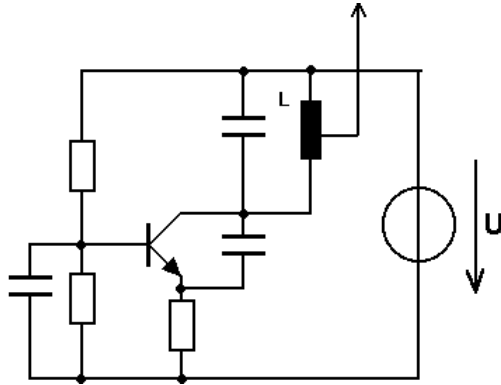


3. Spezialitäten der drahtlosen Uebertragungstechnik

Für die drahtlose Uebertragungstechnik wird nicht mehr ein elektrischer Leiter verwendet, sondern der **freie Raum**. Auch mit dieser Uebertragungsart kann Energie transportiert werden. Dabei spricht man dann auch von **elektromagnetischer Strahlung**, da sie sich wie Licht oder Wärme ausdehnt und Energie transportiert.

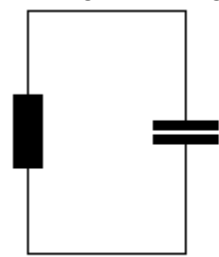
3.1. Erzeugung und Abstrahlung elektromagnetischer Raumwellen

Jede elektromagnetische Schwingung wird mit einem **Oszillator** (Schwinger), einer speziellen elektronischen Schaltung erzeugt. Im Beispiel ein sogenannter *Meissner*-Oszillator.



Der frequenzbestimmende Teil einer solchen Schaltung ist ein **Schwingkreis**, der bekanntlich aus einem Kondensator und einer Spule besteht. Im Schwingkreis fliesst dabei ein HF-Wechselstrom. Der Schwingkreis als solcher strahlt bereits einen Teil seiner Energie in den umgebenden Raum ab. Um eine Abstrahlung zu begünstigen, muss die Energie aus dem Schwingkreis via die Spule ausgekoppelt und einer Sendeantenne zugeführt werden.

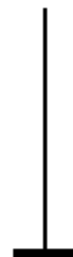
In einer Stabantenne kann wie in einem Schwingkreis ein dauernder Austausch zwischen magnetischer und elektrischer Energie stattfinden, eine Stabantenne kann als gestreckter Schwingkreis aufgefasst werden:



Parallelschwingkreis

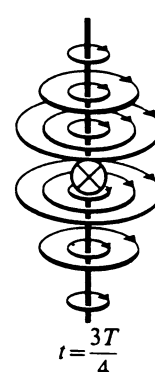
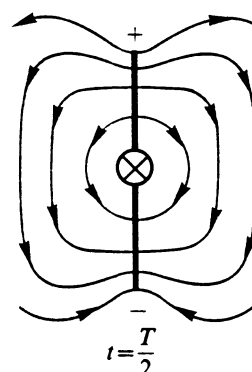
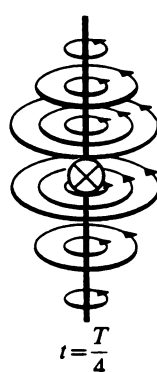
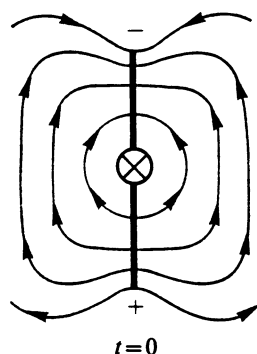


Offener Schwingkreis



Stabantenne

Bei einer Sendeantenne werden nun periodisch Elektronen aus der Antenne abgezogen und wieder hineingeschoben. Zu Beginn hat also eine Antenne z.B. am Fusspunkt einen Elektronenmangel, was wie im Bild 1 bei $t=0$ zu einem elektrischen Feld führt.

