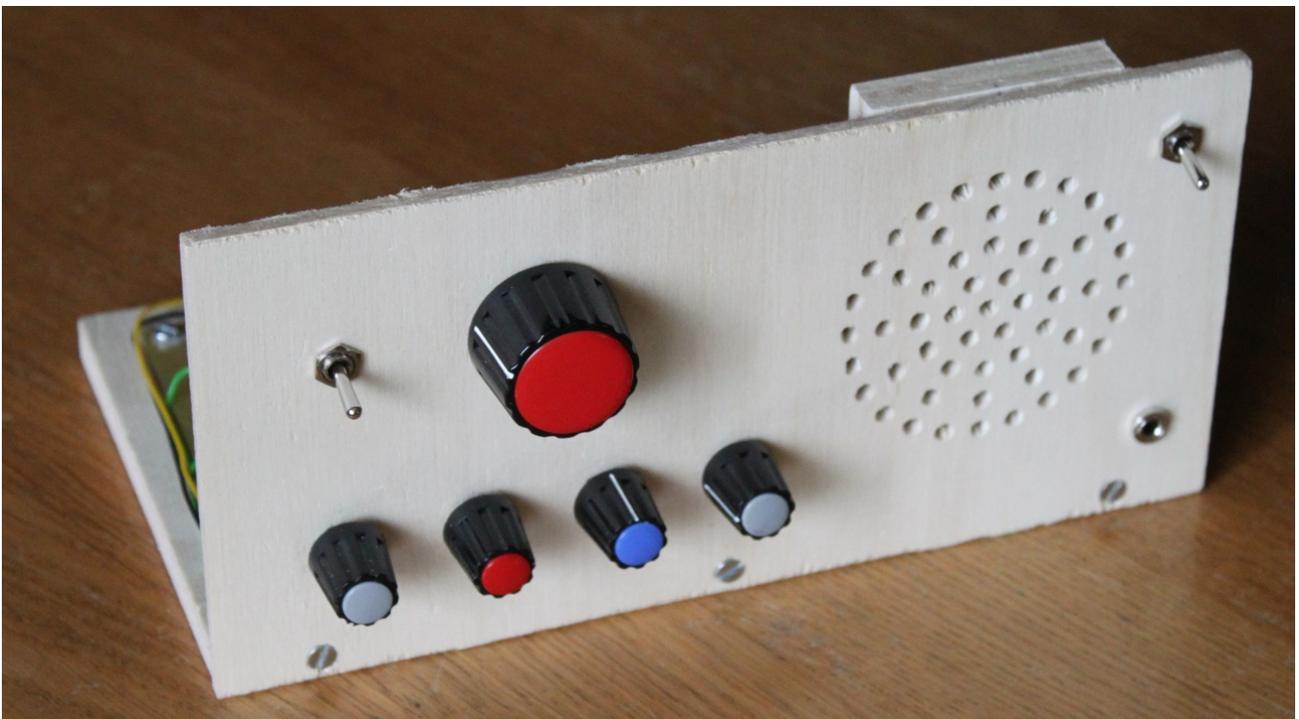


# Das Kurzwellenradio



# Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	3
2. Aufbauanleitung.....	3
2.1 Zusammenbau des Gehäuses und Einbau der Bedienelemente.....	3
2.2 Bestückung der Platine.....	6
2.3 Verdrahtung des NF-Teiles.....	10
2.4 Erste Prüfung des Niederfrequenzteiles.....	11
2.5 Verdrahtung des HF-Teiles.....	12
3. Der Abgleich des Gerätes.....	13
4. Die Bedienung des Gerätes.....	13
4.1 Die Anschlüsse.....	13
4.2 Erstes Einschalten.....	14
4.3 Die Bedienelemente.....	15
5. Das Prinzip unserer Schaltung.....	16
6. Was können wir empfangen?.....	17
7. Die genaue Schaltungsbeschreibung .....	17
7.1 Die Bauelemente.....	17
7.1.1 Der Kondensator.....	17
7.1.2 Die Spule.....	18
7.1.3 Der Widerstand .....	19
7.1.4 Die Diode.....	19
7.1.5 Die Kapazitätsdiode.....	19
7.1.6 Spannungsregler.....	19
7.2 Die Schaltungsteile.....	21
7.2.1 Der Audioverstärker.....	21
7.2.2 Das Audiofilter .....	22
7.2.3 Die Stromversorgung.....	23
7.2.4 HF-Teil – die Audionschaltung.....	23
7.2.5 HF-Teil – der Schwingkreis.....	24
7.2.6 HF-Teil – die Antennenankopplung.....	25
8. Der gesamte Schaltplan.....	27
9. Quellenverzeichnis.....	28

# 1. Vorwort

Seit 1.1.2016 gibt es auf der Mittelwelle keine deutschen Rundfunksender mehr. Um trotzdem im Rahmen des Löturses noch einen Empfänger bauen zu können wurde die Schaltung eines Kurzwellenempfängers ausgesucht. Mit dem Geräten ist es möglich auch tagsüber noch deutschsprachige Sender zu empfangen. Beginnend mit den Abendstunden steigen sie Signalpegel und damit auch die Zahl zu empfangenden Rundfunkstationen kräftig an. Neben Rundfunksendern kann man auch andere Funkdienste wie Funkamateure hören.

In dieser Anleitung sind eine Baubeschreibung, eine Bedienungsanleitung, eine kleine Beschreibung der Schaltung und ein Kapitel über den Kurzwellenempfang allgemein zu finden.

## 2. Aufbauanleitung

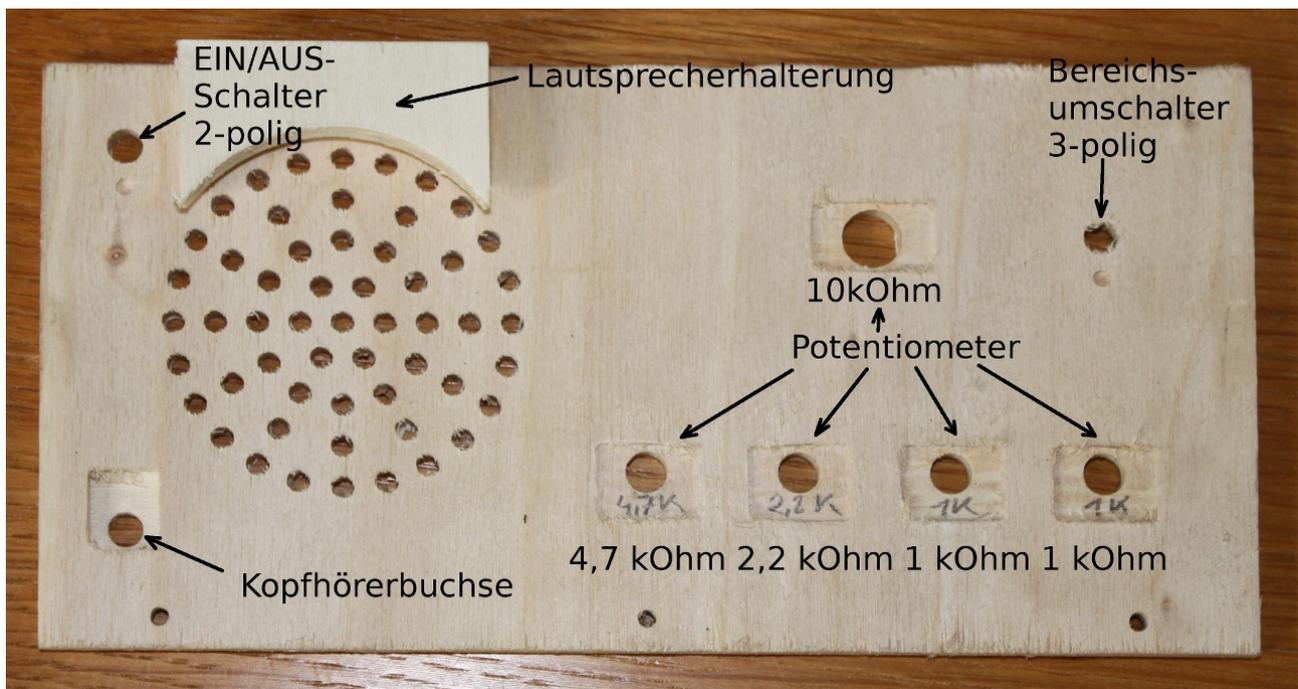
### 2.1 Zusammenbau des Gehäuses und Einbau der Bedienelemente

Das Gehäuse besteht aus zwei Teilen:

- Der Grundplatte mit dem Durchbruch für die Geräteplatine und den Löchern zur Befestigung der Batterie
- Der Frontplatte mit den Durchbrüchen für den Lautsprecher und die anderen Bedienelemente (Lautsprecher, Kopfhörerbuchse, Schalter und Potentiometer)

Den Zusammenbau dieser beiden Teile beginnt man am besten mit der Schraube – von vorne gesehen - links unten. Sind die beiden Teile mit dieser Schraube locker verbunden, kann man den Lautsprecher zwischen die beiden Lautsprecherhalterungen legen, die beiden Teile dann zusammenklappen und mit der zweiten Schraube rechts unten fixieren. Schließlich kommt noch die dritte Schraube in der Mitte rein.

Jetzt werden die Bedienelemente eingebaut. Welches Teil wo einzubauen ist, ist in dem folgenden Bild zu sehen:



Die Werte der einzubauenden Potentiometer sind außerdem mit Bleistift auf die Rückseite der Frontplatte geschrieben. Vorsicht beim Eindrehen der Muttern. Sie dürfen beim Aufstecken nicht verkantet werden weil das Gewinde beim sonst beschädigt wird. Ist alles montiert, sieht das Gehäuse von hinten gesehen dann so aus:



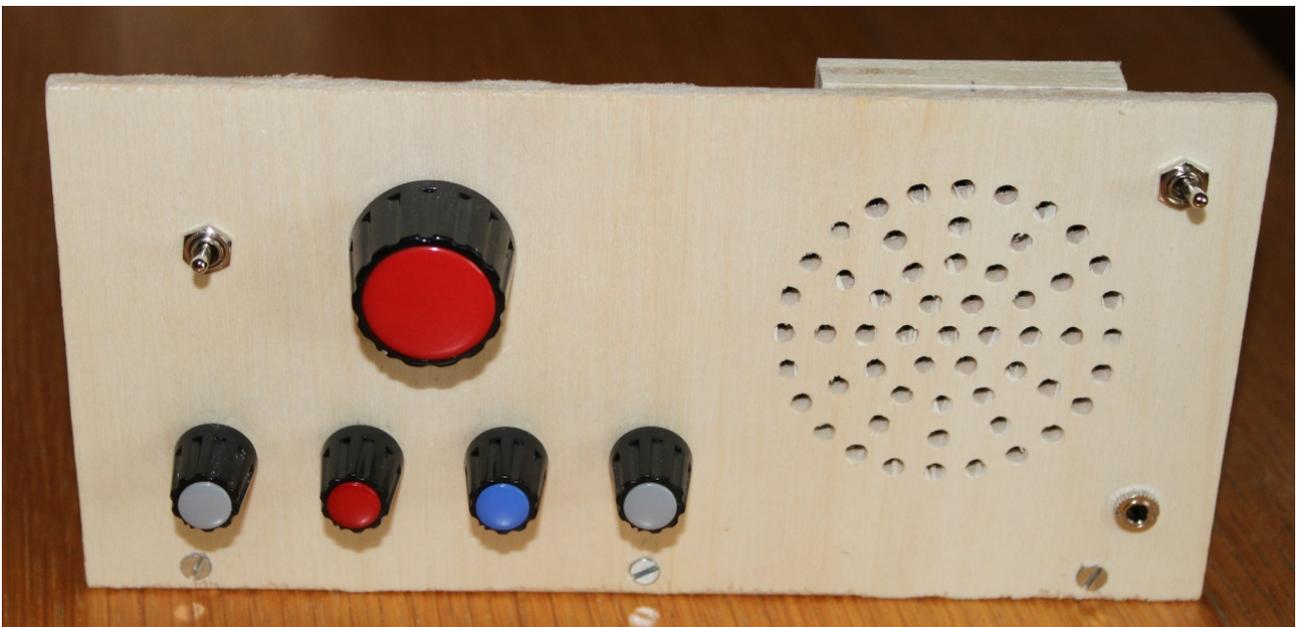
Und von vorne gesehen so:



Im nächsten Schritt werden die Skalenknöpfe montiert. Bei den kleinen Skalenknöpfen muss man die Schraube etwas lockern, dann kann man die Knöpfe bis zum Anschlag aufstecken. Mit der Schraube werden die Skalenknöpfe dann so festgeklemmt, dass die weiße Markierung nach links unten zeigt wenn das Potentiometer auf Linksanschlag steht. Der große Skalenknopf hat eine Mutter anstatt einer Halteschraube. Den darf man allerdings nicht bis zu Anschlag aufstecken sondern sollte etwas Abstand von der Frontplatte halten. Auf diese Weise wird vermieden dass der Knopf beim Drehen auf der Frontplatte schleift. Das Ergebnis sollte dann so aussehen.:



Jetzt kann man die farbigen Deckel aufstecken. Die Deckel sollten so gesteckt werden, wie im Bild unten zu sehen:



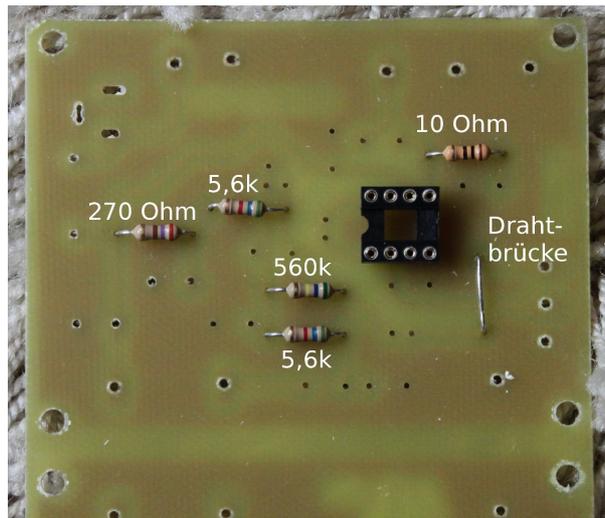
Damit ist das Gehäuse vorerst fertig und es kann mit der Platine begonnen werden.

## 2.2 Bestückung der Platine

Die Platine besteht aus zwei Teilen:

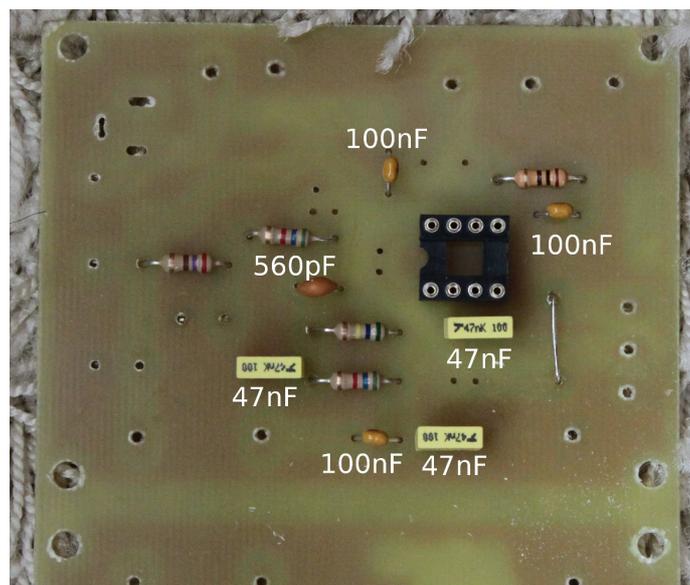
- einem Niederfrequenzteil auf dem der Verstärker für den Lautsprecher oder den Kopfhörer aufgebaut wird und
- dem Hochfrequenzteil, dem eigentlichen Empfänger.

Beim Bestücken ist es am besten man fängt mit den kleinen Bauteilen an, steckt diese Bauteile in ihre Positionen, lötet sie fest und beginnt dann mit den nächst größeren. So kann man die Platine zum löten mit der Bauteileseite nach unten drehen und auf eine Unterlage auflegen ohne dass die Bauteile wieder aus der Platine herausfallen. Wir beginnen deshalb mit den Widerständen. Wo die Widerstände einzulöten sind kann man am folgenden Bild sehen:

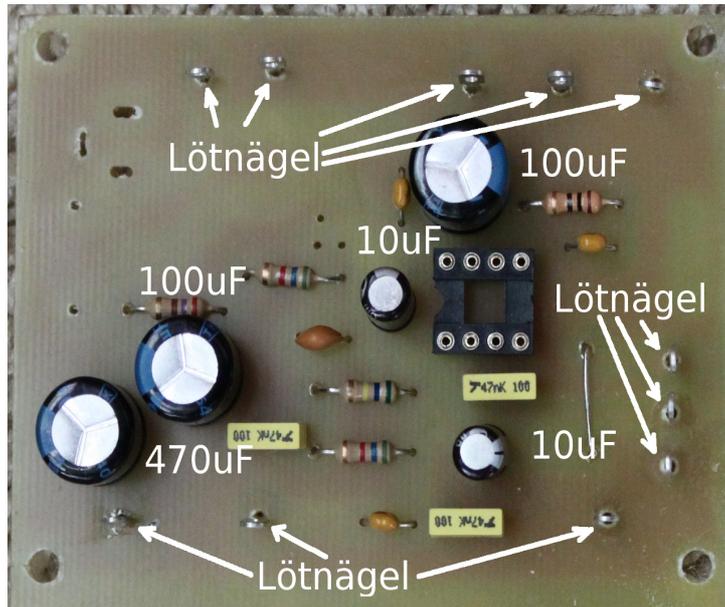


Der im Schaltplan mit 0R bezeichnete „Widerstand“ ist eine Drahtbrücke. Sind die Widerstände eingebaut, kann man die IC-Fassung einbauen. Die Markierung auf dieser Fassung (Einbuchtung) sollte dabei – wie im Bild zu sehen - nach links zeigen.

Die nächst größeren Bauteile sind die Kondensatoren. Nachdem bei den ganz kleinen Bauteilen für eine vollständige Beschriftung kein Platz mehr ist, werden die Werte in einer komprimierten Form aufgedruckt: Anstatt 100nF steht auf dem Bauteil die Zahl 104, anstatt 560pF die Zahl 561.



Jetzt kommen die Lötnägel dran, danach die 10µF Elektrolytkondensatoren (Elkos), dann die 100µF, ganz zum Schluss der 470µF Kondensator. Bei den Elkos ist wichtig, dass sie richtig herum eingebaut werden. Die negative Seite ist bei den Bauteilen mit einem Minuszeichen auf einem helleren Untergrund markiert.

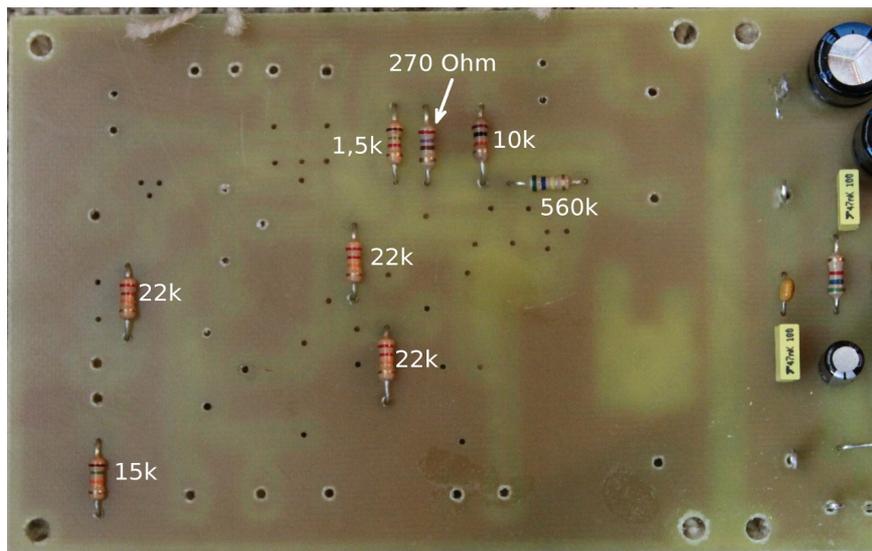


Im letzten Schritt werden jetzt noch die Halbleiter eingebaut. In unserem Fall die Diode und der Transistor. Auch diese Bauteile müssen richtig herum eingebaut werden. Auf dem Bild ist der helle Ring an der Diode zu erkennen, der die Einbaurichtung anzeigt. Der Transistor ist so einzubauen wie auf dem Bild zu sehen.

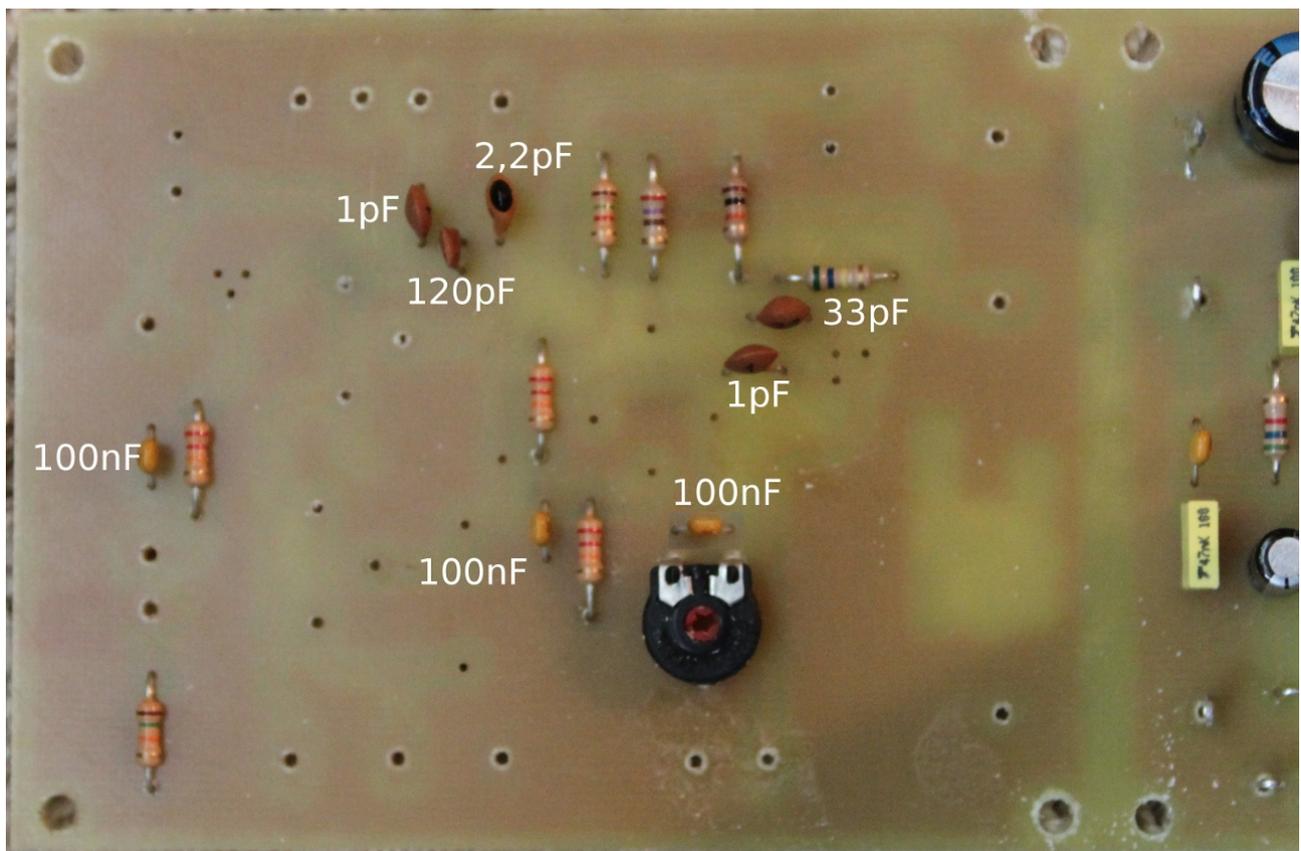


Damit ist der NF-Teil fertig und wir können mit dem HF-Teil weitermachen.

