

Wissenschaft

Kosmisches Monopoly

In einem Kristall haben Forscher erstmals voneinander getrennte magnetische Pole gefunden

VON CHRISTIAN MEIER

Einen Magneten zu zerteilen, um Nord- und Südpol voneinander zu trennen, gleicht dem Versuch, einen Pudding an die Wand zu nageln. Jede der beiden Hälften zeigt immer wieder beide Pole. Dennoch suchen Physiker seit Jahrzehnten nach einem magnetischen Pol, der ohne seinen Gegenpart auftritt – einem magnetischen Monopol.

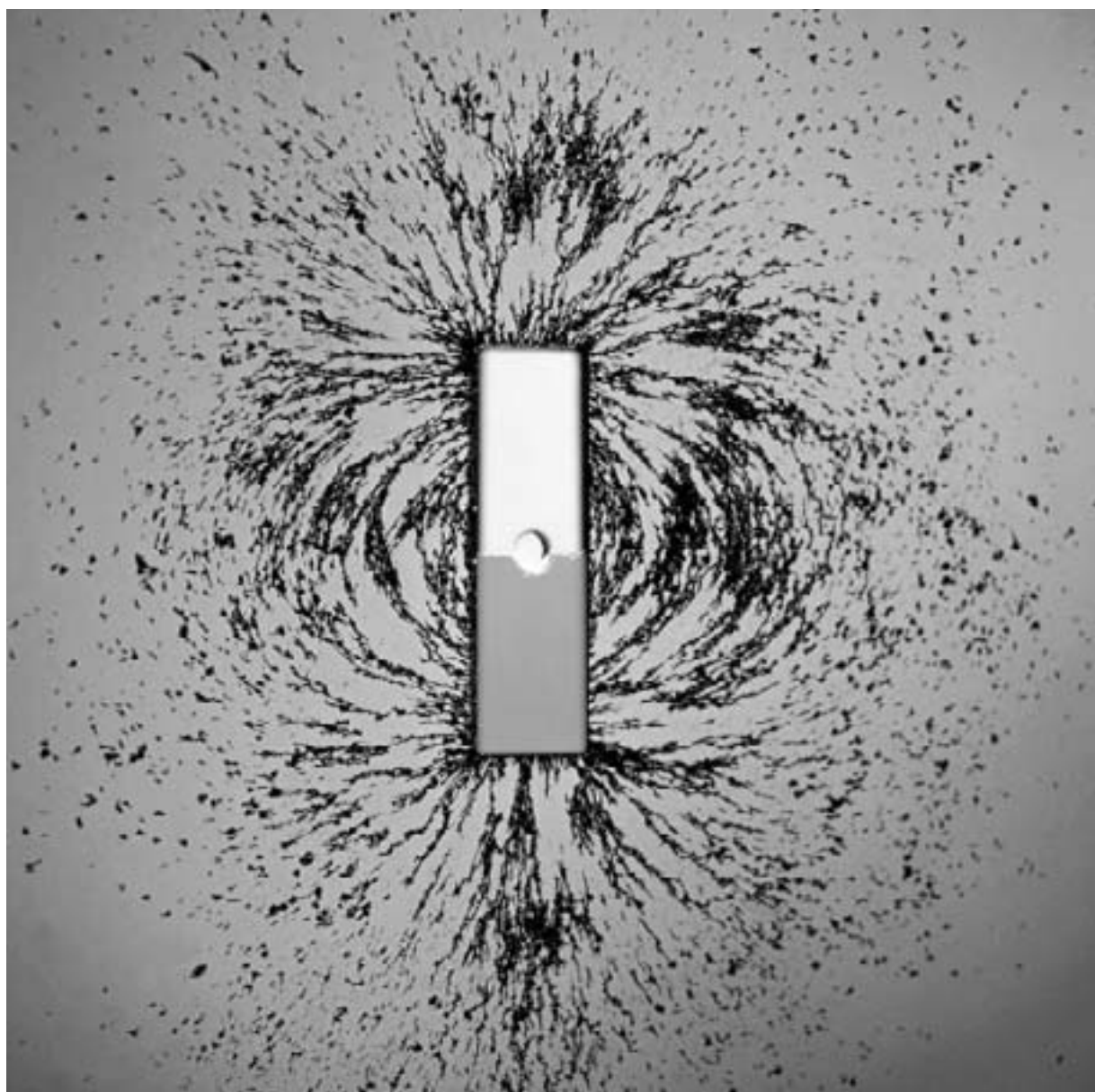
Solche Einzelgänger, vermuten manche Physiker, könnten beim Urknall in großer Zahl entstanden sein und heute noch durchs All schwirren. Könnten sie nachgewiesen werden, würde sich ein Rätsel lösen, das Physiker seit 150 Jahren beschäftigt. Doch weder in kosmischer Strahlung noch in Mondgestein wurden jemals Monopole gefunden. Jetzt haben zwei Forschergruppen hier auf Erden eine Art magnetischer Monopole nachgewiesen – in einem ungewöhnlichen Material namens Spin-Eis (siehe Kasten). Über ihre Ergebnisse berichten die Wissenschaftler um David Morris vom Berliner Helmholtz-Zentrum und Tom Fenell vom Institut Laue-Langevin in Grenoble heute im Fachmagazin Science.