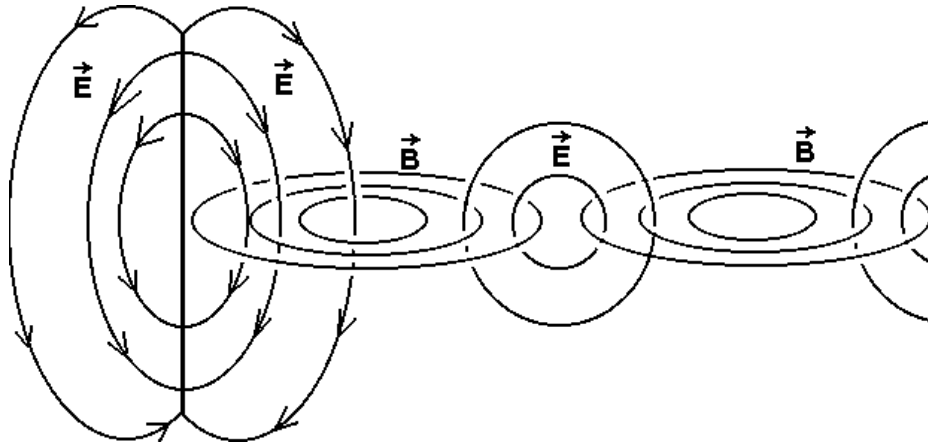


- $t=0$: Die Enden der Antenne werden durch die Energieeinspeisung gegenpolig aufgeladen. Dadurch bildet sich zwischen den Enden ein elektrisches Feld.
- $t = T/4$: Der Ladungsunterschied will sich ausgleichen, in der Antenne fliesst ein Ausgleichsstrom, der um den Leiter ein magnetisches Feld B erzeugt.
- $t = T/2$: Der Oszillator bewirkt nun die entgegengesetzte Aufladung der Antennen-Enden.
- $t = 3T/4$: Der Ausgleichsstrom erzeugt ein umgekehrtes Magnetfeld.

Weiter muss man noch folgendes wissen (bzw. sich in Erinnerung rufen):

- Jeder HF-**Wechselstrom** erzeugt ein (nicht konstantes) **magnetisches Wechselfeld**.
- Jede HF-**Wechselspannung** erzeugt ein **elektrisches Wechselfeld**.
- Jedes magnetische Wechselfeld erzeugt in seiner Umgebung wieder ein elektrisches Wechselfeld.
- Jedes elektrische Wechselfeld erzeugt in seiner Umgebung wieder ein magnetisches Wechselfeld.

Bei einer Stabantenne kann man sich demnach die Abstrahlung so vorstellen:



Da sich **elektrisches** und **magnetisches** Feld gegenseitig hervorrufen, pflanzt sich dieses Wechselspiel durch den ganzen Raum fort. Die magnetischen und elektrischen Komponenten stehen senkrecht aufeinander und lösen sich kettenförmig ab. So können sich elektromagnetische Wellen oder Strahlung im Raum ausbreiten.

3.2. Antennentypen und -längen

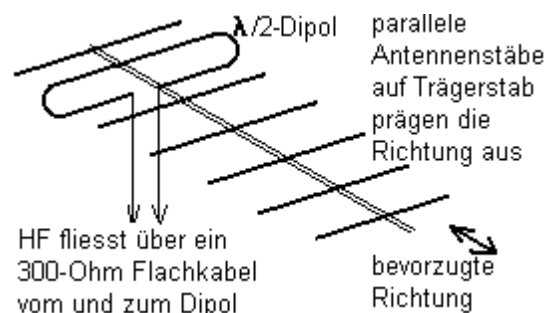
Im Prinzip strahlt jedes Gebilde, in dem Wechselströme fließen oder Wechselspannungen herrschen, elektromagnetische Energie ab. (Stichwort Elektromog).

Umgekehrt kann auch jedes elektrisch leitende Gebilde elektromagnetische Wellen einfangen und somit als Empfangsantenne wirken!

Grundsätzlich kann also jeder Leiter als Antenne wirken.

Die Antennentypen werden aufgrund ihres Richtcharakters unterschieden:

- Bei **Richtantennen** wird eine bestimmte Empfangs- oder Senderichtung bevorzugt. Dabei sind vor allem die **Parabolantennen** bekannt. Satellitenspiegel, Richtstrahlschüsseln auf Gebäuden und den grossen Übermittlungstürmen. Daneben sind vor allem bei Radio- und Fernsehsendern sowie für deren Empfang **$\lambda/2$ -Dipole** oder **Yagi-Antennen** bekannt.



Die grossen Antennenwälder auf den Hausdächern sind zumindest bei uns dank guter Kabelversorgung aus dem Landschaftsbild verschwunden. Dafür schießen die Richtfunkverbindungen und Rundstrahler wie Pilze aus dem Boden (Handynetze)

- Die **übrigen Antennen** nennt man **Rundstrahler** bei Sendeantennen oder einfach Stabantennen bei Empfangsantennen. Normale Antennen (**$\lambda/4$ -Stabantennen**) finden vor allem bei mobilen Empfängern und Sendern Anwendung: Radios, Autoradios, Handys, Funkgeräte.

