

Nachbauempfänger von „Tornister Berta“ für 80m

Angeregt durch einen Film bei Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=9t8VTuLCjds>

kam mir der Gedanke, so einen Geradeausempfänger mit Halbleitern nachzubilden. Heute nimmt man Dual-Gate-Mosfets statt Röhren. Und die Betriebsspannungen sind dann auch im ungefährlichen Bereich.

Vorteile des Prinzips:

- wenige Bauelement
- nachbausicher ohne Abgleicharbeiten
- keine teuren Filter im ZF-Teil

Nachteile:

- Mängel bei der Empfindlichkeit
- Mängel bei der Trennschärfe
- Bedienung etwas umständlich

Erster Versuchsaufbau des Audions

Ich nahm zwei Ringkerne vom Typ T80-2 rot und wickelte auf beiden je 26 Wdg 0,5CuL-Draht. Zuvor hatte ich herausgefunden, dass man ohne Verluste zu befürchten, den Draht direkt auf das Pulvereisen wickeln darf. Für die Ankopplung der Antenne sind 8 Wdg aufzubringen. Hierzu nahm ich PVC-isolierten Schaltdraht. Die Masse des Empfängers wird so galvanisch von Erde und Antenne getrennt. Das verhindert Brummschleifen.

die Empfindlichkeit nicht zu gering sein, auch wenn die von vornherein vorgesehenen HF-Verstärkerstufen einen sicheren Empfang garantieren würden. Und wenig Eigenrauschen sollte der Empfänger zeigen. Denn das ist ja der große Vorteil eines einfachen Prinzips, das mit geringem Einsatz von unvermeidbaren Rauschquellen auskommt. Alle Empfängerkonzepte mit ihren synchronisierten Oszillatoren durch PLL und DDS bedingen viele Halbleiter in den integrierten Bausteinen. Die Empfangsqualität selbst der modernen Empfänger wurde nicht wesentlich verbessert. Die SDR-Radios zerhacken das Eigenrauschen ihrer aufwendigen ADUs und event. vorhandener Vorstufen. Manchmal kann man den hohen Rauschpegel einfach nicht über längere Zeit des Zuhörens ertragen.

Es macht keinen Sinn mehr, wenn man die Messwerte der modernen SDR-Empfänger in der Werbung hervorhebt, denn das Außenrauschen durch Man-made-Noise steigt ständig weiter und übertrifft schon längst das Eigenrauschen. Das kann leider auch unser Empfänger nicht ausblenden. Aber zwei oder drei abgestimmte Vorkreise können Störsignale effektiv fernhalten. Das waren ja auch die Überlegungen der Entwickler des Kriegsradios „Tornister-Empfänger Berta“. Man sehe sich jedoch mal diese schwere Blech-Kiste an, die man im Feld mit sich schleppen musste. So ein Riesending will heute niemand mehr auf dem Funktisch haben.

Unser Radio soll kleiner sein. Es kann durchaus offen betrieben werden, denn eine Abdeckung, die das Berühren hoher Betriebsspannungen verhindern soll, brauchen wir nicht. Es kann als Experimentier-Radio aufgebaut werden. Die Abstrahlung durch die Rückkopplung ist gering.

Einzelheiten

Wir sehen eine Feinabstimmung. Diese geht über einen Bereich von zwei bis drei Amateurfunksendern. Sie ist hilfreich, denn

sonst müsste die Mechanik am Drehko einen teuren Feintrieb haben. Die Ankopplung über 10p ist lose, könnte noch geringer gemacht werden. Aber dann muss man primär genauer einstellen. Das gelingt nicht immer. Die Zuleitung zur C-Diode(1N4007) kann man mit geschirmten Kabeln(RG174) lang machen. Somit findet das Poti einen günstigen Platz auf der Frontplatte.

Das sollte auch mit dem Regler für die Regenerierung (Rückkopplung) sein. Es ist zulässig, es abgesetzt zu montieren, was die Bedienung vereinfacht. Auch hier wieder über mindestens mit zwei hf-dichten Leitungen.

