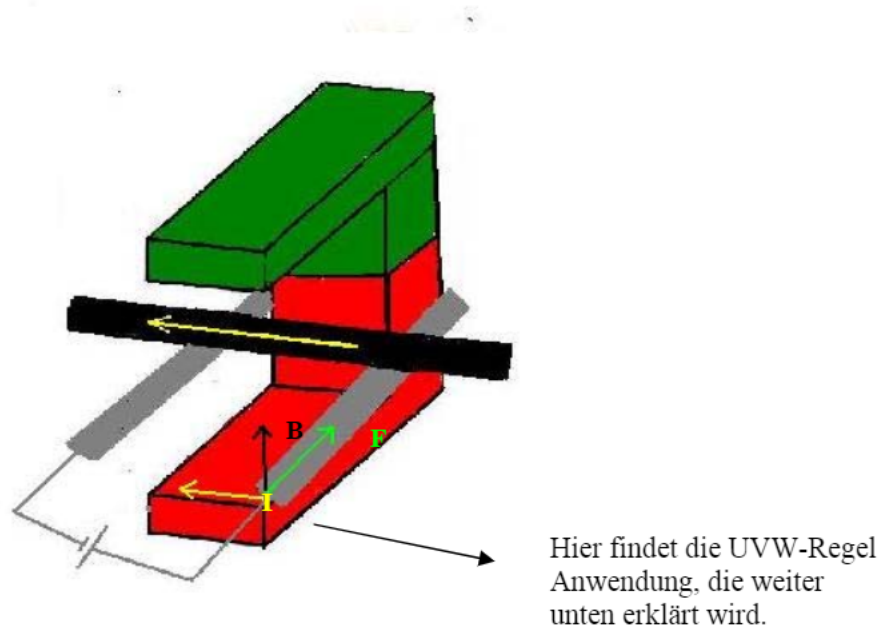


Experimentelle Bestimmung der magnetischen Flussdichte

Vorversuch:

Um die magnetische Flussdichte zu bestimmen führen wir einen Vorversuch durch um die Kräftewirkung im magnetischen Feld zu testen.



Vorraussetzung:

$$\mathbf{I} \perp \mathbf{B} \Rightarrow \mathbf{F} \perp \mathbf{I} \text{ und } \mathbf{F} \perp \mathbf{B} \quad (\mathbf{I}, \mathbf{B} \text{ und } \mathbf{F} \text{ sind Vektoren!})$$

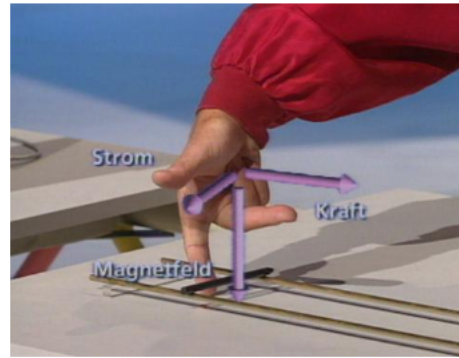
Wiederholung:

Die UVW-Regel soll die Wirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld beschreiben. Benutzt wird die rechte Hand!

Der Daumen zeigt hierbei in Stromrichtung (von Plus nach Minus; Ursache), der Zeigefinger in Magnetfeldrichtung (von Nord nach Süd; Vermittlung) und der Mittelfinger (Wirkung) in Richtung der resultierenden Kraft.

Ein stromdurchflossener Leiter (Daumen = Stromrichtung) in einem Magnetfeld (Zeigefinger = Magnetfeldrichtung) bewegt sich in Richtung der resultierenden Kraft (Mittelfinger).

In dem nebenstehenden Bild ist die Situation ähnlich dargestellt, wie sie in unserem Versuch vorlag. Allerdings ist hier das Magnetfeld nach unten gerichtet.



