

**Ergänzungen zu Artikel:**

## **Großsignalfester Preselektor für 160 m bis 20 m mit +40 dBm IP3**

**Hoffelner, K., OE3HKL; Hoffelner, A., AHo**  
**[www.oe3hkl.com](http://www.oe3hkl.com)**

FUNKAMATEUR 59 (2010) H. 2, S. 182–185



20. Jänner 2010 Version V02

Hoffelner, K., OE3HKL; Hoffelner, A.: Großsignalfester Preselektor für 160 m bis 20 m mit +40 dBm IP3 (1).

FUNKAMATEUR 59 (2010) H. 2, S. 182–185.

# Inhaltsverzeichnis

1	Theorie Ergänzungen.....	3
1.1	Schwingkreisgüte .....	3
1.2	Bandfilter .....	7
1.3	Berechnung der Tiefpässe .....	9
2	Praxis Ergänzungen .....	10
3	Messergebnisse Ergänzungen.....	13
3.1	Übertragungs- und Reflexionsdämpfungskurven der Bandfilter.....	13
3.2	Übertragungskurven der zusätzlichen Tiefpässe .....	18
3.3	Übertragungskurven der Bandfilter mit den zusätzlich eingebauten Tiefpässen .....	20
4	Abbildungsverzeichnis .....	22

# 1 Theorie Ergänzungen

## 1.1 Schwingkreisgüte

In Abbildung 1 bis Abbildung 3 wird der Messaufbau, die Messwerte und Berechnungen der Schwingkreis – Betriebsgüte  $Q_B$  (für  $50 \Omega$  Abschluss wie im Betrieb eingesetzt) und annähernd die Schwingkreis – Leerlaufgüte  $Q_L$  ( $5 \text{ k}\Omega$  Abschluss) dargestellt. Die Messungen zeigen die Ergebnisse der Spulen ohne und mit Schirmgehäuse aus Leiterplattenmaterial.

In Abbildung 1 bis Abbildung 2 wird der  $40 \text{ m}$  – Kreis dargestellt. In Abbildung 3 wird der  $80 \text{ m}$  – Kreis dargestellt.

Die Untersuchungen wurden durchgeführt, da ein namhafter Fachmann unsere Lösung mit den Printplattengehäusen (zu klein, zu große Wirbelstromverluste) und dem Styropor (zu große Dielektrizitätsverluste) in Frage gestellt hat. Wie die Messungen bewiesen haben, trifft keines dieser Argumente, gegen unsere Ausführung, zu.

### 1.1.1 Printplattengehäuse

Bei einer relativen Permeabilität von 8 (T200-6) und 10 (T200-2) gibt es natürlich Streuungen. Da ein Ringkern vorliegt, schließen sich diese magnetischen Streuflüsse am Umfang verteilt, außen über die Windungen. Da ca.  $5 \text{ mm}$  Abstand vom Kern zu den leitenden CU-Flächen des Gehäuses besteht, wird nur ein Bruchteil dieser Streuflüsse auch in diesen CU-Flächen Induktionsströme erzeugen. Da die Cu-Flächen eine ziemlich niederohmige Impedanz bei Kurzwelle darstellen, kommt es zu einem starken Gegenfeld und somit auch zu keinen nennenswerten Verlusten. Das zusammenbrechende Magnetfeld, der induzierten Ströme, gibt somit seine Energie zum Großteil, wieder an den Schwingkreis zurück.

### 1.1.2 Styroporhalterung

Da Styropor aus hochwertigem Kondensatordielektrikum und noch dazu vorwiegend aus Luft besteht, war es naheliegend anzunehmen, dass dieses die Schwingkreiseigenschaften wenig beeinflusst. Wie bekannt, wird es unter anderem als Halterung für W-Lan-Antennen im GHz-Bereich verwendet. In einem Forschungszentrum wurden die zu kalibrierenden Meßantennen, schon auf Styroporblöcken fixiert, gesehen.

