

Wie funktioniert unser Kurzwellen-Radio ?

Unser Radio empfängt die Radiowellen mit einer Schleifenantenne. Die Spule, die nur vier Windungen aus dickem Draht hat, ist zugleich Antenne und Induktivität des Schwingkreises. Sie nimmt das magnetische Feld der Radiowelle auf. Dadurch ist diese Antenne richtungsempfindlich. Ihr könnt das ausprobieren:

Haltet mal die Schleife so, dass der Kreis horizontal ausgerichtet ist. Wenn ihr einen Sender eingestellt habt, dann werdet ihr bemerken, dass dieser aus jeder Richtung empfangen wird. Ganz gleich, wie ihr die Antenne dreht. Danach aber stellt ihr das Radio wieder auf den Tisch. Jetzt steht die Spule senkrecht. Und wenn ihr sie dann dreht, sollte in einer bestimmten Stellung der Ton am lautesten sein. Aus dieser Richtung empfangen wir den Sender optimal. Die Welle kann aber links oder rechts von der Schleife einfallen. Die Himmelsrichtung müssen wir durch andere Merkmale ermitteln. Manchmal findet man Hinweise im Internet. Es ist durchaus nicht so, dass ein weit entfernter Sender z.B. direkt aus Moskau kommt. Es könnte auch ein sog. Relais-Sender sein. Solche „Tochtersender“ werden überall in der Welt betrieben, damit in jedem Fall auch bei schlechten Ausbreitungsbedingungen das Programm in allen Kontinenten gut zu empfangen ist.

Außenantenne

Zur Verbesserung des Empfangs könnt ihr eine Zusatzantenne bei „Ant“ anschließen. Ein 5 m langer Draht genügt bereits, um deutlich mehr Sender zu hören. Eine weitere Steigerung der Empfangsleistung bringt das Anschließen einer Erdverbindung bei „Erde“. Ein kurzer Stab von 0,5 m bis 1 m Länge wird in den Boden gesteckt und mit einem Draht mit „Erde“ auf dem Radio leitend verbunden. Das geht einfach, wenn man im Freien ist. Falls in der Wohnung oder im eigenen Haus ein Kontakt zur Erde besteht, kann man den selbstverständlich nutzen. Aber bitte steckt auf keinen Fall einen Draht in die Steckdose. Das wäre lebensgefährlich! Manchmal hat noch eine Wasserleitung oder ein Heizungsrohr eine Verbindung zur Erde. Einfach mal ausprobieren. Oft ist der Anschluss einer Erde wirksamer als eine Zusatzantenne. Wenn keine „Erde“ vorhanden sein sollte, kann man auch hier als Ersatz einen längeren Draht anschließen. Mit je einem Draht an „Erde“ und „Ant“ werdet ihr auch am Tag einige Sender besser empfangen.

Mit einer „Außenantenne“ geht die Richtwirkung unserer Schleifenantenne verloren, weil wir mit dem Draht überwiegend das elektrische Feld der Radiowellen aufnehmen. Aber wir werden auch feststellen, dass dann mehr Störungen zu hören sind. Die meisten elektrischen Maschinen im Haushalt und Industrie senden unerwünscht stark die elektrischen Komponenten der Radiowellen aus. Besonders störend sind in der Nähe fahrende Straßenbahnen. Das Experimentieren mit unterschiedlichen Antennen zum Empfang von Radiowellen macht Spaß und man wird auf diese Weise vielleicht zu einem Experten, zu einem Hochfrequenztechniker.

Von der Antenne zum Kopfhörer

Nun gehen wir mal davon aus, dass wir den Schwingkreis aus Antennenspule und Drehkondensator auf einen Sender abgestimmt haben. Wir empfangen also eine Radiowelle mit einer ganz bestimmten Frequenz. Die Sender geben diese hochfrequenten Wellen in Megahertz(MHz) an. Also in Millionen Schwingungen pro Sekunde. Man findet Angaben in speziellen Büchern oder sucht diese Frequenzlisten im Internet.

