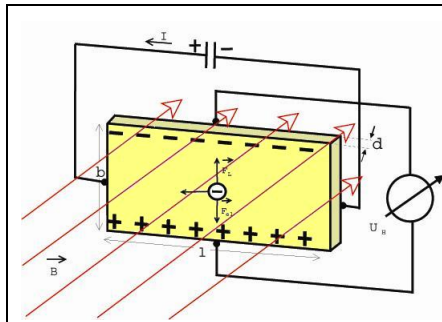
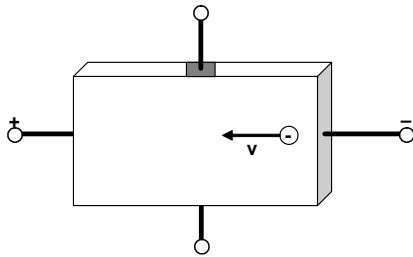


# HALL-Effekt<sup>1</sup> (Messung von Magnetfeldern mit einer Hallsonde)



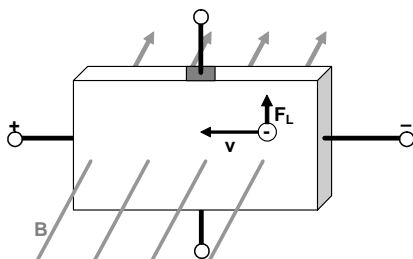
## Versuchsaufbau/Versuchsdurchführung:

- Eine dünne Metallfolie (z.B. eine Silberfolie) wird von einem Gleichstrom durchflossen.
- Zwei einander gegenüberliegende Kontaktstellen am Rand der Folie werden über einen Messverstärker mit einem Spannungsmessgerät verbunden.
- Senkrecht zur Folie wird ein starkes homogenes magnetisches Feld angelegt.



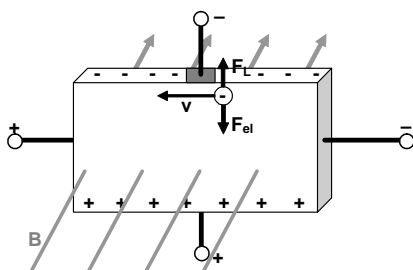
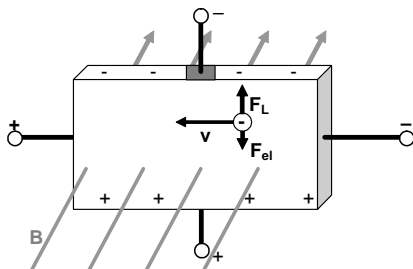
## Kein magnetisches Feld:

- Aufgrund der angelegten Gleichspannung bewegen sich die Elektronen vom Minuspol zum Pluspol der Spannungsquelle.



## Magnetisches Feld senkrecht zur Folie:

- Auf die Elektronen wirkt die Lorentzkraft (senkrecht zur Bewegungsrichtung und senkrecht zum magnetischen Feld).
- Laut Rechter Handregel (bzw. Linker Handregel) werden die Elektronen hier nach oben abgelenkt.
- An der oberen Seite kommt es zu einem Elektronenüberschuss, an der unteren zu einem Elektronenmangel.
- Zwischen der Ober- und Unterseite entsteht ein elektrisches Feld, also eine Spannung, die HALL-Spannung genannt wird.



## Konstante HALL-Spannung:

- Die Elektronen werden durch die Lorentzkraft solange senkrecht zur Stromrichtung abgelenkt, bis die Kraft durch das dadurch entstandene elektrische Feld die Lorentzkraft kompensiert.
- Es stellt sich (vorausgesetzt alle Einflussgrößen bleiben konstant) eine konstante HALL-Spannung ein.

## Halleffekt:

Zwischen zwei gegenüberliegenden Randpunkten eines stromdurchflossenen Leiters, der sich in einem Magnetfeld befindet, entsteht senkrecht zur Richtung des Stroms und senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes eine Spannung.

<sup>1</sup> Benannt ist der Effekt nach dem amerikanischen Physiker Edwin Herbert Hall (1855-1938), der ihn 1879 entdeckte.

