

Licht ist eine **elektromagnetische Welle** zwischen **380 nm** (violett) bis **780 nm** (dunkelrot) Länge.

Lichtgeschwindigkeit (physikalische Konstante) = $c = 300.000 \text{ km/sec}$

$$f = \frac{300.000}{\lambda} \quad [\text{Hz} = \frac{\text{km}}{\text{sec}}]$$

$$f = \text{Frequenz} = 1/\text{sec} \quad [\text{Hz}]$$

$$\lambda = \text{Wellenlänge} \quad [\text{m}]$$

Wellen-Länge kann also in (Wellen-)Frequenz umgerechnet werden und umgekehrt, da die Geschwindigkeit konstant ist.

Durchschnittliche Wellenlänge vom Licht: $(380 + 780)/2 = 580 \text{ nm}$ (gelb) = **0,58 μm** (Mikrowellenbereich!)

$$f = 300 * 10^6 / 580 * 10^{-9} = 0,517 * 10^{15} = \mathbf{517 \text{ THz}} = 517.000 \text{ GHz} = 517.000.000 \text{ MHz}$$

Deshalb sind Mikrowellenherde für die Augen sehr gefährlich!

Physik:

(1) Kraft	= Masse * Beschleunigung	$F = m * a$	[N (Newton) = $\text{kg} * \text{m}/\text{sec}^2$]
(2) Arbeit (Energie)	= Kraft * Weg	$W = F * s$	[Nm = N * m]
(1) in (2) Energie	= Masse * Beschleunigung * Weg	$W = m * a * s$	[Nm = $\text{kg} * \text{m}/\text{sec}^2 * \text{m}$] [Nm = $\frac{\text{kg} * \text{m}^2}{\text{sec}^2}$]

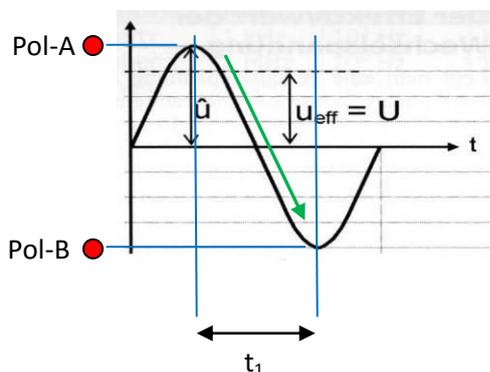
Wir wissen, wenn man mit dem Fahrrad gleichmäßig schnell auf ebener Straße fährt, braucht man wenig Energie. Wenn man schneller werden will also beschleunigt, d.h. in einer bestimmten Zeit, von einer Geschwindigkeit auf einer höhere Geschwindigkeit kommen will, braucht man mehr Energie, das steckt im Wert **a** (Beschleunigung) = s/t^2 [m/sec^2].

$$\text{m/sec} = \text{Geschwindigkeit (v)} \rightarrow v/t = \text{Geschwindigkeit (-änderung)} / \text{Zeit} = \text{Beschleunigung} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{sec} * \text{sec}} \right]$$

Wenn dieser zweite **sec-Wert** kleiner wird, wir also schneller beschleunigen, dann wird der **Energie-Wert** höher. Wir brauchen mehr Energie, je kürzer die Beschleunigungszeit ist.

Nm = Js = Joule Das sind drei entsprechende Energieformen: Mechanische-, Elektrische-, Wärme-Energie.

Das übertragen wir nun auf die **elektrische Energie**, speziell auf **Wechselspannung**, da sich hier die Ladungen ständig von einem Pol zum anderen Pol bewegen.



