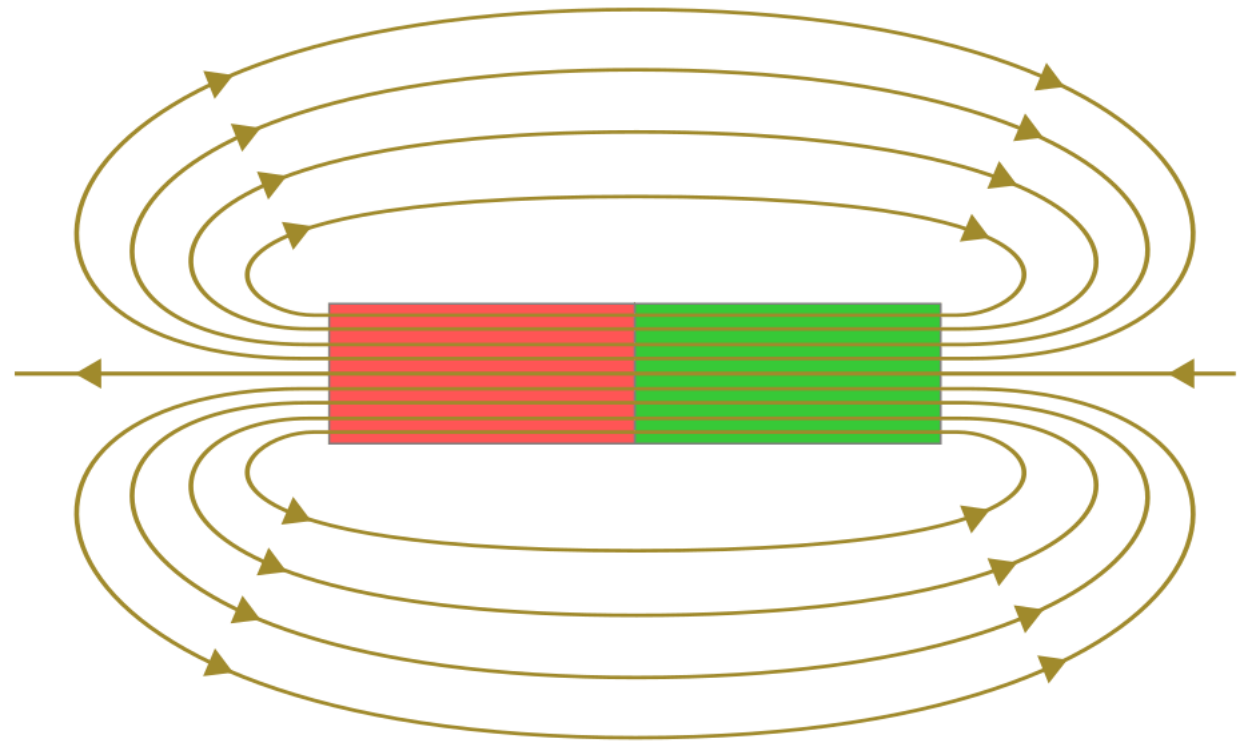


Magnetismus und Spulen

Magnetfeld eines Stabmagneten

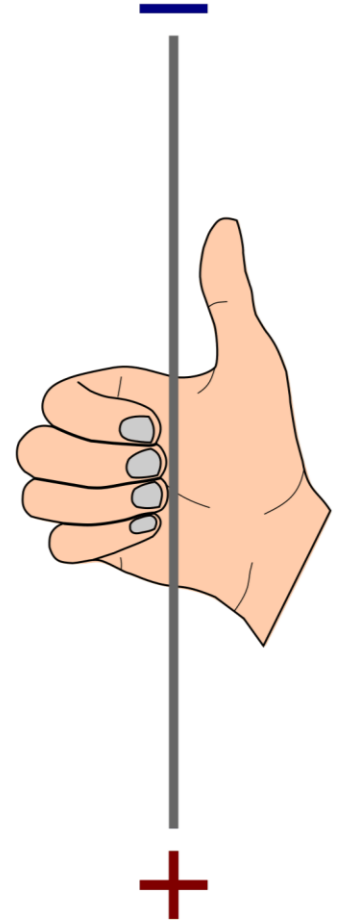
- Die Pfeile der Magnetfeldlinien zeigen innerhalb des Magneten in Richtung Nordpol, außerhalb des Magneten in Richtung Südpol.
- Gleiche Magnetpole stoßen sich ab, unterschiedliche Magnetpole ziehen sich an.
- Die magnetische Wirkung nimmt mit zunehmendem Abstand von den Magnetpolen ab.
- Sind mehrere Magneten in gleicher Richtung ausgerichtet, so verstärken sich ihre Wirkungen zu einem Gesamtmagnetfeld. Bei wechselnder Ausrichtung ist nach außen hin (fast) keine magnetische Wirkung feststellbar.



