

Magnetische Eigenschaften von Materie



Abb. 1: Magnetisches Fluid im Feld eines starken, kugelförmigen Magneten zieht sich zu symmetrischen Mustern zusammen

Geräteliste:

Gasverflüssiger, Sauerstoff, Dewar mit flüssigem Stickstoff, kleines Dewar, 2 Hochfeld Neodym Magnete oder offener Ringmagnet mit 4 Spulen ($1200 \text{ Wdg.} / 1 \text{ A}$), Pinzette, Halterung, Bismut und Wolfram Proben an dünnen Fäden, 2 Neodym Hochfeld Kugelmagnete, Hufeisenprofil, magnetisches Fluid und starke Magnete, großer Elektromagnet mit kleinem Spalt

Versuchsbeschreibung:

a) 2 Magnete bilden einen schmalen Spalt, wenn flüssiger Stickstoff darüber gegossen wird passiert nichts. Gießt man flüssigen Sauerstoff darüber, bleibt ein Tropfen zwischen den Magneten hängen und um die Magnete herum sammelt sich die Flüssigkeit wie ein Polster.



Abb. 2: Flüssiger Sauerstoff (leicht bläulich) wird in Richtung hoher Feldstärken gezogen, er hüllt die Magnete ein und sammelt sich im Spalt dazwischen

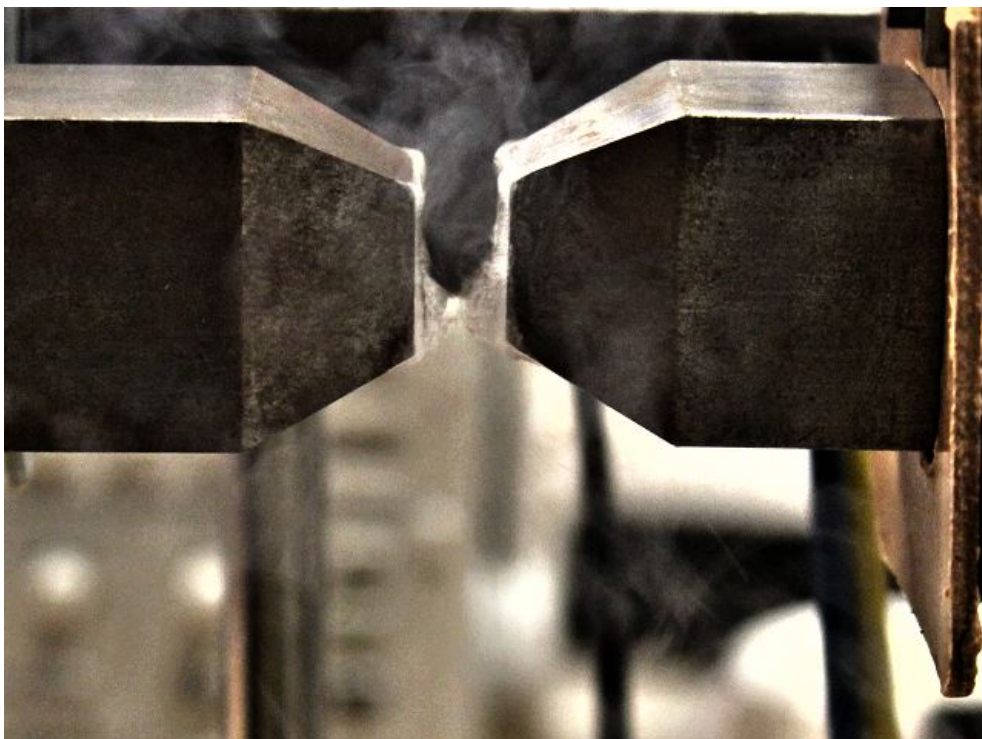


Abb. 3: An den Kanten (größte Feldstärke!) bleibt der flüssige Sauerstoff im Magnetfeld hängen

b) Magnetische Flüssigkeit (Ferrofluid) zeigt bemerkenswerte Symmetrien im Feld.

