

Basteltagebuch

Eigenbau-TRX-2012 & Bauaktion Bandpässe Band 3

Modul:
Bandpässe

Band 3 - Version 004

Jörn Bartels, DK7JB
<http://www.bartelsos.de>

06. September 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Bandfiltermodul.....	5
2.1	Die Software – Das Bandfiltermodul.....	6
2.1.1	Schreibzugriff – Aktivieren eines Bandfilters	6
2.2	Überarbeitung der Bandpässe.....	7
2.3	160m Band	8
2.3.1	160m Variante 2 (verworfen).....	8
2.3.2	160m Datei: chby19_1_ver02 (verworfen)	9
2.3.3	160m Variante 3 (verworfen).....	10
2.3.4	160m Variante 4 (Variante wird gebaut)	11
2.4	80m Band.....	12
2.4.1	80m Variante 04 (verworfen).....	12
2.4.2	80m Variante (verworfen).....	13
2.4.3	chby35_1.ckt.png (verworfen).....	14
2.4.4	chby35_2.ckt.png (Variante wird aufgebaut).....	15
2.5	40m Band.....	16
2.5.1	40m Variante 1 Datei: 40m_01.ckt (verworfen)	16
2.5.2	40m chby7_2.ckt (verworfen)	17
2.5.3	40m 40m_03-ckt (Version wird gebaut).....	18
2.6	30m Band.....	19
2.6.1	30m – Mesh-Butterworth (verworfen)	19
2.6.2	30m Neuer Entwurf (verworfen).....	19
2.6.3	30m 30m_001a.ckt (Variante wird gebaut)	20
2.7	20m Band.....	21
2.7.1	20m Neue Version 3 (verworfen).....	21
2.7.2	20m Neue Version 20m_002a.ckt (Variante wird gebaut).....	22
2.8	17m Band.....	23
2.8.1	Mesh Variante 02 (Variante wird gebaut).....	23
2.9	15m Band.....	24
2.9.1	Mesh Variante 03 (Variante wird gebaut).....	24
2.10	12m Band.....	25
2.10.1	Mesh Variante 02 (Variante wird gebaut).....	25
2.11	10m Band.....	26
2.11.1	10m Mesh Variante 02 (verworfen)	26
2.11.2	10m Version 03 (Variante wird gebaut)	27
2.12	Das Bandfiltermodul 160m – 20m	28
2.13	Das Bandfiltermodul 17m – 10m	31
2.14	Bandfilter Steuerplatine für die Relais	34
2.15	Aufbau der Bandfiltermodule	34
2.16	Aufbau 160m-20m.....	36
2.16.1	Abstimmen der Filter	36

2.16.2	Bilder vom Aufbau.....	37
2.16.3	Übersicht 0-20 MHz.....	39
2.16.4	Übersicht 1-60 MHz.....	39
2.16.5	Sperrdämpfung bis 1,2GHz.....	40
2.16.6	160m Band	41
2.16.7	80m Band	41
2.16.8	40m Band	42
2.16.9	30m Band	42
2.16.10	20m Band	43
2.17	Die (fast) Fertigstellung des Moduls.....	44
2.18	Erste IP3 Messungen am 40m Bandpass.....	48
2.18.1	Sperrbereich	48
2.18.2	Durchlassbereich	48
2.18.3	Obere Filterflanke.....	48
2.19	Vertiefende IP3 Messungen an Bandpässen.....	48
2.19.1	Bandpass 40m	49
2.19.1.1	Erste Ergebnisse	49
2.19.1.2	Fall 1 & 3: Störsignale liegen weit unterhalb/ oberhalb vom Durchlassbereich	50
2.19.1.3	Fall 2: Störsignale nur leicht unterhalb vom Durchlassbereich.....	50
2.19.1.4	Das zugrunde liegende Zahlenmaterial.....	51
2.19.2	Bandpass 160m	51
2.19.3	Überprüfung der Messgenauigkeit der Pegel beim HP8594Q	52
2.19.4	Wo treten noch komische IP3-Effekte auf?.....	52
2.19.5	Fazit zu den IP3-Messungen	53
3	Der Bausatz Bandpass-Modul	54
3.1	Aufbauhinweise.....	59
3.2	Fünf verpolte Relaispulen	59
4	Anhang.....	64
Anhang A	Überschrift	64

1 Einleitung

Das Projekt ist nun so stark angewachsen, dass eine Baumappe nicht mehr ausreicht. Der erste Band wird zu unübersichtlich und die Datei zu groß. Dieser dritte Band ist ein Versuch diese Nachteile abzustellen. Da ich aber immer wieder zwischen den einzelnen Baugruppen hin und her springe, ist es notwendig, dass der Leser mit beiden Bänden arbeitet. Da wo es im ersten Band aufhört, geht es in einem weiteren Band weiter.

Die Hinweise zu Copyright aus dem ersten Band gelten auch für dieses Werk.

Auch dieses Dokument ist für den Duplexdruck optimiert worden, um Papier zu sparen. Ich empfehle euch, dass ihr beiden Dokumente beidseitig ausdruckt und binden lasst. So kann man am besten mit ihnen arbeiten.

Hier findet ihr immer die neuesten Versionen und auch Band 1.

<http://www.bartelos.de/dk7jb.php/selbstbau-trx-2012>

Der Schwerpunkt dieser Baumappe liegt bei den Bandpässe. Aus dem ersten Entwurf ist die Projektidee für eine Bauaktion zusammen mit anderen OM entstanden. Die Dokumentation dieser gemeinschaftlichen Arbeit befindet sich auch in dieser Baumappe.

2 Bandfiltermodul

Hier wird das Bandfiltermodul beschrieben, welches eine eigenständige Einheit bildet, die per I2C-Bus angesprochen wird. Das Modul baut auf dem ersten Band dieses Basteltagebuches auf.

	Band		LO		Spiegelfrequenz		1. Oberwelle		2. Oberwelle	
	untere Grenze	obere Grenze	untere Grenze	obere Grenze	untere Grenze	obere Grenze	untere Grenze	obere Grenze	untere Grenze	obere Grenze
160m	1810	2000	6.725	6.915	11.640	11.830	3620	4000	6000	20175
80m	3500	3800	8.415	8.715	13.330	13.630	7000	7600	11400	25245
40m	7000	7200	11.915	12.115	16.830	17.030	14000	14400	21600	35745
30m	10100	10150	15.015	15.065	19.930	19.980	20200	20300	30450	45045
20m	14.000	14.350	18.915	19.265	23.830	24.180	28000	28700	43050	56745
17m	18.068	18168	22.983	23.083	27.898	27.998	36136	36336	54504	68949
15m	21000	21450	25.915	26.365	30.830	31.280	42000	42900	64350	77745
12m	24.890	24.990	29.805	29.905	34.720	34.820	49780	49980	74970	89415
10m	28.000	29.700	32.915	34.615	37.830	39.530	56000	59400	89100	98745

ZF 4.915 kHz

2.1 Die Software – Das Bandfiltermodul

Das Bandfiltermodul wird genauso angesteuert wie #####_kommt_noch_#####, wo die Feinheiten auch nachgelesen werden können. Aus diesem Grund reicht es, wenn hier nur eine grobe Beschreibung folgt. In diesem Projekt werden alle Module auf die gleiche Weise angesteuert.

Das Protokoll zur Ansteuerung über den I2C-Bus wurde in Anlehnung an bewährte Protokolle von I2C-EEPROMs entworfen. Das Modul wird als I2C-Slave betrieben und hat eine fest einprogrammierte Adresse. Ein Hauptkontroller, auch I2C-Master genannt, übernimmt die Kontrolle über den Bus und steuert alle Aktivitäten. Soll das Bandfiltermodul angesprochen werden, muss der Master nach senden der Adresse immer zuerst ein Steuer-Byte an das Bandfiltermodul senden, welches dem Modul signalisiert, welches Register angesprochen werden soll. Dieses Steuer-Byte wird bei mir auch Registerpointer genannt, weil es auf das Register zeigt, welches gelesen oder beschrieben werden soll (hier ist nur das Schreiben sinnvoll). Anschließend kann in das Modul den gewünschten Filter aktivieren und die anderen auf Masse schalten.

Das Modul erreicht auf dem I2C-Bus eine Taktgeschwindigkeit von bis zu 300 kHz. Bei noch höheren Geschwindigkeiten bremst es mittels Clock-Stretching die Geschwindigkeit.

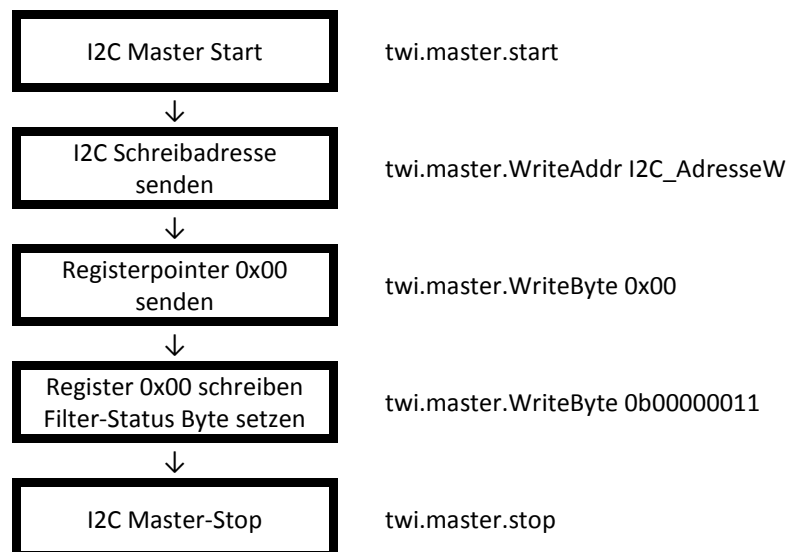
2.1.1 Schreibzugriff – Aktivieren eines Bandfilters

Wenn einer der Bandfilter gesetzt werden sollen, muss dem I2C-Slave als erstes mitgeteilt werden, welches Register beschrieben werden soll. In der aktuellen Version der Firmware gibt es nur das Register 0x00. Dann wird gleich im Anschluss ein weiteres Byte gesendet, welches dem Modul die Zustände der Bandfilter mitteilt. Die beiden untersten vier Bit stehen für die jeweiligen Bandfilter.

Mit Senden der Startbedingung reserviert sich der I2C Master den Bus. Anschließend wird die Adresse des Slaves gesendet. Im Bit 0 der Adresse wird dem Slave signalisiert, ob als nächstes geschrieben oder gelesen werden soll. In diesem Beitrag verwende ich die Begriffe I2C-Slave-Leseadresse oder Schreibadresse.

Möchte man dann einen Filter aktivieren, wird zuerst das Byte Hex 0x00 gesendet, welches als Registerpointer dem Bandfiltermodul signalisiert, in welches Register die nun folgenden Informationen geschrieben werden. In diesem Fall ist das Register Hex 0x00, in welches die Zustandsinformationen für die vier Quarzfilter geschrieben werden. Nach dem Senden des Stopp-Signals wird der Bus wieder freigegeben

Beispiel mit LunaAVR: Setzen eines Filters



Register Hex 0x00: Bandfilterfilter-Status (Schreibzugriff)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter

Die genaue Belegung des Registers wird nachgereicht.

<<<<<<<-----

Die I2C-Adresse lautet 0x30 (hex), wenn alle Jumper gesetzt sind

<<<----- wird noch geändert

Wird keiner der Jumper gesetzt, wird die I2C Steuerung deaktiviert und die Filter können von Hand geändert werden (z.B. für Messzwecke). Die Belegung wird nachgereicht.

2.2 Überarbeitung der Bandpässe

In diesem Kapitel wird die Entwicklung hin zu meinen Bandfiltern gezeigt. Sie soll mir auch als Fundus für spätere Projekte dienen. Im Laufe der Simulationen hat sich auch gezeigt, dass es sinnvoll ist den RX-Zweig und den TX-Zweig zu trennen. Die Tiefpassfilter sind im RX-Fall nicht notwendig und verschlechtern die guten Kurvenformen der Bandpässe.

Anfangs waren Saugkreise oder Sperrkreise vorgesehen, die sich aber als nicht notwendig erwiesen haben.

Bei jedem Filter wird angemerkt, ob der Ansatz verworfen wird oder nicht.

Die Filter werden mit dem Excel-File entwickelt, welches Horst dj6ev vor einiger Zeit entwickelt hat. Im Zuge dieser Untersuchungen hat Horst die Files noch erweitert.

<http://www.bartelsos.de/dk7jb.php/bandpaesse-horst-dj6ev>

Meine Entwürfe habe ich anfangs in Richtung einer niedrigen Return Loss entwickelt. Hierzu und zu den allgemeinen Anforderungen hat Horst einige Interessante Zeilen geschrieben:

Bei deinen Modellen sehe ich einen Trend zu einem möglichst hohen Return Loss. Meine Meinung dazu ist, dass das zwar akademisch sicher sehr reizvoll, aber für den geplanten Einsatz gar nicht nötig ist. Der RL ist ja an die Welligkeit gekoppelt - $RL \sim 10\text{db}$ bei $r=0.5\text{db}$, bzw. 7db bei $r=1\text{db}$. Und 1db Welligkeit/Dachschräge in den Prefiltern bedeutet selbst bei einem recht großen S-Meter gerade einmal eine Zeigerbreite. Je mehr du also die Filter in Richtung hohen RL hintrimmst, desto mehr Flankensteilheit geht verloren. Und die halte ich für wichtiger.

Dazu kommt, dass sich alle Simulationen in der idealen 50-Ohm-Welt abspielen. Wo hängen dann die Filter? Zwischen der Antenne und dem Vorverstärker (dem ein RL von 30db oder nur 7db ziemlich egal ist). Und die Antenne dürfte selten exakt 50 Ohm reell aufweisen. Da bleibt dann von einer Superanpassung nicht viel übrig.

Und ich glaube, dass die Stunde der Wahrheit ohnehin beim Aufbau und notwendigem Abgleich der Filter kommt. Wir reden bei der Optimierung ja über Zehntel pF oder μH . Also, nix mehr simulieren, sondern aufbauen und messen. Wird bei einigen Filtern sicher eine Fummelei.

Ich verstehe schon, dass deine Vorstellungen bei den Filtern etwas unterschiedlich zu meinen sind, was ja in unserem Sinne ist. Ich will z.B. das 80m -Band bis 4MHz abdecken, du nur bis $3,8\text{MHz}$. Also werden wir unterschiedliche Varianten haben. Ich liste hier noch einmal meine Eckdaten auf:

- 1) Welligkeit/Dachschräge bis 1db ok
- 2) ZF-Unterdrückung 70db (den Rest macht der Mixer)
- 3) Spiegelfrequenzunterdrückung $>80\text{db}$
- 4) Dämpfung auf den Bändern über 10MHz $<3,5\text{db}$
- 5) Dämpfung des MW-BC-Bereichs $>70\text{db}$ @ $1,6\text{MHz}$

Horst wird sich bestimmt freuen, wenn dieses Modul endlich aufgebaut und abgestimmt ist, da ich ihn hierzu mit unzähligen Emails überhäuft habe.

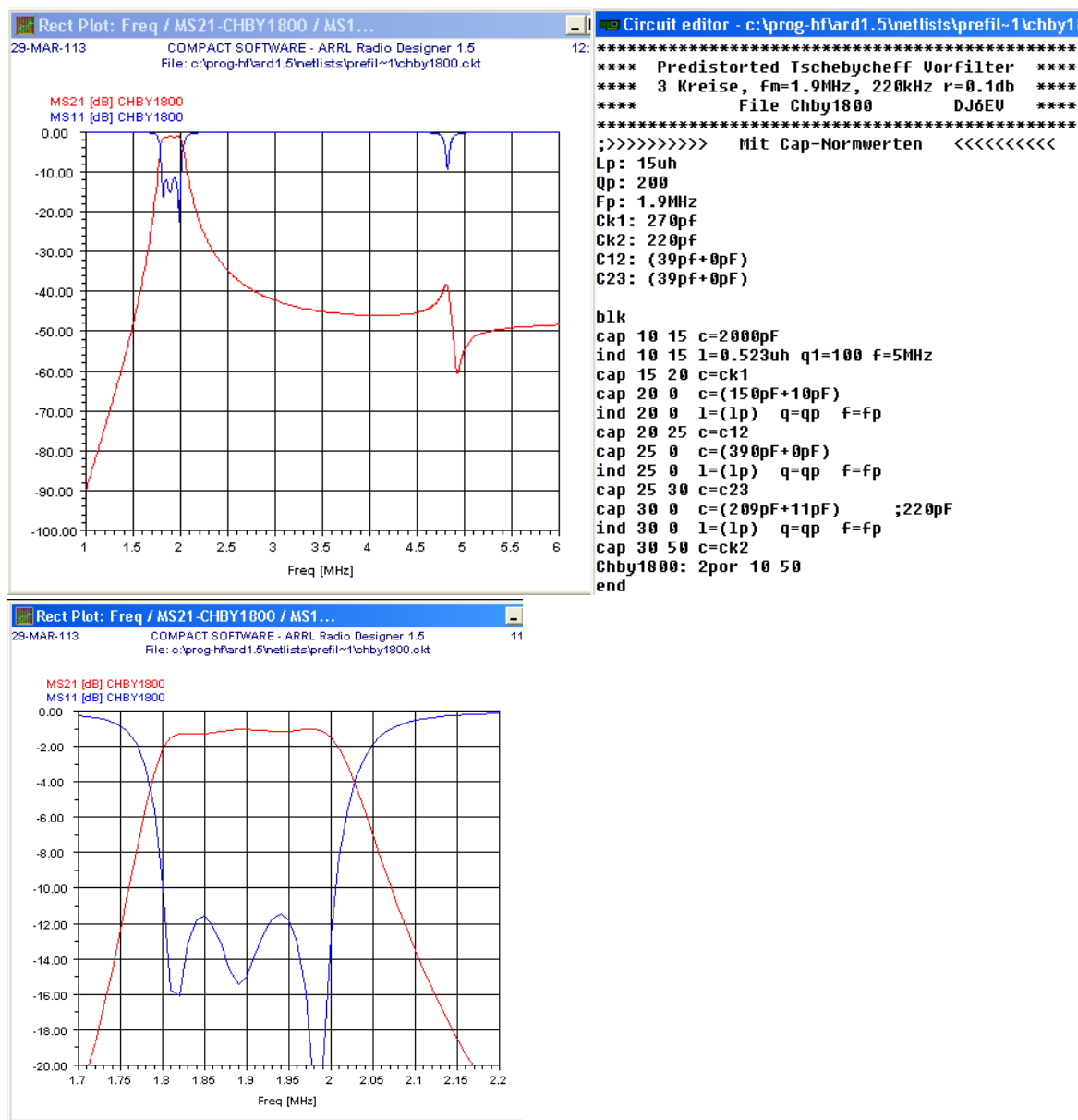
2.3 160m Band

Mein Favorit ist das die Variante 2.3.4. <<< -----

2.3.1 160m Variante 2 (verworfen)

Horst: Ich habe dir mal eine Simulation des 160m-Filters drangehängt, bei der ich auch gleich Normwerte für die Cs eingesetzt habe. Die Kreislänge habe ich mit realistischen 200 angesetzt (wir setzen ja hier immer die Güte der Cs als unendlich an). Der Unterschied zu deinem $Q=160$ ist hier minimal. Der Simulator hilft hier ja, es mit Normwerten zu probieren. Die von dir auch angesetzte alternative Güte von 260 ist m.E. zu optimistisch (wie gesagt - Kreislänge, nicht reine Spulengüte - es sei denn, du setzt in der Simulation auch für die Cs eine entsprechende Güte ein).

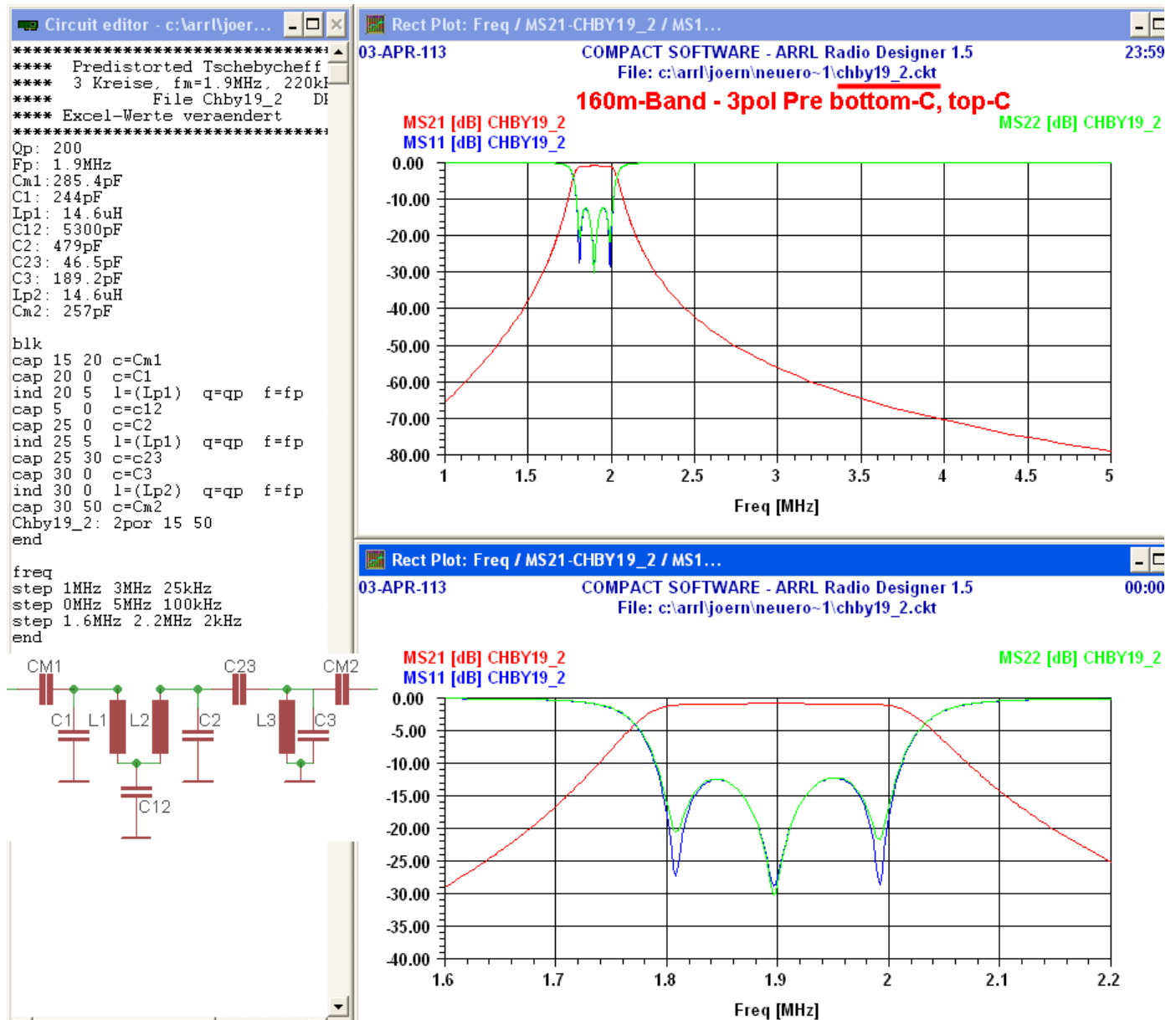
Im Zuge dieser Planungen wurde das Konzept des Gerätes geändert und es soll auf nachfolgende Tiefpässe im RX-Zweig verzichten werden. Aus diesem Grund reicht die Sperrdämpfung nicht aus.



2.3.2 160m Datei: chby19_1_ver02 (verworfen)

Dieser Filter baut auf dem Entwurf von Horst (s. nächste Seite) auf. Hier wurde die Anpassung S11 etwas verbessert, was sich aber auf die Flankensteilheit ausgewirkt hat.

Dieser Entwurf wird verworfen, da letztlich noch bessere Flankensteilheiten erzielt werden konnten.

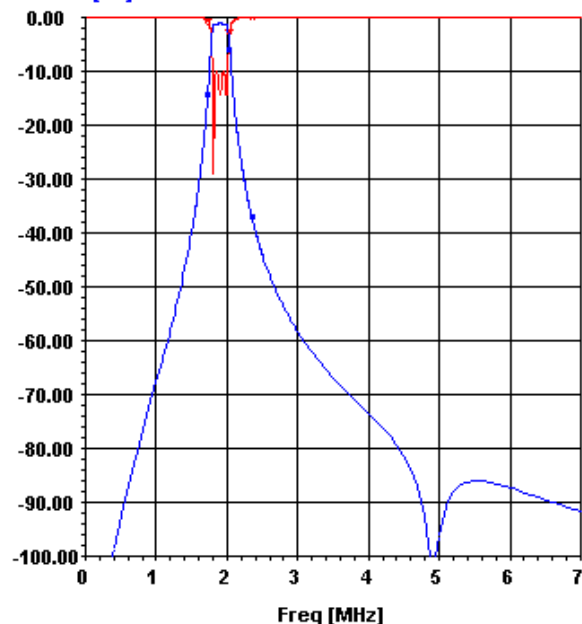


2.3.3 160m Variante 3 (verworfen)

Dieser Entwurf von Horst wird wahrscheinlich die Grundlage für den 160m Filter bilden. Zur Sicherheit wird der Entwurf noch ohne Sperrkreis simuliert. Die Version auf der nächsten Seite wird gebaut.

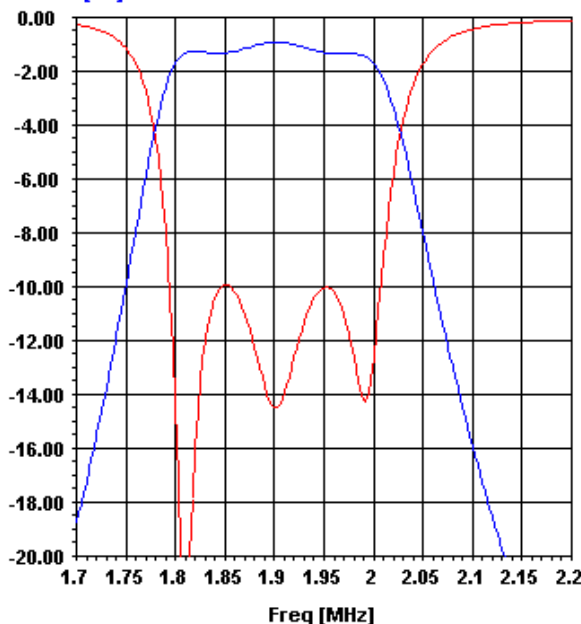
Rect Plot: Freq / MS11-CHBY19CC / MS2...
-APR-113 COMPACT SOFTWARE - ARRL Radio Designer 1.5
File: c:\prog-hf\ard1.5\netlists\prefil~1\chby19cc.ckt

MS11 [dB] CHBY19CC
MS21 [dB] CHBY19CC



Rect Plot: Freq / MS11-CHBY19CC / MS2...
02-APR-113 COMPACT SOFTWARE - ARRL Radio Designer 1.5
File: c:\prog-hf\ard1.5\netlists\prefil~1\chby19cc.ckt

MS11 [dB] CHBY19CC
MS21 [dB] CHBY19CC



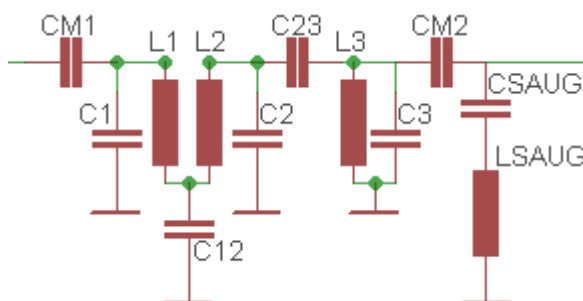
Circuit editor - c:\prog-hf\ard1.5\netlists\

```
*****
**** Predistorted Tschebycheff Vorf
**** 3 Kreise, fm=1.9MHz, 220kHz r=
**** File Chby19CC I
*****
```

;>>>>>> weitgehend mit Normwerten

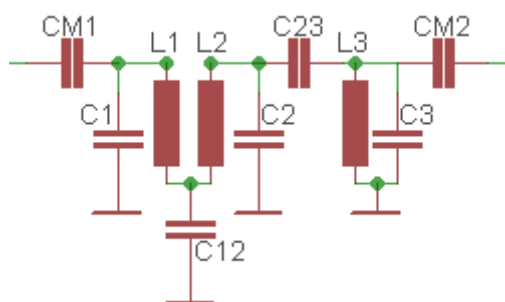
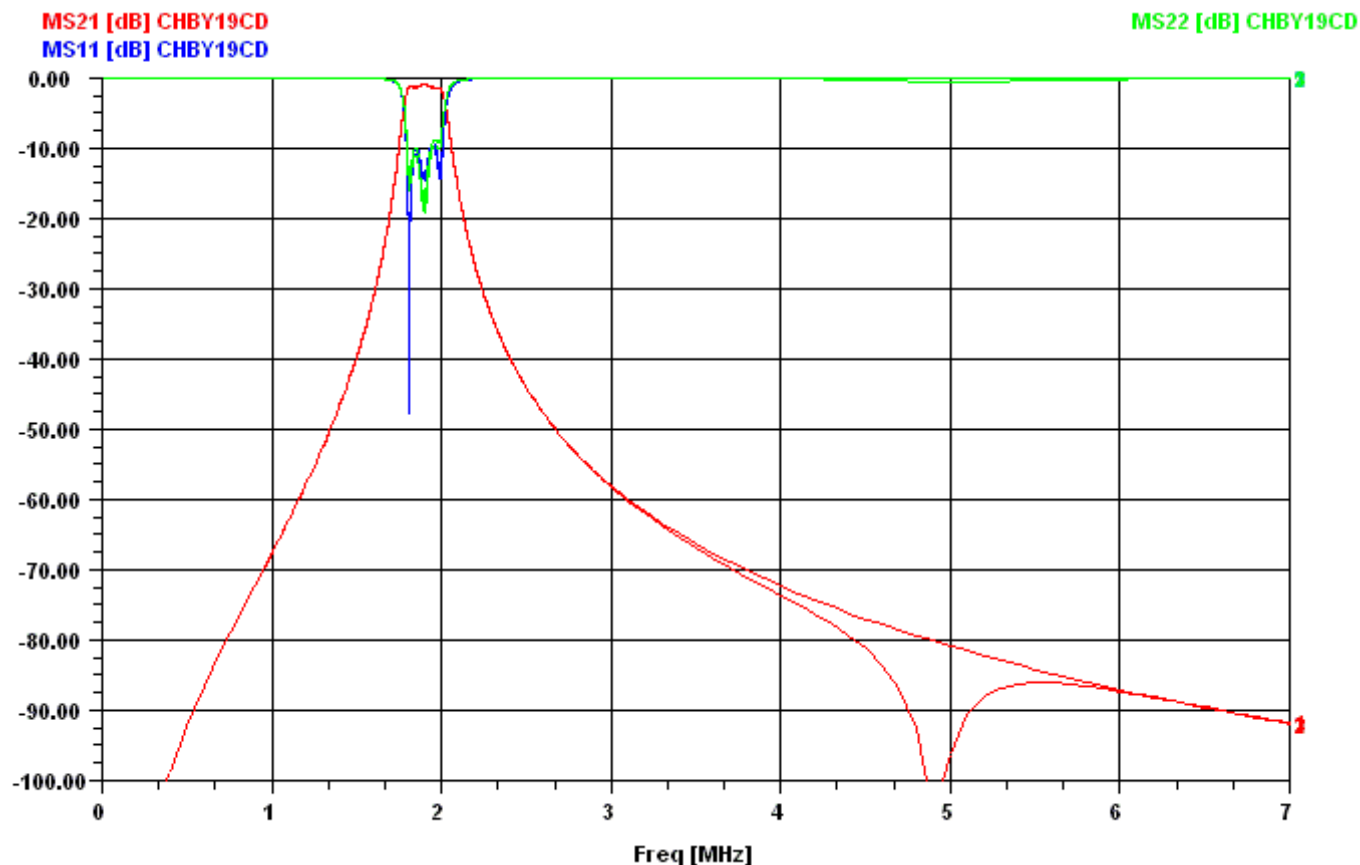
```
Lp: 15uh
Qp: 200
Fp: 1.9MHz
Ck1: 270pf
Ck2: 242pf
C12: (5000pf+0pF)
C23: (39pF+0pF)
```

```
blk
cap 15 20 c=ck1
cap 20 0 c=(240pF+0pF)
ind 20 5 l=(1p) q=qp f=fp
cap 5 0 c=c12
cap 25 0 c=(470pF+6pF)
ind 25 5 l=(1p) q=qp f=fp
cap 25 30 c=c23
cap 30 0 c=(200pF+0pF)
ind 30 0 l=(1p) q=qp f=fp
cap 30 50 c=ck2
cap 50 49 c=131pF ;Serienkreis
ind 49 0 l=8uh q1=150 f=5mhz
Chby19CC: 2por 15 50
```



2.3.4 160m Variante 4 (Variante wird gebaut)

Hier nun die Variante ohne Sperrkreis im Vergleich zu der vorherigen Version. Dieser Filter wird aufgebaut. Auch ohne Saugkreis wird die ZF von 4,9 MHz genügend unterdrückt. Die Unterdrückung der Spiegelfrequenz ist sehr gut. Die Dämpfung im Bereich der Mittelwellensender (<1,6MHz) reicht so gerade aus. Die Bauteilwerte von der vorhergehenden Seite wurden unverändert übernommen.

