

# Magnetisierung und Magnetfeld im Schul-KPK

Beitrag zur Diskussionsveranstaltung  
Frankfurt, 10.01.2014

Peter Reineker  
08.01.2014

## 2. Das magnetische Feld

### 2.1 Magnetische Ladung und magnetisches Feld

... Die Anziehung bzw. Abstoßung (*von Magneten*) geht von der magnetischen Ladung  $Q_m$  aus...

Die magnetische Ladung kann, genauso wie die elektrische sowohl positive als auch negative Werte annehmen. ...

Die gesamte magnetische Ladung eines Magneten ist immer null, d. h. die positive Ladung hat denselben Betrag wie die negative...

*Aber:*

*Die Maxwell-Gleichungen enthalten keine magnetischen Ladungsdichten sondern elektrische Ladungs- und Stromdichten.*

### 3 – Magnetostatik von Materialien

Im stationären Fall erhalten wir aus den Maxwell-Gleichungen

$$\operatorname{div} \mathbf{B}(\mathbf{x}) = 0, \quad \operatorname{rot} \mathbf{H}(\mathbf{x}) = \mathbf{j}_{\text{ext}}(\mathbf{x}), \quad \mathbf{H} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{B} - \mathbf{M}, \quad \operatorname{div} \mathbf{j}(\mathbf{x}) = 0$$

$\mathbf{M}$  = Magnetisierung = magnetische Dipoldichte

Rotation angewendet auf die dritte Gleichung ergibt

$$\operatorname{rot} \frac{1}{\mu_0} \mathbf{B} = \underbrace{\mathbf{j}_{\text{ext}}}_{\text{el. Strom}} + \underbrace{\operatorname{rot} \mathbf{M}}_{\mathbf{j}_m}$$

## 4 – Magnetostatik, keine externen Ströme

$$\operatorname{div} \mathbf{B}(\mathbf{x}) = 0, \quad \operatorname{rot} \mathbf{H}(\mathbf{x}) = 0, \quad \mathbf{H} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{B} - \mathbf{M}, \quad \operatorname{div} \mathbf{j}(\mathbf{x}) = 0$$

Aus der zweiten Gleichung folgt

$$\mathbf{H} = -\nabla \varphi_m$$

und aus der dritten

$$\operatorname{div} \mathbf{H} = -\operatorname{div} \mathbf{M}$$

Die Kombination beider Gleichungen gibt eine inhomogene Laplace-Gleichung

$$\Delta \varphi_m = \underbrace{\operatorname{div} \mathbf{M}}_{-\rho_m}$$

# 5 – Zusammenfassung

- Die Maxwell-Gleichungen enthalten keine magnetischen Ladungsdichten.
- Teilchen mit magnetischen Ladungen (Monopole) wurden bisher experimentell nicht gefunden.
- Die magnetischen Eigenschaften werden über die Divergenz und die Rotation der Magnetisierung = Dipoldichte beschrieben.
- Die Magnetisierung ist aufgebaut aus magnetischen Dipolen (Kreisströmen, Drehimpulsen, Spins).