Elektromagnetfeld

Rechte-Faust-Regel(für gerade Leiter):

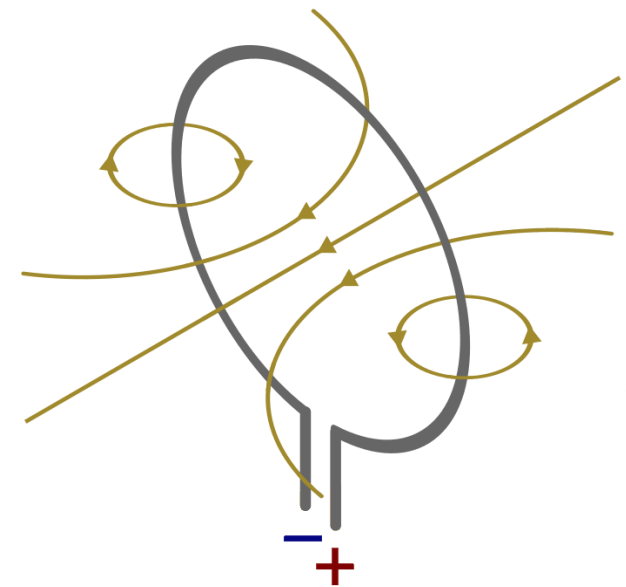
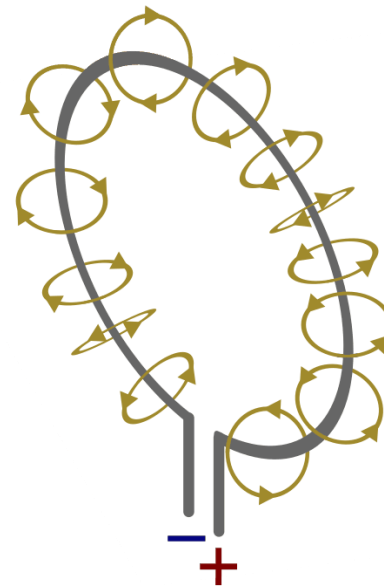
- Umfasst man einen stromdurchflossenen geraden Leiter mit der rechten Hand so, dass der ausgestreckte Daumen entlang der technischen Stromrichtung (von + nach -) zeigt, dann geben die übrigen Finger die Richtung der magnetischen Feldlinien an.



Elektromagnetfeld

Rechte-Faust-Regel(für Leiterschleifen):

