

Ein hochwertiger Mischer mit Bauteilen aus der Bastelkiste

Für meinen zu erstellenden Transceiver benötigte ich zwei Mischer, die nach Möglichkeit auch mit den bereits in der Bastelkiste vorhandenen Bauteilen verwirklicht werden sollten.

Dabei sollten möglichst geringe Abstriche in Bezug auf die Qualität gemacht werden, d.h. die zu erzielende Performance sollte sich an kommerziell verfügbaren Bauteilen orientieren.

Größenvorgabe war dabei wiederum das Format 80x50mm.

Meine Wunschvorstellung war es bei möglichst großem IP3, alle Amateurbänder von Langwelle bis zum 2m Band abdecken zu können.

Dabei schied auf Grund der hohen ersten ZF von 70,2MHz die im Moment so beliebten Schaltmischer Architekturen aus (einfach verfügbare FET Schalter sind nicht schnell genug), es kam also nur ein klassischer Schottky Ringmischer zum Selbstbau in Frage.

Als Hauptschwierigkeit erwies sich die Erstellung der passenden Trafos.

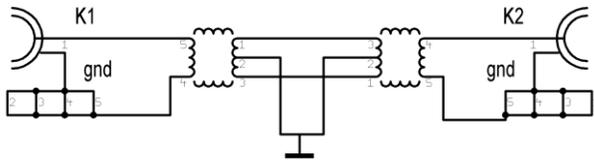
Kernfragen

Der erste Prototyp wurde folgendermassen aufgebaut:

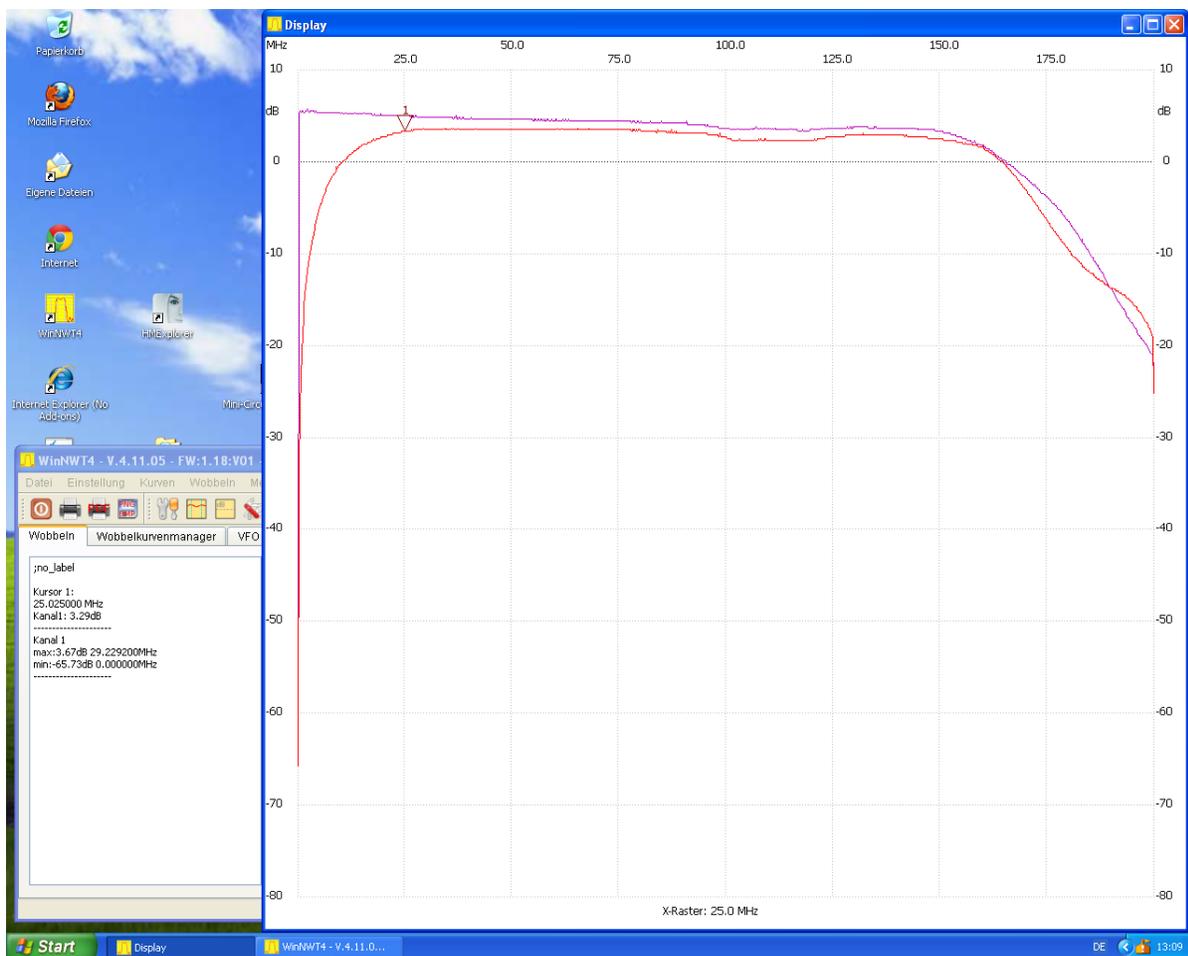
- Doppellochkern U17 (wie im Breitbandverstärker) mit 3x5Wdg trifillar bewickelt
- Testschaltung aufgebaut und getestet
- 1.Mischer mit 70MHz ZF ging gut , 2. Mischer mit 10,2377MHz ZF hatte zu hohe Mischdämpfung

