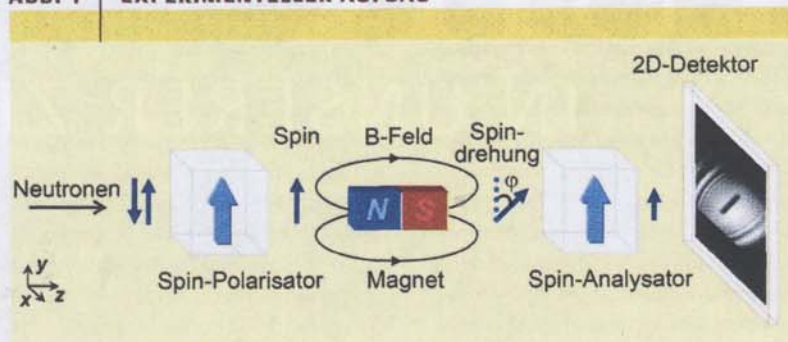


NEUTRONENFORSCHUNG

Einblicke in Magnetfelder

Forscher des Helmholtz-Zentrums Berlin für Materialien und Energie (ehemals Hahn-Meitner-Institut Berlin) haben eine Methode entwickelt, mit der es möglich ist, Magnetfelder im Inneren von massiven, nicht-transparenten Materialien zwei- und dreidimensional sichtbar zu machen. Dazu wurden die besonderen Eigenschaften von spin-polarisierten Neutronen genutzt, die in vielen Materialien eine hohe Eindringtiefe haben und ein magnetisches Moment besitzen.

ABB. 1 | EXPERIMENTELLER AUFBAU



Die Neutronen werden zunächst polarisiert. Nach Durchdringen des Probenbereichs werden nur die Anteile des Neutronenstrahls parallel zur Analysatoreinstellung weitergeleitet und mit einem 2D-Detektor analysiert [1].

Neutronen werden seit langem als Alternative zur Röntgenstrahlung für radiographische und tomographische Verfahren eingesetzt, da sie viele Materialien aufgrund ihrer elektrischen Neutralität leicht durchdringen können. So sind Neutronen beispielsweise in der Lage, einige Zentimeter dicke Bleiwände zu durchqueren. Darüber hinaus besitzen Neutronen eine weitere besondere Eigenschaft: ein magnetisches Moment, das antiparallel zum Spin orientiert ist.

Befindet sich ein Neutron in einem äußeren Magnetfeld, so prädiziert dessen Spin – in der klassischen Sichtweise betrachtet – um die Magnetfeldachse. Je stärker das Magnetfeld und je länger die Aufenthaltsdauer im Magnetfeld sind, desto größer ist die Spin-Drehung.

Diese Eigenschaft der Neutronen wurde jetzt erstmalig von unserer Gruppe als bildgebendes Signal genutzt. Hierfür haben wir ein Instrument für Neutronenradiographie und -tomographie aufgebaut

(Abbildung 1). Die wichtigsten Bauteile sind ein Spin-Polarisator, der die Neutronen polarisiert, sowie ein Spin-Analysator. Am Ende der Anordnung befindet sich ein Detektor, der die Spin-Drehung ortsaufgelöst misst.

Durchstrahlt man ein Objekt mit den spin-polarisierten Neutronen, dann wird deren Spin abhängig von der Stärke des Magnetfeldes an dem jeweiligen Ort unterschiedlich stark gedreht. Der Spin-Analysator lässt praktisch nur jene „Komponente“ des Spins durch, die parallel zur Polarisator-Einstellung ausgerichtet ist. Wird der Spin beispielsweise um 180° gedreht, dann ist die Transmission 0 %, bei 360° hingegen wieder 100 %.

Mit diesen Daten lässt sich ein indirektes Abbild des Magnetfeldes erzeugen, wie Abbildung 2 exemplarisch an einem Permanentmagneten zeigt. Dessen Feldstärke nimmt mit zunehmendem Abstand vom Magneten ab. Dies führt zu einer ringartigen Struktur, jeweils ein Ring für eine

volle Spin-Drehung um 360° . Ein solches Bild besteht aus etwa einer Million Pixel und wird in einigen Sekunden bis Minuten gemessen. Da es sich um eine zerstörungsfreie, radiographische Methode handelt, kann ein Objekt oder auch ein Prozess praktisch in Echtzeit untersucht werden.