Für den Physiker Roderich Moessner vom Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme in Dresden bestätigt sich damit eine lang gehegte Vermutung. Er und seine Kollegen Claudio Castelnovo von der University of Oxford und Shivaji Sondhi von der Princeton University in den USA schlugen im vergangenen Jahr in der Fachzeitschrift Nature vor, im Spin-Eis nach Monopolen zu suchen. Dieses habe, so behaupteten die drei Physiker, derart ungewöhnliche magnetische Eigenschaften, dass sich in seinem Inneren magnetische Monopole bilden müssten.

Diese Einzelgänger tauchen auf, wenn im Spin-Eis Nord- und Südpole in direkter Nachbarschaft zueinander entstehen und sich dann voneinander entfernen. Dabei können sie sich frei und unabhängig voneinander durch den Kristall bewegen. Der Weg, den sie dabei gehen, bleibt in Form eines Magnetfeldes erkennbar, wie eine Spur im Schnee.

Jetzt konnten gleich zwei Forschergruppen unabhängig voneinander zeigen, dass das Trio um Moessner mit seiner gewagten Behauptung recht hatte: Mithilfe von Neutronenstrahlen wiesen sie die Monopole im Spin-Eis nach.

Für den Nachweis der Monopole schickten beide Teams Neutronen durch das Material. David Morris und seine Kollegen arbeiteten mit dem Forschungsreaktor am Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie als Neutronenquelle. Weil Neutronen magnetisch sind, werden sie von den Magnetfeldern im Inneren eines Festkörpers abgelenkt. In welche Richtung sie sich dann bewegen, hängt von der Struktur dieser Felder ab – so lässt sich der Magnetismus einer Probe vermessen.



Wenn man diesen Stabmagneten zerteilen würde, erhielte man zwei neue Stabmagneten, die beide einen Nord- und einen Südpol hätten: Die Gegenpole treten stets zusammen auf. Eisenspäne machen das Magnetfeld sichtbar.

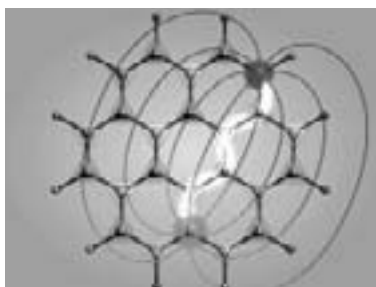
Halbierte Magnete im Spin-Eis

Als Spin bezeichnen Physiker die Drehung von Elektronen um ihre eigene Achse, die ein kleines Magnetfeld erzeugt.

Spin-Eis nennt man die Kristalle bestimmter chemischer Verbindungen, deren innere Struktur der von Wassereis ähnelt. Im Spin-Eis ist jeder Atomkern von vier Elektronen umgeben. Zwei davon richten den Nordpol ihres Spin-Magnetfelds zum Atom hin, die anderen zwei richten ihn vom Atom weg, sodass sich die Magnetfelder gegenseitig aufheben.

Auf diese Weise konnten die Forscher die magnetischen Verbindungslinien nachweisen, die sich zwischen je zwei Monopolen bilden. Das gilt als Beweis für die Monopole selbst.