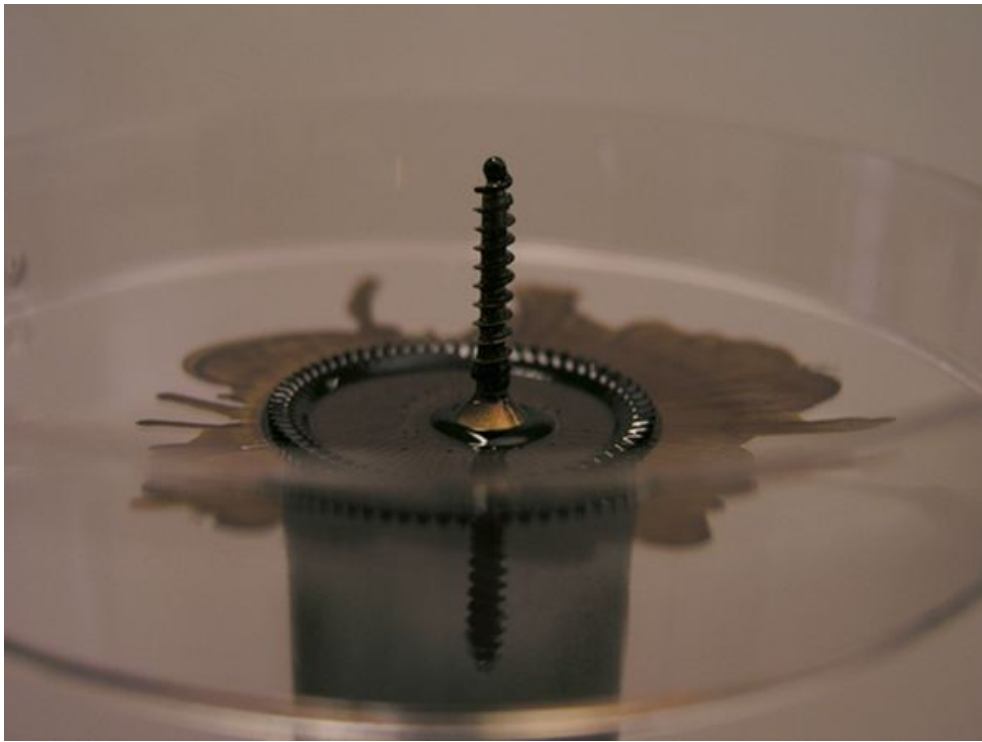


Abb. 4: Muster einer magnetischen Flüssigkeit
im Feld eines Stabmagneten

c) Bismut und Wolframstäbe oder Plättchen zeichnen sich durch besondere magnetische Eigenschaften aus. Auf Bismut wirkt eine Kraft die das Material in Bereiche geringer Feldstärke treibt. Wolfram wird in Bereiche größerer Feldstärke gezogen.

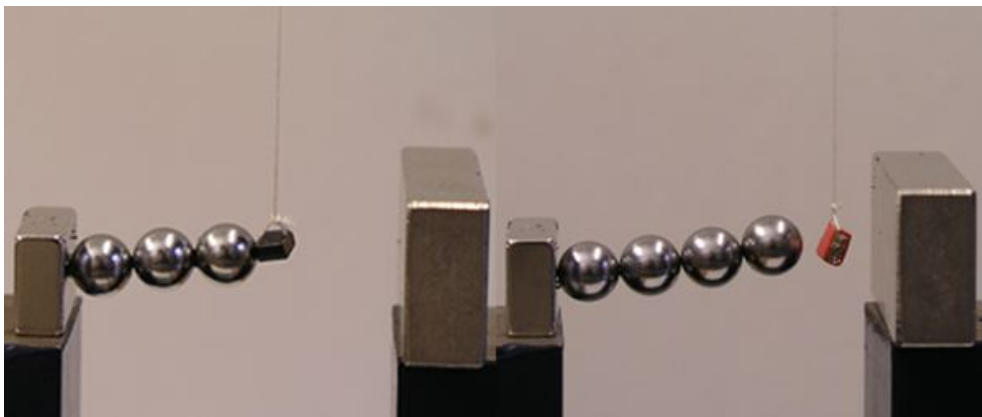


Abb. 5: Wolfram (links) wird zu den Kugeln hingezogen, Bismut (rechts) von den Kugeln
weggestoßen