Dieser Spannungsverlauf über die Zeit (t) zeigt uns, dass die Spannung beim **Pol-A** am höchsten wird gegen **Pol-B** und dann durch die Nulllinie (neutral, keine Spannung zwischen den Polen A +B) beim **Pol-B** am höchsten wird gegen **Pol-A**. Das geschieht immer wieder, die gesamte Periodenzeit entspricht der Frequenz dieser Wechselspannung. Der grüne Pfeil zeigt uns, dass in der Zeit t_1 , die Ladung am Pol-A beschleunigt wird um zum Pol-B zu gelangen und nachfolgend umgekehrt und immer wieder. Solange wegen dieser Spannung kein Strom durch einen Verbraucher fließt, wird keine Energie verbraucht. Wir erkennen aber, wenn die Zeit t_1 kürzer wird also die Frequenz dieser Wechselspannung höher wird, dann steigt auch das Energievermögen dieser Wechselspannung, siehe

unsere physikalische Berechnung oben, bezüglich der Beschleunigung. Eine Periode hat zwei Beschleunigungsintervalle, vom Pol-A zum Pol-B und vom Pol-B zum Pol-A. Das 10m-Amateurfunkband endet bei 29,7 MHz, das sind $29,7 * 10^6 * 2 = 59,4$ Millionen Beschleunigungsintervalle. WLAN sendet bei 2,4 GHz, das sind $2,4 * 10^9 * 2 = 4.800$ Millionen Beschleunigungsintervalle.

Für was jetzt dieses ganze rumgeiere? **Das beweist, dass Wechselspannungen und daraus entstehende Wechselfelder mit höheren Frequenzen viel mehr Energie übertragen können als niederfrequente.** Die Konsequenz daraus ist, dass hochfrequente Strahlungen gleicher Amplitude viel höhere Energien übertragen als niederfrequente Strahlungen, sonst gäbe es keinen Mikrowellenherd sondern ein „Kurzwellenherd“ würde reichen!!!

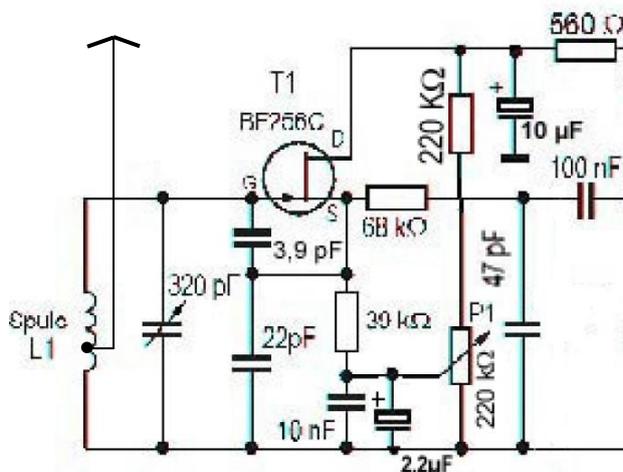
Nun zu unserem **Audion-Empfänger** auch **Rückkopplungs-Empfänger** oder **Einkreiser** genannt.

Das Prinzip vom **Parallelschwingkreis** und einer Antenne haben wir bereits in der **Nachlese_29.11.14** behandelt, bitte dort nachlesen. Die Empfindlichkeit und Trennschärfe eines Rückkopplungsempfängers hängt also von der **Güte** des einzigen Schwingkreises im Empfängereingang ab. Es ist deshalb ratsam einen Schwingkreis mit wenig Induktivität dafür mehr Kapazität aufzubauen, denn eine Spule hat einen höheren Verlustwiderstand durch die Menge an Draht und das Problem, dass viele magnetische Feldlinien zu weit verstreut werden. Beim Kondensator ist sein elektrisches Feld nur zwischen den Kondensatorplatten vorhanden und er hat wenig Anschlussdraht.

