

Elektrizitätslehre

Magnetostatik

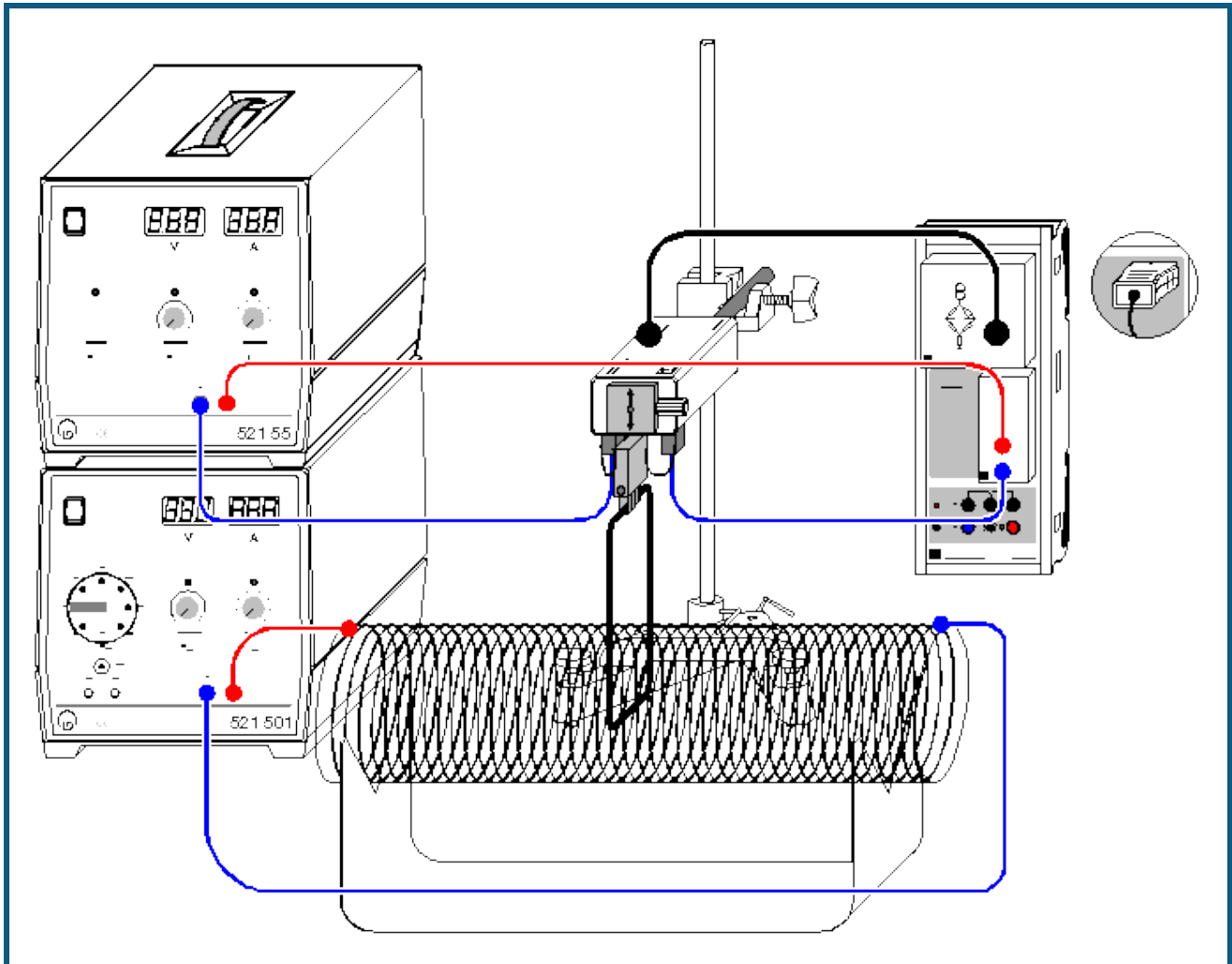
Kraftwirkungen im magnetischen Feld

Kraftmessung an einem stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld einer Luftspule - Aufzeichnung mit CASSY

Beschreibung aus CASSY Lab 2

Zum Laden von Beispielen und Einstellungen bitte die CASSY Lab 2-Hilfe verwenden.

