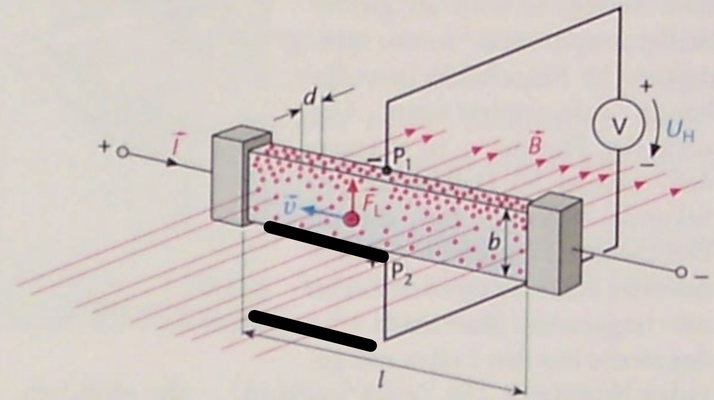
# Der Hall-Effekt
## - Hallsonden -




**b)** Ist das Magnetfeld nach hinten gerichtet und fließt der Strom von links nach rechts, so werden nach der Drei-Finger-Regel die Ladungsträger nach oben abgelenkt

| | |
|---|---|
| Kupfer | $-5{,}3 \cdot 10^{-11}$ m³/C |
| Silber | $-9{,}0 \cdot 10^{-11}$ m³/C |
| Aluminium | $+9{,}9 \cdot 10^{-11}$ m³/C |
| Gold | $-7 \cdot 10^{-11}$ m³/C |
| Platin | $-2 \cdot 10^{-11}$ m³/C |
| Zink | $+6{,}4 \cdot 10^{-11}$ m³/C |
| Bismut | $-5 \cdot 10^{-7}$ m³/C |
| Indiumantimonid (Halbleiter) | $-2{,}4 \cdot 10^{-4}$ m³/C |

$F_L = F_e$

$\Leftrightarrow \quad e v B = e E = e \frac{U_H}{b}$

$\Rightarrow \quad U_H = v b B$

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

$R_H$ = Hallkonstante

$\left(= \frac{1}{n \cdot e}\right)$

$\left(n = \frac{N}{V}\right)$

Um eine möglichst große Hallspannung zu erreichen, mit der das Magnetfeld B bestimmt wird, kann man
- Material mit großem $R_H$ verwenden
- I möglichst groß machen
- den Leiter dünn bauen (kleines d)

**Kombinierte elektrische und magnetische Felder** *Mit gekreuzten E- und B-Feldern lassen sich geladene Teilchen gezielt in eine Richtung lenken bzw. beschleunigen und untersuchen.*

In einem Demonstrationsversuch zum Wien-Filter werden Protonen in einer Röhre mit 3 kV beschleunigt. Am Kondensator (Plattenabstand $d=5cm$ ) des Geschwindigkeitsfilters liegt die Spannung $U_c=10kV$ .

2.1.

a) Erklären Sie die Wirkungsweise des Wien-Filters.

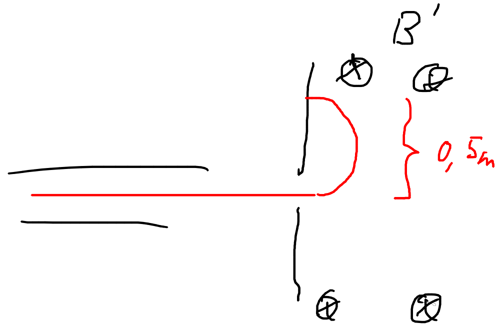
b) Ermitteln Sie die magnetische Feldstärke B, welche die Protonen unabgelenkt passieren lässt.

Hinter dem Wien-Filter befinde sich nun ein Bereich, der von einem magnetischen Feld der Stärke B' durchsetzt ist, dessen Feldlinien parallel zu B verlaufen.

2.2. Berechne die magnetische Feldstärke B', die nötig ist, um das Proton auf eine (Halb-) Kreisbahn mit dem Durchmesser 0,5 m zu zwingen (damit die Ausmaße des Gerätes auf Tischgröße beschränkt werden können).