Die Vorspannung für das Gate 2 wird mit einer LED erzeugt. Puristen befürchten hierdurch vielleicht mehr Rauschen. Man kann auch einen Spannungsteiler mit Widerständen bauen. Mich erinnerte bei meinen Versuchen das Leuchten der LED daran, dass die Schaltung unter Betriebsspannung war.

Der Tiefpass mit C3, R5 und C4 sperrt sehr wirksam die restliche HF-Spannung, die nicht in den NF-Verstärker gelangen soll. Eine HF-Drossel bester Ausführung war nicht besser, aber teurer.

Der BF961 wird mit einer geringen D-S-Spannung betrieben(5V). Es war geplant, das Radio aus einer 9V-Blockbatterie zu versorgen. Es wird auch bei +6,5 V noch funktionieren!

Am Source-Anschluss können HF-Spannungen von 40mV_{ss}...0,5V_{ss} entstehen. Bei schwachen Stationen ist eine höhere Einstellung zu bevorzugen. Starke Stationen übersteuern leicht, daher sollte man den HF-Pegel mit dem Abschwächer verringern. Man muss aber nach jeder Veränderung eine Nachstellung der Resonanz mit dem Feinregler in Kauf nehmen.

Rückkopplung(Regen)

Die Einstellung weicht vom bekannten Verhalten des klassischen

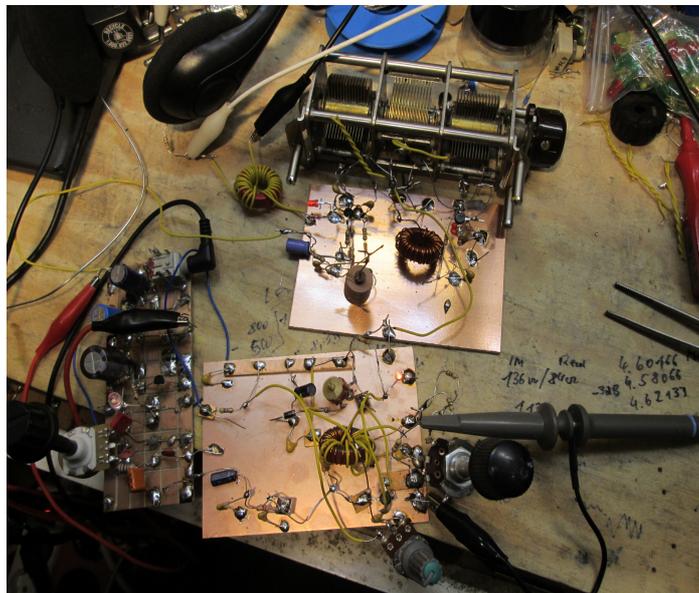
Konzepts ab. Die Rückkopplung setzt **nicht weich** ein! Man dreht Regen soweit auf, bis ein Anstieg des Rauschens zu hören ist. Dann quietscht es auch bei Annäherung zu einer Station. Durch die Feinabstimmung wird der Ton klarer. In zwei Schritten also hat man dann die gewünschte Empfangsqualität.

Die Stabilität der Frequenzabstimmung ist von der Temperatur abhängig. Den Schwingkreis und den Drehko mit seiner Parallelkapazität sollte man deshalb vor Veränderungen der Umgebungstemperatur (Luftzug) schützen. Die am Source anstehende HF könnte man in einer Erweiterung des Empfängers auf einen Frequenzzähler geben und hätte dann eine genaue Frequenzablesung.

NF-Filter

Obwohl zwei oder drei Vorkreise für eine gute Selektivität sorgen, kann es vorkommen, dass bei dichter Belegung des 80m-Bandes die Signale nur schwer zu trennen sind. Hier hilft dann das nachgeschaltete NF-Filter. Eine aufwendige Schaltung mit Operationsverstärkern wollte ich nicht anwenden. Der einfache Resonanzkreis, der für ca. 600 Hz(CW) bemessen ist, hilft spürbar, die Situation zu verbessern.

