

Elektrizität und Magnetismus

Physik für Jedermann

Das unsichtbare Universum

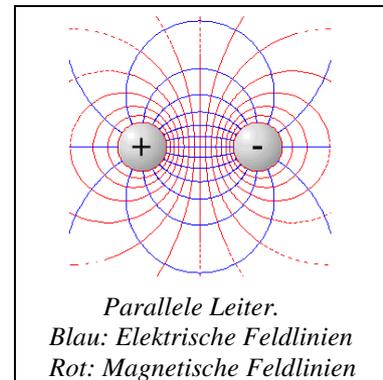
Im unserer Umwelt gibt es unsichtbare Kräfte und Phänomene, unter ihnen Elektrizität und Magnetismus, die wir nicht direkt wahrnehmen, jedoch messen, ausnützen und 100% voraus-sagen können, trotz der Tatsache daß unsere Sinne und unser Nervensystem weitgehend auf elektrische Signale beruhen. Was wir wahrnehmen sind Nebenerscheinungen.



Polarlicht, sichtbare Manifestation unsichtbarer Phänomene

Elektromagnetismus

Elektrizität und Magnetismus sind zwei Seiten derselben Sache in der gleichen Weise wie potentielle und kinetische mechanische Energie (Beispiel: gespannte Feder und rotierendes Schwungrad). Wenn ein Strom fließt (d.h. elektrische Ladungen wandern), entsteht ein magnetisches Feld darum, und wenn sich die Feldstärke ändert, entsteht ein elektrisches Feld (eine Spannung) das einen Strom in einem geschlossenen Leiterkreis verursachen und (elastisch) gebundene Ladungen in einem Isolator verschieben kann. Elektrische und magnetische Kräfte sind höchst real und nützlich. (Elektromotor, Lautsprecher usw.)



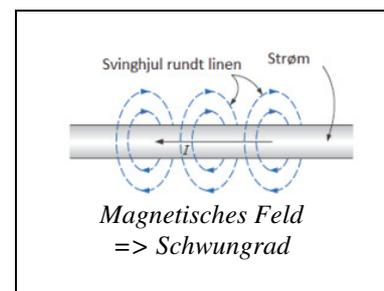
*Parallele Leiter.
Blau: Elektrische Feldlinien
Rot: Magnetische Feldlinien*

Strom => Bewegung (Strömung)

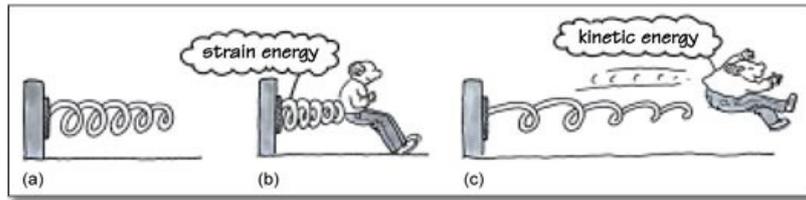
Spannung => Kraft (Druck)

Energie wird im Raum gespeichert

Magnetische und elektrische Felder sind im Raum, um einen Strom oder zwischen elektrischen Ladungen mit ungleichem Vorzeichen, gespeicherte Energie. Die Energie, die erforderlich ist um einen Strom zu starten, wird im **magnetischen Feld** um den Strom gespeichert. Man kriegt sie unweigerlich zurück wenn der Strom aufhört (Durchschlag und Lichtbogen bei plötzlichem Abbruch entspricht schlagartigem Stopp in der Mechanik!) Es fordert Energie um eine Masse in Bewegung zu setzen, und die Energie wird zurückgeliefert / verbraucht, wenn die Bewegung aufhört.



Elektrische Energie wird im Feld zwischen zwei Polen (Körper) mit unterschiedlichem Spannungspotential, z.B. zwischen zwei von einem Isolator (Dielektrikum) getrennten Metallplatten (Kondensator genannt) gespeichert. Die Elektronen im Dielektrikum sind elastisch gebunden und werden, wenn eine Spannungsquelle angeschlossen wird, vom Pluspol angezogen und vom Minuspol abgestoßen. Es fließt ein vorübergehender Strom (Verschiebungsstrom) bis Spannungsgleichgewicht eingetreten ist. Man bekommt die gespeicherte Ladung (Energie) in der Form eines entgegengesetzten Stromstoßes zurück, wenn die angelegte Spannung aufhört – wie von einer gespannten Feder in der Mechanik. (Stromstoß / Funkenbildung bei Kurzschuß.)