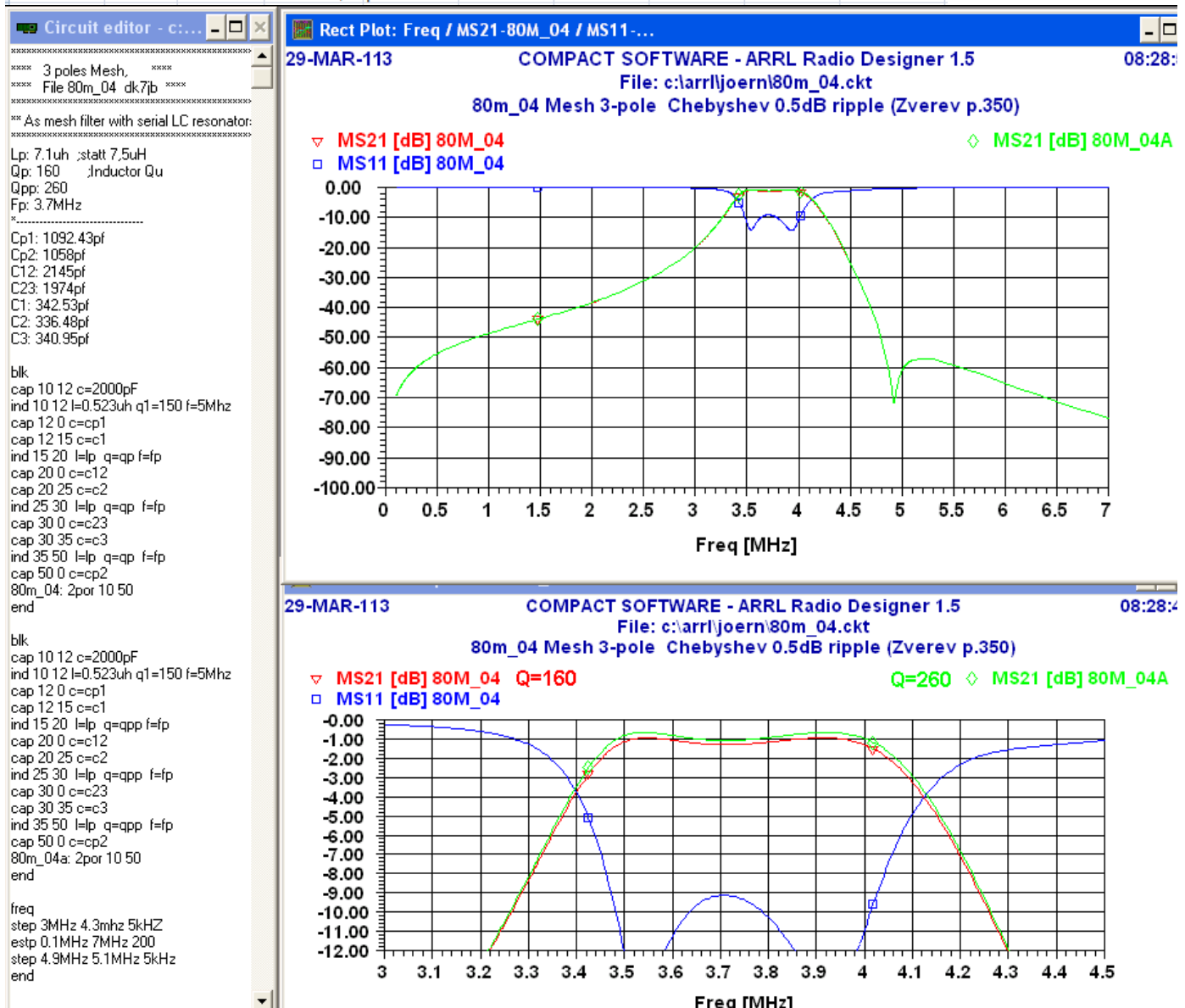


2.4 80m Band

2.4.1 80m Variante 04 (verworfen)

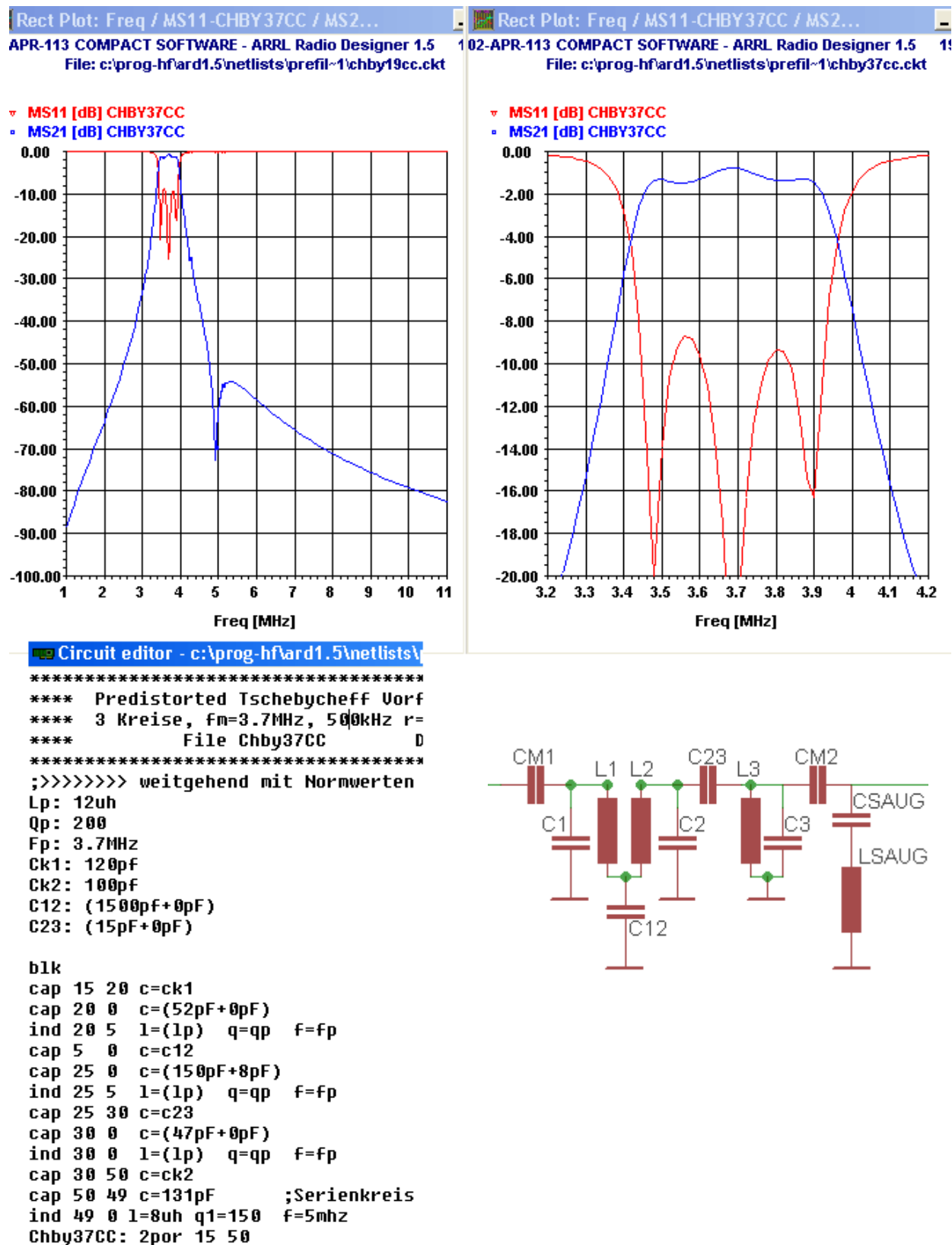
Auf beiden Seiten gefällt mir die Steilheit der Flanken nicht. (3-polige Mesh-Schaltung)

Center-Freq (MHz):	3,650	Daten aus Zverev (p350) Chebyshev 0,5 dB ripple				
Bandwidth (MHz):	0,700					
Inductor Qo:	195	Calcul. q0 = 37,397				
		q0	q1	qn	k12	k23
Please input filter parameters:		37,273	1,6161	2,3388	0,6182	0,6718
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:		37,273	0,6977 MHz		(Will be used for all calculations !!!)	
Define Inductor L(uH):	7,5	Nodal - C =		253,51 pF		
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits					
Parallel matching C >>>	Cp1	1092,43 pF			c23	1974,21 pF
	L1	7,50 uH			L3	7,50 uH
	C1	342,53 pF			C3	340,95 pF
	c12	2145,38 pF			Cp2	1457,97 pF << Parallel matching C
	L2	7,50 uH				
	C2	336,48 pF				



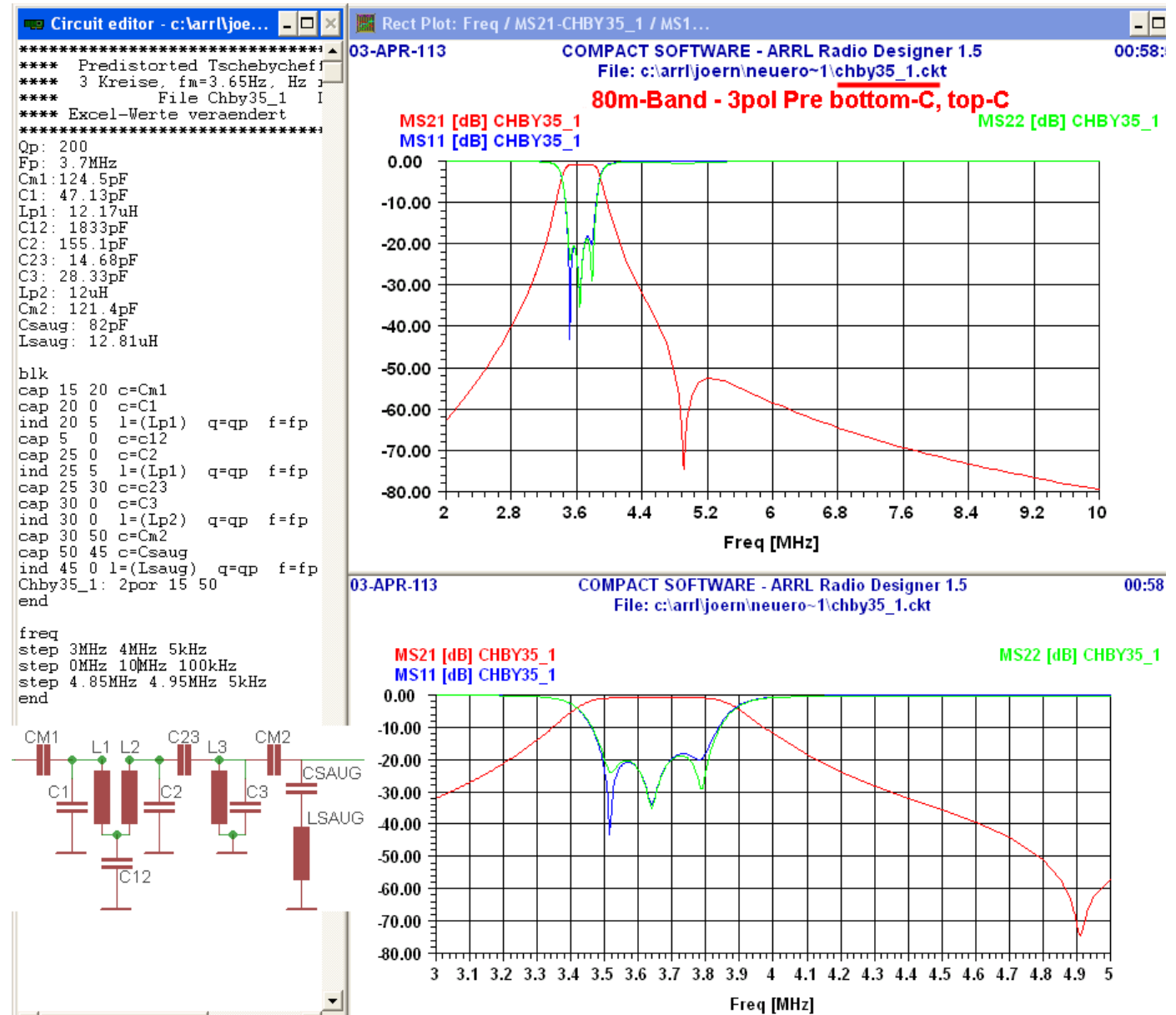
2.4.2 80m Variante (verworfen)

Dieser Entwurf von Horst bildet die Grundlage für die beiden folgenden Entwürfe. Horst hat hier einen guten Filter entworfen, der gleichzeitig mit Normwerten aufgebaut werden kann. Da ich die Kondensatoren eh vermessen werde, habe ich mir die Freiheit genommen und mit den einzelnen Werten etwas gespielt (s. die beiden nächsten Seiten).



2.4.3 chby35_1.ckt.png (verworfen)

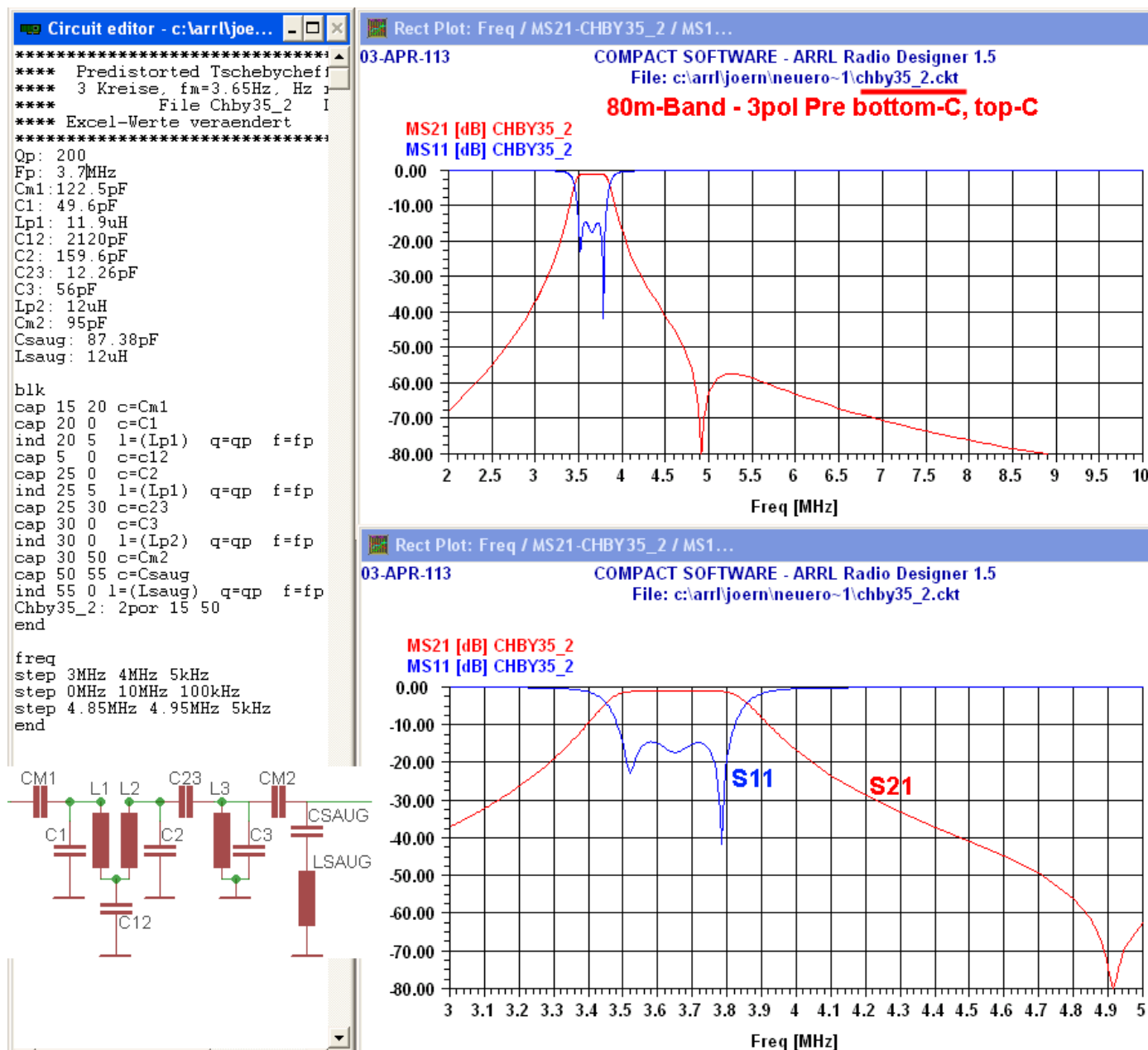
Diese Variante wurde auf beste Anpassung getrimmt. Dabei haben die beiden Filterflanken etwas gelitten. Für die hier angestrebte Anwendung sind steilflankige Filter aber wichtiger (s. nächste Version).



2.4.4 chby35_2.ckt.png (Variante wird aufgebaut)

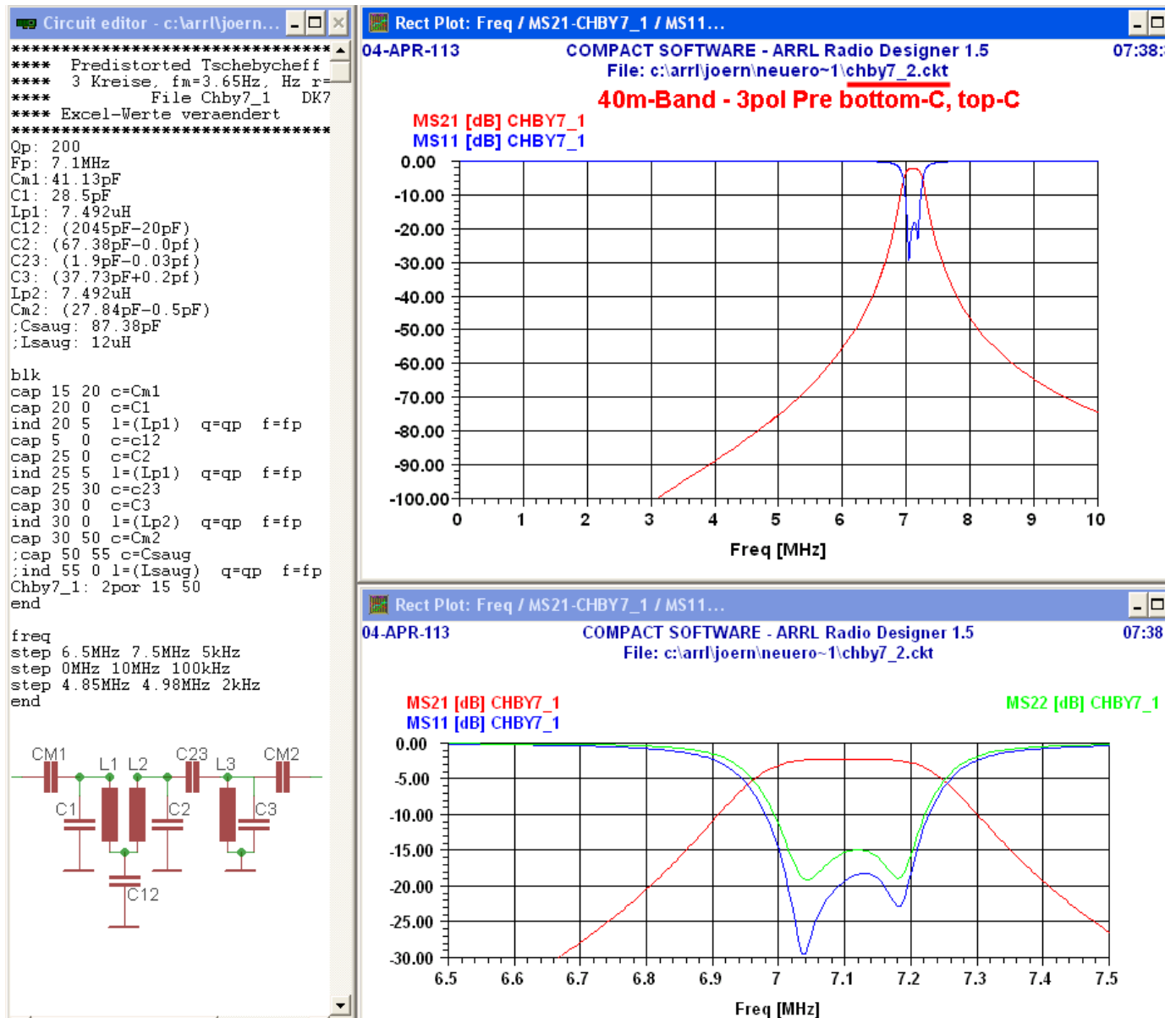
Den Vorschlag von Horst habe ich auch hier leicht variiert. Die Flanken sind etwas steiler und die Anpassung etwas besser. Ein Saugkreis ist aber trotzdem leider notwendig (Der notwendige Platz stört etwas ;-)). Die Filterung im Bereich der ZF ist gut und im Bereich der Spiegelfrequenz ausgezeichnet. Versuche mit einer höheren Welligkeit haben keine signifikante Besserung gebracht.

Diese Version wird gebaut.



2.5.2 40m chby7_2.ckt (verworfen)

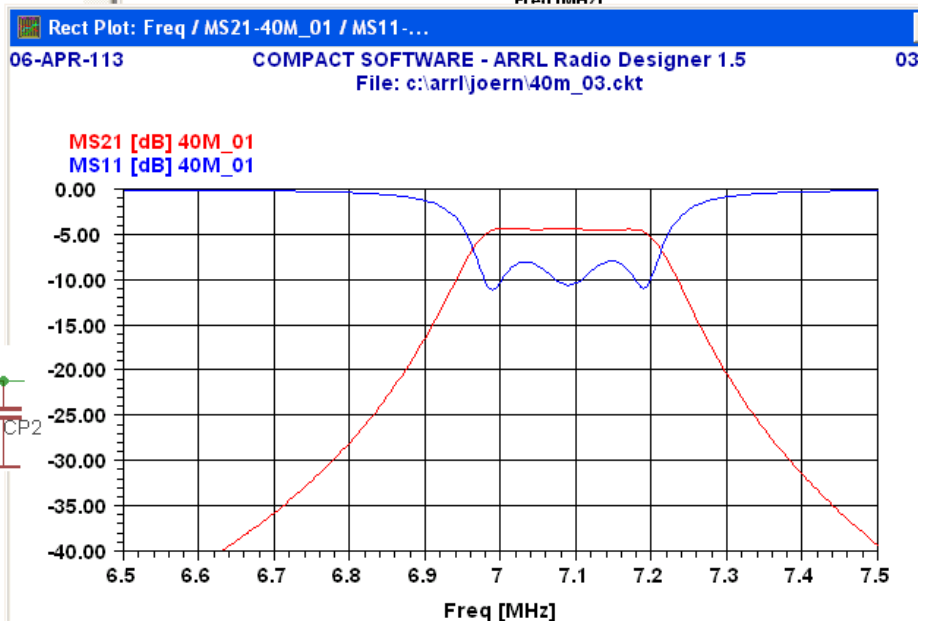
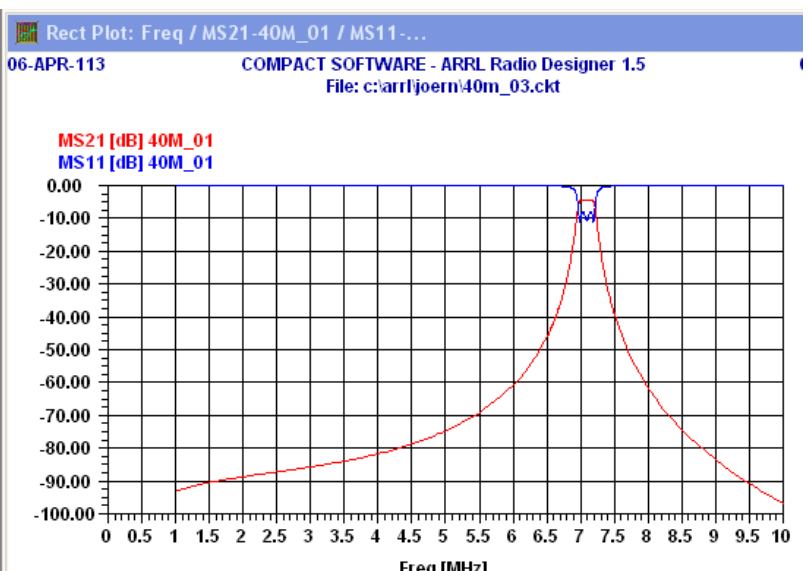
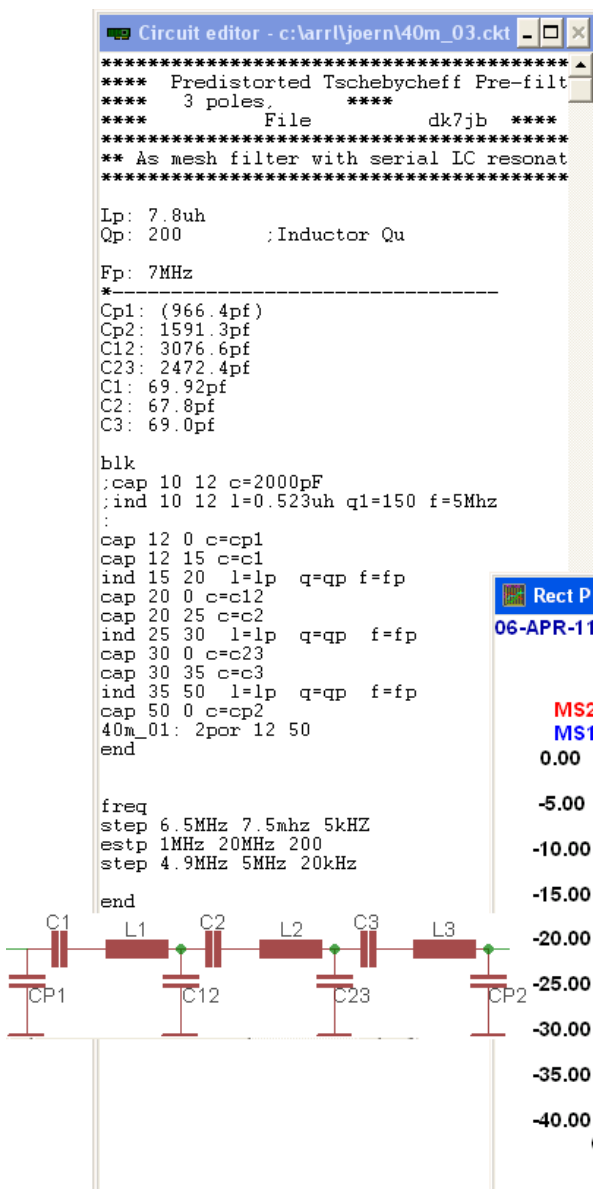
Nun wird eine andere Filter-Topologie verwendet. Auch dieser Entwurf wird verworfen, weil ich letztlich noch bessere Flanken hinbekommen habe.



2.5.3 40m 40m_03-ckt (Version wird gebaut)

Diese Variante gefällt mir für das 40m Band bisher am besten – auch wenn die Bandbreite nur 3,7% beträgt. Da wird die Abstimmung des Filters bestimmt etwas schwieriger. Die Dämpfungen im Bereich der ZF ist gut und im Bereich der Spiegelfrequenz sehr gut. Auch ist die Flankensteilheit oberhalb des 40m Bandes hoch genug. Auf einen Sperr- oder Saugkreis kann verzichtet werden.

Center-Freq (MHz):	7.090	Bw / fm =	0,03667	C1'	1174,95	
Bandwidth (MHz):	0.260			Cn'	1717,99	
Inductor Qo:	200	Calcul. q0 =	7,334			
		q0	q1	qn	k12	k23
Please input filter parameters:	7,334	1,2005	2,3493	0,5726	0,7126	
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:	7,334	0,2600 MHz	(Will be used for all calculations !!!)			
Define Inductor L(uH):	7,8	Nodal - C =	64,60 pF			
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits					
Parallel matching C >>	Cp1	966,37 pF		c23	2472,36 pF	
	L1	7,80 uH		L3	7,80 uH	
	C1	69,92 pF		C3	69,00 pF	
	c12	3076,63 pF		Cp2	1591,32 pF	<< Parallel matching C
	L2	7,80 uH				
	C2	67,80 pF				

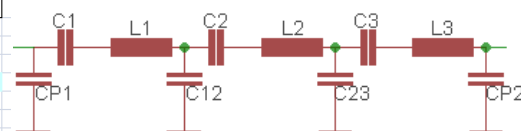


2.6 30m Band

2.6.1 30m – Mesh-Butterworth (verworfen)

Alter Entwurf

Center-Freq (MHz):	10,200	Bw / fm =	0,03922	C1'	624,32
Bandwidth (MHz):	0,400			Cn'	761,61
Inductor Qo:	160	Calcul. q0 =	6,275		
Please input filter parameters:	q0	q1	qn	k12	k23
	6,275	0,8120	1,6492	0,6902	0,5323
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:	6,275	0,4000 MHz	(Will be used for all calculations !!!)		
Define Inductor L(uH):	9,500	Nodal - C =	25,63 pF		
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits				
Parallel matching C >>	Cp1	304,64 pF		c23	1227,59 pF
	L1	9,50 uH		L3	9,50 uH
	C1	27,50 pF		C3	27,11 pF
	c12	946,78 pF		Cp2	599,04 pF << Parallel matching C
	L2	9,50 uH			
	C2	26,92 pF			



2.6.2 30m Neuer Entwurf (verworfen)

Center-Freq (MHz):	10,200	Bw / fm =	0,05882	C1'	637,52
Bandwidth (MHz):	0,600			Cn'	702,08
Inductor Qo:	160	Calcul. q0 =	9,412		
Please input filter parameters:	q0	q1	qn	k12	k23
	9,411764706	0,8021	1,6135	0,7320	0,5615
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:	9,412	0,6000 MHz	(Will be used for all calculations !!!)		
Define Inductor L(uH):	7,000	Nodal - C =	34,78 pF		
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits				
Parallel matching C >>	Cp1	253,78 pF		c23	1072,03 pF
	L1	7,00 uH		L3	7,00 uH
	C1	38,54 pF		C3	37,89 pF
	c12	807,71 pF		Cp2	511,79 pF << Parallel matching C
	L2	7,00 uH			
	C2	37,62 pF			

Bei diesem Entwurf wurde nur die Bandbreite geändert und mal mit und ohne Sperrkreis simuliert.

Die Version mit dem Sperrkreis wird verworfen, da es als nicht notwendig angesehen wird.