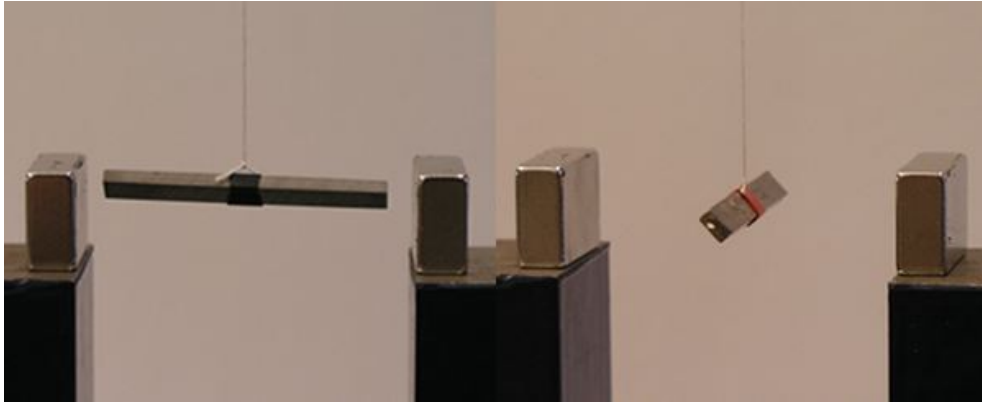


Abb. 6: Ein drehbar aufgehängtes Stäbchen des jeweiligen Materials (links W und rechts Bi) zeigt eindrucksvoll das Verhalten im Magnetfeld



Abb. 7: Ein dünnes Plättchen aus HOPG (highly oriented Pyrolythic graphite) ist relativ stark paramagnetisch und wird in Regionen geringerer Feldstärke gedrängt. Es schwebt auf einer Anordnung mit jeweils gegenpolig gerichteten NeBFe Magneten, in der Mitte ist die Feldstärke am geringsten.

Bemerkungen:

Das Verhalten von Materie in Magnetfeldern wird im wesentlichen von der Konfiguration der Elektronen bestimmt. Es ergeben sich Permanente oder induzierte magnetische Momente aus Kreisströmen. Die Beschreibung für die Feldstärke \vec{B} im Material setzt sich zusammen aus der magnetischen Permeabilität des Materials μ , der Permeabilität des Vakuums μ_0 und der Stärke der magnetischen Erregung \vec{H} .

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H} = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H} = \mu_0 \vec{H} + \vec{M}$$

Umschreiben lässt sich dies mit der magnetischen Suszeptibilität χ oder der Magnetisierung \vec{M} . Wobei die Magnetisierung

$$\vec{M} = \chi \vec{H} \quad \text{mit} \quad \chi = \chi(\vec{H}, T)$$

sozusagen die Reaktion des Materials auf eine magnetische Erregung erfasst. Die Betrachtung von χ liefert Aussagen über das Verhalten im Feld.

Für ein $\chi < 0$ wird von Diamagnetismus gesprochen, das Material schwächt ein äußeres

Magnetfeld und wird in Bereiche mit geringerer Feldstärke gezogen.

Für $\chi > 0$, $\chi \ll 1$ zeigt das Material Paramagnetisches Verhalten. Die Atome besitzen ein permanentes magnetisches Dipolmoment. In einem externem Feld werden diese ausgerichtet und verstärken das Feld, das Material wird in Bereiche höherer Feldstärke gezogen.

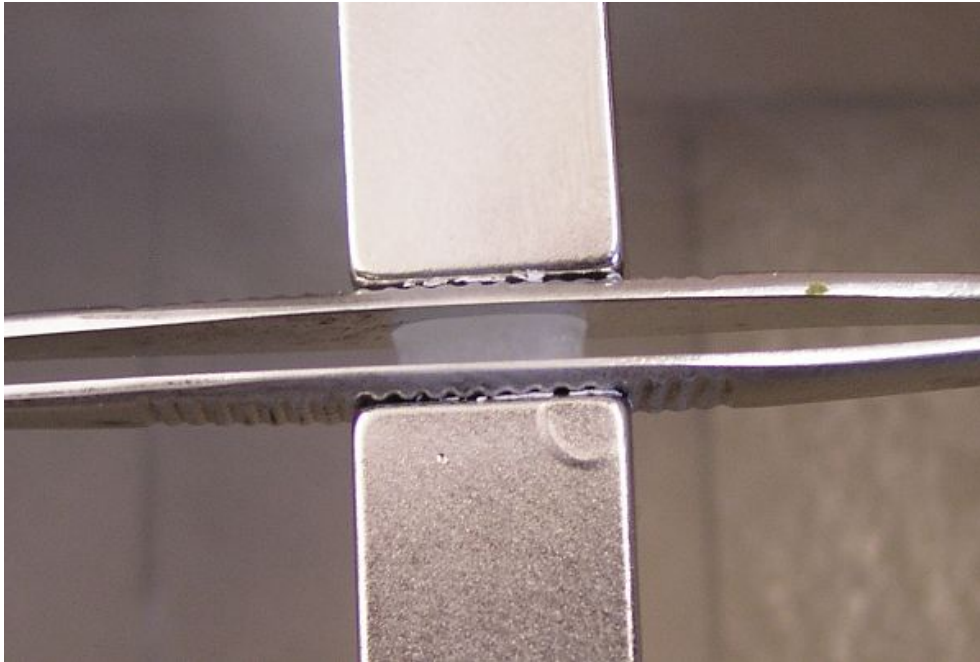


Abb. 7: Flüssiger Sauerstoff ($\chi = 3,6 \cdot 10^{-4}$) ist paramagnetisch, er bleibt zwischen den Polen von zwei starken Magneten hängen

