

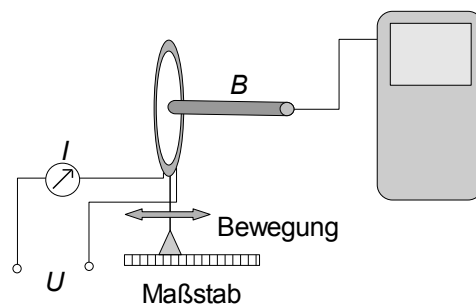
4. Untersuchungen an Helmholtz-Spulen

Mit einem Paar Helmholtz-Spulen werden üblicherweise Versuche zur Ablenkung von Elektronen in einem Magnetfeld durchgeführt. Dabei geht man davon aus, dass das Magnetfeld zwischen diesen Spulen homogen ist. Mit den folgenden Versuchen soll diese Annahme näher untersucht werden. Dazu werden das Magnetfeld einer einzelnen Spule axial und das eines Spulenpaares axial und radial ausgemessen.

Da für die einzelnen Versuche nur eine relativ kurze Zeit benötigt wird, können die Spulen auch mit einem höheren als dem empfohlenen Strom betrieben werden.

a. Axialer Verlauf des Magnetfeldes einer einzelnen Helmholtz-Spule

Aufbau:



Aufbauskeizze

Stromquelle 3 A geglätteter Gleichstrom (ideal: Konstantstromquelle)

Amperemeter zur Kontrolle

Magnetfeldsensor Bereich 6,4 mT (Eingang 1), ortsfest

Maßstab

1 Helmholtz-Spule in Halterung, am Maßstab verschiebbar angeordnet

Durchführung:

Einstellungen:

Messmodus „Ereignisse mit Eingabe“ (Bild 4.1).

Wegen der deutlichen Streuung der Messwerte bei einer Einzelmessung sollte in jedem Fall über einen längeren Zeitraum mit Mittelwertbildung gemessen werden (Bilder und weitere Hinweise s. Kapitel 2).

Durchführung:

Magnetfeldsensor möglichst **genau axial** ausrichten (nachmessen!).

Magnetfeldsensor auf Null setzen.

Strom $I = 3\text{ A}$ einschalten und während des Versuches konstant halten.

Helmholtz-Spule verschieben, bis das Maximum der Flussdichte gefunden ist. Diese Stellung wird zum Nullpunkt der Ortsmessung.

Maßstab so an der Helmholtz-Spule ausrichten, dass sich ein leicht merkbarer Wert als Nullpunkt ergibt.

Helmholtz-Spule am Maßstab um 100 mm nach links verschieben.

Erste Messung bei $x = -100\text{ mm}$ aufnehmen; alle weiteren Messungen dann im Abstand von 10 mm.

Das Ergebnis ist eine symmetrische Grafik wie in Bild 4.2.

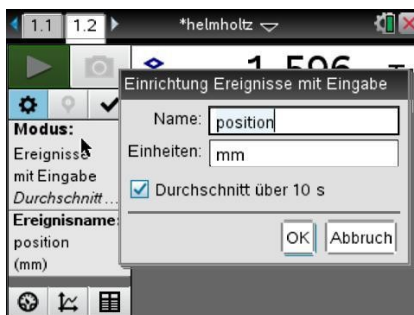


Bild 4.1

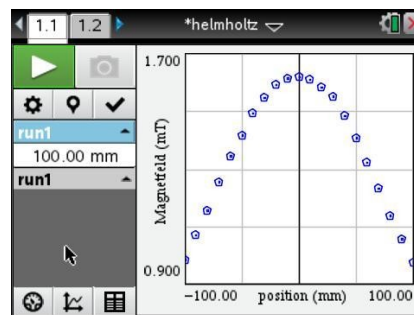


Bild 4.2

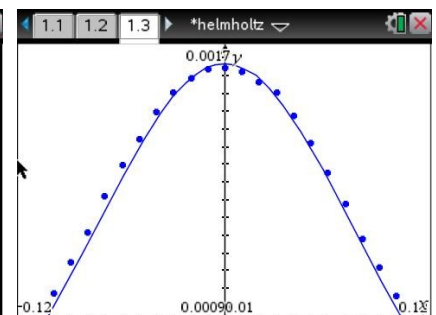


Bild 4.3

Auswertung:

1. Daten in die Tabellenkalkulation übertragen und in m und T umrechnen.
2. Ergänzt man die Formel für den Drahting mit dem Radius R um die Windungszahl n , so erhält man die Formel für eine einzelne Helmholtz-Spule:

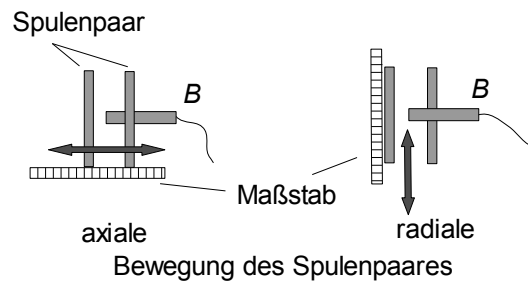
$$B = \frac{n \cdot I}{2 \epsilon_0 c^2} \cdot \frac{R^2}{(\sqrt{R^2 + x^2})^3}$$

Bei der hier verwendeten Spule sind $n = 130$ und $R = 0,15\text{ m}$. Setzt man diese Werte in die Formel ein, so erhält man zusammen mit den Messwerten den Graphen von Bild 4.3 in guter Übereinstimmung mit der Messung.

b. Das Magnetfeld eines Spulenpaares

Um festzustellen, ob es einen homogenen Feldbereich gibt und wie groß er ist, wird das Feld sowohl axial als auch radial ausgemessen. Aufbau und Beschaltung ändern sich gegenüber Versuch a. nicht, nur dass jetzt beide Spulen verwendet werden. Für die radiale Messung muss der Maßstab anders angebaut werden.