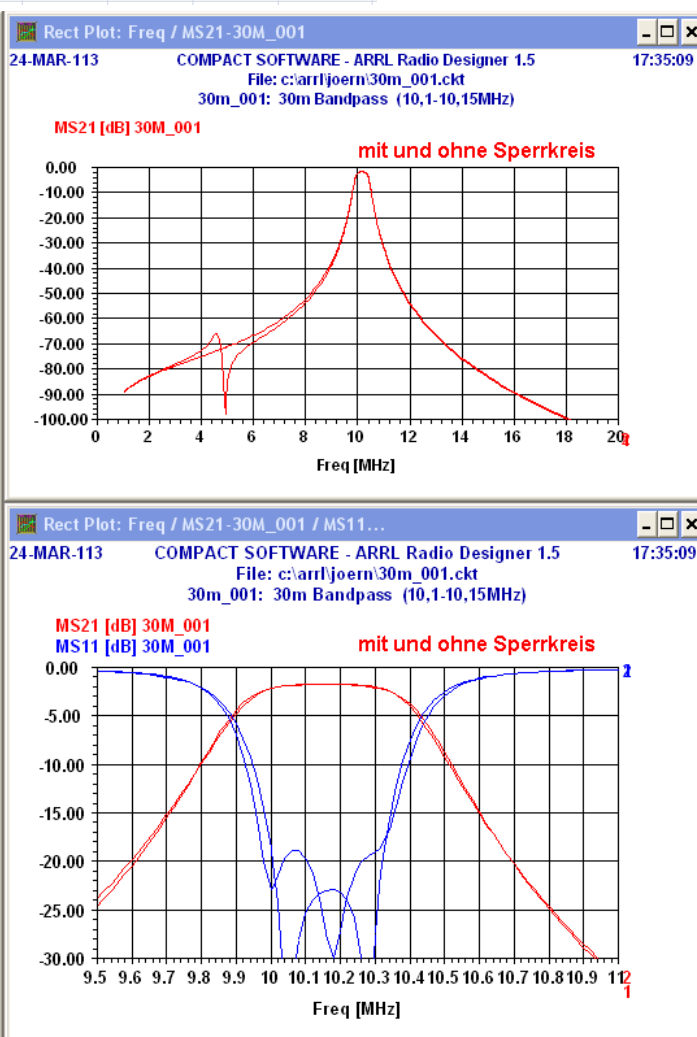
```

Circuit editor - c:\arr\joern\30m_001.ckt
*****
**** 30m-Bandpass Mesh ****
**** 3 poles, fm= MHz, kHz BW ****
**** File 30m_001 dk7jb ****
*****
** As mesh filter with serial LC resonator:
*****

Lp: 7.05uH
Qp: 200 ;Inductor Qu
Fp: 10MHz
*-----
Cp1: 253.78pF
Cp2: 511.79pF
C12: 807.71pF
C23: 1072.03pF
C1: 38.54pF
C2: 37.62pF
C3: 37.89pF
blk
;
;cap 10 12 c=2000pF
;ind 10 12 l=0.523uH q1=150 f=5MHz
:
cap 10 0 c=cp1
cap 10 15 c=c1
ind 15 20 l=l1 q=q1 f=f1
cap 20 0 c=c12
cap 20 25 c=c2
ind 25 30 l=l2 q=q2 f=f2
cap 30 0 c=c23
cap 30 35 c=c3
ind 35 50 l=l3 q=q3 f=f3
cap 50 0 c=cp2
30m_001: 2por 10 50
end

freq
step 9MHz 11MHz 20kHz
estp 1MHz 20MHz 200
step 4.9MHz 5MHz 20kHz
end

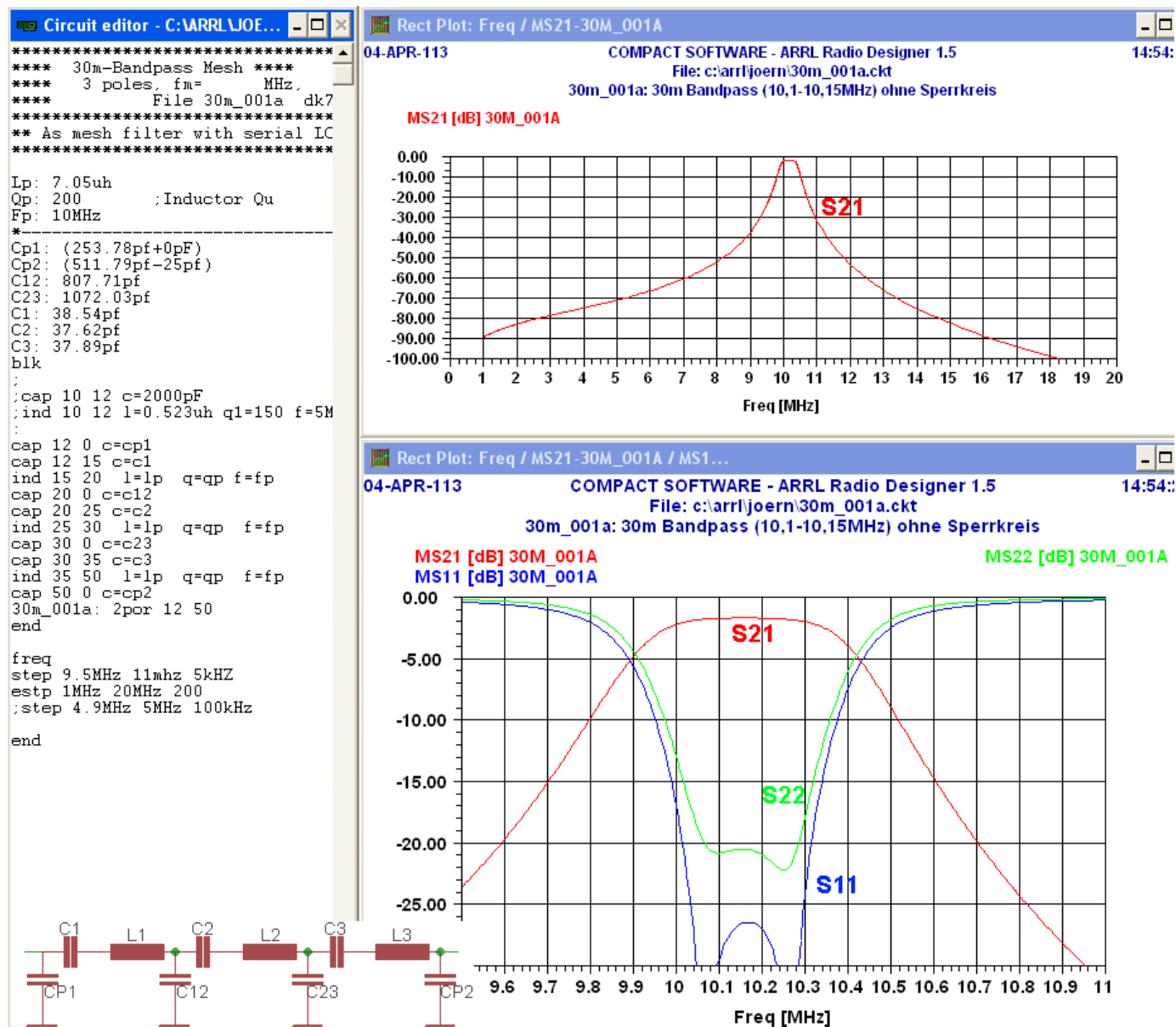
```



2.6.3 30m 30m_001a.ckt (Variante wird gebaut)

Wie die vorhergehende Version, aber ohne Sperrkreis – leichte Optimierung.

Diese Variante wird gebaut, da die Unterdrückung im Bereich der ZP und der Spiegelfrequenz befriedigend bis sehr gut ist. Die obere Flanke ist auch steil genug um die starken Kurzwellenrundfunksender abzuschwächen. Mehr wäre nur mit großem Aufwand zu erreichen. Sehr schmale vier-polige-Filter sind mir beim Abstimmen zu fummelig.

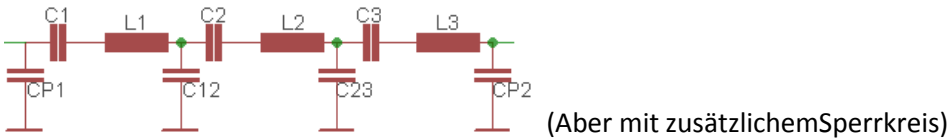


2.7 20m Band

Mesh-Butterworth

2.7.1 20m Neue Version 3 (verworfen)

Diese Version wird verworfen, da ein Sperrkreis als nicht notwendig angesehen wird. Eine leicht veränderte Version (s. nächste Seite) wird letztlich aufgebaut.



```
*****
**** 20m-Bandpass Mesh ****
**** 3 poles, fm= MHz, kHz BW ****
**** File 20m_002 dk7jb ****
*****
** As mesh filter with serial LC resonators **
*****

Lp: 5.1uh
Qp: 200 ;Inductor Qu
Fp: 14MHz
-----
Cp1: 159.65pF
Cp2: 327.46pF
C12: 525.72pF
C23: 700.52pF
C1: 27.33pF
C2: 26.83pF
C3: 26.96pF
blk
;
cap 10 12 c=2000pF
ind 10 12 l=0.523uh q1=150 f=5MHz
;
cap 12 0 c=cp1
cap 12 15 c=c1
ind 15 20 l=l1p q=qp f=fp
cap 20 0 c=c12
cap 20 25 c=c2
ind 25 30 l=l2p q=qp f=fp
cap 30 0 c=c23
cap 30 35 c=c3
ind 35 50 l=l3p q=qp f=fp
cap 50 0 c=cp2
20m_002: 2por 10 50
end

Freq
step 12MHz 16MHz 30kHz
estp 1MHz 20MHz 200
step 4.9MHz 5MHz 20kHz
end
```

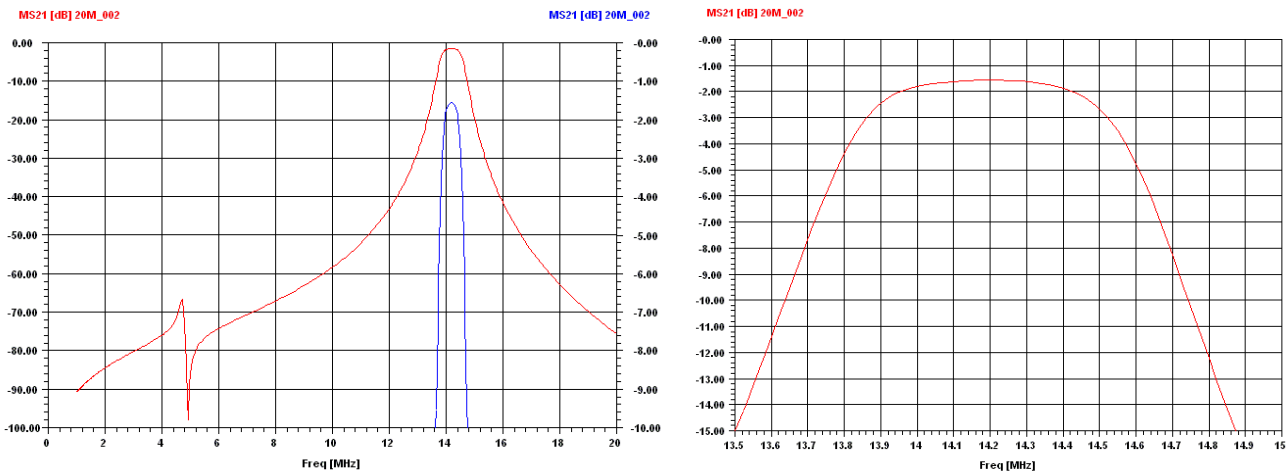
Center-Freq (MHz):	14,200	Bw / fm =	0,06338	C1'	474,39	
Bandwidth (MHz):	0,900			Cn'	480,91	
Inductor Qo:	160	Calcul. q0 = 10,141				
		q0	q1	qn	k12	k23
Please input filter parameters:	10,141	0,8007	1,5342	0,7392	0,5548	
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:	10,141	0,9000 MHz	(Will be used for all calculations !!!)			
Define Inductor L(uH):	5,100	Nodal - C =	24,63 pF			
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits					
Parallel matching C >>	Cp1	159,65 pF		c23	700,52 pF	
	L1	5,10 uH		L3	5,10 uH	
	C1	27,33 pF		C3	26,96 pF	
	c12	525,72 pF		Cp2	327,46 pF	<< Parallel matching C
	L2	5,10 uH				
	C2	26,83 pF				

24-MAR-113

COMPACT SOFTWARE - ARRL Radio Designer 1.5
File: c:\arrrfjoern\20m_002.ckt

06:44:39 24-MAR-113

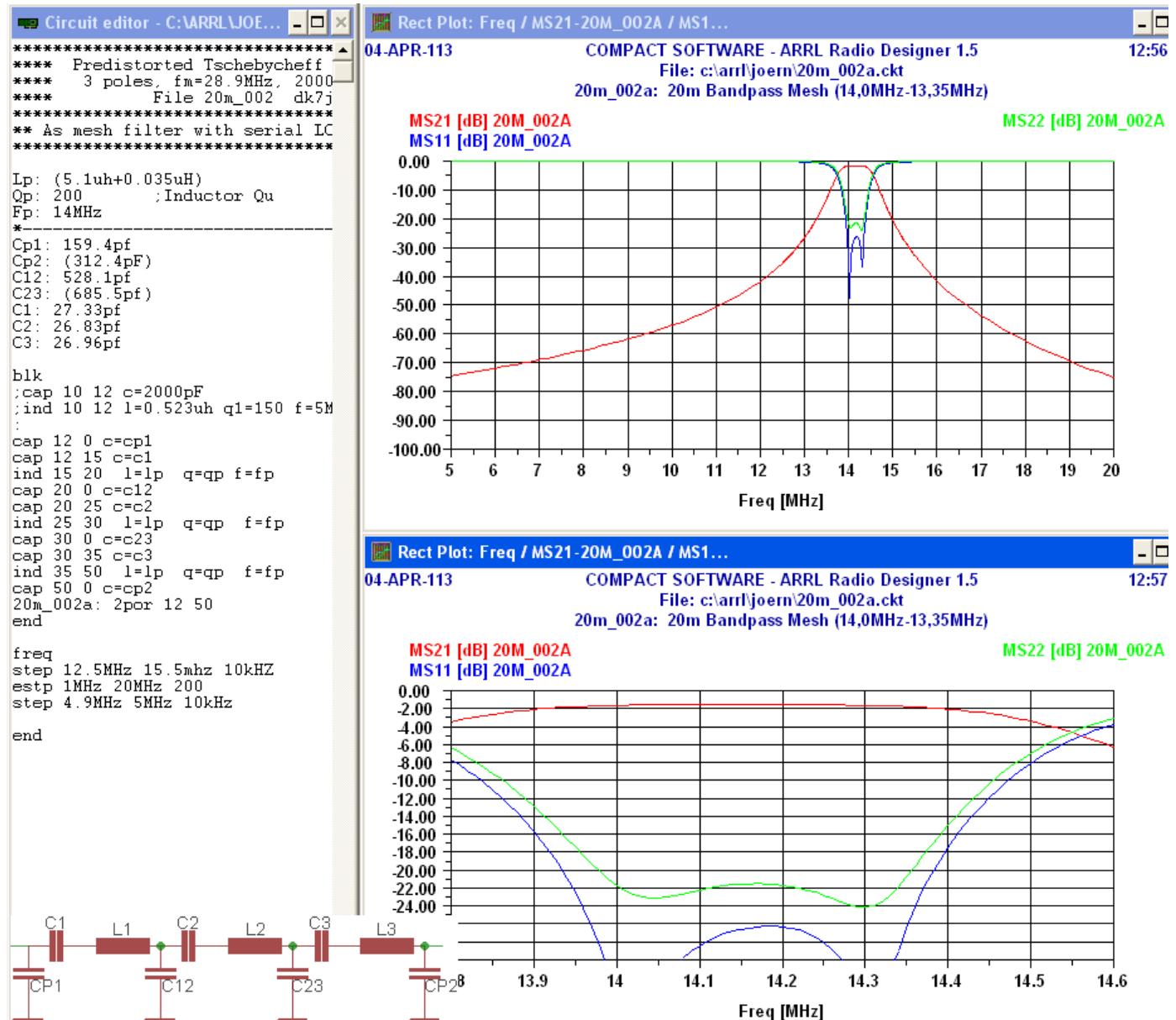
COMPACT SOFTWARE - ARRL Radio Designer 1.5
File: c:\arrrfjoern\20m_002.ckt
20m_002: 20m Bandpass Mesh (14,0MHz-13,35MHz)



2.7.2 20m Neue Version 20m_002a.ckt (Variante wird gebaut)

Wie die vorhergehende Version, aber ohne Sperrkreis – leichte Optimierung.

Diese Variante wird gebaut, da Unterdrückung der ZF und der Spiegelfrequenz ausreichend bis gut ist. Die Dämpfung im Durchlassbereich ist schön niedrig.

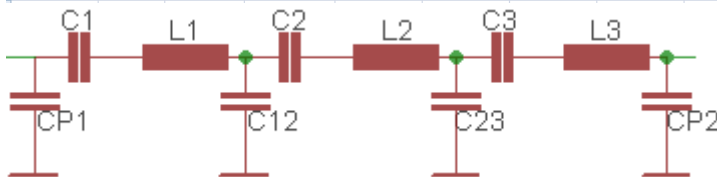


2.8 17m Band

2.8.1 Mesh Variante 02 (Variante wird gebaut)

Die Dämpfung der ZF und Spiegelfrequenz ist ausreichend. Diese Version wird ohne Saugkreis aufgebaut.

Center-Freq (MHz):	18,600	Bw / fm =	0,05376	C1'	342,34
Bandwidth (MHz):	1,000			Cn'	405,54
Inductor Qo:	160	Calcul. q0 =	8,602		
Please input filter parameters:	q0	q1	qn	k12	k23
	8,602	0,8041	1,5906	0,7227	0,5473
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:	8,602	1,0000 MHz	(Will be used for all calculations !!!)		
Define Inductor L(uH):	3,600	Nodal - C =	20,34 pF		
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits				
Parallel matching C >>	Cp1	167,73 pF	c23	691,15 pF	
	L1	3,60 uH	L3	3,60 uH	
	C1	22,55 pF	C3	22,10 pF	
	c12	523,42 pF	Cp2	311,52 pF	<< Parallel matching C
	L2	3,60 uH			
	C2	21,83 pF			



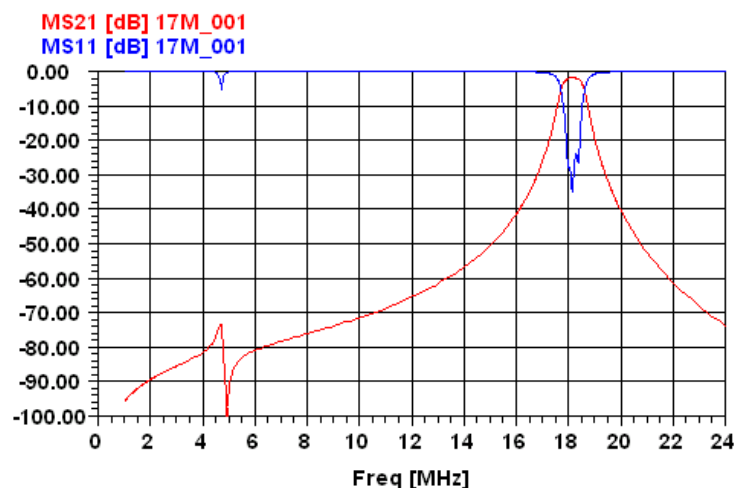
Circuit editor - c:\arrljoern\17m_00...

 **** Predistorted Tschebycheff Pre-filter ****
 **** 3 poles, fm=28.9MHz, 2000kHz BW ****
 **** File 17m_001 dk7jb ****

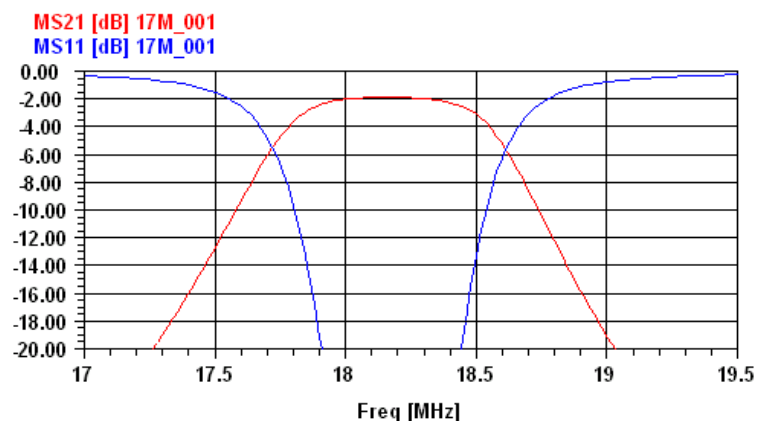
 ** As mesh filter with serial LC resonators **

 Lp: 3.77uh ;statt 3.5uH
 Qp: 200 ;Inductor Qu
 Fp: 18MHz
 *
 Cp1: 167.73pf
 Cp2: 311.52pf
 C12: 523.42pf
 C23: 691.15pf
 C1: 22.55pf
 C2: 21.83pf
 C3: 22.10pf
 blk
 cap 10 12 c=2000pF
 ind 10 12 l=0.523uh q1=150 f=5MHz
 cap 12 0 c=cp1
 cap 12 15 c=c1
 ind 15 20 l=lp q=qp f=fp
 cap 20 0 c=c12
 cap 20 25 c=c2
 ind 25 30 l=lp q=qp f=fp
 cap 30 0 c=c23
 cap 30 35 c=c3
 ind 35 50 l=lp q=qp f=fp
 cap 50 0 c=cp2
 17m_001: 2por 10 50
 end
 freq
 step 16MHz 20mhz 20kHz
 estp 1MHz 25MHz 200
 step 4.9MHz 5MHz 20kHz

Rect Plot: Freq / MS21-17M_001 / MS11...
 25-MAR-113 COMPACT SOFTWARE - ARRL Radio Designer 1.5 21:37:00
 File: c:\arrljoern\17m_001.ckt
 17m Mesh: 18.068-18.168MHz



Rect Plot: Freq / MS21-17M_001 / MS11...
 25-MAR-113 COMPACT SOFTWARE - ARRL Radio Designer 1.5 21:37:00
 File: c:\arrljoern\17m_001.ckt
 17m Mesh: 18.068-18.168MHz

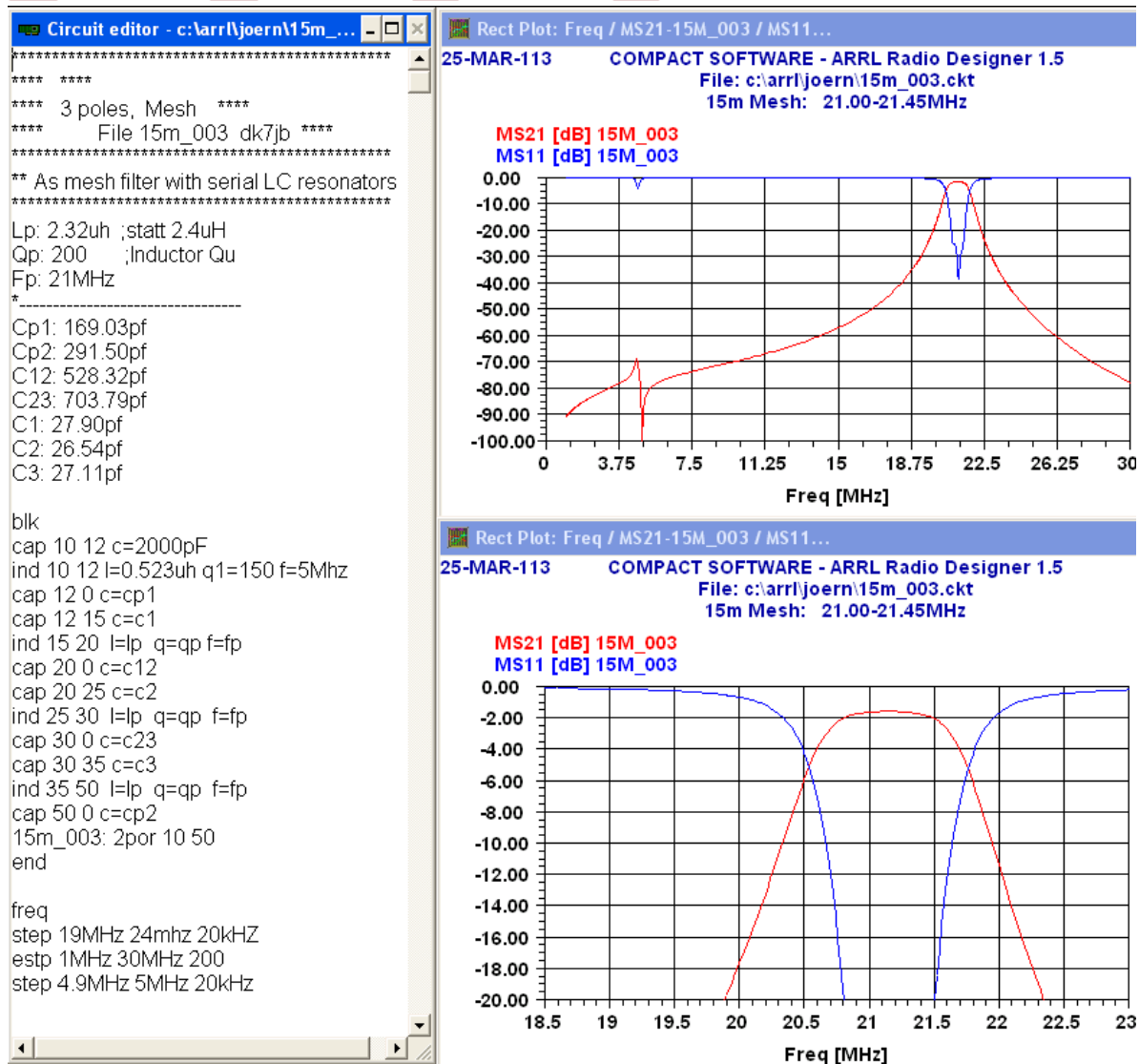
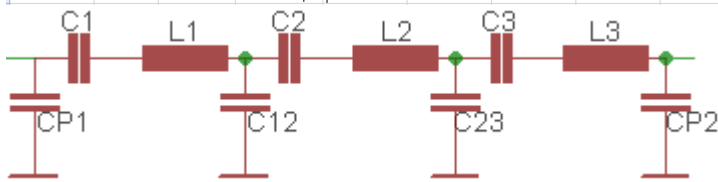


2.9 15m Band

2.9.1 Mesh Variante 03 (Variante wird gebaut)

Diese Variante wird ohne Saugkreis aufgebaut. Die Dämpfung der ZF und Spiegelfrequenz ist ausreichend und die Dämpfung im Durchlassbereich schön niedrig.

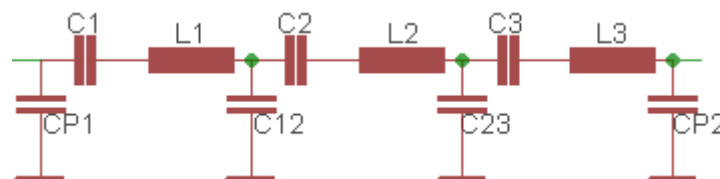
Center-Freq (MHz):	20,800	Bw / fm =	0,06250	C1'	307,58
Bandwidth (MHz):	1,300			Cn'	371,84
Inductor Qo:	160	Calcul. q0 =	10,000		
Please input filter parameters:	q0	q1	qn	k12	k23
	10	0,8007	1,5359	0,7388	0,5546
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:	10,000	1,3000 MHz	(Will be used for all calculations !!!)		
Define Inductor L (uH):	2,400	Nodal - C =	24,40 pF		
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits				
Parallel matching C >>	Cp1	169,03 pF	c23	703,79 pF	
	L1	2,40 uH	L3	2,40 uH	
	C1	27,90 pF	C3	27,11 pF	
	c12	528,32 pF	Cp2	291,50 pF << Parallel matching C	
	L2	2,40 uH			
	C2	26,54 pF			



2.10 12m Band

2.10.1 Mesh Variante 02 (Variante wird gebaut)

Die Dämpfung im Bereich der ZF ist ausreichend, aber im Bereich der Spiegelfrequenz nur bedingt zufriedenstellend. Auf einen Saugkreis wird verzichtet.



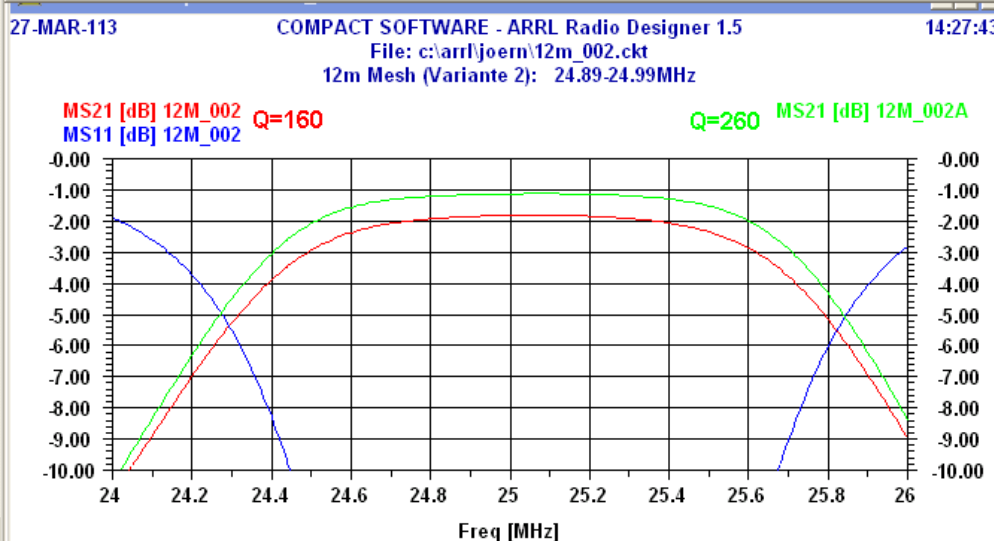
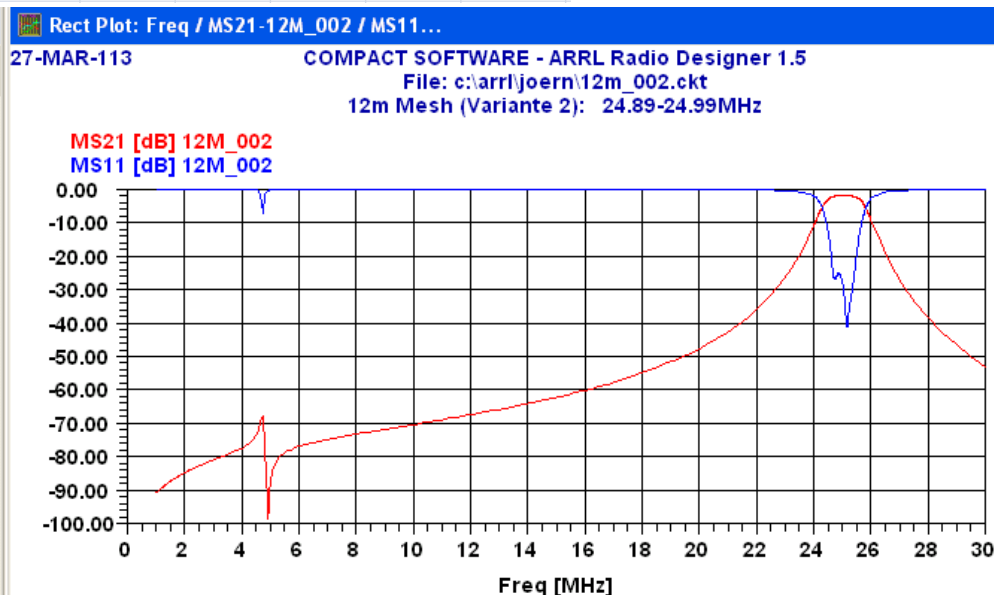
Center-Freq (MHz):	24,300	Bw / fm =	0,06584	C1'	262,67
Bandwidth (MHz):	1,600			Cn'	313,82
Inductor Qo:	160	Calcul. q0 = 10,535			
	q0	q1	qn	k12	k23
Please input filter parameters:	10,535	0,8009	1,5295	0,7404	0,5553
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:					
	10,535	1,6000 MHz	(Will be used for all calculations !!!)		
Define Inductor L(uH):	2,000	Nodal - C = 21,45 pF			
Resultant Values					
		Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits			
Parallel matching C >>	Cp1	140,81 pF		c23	586,67 pF
	L1	2,00 uH		L3	2,00 uH
	C1	24,67 pF		C3	23,96 pF
	c12	439,96 pF		Cp2	243,29 pF << Parallel matching C
	L2	2,00 uH			
	C2	23,45 pF			

Circuit editor - c:\arrl\j...

