

## 2.2 Die magnetischen Feldgrößen

Um das magnetische Feld beschreiben zu können, wurden mehrere Größen (Feldgrößen) eingeführt.

### 2.2.1 Magnetische Feldstärke und elektrische Durchflutung

Bringt man eine Magnetnadel in das magnetische Feld einer kreisförmigen Ringspule und stellt sie senkrecht zur Feldrichtung ein (siehe Abbildung), so wird auf die Magnetnadel ein Drehmoment ( $M$ ) ausgeübt. Es wird versucht die Magnetnadel in Richtung des Feldes einzustellen. Die Höhe des Drehmoments  $M$  bezeichnet ein Maß für die Stärke des in der Ringspule vorhandenen magnetischen Feldes.

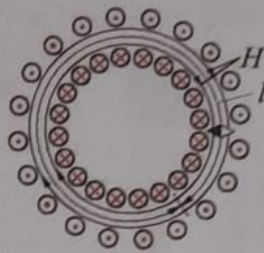


Abbildung 13: Erklärung des Begriffs "magnetische Feldstärke"

Untersucht man diese Anordnung bei unterschiedlich großen Spulenströmen  $I$  und ermittelt das Drehmoment, so ergibt sich, dass  $M$  und  $I$  zueinander proportional sind. Es gilt also

$$M \sim I.$$

Werden verschiedene Spulen mit unterschiedlichen Windungszahlen  $N$  verwendet, ergibt sich folgende Abhängigkeit

$$M \sim N.$$

Werden Spulen mit unterschiedlich großem Ringumfang und damit unterschiedlicher großer mittlerer Feldlinienlänge  $l_m$  untersucht, so erhält man

$$M \sim \frac{1}{l_m}.$$

Zusammenfassen der angegebenen Abhängigkeiten ergibt

$$M \sim \frac{IN}{l_m}.$$

Der gefundene Ausdruck  $\frac{IN}{l_m}$  ist dem Drehmoment  $M$  proportional. Er ist somit auch der Stärke des in der Ringspule vorhandenen Magnetfeldes proportional. Man bezeichnet  $\frac{IN}{l_m}$  als **magnetische Feldstärke** (Symbol:  $H$ ).

Im Inneren einer kreisförmigen Ringspule gilt für die magnetische Feldstärke

$$H = \frac{IN}{l_m}. \quad (2.1)$$

Die Einheit folgt aus der Gleichung (2.1) als

$$[H] = \frac{A}{m}.$$

**Beispiel.** Eine Ringspule mit 5000 Windungen und einer mittleren Feldlinienlänge von 20 cm wird von einer Stromstärke von 100 mA durchflossen.

Ermitteln Sie die magnetische Feldstärke.

$N$ : Windungen

$$l_m = 20 \text{ cm} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$I = 100 \text{ mA}$$

$$H = \frac{5000 \cdot 10^{-1} \text{ A}}{20 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

$$H = \frac{500 \text{ A}}{20 \text{ cm}} = 25 \frac{\text{A}}{\text{cm}}$$

Den Ausdruck  $IN$  bezeichnet man als **elektrische Durchflutung**. Man verwendet dafür das Symbol  $\Theta$  (griech. Großbuchstabe Theta). Es gilt

$$\Theta = IN. \quad \underline{I \cdot N} \quad (2.2)$$

Die Summe aller Ströme, die die kreisförmige Fläche mit dem Umfang  $l_m$  durchsetzt (siehe Abbildung 13), wird als elektrische Durchflutung bezeichnet. Die Durchflutung einer Spule ist um so größer, je größer die Stromstärke  $I$  und die Windungszahl  $N$  sind.

Setzen wir (2.2) in (2.1) ein, so ergibt sich

$$H = \frac{\Theta}{l_m}. \quad (2.3)$$

Unter der Voraussetzung, dass die Feldstärke entlang des Umfangs überall gleich groß ist, gilt für die magnetische Feldstärke  $H$ , dass sie das Verhältnis von Durchflutung  $\Theta$  zur Feldlinienlänge  $l_m$  ist.

