



Immer schön paarweise und ununterscheidbar

Immer schön paarweise und ununterscheidbar
Verschlüsselungstechnologien mit Hilfe von Quanten (Quantenkryptographie) oder das optische Quanten-Computing benötigen spezielle Lichtzustände, so genannte ununterscheidbare und verschränkte Photonenpaare, in zeitlich wohl definierten Pulsen. Bisherige Verfahren zur deren Erzeugung führen jedoch zu eher zufälligen Ergebnissen hinsichtlich der Zahl der Photonenpaare in einem Puls. Die Folge sind Fehler in den Quantenalgorithmien, was deren Nützlichkeit für deterministische Quantentechnologien, bei denen es auf die Vorhersagegenauigkeit ankommt, stark einschränkt. In einem Experiment, das auf einem Halbleiter-Quantenpunkt basiert, haben Physiker der Universität Stuttgart nun gezeigt, wie man sozusagen auf Knopfdruck einzelne ununterscheidbare und polarisationsverschränkte Photonenpaare erzeugen kann. Die Arbeit wurde in der renommierten Fachzeitschrift Nature Photonics* veröffentlicht.
Halbleiter-Quantenpunkte sind für die Erzeugung von verschränkten Photonenpaaren aufgrund ihrer Eigenschaften ideal geeignet. So lässt sich der Quantenpunkt durch einen kurzen optischen oder elektrischen Puls anregen, und anschließend kann unter geeigneten Bedingungen ein so genanntes polarisationsverschränktes Photonenpaar freigesetzt und für Anwendungen genutzt werden. Bei solchen Photonenpaaren ist die Polarisation jedes einzelnen der beiden Photonen zunächst komplett unbestimmt. Erst die gezielte Messung an einem der beiden Photonen erlaubt, dann aber sofort, auch eine direkte Aussage über die Polarisation des zweiten Photons. Dabei spielt es keine Rolle, wie weit die einzelnen Photonen räumlich voneinander getrennt sind. Diese Eigenschaft wird in den Quantentechnologien, zum Beispiel für die abhörsichere Kommunikation, gezielt ausgenutzt.
In bisherigen Arbeiten zur Erzeugung von verschränkten Photonenpaaren wurden die Quantenpunkte elektrisch oder nicht-resonant optisch angeregt. Diese Anregungsweise bringt jedoch einige Nachteile mit sich. So werden nicht für jeden Anregungspuls exakt zwei Elektron-Lochpaare angeregt und anschließend zwei Photonen (ein verschränktes Photonenpaar) emittiert. Vielmehr kommt es auch vor, dass nur ein einzelnes Photon oder mehr als zwei Photonen freigesetzt werden. Noch problematischer ist der Umstand, dass unter diesen Anregungsbedingungen auch viele Ladungsträger in der Umgebung des Quantenpunktes erzeugt werden. Die Wechselwirkung dieser Ladungsträger mit den Ladungsträgern im Quantenpunkt führt zu so genannten Dekohärenzprozessen, die letztendlich die Ununterscheidbarkeit der Photonen begrenzen.
Physikern am Institut für Halbleiteroptik und Funktionelle Grenzflächen unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Michler ist es nun gelungen, mit einem sogenannten resonanten Zweiphoton-Anregungsprozess den Quantenpunkt mit genau zwei Elektron-Loch-Paaren anzuregen. In der Folge wird dadurch auch nur ein verschränktes Photonenpaar emittiert. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die so resonant erzeugten Photonen zu einem hohen Grad ununterscheidbar sind, womit sie für die oben genannten Anwendungen bestens geeignet sind.
Die im Experiment genaue erzielte Photonenpaarerzeugungsrate von 86 Prozent konnte in Zusammenarbeit mit dem theoretischen Physiker Dr. Martin Glässl von der Universität Bayreuth ermittelt werden. Diese gemeinsame Arbeit ist nun Ausgangspunkt für eine Reihe weiterer Experimente, bei denen die Photonenquelle zum Beispiel für Experimente zur Quantenteleportation von Photonen eingesetzt werden soll.
* Originalpublikation: M. Müller, S. Bounouar, K. D. Jöns, M. Glässl, and P. Michler, Nature Photonics, DOI 10.1038/nphoton.2013.377.

Weitere Informationen:
Prof. Dr. Peter Michler, Institut für Halbleiteroptik und Funktionelle Grenzflächen, Tel. 0711/685-64660,
E-Mail: p.michler (at) ihfg.uni-stuttgart.de, www.ihfg.uni-stuttgart.de/ .

Pressekontakt

Universität Stuttgart

70174 Stuttgart

p.michler (at) ihfg.uni-stuttgart.de, www.ihfg.uni-stuttgart.de/.

Firmenkontakt

Universität Stuttgart

70174 Stuttgart

p.michler (at) ihfg.uni-stuttgart.de, www.ihfg.uni-stuttgart.de/.

Die Universität Stuttgart liegt inmitten einer hochdynamischen Wirtschaftsregion mit weltweiter Ausstrahlung, einer Region, die sich auf den Gebieten Mobilität, Informationstechnologie, Produktions- und Fertigungstechnik sowie Biowissenschaften profiliert hat. Die Stuttgarter Hochschule, die im Jahr 2004 ihr 175-jähriges Jubiläum feierte, wurde 1829 zu Beginn des industriellen Zeitalters in Europa gegründet. Die Kooperation zwischen technischen und naturwissenschaftlichen sowie und geistes- und sozialwissenschaftlichen Fachrichtungen zählte immer zu der besonderen Stärke der Universität Stuttgart. Mit diesem Anliegen hat sie sich zu einer modernen leistungsorientierten Universität mit umfassendem Fächerkanon und einem Schwerpunkt in den technischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen entwickelt. Nicht ?Berufsqualifizierung allein ist die Maxime, sondern ?Technik, Wissen und Bildung für den Menschen lautet der Wahlspruch der Universität Stuttgart.