 10m-Bandpass Mesh *****
 3 poles, fm= MHz, kHz BW
 File 12m_002 dk7jb *****

 *** As mesh filter with serial LC resonators ***

 Lp: 1.88uH; statt 2.00uH
 Qp: 160 ;Inductor Qu
 Qpp: 260
 Fp: 24MHz
 *-----
 Cp1: 140.81pF
 Cp2: 243.29pF
 C12: 439.96pF
 C23: 586.67pF
 C1: 24.67pF
 C2: 23.45pF
 C3: 23.96pF
 blk
 cap 10 12 c=2000pF
 ind 10 12 l=0.523uH q1=150 f=5MHz
 cap 12 0 c=cp1
 cap 12 15 c=c1
 ind 15 20 l=lp q=qp f=fp
 cap 20 0 c=c12
 cap 20 25 c=c2
 ind 25 30 l=lp q=qp f=fp
 cap 30 0 c=c23
 cap 30 35 c=c3
 ind 35 50 l=lp q=qp f=fp
 cap 50 0 c=cp2
 12m_002: 2por 10 50
 end
 blk
 cap 10 12 c=2000pF
 ind 10 12 l=0.523uH q1=150 f=5MHz
 cap 12 0 c=cp1
 cap 12 15 c=c1
 ind 15 20 l=lp q=qp f=fp
 cap 20 0 c=c12
 cap 20 25 c=c2
 ind 25 30 l=lp q=qp f=fp
 cap 30 0 c=c23
 cap 30 35 c=c3
 ind 35 50 l=lp q=qp f=fp
 cap 50 0 c=cp2
 12m_002A: 2por 10 50
 end
 freq
 step 24MHz 26mhz 10kHz
 estp 1MHz 30MHz 200
 step 4.9MHz 5MHz 10kHz
 end

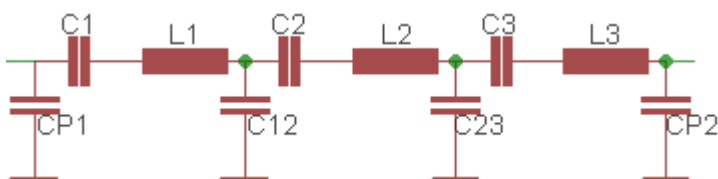
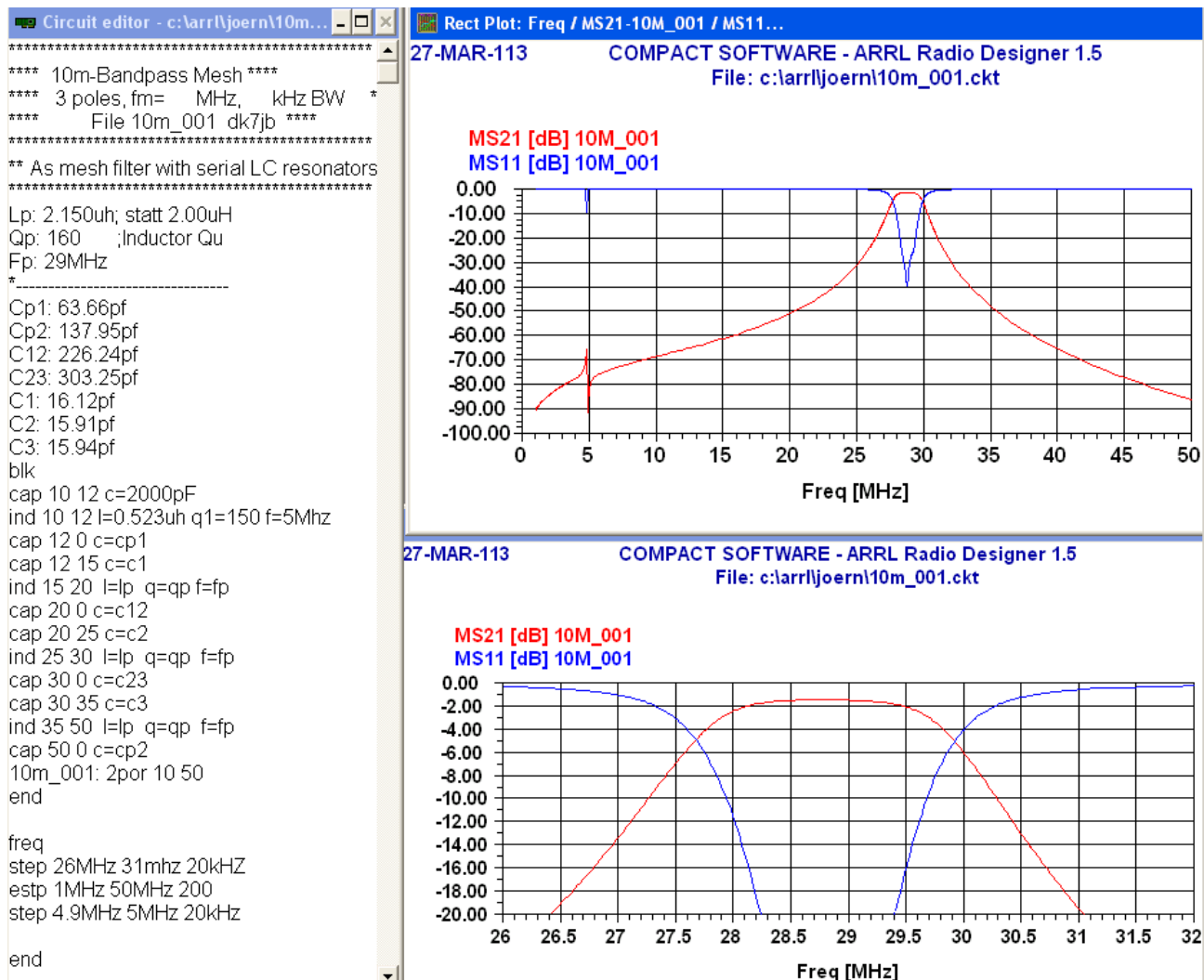


2.11 10m Band

2.11.1 10m Mesh Variante 02 (verworfen)

Verworfen, da zu schmal für eine spätere Erweiterung.

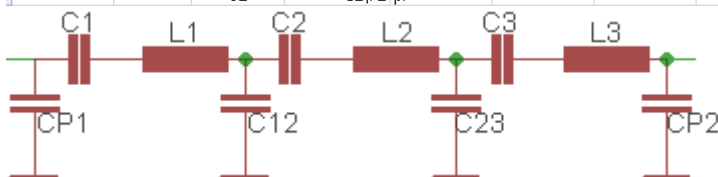
Center-Freq (MHz):	29,900	Bw / fm =	0,08361	C1'	241,69	
Bandwidth (MHz):	2,500			Cn'	220,11	
Inductor Qo:	160	Calcul. q0 =	13,378			
		q0	q1	qn	k12	k23
Please input filter parameters:	13,37792642	0,8018	1,4953	0,7489	0,5587	
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:	13,378	2,5000 MHz	(Will be used for all calculations !!!)			
Define Inductor L(uH):	2,000	Nodal - C =	14,17 pF			
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits					
Parallel matching C >>	Cp1	63,66 pF		c23	303,25 pF	
	L1	2,00 uH		L3	2,00 uH	
	C1	16,12 pF		C3	15,94 pF	
	c12	226,24 pF		Cp2	137,95 pF	<< Parallel matching C
	L2	2,00 uH				
	C2	15,91 pF				



2.11.2 10m Version 03 (Variante wird gebaut)

Diese Version wird gebaut, auch wenn die Dämpfung im Bereich der ZF nur gerade so geht und im Bereich schon etwas zu niedrig. Die Dämpfung im Durchlassbereich ist schön niedrig.

Center-Freq (MHz):	29,900	Bw / fm =	0,10034	C1'	213,99
Bandwidth (MHz):	3,000			Cn'	246,62
Inductor Qo:	200	Calcul. q0 =	20,067		
Please input filter parameters:	q0	q1	qn	k12	k23
	20,067	0,8041	1,4148	0,7689	0,5669
Resultant bandwidth for the chosen q0 of:	20,067	3,0000 MHz	(Will be used for all calculations !!!)		
Define Inductor L(uH):	1,000	Nodal - C =	28,33 pF		
Resultant Values	Component values for a 3-pole mesh filter with serial LC-circuits				
Parallel matching C >>	Cp1	117,68 pF		c23	498,14 pF
	L1	1,00 uH		L3	1,00 uH
	C1	35,84 pF		C3	34,21 pF
	c12	367,26 pF		Cp2	185,54 pF << Parallel matching C
	L2	1,00 uH			
	C2	32,72 pF			

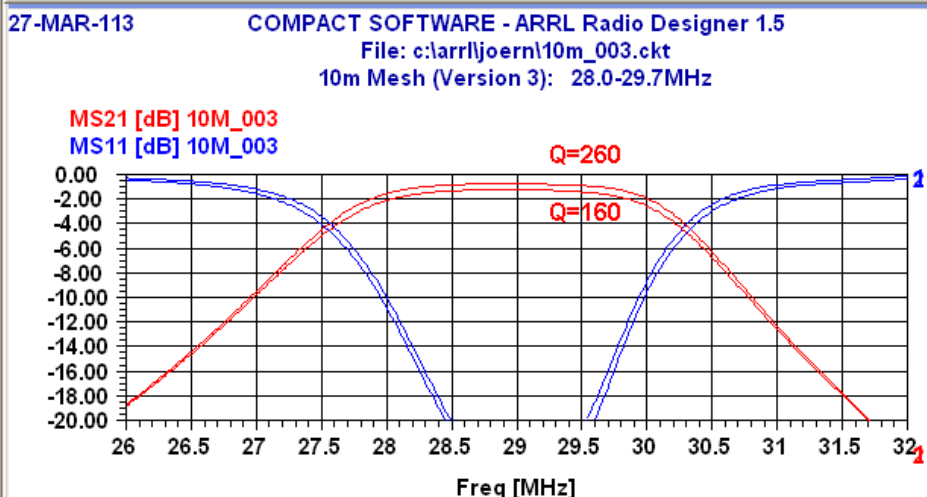
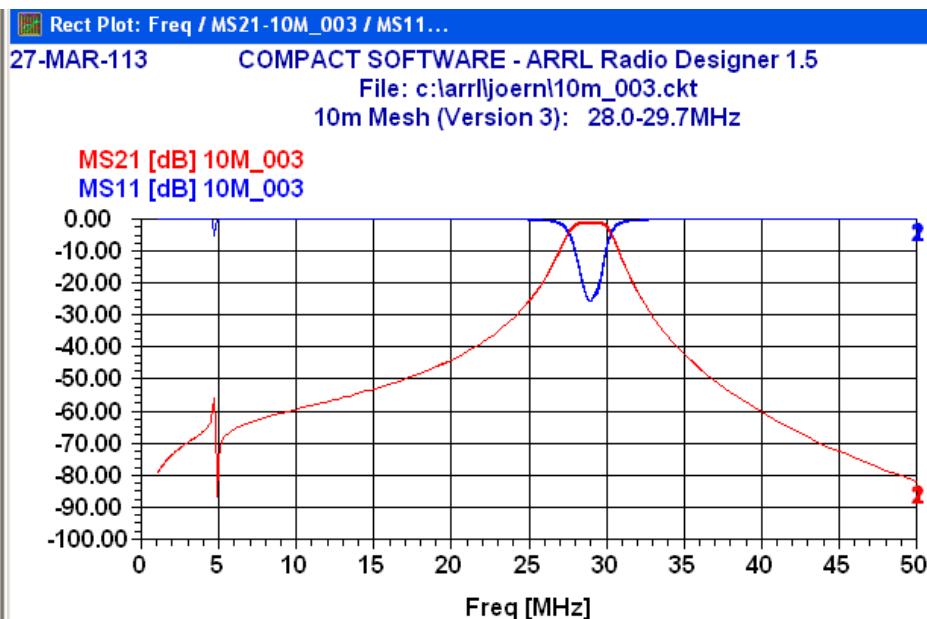


```

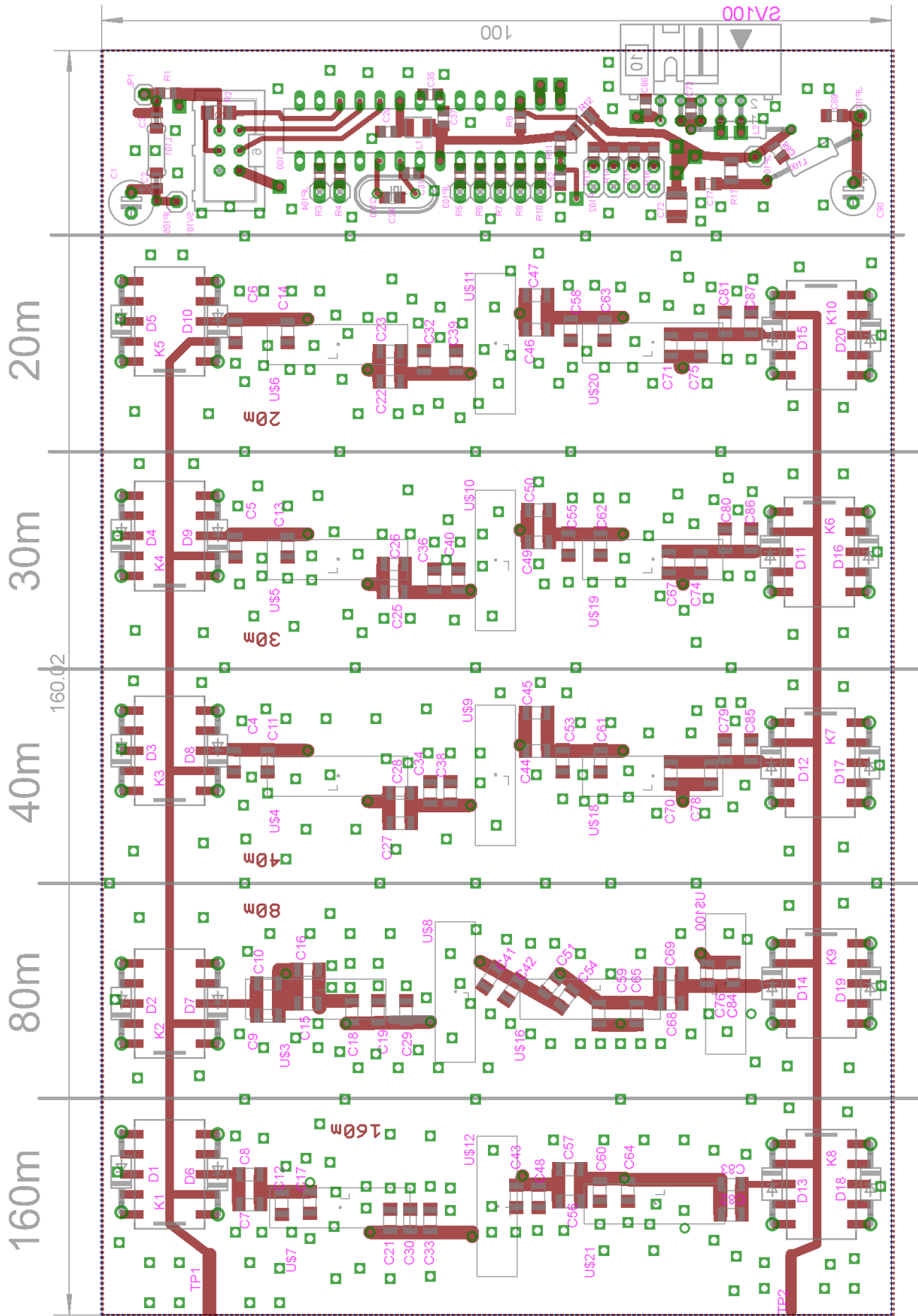
Circuit editor - c:\arrl\joern\10...
*****
**** 10m-Bandpass Mesh ****
**** 3 poles, fm= MHz, kHz BW ****
**** File 10m_003 dk7jb ****
*****
** As mesh filter with serial LC resonator
*****
Lp: 1.065uH; statt 1.00uH
Qp: 160 ;Inductor Qu
Fp: 30MHz
*-----
Cp1: 117.68pf
Cp2: 185.54pf
C12: 367.26pf
C23: 498.14pf
C1: 35.84pf
C2: 32.72pf
C3: 34.21pf
blk
cap 10 12 c=2000pF
ind 10 12 l=0.523uH q1=150 f=5MHz
cap 12 0 c=c1
cap 12 15 c=c1
ind 15 20 l=lp q=q1 f=fp
cap 20 0 c=c12
cap 20 25 c=c2
ind 25 30 l=lp q=q1 f=fp
cap 30 0 c=c23
cap 30 35 c=c3
ind 35 50 l=lp q=q1 f=fp
cap 50 0 c=c2
10m_003: 2por 10 50
end

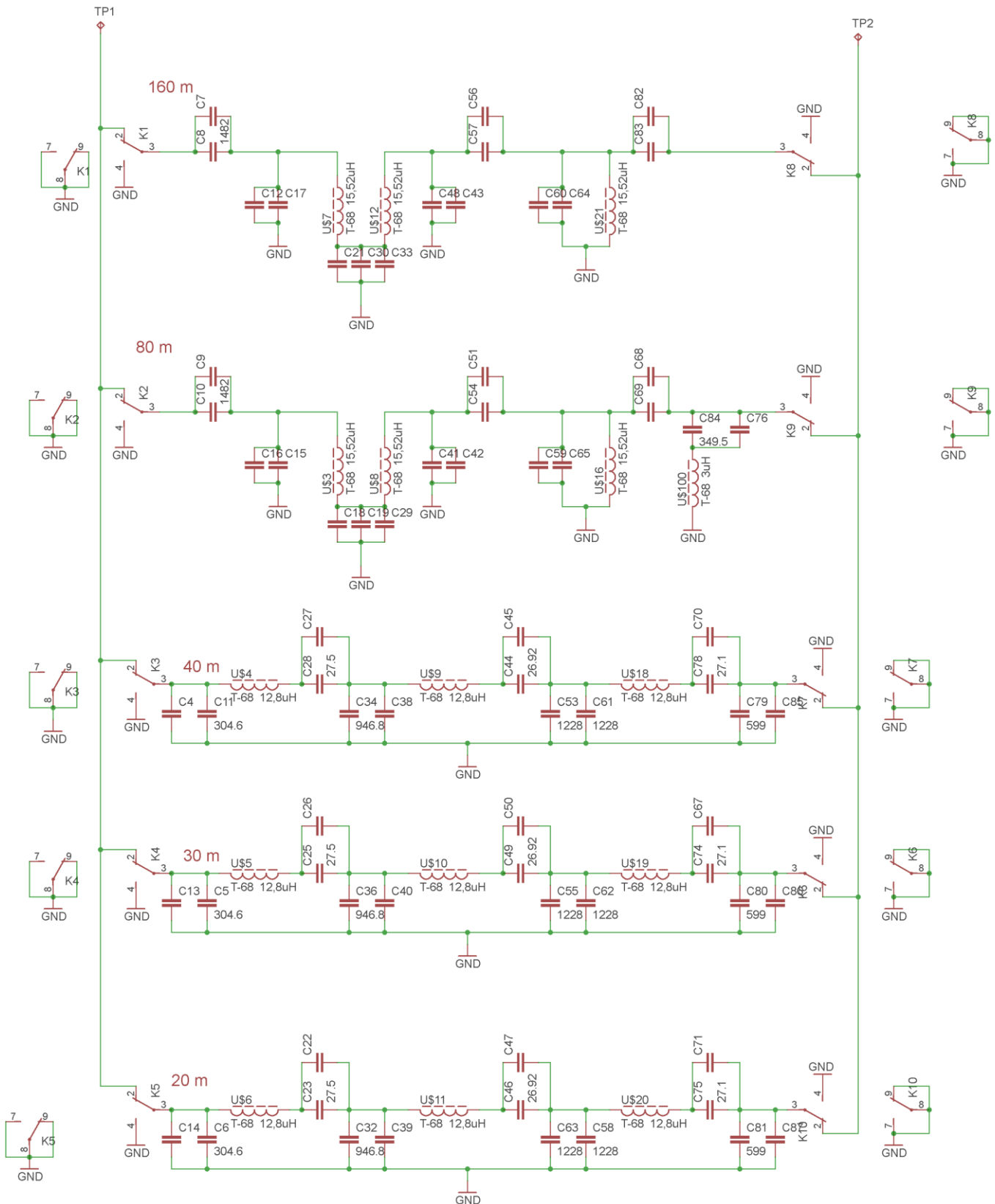
freq
step 26MHz 31mhz 20kHz
estp 1MHz 50MHz 200
step 4.9MHz 5MHz 20kHz
end

```

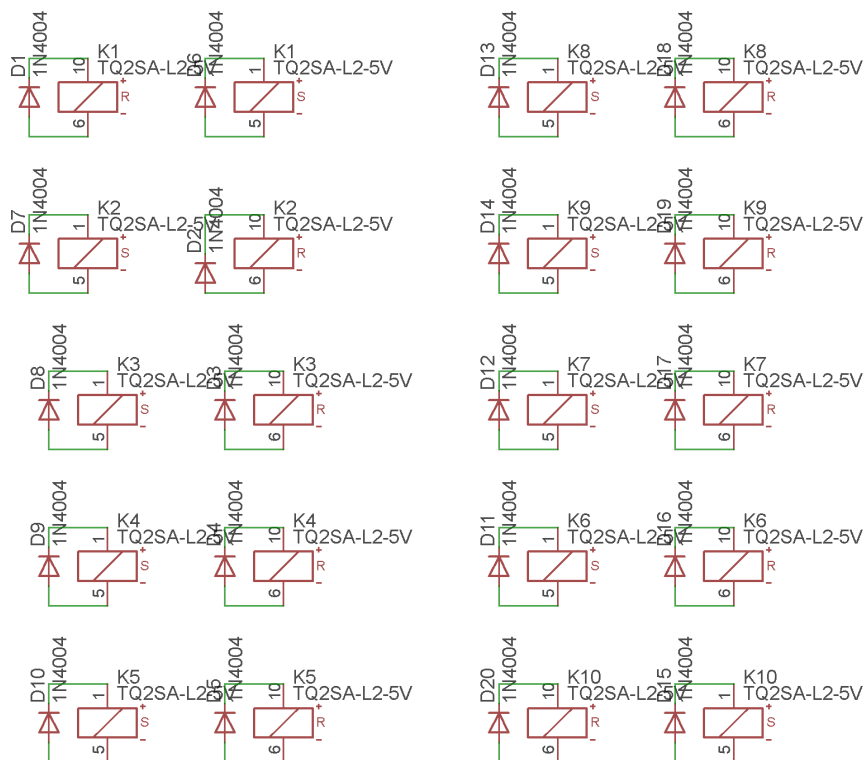


2.12 Das Bandfiltermodul 160m - 20m



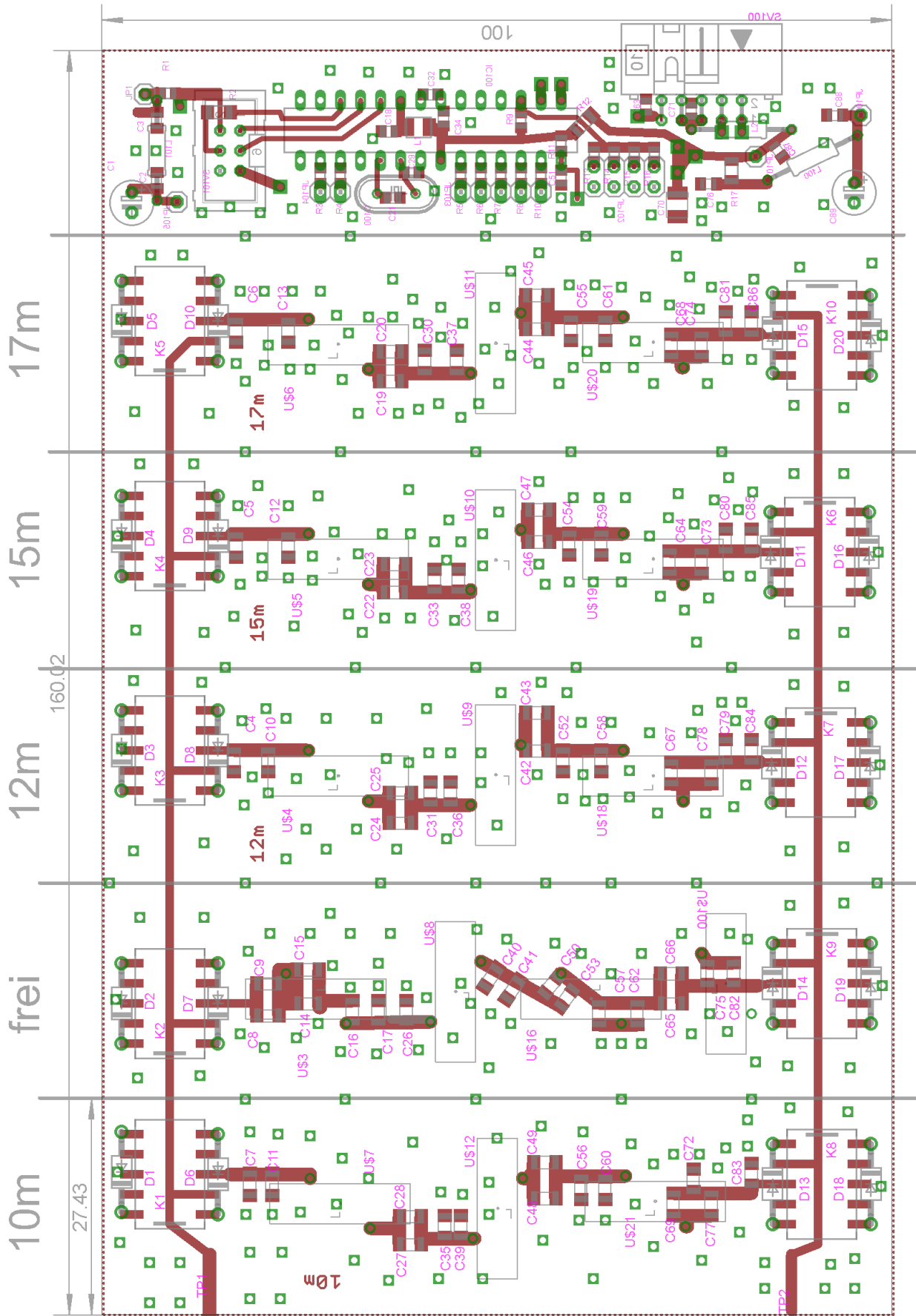


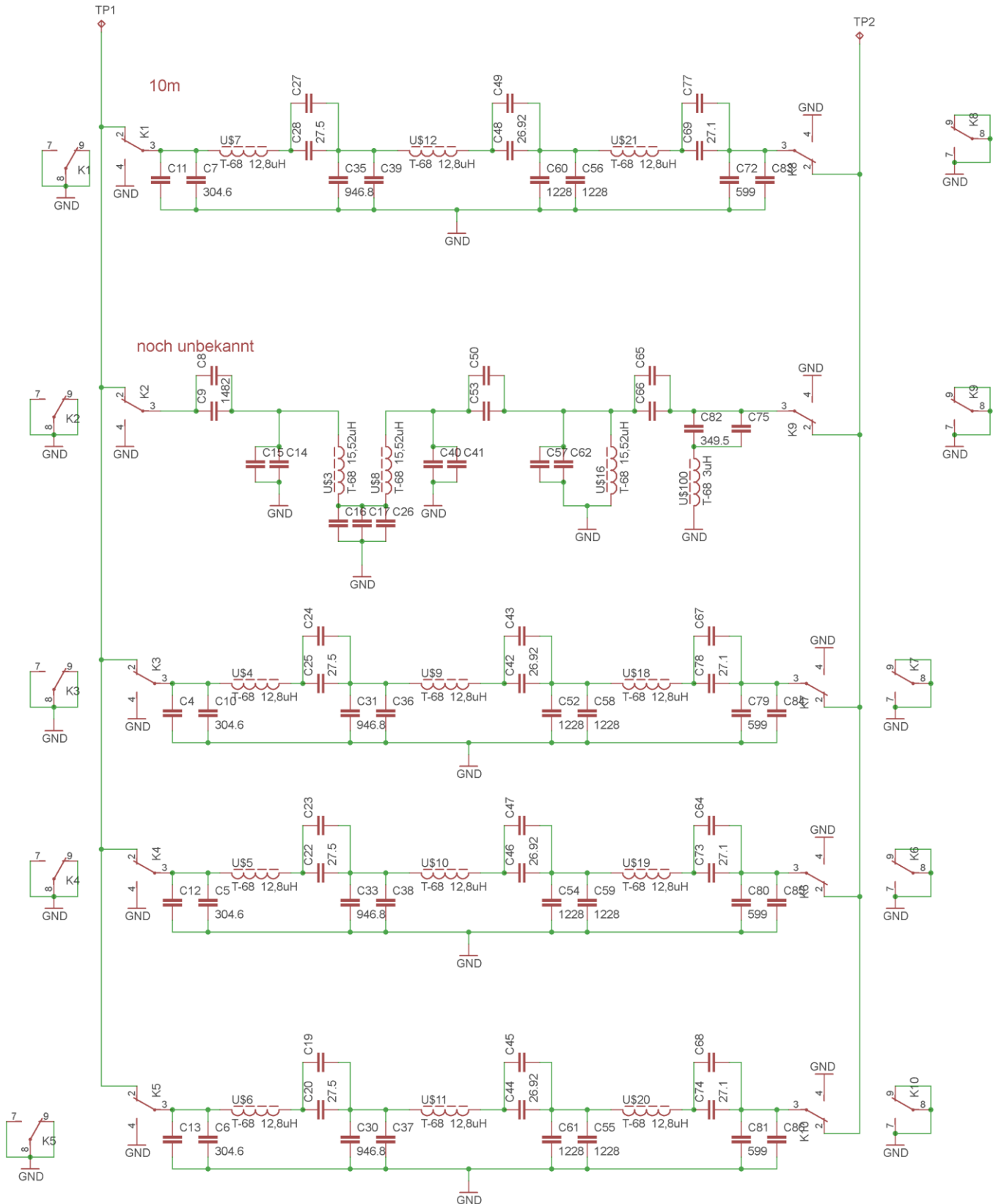
Die Werte für die Kondensatoren und Induktivitäten sind den jeweiligen Simulationen zu entnehmen!



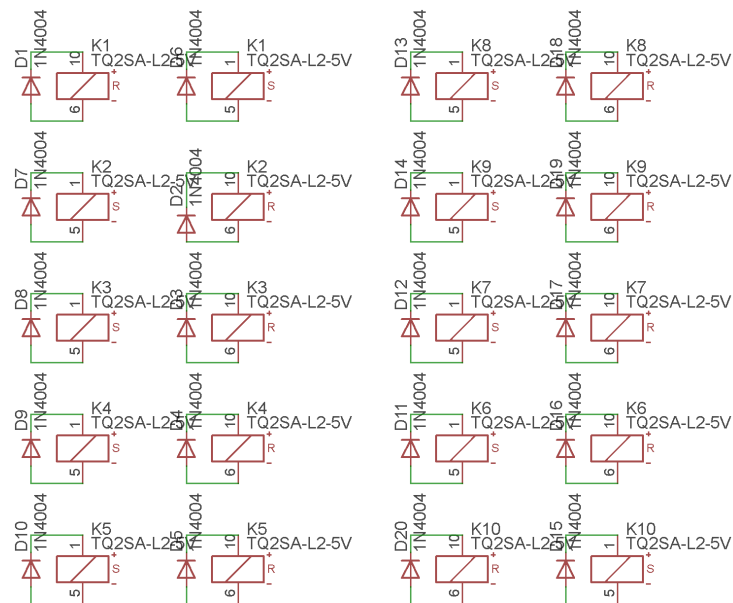
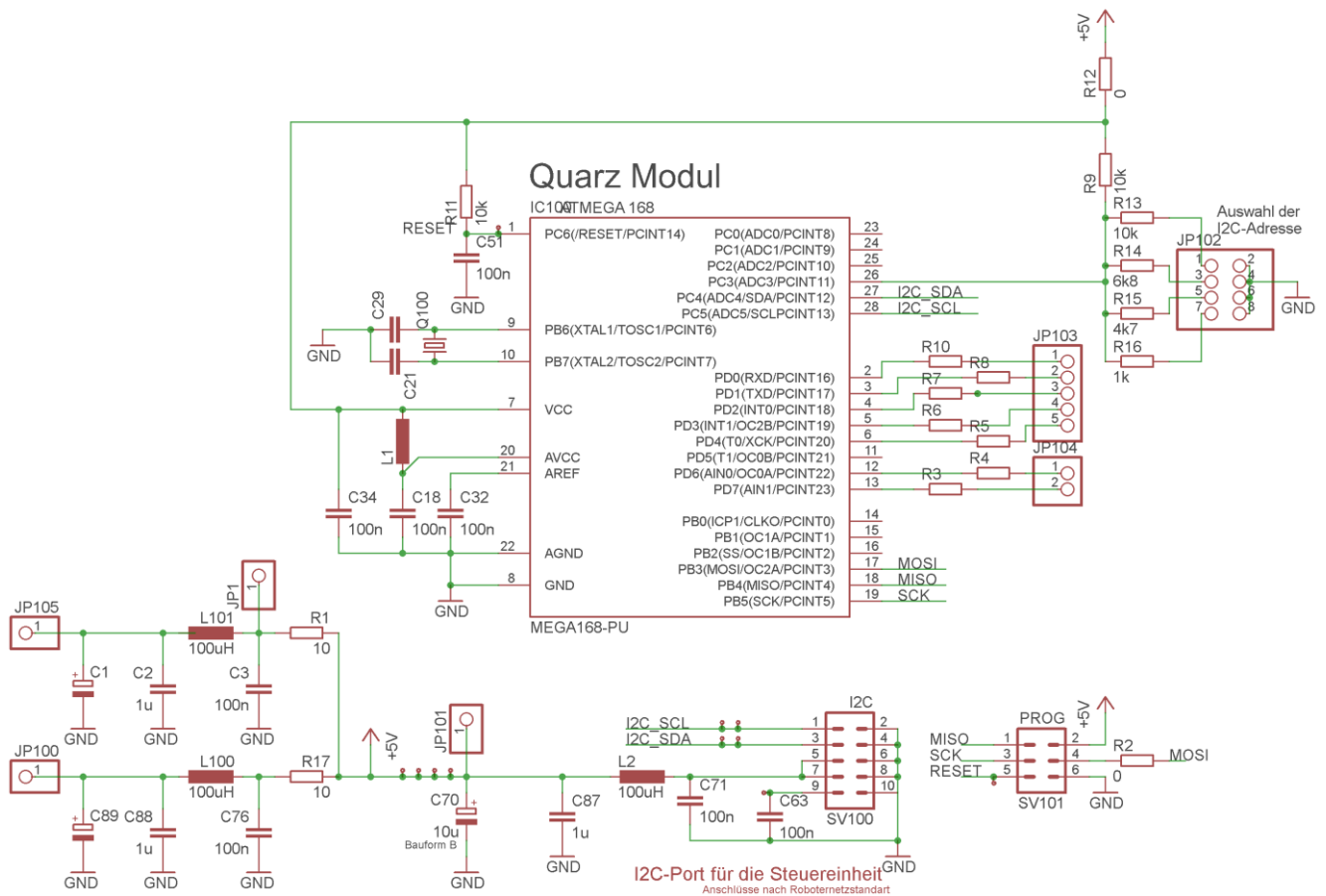
30 von 64

2.13 Das Bandfiltermodul 17m - 10m





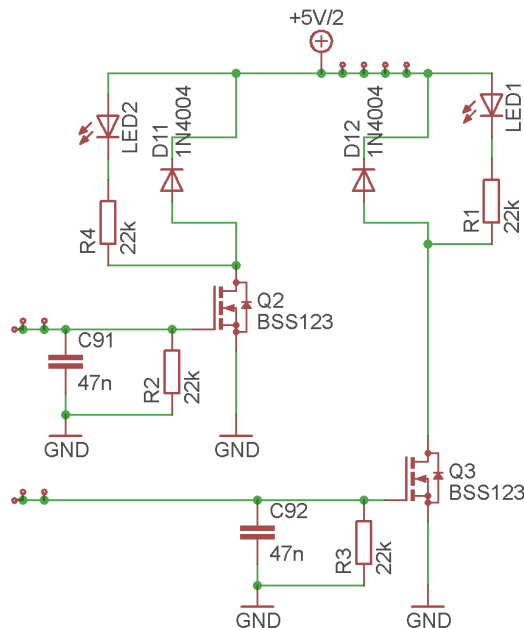
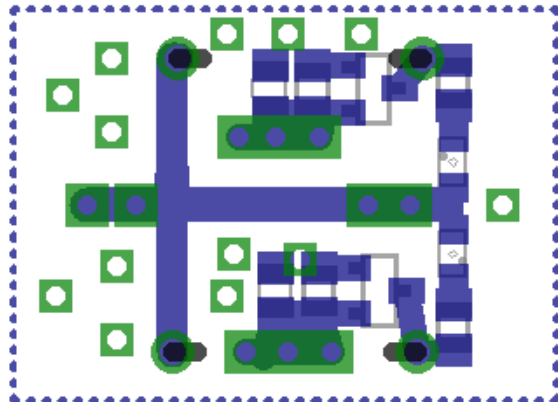
Die Werte für die Kondensatoren und Induktivitäten sind den jeweiligen Simulationen zu entnehmen!



