

1.3 Gravitation und Himmelsmechanik

Himmelsmechanik



Abb. 1.3: JOHANNES KEPLER 1571 – 1630

KEPLER'sche Gesetze

Die Bewegung der Planeten um die Sonne bzw. des Mondes um die Erde wurde erstmals von JOHANNES KEPLER im Jahr 1609 mathematisch korrekt beschrieben. Die von ihm aufgestellten **KEPLER'schen Gesetze** beschreiben die Bewegung eines einzelnen Planeten oder eines einzelnen Mondes (allgemein eines Trabanten) um ein wesentlich massereicheres Zentralgestirn (Zwei-Körper-Problem).

Erstes KEPLER'sches Gesetz (Ellipsensatz)

Die **Umlaufbahn** eines Trabanten ist eine Ellipse, deren einer Brennpunkt im Schwerzentrum des Systems liegt.

Zweites KEPLER'sches Gesetz (Flächensatz)

In gleichen Zeiten überstreicht der Fahrstrahl zwischen umlaufendem Objekt und Gravizentrum des Systems gleiche Flächen.

TIPP

Der Flächensatz gilt auch für einmalig passierende Himmelskörper: Ihre Bahnkurve ist eine Hyperbel, die wie die Ellipse den Rand einer Kegelschnittfläche darstellt.

Drittes KEPLER'sches Gesetz (Halbachsensatz)

Im **Dritten KEPLER'schen Gesetz** wird ein Zusammenhang der Bahnbewegungen zweier Planeten um dasselbe Zentralgestirn hergestellt: Demnach sind die Quadrate der Umlaufzeiten T der beiden Planeten proportional zu den dritten Potenzen

$\propto$ bedeutet:
proportional zu
(oft auch: $\sim$)

ihrer großen Halbachsen a :

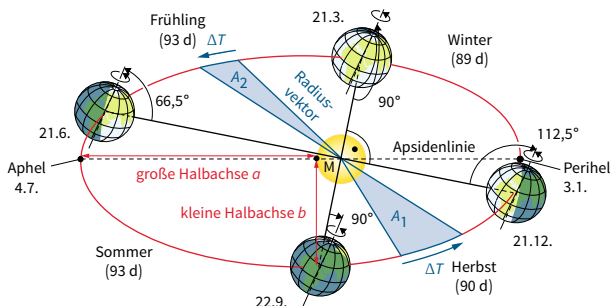
$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \propto \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3$$


Abb. 1.4: Umlaufbahn der Erde um die Sonne. Der Flächensatz ist blau eingezeichnet.

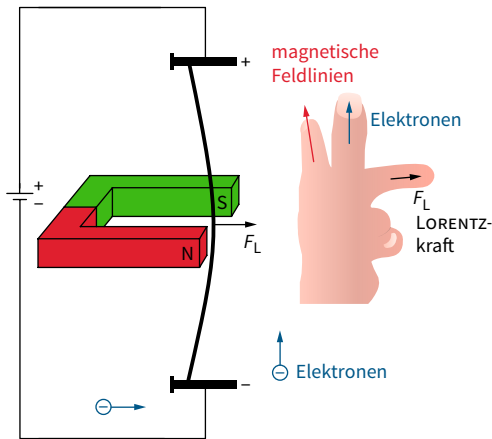


Abb. 2.19: Ein stromdurchflossener Leiter erfährt in einem Magnetfeld eine Kraft. Die Richtung dieser LORENTZ-Kraft zeigt die Drei-Finger-Regel an.

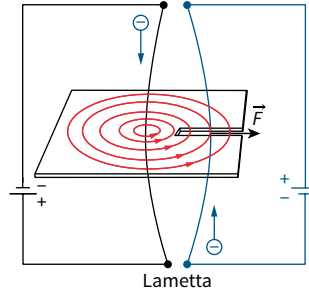


Abb. 2.20: Die Elektronen im rechten Leiter erfahren im Magnetfeld des linken Leiters die LORENTZ-Kraft.

DREI-FINGER-REGEL

Die Richtung der LORENTZ-Kraft kann mit der Drei-Finger-Regel bestimmt werden: Zeigt der Daumen der linken Hand in die Bewegungsrichtung der Elektronen und der Zeigefinger in Richtung des magnetischen Feldes, dann gibt der Mittelfinger die Richtung der LORENTZ-Kraft an.

