

Wer braucht schon Strom zum Rechnen?

Spintronik könnte neues Computerzeitalter einleiten

Günter Sturm, ScienceUp Sturm und Bomfleur GbR
Camerloherstraße 19, 85737 Ismaning
www.ScienceUp.de

Das Rechnen mit kleinsten Magneten eröffnet neue Möglichkeiten im Bau von Computerchips, welche die nächste Revolution in der Computer-Technik auslösen könnten.

Rechnen ohne Strom? Damit sind nicht solarbetriebene Taschenrechner gemeint, denn auch diese verwenden - genauso wie Ihr Computer - Strom zum Rechnen, welcher selbst aus fließenden elektrischen Ladungen (Elektronen) besteht. Wie Sie zum Beispiel bereits aus unserem Quanten.de Newsletter vom November/Dezember 2001 (Fermionen und Bosonen) wissen, besitzt ein Elektron jedoch auch einen sogenannten Spin, welchen man sich anschaulich als eine Drehung der Elektrons um seine eigene Achse vorstellen kann. Und diesen Spin kann man - zusätzlich zur Ladung des Elektrons - zum "Rechnen" ausnützen. Wie das geht?

Aufgrund der Drehung des Elektrons entsteht ein magnetisches Moment, was letztendlich die Grundlage des Magnetismus bei Materialien wie Eisen oder Kobalt ist: Die Elektronen in diesen Metallen drehen sich alle in der gleichen Weise, so dass sich alle "elektronischen Stabmagnete" gleichförmig ausrichten und einen Magneten erzeugen. Man kann sich also jedes einzelne Elektron wie einen rotierenden Stab vorstellen, die entlang der Drehachse des Stabes magnetisiert ist und so einen Nord- und Südpol erzeugt¹.

Magnete richten sich in einem Magnetfeld nach den magnetischen Feldlinien aus. Das bekannteste Beispiel hierfür ist ein Kompass. Aber es gibt auch andere Anwendungen. Eine besonders interessante hat der auf dem Gebiet der "Spintronik" - der Name leitet sich von Spin und Elektronik ab - tätige englische Wissenschaftler Russel Cowburn von der *University of Durham* kürzlich [1] veröffentlicht. Er zeigte, dass die Ausrichtung mikroskopisch kleiner Magnete in einem Magnetfeld genutzt werden kann, um Informationen in einem Microchip zu manipulieren. Spintronische Schaltungen verschieben also keine elektrischen Ladungen wie herkömmliche elektrische Schaltungen. Sie arbeiten vielmehr mit der Veränderung der Magnetisierungsrichtung von Magneten und daher mit einem völlig neuartigen Prinzip.

¹ Dies ist eine sehr stark vereinfachte Darstellung des Magnetismus, die klassische und quantenmechanische Physik vermischt. In der Quantenmechanik wird der Spin eines Elementarteilchens **nicht** als eine Drehung des Teilchens um eine Achse interpretiert, sondern vielmehr als eine Symmetrieeigenschaft des Teilchens.

Mit diesen magnetischen Chips wäre es nach Meinung von Cowburn möglich, die Batterielebensdauer von Computern und Handys von einigen Tagen auf Monate oder Jahre zu steigern, da ja beim "Rechnen mit Magneten" kein Strom verbraucht wird. Damit eröffnet sich magnetischen Chips ein gewaltiges Marktpotenzial. Die Chips könnten zudem auch noch sehr einfach aus ein paar Lagen Metall hergestellt werden, womit sie auch einfacher und billiger zu produzieren wären als elektronische Schaltungen. Da die Dimensionen der einzelnen Magnete stark verkleinert werden können, ist auch der Weg zur Leistungssteigerung von Computern frei, da magnetische Chips mit "arbeitenden" Einzelteilen in der Größenordnung von ein paar Atomen vollgestopft werden könnten.

Weiterhin wäre es nach Cowburn möglich, robuste Speicherchips zu bauen, die ihre Information beim Abschalten nicht verlieren und zugleich sehr widerstandsfähig gegen elektromagnetische Strahlung sind. Anwendungen gibt es z. B. in der Raumfahrt, da elektronische Bauelemente durch den "Sonnenwind" im All häufig zerstört werden. Eine weitere Anwendung hat allerdings militärische Bedeutung: Spintronische Schaltungen könnten den elektromagnetischen Impuls, der durch eine Atombombenexplosion ausgelöst wird, unbeschadet überstehen. Angesichts der aktuellen Diskussion über einen "lokal begrenzten" atomaren Schlag durchaus eine beängstigende Vorstellung, da eine atomare Explosion leichter beherrschbar wird. Die Autoren-Liste von [1] führt auch Mitarbeiter von militärischen Einrichtungen auf.

