

In den letzten Kapiteln haben wir die magnetische Flussdichte mehrfach mit Teslametern gemessen. Diese arbeiten mit sogenannten Hallsonden.

In den Bildchen ist deren Funktionsprinzip dargestellt. Ladungen bewegen sich (Strom!) durch ein Metallplättchen, das senkrecht von einem Magnetfeld durchsetzt wird.

a) Stelle im ersten Bild die auftretende Kraft mit einem Pfeil dar und zeichne die Bahnkurve der Ladung.

b) Könnte die Ladung im zweiten Bild den Anschlusspunkt der Leitung erreichen?

c) Erläutere die Auswirkung der Überlegungen in a) und b) auf die Ladungssituation an der Ober- und Unterkante des Plättchens. Stelle dies im dritten Bild farblich dar.

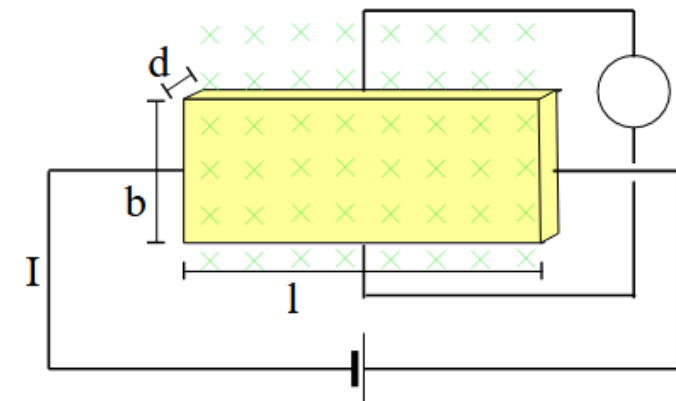
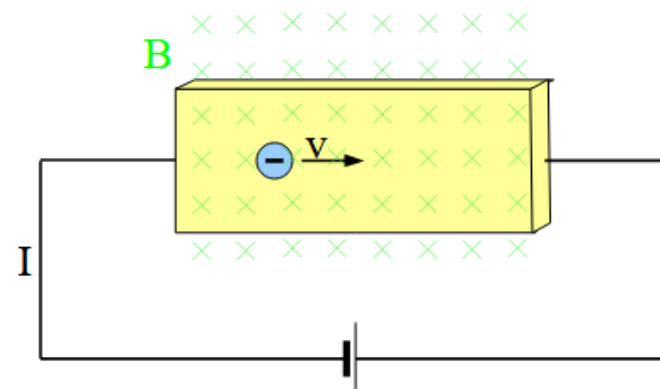
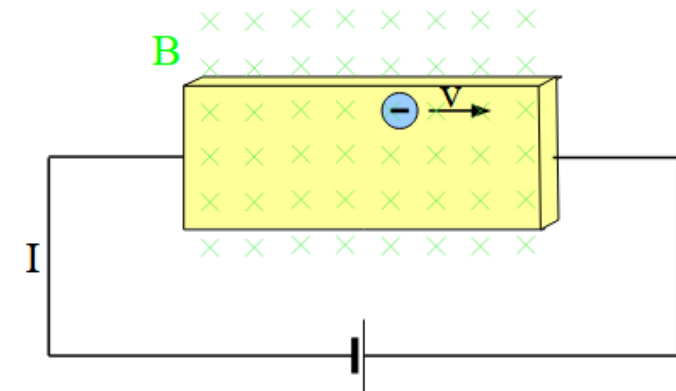
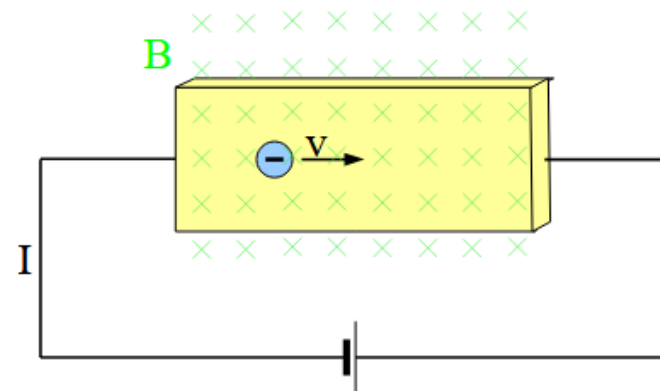
d) Benenne die zusätzliche Kraft, die jetzt auf Ladungen wirkt. Zeichne im dritten Bild beide Kräfte so ein, dass sich die Ladung waagrecht bewegt.

3.6 Halleffekt

Zweck:

Magnetische Flussdichten messen wir in technischen Anwendungen mit Hilfe von Messsonden, die auf dem sogenannten Halleffekt beruhen.

