

Elektrostatische Felder

Grundlagen zu den elektrischen Felder

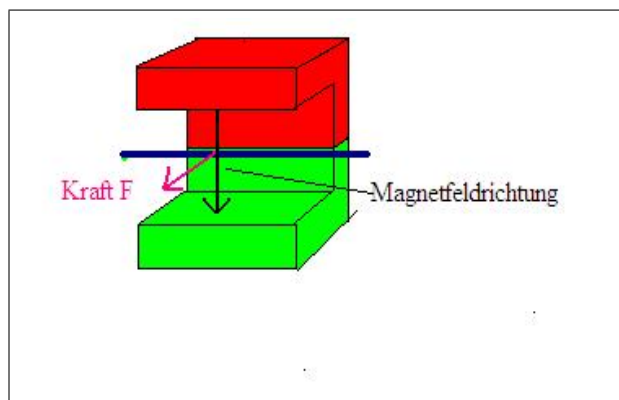
homogenes Feld des Plattenkondensators	inhomogenes Feld einer Punktladung
<div data-bbox="391 376 678 593" data-label="Image"> </div> <ul data-bbox="279 638 845 1153" style="list-style-type: none"> • Bei einem Plattenkondensator verlaufen die Feldlinien parallel zueinander und haben voneinander immer den gleichen Abstand. Sie zeigen vom Plus zum Minuspol. • Die Äquipotentiallinien - also die Gebiete mit gleicher Energie- verlaufen parallel zu den Platten des Kondensators. • Die elektrische Feldstärke wirkt senkrecht zu den Kondensatorplatten und ist konstant. <div data-bbox="359 1176 790 1254" data-label="Equation-Block"> $E = \frac{F}{q} = \text{konstant} \Rightarrow E = \frac{U}{d}$ </div> <ul data-bbox="279 1288 845 1366" style="list-style-type: none"> • Für das Potential φ in einem elektrisch homogenen Feld gilt <div data-bbox="518 1400 630 1444" data-label="Equation-Block"> $\varphi = Es$ </div> <div data-bbox="422 1467 710 1702" data-label="Image"> </div> <ul data-bbox="279 1747 845 1870" style="list-style-type: none"> • Die vom Feld ausgeübte Kraft auf einen Körper mit der elektrischen Ladung q wird berechnet über <div data-bbox="518 1892 630 1937" data-label="Equation-Block"> $F = Eq$ </div>	<div data-bbox="997 526 1236 739" data-label="Image"> </div> <ul data-bbox="933 784 1508 1153" style="list-style-type: none"> • Die Feldlinien breiten sich von der Punktladung radialsymmetrisch aus. • Die Äquipotentiallinien bestehen aus konzentrischen Kreisen, deren Zentrum die Punktladung ist. • Die Feldstärke hat einen radialen Verlauf und nimmt mit zunehmenden Radius r ab. <div data-bbox="1133 1176 1332 1254" data-label="Equation-Block"> $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$ </div> <ul data-bbox="933 1288 1508 1400" style="list-style-type: none"> • Das elektrische Potential φ im Feld einer Punktladung wird quantitativ beschrieben durch: <div data-bbox="1133 1422 1332 1500" data-label="Equation-Block"> $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$ </div> <ul data-bbox="933 1534 1508 1691" style="list-style-type: none"> • Die Kraft, die das Feld einer Punktladung auf einen Körper mit der Ladung q_2 wird durch das Coulomb-Gesetz beschrieben: <div data-bbox="1117 1713 1348 1792" data-label="Equation-Block"> $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2q_1}{r^2}$ </div>