Um der Sache auf den Grund zu gehen wurde eine Trafo Testschaltung aufgebaut, diese sah folgendermassen aus, es wurden jeweils 2 gleiche Trafos gewickelt und

gegeneinander verschaltet. Damit war es relativ einfach die Durchgangsdämpfung und das Frequenzverhalten zu ermitteln.



Für überschlägige Messungen wurde zunächst mein FA Netzwerktester eingesetzt, anbei ein Messbeispiel:



Die violette Kurve entspricht dem Eingangssignal, das auf Grund des Frequenzganges des Netzwerktesters nur bis ca. 150MHz brauchbare Ergebnisse

Edwin Richter – DC9OE - Am Oberfeld 25 , 84405 Dorfen , Tel. 08081 955205

mail: edwin.richter@smarthomedorfen.de

liefert. Die Rote Kurve liefert das Ausgangssignal nach Durchlauf durch die 2 Trafos. Interessant ist die Zunahme der Dämpfung unterhalb etwa 25 MHz. Damit ist auch klar warum ein so aufgebauter Mischer bei 10MHz ZF nicht gut geht.

Zusätzlich wurde die untere Frequenz über die Induktivität bestimmt, die untere Frequenzgrenze einer solchen Anordnung ergibt sich dann wenn die Impedanz der Trafowicklung nennenswert unter die Systemimpedanz von 50 Ohm sinkt.

5 Wdg. auf diesem Kern ergeben ca. 0,5µH.

Die Formel dazu ist $XL = \omega L$

Damit ergibt sich $f = 50 / (2\pi \cdot L)$

Oder $f = \frac{50}{6,28 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}$ also ungefähr 16Mhz

Damit ist klar dass entweder die Windungszahl zu erhöhen ist oder anderes Kernmaterial zum Einsatz kommen muss.

Versuchsweise wurden 2 Trafos auf die Kerne FT23-77 gewickelt.

Damit war jetzt das Problem mit der unteren Frequenzgrenze gelöst, dafür sah der Dämpfungsverlauf oberhalb ca. 50MHz nicht mehr so toll aus

(siehe nächstes Bild).

