

## Erdmagnetfeld

### BESTIMMUNG DER HORIZONTAL- UND DER VERTIKALKOMPONENTE DES ERDMAGNETFELDES.

- Messung des Drehwinkels einer parallel zur Horizontal Komponente des Erdmagnetfeldes ausgerichteten Kompassnadel bei Überlagerung des horizontalen Magnetfeldes eines Helmholtz-Spulenpaares.
- Bestimmung der Horizontal Komponente des Erdmagnetfeldes.
- Messung der Inklination und Bestimmung der Vertikalkomponente und des Gesamtbetrages des Erdmagnetfeldes.

UE3030700

04/16 MEC/UD



Fig. 1: Messanordnung.

### ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Erde wird von einem Erdmagnetfeld umgeben, das von dem so genannten Geodynamo erzeugt wird. Nahe der Erdoberfläche ähnelt es dem Magnetfeld eines magnetischen Dipols, wobei die Feldlinien aus der Südhalbkugel der Erde austreten und durch die Nordhalbkugel wieder eintreten. Der Winkel zwischen der Richtung des Erdmagnetfeldes und der Horizontalen wird Inklination genannt. Die Horizontal Komponente des Erdmagnetfeldes verläuft im Wesentlichen parallel zur geographischen

Nord-Süd-Richtung. Weil die Erdkruste unterschiedlich magnetisiert ist, treten lokale Abweichungen auf, die man Deklination nennt.

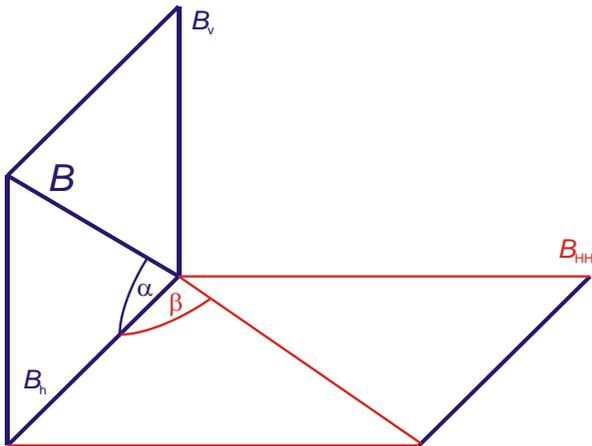


Fig. 2: Darstellung der Komponenten der im Experiment betrachteten Magnetfelder und Definition der zugehörigen Winkel.

Im Experiment werden die Inklination und der Betrag sowie die Horizontal- und die Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes am Messort bestimmt.

Es gilt der Zusammenhang (Fig. 2):

$$(1) \quad B_v = B_h \cdot \tan \alpha$$

$\alpha$ : Inklination

$B_v$ : Vertikalkomponente

$B_h$ : Horizontalkomponente

und

$$(2) \quad B = \sqrt{B_h^2 + B_v^2}$$

Also reicht es aus, die Größen  $B_h$  und  $\alpha$  zu bestimmen, da die beiden übrigen berechnet werden können.

Die Inklination  $\alpha$  wird mit einem Inklinatorium bestimmt. Zur Bestimmung der Horizontalkomponente  $B_h$  wird das gleiche Inklinatorium in der Horizontalen so ausgerichtet, dass seine sich parallel zur Horizontalkomponente einstellende Kompassnadel auf  $0^\circ$  zeigt. Ein Helmholtz-Spulenpaar erzeugt ein zusätzliches horizontales Magnetfeld  $B_{HH}$  senkrecht zu  $B_h$  und dreht dadurch die Kompassnadel um einen Winkel  $\beta$ . Gemäß Fig. 2 gilt

$$(3) \quad \frac{B_{HH}}{B_h} = \tan \beta$$

Diese Messung wird zur Verbesserung der Genauigkeit für verschiedene Winkel  $\beta$  durchgeführt.