Mit dem Nachweis der Monopole im Spin-Eis sind die Wissenschaftler der Lösung eines der großen Rätsel der Physik ein Stück näher gekommen. Es beschäftigt die



MPI FÜR PHYSIK KOMPLEXER SYSTEME

Die Struktur von Spin-Eis: Elektronen bilden Vierergruppen um die Atomkerne. Ihre Spins können sich umkehren und magnetische Ketten formen.

Forscher seit dem 19. Jahrhundert: Zwischen 1861 und 1864 formulierte der Schotte James Clerk Maxwell die Theorie des Elektromagnetismus. Er zeigte, dass Elektrizität und Magnetismus einander bedingende Phänomene sind. Sie ergänzen sich wie das Yin und Yang der fernöstlichen Philosophie.

Doch die Harmonie ist nicht perfekt. Die Gegensätze in der Elektri-

zität, negative und positive elektrische Ladungen, sitzen auf unterschiedlichen Teilchen: den Elektronen und Protonen. Diese lassen sich beliebig weit voneinander trennen und einzeln beobachten. Daher stellen sie elektrische Einzelpole dar – sogenannte Monopole. In der Welt des Magnetismus gab es dafür bisher keine Entsprechung: Magnetische Nord- und Südpole waren nie

unabhängig voneinander beobachtet worden. Für Physiker war das eine unbefriedigende Situation. Ihr Verständnis der Natur beruht zu einem großen Teil auf Symmetrien – je symmetrischer eine Theorie ist, desto eher vertrauen sie ihr. Auf der einen Seite frei bewegliche elektrische Pole, auf der anderen aneinander gefesselte magnetische Pole: das ist ein eklatanter Mangel an Symmetrie.

Magnetische Monopole würden nicht nur diese Asymmetrie beseitigen. In den Dreißigerjahren hatte der britische Physiker Paul Dirac gezeigt, dass sie auch erklären würden, warum es eine kleinste elektrische Ladungsmenge, die Elementarladung, gibt. Fünfzig Jahre später, als immer noch keine Monopole aufgetaucht waren, soll der Mitbegründer der Quantenmechanik den Glauben an die Einzelgänger verloren haben. Leider beweisen die jetzt im Spin-Eis entdeckten Monopole noch nicht, dass es auch außerhalb dieses Materials Monopole gibt. „Die Spin-Eis-Monopole sind das Ergebnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen den Elektronen und Atomen in der einzigartigen Kristallstruktur“, sagt Roderich Moessner. Sie seien etwa mit Wasserwellen vergleichbar, die durch die kollektiven Bewegungen sehr vieler Wassermoleküle entstünden. Die Monopole sind somit keine Teilchen im eigentlichen Sinne, wie Protonen oder Elektronen, denn unabhängig von den Spins und Atomen im Spin-Eis können sie nicht existieren. Trotzdem verhalten sie sich wie unabhängige Teilchen, die entweder einen magnetischen Nord- oder Südpol tragen. Damit sind die Spin-Eis-Monopole dennoch als Erfolg der Monopolsuche zu bewerten. Sie sind die ersten magnetischen Einzelgänger, die jemals nachgewiesen wurden. Und endlich haben die Physiker real existierende Monopole in der Hand, die sie experimentell erforschen können. Dabei lernen sie vielleicht auch etwas über die hypothetischen kosmischen Monopole – etwa, was geschieht, wenn sie aufeinandertreffen.

unabhängig voneinander beobachtet worden.

Für Physiker war das eine unbefriedigende Situation. Ihr Verständnis der Natur beruht zu einem großen Teil auf Symmetrien – je symmetrischer eine Theorie ist, desto eher vertrauen sie ihr. Auf der einen Seite frei bewegliche elektrische Pole, auf der anderen aneinander gefesselte magnetische Pole: das ist ein eklatanter Mangel an Symmetrie.