Hier mal ein Foto vom Basteltisch:



Probleme

Auf dem Basteltisch ist es mir nicht gelungen, die Schwingneigung beim Einsatz von drei Mosfets zu unterbinden. Wahrscheinlich könnte das gelingen, wenn man einen sehr hf-dichten Aufbau verwirklicht. Die mechanischen Anforderungen sind aber hoch, sodass ein Nachbau nur Fachleuten gelingen dürfte. Es kann sein, dass die Verstärkung dieser BF961 grundsätzlich höher ist als es die Röhrenstufen mit der RV2P800 im Berta machten. Dort sind ja drei Abstimmkreise(2V1) wirksam. Und natürlich ist es nicht verwunderlich, dass der Empfänger Berta so schwer ist. Sein Grundgestell wurde aus Alu- bzw. Zink-Druckguss gefertigt. Das hat sein Gewicht.

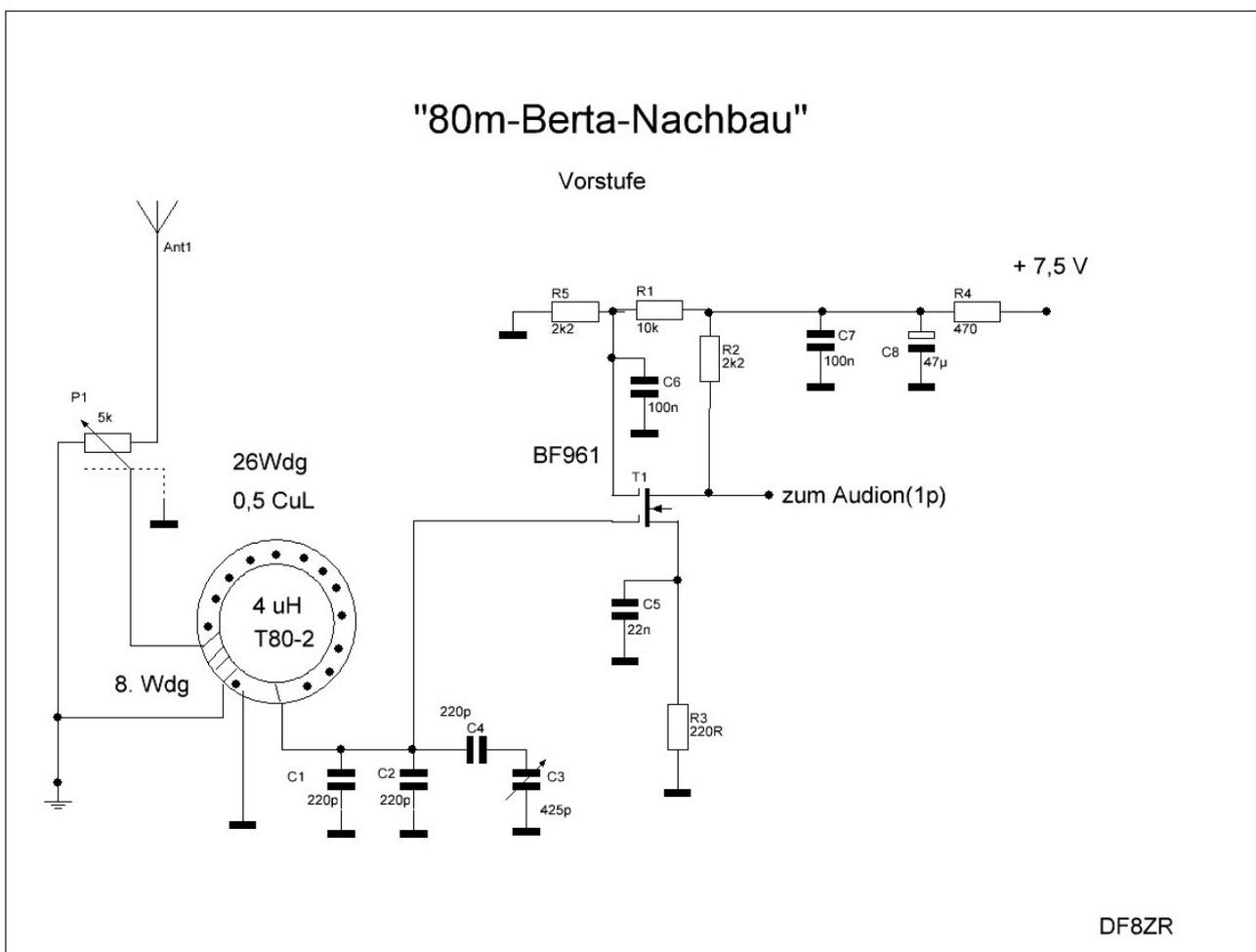
Zweikreiser

Ich habe mich daher entschlossen, nur zwei Abstimmkreise anzuwenden. Der Selbstbau ist schon deshalb einfacher, weil man nicht nach einem Dreifachdrehko suchen muss. Und die Probleme mit der Selbsterregung bleiben beherrschbar.

In meinem Versuchsaufbau kam ein Doppeldrehko mit zweimal 425pF...15pF zur Anwendung. Die parallelen Fest-Kondensatoren zu den Schwingkreisen sind hier $220\text{p} + 100\text{p} = 