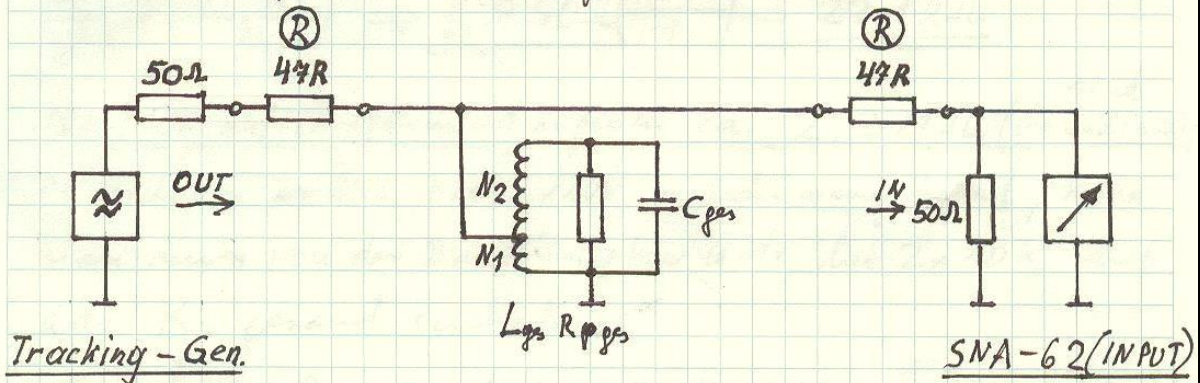
Das Styropor ist eine wunderbar einfache und gute Halterung, für den doch recht schweren Ringkern T200. Außerdem werden die Windungen des Drahtes durch leichtes Eindrücken in das Styropor fixiert und somit wird über die nun stabile Induktivität, auch die Resonanzfrequenz des Schwingkreises konstant gehalten. Styropor wurde auch als einfache, gute Halterung für die T50-Ringkerne, bei den zusätzlichen Tiefpässen TP-A bis TP-C verwendet (siehe Abbildung 12).

Bei den Gehäusen muss unbedingt Epoxyd-Leiterplattenmaterial verwendet werden, um geringe dielektrische Verluste zu gewährleisten!

Messung der Güte einer Schwingkreisspule

Diese sollte immer auf der Betriebsfrequenz und möglichst bei Resonanz gemessen werden.

Meßschaltung eines Schwingkreises für 50Ω Abschluss



$$Q = \frac{f_r}{b}$$

$$Q = \frac{R_p}{\omega L}$$

40 m:  $L_{ges} = 5,0 \mu H (T200)$   
 $N1 = 1 Wdg (0,85 CuL)$   
 $N2 = 20 Wdg (0,85 CuL)$

Gehäuse 55 mm  
 Styropor 5 mm

40 m - Einzelkreis		OHNE GEHÄUSE	MIT GEHÄUSE
<u>Betriebspüte</u>	$f_r$ [kHz]	7.010	6.996
Ⓜ = 2 × 47R (für 50Ω Abschluss des Schwingkreises)	$b$ [kHz]	84	88
	$Q_B$ (Betrieb)	83	80
Ⓜ = 2 × 1k	$f_r$ [kHz]	7.012	7.010
	$b$ [kHz]	32	32
	$Q$	219	219
Ⓜ = 2 × 2k2	$f_r$ [kHz]	7.012	7.006
	$b$ [kHz]	28	30
	$Q$	250	234
Ⓜ = 2 × 10k <u>ca. Leerlaufpüte</u>	$f_r$ [kHz]		7.061
	$b$ [kHz]		27,6
	$Q_L$ (Leerlauf)		256

Abbildung 1: 40 m - Kreis / 1

$$[40m] \cdot [50\Omega(\text{out}) + 47R] \text{ parallel } [47R + 50\Omega(\text{in})] \approx \underline{50\Omega \text{ Abschluss an Anzapfung}}$$

$R'$  = Auftransformierter Widerstand für 50Ω Abschluss

$R_v$  .. Ersatzwiderstand von allen Verlusten (Spule, Kern, ....)

$$\frac{R'}{50\Omega} = \left(\frac{N_1 + N_2}{N_1}\right)^2 \Rightarrow \underline{R' = 50\Omega \left(\frac{1+20}{1}\right)^2 = 22,1k\Omega}$$

10k // 10k auftransformiert ergeben ca. 2,2 MΩ (vernachlässigbar) <sup>sind</sup>

Da sich von 2x2k2 bis 2x10k nur mehr wenig ändert, kann man nun von der Bandbreite bzw Güte bei 2x10k auf das  $R_v$  gesamt schließen.

$$Q = \frac{R_{pp}}{\omega L} \Rightarrow \underline{R_{pp} = Q \cdot \omega \cdot L = 256 \cdot 2\pi \cdot 7,061 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \Omega_s = 56,8k\Omega}$$

$R_p = R_v = 56,8k\Omega$  .. Ersatz-Parallelwiderstand aller Verluste  
(Spule, Kern, Wirbelstromverluste Gehäuse, Dielektrische Verluste Styropor..)

Der Ersatzwiderstand der gesamten Verluste  $R_v$  ist fast 3x so hoch wie die auftransformierten 50Ω ( $R'$ )  
→ Güte und Bandbreite werden fast nur vom auftransformierten 50Ω Widerstand bestimmt ( $R'$ )

Wie man aus der Tabelle auf Seite 1 sieht, ergibt sich mit und ohne Gehäuse kaum ein Unterschied.

Fazit: Einfluss vom Gehäuse 55mm und dem 5mm Styropor kann pausz sicher vernachlässigt werden!!