Magnetische Monopole würden nicht nur diese Asymmetrie beseitigen. In den Dreißigerjahren hatte der britische Physiker Paul Dirac gezeigt, dass sie auch erklären würden, warum es eine kleinste elektrische Ladungsmenge, die Elementarladung, gibt. Fünfzig Jahre später, als immer noch keine Monopole aufgetaucht waren, soll der Mitbegründer der Quantenmechanik den Glauben an die Einzelgänger verloren haben. Leider beweisen die jetzt im Spin-Eis entdeckten Monopole noch nicht, dass es auch außerhalb dieses Materials Monopole gibt. „Die Spin-Eis-Monopole sind das Ergebnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen den Elektronen und Atomen in der einzigartigen Kristallstruktur“, sagt Roderich Moessner. Sie seien etwa mit Wasserwellen vergleichbar, die durch die kollektiven Bewegungen sehr vieler Wassermoleküle entstünden. Die Monopole sind somit keine Teilchen im eigentlichen Sinne, wie Protonen oder Elektronen, denn unabhängig von den Spins und Atomen im Spin-Eis können sie nicht existieren. Trotzdem verhalten sie sich wie unabhängige Teilchen, die entweder einen magnetischen Nord- oder Südpol tragen.

„Die Spin-Eis-Monopole sind das Ergebnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen den Elektronen und Atomen in der einzigartigen Kristallstruktur“, sagt Roderich Moessner. Sie seien etwa mit Wasserwellen vergleichbar, die durch die kollektiven Bewegungen sehr vieler Wassermoleküle entstünden. Die Monopole sind somit keine Teilchen im eigentlichen Sinne, wie Protonen oder Elektronen, denn unabhängig von den Spins und Atomen im Spin-Eis können sie nicht existieren. Trotzdem verhalten sie sich wie unabhängige Teilchen, die entweder einen magnetischen Nord- oder Südpol tragen. Damit sind die Spin-Eis-Monopole dennoch als Erfolg der Monopolsuche zu bewerten. Sie sind die ersten magnetischen Einzelgänger, die jemals nachgewiesen wurden. Und endlich haben die Physiker real existierende Monopole in der Hand, die sie experimentell erforschen können. Dabei lernen sie vielleicht auch etwas über die hypothetischen kosmischen Monopole – etwa, was geschieht, wenn sie aufeinandertreffen.

Für Moessner sind die Monopole im Spin-Eis erst der Anfang. Denn der Dresdener Forscher betrachtet das Spin-Eis nicht als Ausnahme. Jeder Festkörper sei ein potenzielles Universum in einem Sandkorn, sagt der Physiker. Eine kleine Welt, in der sich die gesamte Natur widerspiegelt.

In einer Sandkorn-Welt wie dem Spin-Eis lassen sich also durchaus die Phänomene des riesigen Weltalls erforschen. Im Gegensatz zu den Astrophysikern sieht Moessner deshalb Festkörperforscher gefeiert gegen allzu großen Frust: „Astrophysiker haben nur ein großes Universum, wir können viele kleine erforschen.“

Science, DOI: 10.1126/science.1177582 und DOI: 10.1126/science.1178868

Auch Aidserreger haben eine schwache Seite

Neu entdeckte Antikörper setzen HIV außer Gefecht

Zwei im Blut von HIV-Infizierten gefundene Antikörper könnten die Basis für einen künftigen Impfstoff gegen Aids liefern. Das berichten US-Forscher um Laura Walker vom Scripps Research Institute im kalifornischen La Jolla im Fachjournal Science.

Seit langem suchen Wissenschaftler in aller Welt nach Antikörpern, die sich nicht nur mit bestimmten, sondern mit einer Vielzahl der sehr variablen HIV-Virusstämme verbinden und sie auf diese Weise neutralisieren. Solche Antikörper mit der Bezeichnung bNAbs kommen in seltenen Fällen bei infizierten Personen vor.

Bei der Untersuchung von Blutproben von mehr als 1 800 HIV-Infizierten aus Afrika, Asien, Großbritannien und den USA fanden die Forscher um Walker zwei Antikörpertypen, die nicht nur die gesuchte Breitbandwirkung zeigten, sondern auch stärker auf die Viren reagierten als die besten bisher gefundenen bNAbs. Die Antikörper mit der Bezeichnung PG9 und PG16 dockten wahrscheinlich an einen Teil der Virushülle an, der bei HIV relativ konstant bleibt, vermutet das Team.

