

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

## **Die Lebensdauer magnetischer Fluktuationen in Metallen**

Pendeln Elementarmagneten um die resultierende Nord-Südpol-Richtung, spricht man von magnetischer Fluktuation. Sind die Pendelausschläge mehrerer Teilchen miteinander verbunden, breitet sich die magnetische Fluktuation wellenartig aus. Jäh gestört wird die Ausbreitung der Welle durch Verunreinigungen des Mediums oder durch andere Wellen. Die Zeit, in der sich die Welle der magnetischen Fluktuation bis zu ihrer Störung ausbreitet, heißt Lebensdauer der Welle. Diese haben erstmals Physiker des Max-Planck-Instituts für Festkörperphysik in Stuttgart experimentell ermittelt.

Das magnetische Moment eines Atoms resultiert aus den Drehbewegungen der Elementarteilchen, aus denen das Atom zusammengesetzt ist. Die rotierende elektrische Ladung bildet einen Kreisstrom, der wiederum ein Magnetfeld erzeugt. Dabei drehen sich die Elektronen nicht nur um den Atomkern, sondern auch um sich selbst - sie besitzen einen Eigendrehimpuls, den so genannten Spin. Einen solchen Spin besitzen auch die Protonen und Neutronen, aus denen ein Atomkern besteht. Die Neutronen sind insgesamt zwar elektrisch neutral, das gilt aber nicht für ihre elementaren Bausteine, die Quarks. Aufgrund der elektrischen Ladung der Quarks ist ein Neutron innen positiv und außen negativ geladen.

Bei den so genannten Ferromagneten zeigen alle Spins in die gleiche Richtung; ihre Atome verhalten sich wie kleine Stabmagnete. Anders ist das bei den Antiferromagneten. Bei ihnen kommt es zu keiner Magnetisierung, weil sich die Spins der Atome von Antiferromagneten gegenseitig neutralisieren: Die eine Hälfte der Spins zeigt exakt in die Gegenrichtung der anderen Hälfte. Ein solcher Antiferromagnet ist der Kristall Manganfluorid. Die Spins der Atome dieses Kristalls sind miteinander gekoppelt. Wird der Kristall mit kleinen Energien angeregt, werden diese nicht von einzelnen Gitteratomen absorbiert. Vielmehr verteilen sich auch kleine Anregungsenergien über das gesamte Volumen des Kristalls.

Bei der Anregung präzedieren die Spins in einem Kegel um ihre ursprüngliche Ausrichtungsachse. Dabei nimmt der Radius der Grundfläche des Kegels erst zu und dann wieder ab: Der maximale Radius wandert wie eine Wellenfront durch den

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

Kristall. Diese Spinwelle ist so lange eine koordinierte magnetische Fluktuation, bis sie auf einen Kristalldefekt oder eine andere Spinwelle stößt. Dann ändern sich der Impuls und die Energie der Spinwelle - sie hat das Ende ihrer Lebensdauer erreicht. „Durch die Messung der Spinwellenlebensdauer erfährt man mehr über die Art und Stärke der Wechselwirkungen, welche die Spinwelle im Kristall erfährt“, sagt Bernhard Keimer, Direktor des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung.

Unter seiner Leitung regten die Physiker aus Stuttgart das Manganfluorid mit einem Neutronenstrahl an. Neutronen eignen sich für die Messung der Lebensdauer eines Spins, weil sie wegen ihrer elektrischen Neutralität tief in den Kristall eindringen und sie dank ihres Spins mit denen der Kristallatome magnetisch wechselwirken. Im Zuge der Spin-Echo Technik werden die Neutronen vor und hinter dem Kristall durch ein Magnetfeld geschickt, das jeweils eine Präzession des Neutronenspins erzwingt. Weil das hintere Magnetfeld dem vorderen entgegen gerichtet ist, wird dort die anfängliche Präzession wieder rückgängig gemacht - außer die Ausbreitung der Spinwelle wurde gestört. Demnach ergibt sich die Lebensdauer der Spinwelle aus der verbleibenden Nettopräzession der Neutronenspins.

Die Spin-Echo Technik, die die Stuttgarter Wissenschaftler an dem neuen Neutronenspektrometer des Forschungsreaktors FRM-II in Garching angewandt haben, ergab zwei Minima für die Lebensdauer der Spinwellen, die aus theoretischen Vorhersagen nicht zu erwarten gewesen waren. „Unsere umfangreichen Messergebnisse sind daher eine große Herausforderung für die existierenden Spinwellentheorien“, sagt Keimer.