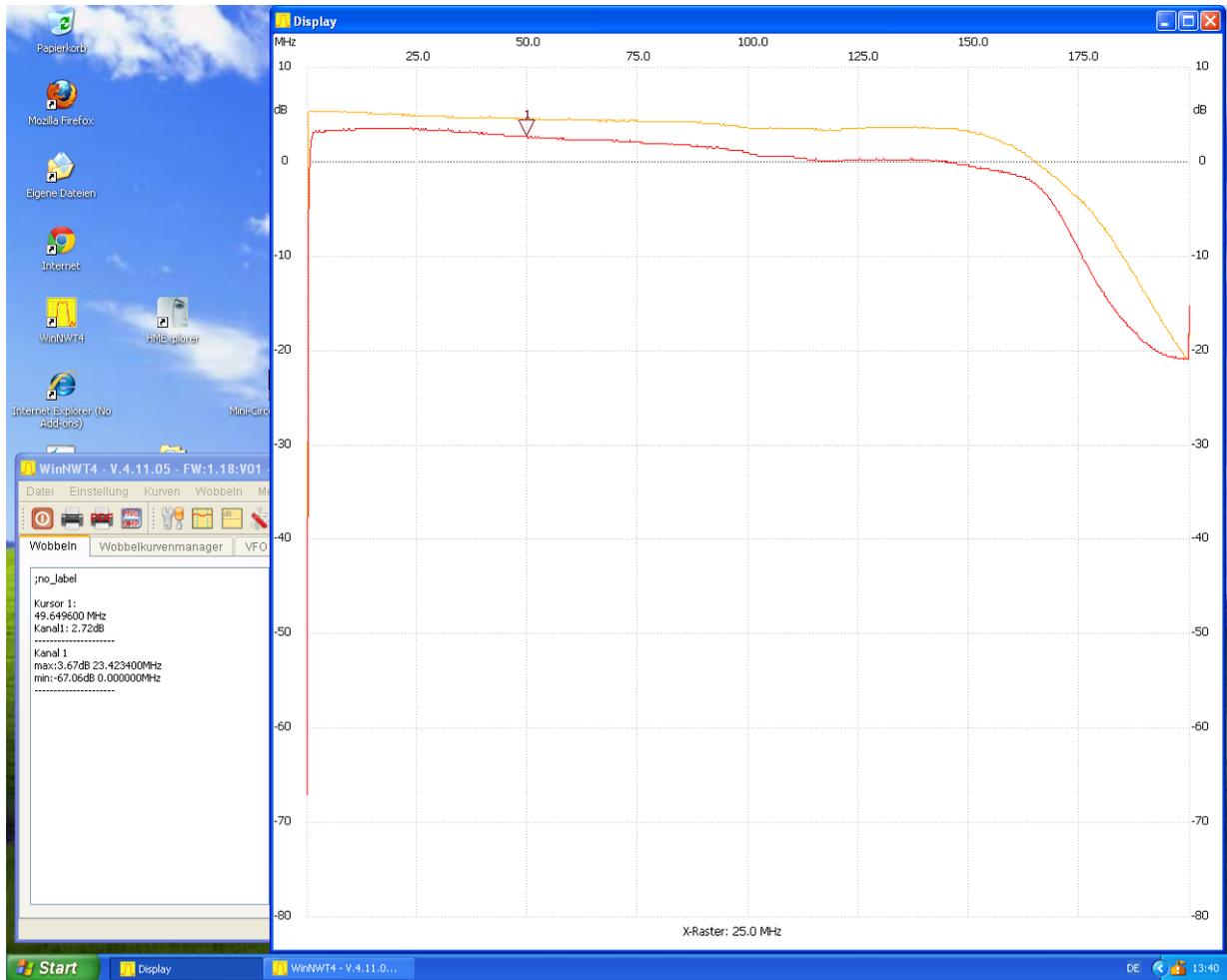
Ich habe dann die Trafos etwas genauer vermessen.

Ergebnis :

Doppellochkern mit 10Wdg statt 5Wdg. : 5,3MHz bis 135MHz – 1dB

FT23-77 5Wdg: 8,6MHz bis 64MHz – 1dB

Mein Lieblingskern bleibt also der U17 Doppellochkern.. ☺



2 FT23-77 Kerne mit je 5Wdg. trifilar.

Mischerschaltung

Nach soviel Vorgeplänkel zum Thema Kerne aber nun endlich zur realen Mischerschaltung.

