

# Aufgaben zum Hall-Effekt

Hall1.doc

**1.Aufgabe:** Eine Kupferfolie ( $d = 10^{-5} \text{ m}$ ) wird von einem Strom der Stärke 10 A durchflossen. Im Magnetfeld  $B = 0,43 \text{ T}$  wird die Hall-Spannung  $U_H = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ . Berechnen Sie die Hall-Konstante, die Beweglichkeit  $u$  und die Dichte der Elektronen. Berechnen Sie daraus die Anzahl der freien Elektronen in 1 mol Kupfer und vergleichen Sie mit der Avogadro-Konstanten.

**2.Aufgabe:** Wie groß darf die elektrische Feldstärke in einem Silberdraht höchstens sein, damit die in der Technik zulässige Stromdichte ("Strombelastung") = 6 nicht überschritten wird? Spezifischer Widerstand von Silber  $\rho_{\text{Silber}} = 1,5 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ . Welche Spannung ist an einem 60 cm langen Silberdraht mit 0,8 mm Durchmesser zu legen, um diese Feldstärke zu erreichen? Wie groß ist dann die Stromstärke? Welche mittlere Driftgeschwindigkeit haben die Leitungselektronen bei der Anzahldichte  $n = 7,0 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ?

**3.Aufgabe:** Berechnen Sie die Spannung, die beim Hallversuch an das Silberblech angelegt wurde und zum Querstrom  $I$  führte (Länge des Bleches 6 cm, Breite des Bleches 2 cm, spez. Widerstand  $\rho_{\text{Silber}} = 1,5 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ). Bestimmen Sie die Beweglichkeit der Elektronen im Silberblech.

**4.Aufgabe:** Welche Strecke könnte ein Elektron in dem Silberblech des Hallversuchs zwischen zwei Stößen zurücklegen, wenn es sich mit der mittleren Driftgeschwindigkeit bewegen würde? Vergleichen Sie diese Strecke mit dem Abstand benachbarter Silberionen.

**5.Aufgabe:** Beim Hallversuch wird die Hallspannung  $U_H$  an zwei gegenüberliegenden Punkten an den Längsseiten des Silberbleches abgegriffen. Diese Punkte müssen trotz Querstrom  $I$  ohne Magnetfeld gleiches Potential haben. Erklären Sie dies.

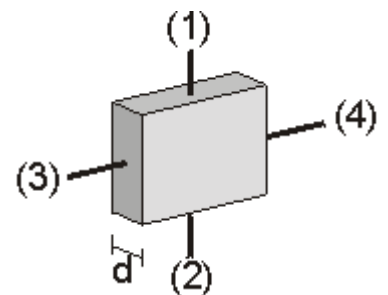
**6. Aufgabe:** Diskutieren Sie die Polung der Hall-Spannung, wenn a) nur positive, b) positive und negative Ladungsträger gleichermaßen frei beweglich wären.

**7.Aufgabe:** Wie kann man mithilfe einer Hall-Sonde die Richtung der Feldlinien eines Magnetfeldes bestimmen?

**8.Aufgabe:** Zwischen den Rändern einer 2,5 cm breiten Metallfolie misst man in einem Magnetfeld  $B = 0,28 \text{ T}$  die Spannung  $U_H = 12 \mu\text{V}$ . Wie schnell sind die Elektronen?

**9.Aufgabe:** Eine Kupferfolie ( $d = 10 \mu\text{m}$ ) wird von einem Strom der Stärke 10 A durchflossen. Im Magnetfeld  $B = 0,43 \text{ T}$  wird die Hall-Spannung  $U_H = 22 \mu\text{V}$  gemessen. Berechnen Sie die Hall-Konstante von Kupfer und die Dichte  $n$  der Elektronen. Berechnen Sie daraus die Anzahl der freien Elektronen in 1 mol Kupfer und vergleichen Sie diese mit der Avogadro-Konstante.