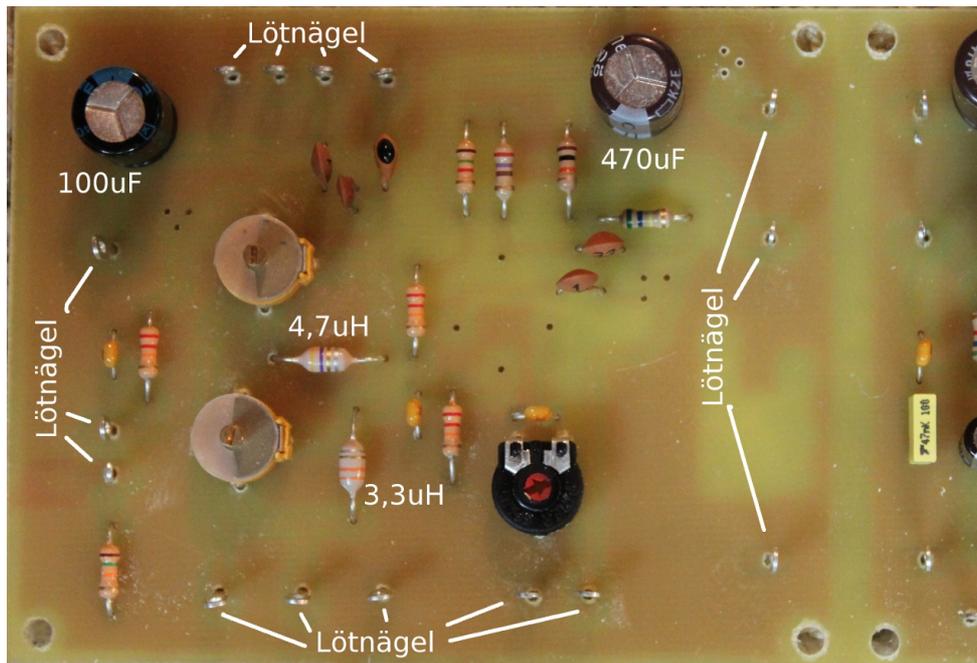
Auch hier beginnen wir wieder mit den Widerständen:



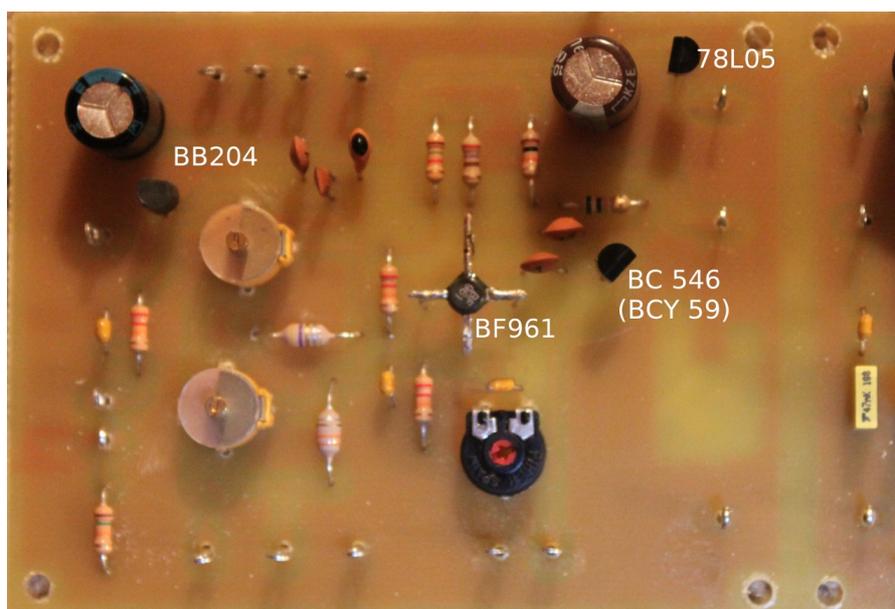
Danach sind die kleinen Kondensatoren dran. Direkt danach können wir das Trimpoti stecken und ebenfalls festlöten :



Jetzt kommen Spulen (4,7 $\mu$ H und 3,3 $\mu$ H), die Löt­nägel die Trimmer und zum Schluss die Elkos dran:



Das letzte was auf die Platine gesetzt wird sind die Halbleiter - zuerst die kleinen (78L05, BC564 und die Kapazitätsdiode BB204. Ganz zum Schluss kommt dann noch der kniffligste Teil – der Einbau des Feldeffekttransistors BF961. Dazu biegen wir uns aus abgezwickten Drahtresten der Widerstände Drahtstücke in L-Form. Diese Drahtstücke werden dann an den vier noch offenen Stellen eingelötet wobei die unteren Teile der Ls beim anlöten an die Leiterbahnen die mechanische Stabilität etwas erhöhen sollen. Die vier Drahtstücke werden jetzt auch oben in gleicher Höhe abgebogen. Dort wird der BF961 dann draufgelegt und an den vier Auflagestellen festgelötet.

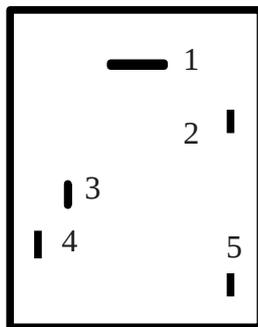


Damit ist die Radioplatine – der HF-Teil - fertig.

## 2.3 Verdrahtung des NF-Teiles

Zuerst wird die eben bestückte Platine auf die Grundplatte geschraubt. Jetzt können wir mit der Verdrahtung beginnen. Dazu gibt es ein Tütchen mit 8 verschiedenfarbigen Drähten die so anzulöten sind wie in der Tabelle beschrieben:

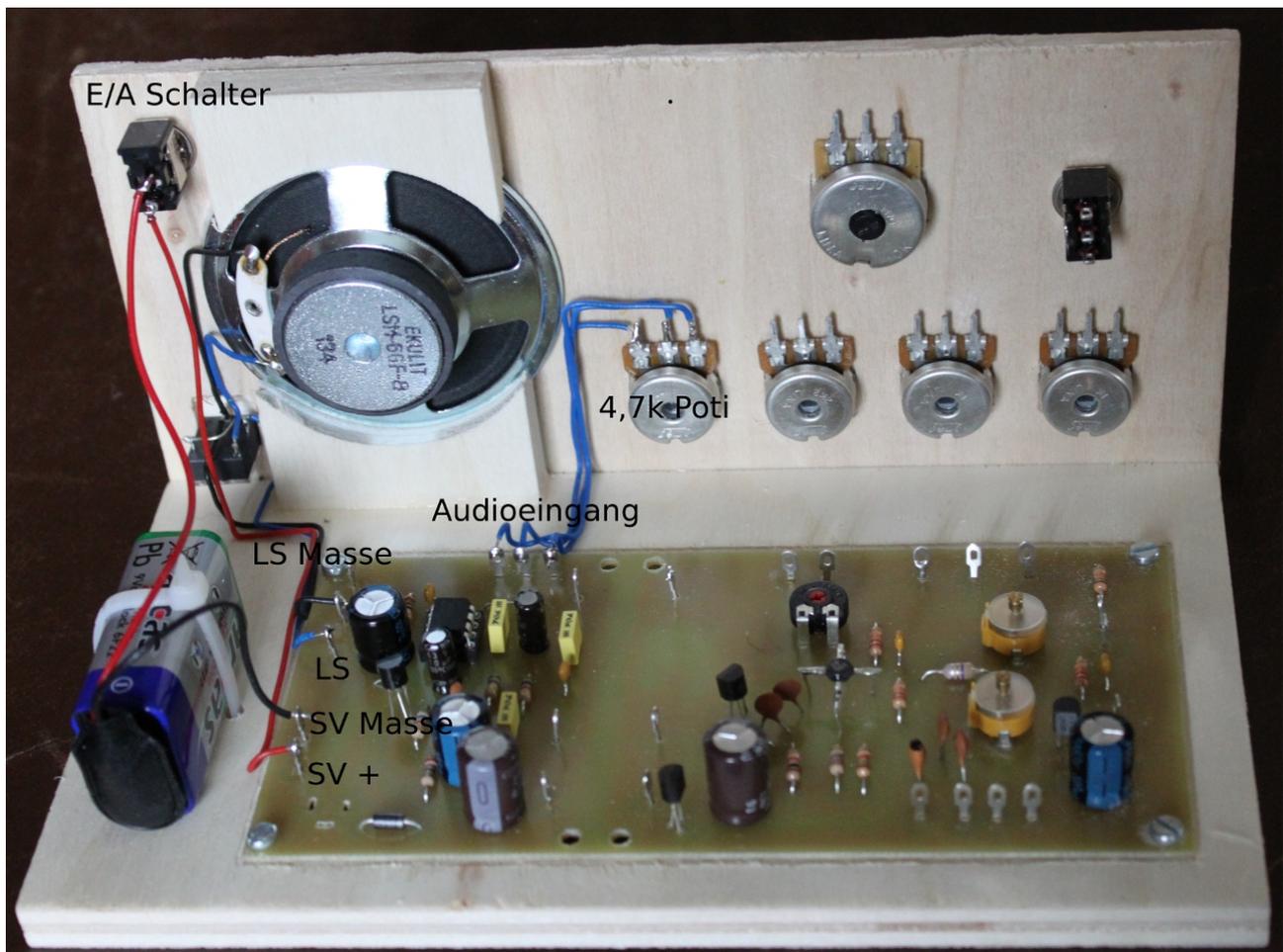
Farbe	Länge	von	nach	Bemerkung
Schwarz	90mm	Platine LS Masse	Klinkenbuchse 1	
Schwarz	57mm	Lautsprecher -	Klinkenbuchse 1	
Blau	100mm	Platine LS	Klinkenbuchse 2 + 4	15mm abisoliert
Blau	47mm	Lautsprecher +	Klinkenbuchse 5	
Blau	88mm	4,7k Poti links	Platine Audio-Eingang rechts	
Blau	102mm	4,7k Poti Mitte	Platine Audio-Eingang Mitte	
Blau	141mm	4,7k Poti rechts	Platine Audio-Eingang links	
Rot	172mm	E/A-Schalter unten	Platine Stromversorgung +	
Batterieclip rot			E/A-Schalter oben	
Batterieclip schwarz			Platine Stromversorgung Masse	



Anschlusspunkte der Klinkenbuchse

Sind die Lötarbeiten fertig, kann die Batterie montiert werden. Dazu wird ein Kabelbinder durch die Löcher der Grundplatte gezogen, eine 9V Blockbatterie eingelegt und mit dem Kabelbinder fixiert.