Nun möchte man schnellere Protonen untersuchen. Dazu beschleunigt man sie vor Eintritt in den Wienfilter mit einem Zyklotron. In diesem ist der maximale Krümmungsradius der Bahnkurve von geladenen Teilchen $R=0{,}8m$ . Die magnetische Feldstärke beträgt $B_z=1{,}5T$ *(Index „Z", damit keine Verwechselung mit B aus 2.1. auftritt).*

2.3. Ermitteln Sie die Potentialdifferenz (= Spannung), die die Protonen in einem elektrischen Feld durchlaufen müssten, um dieselbe Endgeschwindigkeit wie in dem Zyklotron zu erhalten.




2.1./2.3.: siehe Moodle

2.2. $\frac{mv^2}{r} = qvB'$

$\Leftrightarrow \frac{mv}{r} = qB'$ $(r = 0{,}25m)$

$\Leftrightarrow B' = \frac{mv}{qr} = \frac{m\,{}^{E}\!/_{B}}{qr}$

## Die Fadenstrahlröhre


1.1. Schildern sie kurz die Funktionsweise einer Fadenstrahlröhre und erläutern Sie, welche physikalischen Erkenntnisse es liefert.

1.2. Im Fadenstrahlrohr werden Elektronen zunächst mit Hilfe einer Elektronenkanone beschleunigt. Im homogenen Magnetfeld eines stromdurchflossenen Helmholtz-Spulenpaares bewegen sie sich dann auf einer Kreisbahn.

a) Begründen Sie, warum die Elektronen eine Kreisbahn durchlaufen. $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$

Nehmen Sie nun an, dass die Elektronen vertikal nach oben aus der Elektronenkanone herausgeschossen werden. Die Richtung des Magnetfeldes weise von vorn nach hinten (also in die Zeichenebene hinein).

b) Fertigen Sie eine Skizze an. In welche Richtung werden die Elektronen im Fadenstrahlrohr abgelenkt?

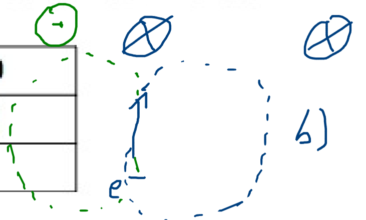
c) Wie ändert sich die Bewegung, wenn das Magnetfeld von hinten nach vorn (also aus der Zeichenebene heraus) weist?

1.3. Für den Radius r gilt in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung $U_a$ und der magnetischen Flussdichte B:

$$r^2 = \frac{2 \cdot m \cdot U_a}{e \cdot B^2}$$ Leiten Sie die angegebene Formel für den (quadratischen) Radius theoretisch her.

1.4. Die magnetische Flussdichte B des Magnetfeldes wird mit Hilfe einer geeigneten Apparatur bestimmt. Es sei hier B = 0,88mT. In Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung $U_a$ wird dann der Radius r der Kreisbahn ausgemessen. Dabei werden die folgenden Wertepaare festgestellt:

| $U_a$ in V | 90 | 110 | 130 | 150 | 170 | 190 | 210 | 230 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| r in cm | 3,7 | 4,2 | 4,5 | 4,8 | 5,1 | 5,4 | 5,8 | 6,0 |
| $r^2$ in $cm^2$ | | | | | | | | |




a) Füllen Sie die dritte Tabellenzeile. Tragen Sie die Werte in ein $U_a$-$r^2$-Diagramm ein ($U_a$ in V nach rechts, $r^2$ in $cm^2$ nach oben), sodass der Graph eine Ursprungsgerade wird. Wählen Sie für die Achsen jeweils einen geeigneten Maßstab.

b) Ermitteln Sie in Ihrer Zeichnung die Steigung der Geraden (in $\frac{cm^2}{V}$ bzw. in $\frac{m^2}{V}$). Bestimmen Sie daraus und mithilfe der oben angegebenen Formel die so genannte spezifische Ladung $\frac{e}{m}$ der Elektronen (in $\frac{C}{kg}$). Vergleichen Sie den gefundenen Wert mit dem Literaturwert.