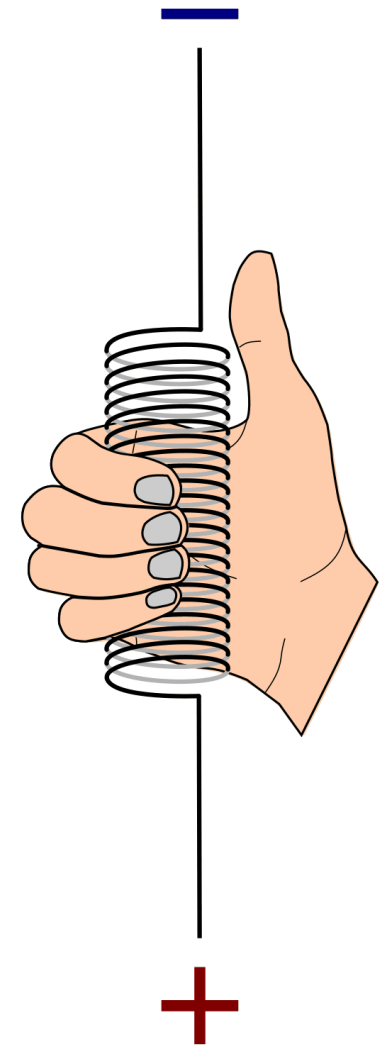
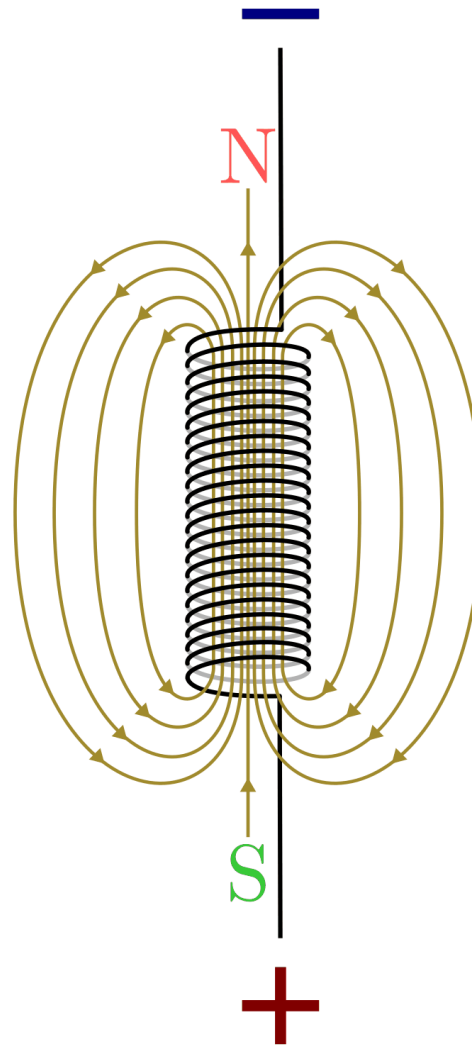
- Die Rechte-Hand-Regel gilt auch, wenn der elektrische Leiter zu einer Kreisform gebogen wird. Der Daumen muss hierbei mit der Krümmung des Leiters mitgeführt werden, um stets in die technische Stromrichtung zu zeigen.
- Es stellt sich dabei heraus, dass das resultierende Magnetfeld an den verschiedenen Stellen der Leiterschleife stets in die gleiche Richtung zeigt.



Elektromagnetfeld

Rechte-Faust-Regel(für Spulen):

- Umfasst man die Windungen einer Spule mit der rechten Hand so, dass die Finger in die technische Stromrichtung zeigen, dann liegt der magnetische Nordpol der Spule in Richtung des ausgestreckten Daumens.



Magnetische Flussdichte

- Quantitativ kann die Kraftwirkung eines Magnetfelds durch die so genannte magnetische Feldstärke \vec{H} beschrieben werden.
- Bei einer geraden Leiterbahn ist die magnetische Feldstärke proportional zur fließenden Stromstärke \vec{I} und umgekehrt proportional zum Abstand r von der Leiterbahn.

$$H_{\text{Leiterbahn}} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Magnetische Flussdichte

- Quantitativ kann die Kraftwirkung eines Magnetfelds durch die so genannte magnetische Feldstärke \vec{H} beschrieben werden.
- Bei einer geraden Leiterbahn ist die magnetische Feldstärke proportional zur fließenden Stromstärke \vec{I} und umgekehrt proportional zum Abstand r von der Leiterbahn.
- Im Inneren einer Leiterschleife ist der Wert der magnetischen Feldstärke gegenüber einer geraden Leiterbahn um den Faktor π erhöht, es gilt also $H_{\text{Leiterschleife}} = \frac{I}{2 \cdot r}$. Die magnetische Feldstärke ist im Inneren nahezu homogen, die Feldlinien verlaufen parallel zueinander.

$$H_{\text{Leiterbahn}} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_{\text{Spule}} = \frac{N \cdot I}{l}$$