Rechte-Faust-Regel:

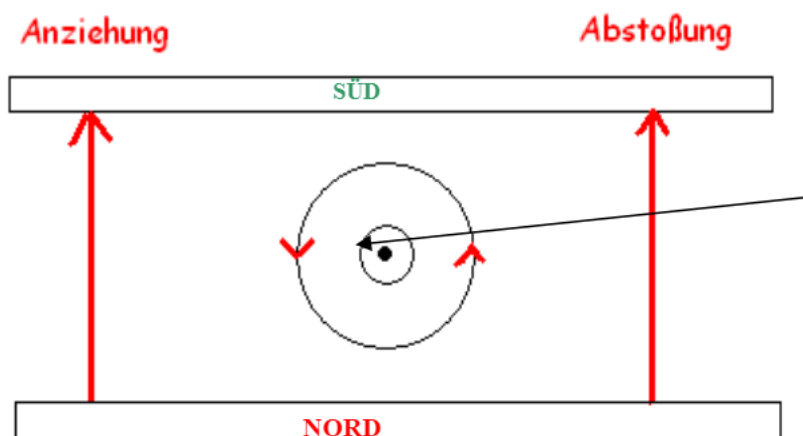
Mit der Rechten-Faust-Regel wird der Zusammenhang zwischen der Magnetfeldrichtung und der Stromrichtung ermittelt.

Daumen: Stromrichtung

restliche Finger: die Richtung des Magnetfeldes



Für unseren (Vor-)Versuch bedeutet das:

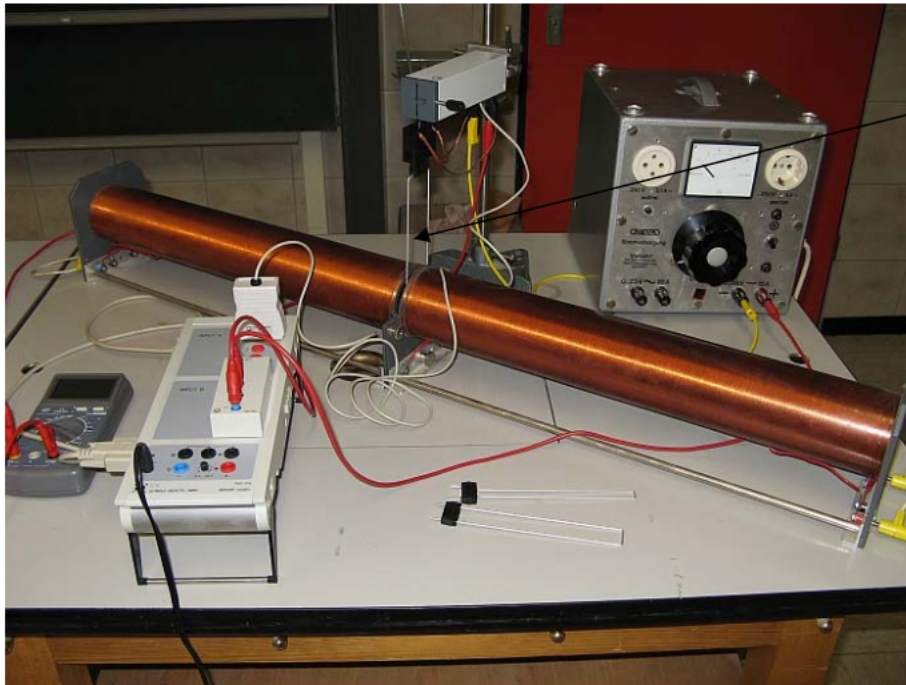


Der Strom fließt auf uns zu.
Ein Kreuz in der Mitte des Kreises bedeutet, dass der Strom von uns weg fließt.

Entgegengesetzt gerichtete Feldlinien ziehen sich an, parallele verdrängen sich (stoßen sich ab).