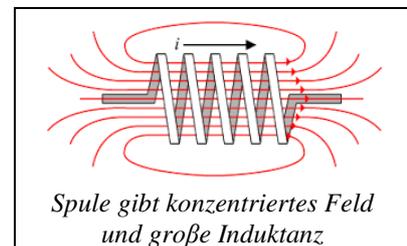
Potentielle und kinetische Energie

Auf den folgenden Seiten werde ich versuchen, einige Begriffe und nützliche Effekte zu erklären.

Begriffe:

Induktanz = elektrische Trägheit

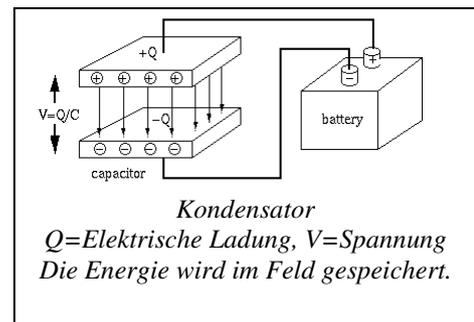
Die Trägheit die überwunden werden muß um einen Strom in Gang zu schieben wird Induktanz genannt. Eine Spule mit vielen Windungen gibt ein konzentriertes Feld und kann viel Energie speichern. Sie kann einen Kern aus Eisenblechen oder Ferrit mit viel größerer Speicherkapazität (Permeabilität => magnetische Leitfähigkeit) als Luft haben. Das kann die Induktanz bis über tausend Mal in Verhältnis zu Luft steigern!



Spule gibt konzentriertes Feld und große Induktanz

Kapazität = elektrische Elastizität

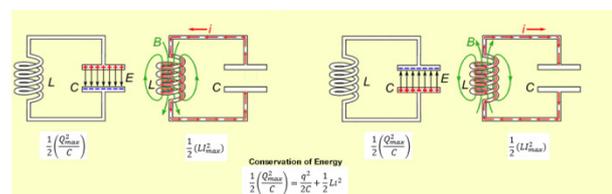
Elektrische Energie wird im Feld (Raum) zwischen zwei Polen mit entgegengesetzter Ladung – z.B. in einem Kondensator – zwei Metallflächen mit einer isolierenden Schicht (Dielektrikum) dazwischen – gespeichert. Die bei einer gegebenen Spannung gespeicherte Energiemenge wird durch das Plattenareal, den Abstand zwischen den Platten und der Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials bestimmt. Große Fläche, kleinen Abstand und hohe Dielektrizitätskonstante gibt viel Kapazität (große Speicherfähigkeit). Das Isoliermaterial hat eine große Einwirkung. Einige keramische Dielektrika (Oxide seltener Erden) haben eine mehrere hundert (bis über tausend) mal größere Dielektrizitätskonstante als Luft oder Vakuum und können die Kapazität entsprechend vergrößern.



Kondensator
 $Q = \text{Elektrische Ladung}$, $V = \text{Spannung}$
 Die Energie wird im Feld gespeichert.

Schwingkreis, Resonanz

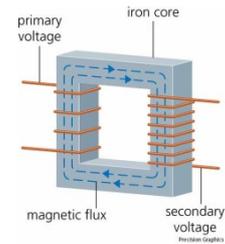
Wenn eine Feder mit einer Masse gekoppelt wird, entsteht ein schwingfähiges System mit einer Resonanzfrequenz die von der Masse und der Federkonstante bestimmt wird. Dasselbe geschieht wenn wir eine Spule und einen Kondensator zusammenschalten. Dann erhalten wir einen Schwingkreis (Resonanzkreis) wo die Energie mit einer konstanten Frequenz zwischen Spule und Kondensator hin und her pendelt. Das ist die Grundlage der Funktechnik!



Schwingkreis

Transformator

Magnetische Feldenergie von einem Wechselstrom, die durch eine Spulenumwicklung (Primärwicklung) zugeführt wird, kann durch eine andere Wicklung die dasselbe Feld umschließt (Sekundärwicklung) abgezapft werden. Dann haben wir einen Transformator. Das Verhältnis zwischen den Windungszahlen entscheidet das Spannungsverhältnis zwischen Primär und Sekundär.



Induktanz (L) ist elektrische Trägheit, Kapazitätz (C) ist elektrische Elastizität, Widerstand (R) ist elektrische Reibung!

Ein Paradox:

Der Energietransport in einer Leitung geschieht hauptsächlich außerhalb des Kupfers!