$$F_Z = F_L$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{m v^2}{r} = e v B \qquad | : v$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{m v}{r} = e B \qquad | \text{ hoch } 2$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{m^2 \, 2 e U}{r^2 \, m} = e^2 B^2$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{m \, 2 U}{e B^2} = r^2$$

$$E_{kin} = E_{pot,el}$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} m v^2 = e U$$

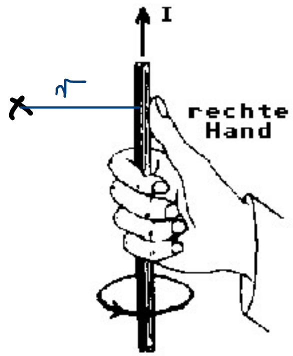
$$\Rightarrow \quad v^2 = \frac{2 e U}{m}$$

$$\left( r^2 = \frac{2 m U}{e B^2} \right)$$

# Magnetfelder von Leitern

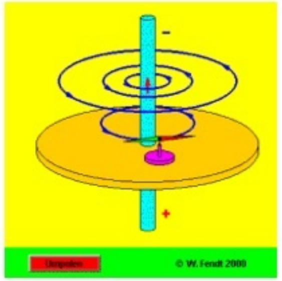
Ein gerader stromdurchflossener Leiter ist von konzentrischen Magnetfeldlinien umgeben. Es gilt für die magnetische Feldstärke:

$$B \sim \frac{I}{r}$$




Das ist deswegen anschaulich, weil sich das Magnetfeld bei wachsendem Abstand r vom Leiter auf den Umfang des Kreises "verteilt". Genauere Untersuchungen ergeben:

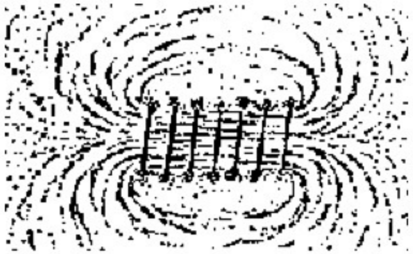
$$\boxed{B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r}}$$



mit der Proportionalitätskonstante (magnetische Feldkonstante "mü Null")

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

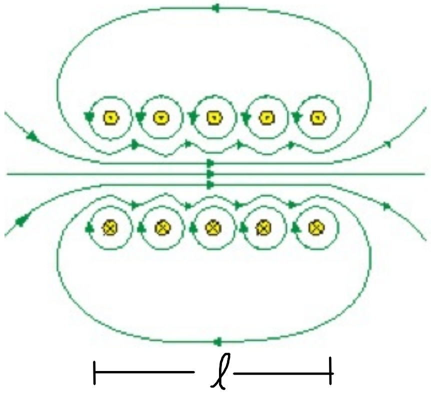
Das Magnetfeld einer Spule lässt sich daraus berechnen als Summe (Integral) über alle Einzelströme:

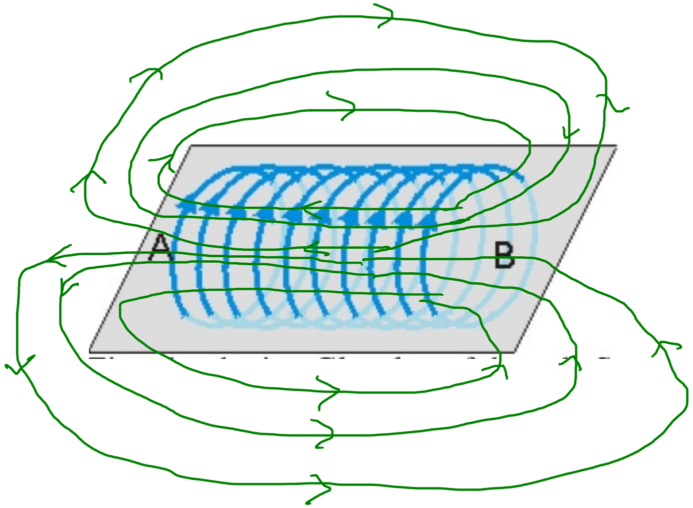


$$\boxed{B = \mu_0 \cdot \frac{n}{l} \, I}$$

n = Windungszahl
l = Länge der Spule

(Gilt eigtl. nur für das Innere von langgestreckten Spulen.)