Kraft im magnetischen Feld einer Luftspule



auch für [Pocket-CASSY](#) und [Mobile-CASSY](#) geeignet

Versuchsbeschreibung

Die magnetische Flussdichte oder einfacher das Magnetfeld $\mathbf{B}$ ist eine vektorielle Größe. Auf eine Ladung q , die sich mit der Geschwindigkeit $\mathbf{v}$ im Magnetfeld $\mathbf{B}$ bewegt, wirkt eine Kraft $\mathbf{F}$, die von Größe und Richtung der Geschwindigkeit und von Stärke und Richtung des Magnetfeldes abhängt. Es gilt

$$\mathbf{F} = q \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B}).$$

Diese sog. Lorentz-Kraft $\mathbf{F}$ ist ebenfalls eine vektorielle Größe und steht senkrecht auf der Ebene, die durch $\mathbf{v}$ und $\mathbf{B}$ aufgespannt wird.

Die Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld kann man auffassen als die Summe der Einzelkräfte auf die bewegten Ladungsträger, die den Strom bilden. Auf jeden einzelnen Ladungsträger q , der sich mit der Driftgeschwindigkeit $\mathbf{v}$ bewegt, wirkt die Lorentzkraft $\mathbf{F}$. Bei einem geraden Leiter resultiert daraus die Gesamtkraft

$$\mathbf{F} = q \cdot nAs \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B}),$$

denn die Anzahl der Ladungsträger im Leiter ist das Produkt aus Ladungsträgerdichte n , Leiterquerschnitt A und der Länge s des im Magnetfeld befindlichen Leiterabschnitts.

Es ist üblich, den Vektor $\mathbf{s}$ einzuführen, der in Richtung des Leiterabschnitts zeigt. Außerdem entspricht das Produkt $qnAv$ der Stromstärke I . Damit ist die Kraft eines Magnetfeldes auf einen geraden stromdurchflossenen Leiterabschnitt gegeben durch

$$\mathbf{F} = I \cdot (\mathbf{s} \times \mathbf{B})$$

bzw. der Betrag der Kraft durch

$$F = I \cdot s \cdot B,$$

wenn **s** und **B** senkrecht zueinander stehen. Kraft **F** und Stromstärke **I** sind also proportional zueinander mit dem Proportionalitätsfaktor **s**·**B**.

Im Experiment wird die Kraft auf eine Leiterschleife im homogenen Magnetfeld einer Luftspule in Abhängigkeit vom Leiterschleifenstrom **I** gemessen. Das homogene Magnetfeld wird in einer langen geschlitzten Luftspule erzeugt, wobei eine am Kraftsensor befestigte Leiterschleife der Länge **s** = 8 cm in den Schlitz eintaucht. Nur der horizontale Teil des Leiters erzeugt eine Kraftkomponente, die vom Kraftsensor gemessen werden kann. Aus der Proportionalität zwischen Kraft **F** und Leiterschleifenstrom **I** kann somit die magnetische Flussdichte **B** bestimmt werden.

Die Luftspule hat den Vorteil, dass die magnetische Flussdichte **B** in ihrem Innern leicht berechnet und mit dem experimentell ermittelten Wert verglichen werden kann. Für eine lange Luftspule gilt

$$B = \mu_0 \cdot N \cdot I_C / L$$

mit der magnetischen Feldkonstanten $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$, der Windungszahl **N** der Luftspule, dem Spulenstrom **I_C** und der Länge **L** der Luftspule.

