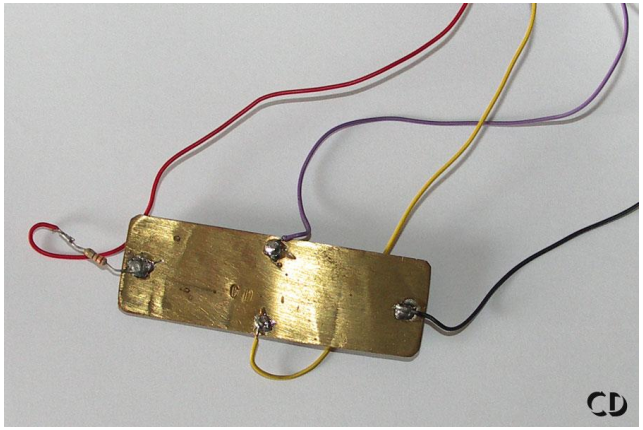
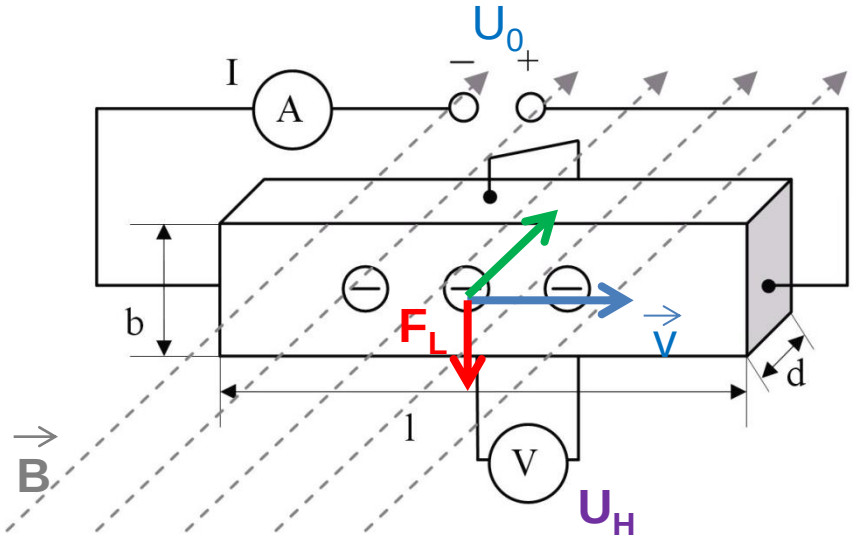
Der Hall-Effekt

Edwin Herbert Hall
amerikanischer Physiker
(1855 – 1938)

► fand 1879 den nach ihm benannten Hall-Effekt zur Messung der magnetischen Flussdichte

Die Hall – Sonde:





Aufbau: - dünnes Metallblättchen (z.B. Cu, Au, HL) der Länge l und Breite b

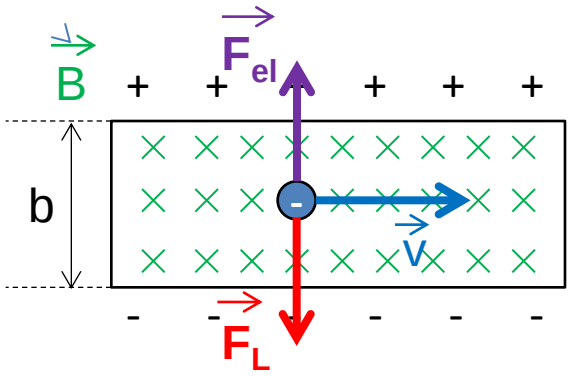
Funktion: - äußere Spannung U_0 erzeugt einen Stromfluss I im Leiter → **Elektronenbewegung**

- **Magnetfeld** der Stärke **B** durchsetzt die Sonde senkrecht zur Elektronenbewegung

- Elektronen erfahren durch die **Lorentzkraft F_L** eine Ablenkung

- zwischen Ober- und Unterseite der Sonde bildet sich ein elektrisches Feld aus → **Entstehung einer Hall-Spannung U_H**

Unter dem **Halleffekt** versteht man die Entstehung einer Spannung an einem stromdurchflossenem Metallblättchen, wenn es senkrecht zum Strom von einem magnetischen Feld durchsetzt wird.



Das sich ausbildende elektrische Feld der Hallspannung erzeugt eine elektrische Feldkraft F_{el} auf die Elektronen.