Das Ergebnis sieht dann so aus:



## 2.4 Erste Prüfung des Niederfrequenzteiles

Ist sichergestellt dass der Aufbau keine Fehler mehr enthält die zu Bauteileschäden führen könnten wird der Integrierte Schaltkreis (LM386) gesteckt. Dann dreht man den Lautstärkeregler (von vorne gesehen der rechte Knopf mit dem grauen Deckel) ganz nach links. Beim Einschalten darf man in dieser Einstellung außer einem leisen Knacken nichts hören. Dreht man etwas weiter auf und berührt mit dem Finger den mittleren der drei noch freien Lötstützpunkte muss man ein leichtes Brummen hören das sich mit dem Lautstärkeregler leiser und lauter stellen lässt.

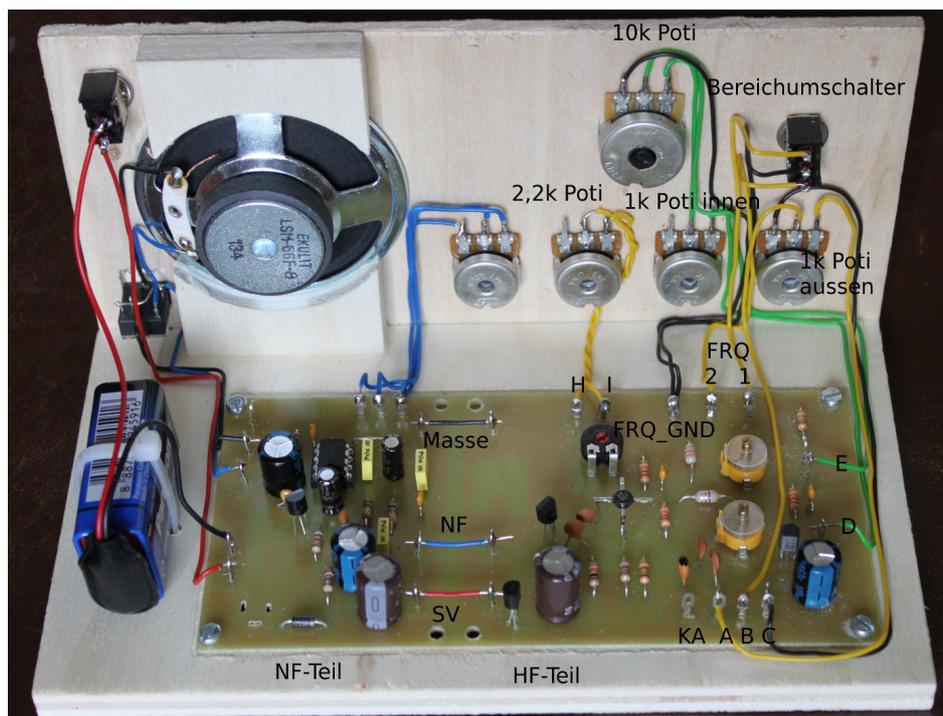
Funktioniert das so wie beschrieben, wird das Gerät wieder ausgeschaltet. Jetzt können wir mit der Verdrahtung des HF-Teils anfangen.

## 2.5 Verdrahtung des HF-Teiles

Die Drähte für den HF-Teil liegen lose in den Einzelteilen der Bausätze. Sie sind nach Tabelle so einzulöten:

Farbe	Länge	von	nach	Bemerkung
Schwarz	22mm	NF-SV Masse	HF-SV-Masse	
Blau	22mm	HF-NF Ausgang	NF-NF-Eingang	
Rot	22mm	NF SV-Ausgang	HF-SV-Eingang	
Gelb	80mm	2,2k Poti Mitte und rechts	Platine Punkte H, I	verdrillt
Grün	60mm	10k Poti rechts	Inneres 1k Poti Mitte	
Grün	166mm	Inneres 1k Poti rechts	Platine Punkt D	
Grün	200mm	10k Poti Mitte	Platine Punkt E	
Schwarz	165mm	10k Poti links	Platine Punkt FRQ GND	
Schwarz	147mm	Bereichsschalter Mitte	Platine Punkt FRQ GND	
Gelb	128mm	Bereichsschalter unten	Platine Punkt FRQ 2	
Gelb	128mm	Bereichsschalter oben	Platine Punkt FRQ 1	
Schwarz	208mm	1k Poti aussen links	Platine Punkt C	
Gelb	200mm	1k Poti aussen rechts	Platine Punkt A	
Gelb	148mm	1k Poti aussen Mitte	Platine Punkt B	Direkt über die Platine führen

Fertig verdrahtet sieht das Radio dann so aus:



### 3. Der Abgleich des Gerätes

Zuerst sollte die Gesamtverstärkung im HF-Teil eingestellt werden. Dazu stellen wir den blauen Knopf etwa in die Mittelstellung und drehen an dem 1k Trimpotentiometer auf der HF-Platine so lange, bis der Punkt gefunden ist an dem die Schwingung einsetzt, das Rauschen also stark zunimmt.

Jetzt kann man die Frequenzen einstellen. Dazu stellt man den Bereichsschalter auf das 49m-Band (nach unten), dreht den großen roten Knopf an den Rechtsanschlag und den blauen so weit, dass das Rauschen gerade ansteigt. Jetzt schaltet man den 6,2MHz Testsender ein und dreht am Trimmer 1 solange, bis ein Pfeifton zu hören ist. Die Einstellung ist abgeschlossen, wenn man den Trimmer so weit gedreht hat dass die Tonhöhe auf Null gesunken ist.

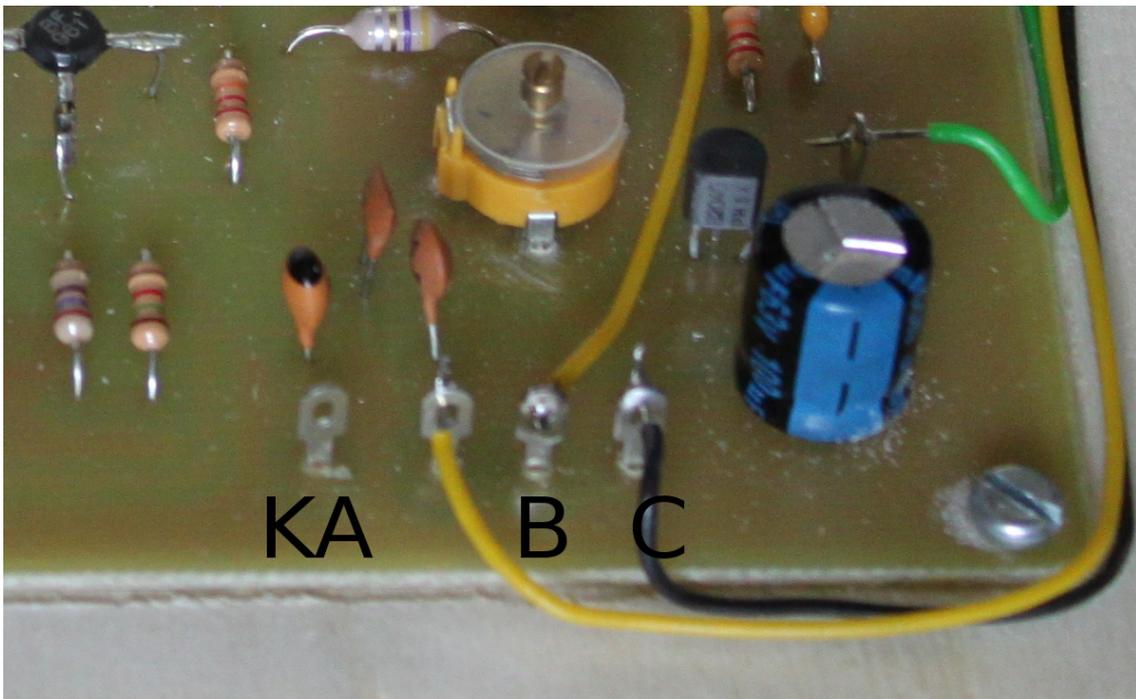
Nach dem Umschalten ins 40m-Band (Schalter nach oben) wiederholt man das mit 7,5MHz. Für die Einstellung ist dann natürlich der andere Trimmer zuständig.

### 4. Die Bedienung des Gerätes

#### 4.1 Die Anschlüsse

Ohne Antenne geht beim Kurzwellenempfang so gut wie nichts. Um Rundfunkstationen oder andere Funkdienste hören zu können muss deshalb eine Antenne angeschlossen werden. Das Gerät hat dafür drei Anschlusspunkte:

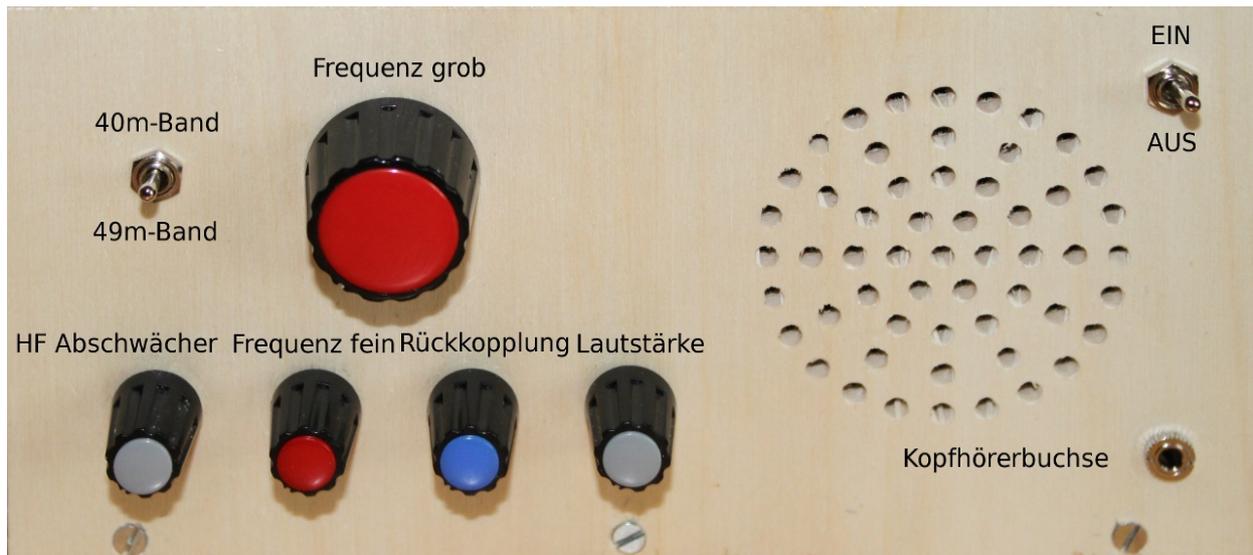
- Den Punkt KA für kurze Antennen. Das kann ein Stück Draht mit einer Länge von 2m bis 5m sein.
- Den Punkt B für lange Antennen. Dieser Anschlusspunkt ist etwas unempfindlicher als der Punkt KA und wird gebraucht wenn die empfangenen Signalpegel zu hoch sind (was bei langen Antennen häufiger passiert). Zusätzlich lässt sich der Empfangspegel mit dem linken grauen Poti noch weiter dämpfen.
- Den Punkt C für den Anschluss einer Erde. Verbindet man diesen Punkt mit einem Erdnetz (z.B. einen Blitzableiter oder der Wasserleitung – sofern diese noch aus Eisen oder Kupfer ist) wird das Gerät weit empfindlicher und man Stationen empfangen, die man ohne den Erdanschluss nicht mal erahnen kann.



