

Pressemitteilung

Ludwig-Maximilians-Universität München

Luise Dirscherl

20.06.2005

<http://idw-online.de/de/news117829>

Forschungsergebnisse
Informationstechnik, Mathematik, Physik / Astronomie
überregional

Damit dem Quantencomputer ein Licht aufgeht - Einzelne Moleküle als überlegene Photonenquelle

Quantencomputer sollen auch bei hochkomplexen Anwendungen einen Bruchteil der Rechnerzeiten herkömmlicher Geräte benötigen - und damit mehrere Milliarden Mal schneller sein. Noch aber sind Quantencomputer eine Zukunftsvision, der die Wissenschaft allerdings Schritt für Schritt näher kommt. Diese Maschinen nutzen die quantenmechanischen Eigenschaften von Partikeln und benötigen dazu eine nicht ganz herkömmliche Lichtquelle. Dr. Andreas Zumbusch, jetzt am University College London, führte dazu an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München Arbeiten durch, die zeigen, dass ein einzelnes Molekül diese Aufgabe erfüllen kann. Zusammen mit anderen Forschern am Lehrstuhl Prof. Dr. Christoph Bräuchle, Department für Chemie, liefert er in der aktuellen Ausgabe des Fachmagazins *Physical Review Letters* den Nachweis, dass das neue Verfahren den bisher genutzten Methoden überlegen ist, weil eine Voraussetzung für erfolgreiche Quanten-computation sehr viel besser erfüllt wird: Über einen langen Zeitraum werden Photonen, also Lichteinheiten oder Quanten elektromagnetischer Energie, ausgestrahlt, die in ihren Eigenschaften ununterscheidbar sind.

In herkömmlichen Computern sind die kleinsten Einheiten digitalisierter Information so genannte Bits, die nur in den Zuständen 0 oder 1 vorkommen. Quantencomputer dagegen kodieren Informationen als Qubits, also Quantum Bits, die - entgegen jeder Intuition - als 0, als 1 oder als beides gleichzeitig existieren können. Aufgrund dieser Superposition können Quantencomputer anders als die heute genutzten Geräte sehr viele Rechenoperationen parallel ausführen. Erste Experimente haben bereits bestätigt, dass Quantencomputation möglich ist, wenn auch nur bei einer sehr kleinen Anzahl von Qubits.

Als Qubits eignen sich Photonen, also Lichtquanten, sehr gut, weil sie sehr einfach und in großer Menge produziert werden können und leicht zu manipulieren sind. In Quantencomputern, die mit Licht arbeiten, stammen die Photonen aus einer Lichtquelle. "Dafür braucht man aber völlig neuartige Lichtquellen", betont Zumbusch. "Sie müssen ein Photon nach dem anderen aussenden, und diese dürfen sich in keiner ihrer physikalischen Eigenschaften, etwa in der Frequenz, also Farbe, oder Polarisation, unterscheiden." Bisher wurde das mit Hilfe einer extrem abgeschwächten Laserlichtquelle erreicht. Statistisch wurde dann in einem sehr kurzen Zeitraum nur ein Photon gesehen.

"Das ist aber nur eine sehr schwache Lichtquelle", so Zumbusch. "Man kann stattdessen auch einzelne Quantenobjekte, etwa Quantendots, also Quantenpunkte, Atome oder Moleküle verwenden. Aufgrund ihrer Quantennatur können sie nur ein Photon nach dem anderen aussenden." Nachgewiesen wurde mittlerweile die Möglichkeit, Quantendots und Atome als Lichtquelle einzusetzen. Dabei traten allerdings auch Probleme auf. "Aus den Dots kommen Photonen, bei denen entscheidende Eigenschaften, etwa die Frequenz, schlecht definiert sind", berichtet Zumbusch. "Die Atome als Emmitter dagegen können nur für eine sehr kurze Zeit festgehalten werden."

"Wir zeigen jetzt aber, dass man ein einzelnes Molekül mit einem von uns entwickelten Anregungsverfahren als Quelle für Photonen der gewünschten Qualität verwenden kann", so Zumbusch. "Ein Molekül kann dabei über mehrere Stunden einen Strom hochqualitativer Photonen emittieren." Andere Experimente haben gezeigt, dass die Emission

sogar tagelang anhalten kann.

"Das Wichtigste ist aber, dass die Photonen ununterscheidbar sind", so Zumbusch. Als Beweis dafür wies das Forscherteam die so genannte Zwei-Photoneninterferenz nach. Dabei werden zwei Photonen nacheinander emittiert. Das erste bewegt sich über eine längere Strecke und trifft deshalb zeitgleich mit dem nach ihm ausgesandten Photon auf einen Spiegel auf. Dieser reflektiert eine Hälfte des eintreffenden Lichts, lässt aber die andere Hälfte durch. Im vorliegenden Experiment konnten die beiden Photonen nach dem Auftreffen auf den Spiegel nur noch gemeinsam nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis bei diesem Experiment gilt als Nachweis der Ununterscheidbarkeit von Photonen. Bisher konnte die Ausstrahlung ununterscheidbarer Photonen nur auf unpraktisch geringen Lichtlevels erreicht werden.

"Den Quantencomputer werden wir auch mit unseren Ergebnissen vorerst noch nicht bauen können", meint Zumbusch. "Wir wollen jetzt aber eine gepulste Anregung verwenden, so dass wir die Photonen wie auf Knopfdruck erzeugen können. Dazu kommt dann noch die Möglichkeit, sie besser nachweisen zu können, damit wir aus einem Molekül eine möglichst intensive Quelle einzelner ununterscheidbarer Photonen machen können." (suwe)

Weitere Informationen:

Kiraz, M. Ehrl, Th. Hellerer, Ö. E. Müstecaplıolu, C. Bräuchle, and A. Zumbusch, "Indistinguishable Photons from a Single Molecule" Phys. Rev. Lett., 94, 223602 (2005)

Ansprechpartner:

Dr. Andreas Zumbusch
Reader in Biophysics
Department of Physics and Astronomy
University College London
Tel: +44 (0)20 7679 3486
Fax: +44 (0)20 7679 7145
E-Mail: a.zumbusch@ucl.ac.uk