Eine Antenne sollte ähnliche Eigenschaften aufweisen wie der Schwingkreis, nämlich ihre Energie harmonisch hin- und herschwingen lassen. In der Antenne herrscht dabei im Idealfall eine stehende Welle.

Deshalb muss ihre Länge idealerweise ein **Vielfaches der Wellenlänge** sein. Um unhandlich grosse Antennen zu vermeiden, genügen in der Praxis aber auch **$\lambda/4$ -Stabantennen** oder **$\lambda/2$ -Dipole**.

3.3. Wellenausbreitung

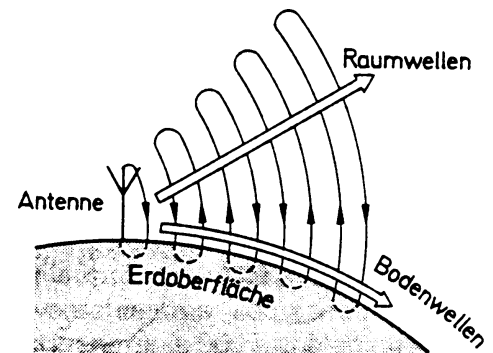
Grundsätzlich nimmt die Strahlungsintensität mit dem **Quadrat des Abstandes** vom Sender ab.

Je nach Frequenz der Welle erfolgt die Ausbreitung bevorzugt als Boden- oder als Raumwelle.

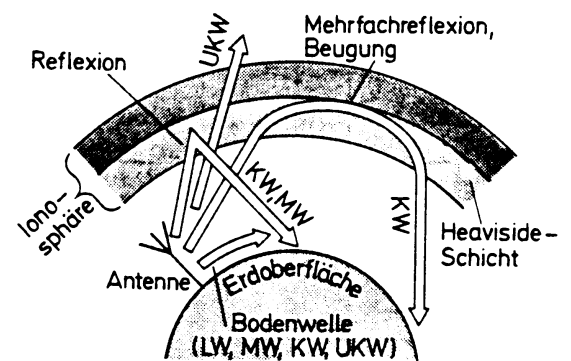
Bodenwellen folgen der Erdkrümmung und werden mit zunehmender Frequenz stärker absorbiert. Daher können **Langwellensender** unabhängig von Tages- und Jahreszeit bis zu Entfernungen über 1000 km gleichmässig empfangen werden.

Raumwellen breiten sich geradlinig aus. In bestimmten Frequenzbereichen kehren einige Raumwellen wieder zur Erdoberfläche zurück; sie werden von elektrisch leitenden Luftschichten (Ionosphäre) in 50 km bis 300 km Höhe reflektiert. (Diese Luftschichten werden durch kosmische Strahlung ionisiert. Eine besonders stark ionisierte Luftschicht heisst Heaviside-Schicht.) Deshalb kann man **Kurzwellenstationen** rund um den Erdball empfangen, und dies **ohne** Satellitenunterstützung!

Sehr hohe Frequenzen breiten sich bevorzugt als **Sichtwellen** aus. Die besten Empfangsverhältnisse bestehen bei Sichtverbindung (**Satellitenverbindungen**). **UKW**-Wellen können noch gebeugt werden, also zum Beispiel auch in einiger Entfernung hinter einem Hügel oder Berg empfangen werden.



Wellenarten



Reflexion von Raumwellen

3.4. Interferenz

Unter Interferenz versteht man ganz allgemein die **Überlagerung** mehrerer Wellen. Daraus resultiert eine Mischwelle, wie man sie bei der Überlagerung zweier Wasserwellen beobachten kann. In einem Interferenzfeld gibt es Orte, wo sich die Wellenbewegungen gegenseitig verstärken und Orte, wo sie sich **teilweise oder ganz auslöschen**.

Störende Interferenzen entstehen bei der Überlagerung **gleichfrequenter** Wellen. Dies kann passieren, wenn zwei Sender zu nahe beieinander auf der gleichen Frequenz senden. Dies wird durch internationale Übereinkommen verhindert.

Zahlreich sind aber die Interferenzen durch **Reflexionen** von Funkwellen in dichtbebautem Gebiet. Bei den elektromagnetischen Wellen ergeben sich auf diese Weise die "Funklöcher", wie sie die meisten Handybenutzer kennen. Der Empfänger erhält dabei das direkte *und* eines oder mehrere reflektierte Signale. Auch für den Radioempfang gibt es viele ungünstige Orte, ein Verschieben des Empfängers oder der Antenne um wenige Zentimeter bringt meist schon eine Verbesserungen.