320\text{pF}$. Der jeweilige Drehko wird mit 220p in Reihe angelegt. Dadurch ergibt sich eine Kapazitätsvariation von 15p bis 150p. Bei anderen Grundkapazitäten eines Drehkos muss man rechnen. Die Variation sollte mindesten 100pF sein, damit man über das ganze 80m-Band abstimmen kann.

Wir sehen in der folgenden Schaltung der Vorstufe am Source-Anschluss des BF961 einen Kondensator 22n, der die Verstärkung optimiert. Am Eingang des Audions ist ja der 1p-Koppelkondensator, der den zweiten Schwingkreis mit ausreichendem Pegel versorgt. Er wird aus zwei verdrehten Schaltdrähten(4cm lang) hergestellt. Macht man ihn zu groß, dann leidet die Trennschärfe.

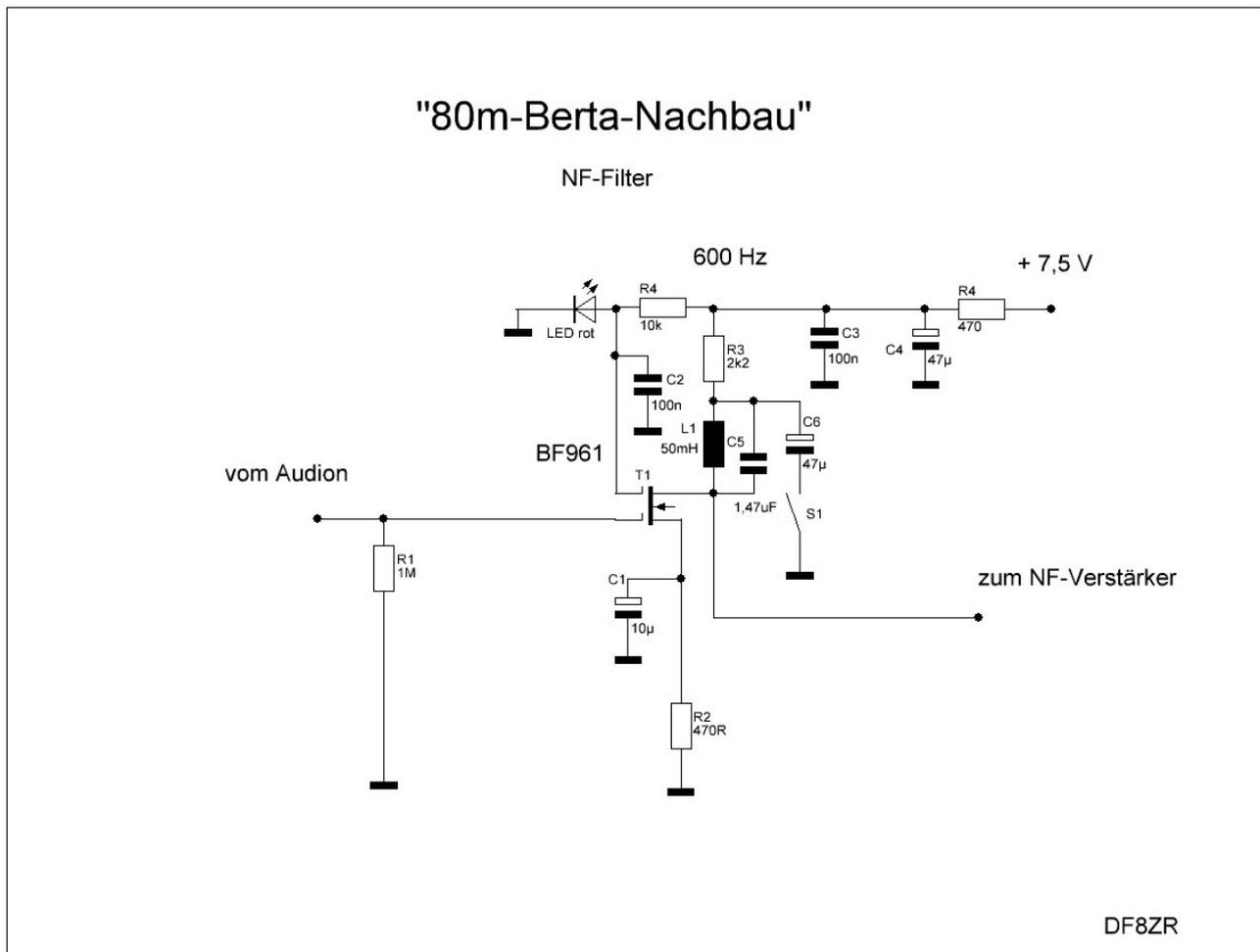
Zwischen der Vorstufe und dem Audion soll eine Abschirmung eingebaut werden. Die Bauteile der Schaltungen dürfen sich nicht „sehen“, denn sonst entsteht die unerwünschte Selbsterregung. Die Gesamtverstärkung mit zwei BF961 ist ausreichend, um auch schwache Stationen zu empfangen. Natürlich sollte die Antenne einige Meter lang sein und möglichst frei und hoch hängen. Stärkere Signale kann man aber schon mit einer 5m langen Behelfsantenne hören.



