

## Helmholtz – Spulenpaar

### 1. Aufbau

Mit der Helmholtz-Spulenordnung kann ein weitestgehend homogenes Magnetfeld erzeugt werden. Sie besteht aus zwei Flachspulen, die in einem mittleren Abstand von 15,0 cm parallel zueinander angeordnet sind. Jede Spule hat 124 Windungen aus Kupferlackdraht ( $d = 1,5 \text{ mm}$ ) und einen Ohmschen Widerstand von 1,2 Ohm. Der äußere Spulendurchmesser ist  $D = 30,7 \text{ cm}$  und der innere  $d = 28,3 \text{ cm}$ . Somit ist der mittlere Spulenradius  $R = 14,75 \text{ cm}$ . Die Einzelspulen können wahlweise hinter- oder gegeneinander geschaltet werden. Der max. zulässige Spulenstrom ist 5 A und kann z.B. vom stabilisierten Stromversorgungsgerät (Art.-Nr. 8521130) geliefert werden.



### 2. Versuchsaufbau und Einsatzmöglichkeiten

Zur e/m -Bestimmung wird die Fadenstrahlröhre (Art.-Nr. 8481420) in die Helmholtzspule gestellt. Sie ist mit der Spulenordnung nicht verbunden. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Röhre jederzeit aus der Spule herauszunehmen, z.B. dann, wenn das Magnetfeld mit einer Hallsonde gemessen werden soll. Eine Klemmfeder am oberen Quersteg der Spule dient zur Halterung der Sonde.

In Verbindung mit dem Drehrahmen kann die Helmholtzspule auch für Versuche zur Induktion und für Schwebungsversuche verwendet werden. Die Größe des Magnetfeldes  $B$  ist von den Abmessungen der Spulenordnung, der Windungszahl  $N$  und dem Feldstrom  $I$  abhängig. Das bei einem Feldstrom  $I$  im Zentrum des Flachspulensatzes auftretende Feld lässt sich bei Hintereinanderschaltung nach der Gleichung berechnen.

$$B = \mu_0 \cdot N \cdot I \frac{R^2}{(R^2 + a^2) \cdot \frac{3}{2}}$$

Darin bedeutet

$N = 124$	:	Windungszahl einer Spule
$I$	:	Spulenstrom (in A)
$R = 14,25 \text{ cm}$	:	mittlerer Spulenradius
$2a = 15,00 \text{ cm}$	:	mittlerer Spulenabstand
$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \frac{\text{mkg}}{\text{C}^2}$	:	Vakuumpermeabilität

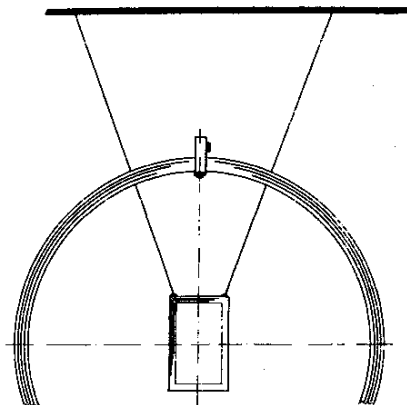
Setzt man in obige Gleichung diese Werte ein, so erhält man

$$\frac{B}{I} = 7,48 \times 10^{-4} \text{ T / A } (\pm 2\%).$$

Wenn die beiden Spulen gegeneinander geschaltet werden, entsteht ein Magnetfeld, das zwischen den Spulen über einen weiten Bereich einen konstanten Gradienten  $dB/dx$  aufweist. Er berechnet sich zu:

$$\frac{dB}{dx} = \mu_0 \cdot N \cdot I \frac{3 \cdot a \cdot R^2}{(R^2 + a^2)^{5/2}} = 6,05 \cdot 10^{-3} \frac{I}{A} \cdot \frac{T}{m}$$

Ein solches Feld ist geeignet, die Kraftwirkung auf magnetische Momente quantitativ zu demonstrieren. Auf eine stromdurchflossene Spule mit der Windungszahl  $n$ , der Fläche  $A$  und dem magnetischen Moment  $w = n \cdot i \cdot A$  wirkt die Kraft  $F = w \cdot dB / dx$ . Mit dem Drahtrahmen (Art.-Nr. 8492570) kann diese Kraft bei bifilarer Aufhängung gemessen werden (siehe Abb.). Bei der Auslenkung  $\Delta$  des Drahtrahmens wirkt die Kraft  $F = M \cdot g \cdot \Delta / L$ . ( $M$  = Pendelmasse,  $L$  = Pendellänge = 30 cm).



Bei Feldströmen  $I$  von 4 A und Spulenströmen  $i$  von 100 mA beträgt die Auslenkung ca. 5 mm. Eine weitere Einsatzmöglichkeit dieses Versuchsaufbaus besteht darin, die bei freiem Pendeln im Drahtrahmen induzierte Spannung zu beobachten. Sie hängt mit der Geschwindigkeit  $v$  der pendelnden Spule in folgender Weise zusammen:

$$U_{\text{ind}} = -n \cdot A \cdot dB / dx \cdot v(t)$$

Und ist ein direktes Maß für die Momentangeschwindigkeit.