Bei Resonanzfrequenz vom Schwingkreis ist der Betrag vom Blindwiderstand der Spule gleich dem Betrag vom Blindwiderstand des Kondensators. Beim Kondensator eilt der Blindstrom um 90° voraus, bei der Spule eilt der Blindstrom um 90° nach, das sind zusammen 180°, die Ströme heben sich also auf. Es bleibt nur ein Wirkwiderstand übrig, bei dem Spannung und Strom in Phase (0°) sind. Das ist der Verlustwiderstand vom Schwingkreis, der **Resonanzwiderstand**, der dessen Güte bestimmt.

$$f_{\text{res}}: \quad X_L = X_C \quad X_L = 2 * \pi * f_{\text{res}} * L \quad X_C = 1 / (2 * \pi * f_{\text{res}} * C) \quad \rightarrow \quad 2 * \pi * f_{\text{res}} * L = 1 / (2 * \pi * f_{\text{res}} * C)$$

$$f_{\text{res}} = \frac{1}{2\pi * \sqrt{L * C}} \quad [\text{Hz}] \quad \text{Man sieht unter der Wurzel den Term } L * C. \text{ Das Produkt aus } L * C \text{ kann aus unterschiedlichen LC-Kombinationen erhalten werden.}$$



An der Spule L1 ist die Außenantenne angeschlossen, damit man besser empfangen kann.

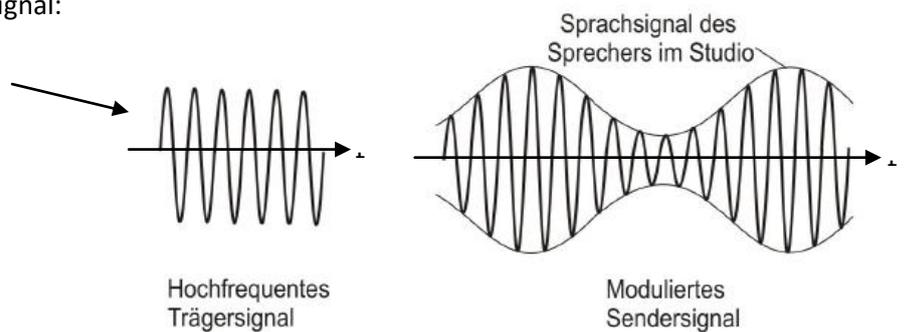
Der Eingangskreis besteht aus der Spule L1 und dem Drehkondensator 320 pF. Parallel dazu ist ein kapazitiver Spannungsteiler 3,9 pF und 22 pF. Bei Kondensatoren sind höhere Werte niederohmiger als niedrige Werte! Siehe oben: $X_C = 1 / (2 * \pi * f_{\text{res}} * C)$
 $3,9 \sim 4 \text{ pF}$ (zum leichteren Kopfrechnen!)
 $22 \sim 20 \text{ pF}$
 $320 \sim 300 \text{ pF}$
 $20 / 4 = 5 / 1$
 \rightarrow am 4 (3,9) pF wird 4/5, am 20 (22) pF werden 1/5 der Schwingkreisspannung stehen.
 C-Serienschaltung: $4 \text{ pF} = 4$; $20 \text{ pF} = 1 \rightarrow$ Summe: **5**
 $\rightarrow 300 (320) \text{ pF} / 5 = 60 \rightarrow$ Die Parallelschaltung der 3,9/22 pF zum Abstimm-drehkondensator wirkt nur zu 1/60 auf die Frequenz (vernachlässigbar!). Es wird aber 1/5 der Schwingkreisspannung beeinflusst. Die HF-Wechselspannung die am 39 kΩ abfällt liegt auch am 22 pF, denn der 10 nF ist für HF sehr niederohmig. Der 2,2 μF zwar auch aber der hat viel Verlustinduktivität und wirkt besser bei NF.

Der Transistor T1 ist ein **Feldeffekt-Transistor**. Ein normaler **NPN-oder PNP-Transistor** wird durch den **Basisstrom** in der Basis-Emitter-Diode gesteuert. Das braucht natürlich etwas Energie, weil hier Strom fließt. Beim Feldeffekt-Transistor ist zwar auch eine Gate-Source-Diode vorhanden (**Gate** = Basis; **Source** = Emitter; **Drain** = Kollektor), diese Diode wird aber in Sperrrichtung betrieben. Zwischen Source und Drain ist ein Halbleiterkristall das an einer Engstelle vom gegenpoligen Gate-Kristall umgeben ist. Wird an das Gate eine Spannung gelegt, so schnürt das entstehende Feld den Stromfluss von Source zu Drain ab. So wird leistungslos gesteuert.

