



## AUFGABEN

- Messung der Kraft auf einen stromführenden Leiter in Abhängigkeit von der Stromstärke.
- Messung der Kraft auf einen stromführenden Leiter in Abhängigkeit von der Länge.
- Kalibrierung des Magnetfeldes.



Technische Informationen zu den Geräten finden Sie unter [3bscientific.com](http://3bscientific.com)

# 1

## ZIEL

Messung der Kraft auf einen stromführenden Leiter in einem Magnetfeld

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Stromwaage beruht auf *André-Marie Ampères* Experimenten zum elektrischen Strom. Sie misst die Lorentz-Kraft auf einen stromführenden Leiter in einem Magnetfeld mit Hilfe einer Waage. Im vorliegenden Experiment hängt der Stromleiter an einer starren Aufhängung und übt eine zur Lorentz-Kraft dem Betrag nach gleiche Gegenkraft auf den Permanentmagneten aus, der das Magnetfeld erzeugt. Dadurch ändert sich scheinbar das Gewicht des Permanentmagneten.

## BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Gerätesatz Stromwaage	1019188
1	Elektronische Waage Scout Pro 200 g (230 V, 50/60 Hz)	1009772
1	DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312
1	Stativstange, 250 mm	1002933
1	Stativfuß, 3-Bein, 150 mm	1002835
1	Zweipoliger Umschalter	1018439
3	Paar Experimentierkabel 1 mm <sup>2</sup> , 75 cm	1002850

## ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Stromwaage beruht auf *André-Marie Ampères* Experimenten zum elektrischen Strom. Sie misst die Kraft auf einen stromführenden Leiter in einem Magnetfeld mit Hilfe einer Waage. Im Experiment misst eine moderne elektronische Präzisionswaage das Gewicht eines Permanentmagneten. Das Gewicht ändert sich gemäß dem 3. Newton'schen Axiom, wenn durch das Magnetfeld eine Lorentz-Kraft auf einen eintauchenden stromführenden Leiter ausgeübt wird.

Auf der Waage liegt ein Permanentmagnet, der ein horizontales Magnetfeld  $B$  erzeugt. In diese Anordnung taucht senkrecht zum Magnetfeld ein horizontaler Stromleiter der Länge  $L$  ein, der an einem starren Balken hängt. Auf den Leiter wirkt die Lorentz-Kraft

$$(1) \quad F_L = N \cdot e \cdot v \times B,$$

$e$ : Elementarladung,  
 $N$ : Gesamtzahl aller an der Stromleitung beteiligten Elektronen

Die mittlere Driftgeschwindigkeit  $v$  ist umso größer, je größer der Strom  $I$  durch den Leiter ist:

$$(2) \quad I = n \cdot e \cdot A \cdot v$$

$n$ : Anzahldichte aller an der Stromleitung beteiligten Elektronen,  
 $A$ : Querschnittsfläche des Leiters

Wegen

$$(3) \quad N = n \cdot A \cdot L$$

$L$ : Länge des Leiters

erhält man insgesamt

$$(4) \quad F_L = I \cdot L \cdot e \times B$$

oder

$$(5) \quad F_L = I \cdot L \cdot B$$

da der in Richtung des Leiters weisende Einheitsvektor  $e$  senkrecht zum Magnetfeld steht. Gemäß dem dritten Newton'schen Axiom wird eine Gegenkraft  $F$  gleichen Betrages auf den Permanentmagneten ausgeübt. Je nach Vorzeichen wird dadurch das Gewicht  $G$  des Permanentmagneten auf der Waage vergrößert oder verkleinert. Dank der Tarafunktion der Waage lässt sich das Gewicht  $G$  elektronisch kompensieren, so dass die Waage unmittelbar die Gegenkraft  $F$  anzeigt.

## AUSWERTUNG

Es zeigt sich, dass sich die Stromabhängigkeit der Lorentz-Kraft gut durch eine Ursprungsgerade beschreiben lässt (Abb. 2). Bei der Längenabhängigkeit ist dies nicht der Fall (Abb. 3), da hier Randeffecte an den Leiterenden eine Rolle spielen. Das Magnetfeld des voll bestückten Permanentmagneten wird aus den Geradensteigungen  $a_2 = B L$  in Abb. 2 und  $a_3 = B I$  in Abb. 3 berechnet.

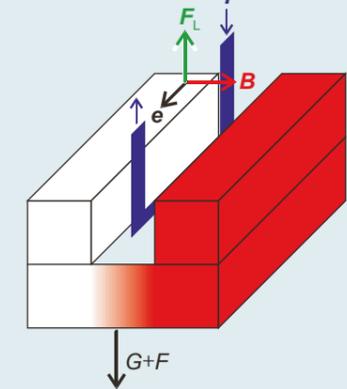


Abb. 1: Schematische Darstellung zur Lorentz-Kraft  $F_L$  auf den stromführenden Leiter und zur Gesamtkraft  $G + F$  auf die Waage.

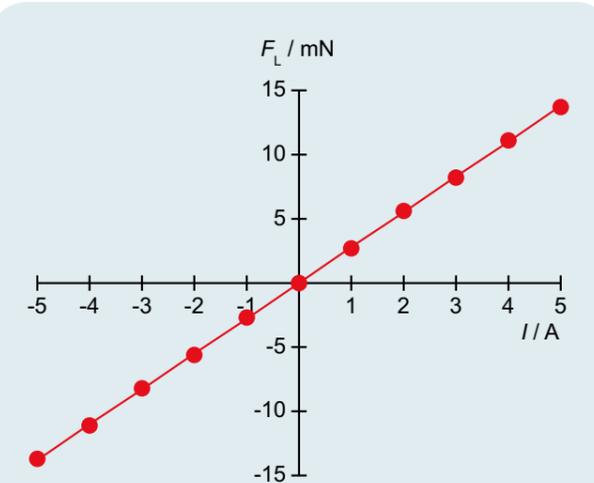


Abb. 2: Kraft  $F_L$  in Abhängigkeit von der Stromstärke  $I$

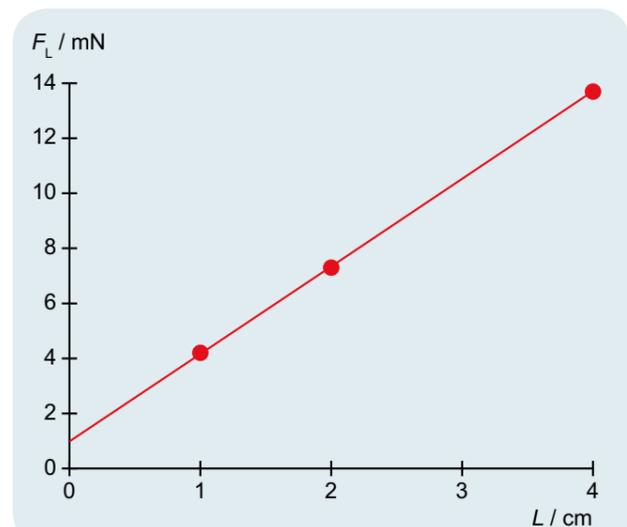


Abb. 3: Kraft  $F_L$  in Abhängigkeit von der Leiterlänge  $L$