Prinzip:



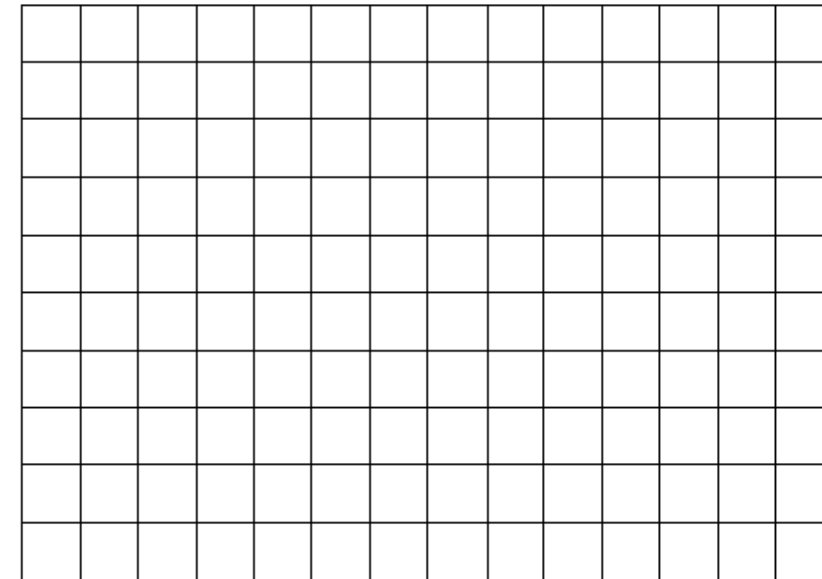
Stelle das gezeichnete Kräftegleichgewicht an Hand einer Gleichung dar und leite damit eine Formel für die Hallspannung her in Abhängigkeit von Flussdichte B , Teilchengeschwindigkeit v und Plättchenbreite b .

Hallspannung (Herleitung)

*Im Experiment messen wir mit Hilfe eines empfindlichen Voltmeters die Hallspannung an einem Wismutplättchen, ein veränderliches Magnetfeld wird durch einen Elektromagneten erzeugt. Eine Abbildung des Experiments findest Du auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Bewegte Ladungen in Feldern - Halleffekt Grund-wissen**. Notiere die Messwerte und stelle sie in einem $B - U_H$ -Diagramm dar. Erkläre den Zusammenhang des experimentellen Befundes mit der Herleitung auf dieser Folie.*

Experiment: Hallspannung an Wismutprobe bei 4,0 A

B in mT	U_H in μV
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	



Die Geschwindigkeit der Elektronen ist messtechnisch nicht erfassbar, stattdessen messen wir die Stromstärke, die als Messgröße die Ladungsbewegung quantifiziert.

Folgende Herleitung ersetzt die Teilchengeschwindigkeit v durch die Stromstärke I . Dabei wird als neue Größe die **Ladungsträgerdichte** $n = N/V$ eingeführt, die die Anzahl der Ladungen pro Volumen angibt. Ihr Wert ist abhängig vom Material des verwendeten Plättchens.

Arbeite die Herleitung durch und bespreche sie mit deinem Nachbarn. Welche Forderung ist an die Hallkonstante des Materials zu stellen, damit unser Experiment besonders gut gelingt? (Wismut ist ein sogenanntes Halbmetall, bei diesen ist die Forderung besonders gut erfüllt.)

Zusammenhang mit dem Material des Plättchens (Herleitung):

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{N \cdot e}{t} = \frac{n \cdot V \cdot e}{t} = \frac{n \cdot b \cdot d \cdot l \cdot e}{t} = n \cdot b \cdot d \cdot v \cdot e$$

$$n = \frac{N}{V}$$

$$V = b \cdot d \cdot l$$

$$v = \frac{l}{t}$$

$$\rightarrow v = \frac{I}{n \cdot b \cdot d \cdot e}$$

eingesetzt in (1):
$$U_H = \frac{I}{n \cdot b \cdot d \cdot e} \cdot B \cdot b$$

Die Hallspannung lässt sich berechnen mit
$$U_H = \frac{1}{n \cdot e} \cdot \frac{I \cdot B}{d}$$

wobei die **Hallkonstante**
$$R_H = \frac{1}{n \cdot e}$$
 vom Material abhängt.

n = Ladungsträgerdichte (Anzahl Ladungen pro Volumen)

Training

a) Berechne die Hallkonstante für Wismut aus dem letzten Wert unserer Messreihe (im Versuch $d = 2,0 \text{ mm}$) und vergleiche mit dem Literaturwert

$$R_{H,Bi} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{C}.$$

b) Wir haben in diesem Kapitel zwei unterschiedliche Formeln für die Hallspannung hergeleitet. Stelle die beiden Übereinstimmungen dar, die sich einmal direkt, einmal indirekt beim Vergleich der beiden Formeln zeigen.

c) In der Technik und in der Medizin nutzt man den Hall-effekt nicht nur, um magnetische Flussdichten zu messen, sondern auch für die Messung der Fließgeschwindigkeit von Flüssigkeiten. Erläutere das Vorgehen dabei.

Selbst-Check:

- Prinzip Halleffekt
- Hallspannung und magnetische Flussdichte
- Hallkonstante
- Anwendungen des Halleffektes

Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik findest Du Aufgaben zum Thema unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Bewegte Ladungen in Feldern - Halleffekt Aufgaben**. Gut passen die Aufgaben zur "**medizinischen Anwendung**" und zum "**Goldplättchen**".