Referat für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit

Keplerstraße 7, 70174 Stuttgart
Telefon 0711/ 685-82297, -82176
-82122, -82155
Fax 0711/ 685-82188
e-mail: presse@uni-stuttgart.de
www.uni-stuttgart.de/aktuelles/

Molekulare Magnete tanzen im Takt

Eine Stoffklasse besitzt magnetische Momente mit ungewöhnlich stabiler Ausrichtung. Das Material für künftige Quantencomputer.

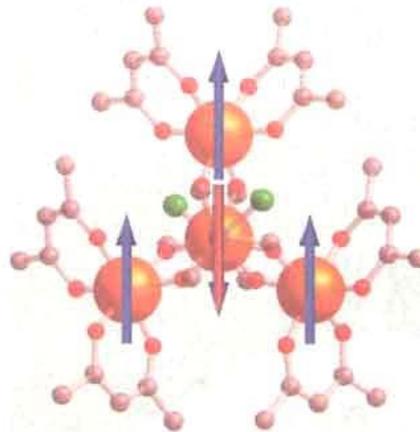
FAZ 5.11.08

Mit einem Quantencomputer könnte man Aufgaben angehen, die für herkömmliche klassische Computer unlösbar sind. Denn statt klassischer Bits, die nur die Werte „0“ oder „1“ haben, verarbeitet er sogenannte Quantenbits oder Qubits, die beide Zustände gleichzeitig annehmen können. In der Praxis erweist es sich jedoch als schwierig, geeignete Bausteine als Träger für die Qubits zu finden, da in der Regel die quantenmechanischen Zustände äußerst fragil sind. Sie „zerfallen“, bevor das Rechenergebnis vorliegt. Physiker der Universität Stuttgart haben nun ein vielversprechendes Material gefunden, in dem die Quantenbits unerwartet langlebig sind. Es handelt sich dabei um molekulare Magnete, deren Spins auch ohne äußeres Magnetfeld zwei stabile Orientierungen einnehmen und sich deshalb ideal als Medium für Qubits eignen.

Einzelmolekülmagnete sind noch eine recht junge Stoffklasse, die erst im vergangenen Jahrzehnt entdeckt wurde. Ihre besonderen magnetischen Eigenschaften verleihen ihnen magnetische Ionen, die feste Plätze im Molekül einnehmen und so stark miteinander wechselwirken, dass sich bei niedrigen Temperaturen ein stabiles magnetisches Moment einstellt. Dieses verläuft entweder parallel oder antiparallel zur Symmetrieachse des Moleküls, was sich als Zustand „1“ oder „0“ interpretieren lässt. Die Forscher um Joris van Slageren und Martin Dressel haben für ihre Experimente ein organisches Molekül verwendet, dessen magnetische Eigenschaften durch einen chemischen Komplex mit vier zentralen Eisenionen bestimmt werden. Das magnetische Moment ist zehnmal so groß wie dasjenige von Elektronen. Eingebettet sind die Nanomagnete in eine unmagnetische Matrix, die dafür sorgt, dass die Momente weit genug voneinander entfernt

sind, so dass sie sich nicht gegenseitig stören. Ein Krümel des rötlich-braunen Materials enthält die beeindruckende Zahl von einer Billion Molekülmagnete.

Die Forscher wollten wissen, wie lange die Quantenzustände in diesem Material für gewöhnlich stabil bleiben, denn davon hängt es ab, ob man es für einen Quantencomputer verwenden kann. Zu diesem Zweck bestrahlten sie eine Probe aus Molekülmagneten zunächst mit extrem kurzen Mikrowellenpulsen. Deren Energie war so gewählt, dass die magnetischen Momente der Moleküle von einer Vorzugsrichtung in die andere umklappten. Nach der Anregung rotierten alle Nanomagnete im Gleichtakt um eine bestimmte Richtung, ähnlich wie eine Grup-



Molekularer Magnet: Die Pfeile symbolisieren die magnetischen Momente der zentralen Eisenionen. Foto Martin Dressel

pe von Tänzern, die sich alle im Takt der Musik bewegen. Diesen für Quantenobjekte typischen Zustand bezeichnet man als kohärent.

Anschließend haben Dressel und seine Kollegen untersucht, wie lange die Kohärenz der magnetischen Momente erhalten blieb, nachdem sie den äußeren Taktgeber, das Mikrowellenfeld, abgeschaltet hatten. Dazu strahlten die Forscher nach dem ersten Mikrowellenpuls in verschiedenen Zeitabständen einen zweiten Mikrowellenpuls ein und registrierten das von den Molekülen ausgesandte Echo als

Funktion der Verzögerungszeit zwischen den Pulsen. An der Stärke des Echos konnten sie ablesen, wie lange die Nanomagnete im Takt geblieben waren. Wie Dressel und seine Kollegen in der Zeitschrift „Physical Review Letters“ (Bd. 101, S. 147 203) berichten, war das für 0,6 Mikrosekunden der Fall, was auf der Quantenskala eine ungewöhnlich lange Zeitspanne ist.

Aufgrund der Größe und Komplexität der Molekülmagnete – sie bestehen aus knapp hundert Atomen – hatte in der Fachwelt bisher niemand mit einer solch langen Kohärenzzeit gerechnet. Dressel, der sich inzwischen wünscht, er hätte dieses Material schon früher untersucht, ist überzeugt, dass er mit seinen Kollegen einen wichtigen Beitrag für die Entwicklung eines leistungsfähigen Quantencomputers erbracht hat. Denn bis jetzt sind Quantenbits nur durch komplizierte experimentelle Anordnungen verwirklicht worden, beispielsweise mit in Teilchenfallen schwebenden Atomen oder einzelnen Photonen. Diese Systeme sind zum Bau einer größeren Rechenmaschine aus vielen hundert Qubits ungeeignet.

Im nächsten Schritt wollen die Stuttgarter Physiker versuchen, die Molekülmagnete miteinander so zu verschränken, dass sie, wie bei einem Datenbus im klassischen Computer, untereinander Informationen austauschen können. Zudem wollen sie nach Möglichkeiten suchen, magnetische Qubits von außen zu adressieren, zu programmieren und wieder auszulesen. Im Prinzip könnte schon ein einzelnes, von einem Rastertunnelmikroskop angesteuertes Magnetmolekül ein Qubit bilden. Da das Echo einzelner Moleküle zu schwach ist, als dass es mit gängigen Verfahren registriert werden könnte, muss man noch den Zustand ganzer Molekülverbände auslesen. Das ließe sich umgehen, wenn es gelänge, die Nanomagnete auf einer Oberfläche anzuordnen, da man sie dann mit der Spitze eines Tunnelmikroskops ansprechen könnte. Doch oft gehen dabei auch die besonderen magnetischen Eigenschaften verloren, weil die räumliche Anordnung der Ionen innerhalb des Moleküls sich ändert, sobald es flach auf eine Oberfläche gedrückt wird.

ANNE HARDY