

## Zusammenfassung 5: Magnetostatik

**Magnetfeld.** Ein *Magnetfeld*  $\vec{B}$  wird definiert durch die *Lorentz-Kraft*  $\vec{F}_L$ , die auf eine mit der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  bewegte Ladung  $q$  wirkt:

$$\vec{F}_L = q \vec{v} \times \vec{B} .$$

Die Lorentz-Kraft wirkt senkrecht zur Richtung der Geschwindigkeit und des Magnetfeldes. Die Einheit des Magnetfeldes ist das Tesla, T; gebräuchlich ist auch die Einheit Gauß, wobei  $1 \text{ T} = 10^4 \text{ Gauß}$  gilt. Das *Erdmagnetfeld* hat die Größe  $10^{-4} \text{ T}$ .

**Amperesches Gesetz.** Das *Amperesche Gesetz* beschreibt die Größe eines Magnetfeldes als Folge von Strömen. Es ist

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint_{A(S)} \vec{j} \cdot d\vec{A} = \mu_0 I_{in} .$$

Das Magnetfeld integriert über einen geschlossenen Weg  $S$  ist gleich dem vom Weg  $S$  eingeschlossenen Strom  $I_{in}$ . Die magnetische *Feldkonstante* ist  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$ . Die *Stromdichte*  $\vec{j}$  (Strom pro Fläche) hat die Einheit  $\text{A/m}^2$ .

**Hall-Effekt.** Der *Hall-Effekt* wird zur Messung von Magnetfeldern benutzt. Ein Leiter mit der Länge  $l$ , der Höhe  $h$  und der Breite  $b$  befindet sich in einem Magnetfeld der Stärke  $B$ . Im Leiter fließt ein Strom der Stärke  $I = Q/t$ . Durch Ablenkung von Ladungsträgern der Dichte  $n = N/V = N/(l h b)$  baut sich eine *Hall-Spannung*  $U_H$  auf, die einer weiteren Ablenkung von Ladungsträgern entgegen wirkt und die proportional zu  $B$  und  $I$  ist:

$$U_H = \frac{l b I B}{Q} = \frac{1}{n} \frac{I B}{d} .$$

**Magnetischer Fluss.** Analog zum elektrischen Hüllenfluss gilt für den *magnetischen Fluss*

$$\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad , \quad \Phi_{ges} = \oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 .$$

Ist die Fläche  $A$  eine vollständig geschlossene Fläche, so ist der gesamte magnetische Fluss gleich Null. Dies bedeutet, dass in das von  $A$  definierte Volumen genauso viel „Magnetfeld“ hinein wie hinaus fließt. Hieraus folgt, dass *keine magnetischen Quellen* existieren (formal sagt dies die 4. Maxwell-Gleichung:  $\text{div } \vec{B} = 0$ ), im Gegensatz zu den Ladungen als Quellen des elektrischen Feldes.

**Kräfte auf Strom durchflossene Leiter.** Auf einen vom Strom  $I$  durchflossenen *Leiter* wirkt im äußeren Magnetfeld  $\vec{B}$  die Kraft

$$\vec{F}_B = I \vec{L} \times \vec{B} .$$

Der Vektor  $\vec{L}$  zeigt in Richtung des Stromes  $I$  und hat die Länge  $L$  des Leiters. Auch ohne äußeres Magnetfeld ziehen sich zwei *parallele Leiter* der Länge  $L$ , dem Abstand  $d$  und den Strömen  $I_1$  und  $I_2$  gegenseitig an mit der Kraft

$$F_{12} = \frac{\mu_0 L I_1 I_2}{2\pi d} .$$