Magnetische Flussdichte

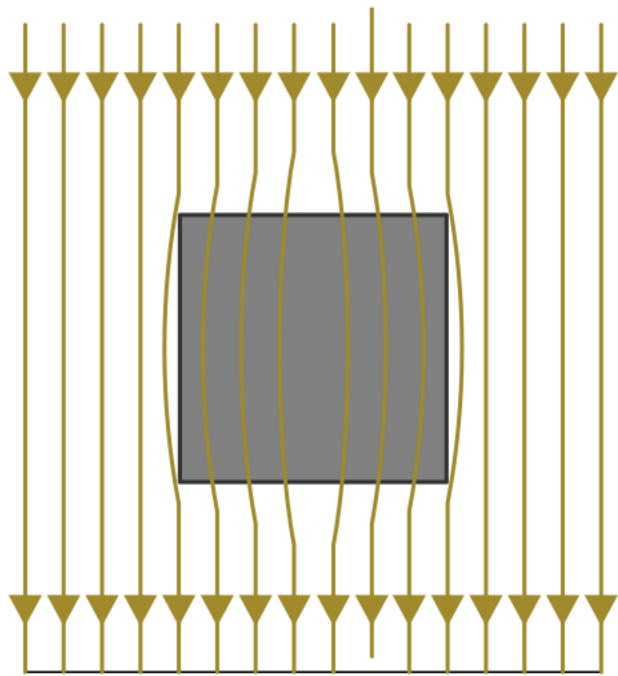
- Quantitativ kann die Kraftwirkung eines Magnetfelds durch die so genannte magnetische Feldstärke \vec{H} beschrieben werden.
- Bei einer geraden Leiterbahn ist die magnetische Feldstärke proportional zur fließenden Stromstärke \vec{I} und umgekehrt proportional zum Abstand r von der Leiterbahn.
- Im Inneren einer Leiterschleife ist der Wert der magnetischen Feldstärke gegenüber einer geraden Leiterbahn um den Faktor π erhöht, es gilt also $H_{\text{Leiterschleife}} = \frac{I}{2 \cdot r}$. Die magnetische Feldstärke ist im Inneren nahezu homogen, die Feldlinien verlaufen parallel zueinander.

$$H_{\text{Leiterbahn}} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

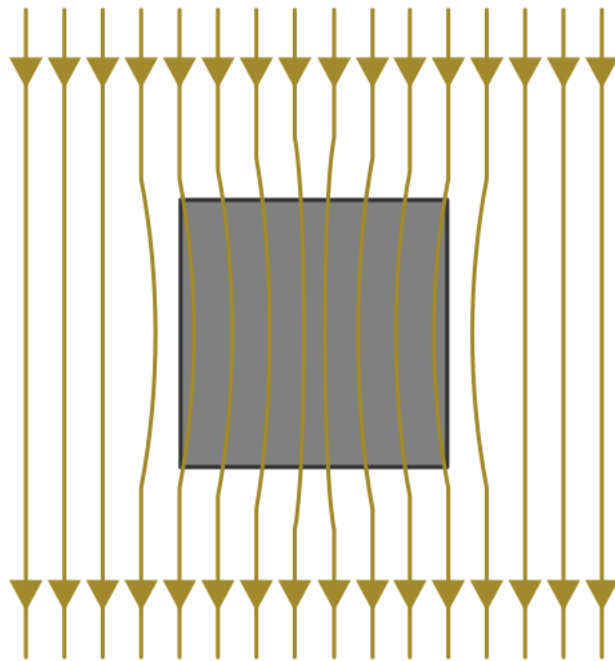
$$H_{\text{Spule}} = \frac{N \cdot I}{l}$$

