

### 7.1.3 Merkmale 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*  $m_{\text{Bahn}}$ , das aus dem "Strom" der Elektronen resultiert, die "im Kreis" um einen Atomkern "fließen".
- 2. Ein magnetisches Spinmoment, d. h. ein mit dem Spin der Elektronen gekoppeltes magnetisches Moment, das die Elektronen schlicht "haben".
- Beide sind  $\pm 1$  *Bohrsches Magneton* groß.

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

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

**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*  $\chi_{\text{mag}}$ .
- Für Ferromagnetika ist allerdings  $M$  nur für kleine Magnetfelder proportional zu  $H$ , die Angabe einer *konstanten* magnetischen Suszeptibilität ist also nur bedingt sinnvoll.

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

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

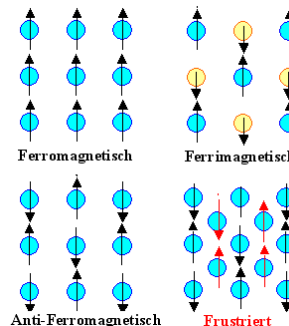
$$\begin{aligned} \text{Geradzahliges } z &\Rightarrow m^{\text{Atom}} = 0 \\ \text{Ungeradzahliges } z &\Rightarrow m^{\text{Atom}} = (1, 2, 3, \dots) \cdot m_{\text{Bohr}} \end{aligned}$$



**Diamagnetische Materialien**

**Paramagnetische Materialien**

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



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

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