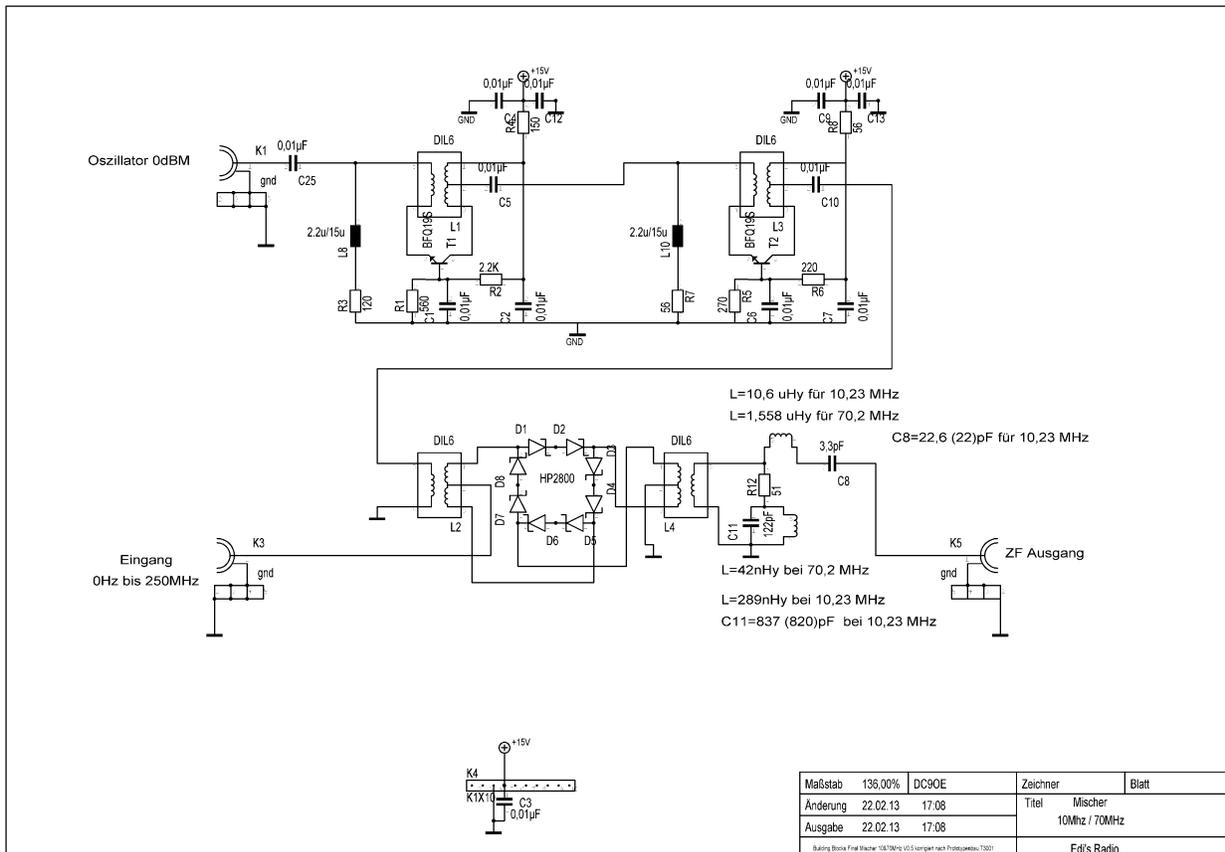
Im einfachsten Fall werden nur 4 Schottky Dioden eingesetzt, das ermöglicht dann bei +13dBm Oszillatorleistung ein IP3 von ca. 20 dBm. Man kann 5dB beim IP3 gewinnen wenn man 8 Dioden einsetzt und die Oszillatorleistung auf +17dBm erhöht. Eine Alternative ist auch noch der Einsatz von 4 Dioden plus jeweils in

Edwin Richter – DC9OE - Am Oberfeld 25 , 84405 Dorfen , Tel. 08081 955205

mail: edwin.richter@smarthomedorfen.de

Reihe geschalteter 100Ohm Widerstände (diese sind mit 1µF zu überbrücken), bei +23dBm Oszillatorleistung sind dann +30dBm IP3 erreichbar (Details finden sich im ' Arbeitsbuch für den HF Techniker ' Franzis Verlag – sehr empfehlenswert!)

Ich habe mich der Einfachheit halber erst einmal für den Kompromiss mit den 8 Dioden entschieden.



Die Schaltung besteht aus 3 Teilen, dem Oszillatorverstärker, der im Wesentlichen dem bereits beschriebenen Breitbandverstärker entspricht (ich habe aber den Strom durch die Transistoren und damit die maximal mögliche Ausgangsleistung auf ca. 22dBm erhöht - die Schaltung zieht jetzt 68mA bei 15Volt), dem eigentlichen Mischer bestehend aus den 2 beschriebenen Trafos und 8 Schottky Dioden (in meiner Bastelkiste fanden sich noch 100 Stück HP2835 ...), hier sollte jede HF taugliche Schottky Diode einsetzbar sein. Danach folgt dann ein Diplexer, je nach Einsatz entweder für 70,2MHz oder für 10,23MHz.