2.14 Bandfilter Steuerplatine für die Relais

Für ein Bandpassmodul werden 10 dieser kleinen Platinen benötigt.

Bandpass Relaissteuerplatine



Diese kleine Steuerplatine wird auf die Beinchen der Dioden gesteckt. Pro Bandpassmodul werden zehn von diesen kleinen Platinen benötigt.

Die Beschaltung der Relais ist übersichtlicher beim Quarzfiltermodul dargestellt.

2.15 Aufbau der Bandfiltermodule

Ringkerne

T68-2	
0,85CU	max. 26 Wdg.
0,63CU	max 37 Wdg.
0,5Cu	max. 47 Wdg.
0,4Cu	55Wdg (noch nicht voll)

T68-6	
0,85CU	max. 26 Wdg.
0,63CU	max 37 Wdg.
0,5Cu	max. 47 Wdg.
0,4CU	max. 58 Wdg.

T68-17	
0,85CU	max. 26 Wdg.
0,63CU	max 37 Wdg.
0,5Cu	max. 47 Wdg.

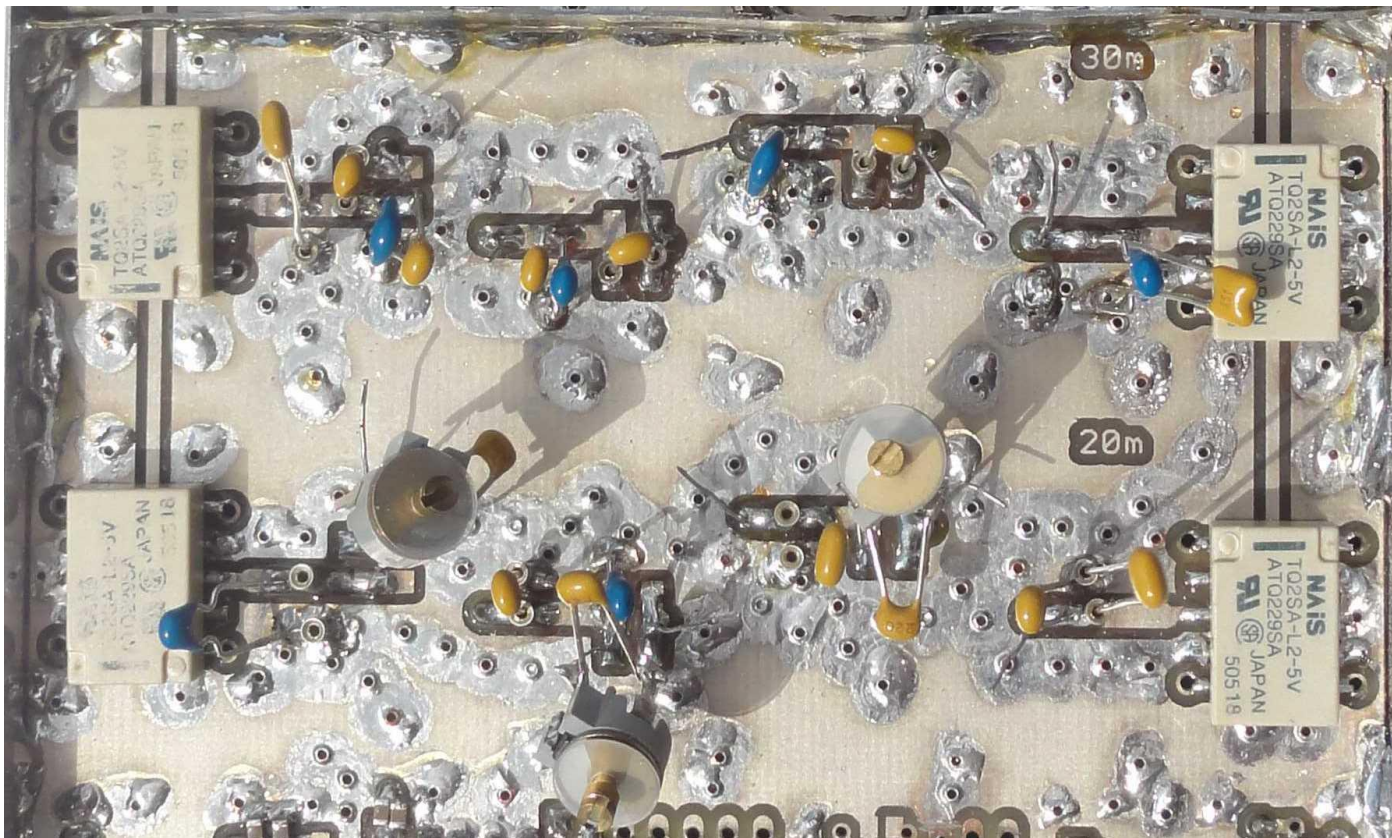
Eckdaten für den Entwurf der Filter:

- 1) Welligkeit/Dachschräge bis 1db ok
- 2) ZF-Unterdrückung 70db (den Rest macht der Mixer)
- 3) Spiegelfrequenzunterdrückung >80db
- 4) Dämpfung auf den Bändern über 10MHz <3,5db
- 5) Dämpfung des MW-BC-Bereichs >70db @ 1,6MHz

T68-2	31,6pF _(50V)	39	47	68,1 _(200V)	87,8	161,0 _(200V)	390,7	
0,85CU	15,5MHz 3,46uH 175 192			9,72MHz 3,94uH 173 190	8,55MHz 3,95uH 198 219	6,31MHz 3,96uH 230 260	4,04MHz 3,97uH 256 294	
0,63CU	10,5MHz 7,27uH 193 214			6,89MHz 7,84uH 197 219	6,06MHz 7,86uH 218 245	4,48MHz 7,85uH 251 287	2,87MHz 7,88uH 257 295	
0,5Cu	8,32MHz 11,59uH 231 261			5,49MHz 12,3uH 215 241	4,84MHz 12,34uH 251 287	3,58MHz 12,31uH 258 296	2,29MHz 12,33uH 260 299	
0,4Cu	7,23MHz 15,32uH 238 271			4,69MHz 16,94uH 212 237	4,12MHz 17,02uH 243 277	3,04MHz 17,05uH 240 273	1,95MHz 17,05uH 237 268	
T68-6								
0,85CU	16,3MHz 3,0uH 225 253			10,57MHz 3,33uH 217 243	9,29MHz 3,34uH 247 281	6,87MHz 3,33uH 292 342	4,40MHz 3,34uH 294 344	
0,63CU	11,6MHz 5,92uH 213 239			7,52MHz 6,57uH 218 245	6,62MHz 6,60uH 247 282	4,89MHz 6,58uH 278 323	3,13MHz 6,60uH 277 321	
0,5Cu	9,03MHz 9,83uH 177 195			5,95MHz 10,52 187 206	5,23MHz 10,53 233 263	3,876MHz 10,53uH 254 291	2,48MHz 10,56uH 256 294	
0,4Cu	7,38MHz 14,71uH 169 185				4,20MHz 16,34uH 216 242	3,11MHz 16,32uH 225 253	1,99MHz 16,37 224 252	
T68-17								
0,85CU	24,4MHz 1,35uH 272 315			15,81MHz 1,49uH 191 211	13,86MHz 1,50uH 197 219	10,24MHz 1,5uH 212 237	6,55MHz 1,51uH 189 208	
0,63CU	17,5MHz 2,63uH 294 345			11,40MHz 2,86uH 189 209	10,0MHz 2,89uH 200 222	7,38MHz 2,89uH 195 220	4,719MHz 2,91uH 172 188	
0,5Cu	14,13MHz 4,01uH 266 307			9,22MHz 4,38uH 186 205	8,09MHz 4,40uH 209 233	5,97MHz 4,42uH 185 203	3,82MHz 4,45 159 173	
0,4Cu	12,27MHz 5,32uH 241 274				7,04MHz 5,82uH 194 215	5,20MHz 5,81uH 173 189	3,32MHz 5,87uH 146 157	

2.16 Aufbau 160m-20m

2.16.1 Abstimmen der Filter

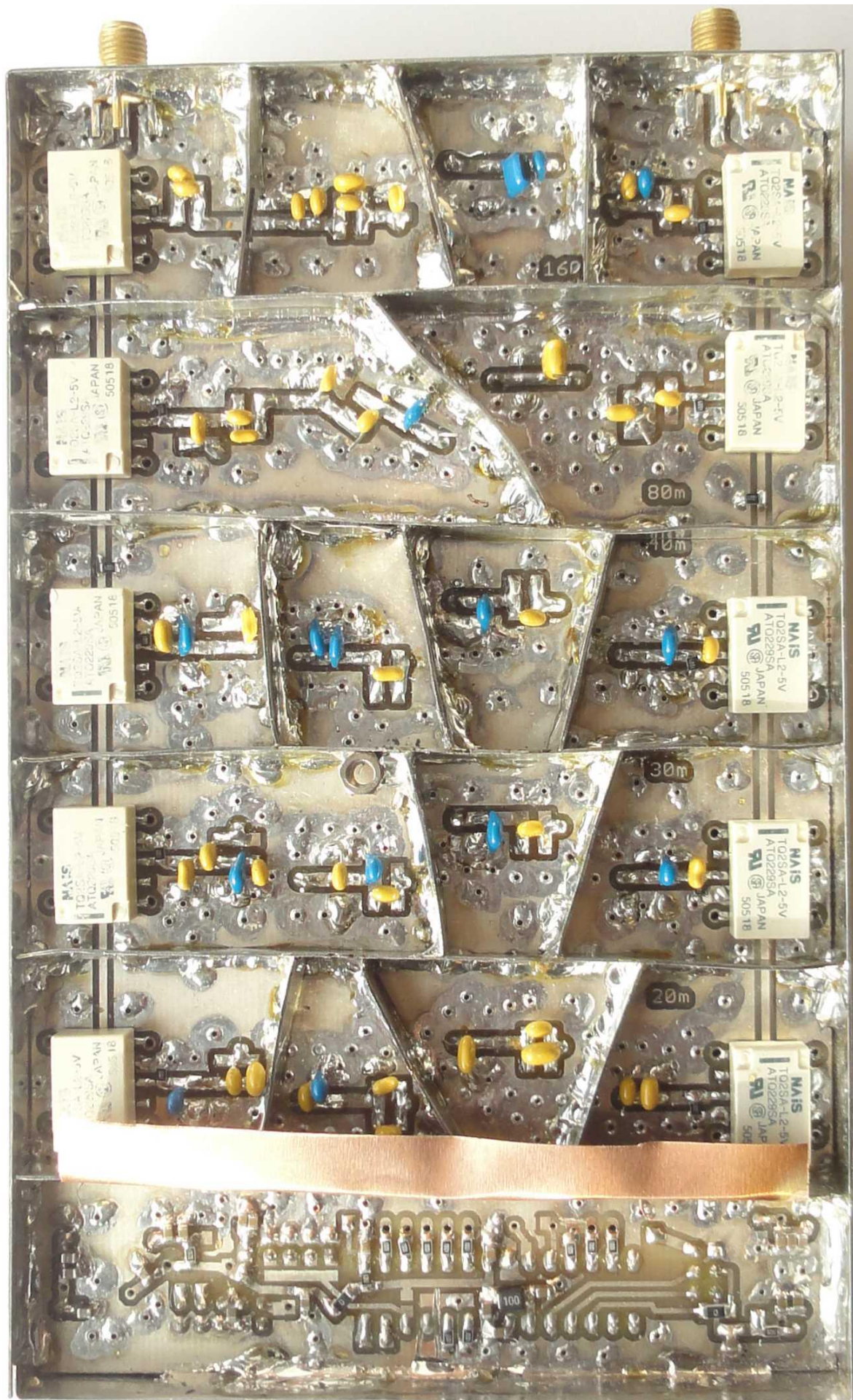


Es hat sich bestätigt, dass die erstellten Simulationen und Berechnungen der Filter mit der Realität sehr gut übereinstimmen. Meine Schritte zur Abstimmung der Filter möchte ich hier kurz schildern. Als Messgerät für die Induktivitäten dient ein Tonghui TH2821A. Für den einfachen Aufbau dieser Filter ist diese Genauigkeitsklasse des Messgerätes auch notwendig :

- Die Kapazitäten der Pads zueinander werden gemessen und bei der Selektion der Kondensatoren mit berücksichtigt.
- Die Spulen wird vor dem Einbau vermessen. Die Induktivität muss vor dem Einbau um ca. 0,1uH größer sein, da sich später aufgrund der Trennwände aus Weißblech die Feldlinien verkürzen und die Induktivität kleiner wird. Nach dem Einbau werden die Induktivitäten erneut gemessen und abgeglichen. Es können aber nur noch wenige Windungen hin und her geschoben werden, da der Platz zwischen den Trennwänden nicht mehr ausreicht.
- Die breiten Filter (160m und 80m) sind unkritisch. Hier sollte der erste Aufbau eine Punktlandung werden ;-).
- Bei den schmalen Filtern sind umfangreiche Abstimmmaßnahmen notwendig. Ich verwende zwei Verfahren, die auf dem Bild zu erkennen sind. Trimmer helfen beim schnellen abstimmen. Anschließend werden die Trimmer ersetzt durch vermessenen Kondensatoren, die in den abgebildeten Steckfassungen stecken. Hier habe ich gedrehte Buchsenleisten entfremdet. Nun kann man durch eng selektierte Kondensatoren nochmals den Wert sehr fein verändern. Anschließend können die Beine des Kondensators gekürzt und aufgelötet werden.
- Nach jedem kleinen Schritt muss bei den schmalen Filtern erneut gemessen werden, da kleinste Änderungen die Filterkurven beeinflussen. Es sollten immer S21 und S11 gemessen werden.
- Unerfahrenere Bastler sollten die schmalen Filter alle etwas breiter wählen (Bw/fm ca.10%).

2.16.2 Bilder vom Aufbau

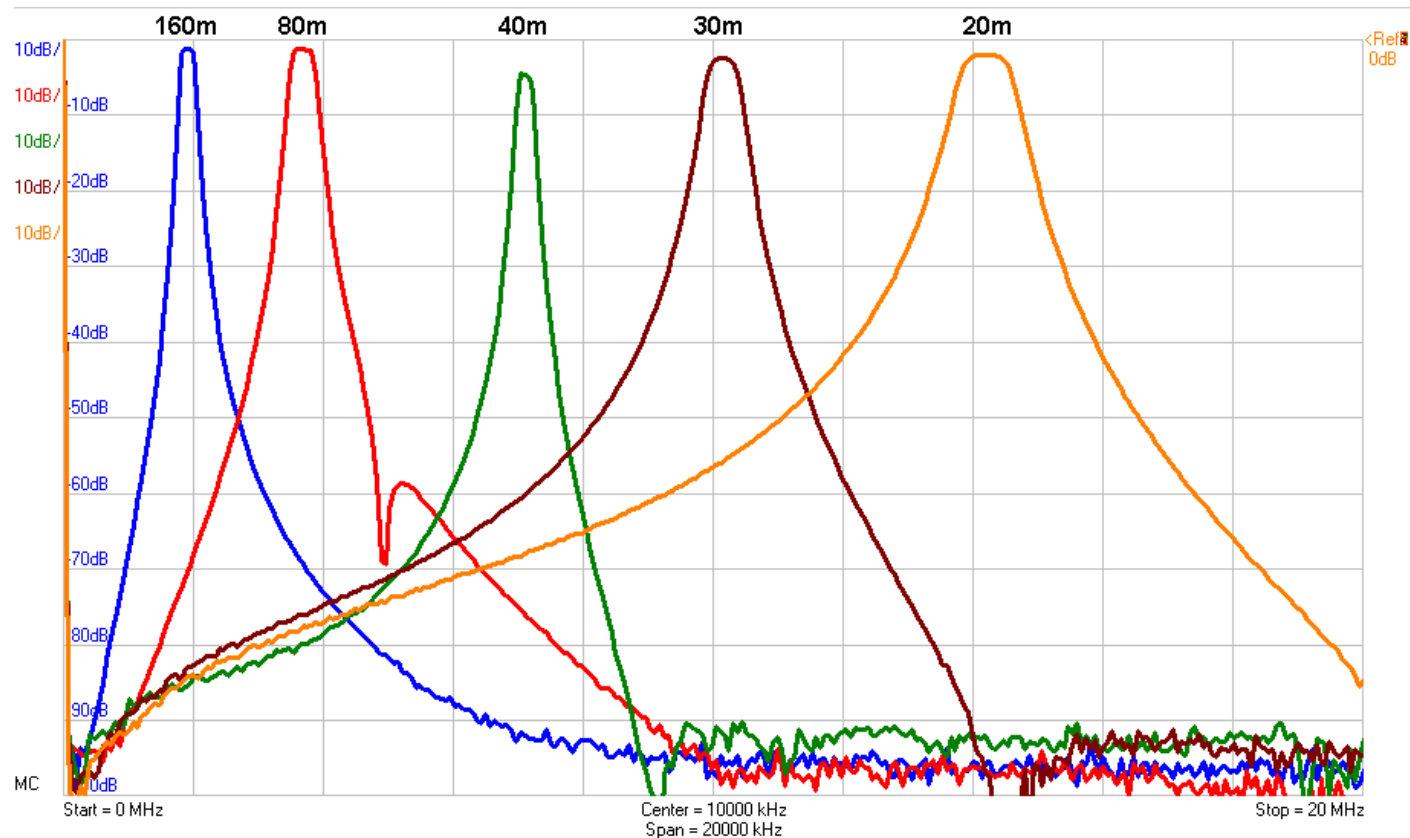




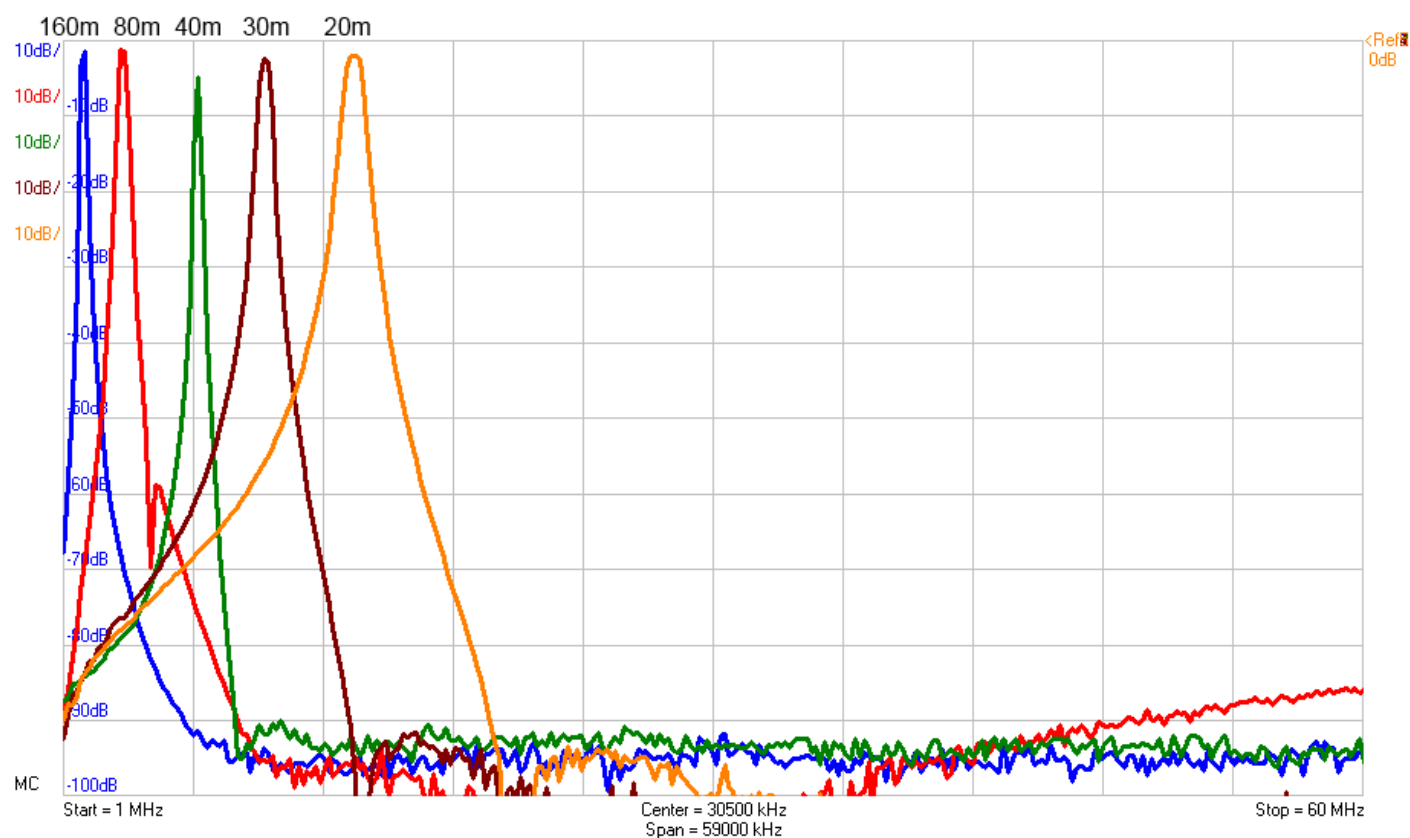
Die Verschraubung des Bodendeckels mit der Platine hat deutlich die Sperrdämpfung verbessert. Die entsprechende Mutter habe ich in der Mitte der Platine an eine Trennblech gelötet. Die dünne Kupferfolie zwischen dem 20m Filter und der Steuereinheit hat die Sperrdämpfung im Bereich bis 60MHz um ca. 20dB verbessert. Das hätte ich nicht gedacht.

Diese Spielereien waren für mich sehr lehrreich und haben Spaß gemacht.

2.16.3 Übersicht 0-20 MHz



2.16.4 Übersicht 1-60 MHz



Was will man mehr?

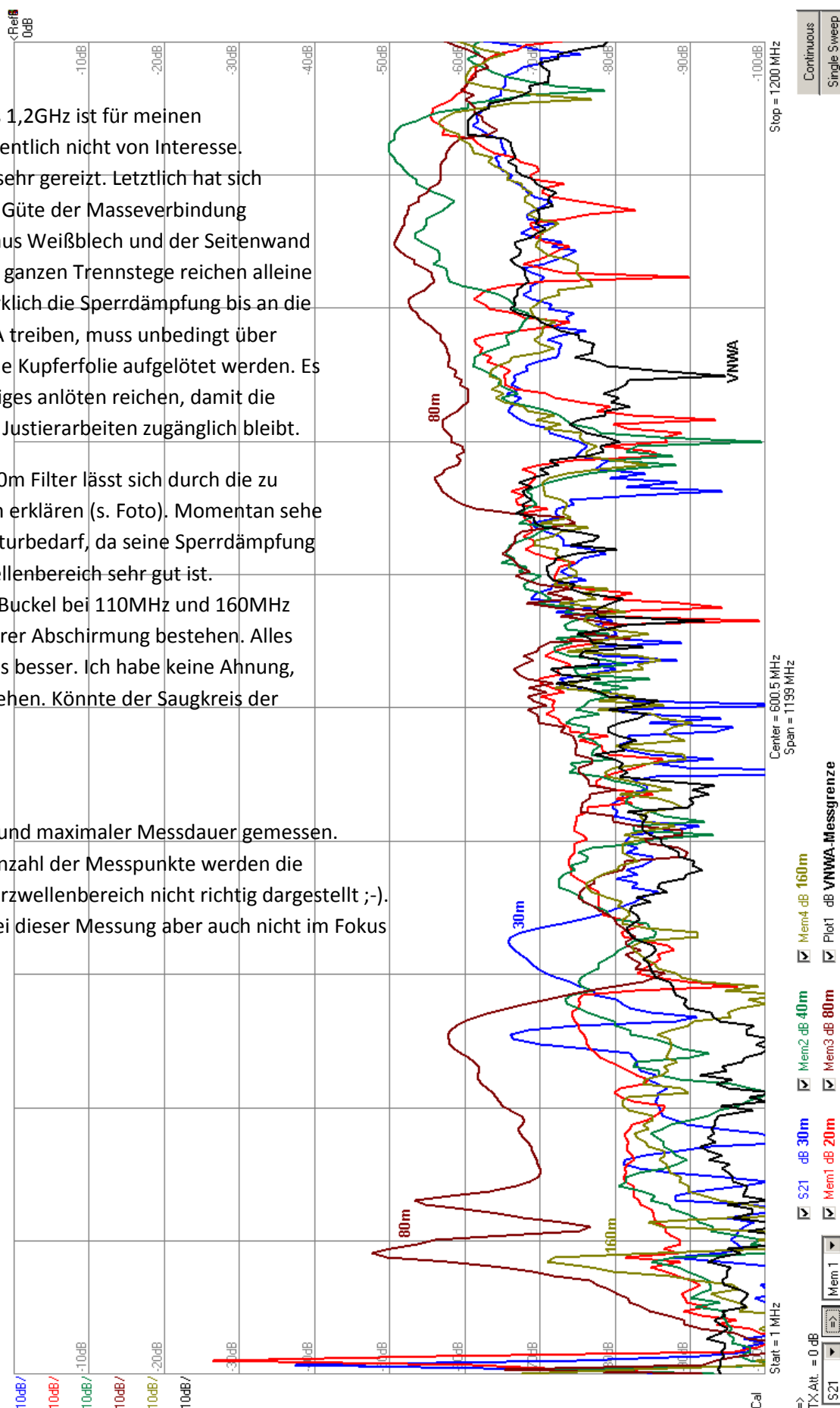
2.16.5 Sperrdämpfung bis 1,2GHz

Die Sperrdämpfung bis 1,2GHz ist für meinen Anwendungszweck eigentlich nicht von Interesse. Trotzdem hat es mich sehr gereizt. Letztlich hat sich gezeigt, dass allein die Güte der Masseverbindung zwischen dem Boden aus Weißblech und der Seitenwand von Bedeutung ist. Die ganzen Trennstege reichen alleine nicht aus. Will man wirklich die Sperrdämpfung bis an die Messgrenze des VNWA treiben, muss unbedingt über jeder Filterkammer eine Kupferfolie aufgelötet werden. Es würde aber ein einseitiges anlöten reichen, damit die Filterkammer noch für Justierarbeiten zugänglich bleibt.

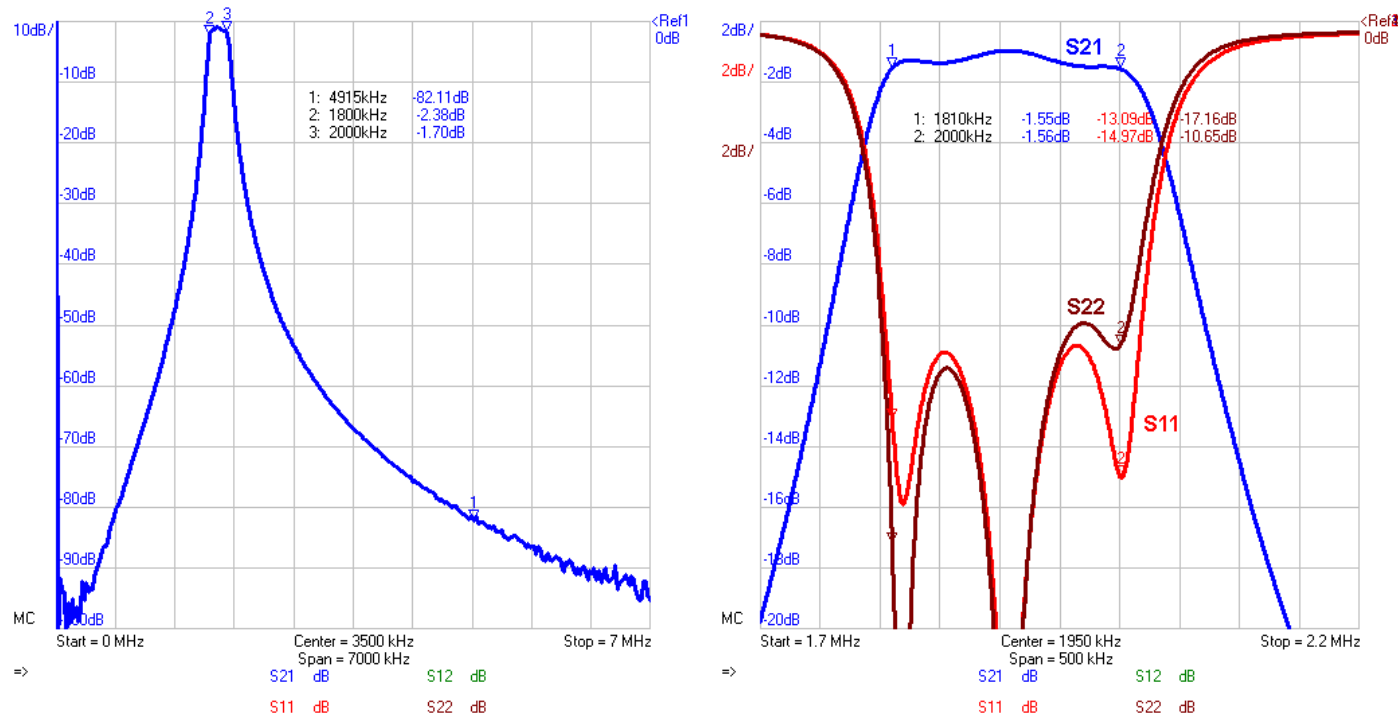
Der relativ schlechte 80m Filter lässt sich durch die zu großen Trennkammern erklären (s. Foto). Momentan sehe ich aber keinen Korrekturbedarf, da seine Sperrdämpfung im erweiterten Kurzwellenbereich sehr gut ist.