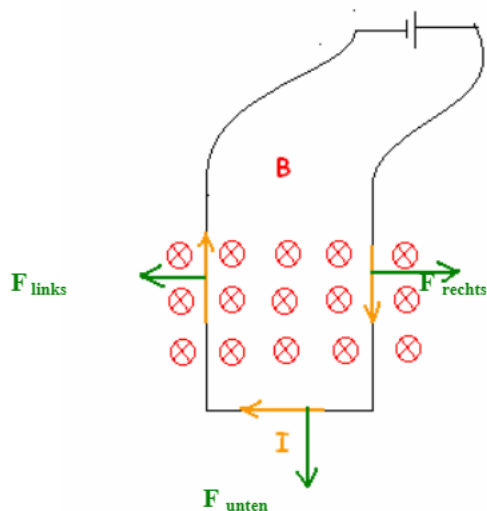
Hauptversuch:

Bestimmung der Kraft,
die auf den stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld wirkt

**Ziel des Versuchs:**

Wie hängt die wirkende Kraft F von der Stromstärke I und der Leiterlänge l ab?

- Die Luftspule (Spule, in der sich Luft befindet) wird von einem konstanten Strom $I=2,30\text{ A}$ durchflossen und besitzt daher ein konstantes Magnetfeld.
- Es stehen 3 verschiedene Leiterbügel der Länge l zur Verfügung, durch die unterschiedlich starke Ströme I fließen können.
- Für die Messung der Kraft F wird der (schon bekannte) Kraftsensor von Cassy eingesetzt.

Wo wirken die Kräfte am stromdurchflossenen Leiterbügel?

Dies ist eine Skizze des Leiterbügels. Zur Verdeutlichung ist dieser auch in dem Versuchsbild markiert.

Die nach rechts und links wirkenden Kräfte kompensieren sich, deshalb betrachte ich nur die nach unten wirkende Kraft und bezeichne dieses waagerechte Leiterstück im weiteren Verlauf des Protokolls als **Leiter**.

Aufgabe A:

Stelle eine begründete Vermutung über den Zusammenhang zwischen der wirkenden Kraft F , der Stromstärke I und der Leiterlänge l auf!

Vermutung:

$F \sim I$ Da $I = \frac{Q}{t}$, befinden sich um so mehr Elektronen pro Zeit im Leiter, je stärker der Strom ist. F ist die Summe der Lorentzkräfte pro Elektron.

$F \sim l$ Je länger der Leiter ist, desto mehr Elektronen befinden sich in ihm, auf die Kräfte wirken können.

Es folgt daraus: $F \sim I \cdot l$

und damit: $F = k \cdot I \cdot l$ also: $k = \frac{F}{(I \cdot l)}$

(k ist eine Konstante, die den Zusammenhang von F , I und l beschreibt.)

Aufgabe B:

Erläutere die in Tabelle 1 (s.u.) angedeutete Planung und Durchführung geeigneter Versuche zur Entdeckung des Zusammenhangs zwischen wirkender Kraft F , der Stromstärke I und der Leiterlänge l !

Versuchsreihe:

Die Versuchsreihe besteht aus drei Teilen:

Es werden drei Versuche mit jeweils unterschiedlicher Leiterlänge durchgeführt.

- In jedem Versuch wird für verschiedene Stromstärken die Kraft F gemessen:
 $F(I)$ (F in Abhängigkeit von I wird bestimmt.)
- Daraus wird **F/I** bestimmt (das ist die Steigung; je Leiterlänge ist diese konstant, da $F \sim I$.)

Auftrag C:

Überlege dir, wie CASSY für unser Ziel hilfreich ist und was wir selbst erledigen müssen!

Überlegung:

Cassy misst I und F und zeichnet F in Abhängigkeit von I für jede Leiterlänge l .

Wir bestimmen die Abhängigkeit der Steigung (F/I) von der Leiterlänge (l) mithilfe einer Regression mit unserem Graphiktaschenrechner.

Ergebnis:

Zusammenhang von I und F für verschiedene Leiterlängen

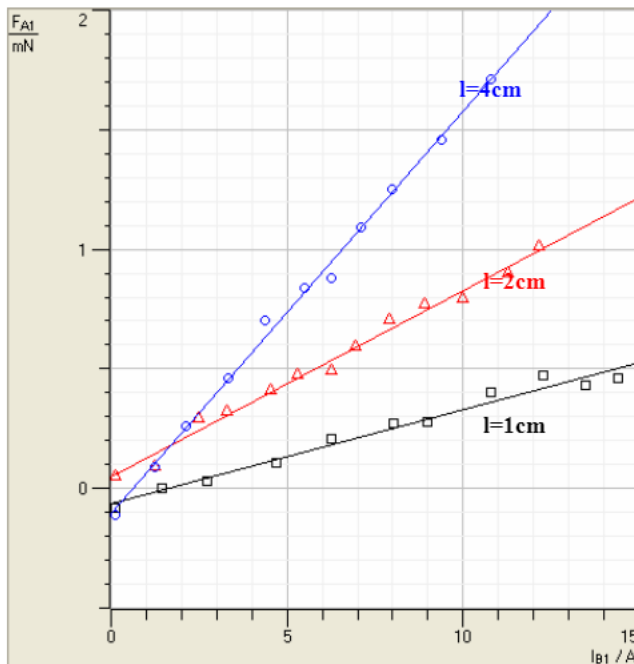
Diagramm 1
(CASSY)

Tabelle 1

Versuch	l in cm	F/I in mN/A
1	1	0,0385
2	2	0,078
3	4	0,168

Nach Auswertung der Messwerte können wir nun eine Regression (GTR) durchführen, die ergibt:

$$y = 0,0043428571 \cdot x - 6,5 \cdot 10^{-6}$$

Nullpunktsfehler: $-6,5 \cdot 10^{-6} \approx 0$

Dieser Fehler wird im Folgenden vernachlässigt, da er fast 0 entspricht.

Übertragen auf unseren Versuch bedeutet das also:

$$F/I = 0,0043 \text{ N/A} \cdot \text{m} \cdot \text{l}$$

$$\Leftrightarrow F/I \cdot l = 0,0043 \text{ N/A} = B \quad (\text{experimenteller Wert})$$

Definition:

$$F/I \cdot l = B \quad F = B \cdot I \cdot l$$

(wird definiert über die Kraft auf einen Indikator im magnetischen Feld)

B ist die „magnetische Flussdichte“

unserer langen Luftspule (luftgefüllten Spule) mit der Länge $l=1\text{m}$ und der Windungszahl $N=1330$, die von einem Strom $I=2,3\text{ A}$ durchflossen wird!

In der Formelsammlung ist die Flussdichte folgendermaßen angegeben:

Flussdichte einer langen Spule:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot N \cdot I / l$$

Diese Formel werden wir später noch selbst herleiten!

μ_0 ist die magnetische Feldkonstante und entspricht der elektrischen Feldkonstante ϵ_0 .

μ_r ist die so genannte Permeabilitätszahl und beschreibt die Verstärkung des Magnetfeldes durch ein eingebrachtes Medium. Sie entspricht der Dielektrizitätszahl ϵ_r im elektrischen Feld.

Mit den Daten unseres Versuchs ergibt sich für unsere Spule eine Flussdichte von $B \approx 0,0038\text{ T}$ (theoretischer Wert).

Errechnung des relativen Fehlers unseres Experiments:

$$\text{rel. Fehler} = (B_{\text{experimentell}} - B_{\text{theoretisch}}) / B_{\text{theoretisch}}$$

$$\Rightarrow \Delta \approx +13,16\%$$

Überprüfung der Einheit der Flussdichte:

$$\begin{aligned} [B] &= \text{T (Tesla)} \\ &= \text{N/A} \cdot \text{m} \\ &= \text{V} \cdot \text{s/m}^2 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} ? \text{ Stimmen die Einheiten} \\ = \text{überein?} \end{array}$$

Dimensionsprobe :

$$\text{N/A} \cdot \text{m} = \text{Nm/A} \cdot \text{m} = \text{J/A} \cdot \text{m} = \text{W} \cdot \text{s/A} \cdot \text{m} = \text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s/A} \cdot \text{m} = \text{V} \cdot \text{s/m}$$

Bildquellen:

http://www-aix.gsi.de/~wolle/TELEKOLLEG/ELEKTRIK/abb1_f8.html

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/thumb/4/49/Rechte_Daumen_Regel.png/180px-Rechte_Daumen_Regel.png

oder selbst erstellt von Lisa Hasse mit Paint