$$\vec{B} = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}$$

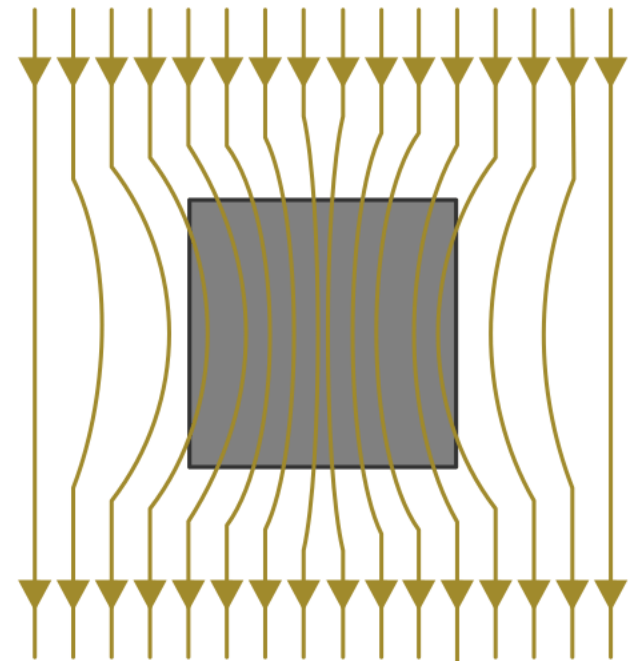
Permeabilitätszahl



$$\mu_r < 1$$



$$\mu_r > 1$$

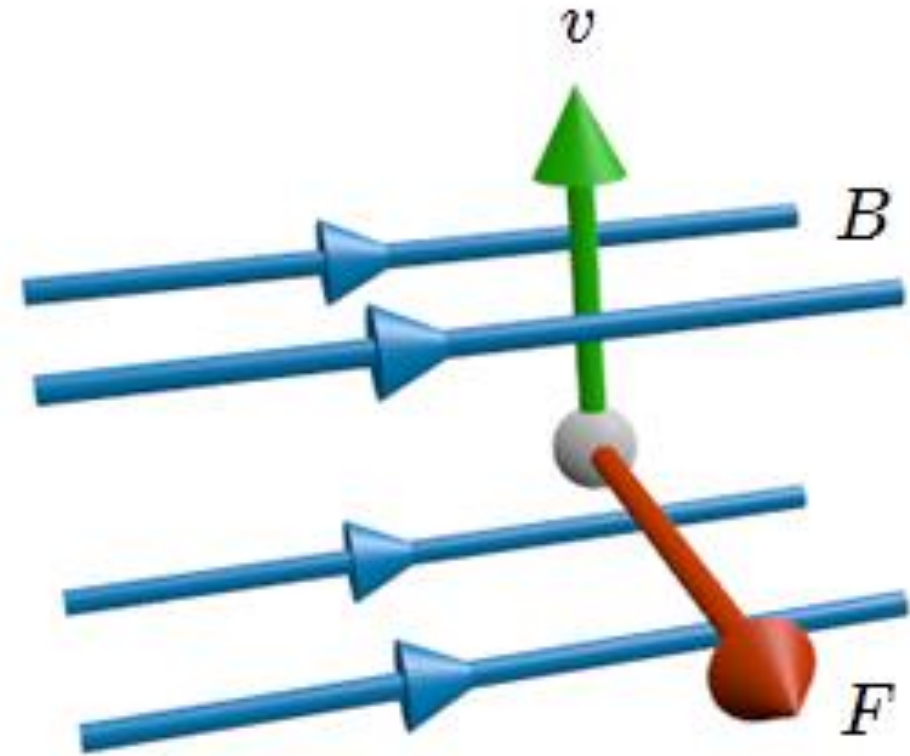


$$\mu_r \gg 1$$

Feldlinienverlauf bei einer diamagnetischen, paramagnetischen und ferromagnetischen Material (von links nach rechts).

Lorentzkraft

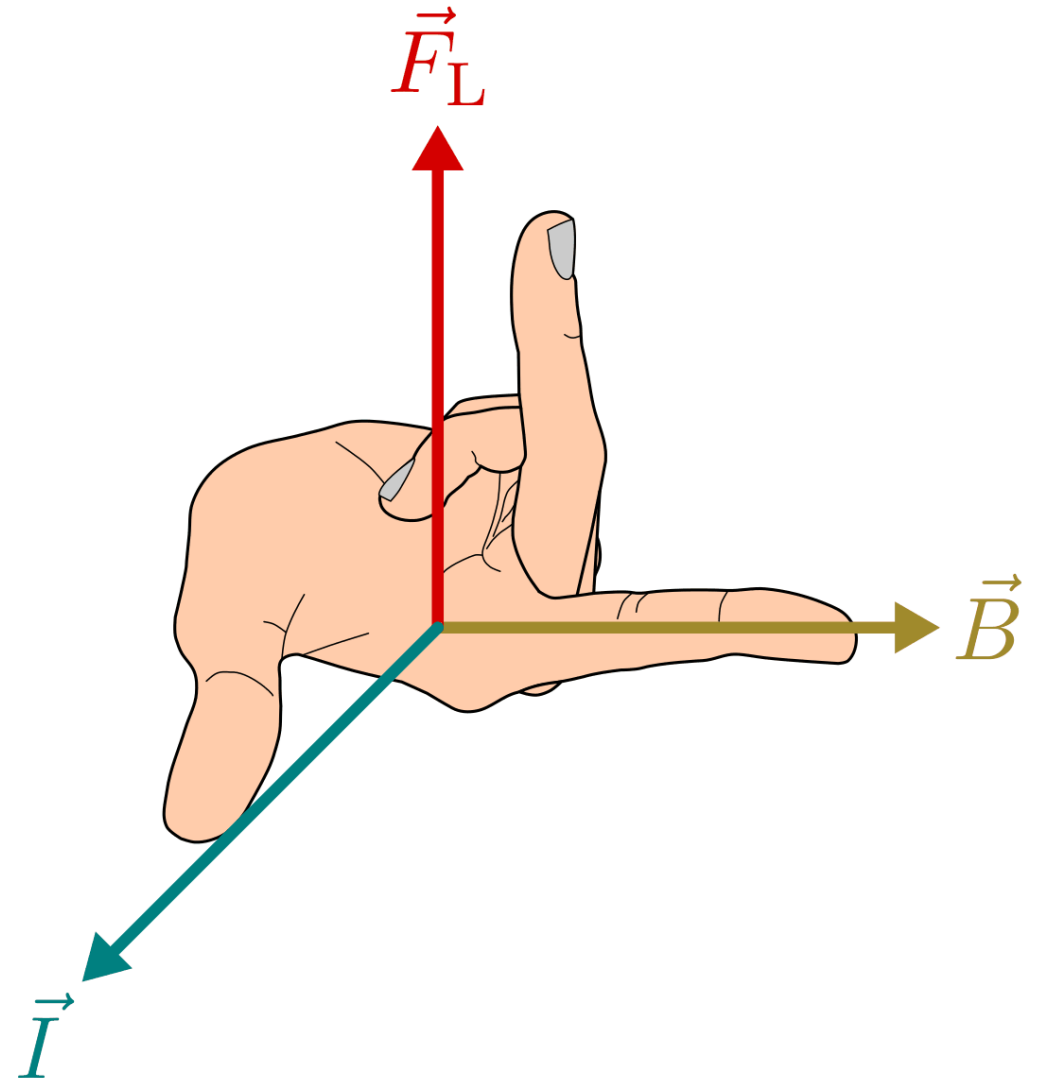
Bewegen sich Ladungsträger senkrecht oder schräg zu einem Magnetfeld, so wirkt eine Lorentzkraft auf die Ladungsträger.