**10.Aufgabe:** Erläutern Sie kurz, unter welchen Bedingungen in einem quaderförmigen Silberplättchen (siehe Skizze) zwischen den Anschlüssen (1) und (2) ein Hallspannung  $U_H$  auftritt. Geben Sie die Polung von  $U_H$  unter der Voraussetzung an, dass der Ladungstransport durch freibewegliche Elektronen erfolgt.



b) Bei einer Hall-Sonde wird ein Silberplättchen der Dicke  $d = 0,012 \text{ mm}$  verwendet. Die Hall-Konstante  $R_H = 1 / (n \cdot e)$  von Silber beträgt bei Zimmertemperatur  $0,90 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{C}$ ; dabei bezeichne  $n$  die Ladungsträgerdichte und  $e$  die Elementarladung. In einem Magnetfeld ergibt sich bei einem Sondenstrom von 10 A eine Hall-

Spannung von  $1,7 \cdot 10^{-5}$  V. Berechnen Sie die Flussdichte B. Berechnen Sie ferner, wie viele Elektronen pro Silberatom im Mittel dem "freien Elektronengas" zugeordnet werden können.

c) Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus zur Bestimmung der Hall-Konstanten  $R_H$  eines Plättchens an.

Für eine Hall-Sonde aus dem Halbleitermaterial Germanium mit der Dicke  $d = 1,0$  mm wurden folgende Messreihen aufgenommen:

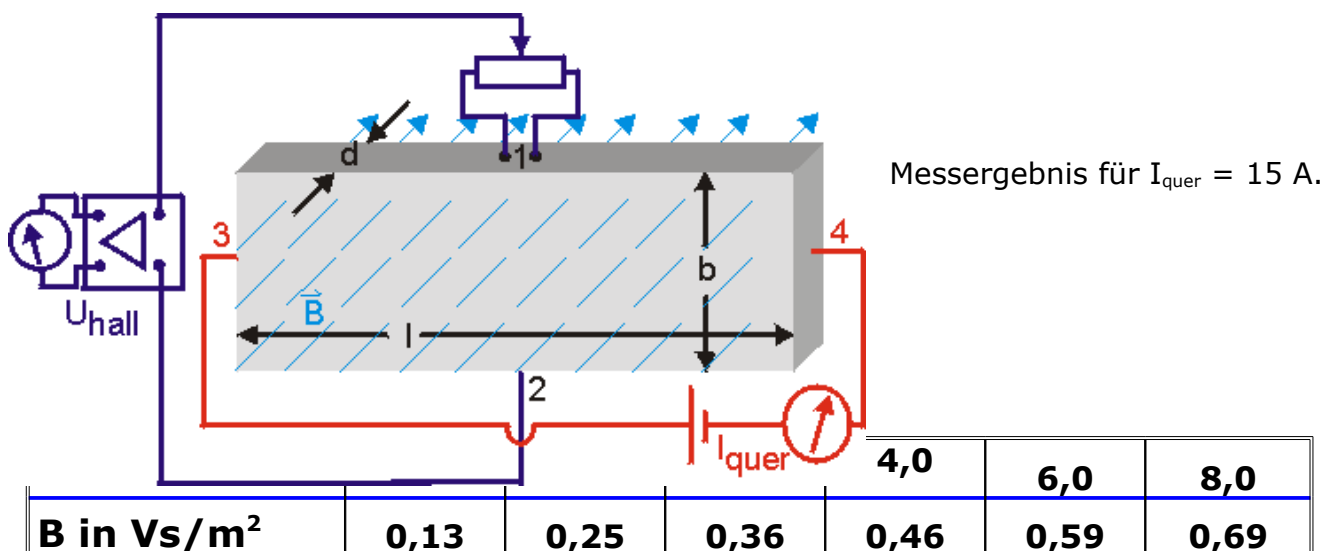
für $B = 10$ mT:	I in mA	10	15	20	25
	$U_H$ in mV	1,4	2,1	2,9	3,7
für $B = 20$ mT:	I in mA	10	15	20	25
	$U_H$ in mV	2,8	4,3	5,7	7,3
für $B = 30$ mT:	I in mA	10	20	30	40
	$U_H$ in mV	4,4	8,8	13,1	17,5

d) Welche Zusammenhänge zwischen Hall-Spannung  $U_H$ , Sondenstrom I und Flussdichte B lassen sich damit belegen? Werten Sie die Messreihen entsprechend aus.