BEISPIEL

Parallele Leiter

Die LORENTZ-Kraft wirkt auch zwischen zwei stromführenden Leitern: Antiparallele Ströme stoßen sich gegenseitig ab, parallele Ströme ziehen sich an (→ Abb. 2.20). Für einen Leiter der Länge s in einem Magnetfeld bedeutet dies bei einem Strom der Stärke I :

$$\vec{F}_L = I \cdot (\vec{s} \times \vec{B})$$

Der Vektor $\vec{s}$ entspricht der Länge des Leiters und zeigt in die technische Stromrichtung.

In der Betragsform folgt daher:

$$F_L = I \cdot s \cdot B_{\perp} = I \cdot s \cdot B \cdot \sin \varphi$$

Dabei steht $B_{\perp}$ senkrecht zu $\vec{s}$ und φ ist der Winkel zwischen $\vec{B}$ und $\vec{s}$.

Bipolare Transistoren

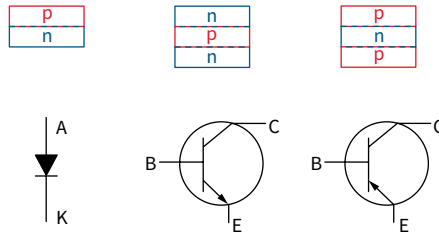


Abb. 6.30: Oben in der Abbildung ist der Schichtaufbau einer Diode, eines npn- und eines pnp-Transistors gezeigt. Darunter befinden sich die jeweils dazugehörigen Schaltsymbole.

Bipolare Transistoren bestehen aus einem stark dotierten n- oder p-Halbleiter, der durch eine dünne Schicht mit einer schwachen entgegengesetzten Dotierung getrennt wird. Transistoren bestehen somit aus zwei unmittelbar benachbarten gegenläufigen pn-Übergängen. Entsprechend der Reihenfolge der Schichten wird zwischen einem **npn-** und einem

pnp-Transistor unterschieden. Da der pnp-Transistor nur selten Verwendung findet, beschränken wir uns im Folgenden auf den npn-Transistor. Das Gesagte gilt jedoch analog auch für den pnp-Typ.

Die drei Schichten des npn-Transistors sind mit separaten Kontakten versehen, die mit **Kollektor (C)**, **Basis (B)** und **Emitter (E)** bezeichnet werden. Wird zwischen dem Kollektor (+) und dem Emitter (–) eine Spannung U_{CE} angelegt, so sperrt der pn-Übergang zwischen dem Kollektor und der Basis, sodass kein Strom fließen kann. Wird nun zusätzlich an die Basis eine Spannung U_{BE} von etwa 0,6V angelegt, so fließen die Elektronen vom Emitter in die Basis: Die Basis-Emitter-Diode ist in Durchlassrichtung gepolt. Bedingt durch die hohe Dotierung des Emitters und die geringe Schichtdicke der Basis fließen nur wenige Elektronen aus dem Emitter über die Basis ab. Die meisten Elektronen aus dem Emitter fließen durch die Basis hindurch in die Raumladungszone der Basis-Kollektor-Diode. Die Isolationschicht dieses pn-Überganges wird dadurch mit Ladungsträgern überschwemmt und wird leitfähig. Die Elektronen können nun über den Kollektor abfließen.

VERSTÄRKUNG

Durch den geschickten Schichtaufbau des Transistors kann mit einem kleinen Basisstrom I_B ein großer Kollektorstrom I_C gesteuert werden. Zum Steuern des Transistors wird die Leistung $P_B = I_B \cdot U_{BE}$ benötigt, die wesentlich kleiner ist als die gesteuerte Leistung $P_C = I_C \cdot U_{CE}$.

VORSICHT: FALLE

Der Aufbau von Transistoren ist nur in der Theorie symmetrisch. In der Praxis unterscheiden sich zum Beispiel die Dotierung von Kollektor und Emitter. Ein Vertauschen der beiden Anschlüsse führt daher zu ungünstigen Eigenschaften oder gar zur Zerstörung des Transistors.