Lorentzkraft

Drei-Finger-Regel:

- Zeigt der Daumen der rechten Hand in Richtung der technischen Stromrichtung (von + nach -) und der Zeigefinger in Richtung des Magnetfeldes, so gibt der Mittelfinger die Richtung der wirkenden Kraft an.
- Lorentzkraft \vec{F}_L
- Magnetfeldlinien \vec{B}
- techn. Stromrichtung \vec{I}



Lorentzkraft

Kreuzprodukt: $\vec{F}_L = I \times (\vec{s} \times \vec{B}) = \vec{F}_L = I \cdot B \cdot s \cdot \sin \alpha$

Lorentzkraft

Kreuzprodukt: $\vec{F}_L = I \times (\vec{s} \times \vec{B}) = \vec{F}_L = I \cdot B \cdot s \cdot \sin \alpha$

Ein elektrischer Strom entspricht einem zeitlichen Transport elektrischer Ladung.

Lorentzkraft

Kreuzprodukt: $\vec{F}_L = I \times (\vec{s} \times \vec{B}) = \vec{F}_L = I \cdot B \cdot s \cdot \sin \alpha$

Ein elektrischer Strom entspricht einem zeitlichen Transport elektrischer Ladung.

$$\begin{aligned} \vec{F}_L &= I \cdot B \cdot s \cdot \sin \alpha & I &= \frac{Q}{t} \\ &= Q \cdot v \cdot B \end{aligned}$$

Ist $\alpha = 90^\circ$, so gilt $\sin \alpha = \sin 90^\circ = 1$, und die Lorentzkraft nimmt ihren maximalen Wert $F_{L,max} = QvB$ an.

