

Universität Hamburg, Jungiusstr. 11, 20355 Hamburg

Sonderforschungsbereich 668
Institut für Angewandte Physik
Universität Hamburg
Jungiusstr. 11
20355 Hamburg

Heiko Fuchs
Öffentlichkeitsarbeit
Tel.: (0 40) 428 38 – 69 59
Fax: (0 40) 428 38 – 24 09
hfuchs@physnet.uni-hamburg.de

Pressemitteilung

Hamburg, 23.09.2009

La-Ola im Nanomagnet

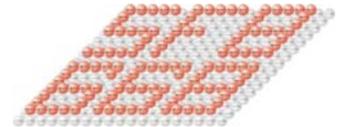
Hamburger Wissenschaftler bieten neuen Einblick in das Schaltverhalten kleinster Magnete

Tausende Musik-Hits auf dem Multimedia-Player, Handys, die zum mobilen Büro werden, oder portable Festplatten, deren Speicherkapazität im Terabyte-Bereich liegt - das heutige Informations- und Multimedia-Zeitalter fordert immer größere Datenmengen auf immer kleinerem Raum. Eine große Rolle für die Datenspeichertechnik spielen dabei winzige magnetische Nanopartikel, die aus wenigen Atomen bestehen. Je nach Ausrichtung der Gesamtmagnetisierung repräsentiert jedes der Partikel dabei ein Bit, also die kleinste Informationseinheit, die entweder "0" oder "1" annehmen kann. Nur durch die stetige Miniaturisierung dieser Nanomagnete werden immer größere Speicherdichten ermöglicht, und ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen. Grundvoraussetzung für die langfristige Sicherung von Daten ist dabei die Stabilität der magnetischen Teilchen gegen thermische Anregungen: Unterhalb einer kritischen Größe beginnt die Magnetisierung eines Partikels von sich aus, spontan zwischen seinen beiden Zuständen, also zwischen "0" und "1", hin- und herzuschalten, was unweigerlich zum Verlust der gespeicherten Daten führt.

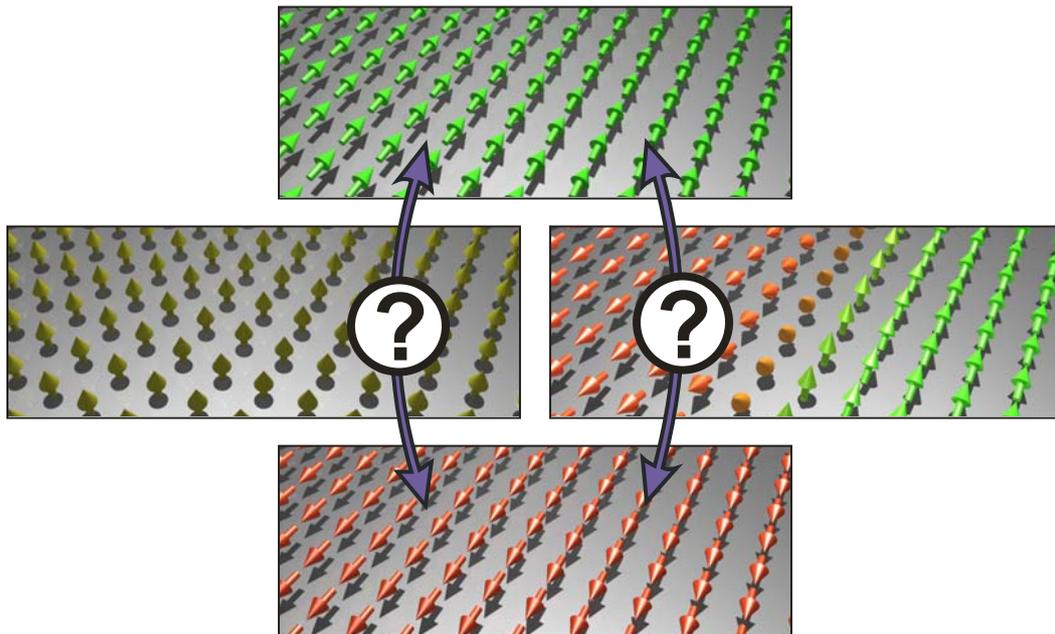
Um auch in Zukunft noch mehr Daten auf immer kleinerem Raum speichern zu können, ist ein detailliertes Verständnis der Physik in solchen magnetischen Nanoteilchen unabdingbar. Je nach Anwendungsgebiet ließen sich dann gezielte Magnete designen, die entweder besonders stabil (für Datenspeicheranwendungen) oder sensitiv (z.B. für Sensoren) gegenüber äußeren Einflüssen sind.

Volumenartige magnetische Materialien sind stets durch komplexe Domänenstrukturen gekennzeichnet, bei denen die magnetischen Spins innerhalb jeder einzelnen Domäne parallel liegen. Die magnetischen Domänen sind dabei durch Übergangsbereiche, sogenannte Domänenwände, voneinander abgegrenzt. Kleinste Nanomagnete bestehen nur aus einer einzelnen Domäne: Alle magnetischen Spins des Teilchens zeigen in eine gemeinsame Richtung. Um die Magnetisierung nun in die entgegengesetzte Richtung zu schalten, muss jedes Atom seinen magnetischen Spin drehen. Bislang wurde angenommen, dass ein eindomäniger Nanomagnet stets kohärent von einem Zustand in den anderen umschaltet, was bedeutet, dass sich alle magnetischen Spins des Teilchens gemeinsam drehen und dabei stets parallel zueinander stehen.