## GERÄTELISTE

1	Helmholtz-Spulen 300 mm	1000906 (U8481500)
1	DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A @230V	1003312 (U33020-230)
oder		
1	DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A @115V	1003311 (U33020-115)
1	Digital-Multimeter P1035	1002781 (U11806)
1	Inklinatorium E	1006799 (U8495258)
1	Schiebewiderstand 100 $\Omega$	1003066 (U17354)
1	Satz 15 Sicherheits-experimentierkabel 75 cm	1002843 (U138021)

## AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG

### Hinweis:

Das Experiment auf einer horizontalen, ebenen Fläche an einem Ort aufbauen, an dem die Messung nicht durch magnetische Störfelder in der Umgebung beeinflusst wird.

### Bestimmung der Horizontalkomponente $B_h$

- Das Inklinatorium am Handrad so drehen, dass die Ebene der Ringskala und Kompassnadel parallel zur Stellfläche liegt.

Die Kompassnadel richtet sich so immer entlang der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes aus.

- Das Inklinatorium an der Grundplatte so drehen, dass die  $0^\circ$ -Markierungen der Ringskala mit der Richtung der Kompassnadel übereinstimmen.
- Die Helmholtzspulen so über das Inklinatorium schieben, dass es in der Mitte zwischen den Spulen platziert ist (Fig. 1) und die Achse der Helmholtzspulen senkrecht zur Richtung der Kompassnadel orientiert ist.
- Die Helmholtzspulen, das Digital-Multimeter und den Schiebewiderstand in Reihe an das Netzgerät anschließen (Fig. 1).
- Den Schiebewiderstand auf  $100 \Omega$  einstellen.
- Das Netzgerät einschalten und den Strom durch Erhöhung der Spannung über den Feinsteller für Gleichspannung hochregeln bis die Richtung der Kompassnadel mit den  $5^\circ$ -Markierungen der Ringskala übereinstimmt. Den Ablenkwinkel  $\beta = 5^\circ$  in Tab. 1 eintragen. Den Wert des Stroms  $I$  am Multimeter ablesen und ebenfalls in Tab. 1 eintragen.
- Den Strom nach und nach so hochregeln, dass sich der Ablenkwinkel bis  $\beta = 75^\circ$  in  $5^\circ$ -Schritten erhöht. Ablenkwinkel und Stromwert jeweils in Tab. 1 eintragen. Wenn sich der Feinsteller für Gleichspannung am Anschlag befindet, den Strom durch Verkleinerung des Widerstandes über den Schiebewiderstand hochregeln.

### Bestimmung der Inklination $\alpha$

- Das Inklinatorium am Handrad so drehen, dass die Ebene der Ringskala und Kompassnadel parallel zur Stellfläche liegt.

Die Kompassnadel richtet sich so immer entlang der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes aus.

- Das Inklinatorium an der Grundplatte so drehen, dass die  $0^\circ$ -Markierungen der Ringskala mit der Richtung der Kompassnadel übereinstimmen.
- Das Inklinatorium am Handrad so drehen, dass die Ebene der Ringskala und Kompassnadel senkrecht zur Stellfläche liegt.
- Warten, bis die Kompassnadel ruhig steht.
- Den Inklinationswinkel  $\alpha_1$  auf der Ringskala des Inklinatoriums ablesen und in Tab. 2 eintragen.
- Das Inklinatorium am Handrad um  $180^\circ$  drehen.
- Warten, bis die Kompassnadel ruhig steht.
- Den Inklinationswinkel  $\alpha_2$  auf der Ringskala des Inklinatoriums ablesen und in Tab. 2 eintragen.

### MESSBEISPIEL UND AUSWERTUNG

Tab. 1: Ablenkwinkel  $\beta$ , eingestellte Ströme  $I$  und nach Gleichung (5) berechnete Magnetfelder  $B_{HH}$  der Helmholtzspulen.

$\beta$	$I / \text{mA}$	$B_{HH} / \mu\text{T}$
5°	2,37	1,79
10°	5,16	3,90
15°	8,00	6,05
20°	10,1	7,63
25°	13,9	10,51
30°	17,3	13,08
35°	21,5	16,25
40°	25,2	19,05
45°	30,3	22,90
50°	36,7	27,74
55°	43,0	32,50
60°	52,6	39,76
65°	67,2	50,80
70°	84,1	63,57
75°	114,0	86,17

Tab. 2: Aus dem Mittelwert der beiden Messwerte  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  bestimmte Inklination  $\alpha$ .