Die Empfangsenergie ist sehr gering. Wir könnten mit dem Antennenstrom unseren Kopfhörer nicht betreiben. Wir würden auch nichts hören, da die hochfrequenten Wellen von unserem Ohr nicht wahrgenommen werden. Aber die Rundfunktechniker wenden einen Trick an. Sie modulieren die Radiowelle im Takte der Musik oder der Sprache. Die hörbaren Tonwellen aus dem Mikrofon werden der Radiowelle aufgeprägt. Die von der Sendeantenne abgestrahlte Energie schwankt im Rhythmus der Tonhöhe und der Lautstärke. Und genauso wird sie von unserer Antenne aufgefangen. Allerdings ist die Energie jetzt mehrere Millionenmal geringer als am Sender. Wir müssen sie elektronisch verstärken. Das machen wir mit dem ersten Transistor T1. Er nimmt die dazu notwendige Energie aus der Batterie.

Im Bild ist dargestellt, wie die mit dem Ton modulierte Radiowelle als hochfrequenter Wechselstrom am linken Anschluss in den Transistor einfließt. Am Collector ist sie dann stärker. Hier ist aber neben der Radiowelle auch die niederfrequente Tonwelle zu messen. Sie wird aus der Gleichrichtung der Radiowelle gewonnen. Dadurch erhalten wir die „Prägung“ der Radiowelle durch Sprache und Musik wieder zurück. Man sagt, die hochfrequente Welle wird demoduliert. Das passiert ebenfalls innerhalb des ersten Transistors.

Mit dem Kopfhörer können wir nur die Tonwellen hören, da deren Anzahl der Schwingungen in der Sekunde unseren Sprachschwingungen bzw. Musikschwingungen entsprechen. Leider sind die Energien dieser niederfrequenten Wellen nach dem ersten Transistor T1 noch so gering, dass sie die Membrane des Kopfhörers nicht bewegen können. Sie müssen in den Transistoren T2 und T3 noch kräftig angehoben werden. In diesen Transistoren finden wir also nur elektrische Ströme, die wir mit dem Kopfhörer in Schallwellen umwandeln können. Die Reste der Radiowellen sollten hier nicht mehr verstärkt werden, da sie sonst auf die Antenne zurückwirken. Durch den Kondensator C4 werden sie frühzeitig nach Masse kurzgeschlossen, also wirksam vernichtet. Dieser Kondensator stellt aber für die Tonwellen einen großen Widerstand dar, so dass diese kaum gedämpft werden.

Der Transistor

Ein Transistor verstärkt den Strom. Ein Modell mit Wasser macht den Vorgang vielleicht verständlich:

Bei einer Wasserleitung kann man mit dem Wasserhahn die durchlaufende Wassermenge steuern: von gar kein Wasser bis sehr viel Wasser. Bei einem Transistor fließt nicht Wasser sondern Strom vom Collector C zum Emitter E. Und diesen Strom kann man nun

auch mit einem „Wasserhahn“, nämlich der Basis B, steuern. In den Transistor hinein, also in die Basis B, genügt ein ganz kleiner Hochfrequenz-Strom, um einen viel größeren Ausgangsstrom zu erzeugen. Man kann den Transistor so einstellen, dass er nur den negativen Teil des Stroms verstärkt, den der Transistor umdreht, wie im Schaltbild gezeigt.

Es reichen sehr kleine Änderungen des Stroms in die Basis aus, um große Änderungen im Ausgangsstrom zu erreichen. Das nennen wir Verstärkung. Unsere Transistoren haben mindestens eine Verstärkung von 400. Sie sind aus der Herstellungs- Klasse C vom Typ: BC 547C. Der in die Basis einfließende Strom wird also etwa 400 mal größer vom Collector zum Emitter fließen. Natürlich muss der aus der Batterie kommen. Dabei bestimmt der Collector-Widerstand letztlich auch den Wert des maximal erreichbaren Collectorstromes.