Edwin Richter – DC90E - Am Oberfeld 25 , 84405 Dorfen , Tel. 08081 955205

mail: edwin.richter@smarthomedorfen.de

Die Messdaten der so aufgebauten Schaltung erwiesen sich als recht akzeptabel, dabei sind die nachfolgenden Messwerte ohne Diplexer entstanden, dessen Dämpfung von ca. 1 bis 1,5dB ist später zu addieren. ZF 70,2MHz:

Amateurband	Mischdämpfung	Oszillatorlage
630m	6,4dB	oberhalb
160m	6,4dB	oberhalb
80m	5,6dB	oberhalb
40m	5,8dB	oberhalb
30m	5,6dB	oberhalb
20m	5,6dB	oberhalb
17m	5,8dB	oberhalb
15m	6,0dB	oberhalb
12m	6,2dB	oberhalb
10m	6,2dB	oberhalb
6m	6,6dB	oberhalb
2m	6,2dB	unterhalb
2m	7,2dB	oberhalb
200MHz allg. Anwendung	5,0dB	unterhalb
250MHz allg. Anwendung	5,8dB	unterhalb
300MHz	9,4dB zu hoch	unterhalb

Edwin Richter – DC9OE - Am Oberfeld 25 , 84405 Dorfen , Tel. 08081 955205

mail: edwin.richter@smarthomedorfen.de

Die mögliche Einsatzgrenze liegt also irgendwo oberhalb 250MHz, genauer habe ich es nicht gemessen.

Durch ändern der Trafo's sowohl für den Mischer als auch für den Oszillatorverstärker wäre es denkbar auch das 70cm Band noch mit diesem Mischer abzudecken – ich habe die Idee aber zunächst einmal nicht weiter verfolgt, da ich zu einem späteren Zeitpunkt plane einen kommerziellen Mischer für den Frequenzbereich von 70cm bis 9cm einzubauen.

Damit erscheint also diese Schaltung zunächst einmal mit ihren Messwerten für alle Amateurbänder von Langwelle bis 2m als gut geeignet.

Unterhalb 470KHz konnte ich leider nicht messen, da meine Meßsender nicht so weit runter reichen.

Ich habe aber mit ein paar Metern Draht im Garten sowohl DCF77 bei 77,5KHz als auch (wenn auch schwach) den Englischen Zeitzeichensender MSF bei 60KHz aufnehmen können.

Dem Einsatz dieser Schaltung bei 137KHz sollte daher nichts im Wege stehen (der Eingang ist prinzipiell Gleichspannungstauglich und geht bis 0Hz !

Der Eingangsspegel des Oszillators betrug bei allen Dämpfung Messungen ca. 0dBm, der Oszillatorverstärker verstärkt das Signal um ca. 18dB.

Ich habe dann noch versucht den IP3 zu bestimmen, Messanordnung:

2x Meßsender HP 8640A (500KHz bis 512MHz)

2 mal Dämpfungsglied 10dB

Minicircuits Power Splitter / Combiner ZFSC-2-2+

Schaltbares Dämpfungsglied 0 bis 80dB

Spektrumanalyzer 100KHz bis 3,6GHz Advantest TR4131

Edwin Richter – DC9OE - Am Oberfeld 25 , 84405 Dorfen , Tel. 08081 955205

mail: edwin.richter@smarthomedorfen.de

Der Mischer erwies sich dabei als recht hartnäckig und mit dem vorhandenen Meßequipment konnte erst bei einem Eingangspegel von 2 x 0dBm ! eine sinnvolle IP3 Messung durchgeführt werden.

Dabei war immer ein Augenmerk auf den Spektrumsanalyzer zu werfen, der mit dieser Aufgabe sichtlich an seine Grenzen kam.

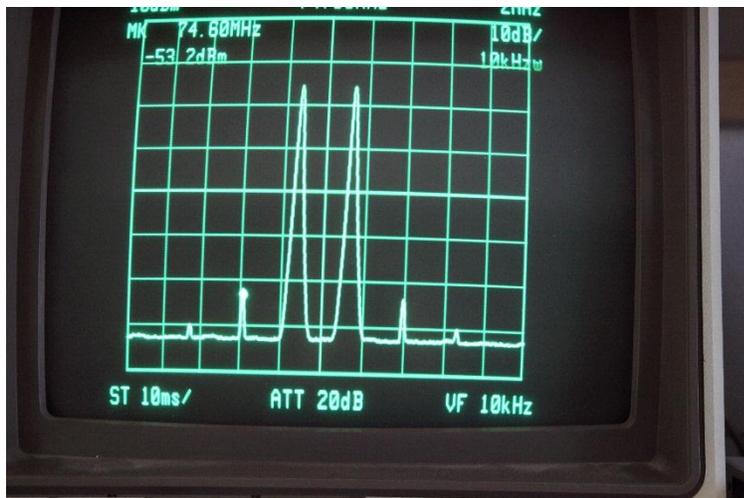
Bei 2x 0dBm am Eingang lagen die Intermodulationsprodukte bei -53dBm, damit sollte sich der IP3 Wert nach folgender Formel ergeben:

$IP3 = \text{Eingangspegel} + 0,5 * \text{Intermodulationsabstand}$

Also $0\text{dBm} + 53\text{dBm}/2 = 26,5\text{dBm}$

Dabei habe ich den Oszillatorpegel nach Spektrumsanalyzer Anzeige leicht optimiert indem ich versuchsweise die Oszillatorleistung auf Minimum der Intermodulationsprodukte eingestellt habe.

Die optimale Einstellung ergab sich bei etwa +1,5dBm zusammen mit der Verstärkung von 18dB des Oszillatorverstärkers ergab sich also ein Minimum bei 19,5dBm, also knapp 100mW Oszillatorleistung (es sind 89,1 mW)

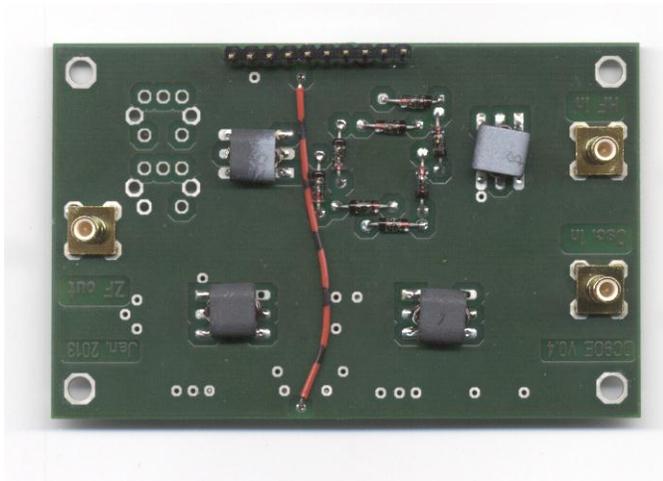


Der Mischer bei 2x0dBm am Eingang – Intermodulation -53,2dBm

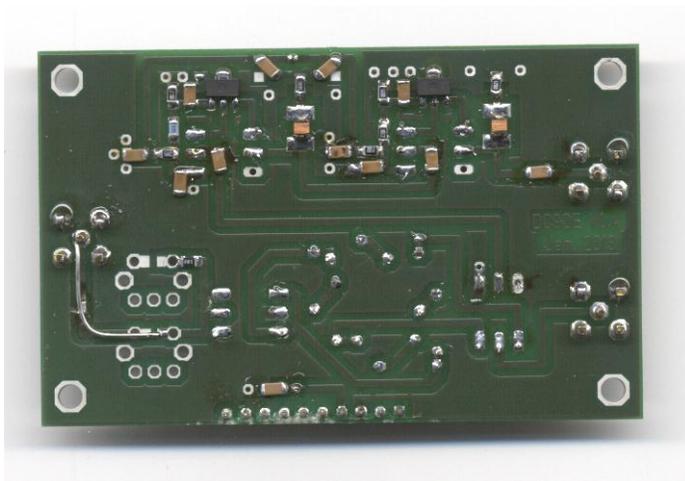
Edwin Richter – DC9OE - Am Oberfeld 25 , 84405 Dorfen , Tel. 08081 955205

mail: edwin.richter@smarthomedorfen.de

Zum Schluss noch eine Ansicht des fertigen Mischers, wie immer sind auch die Layouts bei Bedarf verfügbar (Target 3001 Files).



Die Oberseite des Mischers (noch ohne Diplexer Bestückung), die Drahtbrücke liefert die Spannungsversorgung – ich habe auf Leiterbahnen auf der Oberseite verzichtet.



Die Unterseite – die Drahtbrücke ersetzt die Spulen für den noch einzubauenden Diplexer für 70,2MHz..

Edwin Richter – DC90E - Am Oberfeld 25 , 84405 Dorfen , Tel. 08081 955205

mail: edwin.richter@smarthomedorfen.de