



Max-Planck-Forschungspreis für Prof. Jörg Wrachtrup

Nr. 051 vom 17. Juli 2014

Pionierleistungen auf dem Gebiet der Quanten-Nanowissenschaften

Für ihre Pionierleistungen auf dem Gebiet der Quantenmechanik würdigen die Alexander von Humboldt-Stiftung und die Max-Planck-Gesellschaft Prof. Jörg Wrachtrup von der Universität Stuttgart sowie Prof. Robert Schoelkopf von der Yale University/USA mit dem Max-Planck-Forschungspreis. Die Wissenschaftler nutzen die besonderen Regeln der Nanowelt, die Quantengesetze, in geschickter Weise, um etwa die Quanteninformationstechnologie voran zu bringen, so die Begründung. Der Max-Planck-Forschungspreis ist einer der höchst dotierten Wissenschaftspreise in Deutschland. Die Preisträger erhalten jeweils 750 000 Euro für ihre Forschung und insbesondere Kooperationen mit deutschen beziehungsweise ausländischen Wissenschaftlern. Die Preisverleihung findet am 27. November 2014 in Berlin statt.



Prof. Jörg Wrachtrup

Die Quantengesetze erlauben Phänomene, die in unserer Alltagswelt nicht vorstellbar sind. So können zwei oder mehr Quantenteilchen einen Zustand annehmen, in dem sie voneinander wissen, obwohl sie nicht miteinander kommunizieren. Diese Verschränkung lässt sich für neue Ansätze in der Informationstechnologie wie die Entwicklung des Quantencomputers nutzen, der etwa große Datensätze sehr viel schneller durchsuchen kann als ein klassischer Computer.

Verschränkung spielt auch bei den Beiträgen von Jörg Wrachtrup und Robert J. Schoelkopf zur Quanten-Nanowissenschaft und damit zur Quanteninformationstechnologie eine Rolle, für die beide Forscher den Max-Planck-Forschungspreis 2014 erhalten.

Einzelne Spins in Diamanten für einen Nano-Kernspintomografen

Prof. Jörg Wrachtrup, der bereits den Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Preis 2012 der Deutschen Forschungsgemeinschaft zuerkannt bekam, erforscht isolierte Spins in Festkörpern - vor allem in Diamanten, aber auch in anderen Materialien wie Siliziumcarbid. Der Spin ist eine quantenmechanische Eigenschaft etwa von Elektronen und Atomkernen und macht diese Teilchen zu winzigen Magneten, die sich in einem äußeren Magnetfeld in entgegengesetzte Richtungen orientieren können. Wie viel Energie für einen Richtungswechsel nötig ist, hängt auch von der chemischen Umgebung eines Spins ab. Daher liefert die Kernspintomografie ein detailliertes Bild der unterschiedlichen Gewebe im menschlichen Körper.

Wrachtrup, Professor der Universität Stuttgart und Fellow des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung, gelang es erstmals, die Orientierung eines einzelnen Spins in einem Diamanten auszulesen und zu schalten. Die einzelnen Spins finden sich im Diamanten dort, wo ein Stickstoff- statt eines Kohlenstoffatoms in dessen Kristallgitter eingebaut ist. Der Spin eines solchen

NV-Zentrums – kurz für Nitrogen-Vacancy- oder Stickstoff-Leerstellen-Zentrum – reagiert sehr empfindlich auf andere Spins in seiner Umgebung. Wrachtrups Team arbeitet daran, auf dieser Basis einen nanoskopischen Kernspintomografen für einzelne Zellen zu entwickeln – so wie inzwischen manche andere Forschungsgruppe in der Welt. Der sensible Kern dieses Kernspintomografen wird der einzelne Spin eines Diamanten sein. „Einzelne Zellen werden wir in wenigen Jahren untersuchen können“, sagt Jörg Wrachtrup. „Ich halte es aber auch für realistisch, einen künstlichen Nanodiamanten als Sensor für Kernspin-Untersuchungen in einer Zelle zu verwenden.“ Da kommt Jörg Wrachtrup das Preisgeld des Max-Planck-Forschungspreises gerade recht, weil sich damit ein Projekt auch über einen längeren Zeitraum unterstützen lässt. So kann er sich vorstellen, die Mittel zu verwenden, um die Nanodiamanten für solch diffizile Einsätze weiterzuentwickeln.

Die Spins der NV-Zentren eignen sich nicht nur als Sonden eines nanoskopischen Kernspintomografen, sondern auch als Quantenbit oder Qubit, also als kleinste Recheneinheit eines Quantencomputers. Denn in der Orientierung des Spins lässt sich die „0“ und „1“ eines Datenbits speichern. Wrachtrups Team hat an einem solchen NV-Zentrum bereits ein einfaches Rechenregister aus verschränkten Qubits erzeugt und damit grundlegende Operationen einer Quantenrechnung ausgeführt.

Rechnen ohne Widerstand

So wie Jörg Wrachtrup als Vorreiter der Quanten-Spintronik gilt, ist Robert J. Schoelkopf, Professor an der Yale University ein Erfinder der supraleitenden Qubits. Supraleiter transportieren Strom ohne elektrischen Widerstand. Die Qubits, die Robert Schoelkopf gemeinsam mit seinen Kollegen Michel Devoret und Steve Girvin an der Yale University entwickelt hat, bestehen aus supraleitenden Stromkreisen. Bei sehr tiefen Temperaturen verhält sich ein solcher widerstandsloser Stromkreis in gewissem Sinn wie ein einzelnes Atom: Obwohl darin rund eine Billion Elektronen ungehindert ihre Bahnen ziehen, kann der Stromkreis definierte Energiezustände einnehmen, die denen eines Atoms sehr ähneln. Die untersten beiden können die „0“ und „1“ eines Datenbits ebenso codieren wie die Orientierung des Spins in einem Magnetfeld.

Mit den supraleitenden Qubits, die im Durchmesser einige Mikro- oder gar Millimeter messen können, hat Schoelkopfs Team die Grenzen des Quantenregimes von der Nanodimension hin zu größeren Objekten verschoben. Lange gingen Physiker davon aus, dass sich die teils bizarren Quanteneffekte nur in allerkleinsten Dimensionen beobachten lassen. Demnach gebe es in größeren Systemen zu viele Störungen, die gerade die meist fragilen Quantenzustände, die für Anwendungen in einer neuartigen Informationsverarbeitung interessant sind, kaputt machen. Derzeit testen Physiker noch aus, wie groß Systeme tatsächlich sein können, sodass sie noch den Quantengesetzen unterliegen. Robert Schoelkopf hat bei dieser Suche nach den Grenzen der Quantenwelt mit den supraleitenden Qubits eine Marke gesetzt.

Weitere Informationen:

Prof. Dr. Jörg Wrachtrup, Universität Stuttgart, 3. Physikalisches Institut Tel. 0711/685-65278

E-Mail: j.wrachtrup@physik.uni-stuttgart.de

Dr. Hans-Herwig Geyer, Universität Stuttgart, Leiter Hochschulkommunikation und Pressesprecher,

Tel. 0711/685-82555, E-Mail: hans-herwig.geyer (at) hkom.uni-stuttgart.de