e) In einem weiteren Experiment kann gezeigt werden, dass die Hall-Spannung  $U_H$  bei konstanter Flussdichte B und konstantem Sondenstrom I umgekehrt proportional zur Dicke d des Plättchens ist. Welche Proportionalitätskonstante (Hall-Konstante  $R_H$ ) ergibt sich aus der Messreihe unter der Annahme, dass auch für Germanium  $R_H = 1/(n \cdot e)$  gilt?

f) Berechnen Sie unter Verwendung der Ergebnisse bzw. Angaben der Teilaufgaben 10b und 10e das Verhältnis der Ladungsträgerdichten von Silber und Germanium.

**11. Aufgabe:** Man lässt den Querstrom  $I_{\text{quer}}$  während des gesamten Teilversuchs konstant durch das Silberplättchen fließen und erhöht in Schritten von 1 A den Spulenstrom und damit das Magnetfeld. Dabei ist darauf zu achten, dass zu Beginn der Restmagnetismus abgebaut wurde und dass man während des Versuchs den Strom nur steigern, nicht mindern darf.



<b><math>U_{\text{Hall}}</math> in <math>10^{-6}</math> V</b>	<b>2,2</b>	<b>4,8</b>	<b>7,5</b>	<b>9,0</b>	<b>11,9</b>	<b>13,6</b>
---	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

Fertigen Sie ein  $B$ - $U_{\text{Hall}}$ -Diagramm an.

**12.Aufgabe:** man lässt den Spulenstrom und damit das Magnetfeld während des gesamten Teilversuchs konstant und variiert den Querstrom  $I_{\text{quer}}$

<b><math>I_{\text{quer}}</math> in A</b>	<b>4,0</b>	<b>8,0</b>	<b>12,0</b>	<b>16,0</b>
<b><math>U_{\text{hall}}</math> in <math>10^{-6}</math> V</b>	<b>4,4</b>	<b>9,0</b>	<b>12,6</b>	<b>16,4</b>
<b><math>U_{\text{hall}}/I_{\text{quer}}</math> in <math>10^{-6}</math> V/A</b>				

Berechnen Sie den Quotienten  $U_{\text{Hall}}/I_{\text{quer}}$ .

**13.Aufgabe:**

a) Beschreiben Sie den Versuchsaufbau und -ablauf beim HALL-Effekt! Skizzieren Sie dazu eine quaderförmige Metallplatte der Länge  $L = 3,5$  cm, der Höhe  $b = 3,5$  mm und der Tiefe  $d = 0,05$  mm. Das  $B$ -Feld soll aus der Zeichenebene herausweisen. Erklären Sie das Auftreten der Hallspannung. Kennzeichnen Sie die Kräfte, die auf ein Elektron wirken, durch Vektorpfeile. Die Polung der Hallspannung ist anzugeben (Mit Begründung).

b) Leiten Sie die Gleichung für die HALL-Spannung her.

$$U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$$

$R_H$  = HALL-Konstante. Dabei ist  $n_e$  die Elektronen dichte. Hinweis: Verwenden Sie bei der Herleitung die Gleichung:  $I = n_e \cdot e \cdot v_D \cdot A$  mit der Driftgeschwindigkeit  $v_D$  und der Querschnittsfläche  $A$ .

