

Photonen für optische Quantencomputer

Das Besondere am Quantencomputer

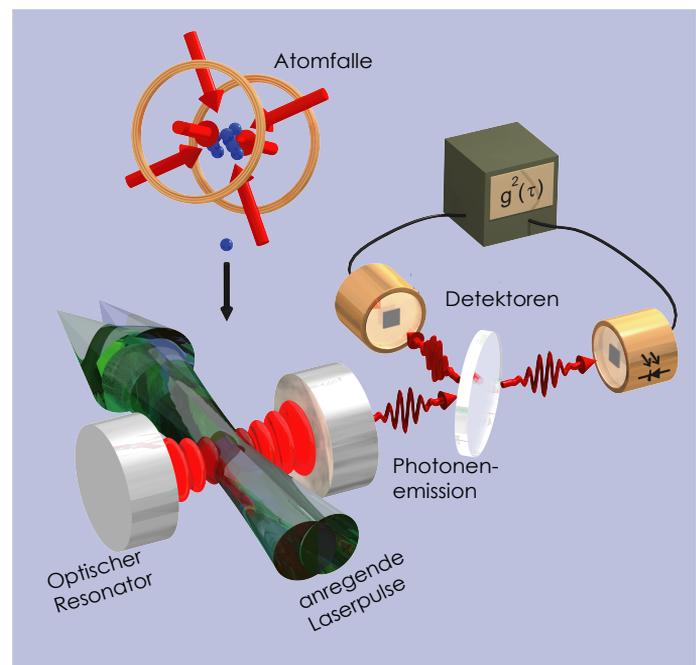
Im Gegensatz zu klassischen "Bits" eines herkömmlichen Computers, die nur die Werte "0" oder "1" annehmen können, arbeitet ein Quantencomputer mit sogenannten "Quantenbits" (qubits), welche **gleichzeitig** die Werte "0" und "1" darstellen. Das ist möglich, da qubits durch Quantensysteme, wie z.B. einzelne Atome, Ionen oder Photonen, realisiert werden. Diese können sich in einer Überlagerung von Energiezuständen befinden, die die Werte "0" und "1" darstellen. Das Rechnen mit qubits erlaubt einem zukünftigen Quantencomputer, Daten nicht nacheinander sondern immer gleichzeitig zu verarbeiten, so dass ein Quantencomputer schneller wäre als jeder denkbare klassische Computer.

Mit Photonen kann man rechnen

Es gibt den Vorschlag, einen Quantencomputer mit Hilfe von einzelnen Photonen zu realisieren. Deshalb wird in vielen Forschungsgruppen daran gearbeitet, gezielt einzelne Photonen zu erzeugen. In unserem Labor haben wir eine Einzelphotonenquelle ("Photonenpistole") entwickelt, die auf der Wechselwirkung von einzelnen Rubidium-Atomen mit einem optischen Resonator beruht.

Wie funktioniert die "Photonenpistole" ?

Die Rubidium-Atome werden in einer magneto-optischen Falle gesammelt und auf eine Temperatur von 0,00005 Grad über dem absoluten Nullpunkt abgekühlt. Diese fast stillstehenden Atome fallen nach dem Abschalten der Falle nach unten und passieren dabei zwei hochreflektierende Spiegel, die einen optischen Resonator bilden. Die Begrenzung des leeren Raums durch diese Spiegel bewirkt, dass ein Atom nur Photonen einer bestimmten Frequenz in Richtung der Verbindungsachse der Spiegel aussenden kann. Diesen Effekt nutzen wir aus, indem wir jedes Atom, das durch den Resonator hindurchfällt, mit Laserpulsen kontrolliert zum Leuchten anregen. Das Atom sendet dabei pro Puls genau ein Photon aus.



Reifepfung für Photonen

Um für einen Quantencomputer tauglich zu sein, dürfen sich die erzeugten Photonen nicht durch irgendeine Eigenschaft voneinander unterscheiden. Um die Gleichheit von zwei Photonen zu überprüfen, überlagert man diese auf einem halbdurchlässigen Spiegel. Sind die Photonen identisch, so verlassen sie den Spiegel immer gemeinsam in eine Richtung. Unterscheiden sich die Photonen, kann es vorkommen, dass sie den Spiegel auf verschiedenen Wegen verlassen.

Da unsere "Photonenpistole" Photonen nur nacheinander aussendet, müssen wir das zuerst erzeugte Photon so lange verzögern, bis es gemeinsam mit dem nachfolgenden Photon auf den halbdurchlässigen Spiegel trifft. Für die Verzögerung verwenden wir eine etwa 1km lange Glasfaser. Die beiden Photonen "entscheiden" sich fast immer, den Strahlteiler gemeinsam zu verlassen, womit wir ihre Eignung für einen optischen Quantencomputer nachgewiesen haben.

Der nächste Schritt zum Quantencomputer

Mit den Photonen, die uns zur Verfügung stehen, wollen wir elementare optische Quantengatter demonstrieren. Setzt man viele dieser Gatter zusammen, lässt sich im Prinzip ein vollständiger Quantencomputer realisieren.