



Mag. JONATHAN MITTERMAIR
Universitätskommunikation
Pressesprecher

Tel.: +43 732 2468-3010
jonathan.mittermair@jku.at

Linz, 16. Juli 2014

JKU-Forscher erzeugen hochverschränkte Photonen aus Halbleiter-Nanostrukturen: Ein wichtiger Schritt in Richtung absolut sichere Datenübertragung im Internet mittels Quanten-Bits

An der Johannes Kepler Universität (JKU) Linz entwickelt ein Forscherteam rund um Assist.-Prof. Dr. Rinaldo Trotta und Univ.-Prof. Dr. Armando Rastelli vom Institut „Halbleiter- und Festkörperphysik“ Quellen von verschränkten Photonen, welche die Sicherheit der Datenübertragung im Internet revolutionieren könnten.

Warnungen vor Phishing-Mails und Datenlecks, das ständige Ändern und Merken von Passwörtern oder die Angst, beim Online-Banking und Online-Shopping abgezockt zu werden – all das könnte Dank der JKU-Forscher bald der Vergangenheit angehören.

Quantum Key Distribution: Verschlüsselung mit Quantenbits

„Das Problem ist, dass eine absolut sichere Datenübertragung mit derzeitiger Technologie – bei der die Information durch Bits, also elektrische oder optische Signale, übertragen wird - im Grunde nicht möglich ist. Indem man die Information mit Quantenbits anstatt Bits verschlüsselt, könnte eine bislang nicht für möglich gehaltene tatsächlich zu 100 Prozent (!) sichere Kommunikation Realität werden. Quantum Key Distribution heißt das Zauberwort“, erklärt Prof. Rastelli.

Die Grundidee ist, die Quantenmechanik für sichere Internet-Kommunikation zu nutzen: Ein Teil der Bits wird durch Quantenbits ersetzt. Dabei wird lediglich der „Schlüssel“ durch Quantenbits ersetzt, nicht jedoch die gesamte zu transportierende Nachricht.

„Denn Bits sind für Hacker und Internetbetrüger ‚lesbar‘ und ‚kopierbar‘, Quantenbits jedoch nicht. Wird ein Quantenbit gelesen, zerstört sich der Schlüssel und der Empfänger kann nichts mehr mit der Nachricht anfangen“, so Prof. Rastelli.

Ziel: Übertragung über große Distanzen

Die Technologie der Datenverschlüsselung mittels Quantenbits wird in der Schweiz bereits erfolgreich in der Praxis angewandt, jedoch gelingt dies derzeit nur für kurze Distanzen über wenige Kilometer. Die Vision der JKU-Forscher ist, eine Übertragung über hunderte bzw. tausende Kilometer zu ermöglichen, was eine Revolution in der sicheren Internet-Kommunikation bedeuten würde.

„Die Herausforderung liegt darin, dass die Stärke der Quantenbit-Signale bei der Übertragung abnimmt. Ein Verstärker, ein so genannter ‚Quantenrepeater‘, der diese Verluste minimiert, ist also notwendig“, erklärt Ass.-Prof. Trotta.

Da aber Quantenbits nicht kopiert werden können, kann ein klassischer Verstärker hierbei nicht eingesetzt werden. Der sogenannte „Quantenrepeater“, Ende der 1990er Jahre von Prof. Zoller und Kollegen an der Universität Innsbruck konzipiert, sollte in der Lage sein, diese Verluste zu lindern. Eine der Kernkomponenten eines Quantenrepeaters sind zuverlässige Quellen von verschränkten Photonen.

JKU-Revolution: Zuverlässige Quelle verschränkter Photonen aus Halbleiter-Nanostrukturen

Erstmals gelang es nun dem JKU-Team um Assist.-Prof. Dr. Trotta und Prof. Rastelli, zuverlässige Quellen verschränkter Photonen zu erzeugen, die aus Halbleitern bestehen. Das ist dieselbe Materialklasse, die in jedem herkömmlichen elektronischen Gerät steckt, wie z.B. in Chips von Handys, Lasern in DVD Players usw.

Was sind aber *verschränkte Photonen* überhaupt? Photonen sind die Teilchen, die von jeder Lichtquelle erzeugt werden. Die Farbe von Licht wird durch die Photonenenergie (oder Wellenlänge) bestimmt. Eigenschaften von Photonen wie z.B. ihre Polarisation, können als Quantenbits benutzt werden. Nicht alle Quellen sind aber dafür ideal geeignet. Zum Beispiel erzeugen Glühlampen, Leuchtdioden oder auch Laser eine willkürliche Anzahl von Photonen, sodass sie für die Datenverschlüsselung nicht ideal geeignet sind.

