

Die Momentspule (nach Helmholtz)

Bedienungsanleitung

Die Momentspule nach Helmholtz besitzt, im Gegensatz zu einer üblichen Momentmessspule (Zylinderspule), einen großen und gut zugänglichen Messraum. Vor allem der seitliche Zugang in den Messraum ist bei vielen Anwendungen von Vorteil.

Die beiden Einzelspulen der Helmholtzspule werden in genau berechnetem Abstand zueinander angeordnet. Dadurch ergibt sich ein Messraum für 1% Genauigkeit von 60 % des mittleren Spulenradius in axialer Richtung und von 93 % in radialer Richtung (siehe auch Tabelle).

Die Helmholtzspule kann entweder als Momentmessspule zur Messung des magnetischen Moments von Permanentmagneten oder zur Erzeugung von Magnetfeldern verwendet werden.

Übersicht der lieferbaren Helmholtzspulen:

(andere Abmessungen auf Anfrage)

TYP	Di in mm	1% Messraum in mm	Konstante K in cm	Widerstand R in Ω
MS 20	18	10 \varnothing x 10	0,00022	6300
MS 75	65	33 \varnothing x 21	0,0100	160
MS 150	140	74 \varnothing x 48	0,0154	35
MS 210	200	102 \varnothing x 66	0,0160	80
MS 450	440	224 \varnothing x 146	0,5000	16,5
MS 1020	1000	510 \varnothing x 330	1,0100	4,6

Di : Freier Durchmesser der Spulen

K : Konstante der Helmholtzspule

1% -Messraum: Messraum in der Mitte der Helmholtzspule für maximal 1% Fehler (Inhomogenität)

Erzeugung von Magnetfeldern

Sollen die Spulen zur Felderzeugung „bestromt“ werden, so ist der Maximalstrom und die Einschaltdauer zu beachten.

Außerdem müssen bei Spannungen über 42 V die einschlägigen Sicherheitsbestimmungen beachtet werden.

TYP	H pro A in A/cm	I in A	I _{0,5} in A	I _{max} in A
MS 75	109	0,3	0,45	0,6
MS 150	65	1,0	1,5	2,0
MS 210	62,5	0,8	1,2	1,6 (1)

(1) Spannung > 42 V für I_{0,5} und I_{max} !

H pro A: Dieser Wert zeigt, welche Feldstärke H pro A Spulenstrom erzeugt werden kann.

I: Zulässiger Dauerstrom der Spulen

I_{0,5}: Zulässiger Strom bei einer ED (Einschaltdauer) von 50 %

I_{max}: Maximal zulässiger Spulenstrom

Alle Werte gelten nur für freistehende Spulen bei Raumtemperatur!

Korrektur des Messwertes in Abhängigkeit vom Spulenwiderstand

Beim Anschluss von Helmholtzspulen an Fluxmeter sollte, wenn der Messfehler bedingt durch den Eingangswiderstand des Fluxmeters kompensiert werden soll, die Messkonstante K der Spule korrigiert werden, da sonst zu kleine Messergebnisse entstehen.

$$\text{Formel: } K_{\text{KORR}} = K_{\text{Spule}} \cdot \frac{R_{\text{Spule}} + R_i}{R_i}$$

Da Fluxmeter häufig einen Eingangswiderstand von $R_i = 10 \text{ k}\Omega$ haben, ergibt sich in diesem Falle:

$$K_{\text{KORR}} = K_{\text{Spule}} \cdot \frac{R_{\text{Spule}} + 10.000 \text{ }\Omega}{10.000 \text{ }\Omega}$$

Messungen mit der Helmholtzspule

Das magnetische Moment M und die Polarisation J

Das magnetische Moment von Magneten kann mit Hilfe einer Helmholtzspule ermittelt werden.

Nachdem das Fluxmeter auf Null gesetzt wurde (RESET), wird der Magnet mit seiner magnetischen Achse parallel zur Spulenachse in die Messspule geführt.

Das magnetische Moment ergibt sich dann aus:

$$M = \Phi \cdot K \quad [\text{Vs} \cdot \text{cm}]$$

$$M = \text{Anzeige} \cdot \text{Messbereich} \cdot \text{Spulenkonstante } K$$

Wenn das Volumen V bestimmt wurde, kann mit dem ermittelten mag. Moment auch die Polarisation errechnet werden.

$$\text{Formel: } J = \frac{M}{V} \quad [\text{Vs} / \text{cm}^2]$$

Beispiel 1: Messung von Moment M und Polarisation J eines Magneten

Der zu messende Magnet wird mit seiner Magnetachse parallel zu der Achse der Helmholtzspule in die Spulenmitte gebracht.

Das angeschlossene Fluxmeter zeigt einen Wert von 164 an, der eingestellte Messbereich ist 10^{-6} Vs.

Es wird also ein Fluss von $164 \cdot 10^{-6}$ Vs gemessen.

Da der Widerstand der Messspule 35Ω beträgt, ist eine Korrektur des Messwertes nicht erforderlich, wenn man einen Fehler von 0,35% toleriert.

$$M = \Phi \cdot K \quad [\text{Vs} \cdot \text{cm}]$$

$$M = 164 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot 0,0154 \text{ cm}$$

$$M = 2,5256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot \text{cm}$$

Der Magnet besitzt ein Volumen von $4 \cdot 4 \cdot 4 \text{ mm}^3$, somit ergibt sich für die Polarisation:

$$J = \frac{M}{V} \quad [\text{Vs} / \text{cm}^2] = \frac{2,5256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot \text{cm}}{0,064 \text{ cm}^3}$$

$$J = 3,95 \cdot 10^{-5} \text{ Vs} / \text{cm}^2$$

Beispiel 2: Bestimmung der Vorzugsrichtung eines Magneten

Zur Bestimmung der Vorzugsrichtung muss der Magnet in allen drei Achsen in der Helmholtzspule gemessen werden.

Es wird angenommen, die erste Messung (Φ_1) in der gleichen Richtung erfolgt, in der der Magnet aufmagnetisiert wurde (Vorzugsrichtung).

Der Winkel α zwischen der mechanischen Achse (Vorzugsrichtung) und der magnetischen Achse ergibt sich aus:

$$\alpha = \arccos \frac{\Phi_1}{\sqrt{(\Phi_1^2 + \Phi_2^2 + \Phi_3^2)}}$$

Es werden folgende Werte gemessen:

$$\Phi_1 = 412 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}$$

$$\Phi_2 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}$$

$$\Phi_3 = 18 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}$$

$$\alpha = \arccos \frac{412}{\sqrt{(412^2 + 12^2 + 18^2)}}$$

$$\alpha = 3,01 \text{ }^\circ$$

Die magnetische Achse hat also zur mechanischen Achse einen Winkel von 3,01 °.