Die verwendeten biochemischen Testmethoden – die es erlauben, in kurzer Zeit große Probenmengen zu untersuchen – lassen nach Ansicht der Forscher hoffen, dass bald noch weitere, ähnliche Antikörper entdeckt werden. „Das ist ein aufregender Schritt in Richtung eines zukünftigen Aids-Impfstoffs“, kommentiert Wayne Koff von der International Aids Vaccine Initiative in New York. (dpa) Science, DOI: 10.1126/science.1178746

Die ersten Bauern waren Einwanderer

Viehzüchter der Karpaten kamen nach Mitteleuropa

Die ersten Bauern Mitteleuropas sind offenbar vor siebentausendfünfhundert Jahren in die Region eingewandert und haben ihr Vieh und ihre Nutzpflanzen mitgebracht. Das schreiben Joachim Burger und Barbara Bramanti von der Universität Mainz im Fachjournal Science. Der Studie zufolge stammten die Ur-Farmer nicht wie bisher vermutet von eiszeitlichen Jägern und Sammlern ab, die den Kontinent seit dem Untergang der Neandertaler besiedelten. Die Forscher hatten Erbgut aus Skeletten der letzten Jäger und Sammler untersucht und mit dem moderner Europäer verglichen. Aufgrund ihrer Analyse vermuten sie, dass die Bauern aus dem Karpatenbecken nach Mitteleuropa kamen. (dpa) Science, DOI: 10.1126/science.1176869

Verwöhntage auf Usedom



Genießen Sie ein paar entspannte Tage!

11.10.2009 – 22.12.2009
04.01.2010 – 25.03.2010
26.03.2010 – 30.04.2010*
€ 128,- (2 Übernachtungen)
€ 285,- (5 Übernachtungen)
Preis p.P. im DZ

*Saisonzuschlag: 2 ÜN: € 10,- /5 ÜN: € 34,-
Ausschlussdaten: 02.-04.04.2010/Termine nach Verfügbarkeit

IM PREIS ENTHALTENE LEISTUNGEN:

- 2 oder 5 Übernachtungen im komfortabel eingerichteten Zimmer mit Bad, Dusche/WC, Fön, Telefon, Radio, Farb-TV und Minibar im MARITIM Hotel „Kaiserhof“
- 2x oder 5x Auswahl vom reichhaltigen Frühstücksbuffet
- Begrüßungscocktail und eine Flasche Wasser auf dem Zimmer
- Bademantel auf dem Zimmer
- 1 Aromaaibad oder 1 Softpackanwendung oder 1 Schulternackentherapie
- Freie Nutzung des Vitalgartens mit Meerwasserschwimmbad, verschiedenen Saunen und der Fitnessanlagen



Seebücke Heringsdorf.

ZUSÄTZLICH KÖNNEN SIE BUCHEN

- EZ-Zuschlag: € 23,- p.P. & Nacht
- Halbpension: € 26,- p.P. & Tag

MARITIM Hotel „Kaiserhof“ in Heringsdorf direkt an der Ostsee

Aufgrund der großen Nachfrage und den positiven Rückmeldungen unserer Leser bieten wir wieder tolle Verwöhnangebote im MARITIM Hotel „Kaiserhof“ auf der Ostseeinsel Usedom an. Allein die Lage des Hotels ist einzigartig: es liegt nur ca. 20 m vom Strand entfernt, weit der berühmten Heringsdorfer Seebücke und ist idealer Ausgangspunkt für erholsame Spaziergänge am weitläufigen Ostseestrand. Es erwarten Sie elegant eingerichtete Comfort-Zimmer zur Seeseite; fast alle Zimmer verfügen über einen Balkon oder eine Terrasse. Der Meeres-Vitalgarten sowie das Thalasso Plus®-Wellnesszentrum mit einer großzügigen Sauna- und Badelandschaft, Schönheitsfarm und Ruheraum mit Meeresblick werden Ihr Wohlbefinden fördern. Der subtropische Palmengarten, der lichtdurchflutete Café-Lounge Wintergarten mit seinem einmaligen Ausblick auf die Ostsee, offenem Kamin und einer Bibliothek mit vielen Büchern, das Bistro „Don Hering“ sowie die Pianobar laden zusätzlich zum Entspannen und Genießen ein.