Der Elektronenstrom (d.h. die Ladungsbewegung) erzeugt das magnetische Feld um einen Leiter oder wird von Feldstärkevariationen von außen getrieben. Der Leiter bildet einen Kanal für den Strom und eine Führung für den Energiefluß. In einem idealen Leiter (kein Widerstand) fließt aller Strom in der Oberfläche und aller Energietransport geschieht im Umfeld! **In einer Doppelleitung fließt die meiste Energie (nicht der Strom) im Feld zwischen den Leitern!**

Nützliche Effekte:

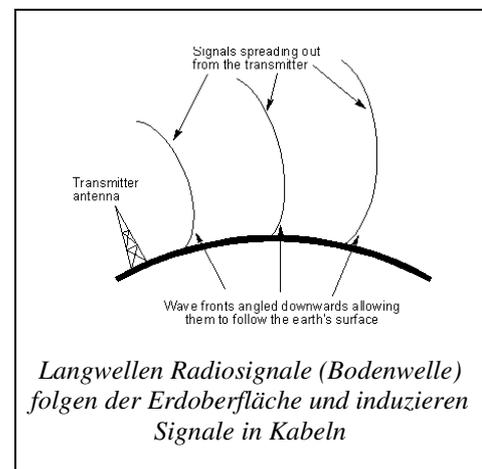
Schwingungen und Wellen (Schall und Radiosignale)

Elektromagnetische Systeme können schwingen und Wellen können sich ausbreiten wie in der Mechanik. Beides kann mit denselben Formeln (Maxwells Gleichungen) beschrieben werden, nur mit unterschiedlichen Maßeinheiten. Elektromagnetische Schwingungen treten in allen Frequenzbereichen von langsamen Variationen und Niederfrequenz (z.B. 50Hz Wechselstrom) via Radiowellen und Wärme bis hin zu Licht, Röntgenstrahlen und kosmischer Strahlung auf. Eine elektrische Schwingung, die nicht zur Energieübertragung dient, wird oft ein Signal genannt. Signale – Nutzsignale und Rauschen – können sich sowohl leitungsgebunden wie im Raum als Radiosignale ausbreiten.

Radiowellen sind elektromagnetischer Schall!

Antennen

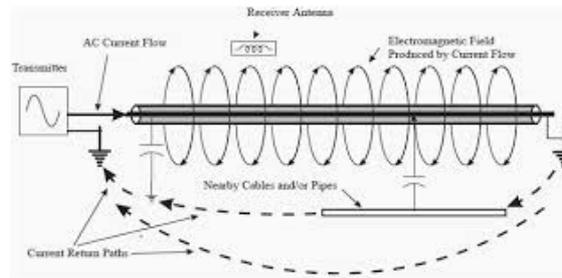
Mit einer effizienten Antenne kann ein großer Teil der zugeführten Energie in den Raum abgestrahlt werden. Die Radiowellen verbreiten sich, analog mit Schall, dadurch, daß elektrische und magnetische Felder einander ablösen und wie Ringe im Wasser wandern. Der Wirkungsgrad einer abgestimmten Sendeantenne kann theoretisch 100% werden – d.h. alle zugeführte Energie wird in den Raum abgestrahlt. Antennen sind bidirektional – eine gute Sendeantenne ist auch eine gute Empfangsantenne. Kabel – auch unterirdische – sind Antennen die Radiosignale auffangen und ausstrahlen.



Erdströme

Feuchte Erde leitet Strom – zwar schlecht, aber weil der Querschnitt sehr groß ist, können trotzdem große Ströme fließen. Ein Kabel wirkt als Antenne und bildet den Weg des geringsten Widerstands zwischen Orten mit ungleichem Potential. Es nimmt Signale aus der Umgebung auf und strahlt sie wieder aus. Strom fließt in geschlossenen Kreisen, und der Retourstrom fließt in diesem Fall verteilt durch den Erdboden.

Unbalancierte Wechselströme mit Rückweg durch die Erde (darunter aufgefangene Radiosignale) macht es möglich Kabel durch ihr magnetisches Streufeld nachzuweisen.



*Illustration von Strompfaden und magnetischem Feld um ein Kabel.
Ein Kabelsucher detektiert das magnetische Streufeld über der Erde.*

Die Figuren in diesem Aufsatz sind freie Illustrationen vom Internet.
Der Stoff ist stark vereinfacht.

Nächstes Mal über Kabelsuchen.