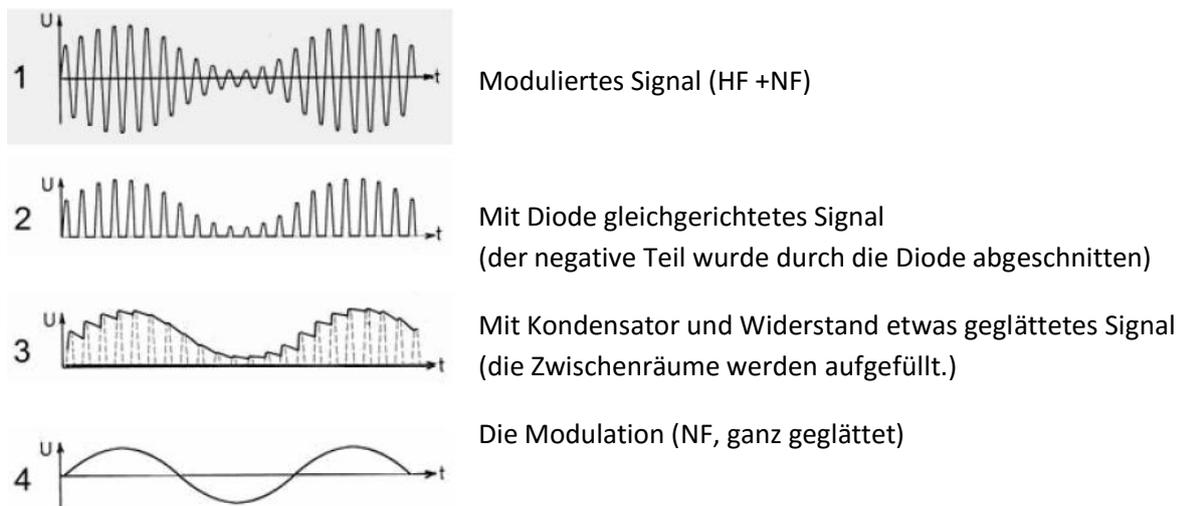
T1 ist in Source-Schaltung geschaltet, was einer Emitter-Schaltung entspricht, d.h. der Arbeitswiderstand $39\text{ k}\Omega$ ist nicht, wie bei der folgenden Transistorstufe im Kollektor (Drain) sondern im Emitter (Source). Der Kollektor (Drain) liegt direkt an der Versorgungsspannung. Der $560\ \Omega$ und der $10\ \mu\text{F}$ sind „Siebglieder“, damit diese sehr empfindliche Stufe nicht durch Störungen aus der Stromversorgung beeinflusst wird. Durch diese Schaltungsvariante ist zwischen Gate und Source keine Phasendrehung (0°) vorhanden. Die Schwingkreisspannung die über das Gate an den Transistor kommt wird verstärkt und ein Teil kommt phasenrichtig von Source, wieder zurück zum Schwingkreis. Damit werden die Verluste im Schwingkreis ausgeglichen, die Güte vom Schwingkreis wird verbessert, er wird empfindlicher für hereinkommende Signale und die Trennschärfe steigt.

Amplituden Moduliertes (AM) HF-Signal:

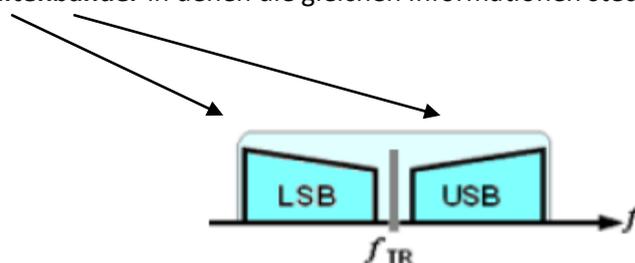
Wenn keiner spricht ist trotzdem ein nutzloser HF-Träger vorhanden.



