

1.2.5 Flussdichte in der langgestreckten stromdurchflossenen Zylinderspule

Das Feld langer Zylinderspulen

Magnetfelder werden häufig in Spulen erzeugt, da ihr Innenfeld weitgehend homogen und leicht veränderlich ist. Ein solches Spulenfeld soll jetzt genauer untersucht werden.

Versuch: Mit der Hallsonde wird das Magnetfeld einer "langen" stromdurchflossenen Spule ausgemessen. Untersucht wird die Abhängigkeit der Flussdichte B von den Parametern Stromstärke I , Windungszahl n , Querschnitt d und Länge l . Bei jedem Teilversuch wird nur jeweils ein Parameter variiert, die restlichen bleiben konstant.

Ergebnisse:

1. Für $l \gg d$ ist das Magnetfeld im Spuleninnern weitgehend homogen.
2. $B \sim I$ ($l = \text{const.}, n = \text{const.}, d = \text{const.}$)
3. $B \sim n$ ($l = \text{const.}, I = \text{const.}, d = \text{const.}$)
4. $B \sim \frac{1}{l}$ ($I = \text{const.}, n = \text{const.}, d = \text{const.}$)
5. B ist vom Spulenquerschnitt unabhängig! ($I = \text{const.}, n = \text{const.}, l = \text{const.}$)

Auswertung: Aus den bisherigen Ergebnissen lässt sich leicht die Abhängigkeit der Flussdichte B von allen Parametern ermitteln:

$$B \sim \frac{In}{l} \text{ bzw. } B = \mu_0 \cdot \frac{In}{l}.$$

Durch Umstellen der Gleichung erhält man für den Wert der Konstanten μ_0 :

$$\mu_0 = \frac{B \cdot l}{n \cdot I}.$$

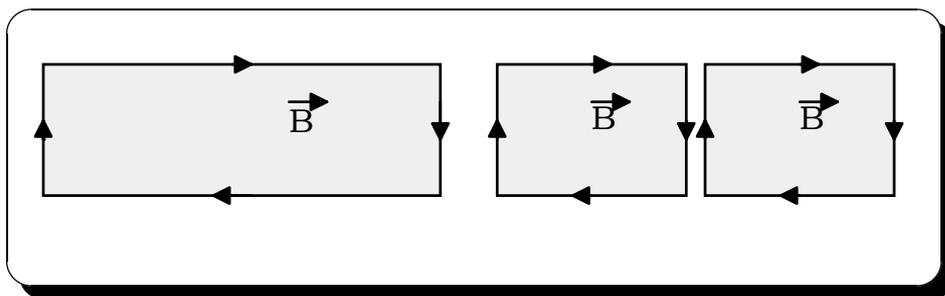
Zusammenfassung: Der Erregerstrom I erzeugt im homogenen Feld einer schlanken Spule der Länge l mit n Windungen die Flussdichte

$$B = \mu_0 \cdot \frac{n \cdot I}{l}.$$

Die Proportionalitätskonstante μ_0 heißt magnetische Feldkonstante und hat den Wert $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$.

Anmerkung:

Die Unabhängigkeit der Flussdichte in einer langen stromdurchflossenen Spule kann man sich so erklären:



Man denkt sich alle Drähte der Spule oben und unten aufgeschnitten und durch dicht nebeneinander liegende Drähte verbunden. Dann entstehen

zwei Spulen von jeweils halber Querschnittsfläche. Die Magnetfelder der beiden Verbindungsdrähte heben einander auf, die Außenfelder können vernachlässigt werden. Das Gesamtfeld ist dadurch nicht verändert worden, obwohl die Einzelspulen nur mehr halb so große Querschnitte haben.

Die magnetische Feldstärke H

Oft werden die für die Feldentstehung wesentlichen Größen zusammengefasst:

$$H := \frac{n \cdot I}{l} \text{ bzw. } B = \mu_0 \cdot H \text{ oder } H = B / \mu_0.$$

Für die Einheit von H folgt sofort: $[H] = 1 \frac{\text{A}}{\text{m}}$.

Zusammenfassung: Die Größe $H = B / \mu_0$ heißt magnetische Feldstärke. Ihre Einheit ist $1 \frac{\text{A}}{\text{m}}$.

Die Ampere-Definition

Jahrzehntelang wurde zur Festlegung der Einheit 1 Ampere die chemische Wirkung des elektrischen Stroms herangezogen. Heute definiert man die Einheit der elektrischen Stromstärke mit Hilfe der magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms so:

Def.: Die Stromstärke in zwei parallelen Leitern im Abstand 1 m beträgt 1 Ampere, wenn die Leiter im Vakuum die Kraft $F = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ je Meter Leiterlänge aufeinander ausüben.

Da bei dieser Festlegung zwei "unendlich lange", geradlinige Leiter mit vernachlässigbar kleinem Querschnitt angenommen werden, liefert sie kein unmittelbar durchführbares Messverfahren. In der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig wird das Ampere über die Kraftwirkung zweier stromführender Spulen zueinander festgelegt: Eine an einer Waage hängende bewegliche Spule taucht in das Magnetfeld einer festmontierten Spule ein.