c) Bei einem Versuch zum HALL-Effekt bei Silber wurde eine HALL-Spannung von 16 mV gemessen. Die Stromstärke betrug 6,3 A, die magnetische Feldstärke  $B = 1,2$  T und die Dicke  $d = 0,05$  mm. Berechnen Sie die HALL-Konstante  $R_H$  und die Elektronendichte  $n_e$ .

d) Für Wismut beträgt die HALL-Konstante  $R_H = 5 \cdot 10^{-7}$  m<sup>3</sup>/As. Berechnen Sie die magnetische Flussdichte  $B$ , wenn bei einer Stromstärke von 5 A eine Hallspannung von 25 mV gemessen wird,  $d = 0,05$  mm

<b><math>I_{\text{sp}}</math> in A</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>6,0</b>	<b>8,0</b>
<b>B in Vs/m<sup>2</sup></b>	<b>0,13</b>	<b>0,25</b>	<b>0,36</b>	<b>0,46</b>	<b>0,59</b>	<b>0,69</b>

<b><math>U_{\text{Hall}}</math> in <math>10^{-6}</math> V</b>	<b>2,2</b>	<b>4,8</b>	<b>7,5</b>	<b>9,0</b>	<b>11,9</b>	<b>13,6</b>
---	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

Fertigen Sie ein  $B$ - $U_{\text{Hall}}$ -Diagramm an.

**12.Aufgabe:** man lässt den Spulenstrom und damit das Magnetfeld während des gesamten Teilversuchs konstant und variiert den Querstrom  $I_{\text{quer}}$

<b><math>I_{\text{quer}}</math> in A</b>	<b>4,0</b>	<b>8,0</b>	<b>12,0</b>	<b>16,0</b>
<b><math>U_{\text{Hall}}</math> in <math>10^{-6}</math> V</b>	<b>4,4</b>	<b>9,0</b>	<b>12,6</b>	<b>16,4</b>
<b><math>U_{\text{Hall}}/I_{\text{quer}}</math> in <math>10^{-6}</math> V/A</b>				

Berechnen Sie den Quotienten  $U_{\text{Hall}}/I_{\text{quer}}$ .

**13.Aufgabe:**

a) Beschreiben Sie den Versuchsaufbau und -ablauf beim HALL-Effekt! Skizzieren Sie dazu eine quaderförmige Metallplatte der Länge  $L = 3,5$  cm, der Höhe  $b = 3,5$  mm und der Tiefe  $d = 0,05$  mm. Das  $B$ -Feld soll aus der Zeichenebene herausweisen. Erklären Sie das Auftreten der Hallspannung. Kennzeichnen Sie die Kräfte, die auf ein Elektron wirken, durch Vektorpfeile. Die Polung der Hallspannung ist anzugeben (Mit Begründung).

b) Leiten Sie die Gleichung für die HALL-Spannung her.

$$U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$$

$R_H$  = HALL-Konstante. Dabei ist  $n_e$  die Elektronen dichte. Hinweis: Verwenden Sie bei der Herleitung die Gleichung:  $I = n_e \cdot e \cdot v_D \cdot A$  mit der Driftgeschwindigkeit  $v_D$  und der Querschnittsfläche  $A$ .

c) Bei einem Versuch zum HALL-Effekt bei Silber wurde eine HALL-Spannung von 16 mV gemessen. Die Stromstärke betrug 6,3 A, die magnetische Feldstärke  $B = 1,2$  T und die Dicke  $d = 0,05$  mm. Berechnen Sie die HALL-Konstante  $R_H$  und die Elektronendichte  $n_e$ .

d) Für Wismut beträgt die HALL-Konstante  $R_H = 5 \cdot 10^{-7}$  m<sup>3</sup>/As. Berechnen Sie die magnetische Flussdichte  $B$ , wenn bei einer Stromstärke von 5 A eine Hallspannung von 25 mV gemessen wird,  $d = 0,05$  mm