#### ***4.2 Erstes Einschalten***

Hat man Antenne (und Erde) angeschlossen, sollte man zuerst mal alle Knöpfe auf Linksanschlag stellen. Jetzt kann man das Gerätchen einschalten. Wir stellen den Lautstärkereger erst mal etwa in die Mitte - dabei muss ein leichtes Rauschen zu hören sein. Durch vorsichtiges Aufdrehen der Rückkopplung (der Knopf mit dem blauen Punkt) erreicht man einen Punkt an dem nach einem Knacken das Rauschen kräftig ansteigt. In dem Zustand kann man mit dem großen Knopf für die Frequenzeinstellung einen Rundfunksender aussuchen. Solche Sender machen sich durch lautes Pfeifen bemerkbar. Jetzt versucht man die Tonhöhe des Pfeifens auf Null zu bekommen. Dazu ist der kleine rote Knopf – eine Art Frequenzlupe – gedacht. Ist der Ton verschwunden dreht man die Rückkopplung so weit zurück bis der Sender gut zu hören ist. Schließlich kann man sich mit dem Lautstärkereger die gewünschte Lautstärke einstellen.

### 4.3 Die Bedienelemente



Hier noch eine kurze Beschreibung der Bedienelemente:

Schalter EIN/AUS

Damit kann man das Gerät – wie die Bezeichnung schon erkennen lässt – ein- und ausschalten. Wird es gerade nicht benutzt sollte man es ausschalten um die Batterie zu schonen.

Frequenz grob

An diesem Knopf kann man die Empfangsfrequenz, also den zu empfangenden Sender einstellen. Diese Einstellung ist für eine Feineinstellung aber zu empfindlich, sie reicht also nur für eine grobe Einstellung.

Bereichsschalter 40m-Band / 49m-Band

Mit diesem Schalter kann man den Frequenzbereich auswählen den man empfangen möchte.

Das 49m-Band ist ein reines Rundfunkband – es geht von 5,9 MHz bis 6,2 MHz. Tagsüber sind mit kurzer Antenne und Erdanschluss einige nicht allzu laute Sender zu hören, am Abend und in der Nacht lebt das Band auf. Jeweils am Sonntag zwischen 11:00 und 12:00 Uhr ist ein sehr starker deutschsprachiger Sender auf 6,07MHz zu empfangen: Radio DARC

In der Schalterstellung „40m-Band“ sind zwei Bandbereiche zu empfangen:

Von 7MHz bis 7,2MHz ein Amateurfunkband. Im unteren Bereich sind Morsezeichen zu hören, im oberen (7,05 bis 7,2 MHz) Sprechfunk. Obwohl auch da die Signale vom Abend bis in die frühen Morgenstunden lauter sind als tagsüber gibt es in dem Bereich auch am Tag Einiges zu empfangen.

Von 7,2 bis 7,5MHz wieder ein Rundfunkband. Für den Empfang der Rundfunksender gilt das gleiche wie im 49m-Band.

HF-Abschwächer (grau)

Mit langer Antenne und Erdanschluss kann es passieren dass die Signale so stark sind, dass der Empfänger davon regelrecht „überfahren“ wird. Das kann sich so auswirken dass der Ton verzerrt klingt oder dass man mehrere Sender gleichzeitig hört. Mit dem HF-Abschwächer kann man die Empfindlichkeit des Radios dann so weit verringern, dass wieder normaler Empfang möglich ist.

Frequenz fein (rot)

Je nach eingeschaltetem Frequenzbereich überstreicht man mit dem großen roten Knopf mit einer dreiviertel Umdrehung einen Bereich von 0,3MHz oder 0,5MHz. Für eine genaue Frequenzeinstellung ist das viel zu grob. Deshalb gibt zusätzlich zur Grobeinstellung eine „Frequenzlupe“ mit der man die Frequenz mit einer „Übersetzung“ von 1:10 genau nachstellen kann.

Rückkopplung (blau)

Der technische Hintergrund wird im Punkt „Prinzip unserer Schaltung“ noch genauer erklärt. Mit dem Rückkopplungsknopf lässt sich die Empfindlichkeit des Radios optimal einstellen.

Lautstärke

Das ist eigentlich selbsterklärend. Mit dem Knopf kann man die Verstärkung des Audioverstärkers und damit die Lautstärke im Lautsprecher oder im Kopfhörer einstellen.

Kopfhörerbuchse

Man kann das Radio außer mit dem Lautsprecher auch mit einem Kopfhörer betreiben. Steckt man den Hörer in die Klinkenbuchse, wird der Lautsprecher abgeschaltet und das Signal auf den Kopfhörer umgeleitet.

## 5. Das Prinzip unserer Schaltung

Das Prinzip unserer Schaltung ist uralt – es stammt aus der Zeit der ersten Röhrenradios kurz nach 1900. Es ist die sogenannte Audionschaltung. Diese Schaltung ist konkurrenzlos empfindlich, hat aber den Nachteil dass Audionempfänger bei der Bedienung viel Fingerspitzengefühl erfordern. Aus diesem Grund sind solche Radios nur noch als „Nostalgiegeräte“ zu kaufen.

Im Zentrum des Empfängers steht ein Schwingkreis, eine Zusammenschaltung von Spule und Kondensator. Dieser Schwingkreis wirkt wie ein elektrisches Pendel. Ist dessen Frequenz so eingestellt wie die des gewünschten Rundfunksenders, so beginnt sich der Schwingkreis „aufzuschaukeln“. Solche Schwingkreise haben aber eine Eigenschaft, die es beim mechanischen Gegenstück, dem Pendel auch gibt: Sie werden durch Reibung (beim Pendel) oder durch elektrische Widerstände (beim Schwingkreis) gedämpft. Diese Dämpfung hat zwei Effekte:

- Der Schwingkreis kann sich nur so weit aufschaukeln bis die durch die Dämpfung verursachten Verluste so groß sind wie die Energie, die der empfangene Rundfunksender über die Antenne liefert.
- Je größer die Dämpfung desto mehr spricht der Schwingkreis auch auf Signale an die nicht genau auf der eigenen Schwingfrequenz liegen, er wird also „breitbandiger“.

Um diese beiden Effekte zu vermeiden zapft man etwas Energie vom Schwingkreis ab, verstärkt dieses Signal in einem Verstärker und speist es wieder in den Schwingkreis ein. Die Energiemenge, die in den Schwingkreis zurückgegeben wird lässt sich in unserem Gerät mit dem blauen Knopf, dem Regler für die Rückkopplung einstellen. Der ideale Punkt für den Empfang wäre der in dem die Schwingkreisverluste durch die Rückkopplung gerade ausgeglichen werden. Bei der Bedienung ist das der Punkt kurz bevor das Rauschen stark ansteigt und der gerade empfangene Rundfunksender zu pfeifen beginnt. Der Pfeifton bei zu stark angezogener Rückkopplung entsteht durch „Mischung“ zwischen dem Signal des Rundfunksenders und der Schwingung des Schwingkreises. Bei dieser Mischung entsteht ein Ton der der Differenz der Frequenz der beiden Signale entspricht.

Neben den Rundfunksendern gibt es noch andere Funkdienste, die eine etwas andere Art von Signalen aussenden als die Rundfunksender. Um die empfangen zu können muss man bei der Einstellung der Rückkopplung nicht kurz vor dem Schwingungseinsatz stehen sondern kurz danach.

## 6. Was können wir empfangen?

Das Radio hat zwei Frequenzbereiche, die sich mit dem Bereichsschalter (links oben) auswählen lassen:

- das 49m Rundfunkband 5,9MHz bis 6,2 MHz und
- das 41m Rundfunkband sowie das 40m Amateurfunkband 7 MHz bis 7,5 MHz

Beide Frequenzbereiche haben ähnliche Eigenschaften: Tagsüber sind die überbrückbaren Entfernungen eher gering. Das liegt an einer Schicht in unserer Atmosphäre, die die Sonne durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht in etwa 60km Höhe aufbaut, der sogenannten D-Schicht. Diese Schicht dämpft Signale, die an höheren Schichten reflektiert werden könnten. Geht die Sonne unter, löst sich diese dämpfende Schicht schnell auf und die Zahl der zu empfangenden Stationen steigt sprunghaft an.

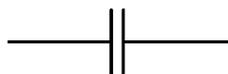
## 7. Die genaue Schaltungsbeschreibung

Will jemand genau wissen, wie das Radio funktioniert – hier ist die Beschreibung. Bevor die Einzelteile der Schaltung genauer besprochen werden, vorher ein paar Bemerkungen zu den Schaltungssymbolen und zu den Eigenschaften der damit beschriebenen Bauteile.

### 7.1 Die Bauelemente

#### 7.1.1 Der Kondensator

Der Kondensator besteht im Prinzip aus zwei Metallplättchen die sich gegenüberstehen ohne sich zu berühren. Deshalb auch das Schaltzeichen:



Je größer die Fläche der Metallplättchen und je dichter die Plättchen beieinanderstehen umso größer ist das Fassungsvermögen (die Kapazität) des Kondensators. Hat man zwischen den Kondensatorplatten anstatt Luft andere Stoffe, kann sich die Kapazität gegenüber denen mit Luftisolation kräftig erhöhen. Das Material zwischen den Platten kann eine Folie aus Kunststoff sein, Papier, Glimmerscheibchen, eine Keramikschicht oder eine dünne Schicht aus Aluminiumoxid wie bei den Elektrolytkondensatoren. In unserem Radio wurden für alle kleinen

Kapazitätswerte Keramikkondensatoren verwendet, für die größeren (also größer als 1  $\mu\text{F}$ ) Elektrolytkondensatoren.

Legt man an einen Kondensator eine Gleichspannung an, so gibt es einen kleinen Stromstoß bis der Kondensator „aufgeladen“ ist, also die gleiche Spannung hat wie die angeschlossene Spannungsquelle. Je größer die Kapazität des Kondensators und je höher die angelegte Spannung ist umso heftiger ist der Stromstoß. Legt man statt dessen eine Wechselspannung an, wird der Kondensator dauernd umgeladen, es fließt also dauernd ein Wechselstrom. Genau diese Eigenschaft wird in der Radioschaltung an den meisten Stellen ausgenutzt. Hat man nämlich eine Wechselspannung der eine Gleichspannung überlagert ist und möchte man z.B. nur die Wechselspannung haben, schleift man einfach einen Kondensator in die Leitung ein. Ein typisches Beispiel dafür ist der Anschluss des Lautsprechers: Der Verstärker gibt ein Signal aus das zwischen 1V und 8V liegt und deshalb einen Mittelwert von 4,5V hat. Der Lautsprecher verträgt aber nur einen Mittelwert von 0 V. Durch den 100 $\mu\text{F}$  Kondensator am Verstärkerausgang (siehe Punkt 7.2.1) wird der Gleichspannungsanteil vom Lautsprecher ferngehalten.