Abbildung 2: 40 m – Kreis / 2

80 m-Kreis:  $L_{ges} = 42,5 \mu H (T200-2)$   
 $N1 = 2 Wdp (0,45 CuL)$   
 $N2 = 56 Wdp (0,45 CuL)$

+ 5mm Styropor

80 m-Einzelkreis		Mit 55mm Gehäuse
$\textcircled{R} = 2 \times 47 R$ (für 50Ω Abschluss des Schwingkreises)	$f_r [kHz]$	3.500
	$b [kHz]$	70,0
	$Q_B$ (Betrieb)	50
$\textcircled{R} = 2 \times 1k$	$f_r [kHz]$	3.500
	$b [kHz]$	18,2
	$Q$	192
$\textcircled{R} = 2 \times 4k7$	$f_r [kHz]$	3.500
	$b [kHz]$	14,0
	$Q$	250
$R = 2 \times 10k$	$f_r [kHz]$	3.500
	$b [kHz]$	13,8
<u>ca. Leerlaufgüte</u>	$Q_L$ (ca. Leerlauf)	254

$$\frac{R'}{50\Omega} = \left(\frac{N_1 + N_2}{N_1}\right)^2 \Rightarrow \underline{R' = 50\Omega \left(\frac{2+56}{2}\right)^2 = \underline{42,1k\Omega}}$$

$10k // 10k = 5k$  auftransformiert ergeben ca.:  $4,2 M\Omega$  (vernachlässigbar)

$$Q = \frac{R_{pp}}{\omega L} \Rightarrow \underline{R_{pp} = Q \cdot \omega \cdot L = 254 \cdot 2\pi \cdot 3,5 \cdot 10^6 s^{-1} \cdot 42,5 \cdot 10^{-6} \Omega s = 237k\Omega}$$

$$\underline{R_p \doteq R_v = 237k\Omega} \quad \text{Ersatzwiderstand aller Verluste}$$

Der Ersatzwiderstand aller Verluste ist fast 6x so hoch wie die auftransformierten 50Ω (R')

Wirbelstromverluste im Gehäuse sowie dielektrische Verluste durch das Styropor sind 100% vernachlässigbar.

Abbildung 3: 80 m - Kreis

## 1.2 Bandfilter

In Abbildung 4 wird die Theorie zu zwei kapazitiv gekoppelten Parallelschwingkreise, in Abhängigkeit des Koppelfaktors, als Bandfilter dargestellt.