Wie funktioniert dies nun im Detail?

Konventionelle elektronische Bauelemente wie zum Beispiel Transistoren arbeiten, in dem sie kleine Pakete elektrischer Ladung verschieben. In einem Computer stellen diese Transistoren (= Schalter) Informationen durch "Strom an" (= 1) oder "Strom aus" (= 0) dar.

In den Microchips, die Cowburn plant, nehmen "auf"- und "ab"- gerichtete Spins die Rolle von "1" und "0" ein. Während andere Gruppen an der Entwicklung von Microchips arbeiten, die den Spin individueller Elektronen manipulieren, beeinflusst Cowburns Gruppe den Gesamt-Spin eines ganzen "Elektronen-Haufens". Nach Meinung von Cowburn könnte sein magnetischer Microchip in den nächsten zwei Jahren fertig entwickelt sein, und damit Rechnungen aufgrund der Änderung von Magnetisierung - und nicht mit dem Verschieben elektrischer Ladung - möglich machen. Zur Zeit verwendet er Strukturen, die 100 mal kleiner sind als die Dicke eines menschlichen Haars. Natürlich ist es nicht einfach festzustellen, was sich in so kleinen Bauteilen tut. Die Autoren haben hierfür einen extrem empfindlichen Laser entwickelt, mit dem sie das Funktionieren ihrer Schaltungen untersuchen. Vor etwa zwei Wochen meldete das Team nun seinen ersten Erfolg: Ein magnetischer Chip, der eine der fundamentalsten Aufgaben in der Computertechnik erledigt, die "NOT"-Operation.

NOT-Gates, also Schalter, die auf die Eingabe "1" mit "0" antworten und auf "0" mit "1", sind eines der häufigsten Bauelemente in Computern. Ihr PC, vor dem Sie wahrscheinlich gerade sitzen, führt Abermillionen solcher Operationen durch, um zu arbeiten.

Mehr als diese einfache logische Funktion hat Cowburn bisher noch nicht mit einem magnetischen Chip umgesetzt. Aber mit seinen Worten (frei übersetzt): “Wir haben festgestellt, dass es jetzt möglich ist, einfache arithmetische Operationen durchzuführen, und das ist einer der wichtigsten Schritte, die wir brauchen, bevor wir die große Vision einer magnetischen Elektronik realisieren können. Es ist aufregend, und es gibt noch einiges zu tun, aber das Potenzial ist da, um eine gesamte neue Technologie basierend auf Magnetismus statt auf Elektrizität aufzubauen”.

Das NOT-Gate benützt einen geometrischen Trick, um den Magnetismus genauso einfach zu manipulieren wie dies in der konventionellen Elektronik mit der elektrischen Ladung geschieht: Es besteht aus einem Nickel-Eisen Draht, der “von Natur aus” magnetisch ist und zu einem “auf dem Kopf stehenden Y” gebogen wurde. Der Magnetismus dieser Metall-Legierung liegt parallel zum “Y-Pfeil”, aber er kann dazu gebracht werden, seine Richtung in einem kurzen Stück des Drahtes zu ändern. Die Richtung der Magnetisierung entspricht dabei einem “0” oder “1” Zustand. Cowburns Team kann zwischen diesen beiden Zuständen mit einem äußeren - durch einen Elektromagneten erzeugten - rotierenden Magnetfeld hin und herschalten. Das Team hat bis zu 11 Gates zusammenschaltet. Das sind zwar um Größenordnungen weniger als die Millionen von NOT-Gates, die ein Computer enthält, aber die Forscher sind sehr zuversichtlich, da sie bereits 100.000 mal zwischen den beiden Zuständen hin und herschalten konnten.

Ganz ohne Strom geht es also doch nicht. Aber das ist ja auch nicht das Ziel. Magnetische Chips werden auf jeden Fall deutlich weniger Energie verbrauchen als elektronische. Zur Zeit wird an magnetischen AND, OR und XOR-Schaltungen gearbeitet. Innerhalb eines Jahres will Cowburn ein voll funktionierendes logisches System vorweisen können. Wir werden seine Arbeit aufmerksam verfolgen und Ihnen gegebenenfalls erneut darüber berichten.

Günter Sturm

Literatur:

- [1] “Submicrometer Ferromagnetic NOT Gate and Shift Register”, D. A. Allwood, Gang Xiong, M. D. Cooke, C. C. Faulkner, D. Atkinson, N. Vernier, R. P. Cowburn, *Science* **296**, 2003 - 2006 (2002).

© 2002 ScienceUp Sturm und Bomfleur GbR, Alle Rechte vorbehalten. Nichtkommerzieller Nachdruck und Wiedergabe gestattet bei Quellenangabe ScienceUp Sturm und Bomfleur GbR, www.ScienceUp.de.