Eine andere Anwendung des Kondensators findet sich in den Schwingkreisen – also in Schaltungen in denen der Kondensator mit einer Spule zusammenspielt. Spule und Kondensator wirken in dem Fall wie ein elektrisches Pendel in dem die elektrische Energie dauernd zwischen Kondensator und Spule hin – und herpendelt.

## 7.1.2 Die Spule



Möchte man durch einen Draht Strom schicken und legt dafür an den Drahtenden eine Spannung an wird man feststellen, dass der Strom nicht schlagartig ansteigt sondern nur mit einer bestimmten Maximalrate. Grund dafür ist, dass sich um einen stromdurchflossenen Draht ein Magnetfeld bildet. Der Aufbau eines solchen Magnetfeldes braucht elektrische Energie. Diese Energie wird der Spannungsquelle entzogen indem der Draht eine Gegenspannung aufbaut. Ersetzt man die Spannungsquelle durch einen Verbraucher versucht der Draht den Strom weiter aufrecht zu erhalten. Im dem Maße in dem sich das Magnetfeld im Draht abbaut nimmt der Strom ebenfalls mit einer bestimmten Rate ab. In der mechanischen Welt gibt es ein Gegenstück“: Wenn man versucht ein Auto auf ebener Fläche mit konstanter Kraft anzuschieben wird das Gefährt auch nur mit einer bestimmten Rate schneller. Rollt es erst einmal braucht es wieder eine Gegenkraft um es zu Stehen zu kriegen. Um auf die Spule zurückzukommen. Wenn man den Draht zu einer Spule aufwickelt wird der beschriebene Effekt extrem verstärkt. Noch mehr wird der Effekt verstärkt wenn man den Draht um einen Eisenkern wickelt. Die Fähigkeit der Spule elektrische Energie zu speichern wird Induktivität genannt.

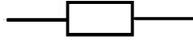
Dieses Verhalten von Spulen wird im Radio in zwei Weisen ausgenutzt:

Nachdem die Spule schnelle Stromänderungen mit Gegenspannungen ausbremst kann man sie nehmen um einen Gleichstrom dem ein Wechselstrom überlagert ist zu „glätten“. In dem Fall nennt man die Spule „Drossel“.

Die Spule ist in ihrem Verhalten so eine Art Gegenstück zum Kondensator. Schaltet man eine Spule parallel zu einem Kondensator entsteht ein Schwingkreis in dem die elektrische Energie zwischen Spule und Kondensator hin- und herpendelt. Solche Schwingkreise kann man dann als Filter benutzen oder als frequenzbestimmendes Teil in einem Signalgenerator (Oszillator). Auch in dem Fall gibt es ein mechanisches Gegenstück: Das Feder-Massesystem in einer Uhr, die Unruhe.

### 7.1.3 Der Widerstand

Die in unserem Radio eingesetzten Widerstände sind alles Kohleschichtwiderstände. Bei diesen Bauteilen ist eine hauchdünne Kohleschicht auf einen kleinen Keramikzylinder aufgebracht. Je dünner diese Schicht ist, desto mehr Spannung braucht es um den gleichen Strom durch dieses Bauelement zu „drücken“, desto höher ist also der Widerstandswert.



Widerstände kann man benutzen um Ströme zu begrenzen

Eine Anwendung ist das herunterteilen von Spannungen durch eine Serienschaltung von Widerständen. In unserem Radio wird sowas z.B. beim Erzeugen der „Abstimmspannung“ gemacht. Dazu wirkt ein Potentiometer wie zwei in Serie geschaltete Widerstände mit einem verstellbaren „Abgriff“. An diesem Abgriff kann man Spannungen zwischen 0 und 5V einstellen.

### 7.1.4 Die Diode

Die Diode ist ein Bauelement das Strom nur in einer Richtung durchlässt. Legt man eine Spannung so an, dass die Kathode (das ist die Seite mit dem Strich) positiver ist als die Anode fließt kein Strom, ist sie negativer als die Anode kann Strom fließen. In unserem Radio ist nur eine Diode sichtbar und zwar zwischen direkt in der Verbindung der Stromversorgung mit der Batterie. Damit wird ein „Verpolschutz“ realisiert: Wird die Batterie versehentlich falsch herum aufgesteckt, sperrt die Diode. Eine Zerstörung von Bauelementen wird damit sicher vermieden.



### 7.1.5 Die Kapazitätsdiode

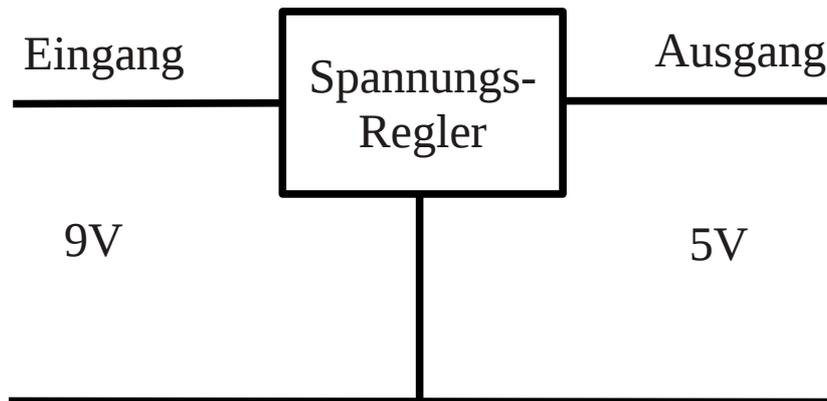
Sieht man sich die Vorgänge in dem Kristall aus dem die Diode hergestellt ist genau an, erkennt man dort elektrisch leitfähige Bereiche die sich je nach angelegter Spannung näher kommen oder voneinander entfernen. Liegt die Spannung „in Flussrichtung“ an, so berühren sich die leitfähigen Bereiche, durch die Diode kann also Strom fließen. Legt man die Spannung in Sperrrichtung an, so entfernen sich die leitfähigen Bereiche voneinander und zwar um so weiter je höher die Sperrspannung ist. Damit ist aber genau das entstanden was wir vom Kondensator schon kennen: Zwei leitfähige Flächen die sich in einem gewissen Abstand gegenüberstehen. Je größer die Sperrspannung, desto größer ist der Abstand und damit umso kleiner die Kapazität. Eine Diode in Sperrrichtung verhält sich also wie ein spannungabhängiger Kondensator. Damit lassen sich die sehr eumeligen Drehkondensatoren durch vergleichsweise winzige Bauelemente ersetzen. Natürlich muss die Kapazität jetzt durch eine passende Spannung eingestellt werden.



### 7.1.6 Spannungsregler

Der Spannungsregler ist kein „einfaches“ Bauelement mehr sondern ein komplexer integrierter Schaltkreis. In unserem Radio gibt es den Audioverstärker der 9V braucht um genügend Leistung

an seinen jeweiligen Lautsprecher abgeben zu können. Die anderen Bauelemente der Schaltung würden aber bei einer Spannung von 9V nur noch ein Rauchwölkchen von sich geben. Um diese Bauteile mit maximal 5,5V versorgen zu können braucht es einen solchen Spannungsregler. In unserem Fall ist das ein Bauteil, das aus einem regelbaren Widerstand und einer Spannungsmessung besteht. Das Bauteil misst die Spannung auf der Unterspannungsseite und erniedrigt einen integrierten regelbaren Widerstand so lange bis auf der Unterspannungsseite 5V erreicht werden. Steigt sie Spannung auf dieser Seite an, wird der Widerstand erhöht bis die Spannung wieder erreicht ist, sinkt die, wird er erniedrigt.



## 7.2 Die Schaltungsteile

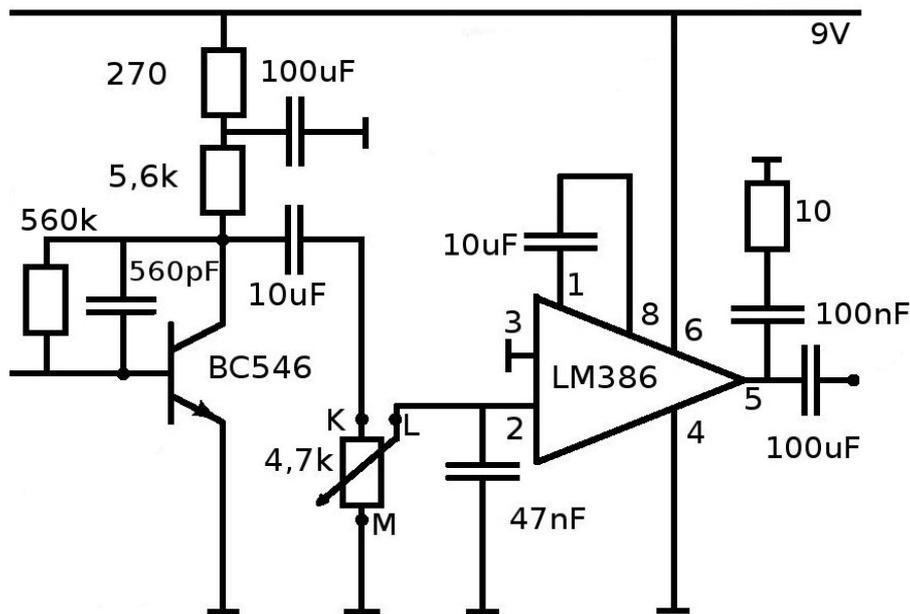
Das Gesamtschaltbild unseres Radios ist am Ende der Beschreibung zu sehen. Um die Wirkungsweise der Schaltung besser erklären zu können wurden Teile davon herauskopiert. Die Erklärung kann in dem Rahmen natürlich nur recht oberflächlich werden. Es soll aber trotzdem versucht werden zu beschreiben welche Bauelemente in der – zugegeben etwas verwirrend aussehenden Schaltung - verwendet werden und warum die Schaltung so aussieht wie sie ist.

### 7.2.1 Der Audioverstärker

Der Audioverstärker ist da um die Töne aus dem HF-Teil des Radios so kräftig zu verstärken, dass die aus einem angeschlossenen Lautsprecher laut und deutlich zu hören sind. Nachdem es diese Anforderung – das verstärken von Tonsignalen - nicht nur bei unserem Radio sondern in so gut wie allen Radios, Fernsehern, Smart Phones gibt, gibt es schon seit längerer Zeit Bauteile die diese Aufgabe komplett übernehmen können. Ein solches Bauteil (ein integrierter Schaltkreis mit der Bezeichnung LM386) ist auch in unserer Radioschaltung eingesetzt. Was da außenherum alles noch an Bauteilen angeschlossen ist, wird vom Hersteller dieses Schaltkreises so vorgegeben. So dient der 100µF Kondensator am Anschluss 5 des LM386 dazu, die Gleichspannung von 4,5V der die Wechselspannung (also das eigentliche Tonsignal) überlagert ist zu blockieren. Umgekehrt dient die Kombination von 10 Ohm und 100nF (auch diesem Ausgang) dazu Töne, die über der Hörbarkeitsgrenze liegen glattzubügeln. Genau denselben Zweck hat der 47nF Kondensator am Anschlusspunkt 2 des Schaltkreises.

