



## PRESSE-INFORMATION

Garching, 11. März 2007

### Einzelne Lichtquanten auf Knopfdruck

Physiker am Max-Planck-Institut für Quantenoptik machen ein Rubidiumatom zu einem Einzel-Photon-Server

Schaltet man eine Glühlampe ein, dann erhellen jede Sekunde ca.  $10^{15}$  (das ist eine Million mal eine Milliarde) Photonen, die Elementarteilchen des Lichtes, den Raum. Wem das zu viele sind, der sollte eine Kerze anzünden. Wer es aber auf ganz wenige Photonen, gar auf ein einziges per Knopfdruck abgesehen hat, der muss sich etwas Besonderes ausdenken. Eine Forschergruppe um Prof. Gerhard Rempe am Max-Planck-Institut in Garching bei München hat nun neutrale Rubidiumatome einzeln gespeichert und zu einem Einzel-Photonen-Server umfunktioniert (*Hijlkema et al. Nature Physics, nphys569, publiziert online Sonntag 11.3.2007*). Die gute Qualität der einzelnen Photonen ist wichtig für zukünftige Experimente zur Quanteninformationsverarbeitung. Hier will man quantenmechanische Phänomene ausnutzen, um effizienter als mit klassischen Computern zu rechnen.

Ein einzelnes Atom kann immer nur ein Photon auf einmal aussenden. Einzelne Photonen können also erzeugt werden, wenn man ein einzelnes Atom mit einem Laserpuls anregt. Wird das Atom zwischen zwei hochreflektierenden Spiegeln, einem so genannten Resonator, gespeichert, dann fliegen alle Photonen, die das Atom bei wiederholtem Beschuss mit Laserpulsen emittiert, in Richtung der Resonatorachse. Verglichen mit anderen Methoden der Photonenerzeugung liefert dieses Verfahren Lichtquanten sehr einheitlicher Energie. Auch können die Eigenschaften der Photonen gesteuert werden. Man kann sie z.B. ununterscheidbar machen, was eine Voraussetzung ist, um sie für Rechnungen in Quantencomputern zu verwenden. Auf der anderen Seite war es bis heute nicht möglich, ein elektrisch neutrales Atom, das einzelne Photonen emittiert, lange genug in einem Resonator festzuhalten, um einen praktisch verwertbaren Photonenstrom zu bekommen.

2005 gelang es einem Team um Prof. Rempe, die Speicherzeiten für ein einzelnes Atom mit Hilfe von Resonator-Kühlung signifikant zu steigern. In der vorliegenden Arbeit zeigen die Wissenschaftler, dass sie diese dreidimensionale Kühlung mit der Erzeugung einzelner Photonen so kombinieren können, dass ein einzelnes Atom bis zu 300 000 Photonen abstrahlt. Da die Verweilzeit des Atoms im Resonator sehr viel größer ist als die Zeit, die es braucht, das Atom durch Einfangen und Kühlen bereit zu stellen, können einzelne Photonen fast jederzeit erzeugt werden. Das ermöglicht es, die Photonen an einen Nutzer weiterzuleiten: das System arbeitet als Einzel-Photonen-Server.

In dem Experiment werden zunächst Rubidiumatome innerhalb einer Vakuumkammer auf extrem tiefe Temperaturen gekühlt. Diese ultrakalten Atome werden dann über eine „Lichtfalle“ in den optischen Resonator geleitet. Anschließend werden die Atome umgeladen in eine stehende Lichtwelle, in deren Bäuchen die Atome festgehalten werden. Zusätzlich werden die Atome von der Seite mit Laserpulsen beschossen und damit zum Leuchten angeregt, d.h. zur Emission einzelner Photonen.