[Nachtrag: Die beiden Buckel bei 110MHz und 160MHz bleiben auch bei besserer Abschirmung bestehen. Alles andere wird aber etwas besser. Ich habe keine Ahnung, wie diese Buckel entstehen. Könnte der Saugkreis der Grund sein?

Es wurde mit 300 Pkt. und maximaler Messdauer gemessen. Wegen der geringen Anzahl der Messpunkte werden die Durchlasskurven im Kurzwellenbereich nicht richtig dargestellt ;-). Dieser Bereich steht bei dieser Messung aber auch nicht im Fokus der Betrachtung.



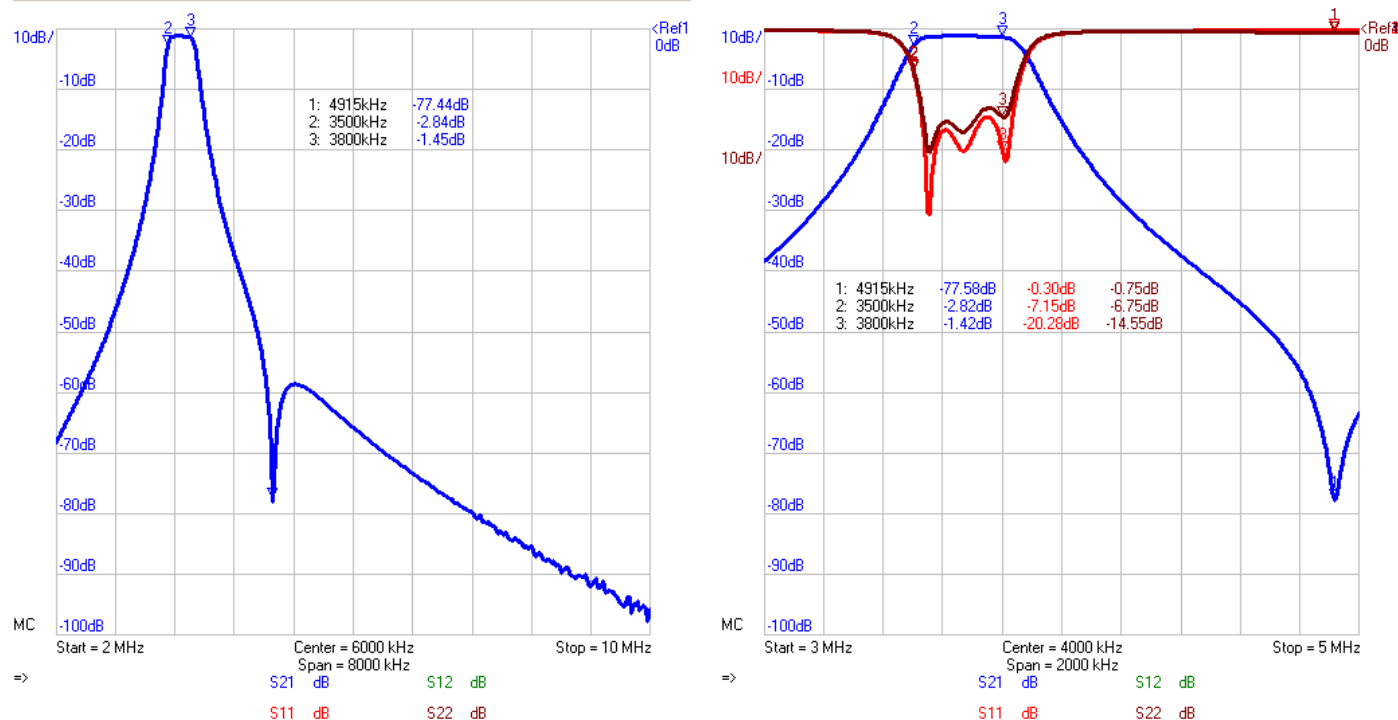
2.16.6 160m Band



Die Mittelwellensender, die bis 1,6MHz reichen, werden sehr gut unterdrückt. Bei 1,6MHz erreicht die Dämpfung schon 31dB und bei 1,35MHz schon 50dB. Für die Nähe des 160m Bandes zur Mittelwelle ist das wirklich zufriedenstellend, zumal dieser Filter im Empfangsbetrieb wahrscheinlich immer mit einem vorgeschaltetem 10-20dB Pad betrieben wird. Meinem Frontend wird nichts mehr anhaben können – kann ich mir jedenfalls nicht vorstellen ;-).

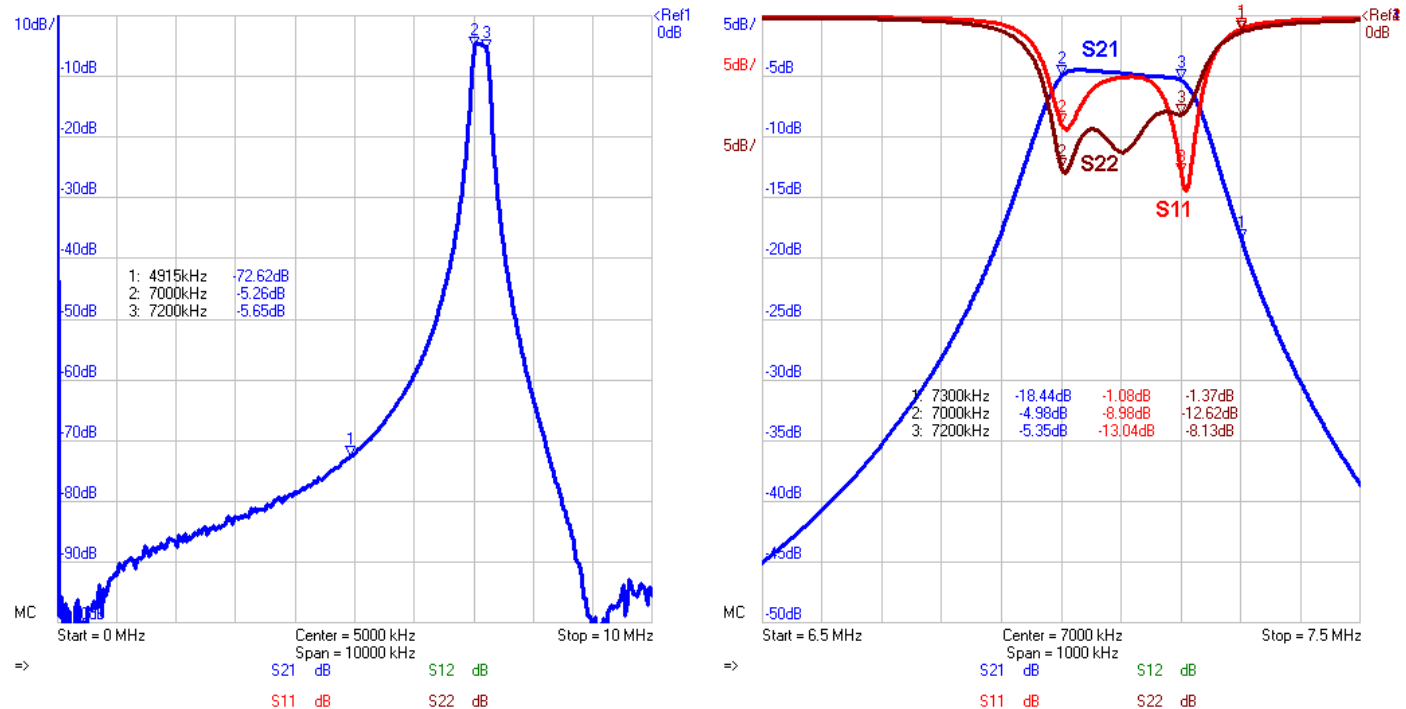
Beim Entwurf des Filters war mir die Unterdrückung des MW-Bandes wichtiger als die der kaum hörbaren BC-Sender im 2300kHz-Band, die aber auch gut gelungen ist.

2.16.7 80m Band



Unkritischer Filter mit ausreichender Dämpfung im ZF Bereich. Hier wäre vielleicht noch eine Erweiterung 4MHz (USA-SSB-Band) denkbar – war mir nicht wichtig.

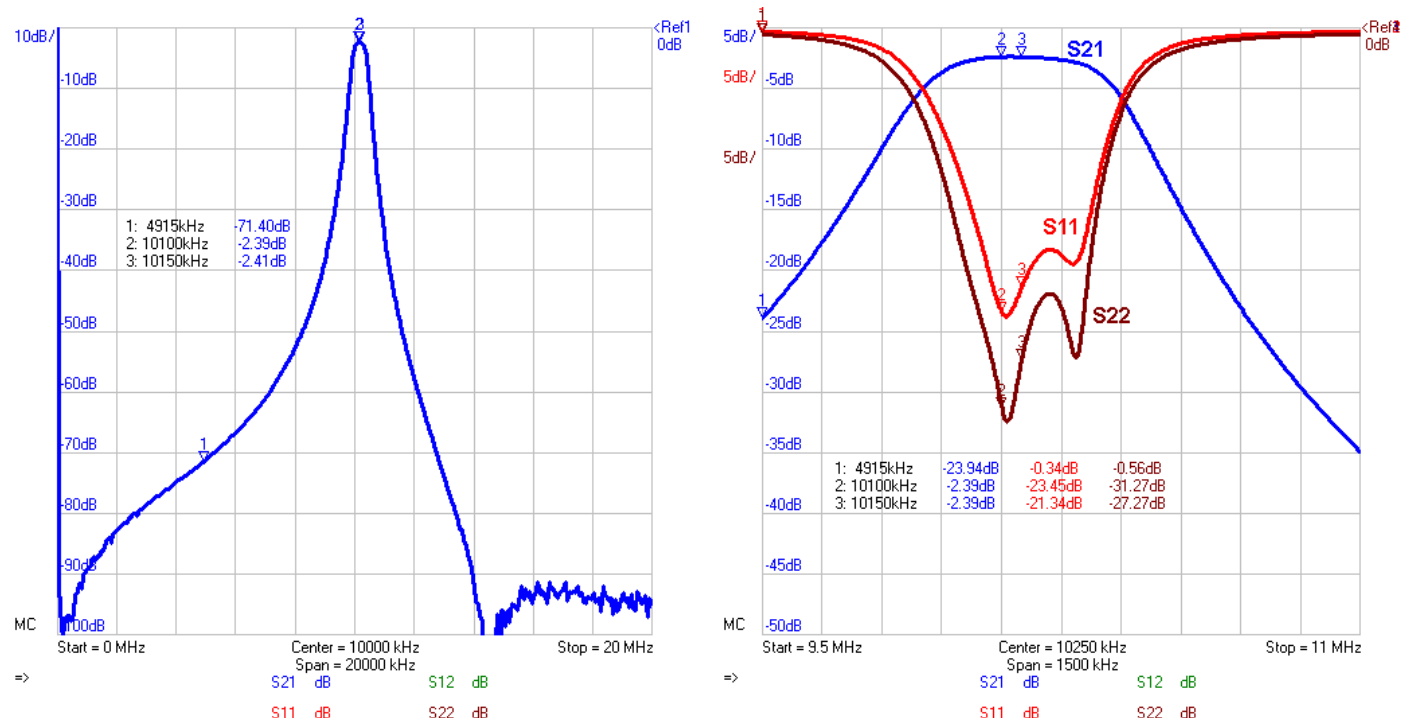
2.16.8 40m Band



Die Filterkurve ist schön steil, auch wenn die Dämpfung recht hoch ist und Anpassung nur mittelprechtig ist (das ist der Preis für die Steilheit). Die Dämpfung der ZF reicht für meine Zwecke gerade so aus. Vermutlich werden die ersten drei Filter sowieso immer mit einem vorgeschaltetem 10dB Pad betrieben, da die Empfindlichkeit des Empfängers immer groß genug sein wird und das Rauschen auf den Bändern größer als das Eigenrauschen des Empfängers (incl. 10dB Pad).

Hier wurde ein Meshfilter gewählt, um die obere Flanke steiler zu machen. Die Justage ist durch die Schmalbandigkeit recht kritisch, aber machbar.

2.16.9 30m Band

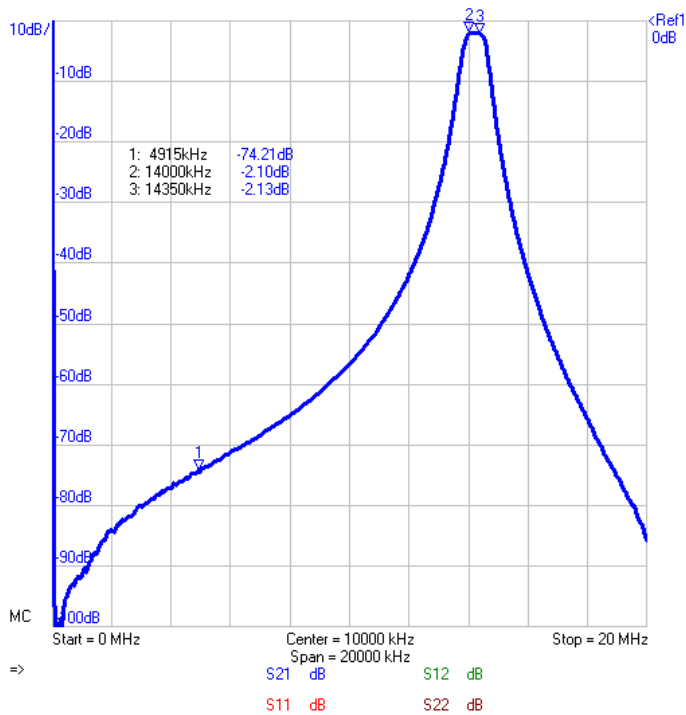


Die Flanken sind schön steil und die Anpassung sehr gut. Die Dämpfung der ZF-Frequenz reicht gerade so aus.

2.16.10 20m Band

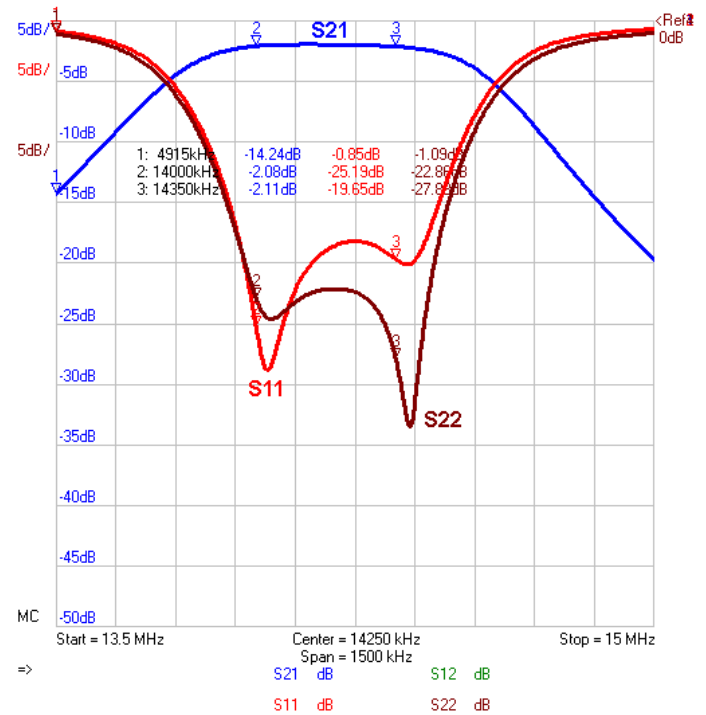
DG8SAQ Vector Network Analyzer Software

02.05.2013 22:32:43 20m_1



DG8SAQ Vector Network Analyzer Software

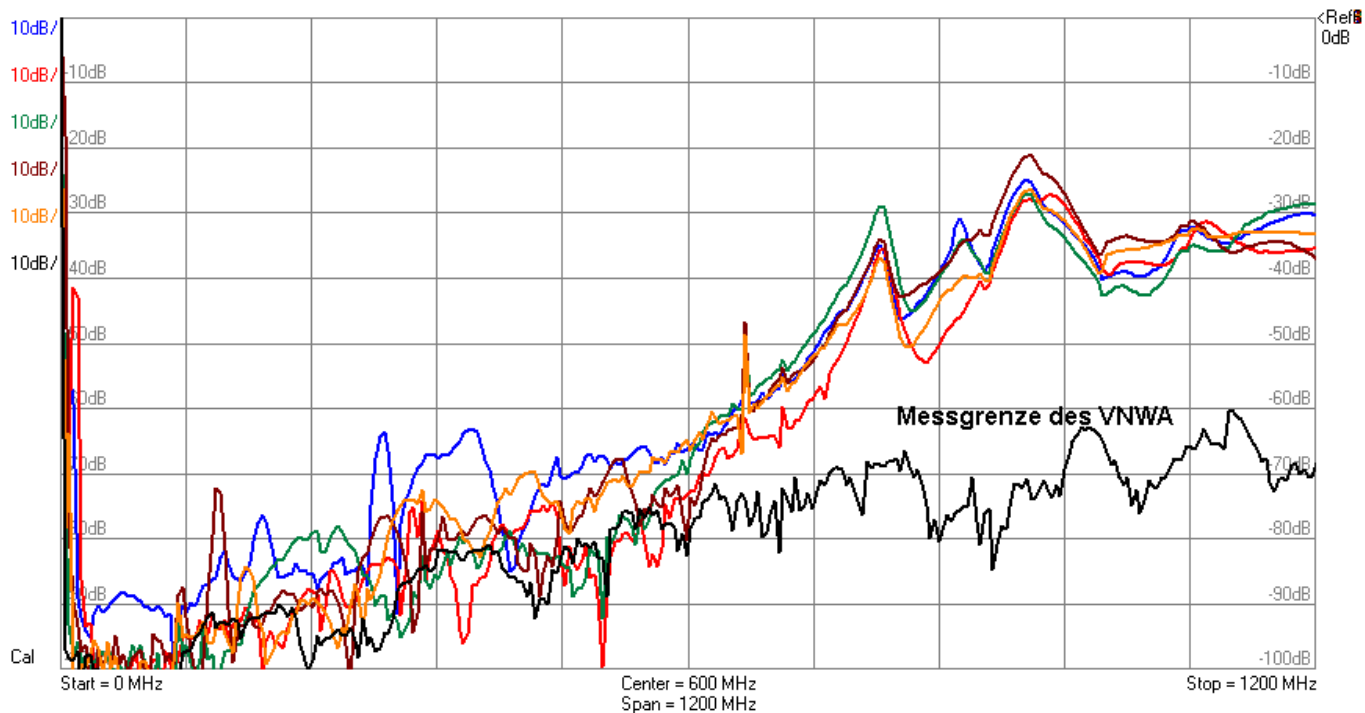
02.05.2013 22:34:23 20m_2



Alles passt.

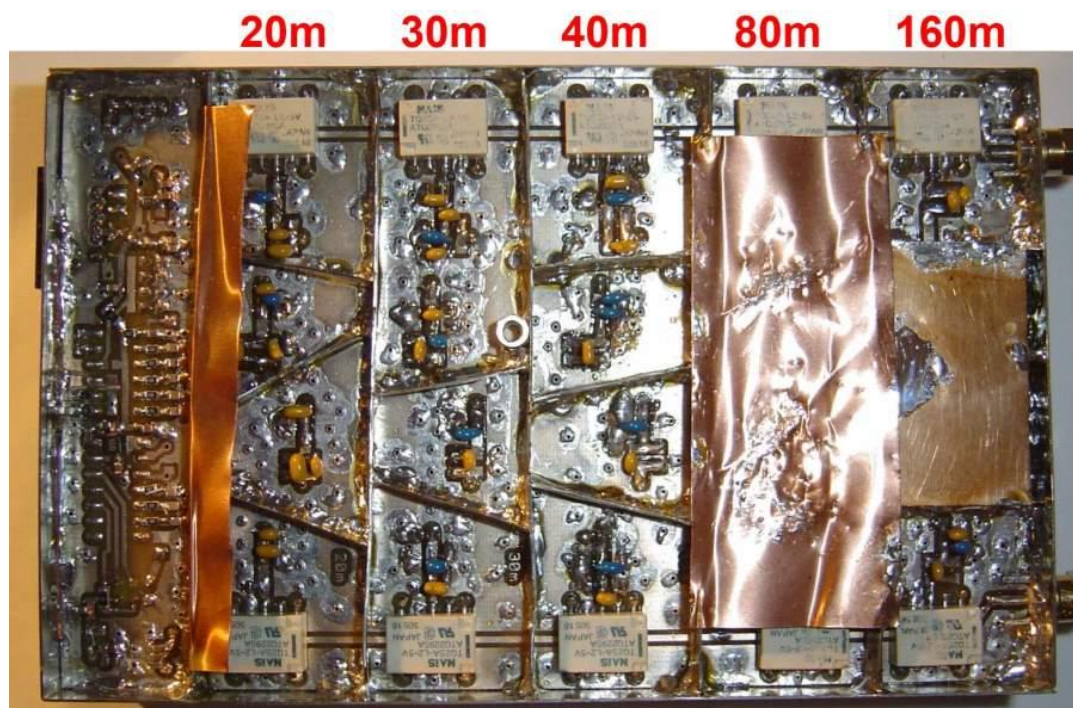
2.17 Die (fast) Fertigstellung des Moduls

Nach den Messergebnissen, die ich im vorherigen Kapitel vorgestellt hatte, dachte ich, dass mir nichts mehr passieren könne, bis mich die folgenden Messergebnisse aufgeschreckt haben...



Was war passiert?

In der Zwischenzeit wurde das Modul fertig gestellt, indem die kleinen Adapterplatten für die Relaisansteuerung eingebaut und verkabelt worden sind. Trotz einer einfachen Abblockung haben die beiden Steuerleitungen, die jeweils das Eingangsrelais mit dem Ausgangsrelais verbindet, innerhalb des Filters zu der deutlichen Verschlechterung geführt. Natürlich ist dies für einen späteren Empfänger immer noch mehr als gut genug. Für mich ist dieses Modul aber ein Lernobjekt...



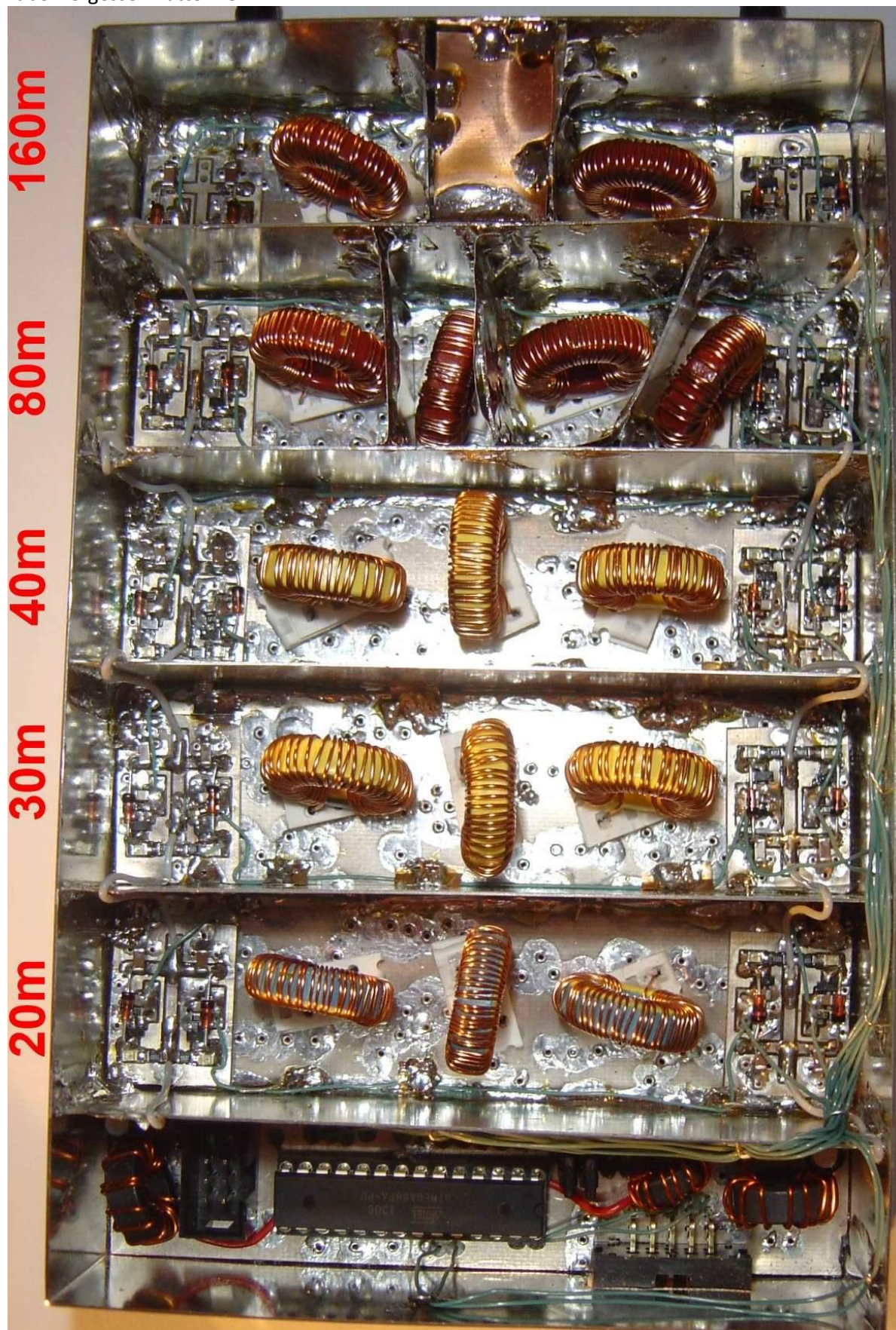
Will man eine wirklich gute Sperrdämpfung erzielen, sind Trennbleche zwischen den Filterbänken und zwischen den Filterspulen unbedingt notwendig. Die Trennwände müssen aus Weißblech sein und an drei Seiten vollflächig verlötet. Messungen mit dem VNWA zeigen, dass für eine wirklich gute Abschirmung die beiden Deckel (oben und unten) nicht ausreichen. Eine gute Abdichtung kann einen Unterschied von bis zu **30dB** ausmachen!!! Hier

hilft nur Kupferfolie, die an mehreren Stellen angelötet wird.

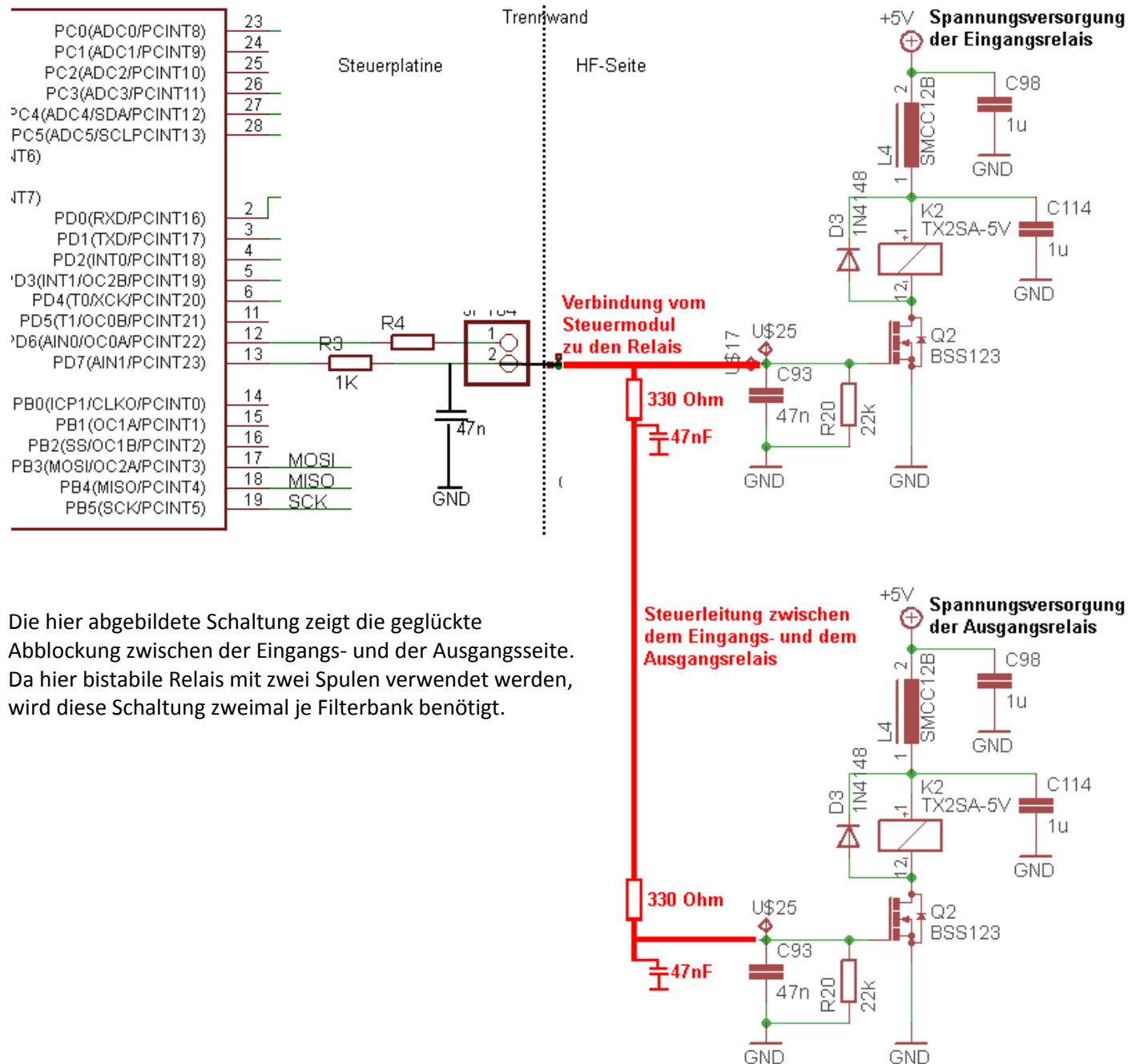
Es hat sich auch gezeigt, dass beim 80m Modul der Abstand zwischen den Filterspulen zu klein ist, um auf Trennwände innerhalb der Filterbank verzichten zu können. Da die Trennwände sich aber auch beim 160m Modul als

notwendig erwiesen haben, vermute ich, dass die roten T68-2er Ringkerne ein stärkeres Streufeld aufweisen, als die -6 oder die -17 Kerne.

Hier sieht man die vielen Steuerleitungen, die zu dem Übersprechen bei Frequenzen von >500MHz geführt haben. Leider musste ein solches Flickwerk veranstaltet werden, da ich beim Einbau der Trennwände die Löcher für die Kabel vergessen hatte. ☹

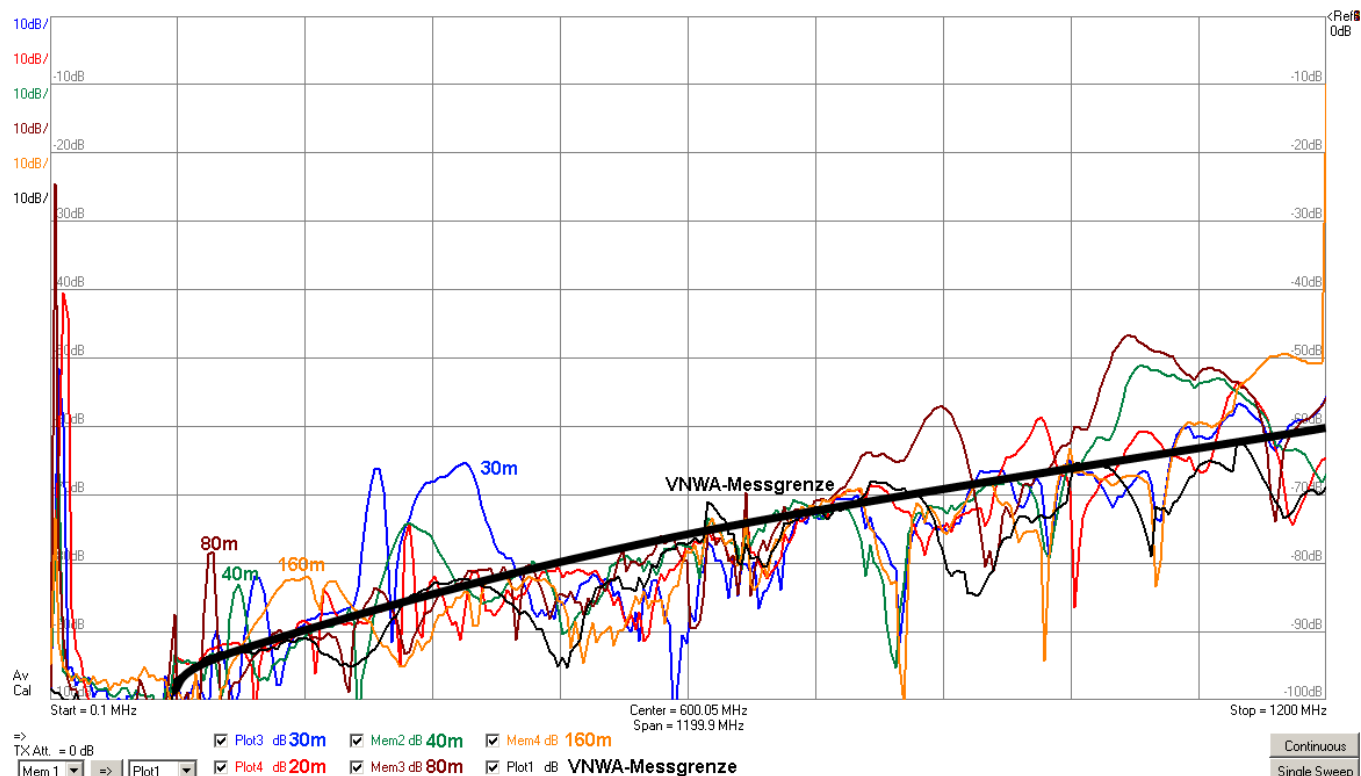


Ein Hinweis von Uwe DC5PI (früher DO5PI) hat mich auf die richtige Idee gebracht. Nachdem die Steuerleitungen zwischen den Eingangs- und Ausgangsrelais auf beiden Seiten abgelötet worden sind, war wieder Ruhe. Auf den guten Vorschlag von Uwe mit den Drosseln habe ich aus Platzgründen verzichtet. Die Steuerleitungen wurden auf beiden Seiten mit einem RC-Tiefpass (330 Ohm | 47nF) versehen. Nun konnte keine HF mehr über die Steuerleitungen fließen – Problem gelöst.