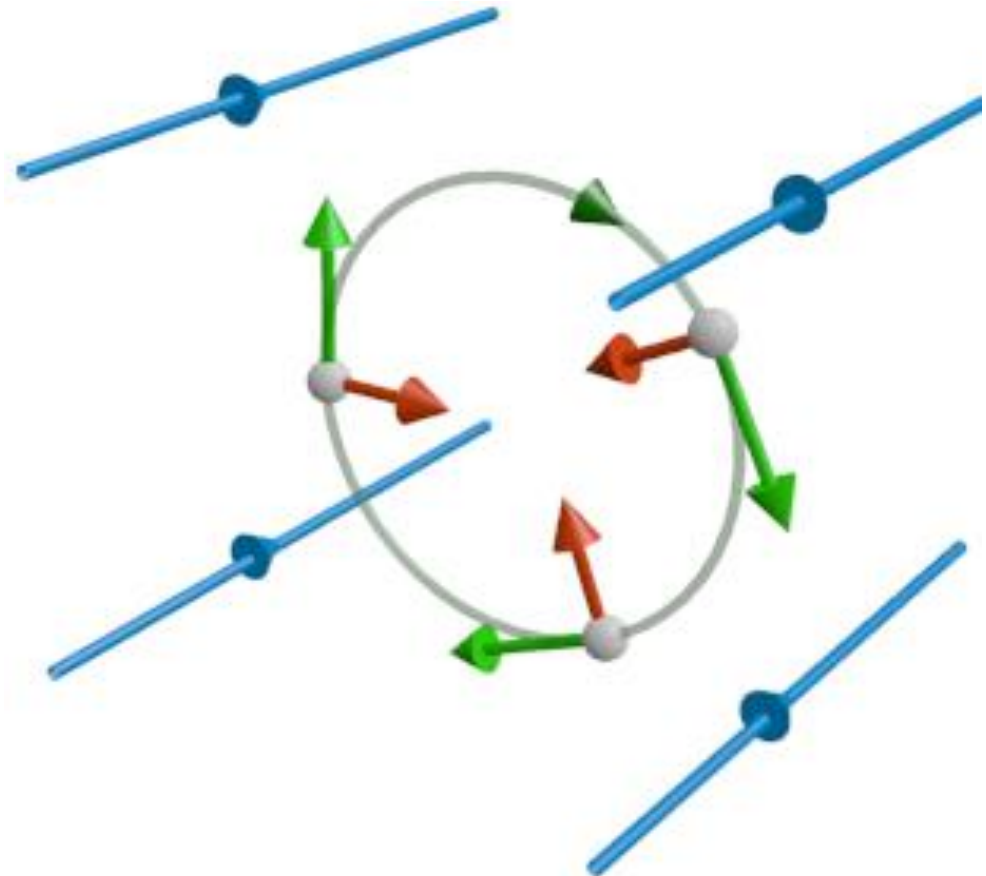
Lorentzkraft-Massen-Spektrometer

Ladungen bewegen sich in Magnetfeldern auf Kreisbahnen. Dies liegt daran dass die Lorentzkraft senkrecht zu der Bewegungsrichtung einer Ladung wirkt. Sie ändert daher nur die Richtung der Ladung, nicht jedoch seine Geschwindigkeit. Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft

$$F_L = F_{\text{zentripetal}}$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$qB = \frac{mv}{r}$$

