

## Photonen unter Kontrolle

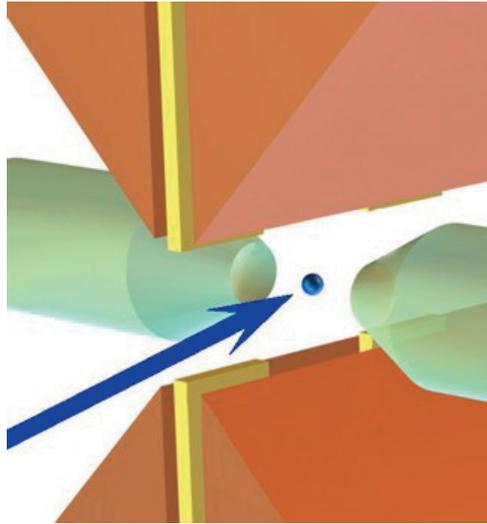
Einer Forschergruppe am Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ) in Garching ist die Erzeugung einzelner Photonen mit bisher unerreichter Kontrolle gelungen

**Die Wissenschaftler verwendeten ein einzelnes Calcium-Ion, das mit Hilfe einer Ionenfalle zwischen zwei hochreflektierenden Spiegeln lokalisiert war. Durch Einstrahlung externer Laserpulse wurde das System zur Aussendung einzelner Photonen veranlasst. Der Zeitpunkt der Emission und die Form des Photonenpulses können mit dieser Quelle optimal kontrolliert werden. Das Außergewöhnliche der Quelle ist deren permanente Betriebsdauer, die der Speicherzeit der Ionen von typischerweise mehreren Stunden entspricht. Für die Experimente gibt es ganz wichtige Anwendungen im Bereich der Quanteninformationsverarbeitung. Eine kontrollierte Quanten-Schnittstelle zwischen Atomen und Photonen ist der zentraler Baustein, um Operationen an atomaren Quantenzuständen mit dem optischen Quanteninformations-Austausch über längere Strecken zu verbinden. Damit ist eine entscheidende Voraussetzung für die Realisierung eines abhörsicheren Quanten-Internets erfüllt.**

Im nächsten Jahr wird das hundertjährige Jubiläum der Entdeckung des Photoeffektes durch Albert Einstein gefeiert. Durch diese Erkenntnis erfuhr die Quantenhypothese Max Plancks aus dem Jahre 1900 eine weitere entscheidende Stütze. Die Quantenhypothese besagt, dass das Licht in einzelnen winzigen Paketen weitergegeben wird, deren Energie von der Farbe des Lichtes abhängt. Der Photoeffekt erlaubt, die mittlere Anzahl der Pakete bzw. Photonen einer Lichtquelle zu bestimmen. Bei Glühlampen sind dies Milliarden von Milliarden von Photonen. Wegen der großen Anzahl fallen die Schwankungen durch die Partikelstruktur des Lichtes nicht auf. Bei geringen Lichtintensitäten, in Bereichen also, wo man nur noch mit wenigen Photonen zu tun hat, ist die Schwankung des Photonenstromes jedoch entscheidend. Es zeigt sich, dass die Emission der Photonen durch Atome nicht kontrolliert werden kann und sozusagen dem Zufall überlassen ist. Eine der Tatsachen der Quantenphysik, die Einstein nicht akzeptieren wollte und deshalb angenommen hat, dass die Theorie noch nicht vollständig ist. „Gott würfelt nicht“ war seine Aussage. Nunmehr ist es einer Forschergruppe am Max-Planck-Institut für Quantenoptik tatsächlich gelungen, die kontrollierte Emission von Photonen durch Atome zu erreichen (Nature, 28. Oktober 2004).

Die Wissenschaftler können außerdem die spektralen Eigenschaften der emittierten Photonen kontrollieren. Die Anordnung dazu ist eine laserähnliche Quelle, bei der das aktive Lasermaterial aus einem einzelnen Ion besteht. Man verwendet ein Ion, da dieses aufgrund seiner Ladung in einer Falle festgehalten werden kann. Es befindet sich zwischen zwei Spiegeln, dem sog. Resonator. Angeregt wird das Ion durch einen Laserpuls von der Seite. Die Emission eines Photons erfolgt gleichzeitig in Richtung der Spiegel. Mit der Dauer des Anregungspulses werden auch die spektralen Eigenschaften des Photons festgelegt. Bei einem längeren Impuls ist die Frequenzverteilung schärfer, und bei einem kürzeren entsprechend breiter. Der am Garchinger Max-Planck-Institut durch die Forscher Matthias Keller, Birgit Lange, Kazuhiro Hayasaka, Wolfgang Lange und Herbert Walther erzielte Erfolg bezieht sich auf die Realisierung der Ionenfallen-Spiegelkombination. Durch eine vollständige Kontrolle aller Parameter und durch eine Optimierung der gesamten Anordnung ist dieser Erfolg möglich geworden. Das Ion wird z.B. mit einer Genauigkeit von wenigen Nanometern an seinem Ort festgehalten.

Die Anordnung dieses Ein-Ion/Ein-Photon-Lasers liegt in der optischen Kommunikation. Das System erlaubt es, Übertragungsstrecken der Nachrichten zu realisieren, die völlig abhörsicher sind. Es ist somit auch die Basis eines abhörsicheren Quanteninternets.



*Anordnung zur Einzelphotonenerzeugung. Durch Einstrahlung externer Laserpulse wird das System zur Aussendung einzelner Photonen veranlasst.*

*Bild: MPI für Quantenoptik*

**Originalveröffentlichung:**

M. Keller, B. Lange, K. Hayasaka, W. Lange, and H. Walther

**Continuous generation of single photons with controlled waveform in an ion-trap cavity system**

Nature 431, 1075; 28 October 2004

**Weitere Informationen erhalten Sie von:**

Prof. Dr. Herbert Walther  
Max-Planck-Institut für Quantenoptik  
Hans-Kopfermann-Strasse 1  
D-85748 Garching, Germany  
Tel. : +49 89 32905-704  
Fax: +49 89 32905-314  
E-mail: herbert.walther@mpq.mpg.de

Dr. Matthias Keller  
Max-Planck-Institut für Quantenoptik  
Hans-Kopfermann-Strasse 1  
D-85748 Garching, Germany  
Tel. : +49 89 32905-704  
Fax: +49 89 32905-314  
E-mail: matthias.keller@mpq.mpg.de

Prof. Dr. Wolfgang Lange  
University of Sussex  
Brighton,  
East Sussex BN1 9QH  
United Kingdom  
Tel. : +44 – 12 73 – 87 31 71  
Fax: +44 – 12 73 – 67 71 96  
E-mail: W.Lange@sussex.ac.uk