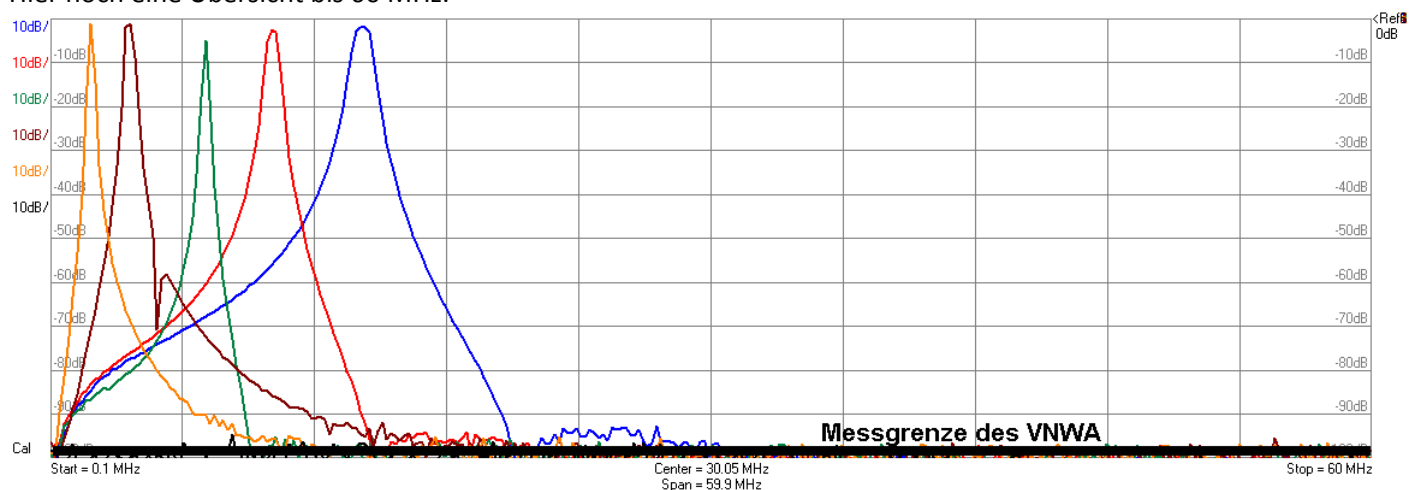
Die hier abgebildete Schaltung zeigt die geglückte Abblockung zwischen der Eingangs- und der Ausgangsseite. Da hier bistabile Relais mit zwei Spulen verwendet werden, wird diese Schaltung zweimal je Filterbank benötigt.

Das Ergebnis könnt ihr hier sehen:



Bis auf wenige Ausnahmen sind die Filterkurven in der Nähe der Messgrenze des VNWA. Beim 160m Filter und beim 80m Filter wurde auch zwischen den Filterspulen Trennwände eingebaut und die Kammern oben und unten mit Masseblechen abgedeckt. Die letzten kleinen „Buckel“ bei den 40m und 30m Filterkurven könnte man auch durch weitere Trennbleche verbessern. Hier lohnt aber die Mühe nicht, da die Filter völlig neu abgestimmt werden müssten. Ich werde an diesem Modul nun nichts mehr verbessern. Dieser Aufbau hat gezeigt, dass man auch als Amateur bei einem Filtermodul die Messgrenze des VNWA breitbandig erreichen kann.

Hier noch eine Übersicht bis 60 MHz:



Was fehlt noch bei diesem Modul?

- Die Trennkondensatoren am Eingang und am Ausgang des Moduls
- Die Spannungsversorgung für das „Fitting“ der Relais. Die Widerstände zum Ableiten sind schon verbaut. Hier fehlen mir noch die beiden spannungsfesten Kondensatoren (100nF/X7R/200V)
- Die Firmware arbeitet schon über das I2C Interface. Die Jumper zur Einstellung der I2C-Adresse sind noch nicht eingebunden. Die zugehörigen Widerstände sind auch noch nicht verbaut

2.18 Erste IP3 Messungen am 40m Bandpass

2.18.1 Sperrbereich

Gemessen wurde mit 3,865 MHz und 5,500 MHz. Die Doppeltöne hatten am jeweils einen Pegel von +10dBm. Bei 7,135 MHz konnte ein Intermodulationsprodukt von -114dBm gemessen werden. Damit ergibt sich ein IP3 von weit jenseits von +50 dBm im weiteren Sperrbereich.

2.18.2 Durchlassbereich

Gemessen wurde mit 7,01 MHz und 7,03 MHz. Der Abstand beträgt also 20kHz. Gemessen wurde mit Pegeln von je 0 dBm bis +10 dBm.

Gemessen wurde ein OIP3 von +32 dBm und ein IIP3 von +37 dBm.

Gemessen wurde mit 7,01 MHz und 7,06 MHz. Der Abstand beträgt also 50kHz. Gemessen wurde mit Pegeln von je 0 dBm bis +10 dBm.

Gemessen wurde ein OIP3 von +33 dBm und ein IIP3 von +38 dBm.

2.18.3 Obere Filterflanke

Nun wurde die obere Filterflanke vermessen.

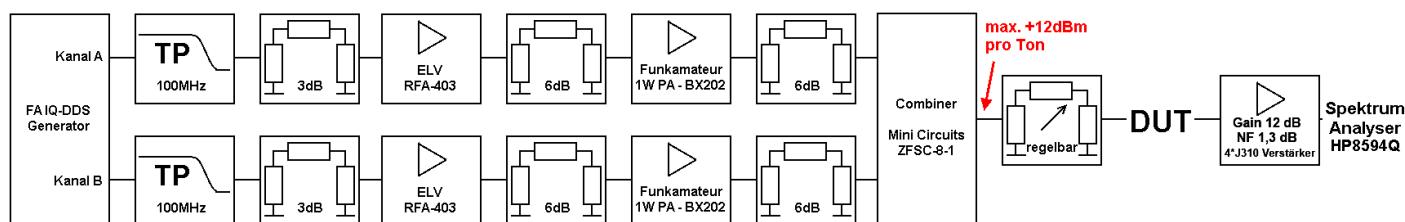
Die beiden Doppeltöne liegen bei 7,25 MHz und 7,30 MHz. Am Filtereingang wurden mit Pegel von -4 dBm bis +11 dBm konstante IP3-Werte gemessen. Das untere Intermodulationsprodukt liegt bei 7,20 MHz.

Auf der oberen Filterflanke liegt der Wert für den **OIP3 bei +34 dBm** und der Wert für den **IIP3 bei +39 dBm**.

Wenn man sich die Ergebnisse aus dem ersten Band mit den Grundlagenuntersuchungen zu Bandfiltern genauer ansieht, liegt der Schluss nahe, dass man bei diesen Bandbreiten keine höheren IP3-Werte erzielen kann. Nur mit T80er Kernen sind bessere Werte zu erzielen. Für meinen Anwendungszweck reichen aber T68er Kerne mit einem Filter-Ausgangs-IIP3 von fast +40dBm aus. Ein oder zwei weitere Bänder sollten auch noch vermessen werden.

2.19 Vertiefende IP3 Messungen an Bandpässen

Nun soll überprüft werden, ob die Effekte, die wir bei den Quarzfiltern beobachtet haben, auch bei LC-Bandpässen auftreten. Die hier vorgestellten Messungen werden an meinem TRX2012-Bandpassmodul durchgeführt. Ihr sollte euch auch unbedingt in Band 2 das Kapitel über die IP3-Messung am Quarzfiltermodul durchlesen, diese Messen quasi eine Fortsetzung sind.



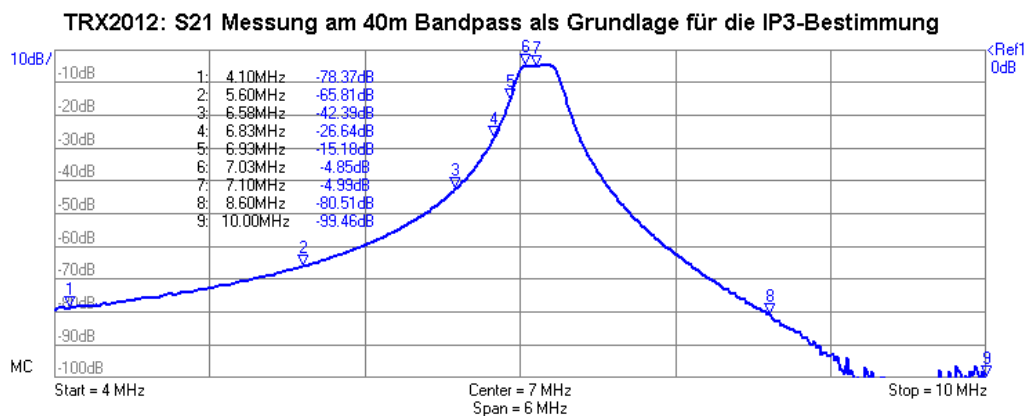
Die hier vorgestellten IP3-Messung an den Bandpässen stellen ungleich höhere Anforderungen an den Messaufbau, da die beiden Störpegel nicht in jedem Fall vollständig weggefiltert werden. Auf der einen Seite werden die Filter mit zwei Pegeln von bis zu +10dBm am Filtereingang beaufschlagt. Auf der anderen Seite wollen wir am Ausgang des Filters IP3-Produkte nachweisen und messen, die sich teilweise im Bereich von -120dBm bewegen. Wenn dann noch die beiden Doppeltöne (abgeschwächt) den Spektrum Analyser belasten, wird es für seine eigene Intermodulationsfreiheit sehr eng. Bei all diesen Messungen wurden sorgfältige Kontrollen mit zugeschalteten Dämpfungsgliedern durchgeführt. Trotzdem sollten die Messungen in der Nähe vom Durchlassbereich irgendwann noch mit modernen Spektrum Analysatoren wiederholt werden.

Sollten sich die Verstärker irgendwelche Störungen einfangen, können Filter hinter den PAs hilfreich sein.

Im Text erkläre ich auch, in welchen Fällen ein Vorverstärker nützlich ist und wann nicht.

2.19.1 Bandpass 40m

Betrachtet wird hier der Bandfilter aus meinem TRX2012-Bandpassmodul. Der Filter ist sehr schmal und steil und hat nur eine Bandbreite von 3,7% (Mesh-Filter). Das nebenstehende Bild zeigt die S21-Filterkurve.



An dieser Stelle werden drei Fälle bei der IP3-Messung untersucht.

Fall 1: Störsignale liegen weit **unterhalb** vom Durchlassbereich

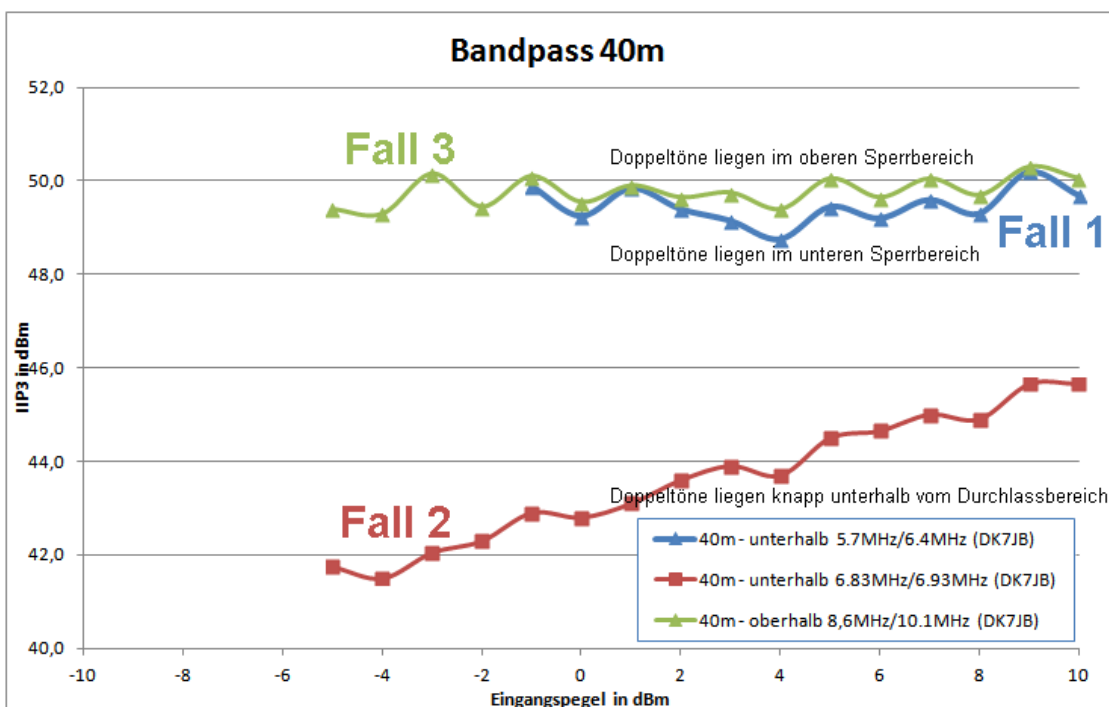
Fall 2: Störsignale nur **leicht unterhalb** vom Durchlassbereich

Fall 3: Störsignale liegen weit **oberhalb** vom Durchlassbereich

Beginnen möchte ich aber mit den Ergebnissen und dann wird auf die drei Fälle und die Schwierigkeiten und Fallstricke bei den Messungen eingegangen.

2.19.1.1 Erste Ergebnisse

Die vorgestellte Filterkurve zeigt einen guten steilflankigen und schmalen Bandpass für das 40m Band. Die folgenden beschriebenen IP3-Messungen im Sperrbereich zeigen einen konstanten **IIP3-Wert von fast +50dB (Fall 1 und Fall 3)!** Hier liegen die Störpegel weit im Sperrbereich. Eigentlich könnte man sich an dieser Stelle zufrieden zurücklehnen und an anderer Stelle weiterbasteln ;-) – wenn nicht die Neugierde wäre ...



Das Bild zeigt für alle drei Fälle die IIP3-Werte.

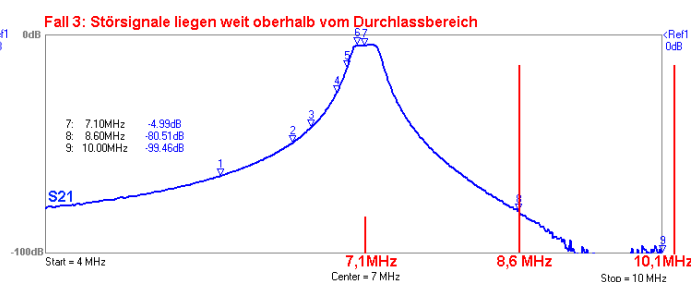
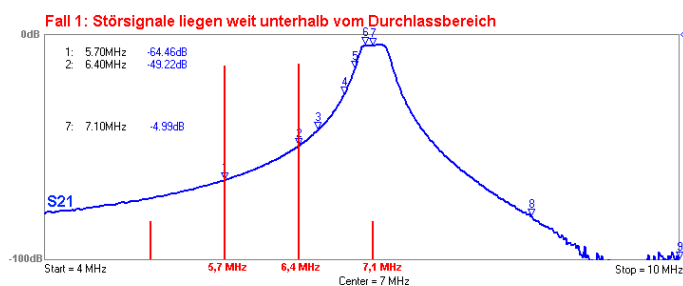
Interessanter ist der **Fall 2**, bei dem die Störsignale nur wenig unterhalb von Durchlassbereich liegen. Ähnlich wie bei den Quarzfilter kann hier ein pegelabhängiger IP3-Wert beobachtet werden!

Bei dieser Messung liegen die Störpegel bei 6,83 MHz und 6,93 MHz und somit sehr nahe am Filtertop. Erklärungen habe ich für diesen Effekt bislang keine.

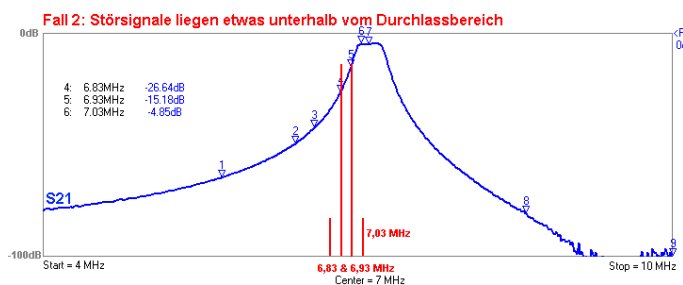
Auf das große **ABER** möchte ich auf nun näher eingehen. Zuerst beginne ich mit den leichteren Fällen 1 & 3.

2.19.1.2 Fall 1 & 3: Störsignale liegen weit unterhalb/ oberhalb vom Durchlassbereich

Die beiden folgenden Bilder zeigen übersichtlich, wie die Störsignale gegenüber der Filterkurve liegen. Da sie weit außerhalb des Durchlassbereiches liegen, werden sie sehr stark abgedämpft und können so die weiteren Messungen nicht verfälschen. Nun macht auch ein rauscharmer Vorverstärker zwischen Bandpass und Spektrum Analyser Sinn. Verwendet wurde der 4*J310-Verstärker, wie ich ihn ausführlich in meinem TRX2012 Basteltagebuch Band 1 beschrieben habe (bei 7MHz: G=12dB; NF=1,3dB; S11=-30dB; S22=-20dB;). Auf diese Weise kann das Signal um 12 dB aus dem Eingangsrauschen des Spektrum Analysers heraus angehoben werden.



2.19.1.3 Fall 2: Störsignale nur leicht unterhalb vom Durchlassbereich



Im Gegensatz zu der eben beschriebenen Situation, werden nun die beiden Störpegel nur noch wenig abgeschwächt, da sie auf der Filterflanke in der Nähe vom Durchlassbereich liegen. Im Durchlassbereich beträgt die Dämpfung 5dB.

An dieser Stelle macht ein Vorverstärker keinen Sinn oder dessen Ergebnisse sollten kritisch überprüft werden!

Wenn die beiden Störsignale bei 6,83 MHz und 6,93 MHz liegen, wird das obere Signal nur noch um zusätzliche 10dB gedämpft.

In der nebenstehenden Tabelle findet ihr alle Messwerte

Fall 2

$f_1 = 6,83 \text{ MHz}$

$f_2 = 6,93 \text{ MHz}$

Töne liegen unterhalb vom Durchlassbereich
Intermodulationsprodukt liegt im Durchlassbereich

P_{in}	P_{out}	P_{IM+}	IMD_+	$IIP3_+$	$OIP3_+$
10	5	-66,3	71,3	45,7	40,7
9	4	-69,3	73,3	45,7	40,7
8	3	-70,8	73,8	44,9	39,9
7	2	-74,0	76,0	45,0	40,0
6	1	-76,3	77,3	44,7	39,7
5	0	-79,0	79,0	44,5	39,5
4	-1	-80,4	79,4	43,7	38,7
3	-2	-83,8	81,8	43,9	38,9
2	-3	-86,2	83,2	43,6	38,6
1	-4	-88,2	84,2	43,1	38,1
0	-5	-90,6	85,6	42,8	37,8
-1	-6	-93,8	87,8	42,9	37,9
-2	-7	-95,6	88,6	42,3	37,3
-3	-8	-98,1	90,1	42,1	37,1
-4	-9	-100,0	91,0	41,5	36,5
-5	-10	-103,5	93,5	41,8	36,8

6,93MHz- Pegel am Filterausgang	Differenz zum Intermodulations- produkt
-5	-61,3
-6	-63,3
-7	-63,8
-8	-66,0
-9	-67,3
-10	-69,0
-11	-69,4
-12	-71,8
-13	-73,2
-14	-74,2
-15	-75,6
-16	-77,8
-17	-78,6
-18	-80,1
-19	-81,0
-20	-83,5

P_{in} : Störpegel am Filtereingang

P_{out} : Störpegel minus Filterdämpfung

P_{IM+} : Pegel des Intermodulationsproduktes

IMD_+ : Intermodulationsfreier Raum

$IIP3_+$: Eingangs-IP3

$OIP3_+$: Ausgangs-IP3

6,93MHz Pegel: Pegel, mit dem hinter dem Filter das 6,93 MHz-Signal noch zu messen ist

Differenz: Differenz des 6,93 Signals hinter dem Filter zum Intermodulationsproduktes

Wenn man sich hinter dem Filter die Differenz des oberen Störpegels zum Intermodulationsproduktes ansieht, wird deutlich, dass die Eingangsschaltung vom Spektrum

Analysator auf eine harte Probe gestellt wird. Dies gilt für die kleineren Eingangspegel. Natürlich habe mit dem Eingangsabschwächer des Spektrum Analysators gespielt, ob feststellen zu können, ob der Analyser die Messungen begrenzt. Hier konnte ich aber keine Auswirkungen feststellen.

Bei all der gebotenen Vorsicht ist doch bemerkenswert, dass ähnliche Effekt wie bei den Quarzfiltern, zu beobachten sind.

2.19.1.4 Das zugrunde liegende Zahlenmaterial

40m Bandpass

Dämpfung
des Filters im
Durchlass-
bereich in dB

5

Fall 1

$f_1 = 5,7 \text{ MHz}$

$f_2 = 6,4 \text{ MHz}$

Fall 3

$f_1 = 8,6 \text{ MHz}$

$f_2 = 10,1 \text{ MHz}$

Fall 2

$f_1 = 6,83 \text{ MHz}$

$f_2 = 6,93 \text{ MHz}$

Töne liegen unterhalb vom Durchlassbereich
Intermodulationsprodukt liegt im
Durchlassbereich

Töne liegen oberhalb vom Durchlassbereich
Intermodulationsprodukt liegt im
Durchlassbereich

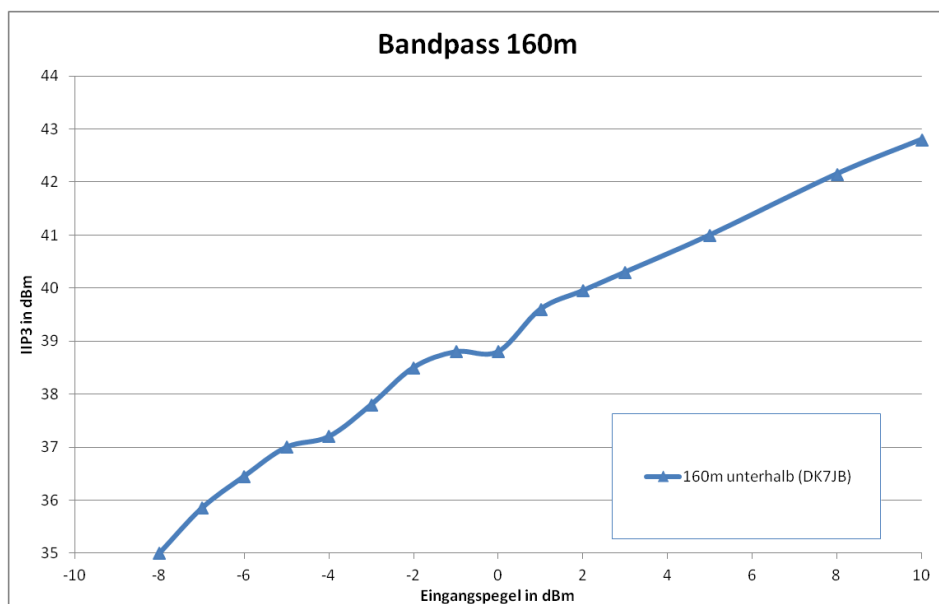
Töne liegen unterhalb vom Durchlassbereich
Intermodulationsprodukt liegt im
Durchlassbereich

Hier findet ihr die
vollständige
Datenbasis:

P_{in}	P_{out}	P_{IM-}	IMD ₋	IIP3 ₋	OIP3 ₋	P_{IM+}	IMD ₊	IIP3 ₊	OIP3 ₊	P_{IM+}	IMD ₊	IIP3 ₊	OIP3 ₊
10	5	-74,4	79,4	49,7	44,7	-75,1	80,1	50,1	45,1	-66,3	71,3	45,7	40,7
9	4	-78,4	82,4	50,2	45,2	-78,6	82,6	50,3	45,3	-69,3	73,3	45,7	40,7
8	3	-79,6	82,6	49,3	44,3	-80,4	83,4	49,7	44,7	-70,8	73,8	44,9	39,9
7	2	-83,2	85,2	49,6	44,6	-84,1	86,1	50,1	45,1	-74,0	76,0	45,0	40,0
6	1	-85,4	86,4	49,2	44,2	-86,3	87,3	49,7	44,7	-76,3	77,3	44,7	39,7
5	0	-88,9	88,9	49,5	44,5	-90,1	90,1	50,1	45,1	-79,0	79,0	44,5	39,5
4	-1	-90,5	89,5	48,8	43,8	-91,8	90,8	49,4	44,4	-80,4	79,4	43,7	38,7
3	-2	-94,3	92,3	49,2	44,2	-95,5	93,5	49,8	44,8	-83,8	81,8	43,9	38,9
2	-3	-97,8	94,8	49,4	44,4	-98,3	95,3	49,7	44,7	-86,2	83,2	43,6	38,6
1	-4	-101,7	97,7	49,9	44,9	-101,8	97,8	49,9	44,9	-88,2	84,2	43,1	38,1
0	-5	-103,5	98,5	49,3	44,3	-104,1	99,1	49,6	44,6	-90,6	85,6	42,8	37,8
-1	-6	-107,8	101,8	49,9	44,9	-108,2	102,2	50,1	45,1	-93,8	87,8	42,9	37,9
-2	-7					-109,9	102,9	49,5	44,5	-95,6	88,6	42,3	37,3
-3	-8					-114,3	106,3	50,2	45,2	-98,1	90,1	42,1	37,1
-4	-9					-115,6	106,6	49,3	44,3	-100,0	91,0	41,5	36,5
-5	-10					-118,8	108,8	49,4	44,4	-103,5	93,5	41,8	36,8

2.19.2 Bandpass 160m

Um den beobachteten Effekt mit dem pegelabhängigen IP3 noch besser untersuchen zu können, bin ich beim 160m-Bandpass noch etwas näher an den Durchlassbereich gegangen. Die Störpegel liegen etwas unterhalb vom Durchlassbereich:



Hier ist der Effekt mit dem pegelabhängigen IP3-Wert noch stärker zu beobachten. Die beim 40m Bandpass geäußerten kritischen Anmerkungen gelten natürlich auch für diese Messungen! Selbst wenn die ersten fünf Ergebnisse mit den niedrigsten Pegeln durch die Nähe zum Grundrauschen verfälscht sein sollten, ist der Effekt trotzdem deutlich zu erkennen.

160m Bandpass

des Filters im
Durchlass-
bereich in dB

1,4

$f_1 = 1,76 \text{ MHz}$

$f_2 = 1,66 \text{ MHz}$

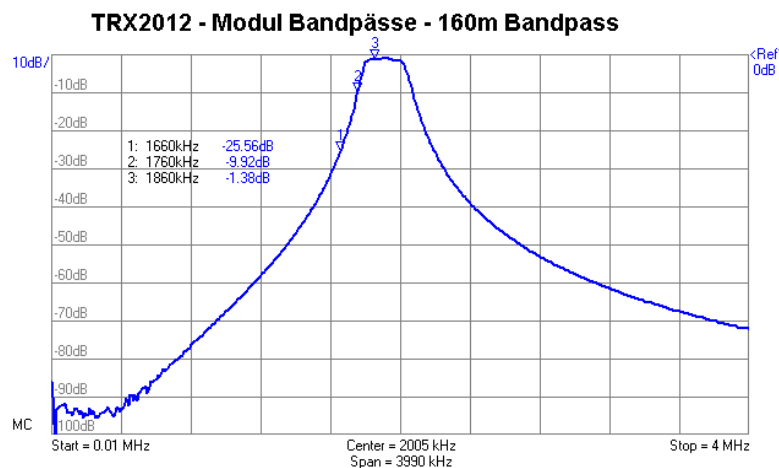
ip3 Produkt bei
1,86MHz

Töne liegen unterhalb vom Durchlassbereich
Intermodulationsprodukt liegt im
Durchlassbereich

P _{in}	P _{out}	P _{IM}	IMD	IIP3	OIP3
10	8,6	-57,0	65,6	42,8	41,4
8	6,6	-61,7	68,3	42,15	40,75
5	3,6	-68,4	72	41	39,6
3	1,6	-73,0	74,6	40,3	38,9
2	0,6	-75,3	75,9	39,95	38,55
1	-0,4	-77,6	77,2	39,6	38,2
0	-1,4	-79,0	77,6	38,8	37,4
-1	-2,4	-82,0	79,6	38,8	37,4
-2	-3,4	-84,4	81	38,5	37,1
-3	-4,4	-86,0	81,6	37,8	36,4
-4	-5,4	-87,8	82,4	37,2	35,8
-5	-6,4	-90,4	84	37	35,6
-6	-7,4	-92,3	84,9	36,45	35,05
-7	-8,4	-94,1	85,7	35,85	34,45
-8	-9,4	-95,4	86	35	33,6

Hier findet ihr wieder meine Messdaten:

Das nebenstehende Bild zeigt die Messwerte und das Bild unten auf der Seite die zugehörige S21-Filterkurve



2.19.3 Überprüfung der Messgenauigkeit der Pegel beim HP8594Q

In meiner großen IP3-Zusammenfassung findet ihr die wichtigsten Überprüfungen.

Die Genauigkeit, mit der mein Spektrum Analyser Pegel misst. Als Pegelgenerator habe ich den XG2 von Elecraft verwendet und ihn auf 7,039 MHz gestellt. Dieser Pegelgenerator kann einen -73dBm und einen -107dBm Pegel abgeben.

-117dBm: Egal was ich am Spektrum Analysator einstelle, werden -74,25dBm bis -74,62dBm angezeigt. (RES BW 300Hz oder 1kHz) und (VBW 10Hz bis 1kHz)

-107dBm: Es werden 107,00dBm angezeigt (Punktlandung ;-)) mit RES_BW 300Hz und VBW 1Hz

-110dBm mit 3dB Dämpfungsglied erreicht: Das Rauschen wird nun stärker und liegt bei -115dBm. Das Signal liegt bei -108,9dBm bis -110,5dBm.

-113dBm mit 6dB Dämpfungsglied erreicht: Das Rauschen liegt nun zwischen -114,5dBm und -115,7dBm. Das Signal liegt bei -111,6dBm bis -112,9 dBm.

Die Messungen haben gezeigt, das bei niedrigen Frequenzen die Pegelanzeige bei Sinussignalen ausgezeichnet ist. Was will man mehr!