Im Department Physik der Universität Hamburg wurde nun gezeigt, dass diese Annahme überholt ist. Die Mitarbeiter der Gruppe um Prof. Wiesendanger untersuchten das thermische Schaltverhalten von magnetischen Nanoinseln, die aus etwas mehr als 30 Atomen bestehen. Dazu wurde die magnetische Spitze eines Rastertunnelmikroskops so weit an einzelne Nanoinseln angenähert, bis ein Tunnelstrom zwischen Spitze und Insel floss. Je nach relativer Ausrichtung der Magnetisierung von Spitze und Insel wurde dann entweder ein hohes oder ein niedriges Signal der differentiellen Leitfähigkeit gemessen. Das Schalten zwischen diesen beiden Konfigurationen wurde in Funktion der Zeit aufgezeichnet und die jeweiligen Wartezeiten zwischen aufeinander folgenden Schaltereignissen analysiert.



Sowohl die Experimente als auch entsprechende Simulationen zeigen, dass die Nanoinseln über einen komplexen Schaltmechanismus ihre Magnetisierung ändern, vergleichbar einer La-Ola-Stadionwelle. Dabei imitieren die Zuschauer eine sich durch das Stadion bewegende Wasserwelle, in dem sie in einer vorgegebenen Richtung nacheinander kurz die Arme hochreißen. Ähnlich läuft auch der Ummagnetisierungsprozess in der Nanoinsel ab: Zum Schalten wird kurzzeitig der eindomänige Magnetisierungszustand aufgegeben, um eine Domänenwand an einem Ende der Insel zu formen. Diese Domänenwand, die den bereits umgeschalteten vom noch nicht geschalteten Teil der Insel trennt, durchläuft diese von einem Ende zum anderen und überführt die Insel somit in ihren entgegengesetzten, wieder eindomänigen Magnetisierungszustand.

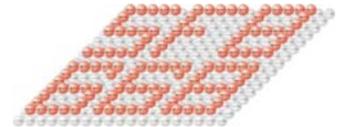


Um den Magneten zwischen seinen Grundzuständen (oben, unten) zu schalten, können sich entweder alle magnetischen Spins gemeinsam drehen (links), oder die Ummagnetisierung wird über einen komplexen Mechanismus realisiert, bei dem die magnetischen Spins reihenweise rotieren (rechts). Die gemeinsame parallele Ausrichtung der Spins wird dafür kurzzeitig aufgegeben.

Eine detaillierte Analyse des thermischen Schaltverhaltens der Nanoinseln in Korrelation zu ihrer Größe, Form und Temperatur ergab, dass die Domänenwand dabei vorzugsweise entlang einer bestimmten kristallografischen Achse orientiert ist und sich senkrecht zu dieser bewegt, genauso wie sich eine La-Ola im Stadion immer entlang der Sitzplatzreihen bewegt und ihre Front senkrecht zu den Reihen orientiert ist. Dieser Effekt hat direkte Auswirkungen auf das Schaltverhalten einer Nanoinsel: Ist sie besonders lang, so ist die Distanz, die die Domänenwand zum erfolgreichen Schalten der Magnetisierung überwinden muss, entsprechend groß. Dies bewirkt, dass viele Domänenwände - die sich im Gegensatz zur Lao-Ola nicht nur vorwärts, sondern auch rückwärts bewegen können - wieder an den Ort ihrer Entstehung statt an das andere Ende der Insel gelangen, ohne dabei die Magnetisierung umzuschalten. Für besonders breite Inseln stellt sich heraus, dass die Anzahl der möglichen Entstehungskeime einer Domänenwand erhöht ist, was entsprechend zu einer höheren gemessenen Schaltrate führt. Im Analogon der La-Ola bedeutet dies, dass wenige Menschen sich leichter zu einer La-Ola koordinieren können als große Massen.

Wie die Hamburger Forscher-Gruppe zeigt, variieren die Schaltraten der Nanomagnete je nach Inselgröße und -form um bis zu mehrere Größenordnungen. Diese Erkenntnisse helfen dabei, zukünftige maßgeschneiderte Nanoteilchen zu entwickeln, die je nach gewünschtem Anwendungsgebiet entweder besonders stabil oder sensitiv sind.

Die Arbeit wurde in der Zeitschrift **Physical Review Letters (Vol. 103, p. 127202)** veröffentlicht und als herausragende Publikation mit einem Artikel in **Physics (Vol. 2, p.75, <http://physics.aps.org>)** gewürdigt.

**Weiterführende Internet-Seite:**

<http://www.sfb668.de>

Weitere Informationen:

Prof. Dr. Roland Wiesendanger und
Dipl.-Chem. Heiko Fuchs
Sonderforschungsbereich 668
Department Physik
Universität Hamburg
Jungiusstr. 11A
20355 Hamburg

Tel. (0 40) 4 28 38 - 52 44
Tel.: (0 40) 4 28 38 - 69 59
Fax.: (0 40) 4 28 38 - 24 09
E-Mail: wiesendanger@physnet.uni-hamburg.de
E-Mail: hfuchs@physnet.uni-hamburg.de
URL: <http://www.sfb668.de>