



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

Quantenphysik: Angekündigter Zufall

Eine neuartige Quelle von verschränkten Lichtteilchen haben Wiener PhysikerInnen um Philip Walther und Anton Zeilinger von der Fakultät für Physik der Universität Wien und vom Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Österreichischen Akademie der Wissenschaften entwickelt. Diese erlaubt es erstmals nachzuweisen, dass ein verschränkter Zustand vorliegt ohne diesen zu messen.

Bisher hatte die Standardquelle für verschränkte Photonen einen entscheidenden Nachteil: Der Emissionszeitpunkt war unbekannt und es ließ sich damit nicht feststellen, wann die Teilchen die Quelle verlassen. Diese spontane Emission der Teilchenpaare führte zu diversen Problemen bei experimentellen Realisierungen. Möchte man z.B. einen Quantencomputer auf der Basis von Photonen bauen, hieße das, dass man nicht genau weiß, wann die sog. Quantenbits, in diesem Fall in Form von Photonen, vorhanden sind. In der Praxis bedeutet dies, dass nach jedem vermuteten Rechenschritt Photonen gemessen werden müssen, um festzustellen, ob dieser erfolgreich war.

Eine Messung in der Quantenmechanik heißt im Allgemeinen auch eine Zerstörung des quantenmechanischen Zustandes – die Teilchen können für keine weitere Quantenrechnung verwendet werden. Die Anwendbarkeit eines optischen Quantencomputers war dadurch bisher stark begrenzt.

Signalisierte Emission von Verschränkung

Die von Wiener ForscherInnen realisierte Quelle von verschränkten Photonenpaaren, bei der die Emission der Paare angekündigt wird, macht eine Messung zur Anwesenheit der Teilchen überflüssig und ermöglicht eine Erweiterung des derzeitigen optischen Quantencomputers. Das Konzept dieser Quelle basiert auf zusätzlichen Hilfsteilchen, deren Messung eine Aussage über den Zustand der verbleibenden Teilchen ermöglicht. Im konkreten Fall des Wiener Experiments präparieren die ForscherInnen sechs Photonen in einem speziellen quantenmechanischen Zustand. Misst man nun vier dieser Photonen in einer festgelegten Konfiguration, so befinden sich die übrigen beiden Photonen in einem verschränkten Zustand. „Vier gleichzeitige Detektorklicks der vier Hilfsphotonen signalisieren



also die Aussendung eines Paares verschränkter Photonen“, erklärt die am Experiment beteiligte Physikerin Stefanie Barz.

Für die Realisierung von auf Verschränkung basierenden Technologien, wie optischen Quantennetzwerken und photonischen Quantencomputern, ist diese wissenschaftliche Arbeit der Wiener PhysikerInnen ein wichtiger Schritt.

Verschränkung in der Quantenmechanik

Verschränkung ist eine Eigenschaft der Quantenmechanik, die kaum mit dem alltäglichen, makroskopischen Verständnis der Welt vereinbar ist und kein Gegenstück in der klassischen Physik besitzt. Sind zwei Lichtteilchen (Photonen) miteinander verschränkt, so bleiben sie über beliebige Distanzen verbunden. Führt man eine Messung, z.B. des Polarisationszustandes, an einem der beiden Teilchen durch, so ändert sich auf „spukhafte Weise“ auch der Zustand des anderen Teilchens. Neben der fundamentalen Bedeutung von verschränkten Systemen, liefern diese auch vollkommen neue Ansätze zur Informationsverarbeitung und zur abhörsicheren Kommunikation unter Ausnutzung von quantenmechanischen Prinzipien. Verschränkte Photonen bilden daher seit vielen Jahren einen Ausgangspunkt für zahlreiche Grundlagenexperimente zur Quantenmechanik und sind die Basis für experimentelle Realisierungen von Konzepten zur Quanteninformationsverarbeitung. So wurden bereits einfache Quantencomputer realisiert, die die Gesetze der Quantenmechanik ausnutzen, um eine schnellere und sicherere Informationsverarbeitung zu ermöglichen.

Publikation: Heralded generation of entangled photon pairs. Stefanie Barz, Gunther Cronenberg, Anton Zeilinger, Philip Walther. Nature Photonics, 27. Juni 2010.

DOI [10.1038/NPHOTON.2010.156](https://doi.org/10.1038/NPHOTON.2010.156)

Kontakt:

Stefanie Barz
Quantum Optics, Quantum Nanophysics, Quantum
Information
Fakultät für Physik
Universität Wien
Boltzmannngasse 5, 1090 Wien, Austria
Tel.: +43 1 4277 51206
E-mail: stefanie.barz@univie.ac.at
www.iqoqi.at
www.quantum.at