Die Antennenwicklung hat 8 Wdg am kalten Ende. Sie sollte aus isoliertem Schaltdraht sein, damit eine einwandfreie galvanische Trennung gewährleistet ist. Eine gute Erdverbindung ist zu empfehlen.

NF-Filter

Man kann einen Ferritkern FT114/43 mit ca. 200 Wdg 0,2 CuL bewickeln, dann erhält man ca. 20 mH. Für die Resonanz sind dann 3,5 uF zu schalten. Es wurden aber auch Festinduktivitäten von 10mH(10 Stck) für ca. 7 EUR bei Ebay angeboten. Wie auch immer, man muss sich eine Spule suchen, die viel Induktivität hat.



Ich hatte einen kleinen Ferrittrafo mit zweimal 50mH zur Verfügung. Mit einem Parallel-C von 1,47 uF erreichte ich Resonanz bei 580 Hz. Diesen Parallelschwingkreis legte ich in Reihe mit dem Drainwiderstand 2k2. Eingeschaltet wird das Filter dadurch, dass man den Blockkondensator(47uF) einfach an Masse legt. Dann ist die Verstärkung über den 2k2 nicht mehr wirksam. Nur der Schwingkreis bestimmt jetzt die Anhebung der Signale um 600 Hz. Der Ton erfährt einen spürbaren Nachhall, wird aber deutlich klarer. Man muss dann allerdings die Lautstärke

nachregeln.

NF-Verstärker

Hier sind viele Anleitungen im Netz zu finden. Man nehme fertige Bausteine mit z.B. LM386 aus den Angeboten von China. Oder bastele sich selbst einen Kopfhörerverstärker mit Transistoren. Er sollte mit Signalen im mV-Bereich genügend Lautstärke erzeugen.

Frequenzanzeige

Am Source-Anschluss des Audiontransistors kann man Signale von 40mV...400mV abnehmen. Immer dann, wenn man die Regen mit P1 ins Schwingen bringt, werden diese Signale generiert. Die Anzeige der Empfangsfrequenz ist hinreichend genau. Sie weicht nur unwesentlich von der tatsächlichen Empfangsfrequenz ab. Bei Schwebungsnull stimmt sie auch für einen AM-modulierten Sender.