Zudem lassen sich die zu untersuchenden Objekte im Strahl drehen, so dass sich auch Einblicke in die dreidimensionale Magnetfeldverteilung des Objekts gewinnen lassen. In einigen Fällen kann man sogar bekannte tomographische Rekonstruktionsalgorithmen einsetzen, um ein dreidimensionales Abbild der inneren Feldverteilung zu erstellen. Dies haben wir exemplarisch an einem Bleizylinder vorgeführt.

Blei wird unterhalb der kritischen Temperatur von $T_c = 7,2$ K supraleitend. Legt man während des Abkühlens ein äußeres magnetisches Feld an, dann wird dieses wegen des Meißner-Effekts unterhalb von T_c aus dem Inneren des Bleizylinders herausgedrängt. Wenn die Bleiprobe polykristallin ist oder andere Abweichungen von einem idealen Kristall aufweist, dann ist dieser Prozess nicht vollständig. Nach Abschalten des äußeren Feldes verbleibt ein Teil des magnetischen Flusses im Inneren. Man spricht von flux-trapping,

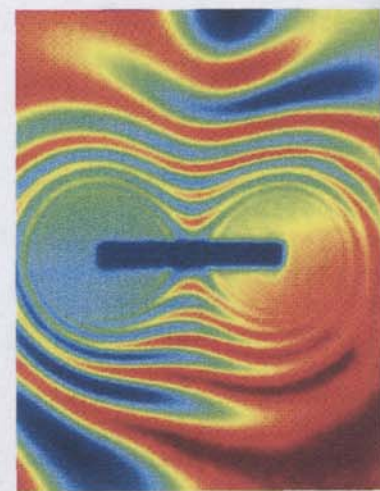
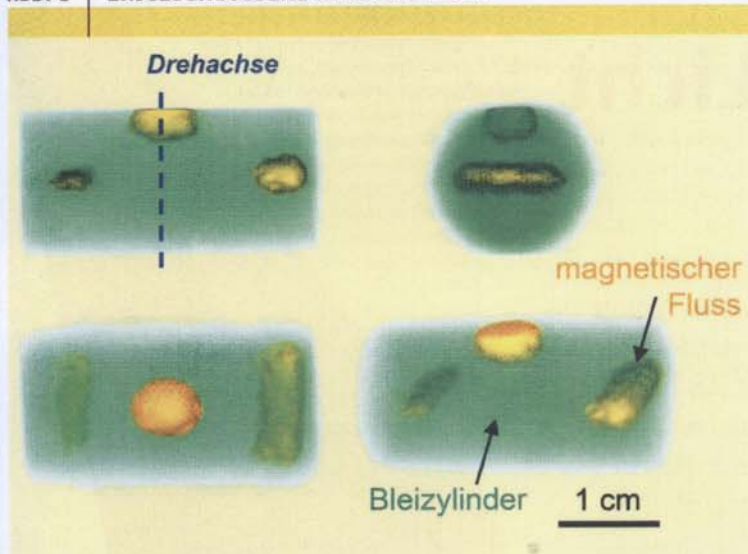


Abb. 2 | Magnetisches Feld um einen Stabmagneten.

ABB. 3 | EINGESCHLOSSENE MAGNETFELDER



Dreidimensionale Darstellung „eingeschlossener“ Magnetfelder in einem Bleizylinder, der unterhalb von 7,2 K supraleitend wird [1]. Es zeigt das Tomogramm unter vier verschiedenen Blickwinkeln. Der Bleizylinder ist halbtransparent in Grün dargestellt, so dass das Magnetfeld (gelb) im Inneren sichtbar wird. Gezeigt ist der Betrag der Magnetfeldstärke bis herunter zu einem Minimalwert von 0,5 mT.

also von einem eingeschlossenen magnetischen Fluss.

Abbildung 3 zeigt aus verschiedenen Blickwinkeln das Tomogramm eines Bleizylinders, in dessen Inneren ein solches Feld eingeschlossen und tomographiert wurde. Der magnetische Fluss ist gelb dargestellt, der Bleizylinder halbtransparent in grün.