Das Audion mit Rückkopplung

Am Ausgang(Collector) des ersten Transistors finden wir auch die verstärkte Energie, die aus der Antenne kam. Einen kleinen Anteil dieser Energie führen wir mit Hilfe einer Rückkopplung auf den Antennenschwingkreis zurück. Dazu schicken wir einen einstellbaren Strom in die Windung, die im Gegensinn gewickelt wurde. Der Rückkopplungsstrom hat nach der Verstärkung eine andere Polarität. Sie ist entgegen des Stromes gerichtet, der aus der Antenne kommt. Damit er den Antennenstrom unterstützen kann, koppeln wir ihn mit der Rückkopplungswicklung magnetisch so an den Antennenschwingkreis, dass beide im gleichen Takt schwingen. Unser Schwingkreis hat nämlich Verluste, die wir auf diese Weise wieder kompensieren können. Das Kind auf einer Schaukel muss man auch stets im richtigen Augenblick und in der richtigen Richtung anstoßen, damit das Schwingen erhalten bleibt. Dieser Trick heißt Rückkopplung und das Empfangsprinzip findet man in der Literatur auch als „Audion mit Rückkopplung“ wieder.

Die zurückgeführte Energie können wir mit dem Drehwiderstand einstellen. Geben wir zuviel zurück, dann beginnt unser Empfänger zu schwingen - er wird zum Sender. Der Vorgang des Aufnehmens, Verstärkens und Rückführens schaukelt sich auf. Wir müssen daher diese Eigenschwingungen vermeiden, denn sonst hören wir nur einen lauten Pfeifton. Wir drehen also nach der Abstimmung auf einen Sender nur soweit auf, dass das Pfeifen nicht entsteht. Oder anders: Wir drehen die Rückkopplung soweit zurück, dass die Schwingungen abreißen und der Ton laut genug ist. Man kann bei starkem Empfang mit dem Rückkopplungsregler auch die Lautstärke einstellen. Und wenn das nicht reichen sollte, können wir immer noch die Antenne aus der Richtung des Senders drehen. Daher benötigen wir keinen zusätzlichen Lautstärkeregler.

Zu Beginn der Einführung des allgemeinen Rundfunks konnten die Leute, die man damals Radioamateure nannte, diese Rückkopplung sehr feinfühlig bedienen. Später kamen andere Empfängerschaltungen ohne Rückkopplung auf. Heute wissen die meisten Menschen nicht

mehr wovon ihr sprecht, wenn ihr sagt, dass ihr ein Rückkopplungsradio habt. Aber in der frühen Radiotechnik war allgemein bekannt, wie man damit umgeht. Lästig war die Ausstrahlung der Empfangsfrequenz, wenn der Empfänger zum Sender wurde, also ein Pfeifen eintrat. Es gab damals eine Vorschrift, diesen Betriebsfall sorgsam zu vermeiden, weil sonst der Rundfunkempfang des Nachbarn gestört wurde. Unser Kurzwellenradio aber sendet nur so wenig Energie aus, dass man in einem Empfänger, der unmittelbar daneben steht, nichts hören kann. Ihr dürft es also ruhig mal richtig quietschen lassen.

Warum empfangen wir am Tage nur wenige Stationen ?

Ich hatte euch doch erklärt, dass die oberen Luftschichten durch die Einstrahlung der Sonne die Radiowellen stark dämpfen, wenn sie diese in 50 km Höhe zweimal durchdringen müssen, um an der Grenzschicht in 250 km Höhe reflektiert zu werden. Das Prinzip der Spiegelung an der Ionosphäre und am Erdboden habt ihr ja begriffen. Eine weit entfernt abgestrahlte Radiowelle wird mehrmals am Himmel und der Erde hin und her gespiegelt und durchläuft immer wieder die dämpfenden Schichten. Sie wird also auf dem Weg zu uns stark geschwächt. Man kann diese veränderlichen Dämpfungen auch als ständiges Schwanken der Lautstärke wahrnehmen. Die Radiowelle schwindet und kommt wieder. Mal ist sie laut, mal überhaupt nicht zu hören. Moderne Empfänger gleichen diese Schwankungen durch eine Regelschaltung aus, so dass man von dem Vorgang nichts bemerkt. Wir aber haben ein vergleichsweise einfaches Radio, mit dem wir die wahre Natur der Radiowellen noch studieren können. Ist das nicht toll ? Es macht doch eigentlich nichts, wenn man mal am Drehwiderstand stellen muss, um die Lautstärke nachzuregeln - oder?