So ein Zähler muss ggf. gut abgeschirmt werden, damit Einstrahlungen von Störsignalen(Takt) in unseren Empfänger verhindert werden.

Viel Spaß beim Nachbau!

DF8ZR; 28.Oktober 2020

Nachtrag:

Antennenimpedanz

Der Antennenanschluss ist niederohmig(60Ohm)!
Ein Draht geringer Länge hat $\gg 600$ Ohm. Daher ist eine Anpassung erforderlich.

Eigentlich kein Audion

Der 80m-Berta ist im eigentlichen Sinne kein klassisches Audion. denn bei so einer Schaltung findet stets eine Demodulation durch

Gleichrichtung an einer Röhren- oder Halbleiterdiode statt. Hier aber ist ein Mosfet am Werk. Und in ihm findet eine Mischung zweier HF-Wellen statt. Da ist die Empfangsfrequenz und die synchrone selbst erzeugte Oszillatorfrequenz. Denn die Schaltung wird zum Sender, wenn man den Rückkopplungsregler aufdreht. Daher gibt es auch kein weiches Einsetzen und Dosieren der rückgekoppelten Energie, wie man es beim klassischen Audion erwartet. Sobald also der Transistor in den Modus eines Senders wechselt, findet die Mischung statt. Und als Mischprodukt haben wir dann die demodulierte HF-Energie, den Ton. Der wird nun weiter verstärkt und hörbar gemacht. Dabei kann man durchaus die Lautstärke steigern, wenn man mehr Energie auf den Schwingkreis rückkoppelt. Bei zu großem Pegel(>400mVss) wird allerdings der Transistor in die Sättigung gebracht. Diese Übersteuerung mindert hörbar die Lautstärke. Der Übergang ist abrupt. Vermutlich werden die integrierten Schutzdioden leitend. Der Transistor verliert seine Funktion als spannungsgesteuerter Widerstand. Der **Regen** sollte also immer in einem gewissen Bereich eingestellt sein. Man muss den **günstigsten Arbeitspunkt** suchen. Und ein AM-moduliertes Signal(Rundfunk) muss **mit** Rückkopplung empfangen werden, was ebenfalls beim echten Audion nicht notwendig ist. Wir müssen mit dem Feinregler auf **Schwebungsnull** einstellen. Beim Empfang von SSB wird die Eigenfrequenz entsprechend abweichend(2..3 kHz) nachgezogen. Es quietscht nicht mehr, die Sprache wird verständlich.

Die Frequenzstabilität ist erstaunlich gut. Auch beim längeren Hören einer Musikdarbietung(Rundfunksender) um 4 MHz blieb der Ton klar und frei von jeglichen Pfeiftönen durch Mischung mit wandernder Oszillatorfrequenz. Ein Luftdrehko mit einem Eisenpulver-Toroid garantieren auf einfache Weise bei der relativ niedrigen Frequenz (<5MHz) eine gute Frequenzstabilität. Die elektrische Abschirmung mit Cu-Platinen verhindert Handempfindlichkeit. Ich habe schon stundenlang den Funkamatueren zugehört, ohne ständig nachzustimmen. Insofern

kann sich dieser Selbstbau-Empfänger mit teuren Geräten vergleichen. Die Feinregelung mit der lose angekoppelten 1N4007 hat sich in meinen Experimentierschaltungen schon öfter mal bewährt.

Der hier realisierte Mischer mit dem Dual-Gate-Mosfet ist allerdings empfindlich gegen Übersteuerung. Es entsteht dann ein verzerrter Ton. Deshalb ist am Antenneneingang ein Abschwächer vorgesehen. An einem 80m-Dipol können abends durchaus Pegel über S9+60 dB sein. Dann muss man abschwächen. Manchmal erfordert das einen zusätzlichen Bedienungsaufwand, denn unser Empfänger hat keine AGC.