Grundlegende Gesetze

Das elektromagnetische Feld

Ein Leiter von der Länge s , der vom Strom mit der Stärke I durchflossen ist, steht senkrecht zu dem magnetischen Feld und erfährt durch das Magnetfeld die Kraft F . Über diese Kraft F wird die magnetische Flussdichte B definiert:

$$B = \frac{F}{Is}$$



Die Lorentzkraft im Magnetfeld

Wenn ein Ladungsträger sich senkrecht zur magnetischen Flussdichte durch ein Magnetfeld mit einer Geschwindigkeit v bewegt, dann wirkt auf den Ladungsträger eine Kraft, die senkrecht auf der Richtung der magnetischen Flussdichte und senkrecht zur Bewegungsrichtung des Ladungsträgers steht. Diese Kraft wird Lorentzkraft genannt. Ist der Ladungsträger ein Elektron, dann wird diese Kraft durch das folgende Gesetz berechnet:

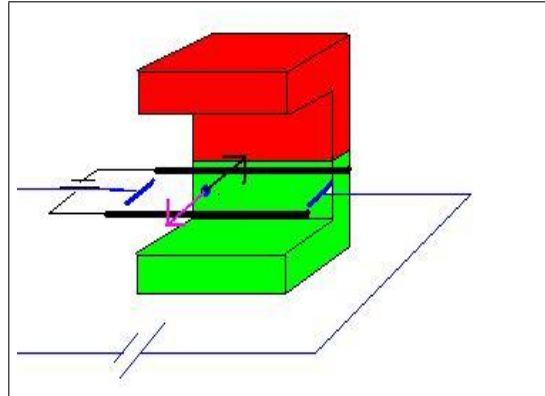
$$F_{\text{Lorenz}} = evB$$

In einer Elektronenstrahlröhre beschreibt ein Elektron eine Kreisbahn. Dazu muss die Zentrifugalkraft im Gleichgewicht stehen mit der im Magnetfeld wirkenden Lorentzkraft. Die Elektronenstrahlröhre dient als experimentelle Methode, um die spezifische Ladung von Elektronen zu bestimmen:

$$evB = \frac{m}{r}v^2 \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{v}{rB}$$

Ein experimentelles Gerät zum Nachweis ist die Hallsonde. Dabei wird der Effekt genutzt, dass sich bei einem senkrecht stehenden Magnetfeld und homogenes elektrisches Feld eines Plattenkondensator die elektrische Feldkraft und die Lorentzkraft sich

gegenseitig aufheben, d.h. sie stehen mit einander im Gleichgewicht. Daraus kann man die Hallspannung berechnen:



Für das Kräftegleichgewicht gilt:

$$eE = evB$$

Mit $E = \frac{U}{d}$ (schwarzer Stromkreis, Abstand der schwarzen Platten in der Graphik) folgt:

$$e \frac{U}{d} = IBs \Rightarrow U = \frac{evB}{e} = dv \cdot B$$

Damit steigt die Hallspannung proportional zur magnetischen Flussdichte an. Somit kann die Hallspannung als Maß für die magnetische Flussdichte herangezogen werden.

Elektromagnetische Induktion

Darunter versteht man das Phänomän, dass man aus Bewegungsenergie elektrische Energie erhält oder aber aus der elektrischen Energie resultiert Bewegungsenergie.

Grundlage der elektromagnetischen Induktion

Der wichtigste Begriff in diesem Zusammenhang ist der magnetische Fluss. Darunter versteht man das Produkt aus der Querschnittsfläche A und der senkrecht darauf stehenden magnetischen Flussdichte B .

$$\Phi = AB$$

Eine Induktionsspannung entsteht bei einer zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses.

$$U_{\text{ind}} = -\frac{d}{dt}\Phi$$

Dabei kann man nun die Querschnittsfläche, die von der magnetischen Flussdichte durchsetzt wird variieren. Man spricht dann von einer Induktion im bewegten Leiter. Im Fall einer rechteckigen Leiterschleife gilt dann:

$$U_{\text{ind}} = -Blv$$

Eine andere Möglichkeit ist die zeitliche Variation der magnetischen Flussdichte B . In diesem Fall spricht man von der Induktion im ruhenden Leiter. Im Fall einer Spule gilt für diese Induktionsart:

$$U_{\text{ind}} = -NA \frac{d}{dt} B$$

Der allgemeine Fall der elektromagnetischen Induktion wird durch die differentielle Form des Induktionsgesetzes quantitativ beschrieben:

$$U_{\text{ind}} = -N \frac{d}{dt} \Phi$$

Eine Anwendung der Induktion im bewegten Leiter stellt der Generator dar. Mit einem Generator kann in der Regel Wechselspannung hergestellt werden. Die dadurch induzierte Spannung wird dann berechnet über

$$U_{\text{ind}} = U(t) = U_0 \cdot \sin \omega t$$

Die Anwendung der Induktion im ruhenden Leiter besteht in einem Transformator. Für den unbelasteten Transformator gilt das Transformatorengesetz:

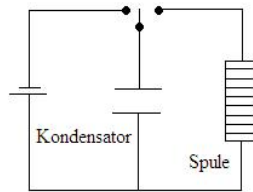
$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

Elektromagnetische Schwingungen

In diesem Abschnitt rekapitulieren wir die wichtigsten Tatsachen über den elektromagnetischen Schwingkreis, und elektromagnetischen Schwingkreis.

Elektromagnetischer Schwingkreis

Der elektromagnetischer Schwingkreis besteht aus einer Parallelschaltung eines Kondensators mit einer Induktionsspule:



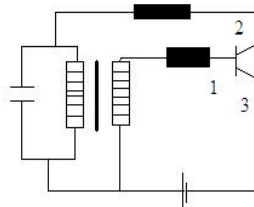
Das Prinzip der elektromagnetischen Schwingung liegt in der folgenden Überlegung: Der Kondensator wird zunächst aufgeladen. Nach der Aufladung wird der Kondensator über die Induktionsspule entladen. Daher wird in der Spule ein entgegengesetzter Induktionsstrom induziert, die den Kondensator entgegengesetzt wieder auflädt. Anschließend beginnt erneut die Entladung über die Induktionsspule. Die Periodendauer von einer Entladung bis zur gleichartigen Aufladung des Kondensators wird über die Thomson-Gleichung bestimmt:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Der elektromagnetische Schwingkreis liefert eine gedämpfte elektromagnetische Schwingung.

Meißner- Rückkopplungsschaltung

Um eine ungedämpfte Schwingung zu realisieren benötigt man eine komplexere Schaltung, die das folgende Schaltbild zeigt:



Die Funktionsweise ist hier kurz zusammengefasst:

- Zunächst wird dem elektromagnetischen Schwingkreis durch die zweite Spule elektrische Energie entzogen.
- Liegt am Transistor am Basisanschluss 1 eine positive Spannung an, dann wird der Übergang zwischen den Anschlüssen 2 und 3 leitend. In diesem Fall fällt die elektrische Energie der Stromquelle komplett am Schwingkreis ab.

- Daher werden die Elektronen im Schwingkreis beschleunigt und zwar in dem Moment, wenn die Elektronen mit maximaler Geschwindigkeit durch die Spule fließen. Damit erhält der Schwingkreis von außen Energie. Dieses Verfahren bezeichnet man als induktive Rückkopplung.
- Bei Anlegen einer negativen Spannung an den Anschluss 1 an, dann ist die Verbindung zwischen 2 und 3 nicht leitend und aufgrund des Ohmschen Widerstand fällt nun die ganze elektrische Energie der Stromquelle an dem Transistor ab. Damit ist die Energiezufuhr zum elektromagnetischen Schwingkreis unterbrochen.
- Damit wird der elektromagnetische Schwingkreis im Takt seiner Eigenfrequenz extrinsisch mit Energie versorgt.

Huygensches Wellenprinzip

Eine Wellenfront kann man sich aus kreisförmigen Elementarwellen zusammengesetzt denken. Daher ist jeder Punkt einer Wellenfront ein Ausgangspunkt für eine kreisförmige Elementarwelle. Elementarwellen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie alle die gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeit besitzen und miteinander interferieren. Daher bildet die Einhüllung aller Elementarwellen wieder eine Wellenfront.