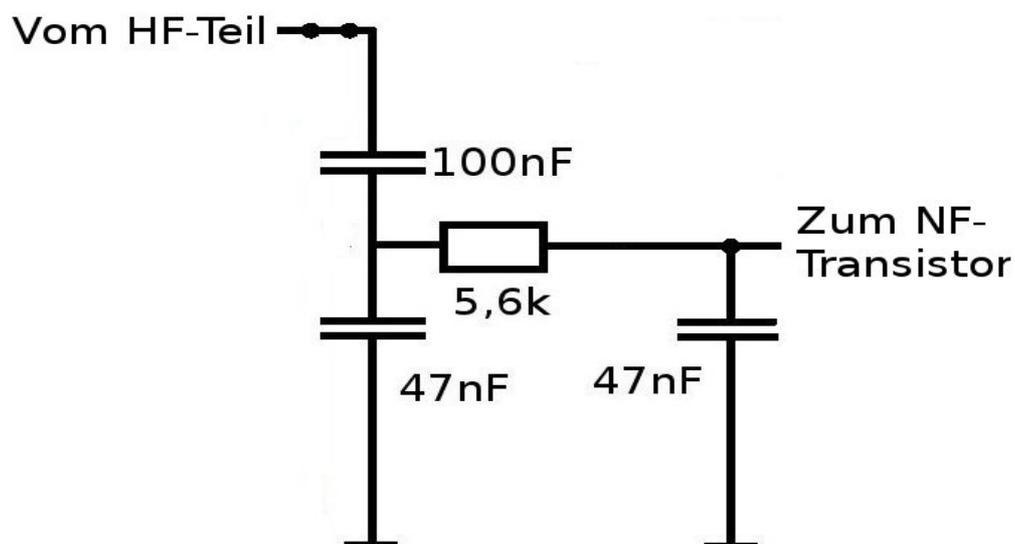
Vor diesem Schaltkreis ist ein Potentiometer (4,7 kOhm) zu sehen. Damit kann man von dem Gesamtsignal der Stufe davor einen einstellbaren Teil abzapfen und an den Endverstärker, den LM386 weitergeben. Dieses Poti ist also der Lautstärkereglер.

So gut der LM386 Tonsignale auch verstärken kann – letztendlich reicht es doch nicht aus. Deshalb hat man vor den Endverstärker eine weitere Verstärkerstufe gesetzt, dieses mal mit einem einzelnen Transistor (BC546) – auch einem Verstärkerbaustein. Auch da sehen wir wieder einen Kondensator (10µF) der wie der am Lautsprecher dazu da ist den Gleichspannungsanteil zu blockieren. Die Kombination von 100µF Kondensator und den 5,6 kOhm / 270 Ohm Widerständen dient dazu für „Ruhe im Schiff“ zu sorgen. Oder anders ausgedrückt: Damit wird vermieden, dass schnelle Änderungen im Stromverbrauch des Transistors direkt an die 9V-Stromversorgungsleitung weitergegeben werden und damit zu kleinen schnellen Spannungsschwankungen auf der 9V-Leitung führen. Solche schnellen Änderungen können nämlich zu ungewollten Rückkopplungen führen, die im Lautsprecher für fürchterliches Pfeifen und Kreischen sorgen. Bleibt nur noch der 560pF Kondensator und der dazu parallelgeschaltete 560 kOhm-Widerstand zu erklären. Die beiden Bauteile sorgen für eine „Gegenkopplung“ die zum Einen dafür sorgt, dass die Verstärkung dieser Transistorstufe begrenzt wird und zum Anderen wegen des Kondensators hohe Frequenzen besonders stark bedämpft werden.



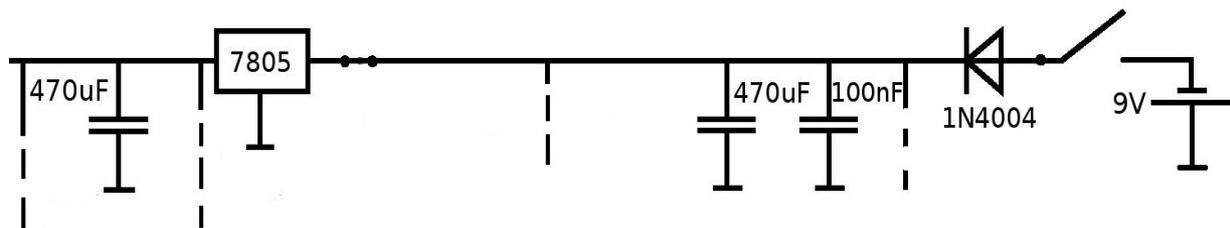
## 7.2.2 Das Audiofilter

Das was aus dem Hochfrequenzteil kommt ist ein Signal mit sehr sehr viel Hochfrequenz und einem winzigen Anteil niederfrequentem Tonsignal. Um nun zu vermeiden, dass die NF-Verstärkerstufe mit dem hochfrequenten Signal überschüttet und damit zugestopft wird muss man die niederfrequenten Teile mit einem Filter vor solchen Signalen schützen. Für solche Filter verwendet man gerne Kombinationen von Widerständen und Kondensatoren. Das hier gezeigte ist so eines wobei der Kondensator links außen auch wieder nur dazu dient, den Gleichspannungsanteil der Vorstufe zu blockieren.



## 7.2.3 Die Stromversorgung

Ein ganz wichtiger Punkt für ein Radio ist die Stromversorgung. Ist die nicht gut aufgebaut, hört man nur lautes Quietschen, Kreischen, Gackern und andere fürchterliche Geräusche. Ursache für solche Effekte sind winzige Spannungsschwankungen, die durch „Großverbraucher“ wie den Lautsprecherverstärker entstehen, weil der im Takt des Tonsignals Strom zieht. Geraten dadurch erzeugte Spannungsschwankungen dann an Verstärkereingänge, ist die ungewollte Rückkopplung schon passiert. Das Ganze lässt sich mit großen Kondensatoren vermeiden, die helfen solche Spannungsschwankungen glattzubügeln. Unser Radio hat noch eine Besonderheit: Der Audioteil des Geräts braucht 9V Spannung, der HF-Teil nur 5V. Die 5V werden mit Hilfe eines Reglerschaltkreises (einem 7805) aus den 9V erzeugt. Der Regler sorgt außerdem für eine zusätzliche Entkopplung der Stromversorgung. Schließlich ist ganz rechts noch eine Diode (1N4004) eingebaut die das Radio vor Zerstörung schützt wenn man die 9V Batterie mal versehentlich falsch herum angeschlossen hat.

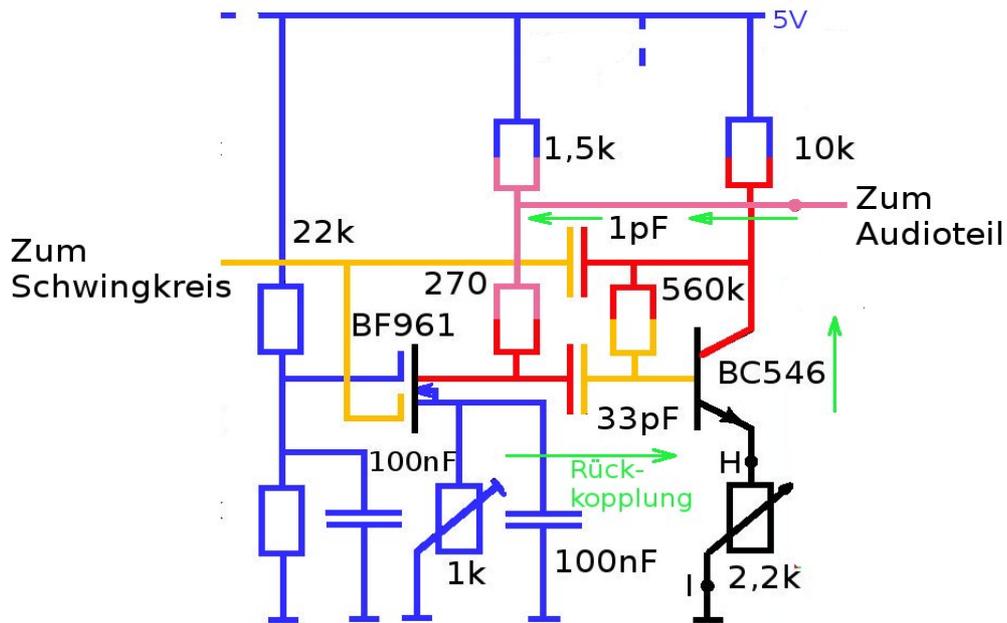


## 7.2.4 HF-Teil – die Audionschaltung

Der HF-Teil ist der eigentliche Empfangsteil unseres Radios. Zugegeben - die Schaltung ist recht komplex. Um wenigstens das Prinzip zeigen zu können sind bei dem Schaltungsausschnitt der hier zu sehen ist einige Sachen weggelassen und die anderen eingefärbt. Die blauen Teile oder Leitungen führen keine Hochfrequenz, sie sind dafür zuständig, dass die Verstärkerelemente (die Transistoren) überhaupt funktionieren. Für die Erklärung des Schaltungsprinzips brauchen wir diese Teile nicht zu berücksichtigen. Auf den gelben Teilen ist nur ein ganz schwaches Signal während auf den rosafarbenen und roten Teilen stärkere hochfrequente Signale liegen. Die Eingänge der Transistoren sind jeweils auf der linken Seite, deren Ausgänge mit dem verstärkten Signal rechts.

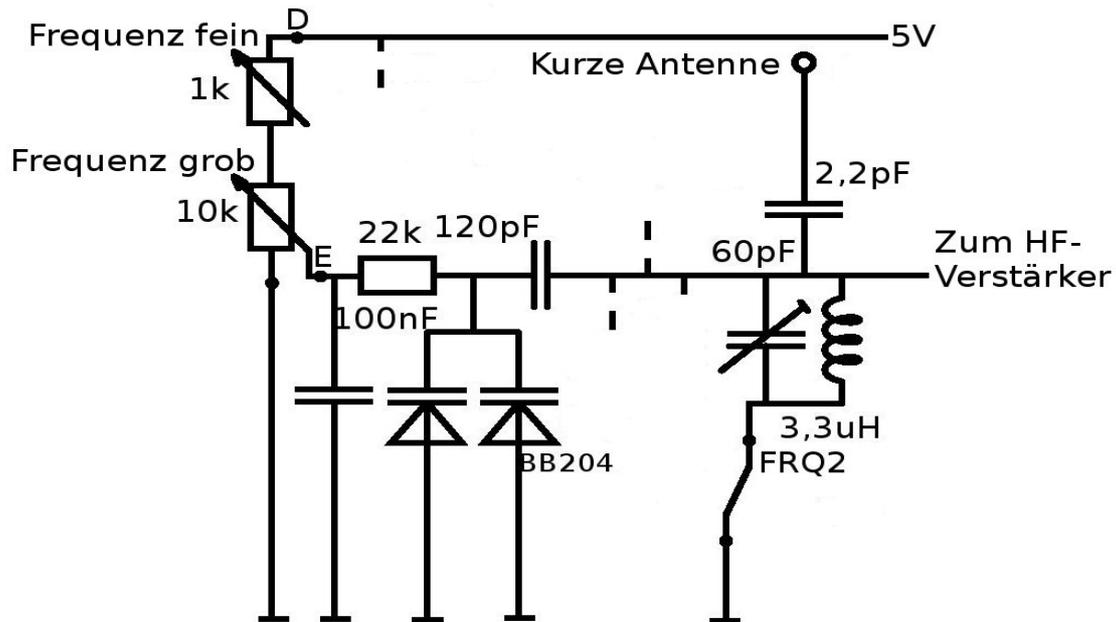
Wie im Punkt 5 schon beschrieben, geht es bei der Audionschaltung darum, dass man von dem Signal eines Schwingkreises (also eines elektrischen Pendels) ein kleines bisschen abzweigt, das verstärkt und das verstärkte Signal wieder zum Schwingkreis schickt. Das zurückgeschickte Signal darf gerade so stark sein, wie die Verluste im Schwingkreis um die genau auszugleichen.