Ich habe verschiedene Schaltungen getestet. Die mit einem 5k-Poti, das einseitig an Masse liegt und als Spannungsteiler wirkt, brachte die besten Ergebnisse. Die „Belastung“ der Antenne mit dem parallel zur Ankopplungspule liegenden Widerstand von 5k schwächt kaum die leisen Signale, wenn man das Poti ganz aufdreht. Es nur in Reihe als regelbaren Widerstand zur Abschwächung des HF-Stromes zu verwenden, brachte Nachteile, weil ein Übersprechen nicht vermieden werden kann. Starke Stationen kamen immer noch durch und überdeckten die schwachen Signale. Das gänzliche Abschwächen bis Null ist von Vorteil bei extrem starken Störsignalen. Ein niederohmiges Poti brachte zwar mehr Ruhe ins Geschehen, war aber eine spürbare Belastung, so dass die Empfindlichkeit nicht mehr ausreichte.

Ziel erreicht?

Wenn auch nur im großen Rahmen dieser Nachbau des Tornisterempfängers gelungen ist, so sind es im wesentlichen die zwei Schwingkreise, die vergleichbare Eigenschaften zeigen. Durch die bessere Schirmung konnten die damaligen Entwickler im Berta drei Kreise realisieren. Die geringere Stufenverstärkung machte das leichter. Ein Fachmann würde hier mit großem Aufwand auch noch Verbesserungen durch einen dritten Kreis

