

Publikation im "Physical Review Letters"

Eine wichtiger und notwendiger Schritt in Richtung Realisierung eines Elektron-Spin basierenden Quantencomputers" heißt es in der jüngst erschienen Ausgabe von Physics, einer Zeitschrift der American Physical Society, zu der Arbeit von Dr. Roland Brunner et al. In der aktuellen Ausgabe der renommierten Physik Zeitschrift Physical Review Letters konnte Dr. Roland Brunner, wissenschaftlicher Assistent am Institut für Physik der Montanuniversität Leoben, gemeinsam mit seinen Kollegen in Japan die höchst wichtige Frage zum Thema Spin basierender Quantencomputer beantworten, nämlich: Ist es experimentell möglich Ein- und Zwei-Spin-Qubit Operationen miteinander zu kombinieren.

Quantencomputer

Unsere jetzige Computertechnologie stößt an ihre Kapazitätsgrenzen: immer größere Datenmengen müssen immer schneller verarbeitet werden. Herkömmliche Computer speichern ihre Daten in einem Bit, das den Wert 1 oder 0 annehmen kann – der Informationsfluss läuft sequentiell in eine Richtung. Anders beim Quantencomputer: Hier wird als Maßeinheit für die Datenmenge ein Quantenbit (oder Qubit) verwendet. Ein Qubit zeichnet sich dadurch aus, nach den Gesetzmäßigkeiten der Quantenmechanik zu funktionieren. "Superposition und Quantenverschränkung sind die Schlüsselwörter", erklärt Brunner. "Mit Superposition meinen wir, dass nicht nur die Werte bzw. Zustände 1 oder 0 möglich sind sondern 1, 0 und sämtliche Zustände dazwischen. Quantenverschränkung oder "Spukhafte Fernwirkung", wie es Albert Einstein einst bezeichnet hat, gibt eine andere mächtige Eigenschaft der Quantenmechanik wieder," erklärt er weiter. Die Quantenverschränkung ist eine Konsequenz der Superposition. Zwei oder mehr verschränkte Zustände, obwohl räumlich voneinander getrennt, können nicht mehr als Einzelzustände definiert werden sondern nur mehr als ein Gesamtzustand.

Diese quantenmechanischen Eigenschaften bewirken, dass eine Vielzahl von simultan durchgeführten Rechenoperationen sowie Informationsfluss simultan in verschiedenste Richtungen passiert.

So könnten große Datenmengen schnell bewältigt werden.

Um einen Quantencomputer zu realisieren ist es aber notwendig, Quantengatter zu erzeugen und sie miteinander zu kombinieren - also ein Schaltnetz zu generieren. Ein Quantengatter stellt dabei eine physikalische Operation dar, wie die Änderung des Zustands von 1 zu 0, bzw. deren Superposition und/oder die Quantenverschränkung.

Technologische Umsetzung eines Quantencomputers

Herkömmliche Computer basieren auf Halbleitertechnologie. Diese existierende Technologie für die Realisierung eines Quantencomputer zu nutzen wäre ein enormer Vorteil. Die Eigendrehung (Spin) des Elektrons in einem Halbleiter bietet ein quantenmechanisches System. Das Elektron kann dabei entweder nach unten oder oben ausgerichtet sein bzw. dazwischen - praktisch ein Qubit.

Die große Leistung Brunners und seiner Kollegen bestand darin, dass ein multiples Gatter realisiert werden konnte, zusammengesetzt aus Zwei-Qubit und Ein-Qubit Operationen.

Zwei Halbleiter-Quantenpunkte wurden in Reihe geschaltet und pro Quantenpunkt konnten jeweils einen Elektronen-Spin isoliert werden. "Dabei konnte zum ersten Mal die Kombination von Ein-Qubit Operationen, wie die Rotation des individuellen Spins, und Zwei-Qubit Operationen wie die Manipulation der Wechselwirkung zwischen zwei voneinander räumlich getrennten Spins gezeigt werden," erklärt Brunner. "Dazu war es möglich, nicht nur eine Superposition der möglichen Ausrichtungen zu erzielen, sondern auch den Grad der Quantenverschränkung beider Spins zu manipulieren."

Die Arbeit wurde mit einer "Editor's suggestion" ausgezeichnet, d. h. von den Editoren von Physical Review Letters als besonders bergreifend höchst interessant eingestuft. Desweiteren, wurde in der aktuellen Ausgabe von Physics, welche hervorragende Forschung hervorhebt, ein Artikel (Viewpoint) dazu veröffentlicht.

Zur Person

Roland Brunner studierte an der Montanuniversität Leoben Werkstoffwissenschaft wo er 2005 am Lehrstuhl für Physik promovierte. Danach folgten zwei Jahren als Universitätsassistent am Institut für Physik der Montanuniversität Leoben.

2008 nahm er die Möglichkeit wahr nach Japan zu gehen, um dort als Research Physicist zu arbeiten. Dabei arbeitete er an der University of Tokyo sowie bei NTT, Basic Research Laboratories innerhalb des ICORP Projektes "Quantum Spin Information Project" finanziert von JST. Seit 2010 ist er am Institut für Physik als Projektmitarbeiter beschäftigt. Dr. Brunner erhielt 2007 den Karl-Heinz Seeger Preis der ÖPG. Von 2007 weg ist dies die vierte Veröffentlichung, drei davon als Hauptautor, in der renommierten Fachzeitschrift Physical Review Letters.

Der oben zitierte Artikel ist unter dem Titel "Two-Qubit Gate of Combined Single-Spin Rotation and Interdot Spin Exchange in a Double Quantum Dot" in Physical Review Letters erschienen.

Link: <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v107/i14/e146801>

Der Viewpoint dazu ist in Physics von Andy Sachrajda erschienen.

Link: <http://physics.aps.org/articles/v4/75>

Weitere Informationen:

Dr. Roland Brunner

Montanuniversität Leoben - Institut für Physik

Tel.: 03842/402-4622

e-Mail: roland.brunner@unileoben.ac.at