Mögliche Anwendungsfelder der neuen Technik reichen von der Analyse von Effekten in Supraleitern

oder von magnetischen Domänenstrukturen bis hin zur Untersuchung von Stromdichteverteilungen etwa in Batterien oder Brennstoffzellen.

[1] N. Kardjilov et al, Nature Physics 2008, 4, 399.

Ingo Manke, Nikolay Kardjilov,
André Hilger, John Banbart
Helmholtz-Zentrum Berlin
für Materialien und Energie

RELATIVITÄTSTHEORIE

Grandios gescheitert

Das 2004 gestartete amerikanische Weltraumexperiment Gravity Probe-B sollte erstmals in einer Erdumlaufbahn direkt den aus der Allgemeinen Relativitätstheorie abgeleiteten Lense-Thirring-Effekt messen. Dabei handelt es sich um das „Mitschleppen“ eines lokalen Inertialsystems in der Umgebung eines rotierenden Himmelskörpers (Physik in unserer Zeit 2004, 35 (4), 160). Jetzt hat eine Kommission der NASA empfohlen,

die Datenauswertung nicht mehr weiter zu finanzieren. Sie hält es „für unwahrscheinlich, dass die zukünftige Datenanalyse wesentliche neue Randbedingungen für die Theorie der Schwerkraft liefern kann.“

Elektrostatische Aufladungen der Kugeln hatten die Messung gestört. nasascience.nasa.gov/about-us/science-strategy/senior-reviews/AstroSR08_Report.pdf

TB

PHYSICS NEWS

Die bundesweit größte Geothermianlage hat in Unterhaching bei München ihre Stromproduktion gestartet. Erstmals in Deutschland kommt dabei die Kalina-Technik zum Einsatz, bei der das heiße Wasser ein Ammoniak-Wasser-Gemisch erwärmt. Dieses produziert bei relativ niedrigen Temperaturen Dampf, was eine höhere Energieausbeute ermöglicht. Die Anlage soll durchschnittlich 3,36 MW Strom liefern. Das entspricht dem Verbrauch von rund 10 000 Haushalten. Außerdem versorgt es Haushalte mit Wärme. Hierfür stehen ganzjährig circa 38 MW thermische Energie zur Verfügung (www.geothermie-unterhaching.de).

+++

Eine neue Klasse von Hochtemperatursupraleitern, die Schichten aus Eisen und Arsen enthalten, haben japanische und chinesische Wissenschaftler entwickelt. So wurde eine samariumhaltige Eisen-Arsen-Keramik bei 55 K supraleitend (Y. Kamihara et al., J. Americ. Chem. Soc. 2008, 130 (11), 3296).

+++

Einen Durchbruch bei der Entwicklung einer neuen Speichertechnologie namens Racetrack haben Forscher vom IBM Almaden Research Center verkündet. Bei dieser Technik werden Informationen in Form von winzigen, gegensätzlich magnetisierten Regionen (Domänen) in einem Nanodraht gespeichert und können darin verschoben werden. Im Vergleich zu Flash-Speichern sollen Racetrack-Speicher eine 100-mal größere Datenmenge auf derselben Fläche aufzeichnen können (S.S.P. Parkin et al., Science 2008, 320, 190).

+++

Die möglicherweise ältesten Ölbilder hat ein internationales Forscherteam in den Höhlen von Bamian (Afghanistan) nachgewiesen. Mit unterschiedlichen Analysetechniken wie Röntgenfluoreszenz und Infrarotmikrospektroskopie an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble wiesen sie bei den Höhlenbildern unterschiedliche Schichten nach, von denen einige auf Öl basierten. Bislang hatte man angenommen, die künstlerische Ölmaltechnik sei im 15. Jahrhundert in Europa erfunden worden (M. Cotte et al, J. Anal. At. Spectrom., 2008, 23, 820).

+++

Das 21. „Internationale Turnier junger Physiker“ haben fünf Abiturienten aus Baden-Württemberg gewonnen. Am so genannten Physik-Weltcup, der dieses Mal in Kroatien stattfand, beteiligten sich 24 Teams aus Europa und Übersee. Seit 1995 holten deutsche Teams fünfmal den Titel und wurden mehrfach Vizemeister (www.hfd.hr/lypt2008, Physik in unserer Zeit 2007, 38 (6), 291).