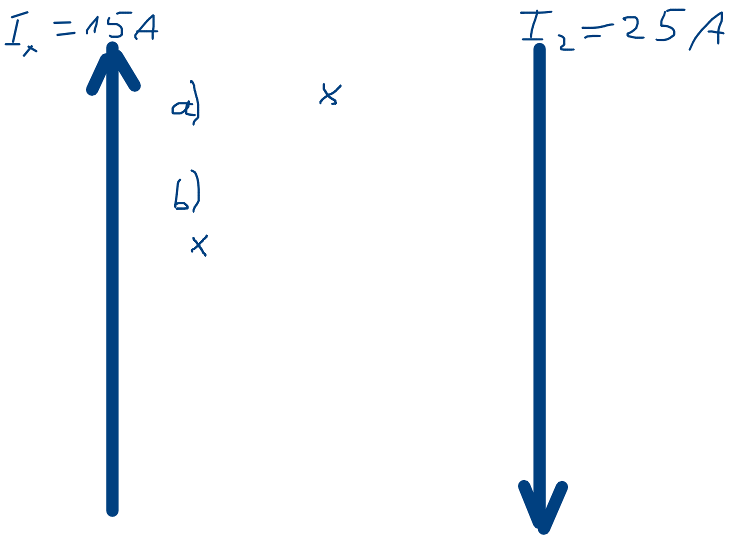


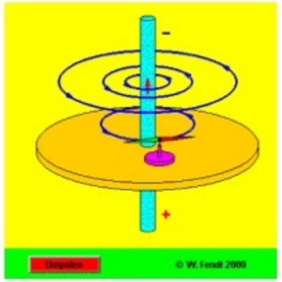

http://www.leifiphysik.de/leifitest/quiz/sq10_08b.htm

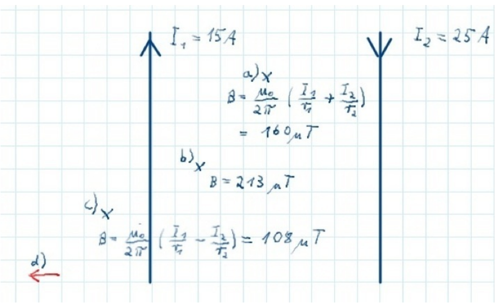
# Magnetfeld gerader Leiter

**2.** Zwei parallele, im Abstand von 10 cm verlaufende gerade Leiter werden in entgegengesetzter Richtung von den Strömen $I_1 = 15$ A und $I_2 = 25$ A durchflossen. Berechnen Sie die magnetische Feldstärke $B$ in einem Punkt in der von den Leitern aufgespannten Ebene, der **a)** von beiden Leitern gleich weit entfernt ist, **b)** 2 cm von Leiter 1 und 8 cm von Leiter 2 entfernt ist, **c)** 2 cm von Leiter 1 und 12 cm von Leiter 2 entfernt ist. **d)** Bestimmen Sie, in welchen Punkten die magnetische Feldstärke null ist.









# Ferromagnetismus

luftgefüllt: $B_0 = \mu_0 \frac{n}{l} I$

mit Material: $\boxed{B = \mu_r \underbrace{\mu_0 \frac{n}{l} I}_{B_0}} = \mu_r B_0$

$\mu_r \gg 1$ : ferromagnetische Stoffe (z. B. Eisen $\mu_r = 5000$)

$\mu_r \gtrsim 1$ : paramagn. " (z. B. Platin $\mu_r = 1{,}00027$)

$\mu_r \lesssim 1$ : diamagn. "

Technisch bedeutsam sind lediglich Ferromagnetika.

---

HA: $n = 1000$, $I = 1{,}25\,A$, $l = 10\,cm$

$\mu_r = 5000$, Berechne $B$!

<-- 27.4.2012