

Informationstechnik:

Neue Photonenquelle für Quantencomputer

Forscher der Ludwig-Maximilians-Universität München haben die Grundlage für einen neuen Typ eines Quantencomputers entwickelt. Hier sollen einzelne Moleküle, die sich als Dotierung in einem Polymer oder Kristall befinden, als Photonenquelle dienen. Dabei eignen sich die erzeugten Lichtquanten als so genannte Qubits.

Seit den 60er Jahren gibt das Moore'sche Gesetz allen Entwicklern von Halbleiterelementen den Rahmen vor: Demnach soll sich alle 18 Monate die Größe der hergestellten Schaltelemente halbieren. Die Folgen:



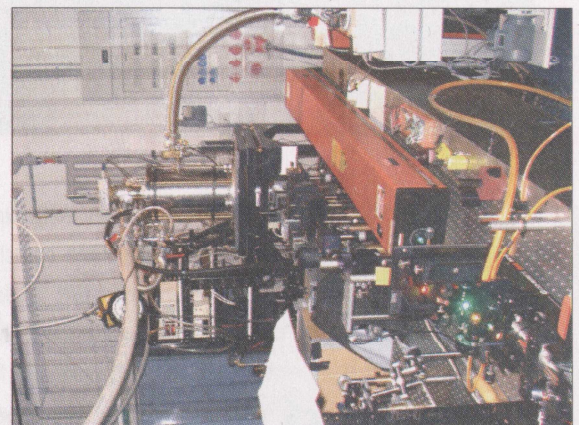
Andreas Zumbusch von der Ludwig-Maximilians-Universität München.
(Foto: LMU München)

Irgendwann erreichen die Halbleiter die Größe einzelner Atome. Dann findet dieses Gesetz seine Grenze, weil Quanteneffekte auftreten. So suchen Forscher nach neuen Möglichkeiten, auf dem begrenzten Raum Information möglichst effizient zu verarbeiten. Einen solchen Weg könnte der Quantencomputer bieten: Hier wird die Information nicht mehr in Form binärer Bits gespeichert, sondern als „Qubits“. Darunter versteht der Wissenschaftler die kleinsten Informationseinheiten des Quantencomputers. Anders als ein Bit kann das Qubit nicht nur die Werte „Eins“

und „Null“ annehmen. Denn es ist als eine Überlagerung der zwei Werte vorstellbar. Erzeugt werden Qubits durch die „Verschränkung“ einzelner Zustände, beispielsweise in Atomen oder von Photonen. Das heißt, ein Paar von Photonen „weiß“ voneinander, weil beide zur gleichen „Familie“ gehören. Auf diese Weise können in einem Qubit mehr Daten gespeichert werden als in einem normalen Bit.

Zusammen mit anderen Forschern am Chemie-Department der Ludwig-Maximilians-Universität in München stellt nun der Physiker Andreas Zumbusch, der derzeit am Department of Physics and Astronomy am University College London forscht, eine neue Lichtquelle für optische Quantencomputer vor: Für den Bau von Rechnern, die mit Licht arbeiten, benötigen Forscher eine große Menge an Photonen. „Dazu brauchen wir aber völlig neuartige Lichtquellen“, betont Zumbusch. „Sie müssen ein Teilchen nach dem anderen aussenden, und diese dürfen sich in keiner ihrer physikalischen Eigenschaften, etwa in der Frequenz oder der Polarisation, unterscheiden.“ Bisher erreichten Physiker ihr Ziel, indem sie einen extrem abgeschwächten Laser als Lichtquelle verwendeten. Doch mit dem Nachteil, dass die Wissenschaftler dann nur mit sehr geringen Flüssen von Photonen arbeiten konnten. In einem neuen Ansatz betrachten Forscher ein einzelnes Quantensystem als Lichtquelle. Dabei verwenden sie so genannte Quanten-

punkte (quantum dots) aus Halbleitermaterialien. Diese können angeregt werden und ständig ein Photon nach dem anderen aussenden. Leider verfügen Quantenpunkte über ein entscheidendes Handicap: Da sie an das umgebende Kristallgitter koppeln, verursachen sie eine unerwünschte, breite Frequenzverteilung. Daher nutzte Zumbusch einen Trick: Als Quelle für Photonen dienen einzelne Moleküle, die als „Verunreinigung“ in einem Kristallgitter gefangen sind. Dazu eignen sich vorwiegend aromatische Kohlenwasserstoffe, die mit Photonen angeregt werden und dann wieder Licht ausstrahlen. Die Arbeitsgruppe konnte zeigen, dass diese Fluoreszenz alle gewünschten Eigen-



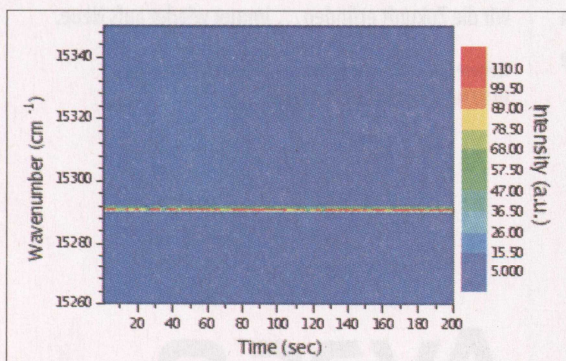
Versuchsaufbau von Andreas Zumbusch.

(Foto: Andreas Zumbusch)

schaften hat. Darüber hinaus können die Münchner Forscher mit einem Molekül sogar mehrere Tage arbeiten.

„Das Wichtigste ist, dass die Lichtteilchen ununterscheidbar sind“, erklärt Zumbusch. Dies bewies das Forscherteam mit Hilfe der Zwei-Phaseninterferenz: Zwei Photonen werden nacheinander emittiert. Damit beide simultan den Detektor erreichen, legt das erste einen etwas längeren Weg zurück. Beide Lichtquanten konnten am Ende nur noch als ein Teilchen nachgewiesen werden. In der Zukunft wollen die Forscher um Andreas Zumbusch mit der neuen Photonenquelle bis zu einer Milliarde ununterscheidbarer Lichtteilchen pro Sekunde erzeugen.

Dr. Joachim Eiding/ro



Emissionsspektrum eines einzelnen Moleküls. (Foto: Andreas Zumbusch)