. Tiff Brydges, Andreas Elben, Petar Jurcevic, Benoit Vermersch, Christine Maier, Ben P. Lanyon, Peter Zoller, Rainer Blatt, Christian F. Roos. Science 2019

DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aau4963>

Links:

- Arbeitsgruppe „Quantum Optics and Spectroscopy“ (Rainer Blatt)
<https://quantumoptics.at/>
- Arbeitsgruppe „Quantum Optics Theory“ (Peter Zoller)
<https://www.uibk.ac.at/exphys/qo/>

Kontakt:

Christian Roos

Institut für Quantenoptik und Quanteninformation

Österreichische Akademie der Wissenschaften

Tel.: +43 512 507 4728

E-Mail: christian.roos@oeaw.ac.at

Christian Flatz

Public Relations

Mobil: +43 676 872532022

E-Mail: pr-igqoqi@oeaw.ac.at

Web: <http://www.igqoqi.at>