$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$
65°	56°	60,5°

#### Bestimmung der Horizontalkomponente $B_h$

Aus (3) folgt:

$$(4) \quad B_{HH} = B_h \cdot \tan\beta$$

Die Horizontalkomponente  $B_h$  ist also die Steigung einer Ursprungsgeraden durch die Messpunkte in einem  $B_{HH} - \tan\beta$  - Diagramm.

Das Magnetfeld  $B_{HH}$  des Helmholtzspulen-Spulenpaares kann leicht bestimmt werden. Es ist im Inneren des Spulenpaares sehr homogen und proportional zur Stromstärke  $I$  durch eine einzelne Spule:

$$(5) \quad B_{HH} = k \cdot I \text{ mit}$$

$$k = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R}$$

$N = 124$ : Windungszahl

$R = 147,5 \text{ mm}$ : Radius

- Magnetfeld  $B_{HH}$  des Helmholtzspulen-Spulenpaares für alle eingestellten Ströme  $I$  (Tab. 1) gemäß Formel (5) berechnen und in Tab. 1 eintragen.

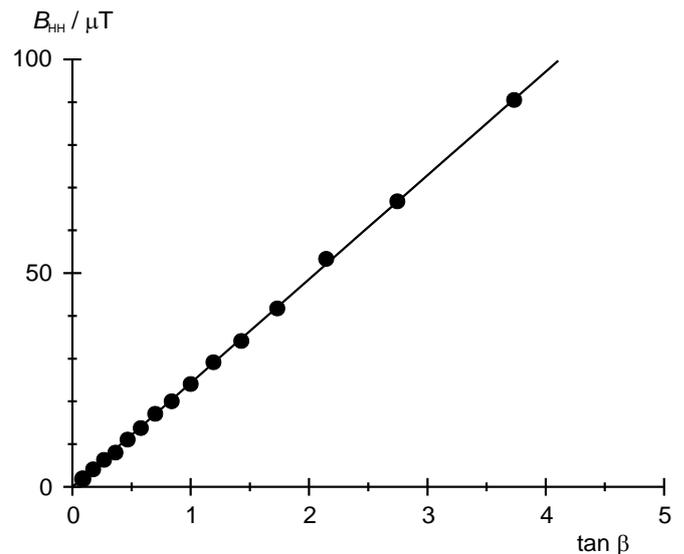


Fig. 3:  $B_{HH} - \tan\beta$  - Diagramm zur Bestimmung der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes.

- Magnetfeld  $B_{HH}$  gegen  $\tan\beta$  in einem Diagramm auftragen und eine Gerade anpassen (Fig. 2).
  - Die Horizontalkomponente  $B_h$  direkt aus der Geradensteigung bestimmen.
- (6)  $B_h = 23 \mu\text{T}$

#### Bestimmung der Vertikalkomponente $B_v$ aus der Inklination $\alpha$

- Die Inklination  $\alpha$  aus dem Mittelwert der beiden Messwerten  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  (Tab. 2) bestimmen und in Tab. 2 eintragen.
- Die Vertikalkomponente mit Hilfe von Formel (1) bestimmen.

$$(7) \quad B_v = B_h \cdot \tan\alpha = 23 \mu\text{T} \cdot \tan 60,5^\circ = 41 \mu\text{T}$$

#### Bestimmung des Gesamtbetrages

- Den Gesamtbetrag des Erdmagnetfeldes  $B$  mit Hilfe von Formel (2) bestimmen.

$$(8) \quad B = \sqrt{(23 \mu\text{T})^2 + (41 \mu\text{T})^2} = 47 \mu\text{T}$$

Die aus der Messung bestimmten Werte für die Horizontal- und die Vertikalkomponente stimmen sehr gut mit den Literaturwerten für Mitteleuropa  $B_h = 20 \mu\text{T}$  und  $B_v = 44 \mu\text{T}$  überein.