Grundsätzlicher Aufbau (Ansicht von oben):



Aufbau axiale Messung:

Stromquelle 3 A geglätteter Gleichstrom (ideal: Konstantstromquelle)

Amperemeter zur Kontrolle

Magnetfeldsensor Bereich 6,4 mT (Eingang 1), ortsfest

Maßstab

Helmholtz-Spulenpaar in Halterung, am Maßstab verschiebbar angeordnet

Durchführung axiale Messung:

Einstellungen:

Messmodus „Ereignisse mit Eingabe“ (Bild 4.1).

Wegen der deutlichen Streuung der Messwerte bei einer Einzelmessung sollte in jedem Fall über einen längeren Zeitraum mit Mittelwertbildung gemessen werden (Bilder und weitere Hinweise s. Kapitel 2).

Durchführung:

Den Magnetfeldsensor ohne Verwendung von ferromagnetischem Material so befestigen, dass man ihn möglichst weit durch das Spulenpaar hindurchstecken kann.

Magnetfeldsensor möglichst genau axial ausrichten (nachmessen!).

Magnetfeldsensor auf Null setzen.

Helmholtz-Spulenpaar verschieben, bis der Magnetfeldsensor die Mitte zwischen den beiden Spulen erreicht hat. Diese Stellung wird zum Nullpunkt der Ortsmessung. Genaue Lage des Sensors im Sensorgehäuse beachten (s. Kapitel 2).

Maßstab so an den Helmholtz-Spulen ausrichten, dass sich ein leicht merkbarer Wert als Nullpunkt ergibt.

Helmholtz-Spulenpaar axial so weit wie möglich (etwa 30 cm) nach links verschieben.

Stromquelle $I = 3 \text{ A}$ einschalten.

Erste Messung durchführen.

Alle weiteren Messungen im Abstand von 20 mm vornehmen.

Ergebnis ist eine symmetrische Grafik wie in Bild 4.4.

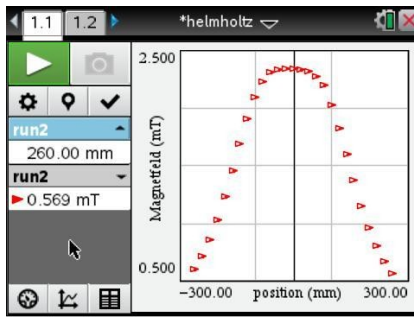


Bild 4.4

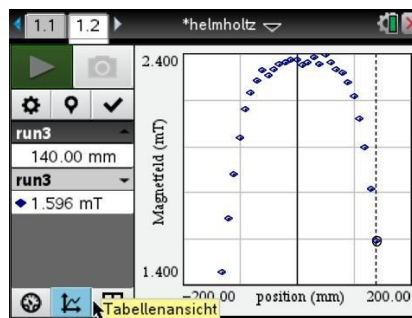


Bild 4.5

Aufbau radiale Messung:

wie bei der axialen Messung, nur mit anders angeordnetem Maßstab

Durchführung radiale Messung:

Einstellungen: s. axiale Messung

Durchführung:

Magnetfeldsensor möglichst genau mittig und axial ausrichten (nachmessen!), dabei die Lage des eigentlichen Sensors im Sensorgehäuse beachten (s. Kapitel 2). Diese Stellung wird zum Nullpunkt der Ortsmessung.

Magnetfeldsensor auf Null setzen.

Maßstab so an den Helmholtz-Spulen ausrichten, dass sich ein leicht merkbarer Wert als Nullpunkt ergibt.

Helmholtz-Spulenpaar radial so weit wie möglich verschieben; im Beispiel waren 13 cm möglich.

Stromquelle $I = 3 \text{ A}$ einschalten.

Erste Messung durchführen.

Alle weiteren Messungen im Abstand von 15 mm vornehmen.

Ergebnis ist eine symmetrische Grafik wie in Bild 4.5.

Auswertung:

Bei dem verwendeten Spulenpaar haben die Spulen einen Abstand von 15 cm. In diesem Bereich (also axial) ist zu den Rändern hin ein leichter Abfall der Flussdichte von weniger als 5 % festzustellen, in einem Kernbereich von 10 cm ist dieser Abfall noch deutlich geringer. Für den radialen Verlauf lässt sich eine ähnliche Aussage machen. Nutzt man wie beim Fadenstrahlrohr diesen Bereich, so kann man hier zu Recht von einem homogenen Magnetfeld sprechen.