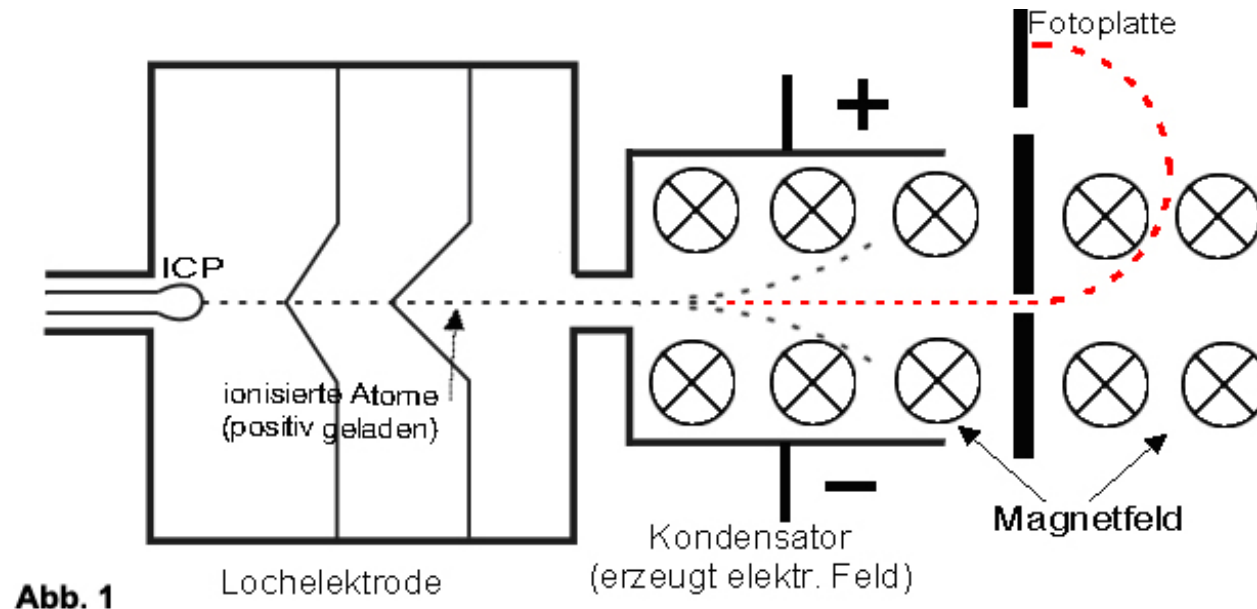


Lorentzkraft-Massen-Spektrometer

Anwendung: Massen-Spektrometer

Die Lorentzkraft kann genutzt werden, um die so genannte „spezifische Ladung“ eines Teilchens, das heißt das Verhältnis aus seiner Ladung Q und seiner Masse m zu bestimmen. Hierzu lässt man das Teilchen (bzw. ein Strahl gleichartiger Teilchen) mit einer Geschwindigkeit v senkrecht zu den Magnetfeldlinien in ein Magnetfeld eintreten.

Ist die Eintrittsgeschwindigkeit sowie die magnetische Flussdichte bekannt, so kann durch eine Messung des Radius der Kreisbahn auf die spezifische Ladung eines Teilchens geschlossen werden, das Massen-Spektrometer.



Lorentzkraft-Hall-Effekt

Befindet sich ein stromdurchflossener Leiter in einem homogenen Magnetfeld, dann baut sich senkrecht sowohl zur Stromfluss- als auch zur Magnetfeldrichtung über dem Leiter eine Spannung auf. Diesen Effekt bezeichnet man als HALL-Effekt, die aufgebaute Spannung als HALL-Spannung U_H .

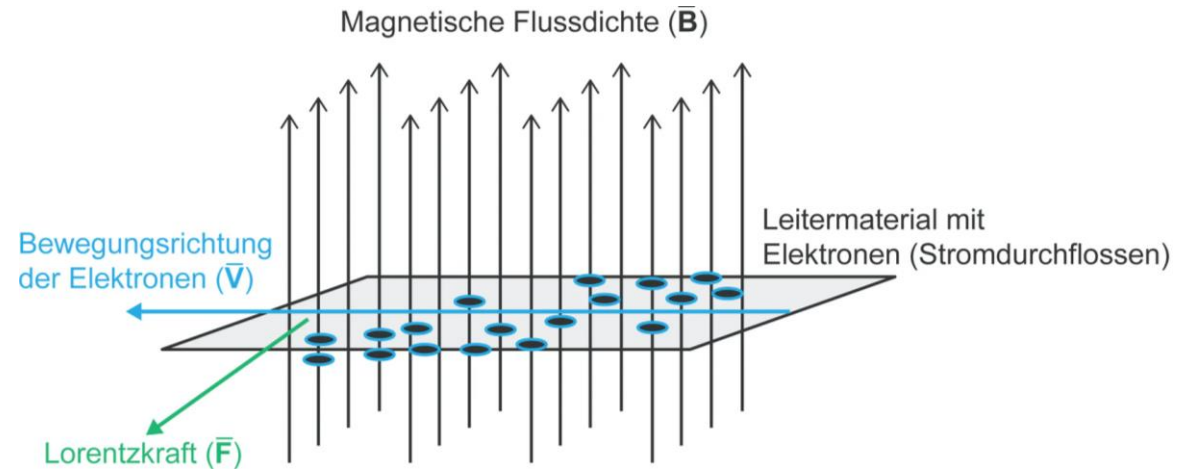
Ist I die Stärke des Stroms durch den Leiter, B die magnetische Feldstärke und d die Dicke des Leiters parallel zu \vec{B} , dann berechnet sich die HALL-Spannung durch

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

mit der vom Material des Leiters abhängigen HALL-Konstanten R_H .

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

mit b = breite des Plättchens



Quellen

- <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/magnetisches-feld-spule>
- <https://physikunterricht-online.de/jahrgang-11/magnetfelder-von-spulen/>
- https://relativityhair.de/katharina.hair/Magnetismus_Oberstufe.html
- <http://www.abi-physik.de/buch/das-magnetfeld/>
- <https://www.supermagnete.de/magnetismus>

Aufgaben

$$\begin{aligned}\vec{B} &= \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \vec{H} \\ \overrightarrow{F_L} &= I \cdot B \cdot s \cdot \sin \alpha \\ \overrightarrow{F_L} &= Q \cdot v \cdot B \\ qB &= \frac{mv}{r} \\ U_H &= R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d} \\ U_H &= B \cdot v \cdot b\end{aligned}$$