

Zusammenfassung 6: Materie im Magnetfeld

Materie im Magnetfeld H (*magnetische Feldstärke*) bewirkt eine Änderung der Größe des Magnetfeldes B (*magnetische Flussdichte*), die Materie wird magnetisiert:

$$B = \mu \mu_0 H = \mu_0 (H + M)$$

Der Einfluss der *Magnetisierung* $\mu_0 M$ wird durch die (relative) *Permeabilität* μ beschrieben, d.h. μ ist gleich dem Verhältnis aus Magnetfeld mit und ohne Materie.

Je nach Art der Wechselwirkung des Magnetfeldes mit den Elektronen der Materie (atomaren Kreisströmen) unterscheidet man verschiedene Arten von Magnetismus:

Diamagnetismus ist eine Eigenschaft aller Stoffe. Diamagnetisches Verhalten kann nur beobachtet werden, wenn es nicht von anderen Arten von Magnetismus verdeckt wird. Es tritt bei Elementen mit abgeschlossenen Elektronenschalen auf. Es werden atomare Kreisströme induziert, die nach der *Lenz'schen Regel* dem äußeren Magnetfeld entgegengerichtet sind und dieses damit abschwächen. Die Permeabilitätszahl diamagnetischer Stoffe ist (geringfügig) kleiner als eins. Substanzen mit diamagnetischem Verhalten sind z.B. Cu, Bi, Au, Ag und H₂.

Paramagnetismus liegt vor, wenn nicht kompensierte atomare Kreisströme auftreten. Dies ist z.B. der Fall für nur teilweise gefüllte Elektronenschalen der Elemente. Im Magnetfeld werden die vorher willkürlich orientierten Kreisströme ausgerichtet und verstärken das äußere Magnetfeld; die Permeabilitätszahl ist größer als eins. Substanzen mit paramagnetischem Verhalten sind z.B. Al, O₂, W, Pt und Sn.

Ferromagnetismus wird hervorgerufen durch die kollektive Ausrichtung atomarer Kreisströme innerhalb der so genannten Weißschen Bezirke. *Weißsche Bezirke* sind Bereiche gleicher Magnetisierung mit Größen von 10 μm bis 1 mm; im unmagnetisierten Zustand sind die einzelnen Weißschen Bezirke statistisch orientiert. Die Übergangszonen zwischen einzelnen Weißschen Bezirken werden als *Bloch-Wände* bezeichnet. Die Magnetisierung des Materials geschieht durch die Verschiebung von Bloch-Wänden; d.h. ein Bezirk wächst auf Kosten seines Nachbarn. Die Permeabilitätszahl ferromagnetischer Substanzen ist abhängig vom äußeren Magnetfeld und sehr viel größer als eins.

Die *Magnetisierungskurve* $B(H)$ zeigt eine *Hystere*. Man unterscheidet zwischen magnetisch harten Materialien mit breiter Hystereseurve (zur Ummagnetisierung ist viel Arbeit nötig), und magnetisch weichen Materialien mit schmaler Hystereseurve (zur Ummagnetisierung wird wenig Arbeit benötigt). Mit zunehmender Temperatur nimmt der Ferromagnetismus ab; die Substanz wird dann paramagnetisch. Die Übergangstemperatur ist die ferromagnetische *Curie-Temperatur*, die eine Stoffkonstante ist. Materialien mit ferromagnetischem Verhalten sind z.B. Fe, Co, Ni und Gd.

Antiferromagnetismus liegt vor, wenn in einem Material zwei Untergitter vorhanden sind, deren gleich große magnetische Momente sich antiparallel einstellen. Die Permeabilitätszahl ist größer als eins. Beispiele sind CoO, NiCo, FeO, CoF₃ und FeF₃.

Ferrimagnetismus entspricht dem *Antiferromagnetismus*, nur dass die beiden Untergitter zwar antiparallel ausgerichtet, aber ungleich groß sind. Dies führt zu einem resultierenden magnetischen Moment bzw. Nettokreisstrom. Ferrimagnetische Materialien zeigen daher sowohl ferro- als auch antiferromagnetische Eigenschaften. Substanzen mit ferrimagnetischen Eigenschaften sind NiFe₂O₃, die Ferrite BaO·6Fe₂O₃, PbO·Fe₂O₃ sowie verschiedene Granate.