In dem Bild unten können wir sehen, dass die gelbe Leitung zu und von dem Schwingkreis einen Abzweig zum Eingang der Verstärkertransistors BF961 hat. Dort holt sich der Transistor ein winziges bisschen Energie ab und verstärkt das Signal kräftig - wie an dem roten Ausgang rechts zu sehen. Ein großer Teil des verstärkten Signals wird über den 270 Ohm-Widerstand abgezweigt. Dieser Teil geht über das oben schon beschriebene Filter zum Audioverstärker. Ein anderer Teil geht über den 33pF Kondensator zum nächsten Verstärkertransistor – einem BC546. Von dessen Ausgangssignal (rot) geht über den 1pF-Kondensator wieder ein winziger Teil zurück Richtung Schwingkreis. An den grünen mit „Rückkopplung“ bezeichneten Pfeilen kann man die Rückkopplungsschleife auch erkennen. Mit den beiden Potis (1 kOhm und 2,2kOhm) kann man die Gesamtverstärkung genau einstellen.



## 7.2.5 HF-Teil – der Schwingkreis

Auch beim Schwingkreis sind in dem Schaltungsausschnitt einige Bauteile weggelassen. Der zentrale Teil ist die Kombination des 60pF Trimmers und der 3,3µH Spule. Beide zusammen bilden das schon öfter erwähnte elektrische Pendel – den Schwingkreis. Die Frequenz dieses Schwingkreises hängt von der Größe der Spule (also deren Induktivität) und der Größe des Kondensators (dessen Kapazität) ab. Will man nun die Frequenz des Schwingkreises verändern (um einen anderen Sender zu hören), muss man entweder die Spule oder den Kondensator verändern. Wie das Schaltzeichen erkennen lässt, kann man bei uns nur den Kondensator verändern – und das auch nur im Gerät mit einem Schraubenzieher. Wir brauchen also einen anderen Weg die Frequenz zu beeinflussen. Wie schon im Punkt 7.1.5 beschrieben gibt es ein Bauteil das seine Kapazität verändern kann – das ist die Kapazitätsdiode. Der Kapazitätswert ist von dem Wert der Gleichspannung abhängig die an der Diode anliegt. Diese Gleichspannung wird in der Schaltung aus den 5V des Spannungsreglers erzeugt indem man mit einem 10k Ohm Poti einen Anteil (von 0V bis 5V) abgreift. Jetzt haben wir aber wieder das Problem mit der Trennung von Hochfrequenz und Gleichspannung. In der Schaltung wird die Hochfrequenz durch den 22kOhm-Widerstand ausgebremst und der Rest durch den 100nF-Kondensator glattgebügelt. Zum Schwingkreis hin wird die Gleichspannung durch den 120pF-Kondensator abgeblockt und nur die Hochfrequenz durchgelassen. Eine einzelne Kapazitätsdiode hat für den gewünschten Effekt nicht genügend Kapazität. Man behilft sich dadurch, dass man – nach dem Motto „viel hilft viel“ zwei Stück parallel schaltet.



## 7.2.6 HF-Teil – die Antennenankopplung

Auch beim letzten Teil, der Antennenankopplung sind im Schaltbild einige Teile weggelassen worden.

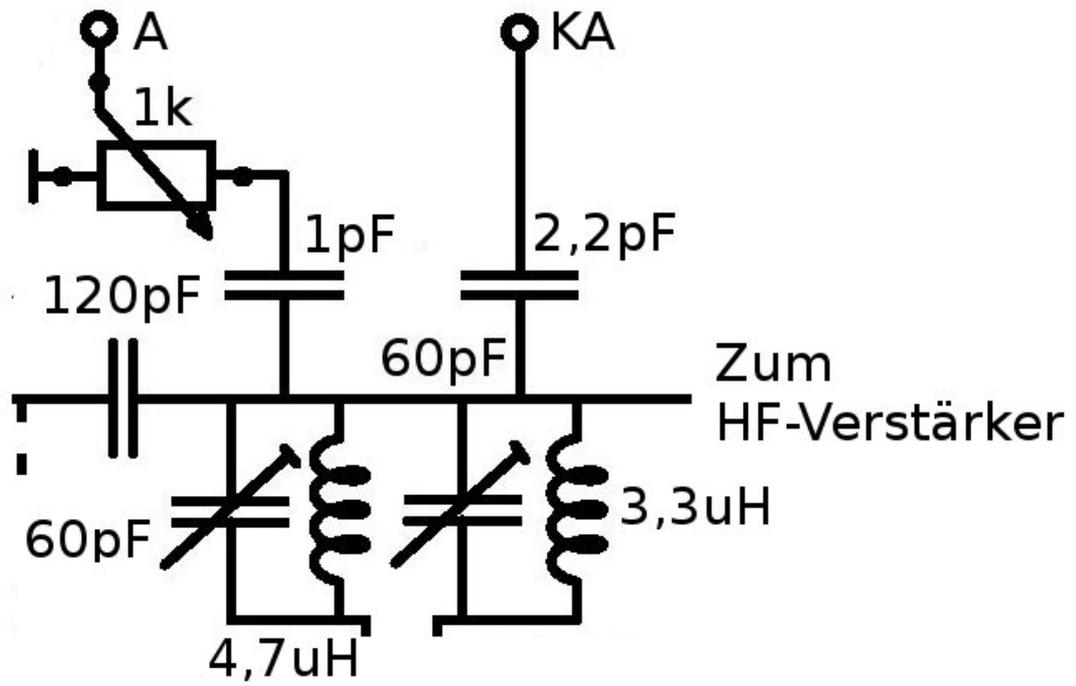
Koppelt man Antennen an den Schwingkreis an können drei Effekte auftreten:

- Die Antenne liefert nicht nur Energie an den Schwingkreis sondern kann ihm auch Energie entziehen. Das kann so weit führen, dass der Energieverlust höher ist als das, was der HF-Verstärker zur Entdämpfung nachliefern kann.
- Eine kurze Antenne wirkt wie ein Kondensator dessen Kapazität stark von der Umgebung in der unmittelbaren Nähe des Antennendrahtes abhängt. Ändert sich etwas in der Umgebung, ändert sich auch die Kapazität was dazu führt dass sich der Schwingkreis verstimmt und der gewünschte Sender wegdriftet.
- Bei starken Signalen (lange Antenne, Empfang in den Abendstunden) kann es vorkommen, dass das Empfangskonzept völlig aus den Fugen gerät. Man hört in diesem Fall in allen Einstellungen nur den einen starken Sender.

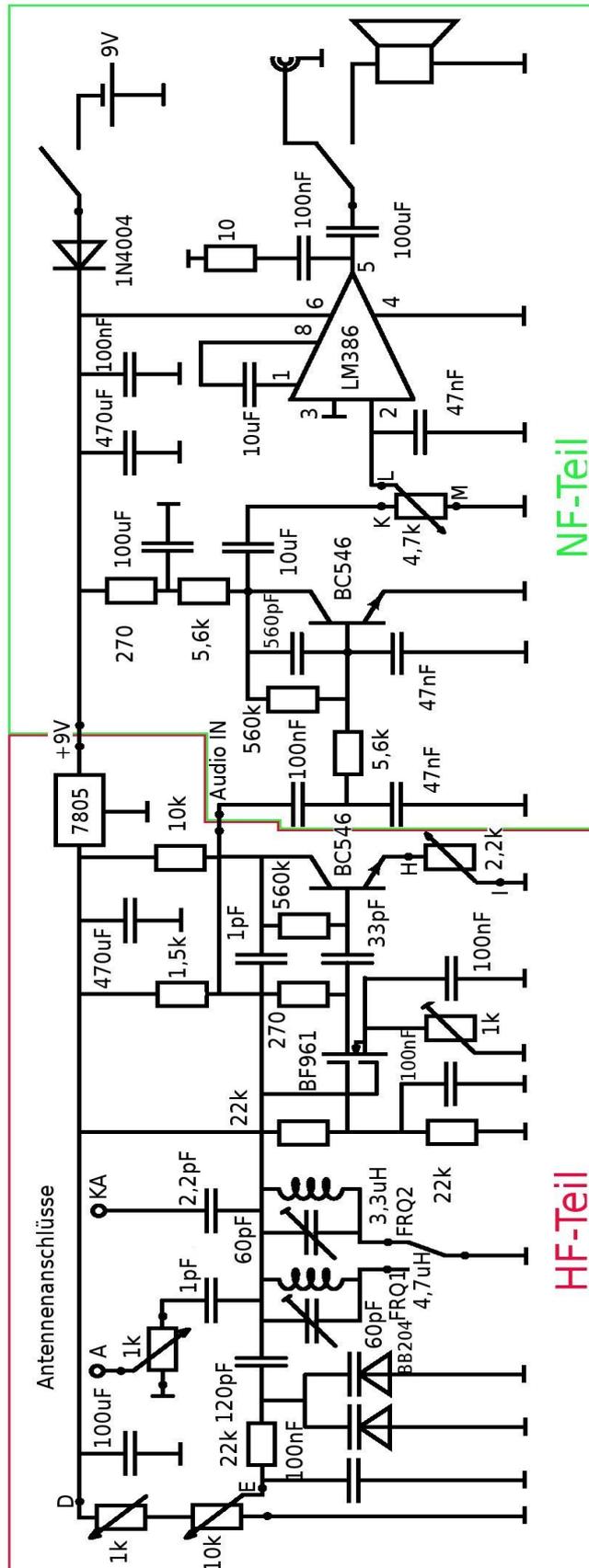
Um diese Effekte zu vermeiden verbindet man die Antenne mit einem möglichst kleinen Kondensator mit dem Schwingkreis. Ist der Kondensator allerdings zu klein, hört man schwächere Sender überhaupt nicht mehr, ist er zu groß treten die oben beschriebenen Effekte auf.

In unserem Empfänger gibt es deshalb zwei Antenneneingänge:

- Einen für kurze Antennen. Bei diesem Eingang wird zur Ankopplung ein 2,2pF Kondensator benutzt. Bei kurzen Antennen ist die Gefahr gering, dass der Schwingkreis zu stark bedämpft wird. Ebenso wenig kann der Empfänger durch das Antennensignal übersteuert werden.
- Einen für lange Antennen. Der hier eingesetzte Koppelkondensator hat nicht ganz den halben Wert als bei der kurzen Antenne. Außerdem gibt es die Möglichkeit mit einem Potentiometer nur einen Teil des Antennensignals in die Schaltung einzukoppeln.



## 8. Der gesamte Schaltplan



## 9. Quellenverzeichnis

Der Funkamateurl 12/96