Lorentzktaft und elektrische Feldkraft sind entgegen gerichtet.

Zwischen beiden Kräften stellt sich ein <u>Kräftegleichgewicht</u> ein.

$$|F_L| = |F_{el}|$$

$$e \cdot v \cdot B = e \cdot E$$

$$e \cdot v \cdot B = e \cdot \frac{U_H}{b}$$

$$\boxed{U_H = b \cdot v \cdot B}$$

Die gemessene Hallspannung ist proportional zur magnetischen Flussdichte.

► Bestimmung der magnetischen Flussdichte:

$$\boxed{B = \frac{U_H}{b \cdot v}}$$

Problem: - Driftgeschwindigkeit v der Ladungsträger ?
- Zusammenhang von Stromstärke I und Geschwindigkeit v ?

b … Breite
l … Länge
d … Dicke

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$U_H = B \cdot v \cdot b$$

$$U_H = B \cdot \frac{I \cdot l}{N \cdot e} \cdot b \qquad | \cdot d$$

$$Q = N \cdot e \qquad I = \frac{N \cdot e}{t}$$

$$U_H \cdot d = \frac{B \cdot I}{N \cdot e} \cdot l \cdot b \cdot d$$

V

$$t = \frac{l}{v} \qquad I = \frac{N \cdot e \cdot v}{l}$$

$$U_H \cdot d = \frac{B \cdot I}{N \cdot e} \cdot V$$

stoff-spezifisch

„gleichförmige Bewegung“

$$v = \frac{I \cdot l}{N \cdot e}$$

$$\frac{V}{N \cdot e} = R_H$$

Hall-Konstante

$$U_H \cdot d = B \cdot I \cdot R_H$$

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

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

Hallspannung (Herleitung s.o.): $$U_H = \frac{B \cdot I \cdot V}{d \cdot N \cdot e}$$

Die Anzahl N der in einer Volumeneinheit V enthaltenen Ladungsträger (Elektronen) kann mit Hilfe der **Ladungsträgerdichte n** beschrieben werden.

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

Hall-Spannung

$$U_H = \frac{B \cdot I}{d \cdot n \cdot e}$$

bzw:

magn. Flussdichte

$$B = \frac{d \cdot n \cdot e}{I} \cdot U_H$$

Lehrplan !

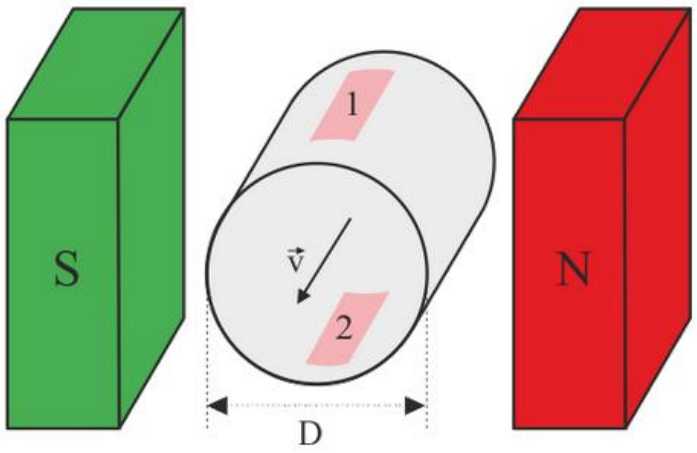
d … Dicke der Hallsonde

n … Elektronendichte

I … Stromstärke durch die Hallsonde

medizinische Anwendung:

… Bestimmung der Durchblutungsgeschwindigkeit in Adern



In einer Ader der Dicke D bewegen sich zusammen mit dem Blut Ionen mit der Durchströmungsgeschwindigkeit v im Feld eines Magneten.

An zwei Elektroden (1 und 2) ist ein empfindliches Spannungsmessgerät angeschlossen.

→ Erklären Sie die Entstehung der Spannung an den Elektroden für bewegte positive und negative Ionen. Geben Sie die Polarität an.

→ Geben Sie die Gleichung für die Hallspannung bei dieser Messung an.

Bei einem Blutgefäß mit D=0,5cm beträgt die Hallspannung bei B=0,5T 0,28mV.

→ Berechnen Sie die Fließgeschwindigkeit v des Blutes.

→ Wie viel Liter Blut fließen je Sekunde durch die Ader?