Quellen wie Einzelatome, halbleiterbasierte „künstliche Atome“ oder Quantenpunkte sind umgekehrt in der Lage, eine vorbestimmte Anzahl von Photonen auf Anfrage zu generieren. Verschränkte Photonenpaare sind Paare von Photonen mit einer eigenartigen Eigenschaft: Wenn man eines der Photonen fängt und mit einem Lichtsensor vermisst, bestimmt das Ergebnis der Messung die Eigenschaften des anderen Photons, auch wenn das bereits weit entfernt ist. Auf diese merkwürdige Eigenschaft trifft man nur bei Quantensystemen und sie ist so schwer zu begreifen, dass sogar Einstein damit nicht zu Recht gekommen ist.

Es ist bekannt, dass Quantenpunkte – Halbleiternanostrukturen, die ein Tausendstel eines Haardurchmessers groß sind - prinzipiell in der Lage sind, verschränkte Photonen zu erzeugen. *„Ein langdauerndes Problem ist seit mehr als zehn Jahre bekannt und trotz weltweiter Anstrengungen noch ungelöst, nämlich, dass nur seltene Quantenpunkte als Verschränkungsquellen tauglich sind. Verantwortlich dafür sind unkontrollierbare Parameter*

während deren Herstellung. Das JKU-Team hat nun eine endgültige Lösung dieses Problems gefunden, indem es die Eigenschaften von Quantenpunkten mittels externen ‚Einstellknöpfen‘ präzise kontrolliert, sodass jeder beliebige Quantenpunkt als Quelle hochverschränkter Photonen benutzt werden kann“, erklärt Ass-Prof. Trotta.

Diese Forschung an der JKU ist im Rahmen des von der EU geförderten Projekts „HANAS“ in Kooperation mit dem Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden entstanden. Es ist dies ein bedeutender Schritt hin zur Entwicklung eines Quantum-Repeater, womit große Distanzen bei der Datenübertragung überbrückt werden können. Weitere Anwendungen liegen im Bereich des Quantencomputing, wo Quantenbits die Bits eines herkömmlichen Rechners ersetzen.

So funktioniert eine Quelle verschränkter Photonen

Die Abbildungen 1 und 2 sind eine schematische Darstellung eines künstlichen Atoms (Quantenpunktes; = rote Punkte) in einem Bauelement, das die Steuerung derer Eigenschaften erlaubt. Die Steuerung erfolgt durch Anlegen von elektrischen Feldern (in Abb. 2 mit dem vertikalen Pfeil „ F_d “ dargestellt) und mechanische Verformung (in Abb. 1 als Schraubenzieher und Hammer, in Abb. 2 durch die horizontalen Pfeile „ F_p “ dargestellt). Damit lässt sich jeder Quantenpunkt als Quelle verschränkter Photonen nutzen (angekettete Pfeile).



Abb. 1: Schematische Darstellung einer Quelle verschränkter Photonen (Variante 1)

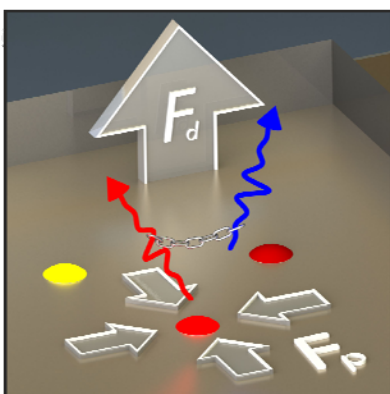


Abb. 2: Schematische Darstellung einer Quelle verschränkter Photonen (Variante 2)

Link zum Paper: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl500968k>

Link zu Youtube-Video: <https://www.youtube.com/watch?v=T2DXrs0OpHU> (Englisch)

Fotos:

Credit: JKU, Abdruck honorarfrei

Bildbeschriftung:

1_JKU-Forscher Quantenbits: v.l.: Univ.-Prof. Dr. Armando Rastelli, Dr. Johannes S. Wildmann und Assist.-Prof. Dr. Rinaldo Trotta vom Institut für Halbleiter- und Festkörperphysik der Johannes Kepler Universität (JKU) Linz revolutionieren mit Ihren Forschungen zur Quantenbit-Technologie die sichere Datenübertragung im Internet über große Distanzen.

2 und 3_JKU-Forscher Quantenbits: v.l.: Dr. Wildmann, Univ.-Prof. Rastelli, Assist.- Prof. Dr. Trotta

4 und 5_Photonen: Schematische Darstellung einer Quelle verschränkter Photonen