

7.1.3 Merkpunkte zu Kapitel 7.1. Magnetische Dipole und Arten des Magnetismus

Es gibt **keine** elementaren magnetische **Monopole** – wohl aber elementare **magnetische Dipole**:

- 1. Ein **magnetisches Bahnmoment** m_{Bahn} , das aus dem "Strom" der Elektronen resultiert, die "im Kreis" um einen Atomkern "fließen".
- 2. Ein magnetisches Spinnmoment, d. h. ein mit dem Spin der Elektronen gekoppeltes magnetisches Moment, das die Elektronen schlicht "haben".
- Beide sind ± 1 **Bohrsches Magneton** groß.

Das magnetische Moment eines Atoms kommt von der Überlagerung der Bahn- und Spinnmomente und tendiert dazu, so **klein wie möglich** zu sein.

- Damit hat aber die Hälfte der Atome (alle mit ungeradzahligem z) mindestens ein **m_{Bohr}** .

Wichtig: Magnetische Momente der Atome können in **jede** Richtung zeigen und diese Richtung auch ändern, ohne daß das im Kristall fest gebundene Atom sich **drehen** muss!

- Bei elektrischen Dipolmomenten im Kristall geht das nicht! (Das geht nur bei Flüssigkeiten.)

Im **magnetischen Feld** gibt es zwei grundlegende Materialeffekte:

- In Atomen / Kristallen **ohne** magnetisches Moment der Atome werden durch ein magnetisches **H**-Feld welche induziert (Analogon bei Dielektrika: Elektronenpolarisation).
- In Atomen / Kristallen **mit** magnetischem Moment der Atome werden diese Momente im **H**-Feld etwas ausgerichtet

Interessant sind nur **ferromagnetische Materialien**, bei denen zwischen den magnetischen Momenten der Atome eine so starke Wechselwirkung besteht, dass eine Ordnung in den sonst statistisch verteilten Richtungen der magnetischen Momente auftritt.

- In den technisch sehr wichtigen ferromagnetischen Materialien (**Fe, Co, Ni**) zeigen die magnetischen Momente alle in dieselbe Richtung, der Nettoeffekt ist eine **starke Magnetisierung**.
- In den technisch (noch) unwichtigen anti-ferromagnetischen Materialien (**Cr**) zeigen die magnetischen Momente abwechselnd in entgegengesetzte Richtung. Der Nettoeffekt ist **keine Magnetisierung**.
- In den technisch sehr wichtigen **ferrimagnetischen** Materialien bleibt trotz antiferromagnetischer Grundstruktur eine Nettomagnetisierung, da die antiparallelen Momente ungleich groß sind. $\Rightarrow$

Die formale Beschreibung folgt der Systematik bei den Dielektrika.

- Primäre Materialparameter sind die **magnetische Polarisation** J oder die **Magnetisierung** M sowie die **magnetische Suszeptibilität** χ_{mag} .
- Für Ferromagnetika ist allerdings M nur für kleine Magnetfelder proportional zu H ; die Angabe einer **konstanten** magnetischen Suszeptibilität ist also nur bedingt sinnvoll.

$$m^e = \pm m_{\text{Bohr}}$$

$$m^{\text{Atom}} = \sum m_{\text{Bohr}} = \text{kleinstm\u00f6glich}$$

$$\text{Geradzahliges } z \Rightarrow m^{\text{Atom}} = 0$$

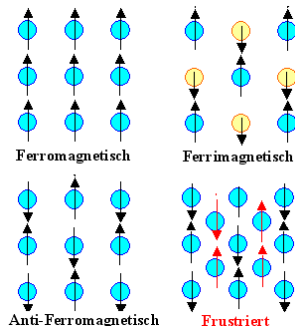
$$\text{Ungeradzahliges } z \Rightarrow m^{\text{Atom}} = (1, 2, 3, \dots) \cdot m_{\text{Bohr}}$$



Diamagnetische Materialien

Paramagnetische Materialien

Minimaler Effekt; vollständig uninteressant für ET&IT, wird nicht weiter behandelt.



$$B = \mu_0 \cdot H + J = \mu_0 \cdot (H + M)$$

$$M = J / \mu_0 = (\mu_r - 1) \cdot H = \chi_{\text{mag}} \cdot H$$