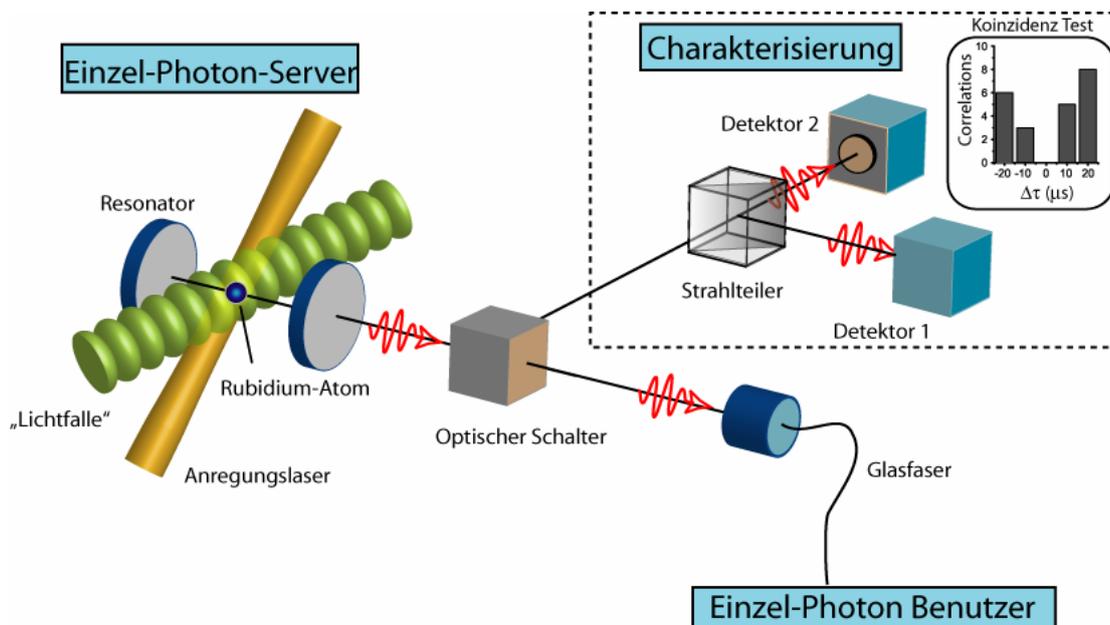


Abb. 1: Ein einzelnes Atom, das innerhalb eines Resonators in einer Lichtfalle gespeichert ist, emittiert nach Anregung durch einen Laserpuls ein einzelnes Photon in Richtung Resonatorachse. Nachdem die Einzel-Photon-Quelle charakterisiert wurde, können die Photonen an einen Benutzer weitergeleitet werden.

Nach einer kurzen Zeit befindet sich nur noch ein einzelnes Atom im Resonator, jetzt kann also ein Strom einzelner Photonen erzeugt werden. (Zwischen zwei aufeinander folgenden Emissionen wird das Atom immer wieder gekühlt, damit es nicht auf Grund thermischer Bewegung aus dem Resonator herausfliegt.) Um zu überprüfen, dass bei jedem Laserpuls nur ein Photon ausgesandt wird, leiten die Forscher den Photonstrom auf einen Strahlteiler, der die Photonen auf zwei Detektoren lenkt. Ein einzelnes Photon wird in einem der beiden Detektoren detektiert. Würde mehr als ein Photon erzeugt, käme es zu Koinzidenzen, d.h. beide Detektoren würden gleichzeitig ein Signal melden. Die Abwesenheit solcher Koinzidenzen in dem vorliegenden Experiment beweist, dass bei jedem Laserpuls immer genau ein Photon ausgestrahlt wird.

Mit der von *Hijlkema et al.* veröffentlichten Arbeit ist das Team um Prof. Rempe der Quanteninformationsverarbeitung mit Photonen einen großen Schritt näher gekommen. Mit einem funktionierenden Einzel-Photonen-Server lassen sich solche Herausforderungen wie die deterministische Verschränkung von Atom-Photon- und Atom-Atom-Paaren in Angriff nehmen. [M.H./ O.M.]

#### Originalarbeit:

Markus Hijlkema, Bernhard Weber, Holger P. Specht, Simon C. Webster, Axel Kuhn and Gerhard Rempe

#### A Single-Photon Server with Just One Atom

*Nature Physics*, nphys569, published online: 11.3.2007

#### Kontakt:

##### Prof. Dr. Gerhard Rempe

Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik  
Hans-Kopfermann-Straße 1  
85748 Garching  
Telefon: +49 - 89 / 32905 - 701  
Fax: +49 - 89 / 32905 - 311  
E-Mail: gerhard.rempe@mpq.mpg.de

##### Dr. Olivia Meyer-Streng

Presse & Kommunikation  
Max-Planck-Institut für Quantenoptik  
Telefon: +49 - 89 / 32905 213  
Fax: +49 - 89 / 32905 200  
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de