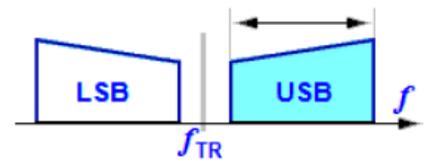
Will man die Modulation wieder hören, muss man nur den einen Teil mit einer Diode abschneiden, siehe **Nachlese_29.11.14**.



Es entstehen bei **AM** immer **zwei Seitenbänder** in denen die gleichen Informationen stecken.



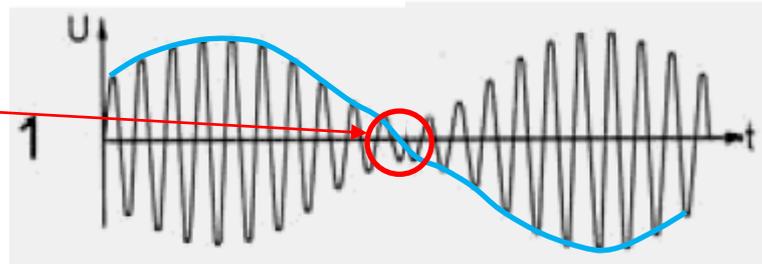
Bei **SSB** wird nur **ein Seitenband ohne Träger** übertragen.
 Entweder das untere Seitenband (**LSB**) im: 160, 80, 40 m-Band
 oder das obere Seitenband (**USB**) im: 20, 17, 15, 12, 10 m-Band



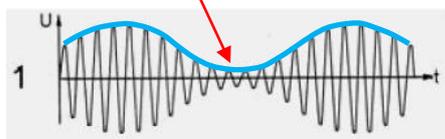
Dadurch muss der Sender seine Energie in nur ein Seitenband stecken.

Durch den unterdrückten Träger wurde aber nun das Signal ineinander geschoben.

Der Unterschied in den Signalen ist im **Phasensprung** bei SSB zu finden!



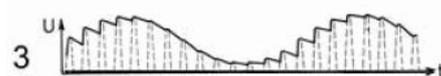
Man kann es deshalb durch einfaches gleichrichten mit einer Diode nicht richtig demodulieren. Man muss erst den Träger wieder dazu geben, dann kann man wieder gleichrichten.



AM-Signal



Beschreibung, siehe oben.



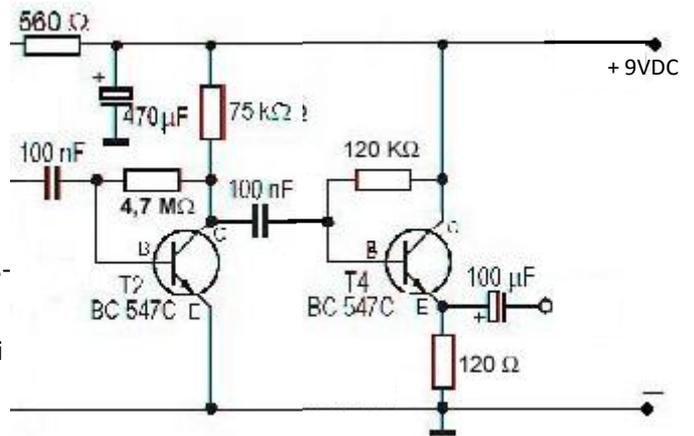
Den Träger wieder zusetzen geschieht in unserer Audion-Schaltung dadurch, dass etwas mehr Energie in den Schwingkreis zurückgekoppelt wird und die Stufe leicht zu schwingen anfängt und dadurch wieder eine Trägerfrequenz erzeugt wird. Aus dem SSB-Signal wird ein AM-Signal (1). Deshalb muss man beim Audion-Empfänger darauf achten, dass man den **Regler für die Rückkopplung** (Potenziometer) nicht zu stark aufdreht. Denn dann **schwingt der Audion-Empfänger** und wir haben einen **Sender** gebaut!