## Berechnung der Hallspannung

Durch die <b>Ladungsverschiebung</b> der Elektronen entsteht ein <b>elektrisches Feld</b> .	$E = \frac{U_H}{b}$
Die Elektronen werden durch die <b>Lorentzkraft</b> solange senkrecht zur Stromrichtung abgelenkt, bis die <b>Kraft <math>F_{el}</math></b> durch das dadurch entstandene elektrische Feld die <b>Lorentzkraft <math>F_L</math> kompensiert</b> .	$F_{el} = F_L$ $E \cdot e = e \cdot v \cdot B \quad \left( E = \frac{F}{q} \right)$ $\frac{U_H}{b} \cdot e = e \cdot v \cdot B$ $\Rightarrow U_H = B \cdot b \cdot v$
Befinden sich N Elektronen im Leiter der Länge l, stellt sich eine mittlere <b>Driftgeschwindigkeit v</b> ein.	$v = \frac{l}{t} \Rightarrow t = \frac{l}{v}$
Mit der Stromstärke I ergibt sich für die Driftgeschwindigkeit:	$I = \frac{Q}{t} = \frac{N \cdot e \cdot v}{l} \Rightarrow v = \frac{I \cdot l}{N \cdot e}$
Einsetzen der Driftgeschwindigkeit v in die Gleichung für die <b>HALL-Spannung <math>U_H</math></b> :	$U_H = B \cdot b \cdot \frac{I \cdot l}{N \cdot e} = \frac{B \cdot I}{N \cdot e} \cdot b \cdot l$
Das <b>Volumen der Folie</b> beträgt $V = b \cdot l \cdot d$ .	$U_H = \frac{B \cdot I}{N \cdot e} \cdot \frac{b \cdot l \cdot d}{d} = \frac{B \cdot I \cdot V}{N \cdot e \cdot d} = \frac{V}{N \cdot e \cdot d} \cdot B \cdot I$
Die <b>Ladungsdichte n</b> ist definiert als $n = \frac{N}{V}$ .	$U_H = \frac{1}{n} \cdot \frac{B \cdot I}{e \cdot d} = \frac{1}{n \cdot e} \cdot \frac{B \cdot I}{d}$
Die <b>HALL-Konstante</b> ist definiert als $R_H = \frac{1}{n \cdot e} = \frac{V}{N \cdot e}$ .	$U_H = R_H \cdot \frac{B \cdot I}{d}$

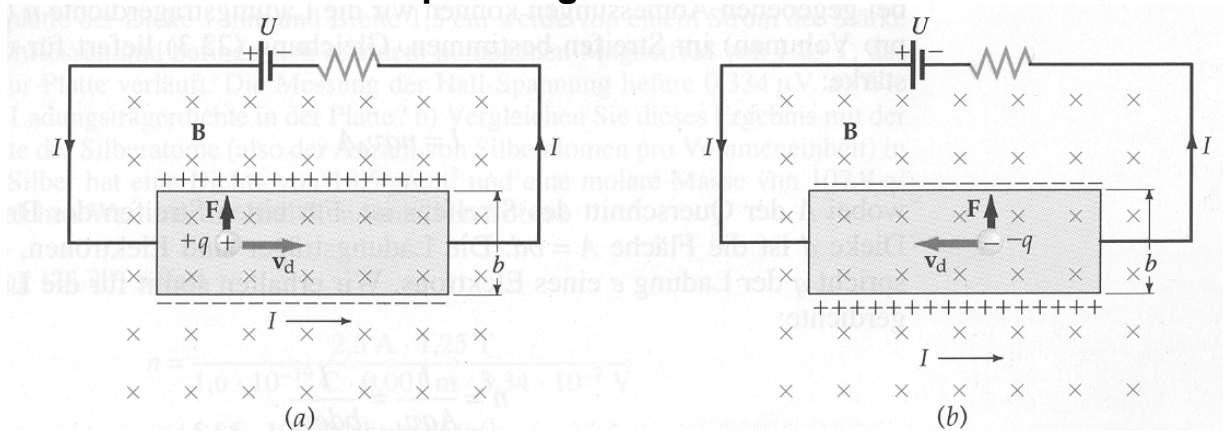
Misst man an einem Metallplättchen der Dicke d, das von einem Strom der Stärke I durchflossen wird die HALL-Spannung  $U_H$ , so ist die Stärke des Magnetfeldes

$$B = \frac{n \cdot e \cdot d \cdot U_H}{I} \quad \text{bzw.} \quad B = \frac{d \cdot U_H}{I \cdot R_H}$$

n...Ladungsdichte im Metall  $n = \frac{N}{V} = \frac{\text{Anzahl der Elektronen}}{\text{Volumeneinheit}}$ ; e...Elementarladung; d...Dicke des Leiters; I...Stromstärke;

$R_H$ ...HALL-Konstante  $R_H = \frac{1}{n \cdot e} = \frac{V}{N \cdot e}$  (siehe TW S. 68) Einheit:  $1 \frac{m^3}{C}$

## Vorzeichen der HALL-Spannung



Die Wirkung der Lorentzkraft auf positiv bewegte Ladungsträger würde (im Vergleich zu Elektronen) eine entgegengesetzte Polung der HALL-Spannung hervorrufen.

- Bei gleicher Stromrichtung ist die Geschwindigkeit entgegengesetzt gerichtet.
- Aufgrund des außerdem entgegengesetzten Vorzeichens der Ladung würden die positiv geladenen Teilchen in dieselbe Richtung wie die Elektronen abgelenkt werden.
- Da die Ladungen, die sich nach oben bewegen aber unterschiedliche Vorzeichen haben, kehrt sich das Vorzeichen der HALL-Spannung um.