**Beispiel.** Berechnen Sie die elektrische Durchflutung einer Spule mit

- a) einer Windung bei  $I = 40\text{A}$ ,
- b) 10 Windungen bei  $I = 4\text{A}$ ,
- c) 40 Windungen bei  $I = 1\text{A}$ .

$\Theta = 40\text{A}$   
 $\Theta = 10 \cdot 4 = 40\text{A}$   
 $\Theta = 40 \cdot 1 = 40\text{A}$

**Erkenntnis:**

Man kann die gleiche elektrische Durchflutung erreichen indem man die Windungen erhöht und die Stromstärke verringert

Zur Ermittlung der magnetischen Feldstärke in der Umgebung eines geraden stromführenden Leiters sei folgende Abbildung gegeben:

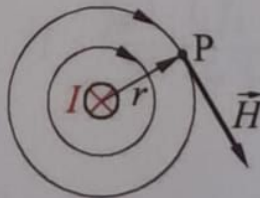


Abbildung 14: Magnetische Feldstärke in der Umgebung eines geraden stromführenden Leiters

Für eine magnetische Feldlinie mit dem Radius  $r$  gilt

$$l = 2\pi r.$$

Für die elektrische Durchflutung gilt

$$\Theta = I.$$

Es gilt somit für die magnetische Feldstärke im Abstand  $r$  von der Mittellinie nach (2.3)

$$H = \frac{I}{2\pi r}. \quad (2.4)$$

Die magnetische Feldstärke ist eine gerichtete Größe und kann jedem Punkt eines Raumes zugeordnet werden. Die Richtung der magnetischen Feldstärke stimmt immer mit der Richtung des magnetischen Feldes in dem betreffenden Punkt überein.

## Aufgaben

1. Eine Relaispule für 60 V Gleichspannung hat 800 Windungen und einen Widerstand von 500  $\Omega$ . Berechnen Sie
  - (a) Spulenstrom und (0,12 A)
  - (b) die Durchflutung. (96 A)
2. Eine Ringspule hat 250 Windungen und nimmt den Strom  $I = 4$  A auf. Die mittlere Feldlinienlänge beträgt 280 mm. Berechnen Sie
  - (a) die Durchflutung und (1000 A)
  - (b) die magnetische Feldstärke. (3571 A/m)
3. Eine lange Zylinderspule ohne Eisenkern mit 480 Windungen hat eine Länge von 240 mm. Es fließt ein Strom von 3,6 A. Berechnen Sie die magnetische Feldstärke. (7200 A/m)
4. Eine Spule mit geschlossenem Eisenkern hat  $N=1000$  Windungen, eine mittlere Feldlinienlänge  $l_m = 30$  cm und erzeugt eine magnetische Feldstärke von  $H=400$  A/m. Wie groß ist die Stromstärke? (0,12 A)

$$1) \quad U = 60 \text{ V} \quad R = 500 \Omega \quad \text{oder } U = R \cdot I \quad | : R \quad I = \frac{U}{R} = \frac{60}{500} = \underline{\underline{0,12 \text{ A}}}$$

$$N = 800 \quad \Theta = I \cdot N = 0,12 \text{ A} \cdot 800 = \underline{\underline{96 \text{ A}}}$$

$$2) \quad N = 250 \quad I = 4 \text{ A} \quad l = 280 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad H = \frac{4 \text{ A} \cdot 250}{280 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \underline{\underline{3571,43 \text{ A/m}}}$$

$$\Theta = 4 \text{ A} \cdot 250 = \underline{\underline{1000 \text{ A}}}$$

$$3) \quad N = 480 \quad l = 240 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad H = \frac{3,6 \text{ A} \cdot 480}{240 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \underline{\underline{7200 \text{ A/m}}}$$

$$I = 3,6 \text{ A}$$

$$4) \quad N = 1000 \text{ Windungen} \quad I = ?$$

$$l_m = 30 \text{ cm} = 30 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\frac{400 \cdot I}{30 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = \frac{400 \cdot I}{30 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

$$H = 400 \text{ A/m}$$

$$\Phi \quad 400 \text{ A/m} = \frac{I \cdot 1000}{(30 \cdot 10^{-2})} \quad | \cdot (30 \cdot 10^{-2}) \quad | : 1000$$

$$\underline{\underline{I = 0,12 \text{ A}}}$$