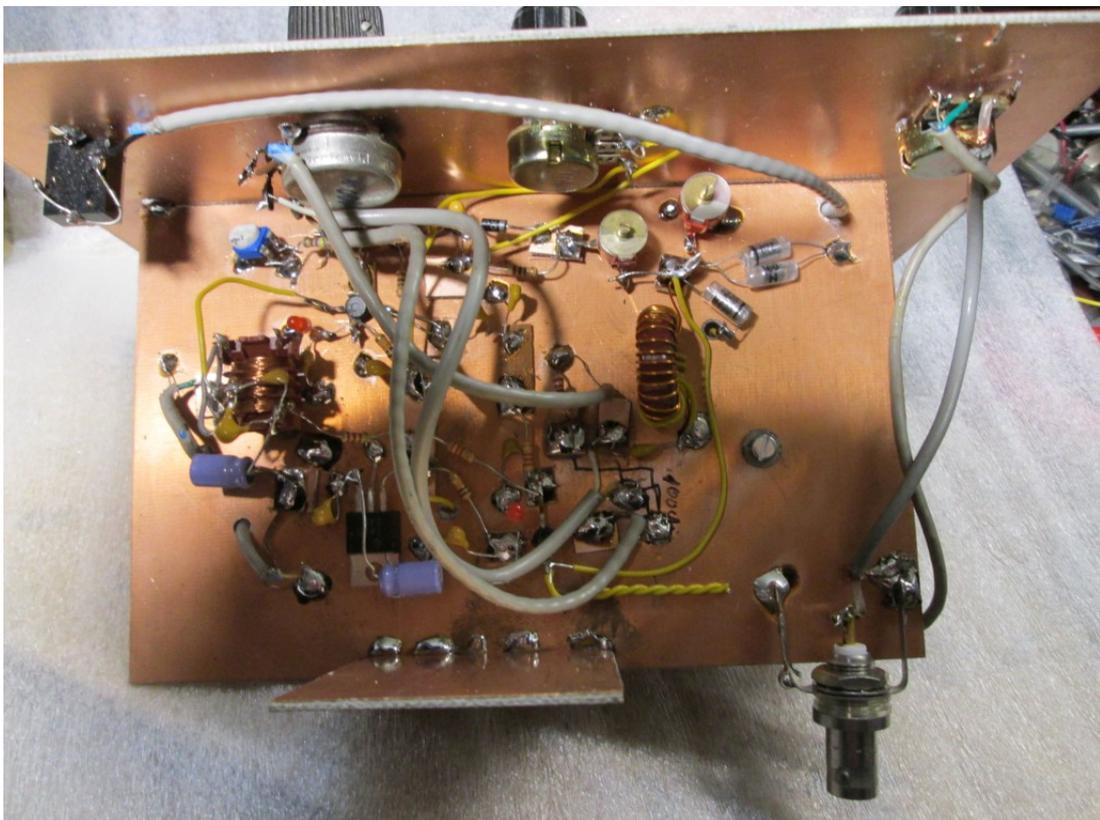
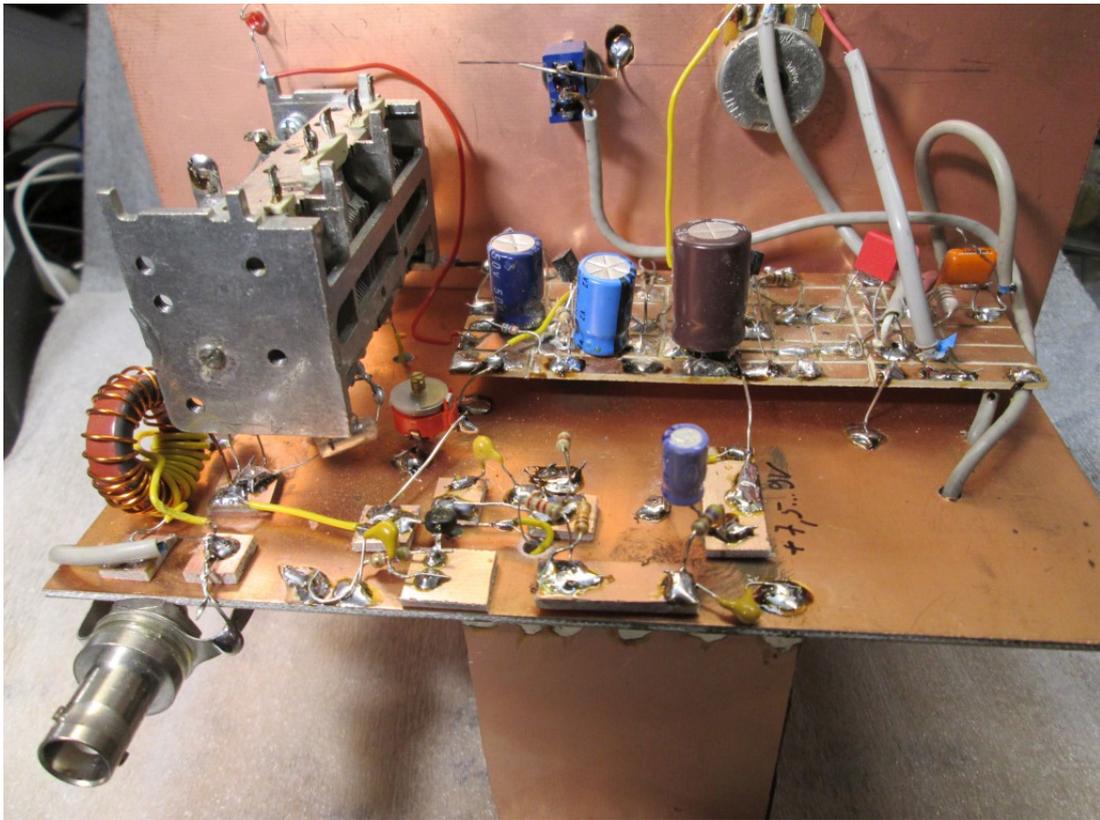
einbringen.

Tonfilter

Aber die Wirkung des Tonfilters ist wie im Berta. Auch damals sollten damit die Morsezeichen besser gehört werden. Wenn man genau auf 600 Hz Überlagerung abstimmt, ist das in unserem Empfänger durch eine erhöhte Lautstärke(Resonanz) wahrnehmbar. Bei SSB klingt das Signal verhallt. Manchmal hilft aber die Selektivität des Filters, lästige Signale auszublenden. Auch das Außen-Rauschen wird erträglicher. Wenn man sich an den Nachhall gewöhnt hat, möchte man das Filter nicht mehr ausschalten.

Fotos vom Versuchsaufbau:





Bei YouTube gibt es einen Film, der die Empfangseigenschaften zeigt: Videolink
<https://youtu.be/FIwxlyOz4bE>