Oben hatte ich erklärt, dass der Feldeffekt-Transistor vom Gate zum Source eine Diode in Sperrrichtung hat. Das hat nun den angenehmen Nebeneffekt, dass diese Diodenstrecke in Sperrrichtung den Transistor richtig arbeiten lässt und in Durchlassrichtung den einen Teil vom modulierten HF-Signal abtrennt (2), wie in **Nachlese_29.11.14** beschrieben und damit das Signal demoduliert. Der 68 kΩ mit dem 47 pF füllen die Zwischenräume der HF auf (3) damit ein sauberes NF-Signal (4) erscheint.

Die beiden 220 kΩ sind ein Spannungsteiler zwischen +/- der Spannungsversorgung. Mit dem **Rückkopplungs-Potenziometer** wird mehr oder weniger Spannung abgegriffen. Damit verändert man den **Arbeitspunkt** vom Feldeffekt-Transistor und damit die **Höhe seiner Verstärkung** und somit die **Menge an zurückgeführter Energie** in den Schwingkreis.

Über den 100 nF wird nun das NF-Signal ausgekoppelt und soweit verstärkt, dass man es hören kann.

Weiter geht es in unserer Schaltung. Der $560\ \Omega$ ist der Widerstand der in der obigen Schaltung schon gezeigt ist. Der $470\ \mu\text{F}$ ist auch noch dafür, dass die Versorgungsspannung wirklich ohne Störungen ist. Den $100\ \text{nF}$ an der Basis von T2 kennen wir auch schon aus obiger Schaltung. Darüber kommt die NF von der Audion-Schaltung. T2 ist in **Kollektor-Schaltung**, d.h. der $75\ \text{k}\Omega$ Arbeitswiderstand ist im Kollektor angeordnet. T2 und der Arbeitswiderstand sind ein **Spannungsteiler**. Wobei der Innenwiderstand von T2 veränderbar ist. Das erreicht man durch die Ansteuerung von T2 an



seiner Basis gegen Emitter. Das kennen wir ja schon. Bekommt die Basis mehr Spannung, fließt mehr Basis-Strom und dadurch auch mehr Kollektor-Emitter-Strom, der Transistor wird niederohmiger! Die nachfolgende Stufe nimmt das verstärkte Signal mit dem nächsten $100\ \text{nF}$ zwischen Kollektor und Emitter von T2 ab. Das heißt, dass bei mehr Basis-Spannung weniger Kollektor-Emitter-Spannung anliegt und umgekehrt. **Die Phase ist um 180° gedreht**. Das hatten wir schon mal gelernt. Der $4,7\ \text{M}\Omega$ und der Innenwiderstand der Basis-Emitter-Diode vom T2 ergeben auch einen Spannungsteiler. Dieser und der Kollektorwiderstand sind so bemessen, dass das noch kleine NF-Signal sauber verstärkt wird weil der **Arbeitspunkt** vom T2 damit richtig eingestellt ist.

T4 ist in **Emitter-Schaltung**, d.h. der Arbeitswiderstand ist im Emitter. Das ist ähnlich, wie beim Feldeffekttransistor in der obigen Schaltung. Diese Stufe hat kaum Verstärkung, brauchen wir auch nicht weil wir ja noch unseren Verstärker nachgeschaltet haben. Solche Stufen baut man zur Entkopplung rein, dass die nachfolgenden Stufen die vorherigen Stufen nicht beeinflussen wenn mehr Strom fließt, weil z.B. lauter gestellt wird. Außerdem ist der $120\ \Omega$ Arbeitswiderstand schon recht klein. Das zeigt, dass das Signal schon recht groß ist also schon mehr Strom fließt als im T2. Der $120\ \text{k}\Omega$ Basiswiderstand ist auch viel kleiner als der vom T2 damit der Arbeitspunkt stimmt. Wegen dem kleinen $120\ \Omega$ brauchen wir schon einen $100\ \mu\text{F}$ zum auskoppeln der NF. Weil **R** und **C** immer eine **Zeitkonstante** ergeben die unsere NF-Wechselspannung verändern könnte.

DB6UV