2.19.4 Wo treten noch komische IP3-Effekte auf?

Improving IP3 with Current Stabilization - MGA-53543: www.avagotech.com/docs/5989-2786EN

2.19.5 Fazit zu den IP3-Messungen

Der hier beschriebenen pegelabhängige IP3-Wert war eine interessante und spannende Untersuchung. Insgesamt bin ich mit meinem Filtermodulen sehr zufrieden. Bei den Bandpässen kann ich nicht vorstellen, dass im späteren Einsatz sie sich irgendwelche Intermodulationsprodukte „einfangen“. Da der Empfänger für die niedrigeren Bänder sowieso zu empfindlich sein wird (Antennen- und Hintergrundrauschen), werden den Bandpässen vermutlich 10-20dB Dämpfungsglieder vorgeschaltet. Bei den Messungen an den Filterflanken hat sich gezeigt, dass die Modellvorstellung, die hinter dem IP3-Konzept steckt ihre deutlichen Grenzen zeigt. Irgendwelche Effekte verursachen einen sinkenden IP3-Wert, wenn auch die Störpegel sinken. Wenn dies nicht auf irgendwelche unberücksichtigten Randbedingungen bei der Messung zurückzuführen ist, haben wir ein ‚Problem‘, da die gemessenen IP3-Werte eigentlich keine Aussagekraft mehr haben. Letztlich haben wir nach einer Möglichkeit gesucht um beurteilen zu können, ob die Filter irgendwelche Intermodulationen erzeugen können. Wenn aber die Modellvorstellung, die hinter dem IP3-Model versagt, ist eine nachfolgende Aussage eigentlich nicht mehr zulässig.

Um realitätsnahe Aussagen treffen zu können, müsste man eigentlich das Messobjekt mit einer Vielzahl von Störungen beaufschlagen, wie es in der Industrie teilweise auch mit der "Noise power ratio" (Rauschklimrmessung) durchgeführt wird.

Ich weise an dieser Stelle nochmals auf das entsprechende Kapitel in Band 2 über IP3-Messungen an Quarzfiltern hin.

3 Der Bausatz Bandpass-Modul

Nachdem die ersten Messergebnisse bekannt waren, wurde ich „bearbeitet“ doch einen Bausatz zu erstellen. In der engeren Planungsgruppe sind nun Eric, Dietmar DL2BZE, Horst dj6ev und ich. Ein Satz Platinen geht auch an Uli DF5SF.

Als Relais werden nun keine bistabilen Relais mehr verwendet um die Anzahl der Steuerleitungen zu reduzieren. Störungen, die von der Steuereinheit kommen, konnten nicht festgestellt werden. Alle bisher bekannten „Übersprecher“ sind durch zu viele Steuerleitungen entstanden.

Als erstes haben wir überlegt die Relais OMRON „G6K-2P“ zu verwenden. Aufgrund des Preises sind wir übergegangen zu Omron Relais G6S 5V oder dem Vergleichstyp NAIS TX2 5V (SMD Version).

In Kapitel 2.17. „Die (fast) Fertigstellung des Moduls“ findet ihr ein Bild mit der Darstellung der Relaisbeschaltung.

Wegen dem Layout wurden zwischenzeitlich folgende Überlegungen angestellt, die sich in unserem Frequenzbereich aber als nicht relevant erwiesen haben.

Zum Layout:

Der Leiterzug vom Eingang (bei Dir TP1) hat so etwa 50 Ohm, aber er geht dann viel hochohmiger weiter. In diversen Programmen (z. Bsp. RF-Sim99) ist die Berechnung von Striplines enthalten. Wir brauchen zwar nicht päpstlich sein als der Pabst, es reicht so in etwa die 50 Ohm zu haben. Noch schlimmer ist jedoch die sich ergebende Stichleitung vom ersten Filtersegment aus gesehen. Das letzte Filtersegment „sieht“ nur die vom TP1 kommende Leitung, aber die anderen Segmente sehen eine mehr oder weniger lange offene Leitung! Mit dem VNWA kannst Du ja mal messen, wo die Resonanz liegt. Im Wesentlichen wird sich ein Saugkreis mit enormer Kerbwirkung zeigen! Wenn die Resonanz weit oberhalb des jeweiligen Durchlassbereiches liegt kann das sogar gut sein, aber ich würde es vorher mal messen. Hinzu kommen mehrere kleinere Stichleitungen, die von der HF-Sammelschiene jeweils zu den offenen Schließern der Relais führen. Diese dürften aber so kurz sein, dass sie im KW-Bereich nicht stören.

Es gibt eine Alternative:

Wir haben ja Wechslerkontakte. Das höchstfrequente Filtermodul sitzt gleich hinter dem HF Einspeisepunkt und das Signal geht zunächst auf den ersten gemeinsamen Kontakt des Wechslers (also der „Mittelpunkt“ des Umschalters). In Ruhe wird die HF über den „Öffner-Kontakt“ zur nächsten Stufe auf den Mittelkontakt geleitet. Der Arbeitskontakt eines jeden Relais geht dann immer zum eigentlichen Filter.

Somit hängen die unbenutzten Filter zwar in der „Luft“, aber wir haben keine Stichleitungen mehr. Der letzte (niederfrequente) Bereich bräuchte dann kein Relais mehr, er ist wenn keine der vorhergehenden Bereichsrelais angezogen hat, immer aktiviert. Allerdings durchläuft das HF Signal dann mehrere der Öffnerkontakte.

Da wir ja Eingang und Ausgang der Filter umschalten, sind recht viele Kontakte im Spiel!

Von daher ist das Problem „Frittung“ (durch die Kontakte sollte immer ein kleiner Gleichstrom fließen, der im Umschaltmoment den Kontakt „freibrennt“) schon wichtig.

Da die Relais jeweils einen unbenutzten Schalter haben könnte dieser verwendet werden um die inaktiven Filterbänke an Ein- bzw. Ausgang nach Masse kurzzuschließen.

Mit dem VNWA konnte die hier befürchtete Problematik nicht sichtbar gemacht werden. Aus diesem Grund haben wir uns für das „alte“ Layout entschieden, da es viel einfacher ist und die Gefahr von Übersprechen usw. kleiner ist

Eine kleine Zusammenfassung zum Thema Steuermodul:

Hier nun einige Infos zum Steuermodul:

Gesteuert wird das Bandfilter-Modul mit einem ATmega168, damit man die völlige Kontrolle und ein intelligentes Modul hat. Die Ansteuerung über I2C wird in meiner Baumappe beschrieben. Ein Drehschalter mit sieben Stellungen erlaubt eine manuelle Umschaltung der Filterbänke oder den I2C-Modus:

- Filterbänke 1-5
- alle Filter aus
- Steuerung über I2C

Am Drehschalter hängt ein Spannungsteiler, dessen Stellung über einen AD-Wandler ausgewertet wird.



Miniaturdrehschalter 7S/2E/rt
vom FUNKAMATEUR

Es wird der vom FUNKAMATUER vertrieben Schalter 7S/2E/rt verwendet. Andere Quellen sind mir nicht bekannt.

Es gibt zwei Möglichkeiten der Spannungsversorgung. Zum einen über den I2C Stecker, der nach dem Standard des Roboternetzes aufgebaut ist. Auf diese Weise sind alle I2C-Stecker bei mir gleich beschaltet, was ich sehr praktisch finde.

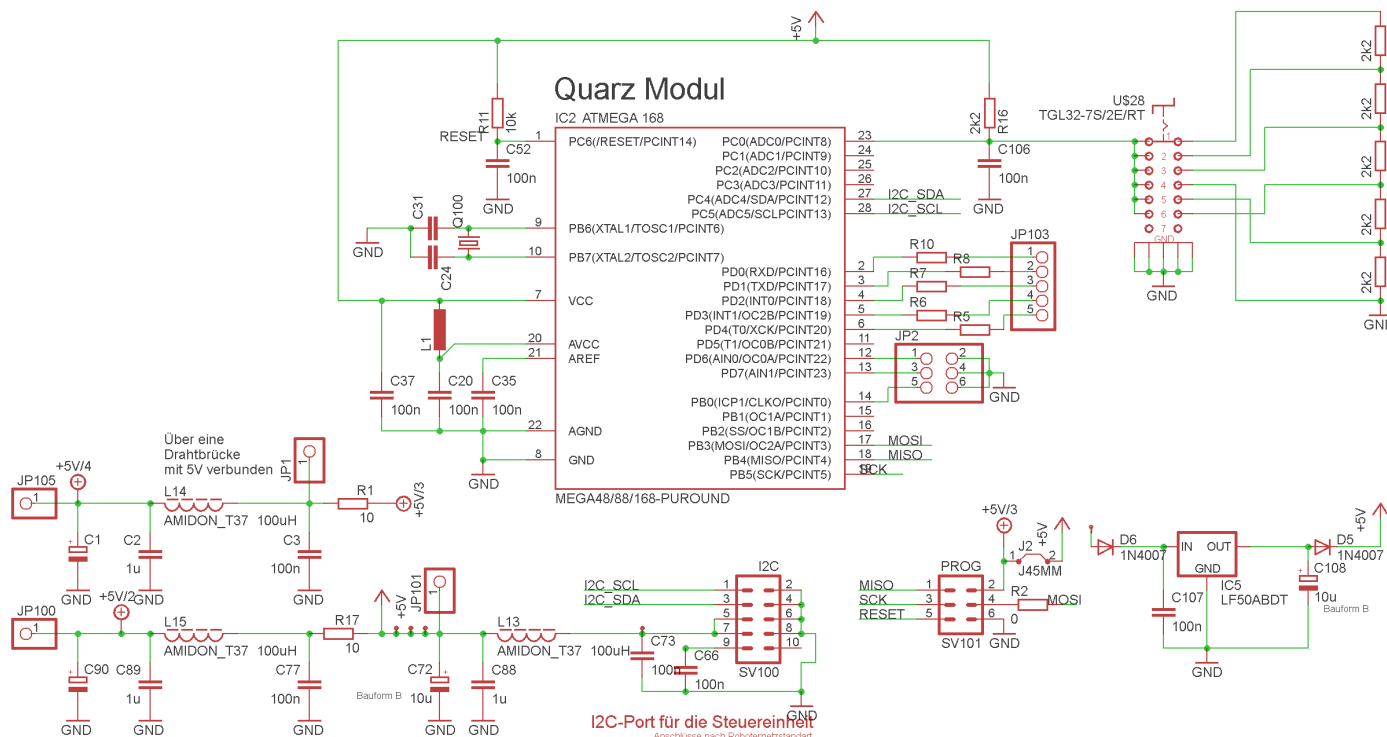
Will man nicht den 5V Eingang des I2C-Stecker nutzen, kann eine externe Spannung (6-17V) an den eingebauten rauscharmen Festspannungsregler angeschlossen werden. Hier empfehle ich als Anschlußmöglichkeit einen Durchführungskondensator. Die Bauteile für die Eingangsrossel werden dann freitragend eingebaut. Natürlich dürfen beide Quellen nicht gleichzeitig verwendet werden! Der I2C Stecker ist nicht gegen Verpolung gesichert um einem möglichen Spannungsabfall an der Diode aus dem Weg zu gehen.

Die vielen VIAs unter dem Festspannungsregler dienen der besseren Wärmeabfuhr.

Die Spannungsversorgung für die Relais ist auf zwei Stränge aufgeteilt, die einzeln verdrosselt werden. An dem einen Strang hängen die Eingangsrelais und an dem anderen Strang die Ausgangsrelais.

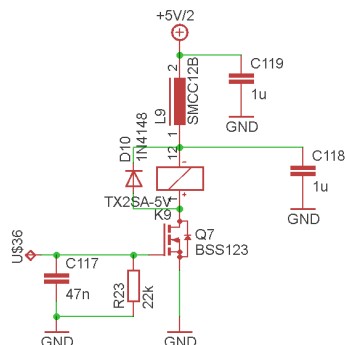
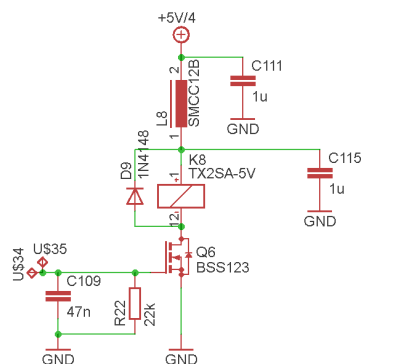
Der aktuelle Stand beim Layout:

- Für die unteren und die oberen Bänder wird es ein unterschiedliches Layout geben, da nicht dieselben Topologien verwendet werden.
- Zur leichten Fehlersuche soll noch jede Relaisansteuerung mit einer LED versehen werden.
- Die doppelte RC Entkopplung (wie beschrieben) fehlt auch noch im Layout. Vielleicht ist es sogar besser, wenn sie frei verdrahtet wird.
- Soll die Spannungsversorgung durch einen Durchführungskondensator vom Steuermodul zu den Filterbänken geführt werden oder über eine Leiterbahn und eine kleine Einkerbung in der Trennwand? Die Lösung mit dem Durchführungskondensator ist bewährter und die Lösung mit der Einkerbung in der Trennwand und dem gedrucktem Leiterzug eleganter. Was könnt ihr empfehlen?
- **Es ist keine Diode gegen Verpolung vorgesehen! Wird ein solcher Schutz gewünscht, muss er nachträglich eingebaut werden.**



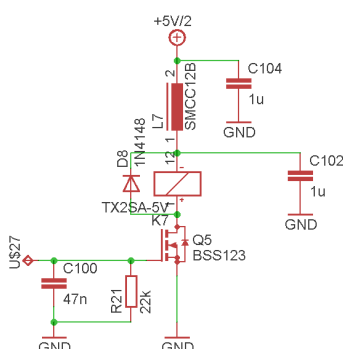
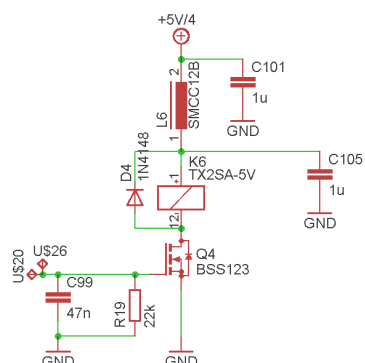
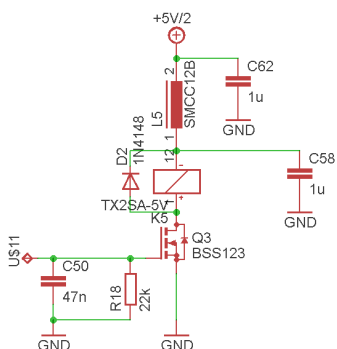
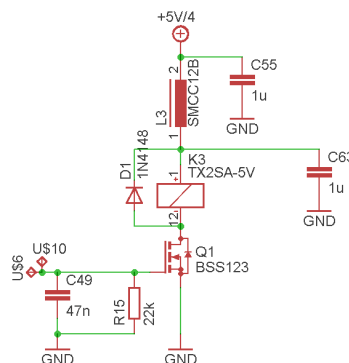
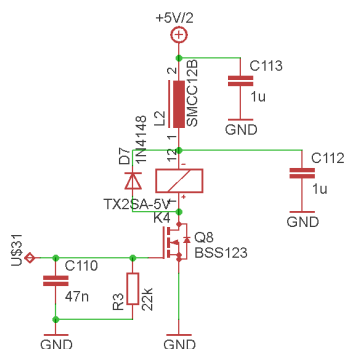
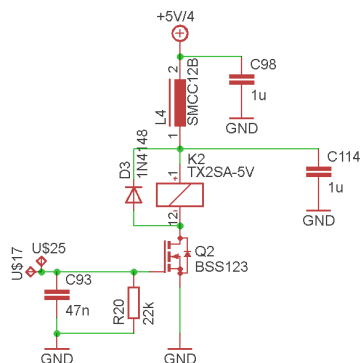
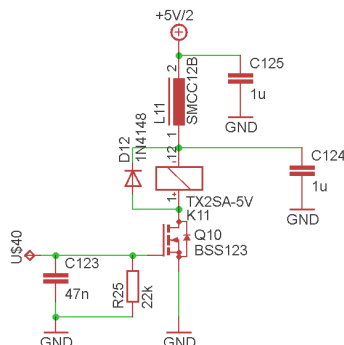
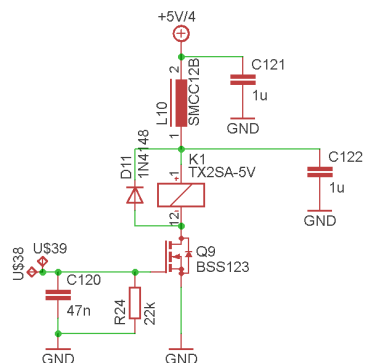
Schaltplan: Abschnitt Steuermodul



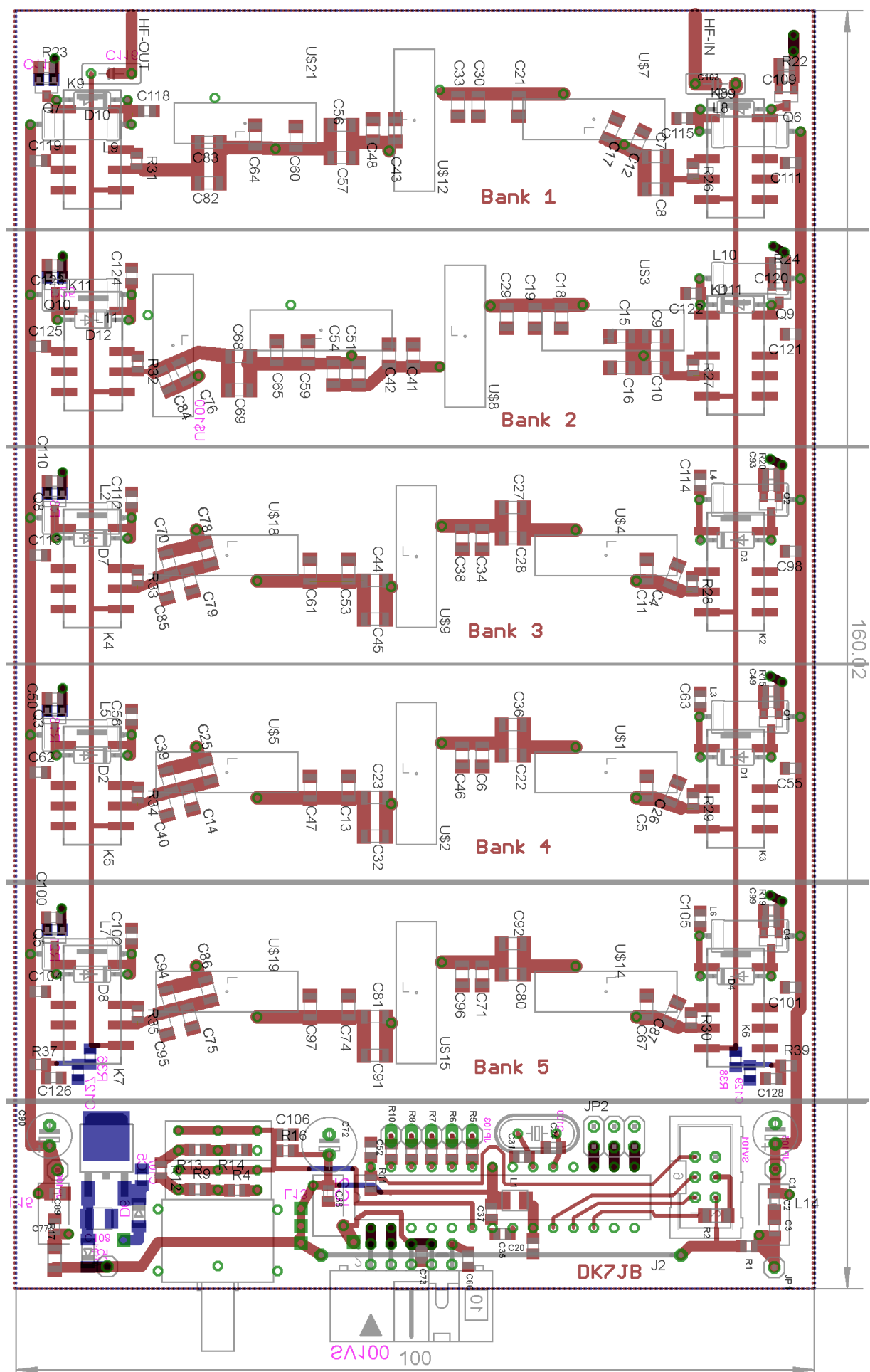


ACHTUNG: Bei der rechten Spalte ist bei den fünf Relais die Polung der Relaispulen vertauscht!

Die Lösung folgt in diesem Kapitel.



Schaltplan: Abschnitt Relais



3.1 Aufbauhinweise

Die Platinen sind mit bleihaltigem Lötzinn verzinnt und durchkontaktiert.

Ihr müsst selbst überlegen, ob irgendein Schritt vergessen worden ist ;-).

- Die Ränder müssen noch mit etwas Schmirgelpapier nachgearbeitet werden.
- Am Eingang und am Ausgang müssen noch zwei kleine Ausschnitte mit der Feile für die SMA-Buchsen entfernt werden.
- Anschließend werden die Relais und die Relaisbeschaltung aufgebaut.
- Mit einem 5V Netzteil die Relais testen.
- Platine mit den Relais nach unten in das Schubert-Gehäuse legen.
- Aus altem Platinenmaterial ein bis zwei Streifen unter die Relais legen und dann die Platine auf der Oberseite rundherum am Gehäuse anzeichnen.
- I2C-/ und SMA Stecker und Drehschalter anzeichnen und das Gehäuse bearbeiten.
- Platine in das Schubert-Gehäuse einbauen und verlöten.
- Steuerungsmodul aufbauen. Auf den Fotos könnt ihr erkennen welche Bauteile auf die Vorder-/Rückseite kommen. In Kapitel 2.17. „Die (fast) Fertigstellung des Moduls“ findet ihr ein Bild mit der Darstellung der Relaisbeschaltung.
- Erste Trennwand am Steuerungsmodul einbauen. Hierbei die Löcher für die Durchführungskondensatoren für die Relaissteuerung nicht vergessen.
- Die Relaissteuerung vollständig verkabeln. Ich empfehle hierbei Draht mit einer Teflon-Ummantelung zu verwenden, da im Weiteren noch viel in dieser Region gelötet wird.

	Filterbank	
PD0(RXD/PCINT16)	2	1
PD1(TXD/PCINT17)	3	2
PD2(INT0/PCINT18)	4	3
PD3(INT1/OC2B/PCINT19)	5	4
PD4(T0/XCK/PCINT20)	6	5

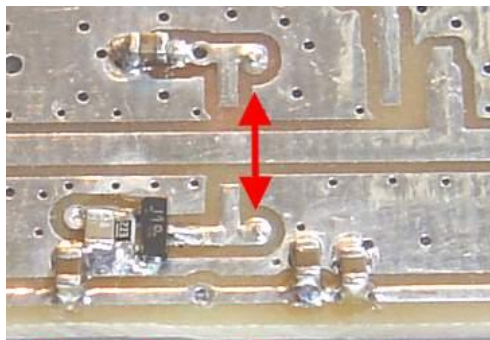
Verwendet bitte diese Beschaltung der Filterbänke, damit später auch die Firmware passt!

- ATmega programmieren und mit dem Drehschalter die Funktion der Relais testen.

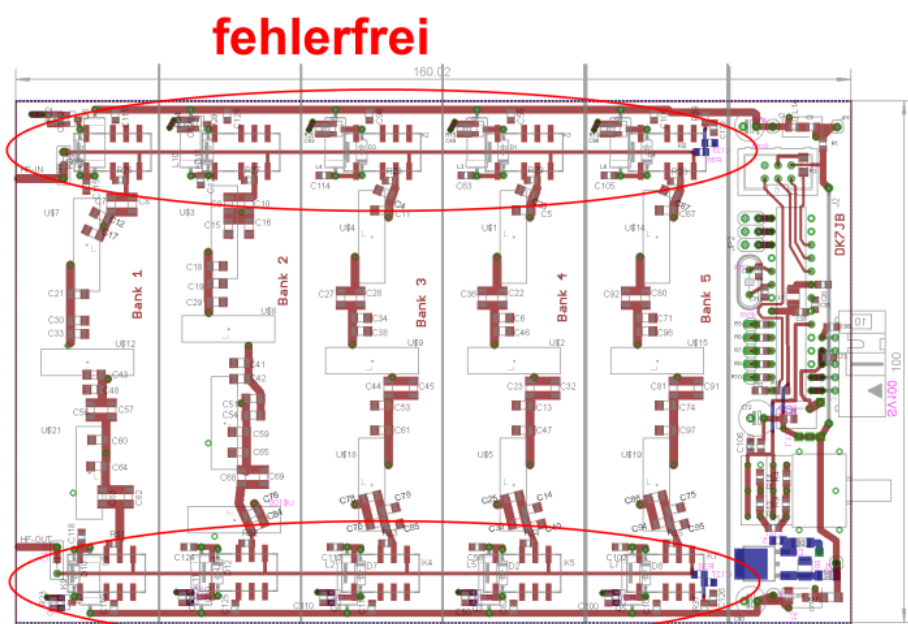
3.2 Fünf verpolte Relaispulen

Leider wurden fünf Relaispulen verpolt. Ich habe keine Ahnung warum sie nicht trotzdem funktionieren.

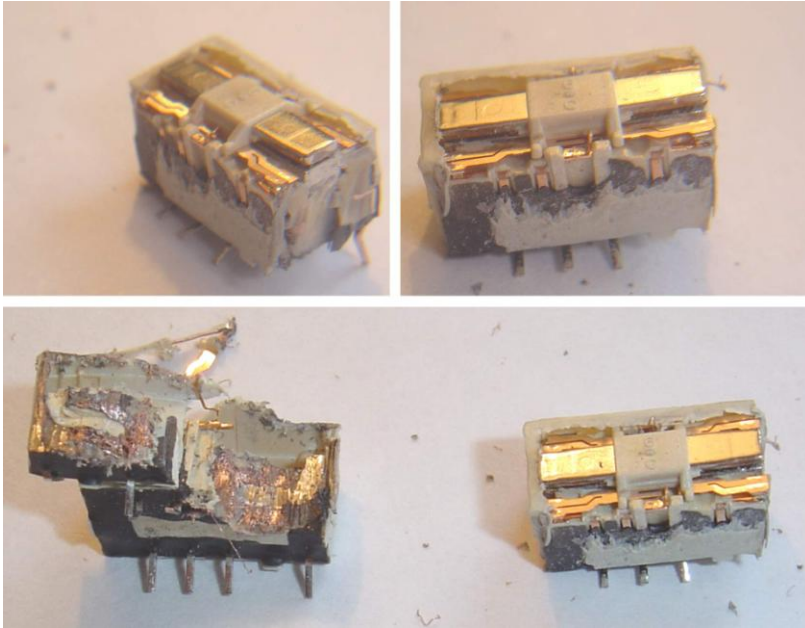
Dioden sind nach meinem Kenntnisstand nicht eingebaut.



Diese Anschlüsse müssen vertauscht werden.



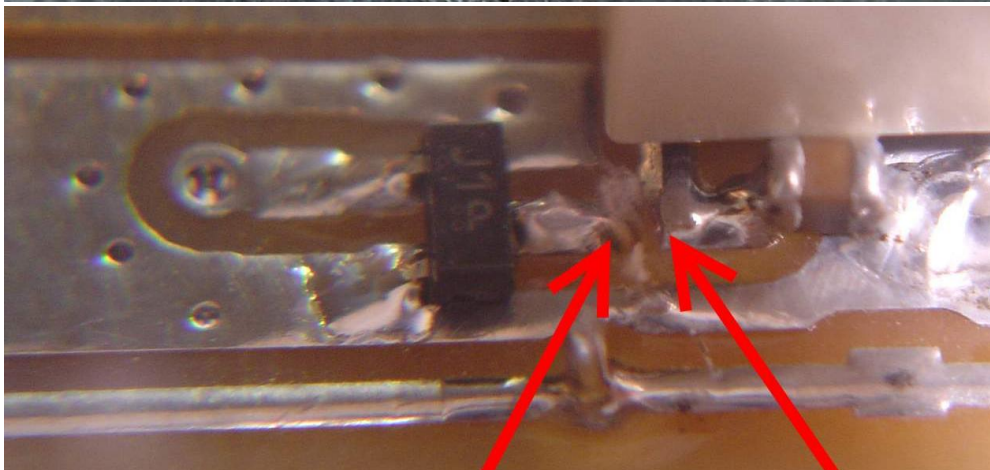
fünf kleinere Fehler



Hier einige Bilder von zwei geschlachteten Relais.

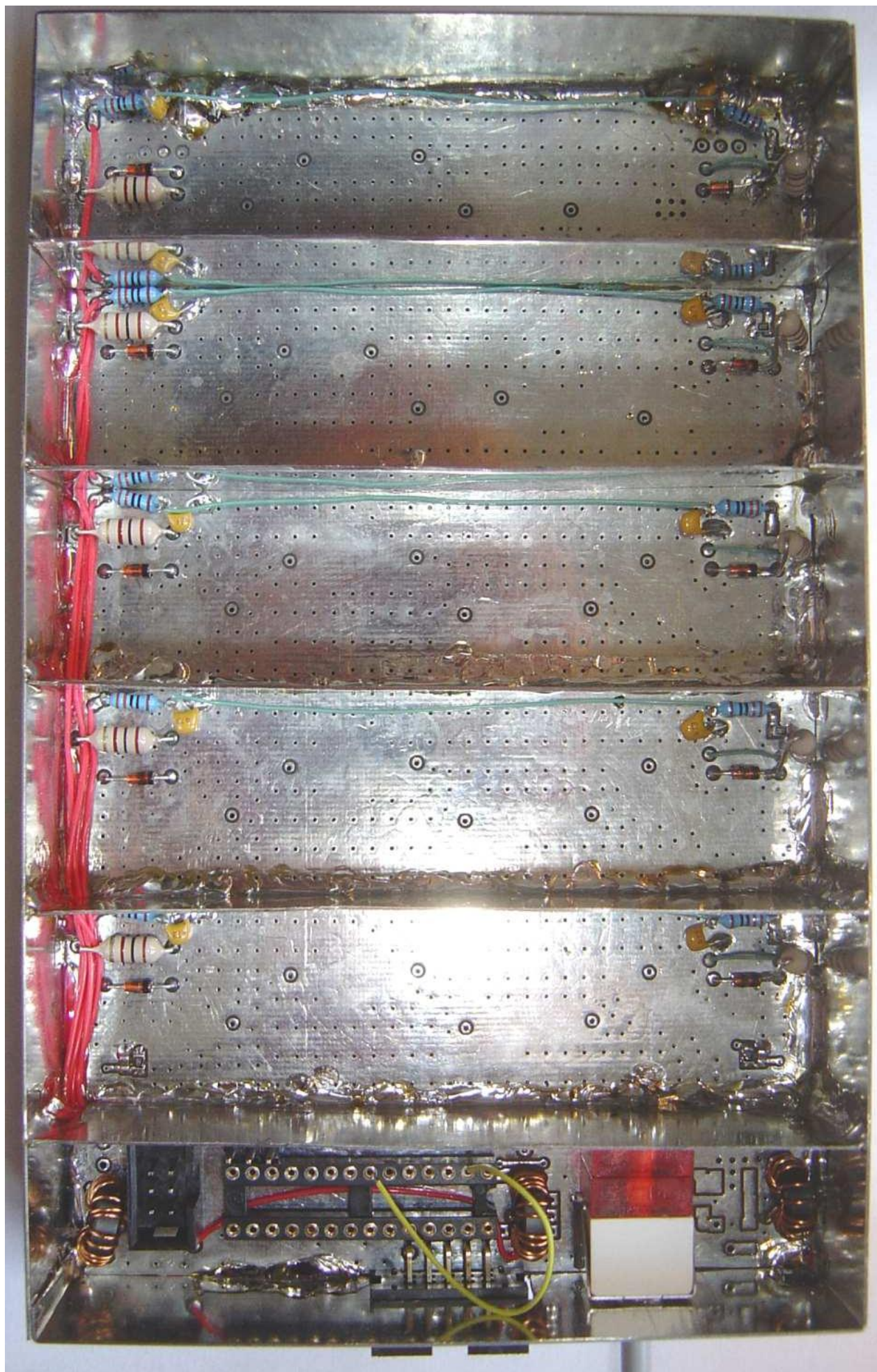
Die Lösung des Problems:

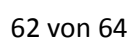
Die Lösung des Problem ist eigentlich recht einfach. Bei den fünf betroffenen Relais muss eine Leiterbahn durchtrennt werden. Am Drain der FETs müssen jeweils kleine Drähte angelötet werden, die zu der anderen Seite der Relaisspule führen. Hierfür müssen am Drain der FETs kleine 0,6mm Löcher gebohrt werden. Wenn man dann noch die Dioden verpolt und die Drosseln wie auf dem Foto anlötet, ist man fertig ;-).



**Draht zur anderen Seite
der Relaisspule**

**Leiterbahn
durchtrennen**





4 Anhang

ANHANG

Anhang A Überschrift