

## Lorentzkraft

Die Ursache der magnetischen Kraft auf einen stromführenden Leiter ist die magnetische Kraft auf die bewegten Ladungsträger. Oliver Heaviside hat diese Kraft 1889 berechnet, sie wird aber heute Lorentzkraft genannt.

$$\text{Kurze Herleitung: } \vec{F} = I \cdot \Delta \vec{s} \times \vec{B} = \frac{Nq}{\Delta t} \cdot \Delta \vec{s} \times \vec{B} = Nq \cdot \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} \times \vec{B} = Nq \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Auf ein einzelnes Teilchen wirkt somit die Kraft

$$\boxed{\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}} \quad \text{Lorentzkraft, magnetischer Teil}$$

Die Lorentzkraft gilt auch für Ladungsträger ausserhalb eines Leiters, z.B. Ionen- oder Elektronenstrahlen. Falls vektoriell gerechnet wird, muss die Ladung *mit* Vorzeichen eingesetzt werden. Hendrik Antoon Lorentz addierte 1892 zu dieser Kraft jene des elektrostatischen Feldes und erhielt:

$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{E} + q \cdot \vec{v} \times \vec{B} \quad \text{Lorentzkraft, vollständige Fassung}$$

In dieser Fassung ist die elektromagnetische Kraft lorentzinvariant (siehe spez. Relativitätstheorie), d.h. wenn das Bezugssystem gewechselt wird, bleibt ihr Betrag gleich, obwohl elektrische und magnetische Feldstärke sich verändern.

(Bemerkung: Die Geschwindigkeit  $\vec{v}$  in  $\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}$  wird relativ zum Beobachter respektive relativ zum gewählten Bezugssystem gemessen. Falls sich der Magnet im Laborsystem bewegt, muss dessen Feld vom Ruhesystem ins Laborsystem transformiert werden.)

Der Betrag der Lorentzkraft (magnetischer Teil) ist

$$\boxed{F_L = qvB \sin \alpha}$$

wobei der Betrag der Teilchenladung  $q$  einzusetzen ist und  $\alpha$  den Winkel zwischen momentaner Bewegungsrichtung und den Feldlinien darstellt.

Die Lorentzkraft steht senkrecht zur Geschwindigkeit  $\vec{v}$  und senkrecht zur magnetischen Feldstärke  $\vec{B}$ . Der Richtungssinn wird mit der Rechte-Hand-Regel bestimmt (Abbildung 295): Daumen parallel zu  $\vec{v}$ , Zeigefinger parallel zu  $\vec{B}$ , dann zeigt die Kraft  $\vec{F}$  auf ein positives Teilchen in Richtung Mittelfinger. Bei negativen Teilchen dreht man die Kraftrichtung um oder nimmt die linke Hand. Beispiele siehe Abbildungen 302 und 303. (Die Lorentzkraft ist neben dem Teilchen gezeichnet, weil es sonst unübersichtlich würde.)

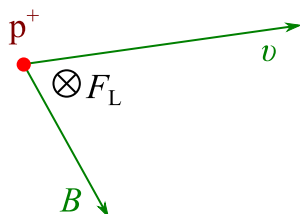


Abbildung 302: Lorentzkraft auf ein Proton

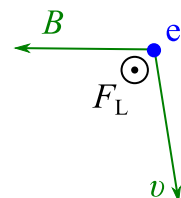


Abbildung 303: Lorentzkraft auf ein (negatives!) Elektron.