Wenn nach dem Untergang der Sonne die Ionosphäre sich wieder beruhigt hat, werden die Sender sehr viel lauter. Die unteren Schichten verschwinden, die Wellen erfahren kaum noch eine Dämpfung. Wir können am Abend und in der Nacht viel mehr Sender empfangen. Hätten wir nicht die Rückkopplung, wäre es schwierig, sie voneinander zu trennen. Wir würden nämlich zwei oder mehr an derselben Stelle hören. Unser Radio gewinnt durch die Rückkopplung an Trennschärfe, wie der Fachmann sagt. Der Empfangsbereich für eine bestimmte Radiowelle wird umso enger, wie die Verluste im Schwingkreis abnehmen. Führen wir also viel Energie in die Antenne zurück, dann werden wir nur noch den gewünschten Sender empfangen. Das ist ein weiterer Vorteil der Rückkopplung. Und es dauerte lange, bis man bessere Schaltungen entwickelt hatte. Aber diese modernen leistungsfähigen Konzepte, wie sie noch heute üblich sind, verlangen einen viel größeren Aufwand. Die Radios wurden damals vorübergehend auch mal richtig teuer.

Stand der Technik

Heute und morgen werden wir Radios kaufen können, die digital arbeiten. Ganze Empfangsblöcke werden in Chips integriert. Spulen und Drehkondensatoren braucht man

nicht. Die Radiowellen werden bereits an der Antenne digitalisiert und dann in spezieller Hardware nur noch mit Hilfe der Software dazu gebracht, an der Steckbuchse des Kopfhörers oder im Lautsprecher die Tonwellen bereit zu stellen.

Leider sind die Bauelemente moderner Radios so winzig, dass man sie nicht mehr ohne Automaten miteinander verbinden kann. Zum größten Teil sind sie ja Bestandteile der Chips, der integrierten Schaltungen(ICs). Auch diese sind oft in der Größe einer Ameise und vom Menschen kaum zu handhaben. Fast hätte sich diese Entwicklung für uns als das Ende des Radiobastelns gezeigt. Zum Glück konnte ich für euch aber noch sog. „bedrahtete Bauteile“ beschaffen. Also Transistoren, Kondensatoren und Widerstände, die Anschlüsse haben, die wir löten konnten. Bald jedoch werden sich interessierte junge Leute nur noch mit Software befassen, da die Hardware in der gesamten Elektronik immer mehr zur Wegwerftechnik wird. Aber vielleicht könnt ihr euch dennoch dafür begeistern. Denn es wird immer dann interessant, wenn unsere Phantasie gefordert ist. Und bei dem rasanten Fortschritt der Technik wird wohl sobald kein Stillstand zu erwarten sein. Deshalb wünsche ich euch viel Spaß beim Löten und Programmieren.

DF8ZR; im Dezember 2010

Fehlersuche:

Ist die Batteriespannung größer als 0,8 V ? - Event. Batterie erneuern.

Hat die Batterie im Halter an beiden Enden Kontakt ? - Batterie drehen und bewegen.

Ist der Stecker des Kopfhörers ganz hineingesteckt? – Nachprüfen.

Ist bei der Sendersuche der Regler RK ganz nach rechts gedreht ? – Einstellen.

Ist irgendein Draht lose ? Sind die Lötstellen alle fest und ohne Wackelkontakte ?

- Sichtkontrolle. Ist der Schalter ganz nach oben geschoben ? – Nachstellen.

Sind die Drähte der Antenne fest in den Klemmen ? – Sichtkontrolle von beiden Seiten!.

Bei der Sendersuche langsam an der Abstimmung drehen! Das Radio um 90 Grad drehen, wenn der Empfang ausbleiben sollte. – Die Antenne empfängt immer nur aus zwei Richtungen. Eventuell eine Zusatzantenne anschließen, wenn das Radio in einem Betonbau betrieben wird. Man kann es dann aber auch hinter einem Fenster versuchen.

Ganz wichtig ist die Kontrolle der Antennenanschlüsse. Die blanken Drähte dürfen niemals die blanke Leitung am oberen Rand des Radios berühren. In so einem Fall besteht ein direkter Kurzschluss der Batterie. Sie wird innerhalb kurzer Zeit verbraucht sein. Manchmal merkt man das an der spürbaren Erwärmung der Batterie. Bei den nächsten Radios wird dort ein isolierter Draht verlegt. Ihr könnt den nachrüsten, wenn ihr einen LötKolben habt.