Benötigte Geräte

1	Sensor-CASSY	524 010 oder 524 013
1	CASSY Lab 2	524 220
1	Brücken-Box	524 041
	mit Kraftsensor und	314 261
	Verbindungskabel, 6polig, 1,5 m	501 16
	oder	
1	Kraftsensor S, ±1 N	524 060
1	30-A-Box	524 043
1	Leiterschleifenhalter	314 265
1	Leiterschleifen für Kraftmessung	516 34
1	Feldspule d = 120 mm	516 244
1	Ständer für Rohre und Spulen	516 249
1	Hochstrom-Netzgerät	521 55
1	AC/DC Netzgerät 0...15 V	521 501
1	Kleiner Stativfuß, V-förmig	300 02
1	Stativstange, 47 cm	300 42
1	Leybold-Muffe	301 01
1	Experimentierkabel, 50 cm, blau	501 26
2	Experimentierkabel, 100 cm, rot	501 30
2	Experimentierkabel, 100 cm, blau	501 31
1	PC mit Windows XP/Vista/7/8	

Versuchsaufbau (siehe Skizze)

Der Kraftsensor hält die 8 cm lange Leiterschleife mit dem Leiterschleifenhalter und wird so positioniert, dass die Leiterschleife in den Schlitz der Luftspule eintaucht. Die Leiterschleife darf die Luftspule hierbei nicht berühren. Die beiden 4-mm-Buchsen auf der Unterseite des Kraftsensors sind als Einspeisepunkte für den Leiterschleifenhalter gedacht. Sie sind intern nicht beschaltet. Der Kraftsensor wird über die Brückenbox an Eingang A des Sensor-CASSYs angeschlossen.

Der Strom fließt vom 20-A-Netzgerät über die 30-A-Box auf Eingang B des Sensor-CASSYs durch die Leiterschleife und wieder zurück zum Netzgerät. Der Strom des zweiten 5-A-Netzgerätes fließt durch die Luftspule.

Versuchsdurchführung

■ Einstellungen laden

- In [Einstellungen Kraft FA1](#) Kraftsensor durch → **0** ← auf Null setzen und falls erforderlich durch **LED an/aus** die Smooth-LED auf der Brücken-Box einschalten
- Evtl. in [Einstellungen Strom IB1](#) den Stromwert durch → **0** ← auf Null setzen
- Am Netzteil der Luftspule etwa $I_C = 5 \text{ A}$ einstellen
- Leiterschleifenstrom **I** von 0-20 A in 2 bis 5 A Schritten durchfahren und jeweils Messwerte mit  aufnehmen. Eine Fehlmessung kann durch [Tabelle → Letzte Tabellenzeile löschen](#) wieder aus der Tabelle entfernt werden
- Falls nur negative Kräfte gemessen werden, Anschlüsse am Leiterschleifenhalter vertauschen
- Zügig experimentieren, da Leiterschleife und Leiterschleifenhalter nur kurzzeitig mit 20 A belastet werden dürfen

- Leiterschleifenstrom am Ende wieder auf 0 A stellen

Auswertung

Die Kraft steigt linear mit Zunahme des Stroms an. Der Proportionalitätsfaktor $F/I = B \cdot s$ ergibt sich aus der Steigung einer [Ausgleichsgeraden](#). Daraus lässt sich nun die magnetische Feldstärke B bestimmen.

Im Beispiel ist $F/I = 0,138 \text{ mN/A}$ und mit $s = 0,08 \text{ m}$ folgt $B = 1,725 \text{ mT}$.

Aus $B = \mu_0 \cdot N \cdot I_C / L$ ergibt sich mit den Werten $\mu_0 = 1,257 \text{ } \mu\text{Vs/Am}$, $N = 120$, $I_C = 4,75 \text{ A}$ und $L = 0,41 \text{ m}$ der berechnete Wert von $B = 1,75 \text{ mT}$. Die beiden Ergebnisse stimmen im Rahmen der Messgenauigkeit gut überein.