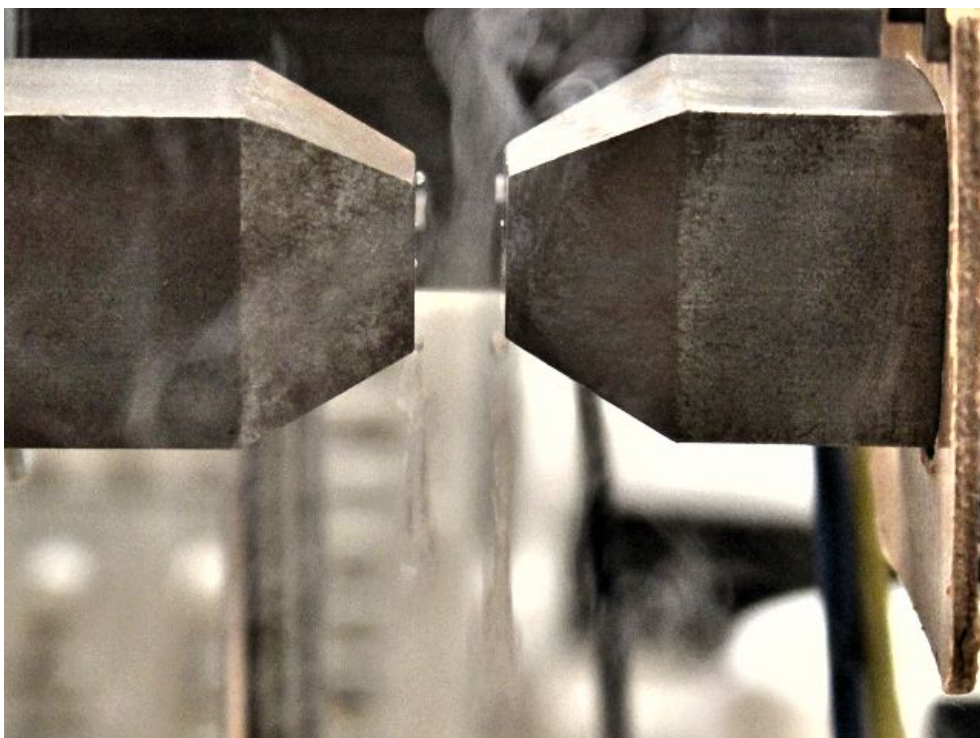


Abb. 8: Beim Abschalten des Elektromagneten fällt der flüssige Sauerstoff herunter.

Bei Ferromagnetika wie die Elemente Eisen Kobald und Nickel liegen die Werte für χ um 100 und höher. Zu den Eigenschaften von Ferromagnetika gibt es noch die Versuche zur Curie-Temperatur (Festkörperphysik) und zur Magnetisierung (Elektrodynamik).

Ein Ferrofluid bezeichnet eine Flüssigkeit, die auf ein magnetisches Feld reagiert. Ferrofluide Stoffe bestehen aus wenigen Nanometer großen magnetischen Partikeln, die in einer Trägerflüssigkeit kolloidal suspendiert sind. Die festen Teilchen werden in der Regel mit einer polymeren Oberflächenbeschichtung stabilisiert. Ferrofluide sind stabile Dispersionen, das bedeutet, dass sich die festen Teilchen nicht mit der Zeit absetzen und selbst in extrem starken Magnetfeldern nicht aneinander anlagern um sich von der Flüssigkeit als andere Phase abzuscheiden.

Der Aufbau zur Sauerstoffverflüssigung kann entweder mit reinem Sauerstoff erfolgen oder (sicherer, da geringere Explosionsgefahr) mit der trockenen Druckluft aus der Hausversorgung gespeist werden. Mit der Kühlfalle wird ein Aufbau zum Linde Verfahren (siehe auch unter Versuche zur Thermodynamik) realisiert und der Durchfluss des Quellgases derart reguliert, das nur ein sanfter Strom zu spüren ist. Die blaue Farbe wie in Abb. 2 zu erkennen wird allerdings nur mit reinem Sauerstoff erzielt.

Mindestens 1 h vor Versuchsbeginn mit der Sauerstoffverflüssigung anfangen.