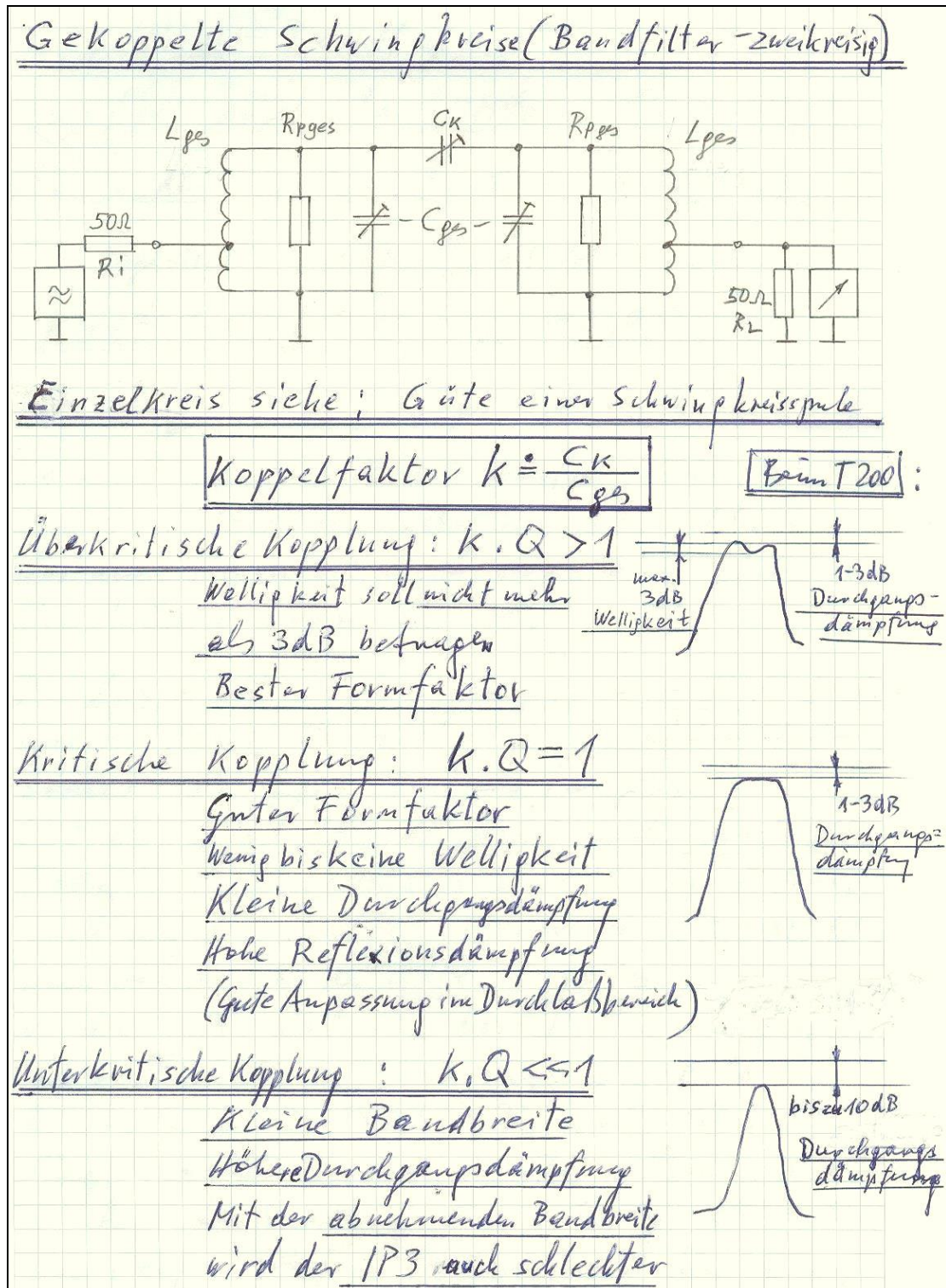


Abbildung 4: Kopplungen eines zweikreisigen Bandfilters

In Abbildung 5 wird die Berechnung des Koppelkondensators für ein 40 m Bandfilter für kritische Kopplung ausgeführt und weitere Überlegungen zur Dimensionierung angestellt.

z.B.: 40 m - Bandfilter

$L_{ps} = 5 \mu\text{H}$  gegeben bei 70 MHz ein  $C_{ps} \approx 105 \text{ pF}$

$Q = \overset{\text{Betriebs-}}{\text{Güte}}$  der Einzelspule bei 50  $\Omega$ -Abschluss (Anzapfung)  $\hat{=} 80$

Für angestrebte leicht kritische Kopplung ergibt sich:

$$\underline{k \cdot Q \hat{=} 1 \Rightarrow \underline{k} \hat{=} \frac{1}{Q} = \frac{1}{80} = \underline{0,0125}$$

$$k \hat{=} \frac{C_k}{C_{ps}} \Rightarrow \underline{C_k} \hat{=} k \cdot C_{ps} = 0,0125 \cdot 105 \text{ pF} = \underline{1,3 \text{ pF}}$$

Da die Präzisions-Robustrimmer (Keramik, Porzellan) sich <sup>pur</sup> von 1-10 pF einstellen lassen sieht man, dass man schon an der Grenze einer stabilen Einstellung angekommen ist.

Das  $L_{ps}$  ergibt sich aus dem geforderten f-Abstimmbereich und der Kapazitätsvariation des Drehkondensators und somit ist  $C_{ps}$  ebenfalls festgelegt.

Mit  $C_k$  wird über die Kopplung die gewünschte Bandbreite eingestellt und mit der Anzapfung wird mit dem auftransformierten 50  $\Omega$ -Abschluss eine entsprechende <sup>Betriebs-</sup>Güte einstellbar, wobei beachtet werden muss, dass für die Reflexionsdämpfung akzeptable Werte herauskommen (Abbildung 19) bei uns immer > 14 dB. - Die größte Schwierigkeit liegt vor allem darin, dass bei nur einer Koppelwindung, die Änderung nur um 10/dg alles über den Haufen wirft. Deshalb vor allem der hohe Zeitaufwand und die vielen Wickelversuche!

Abbildung 5: Berechnungen und Überlegungen zur Dimensionierung



### 1.3 Berechnung der Tiefpässe

In Abbildung 6 ist die Berechnung der Tiefpässe sowie deren Dimensionierung ausgeführt.

Berechnung der Tiefpässe sowie deren Dimensionierung (nach [5])

Alle Tiefpässe sind wie der Eingangstiefpaß ( $f_g = 40 \text{ MHz}$ ) berechnet worden.

$$\underline{Z_0 = \frac{R}{1,25} = \frac{50 \Omega}{1,25} = 40 \Omega} \quad \text{für die } \pi\text{-Ersatzschaltung}$$

$$\underline{\text{Halbglied } L = \frac{Z_0}{\omega_g} = \frac{40 \Omega}{2\pi \cdot 40 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}} = 0,16 \mu\text{H}} \quad \rightarrow \underline{2L = 0,32 \mu\text{H}}$$

$$\underline{\text{Halbglied } C = \frac{1}{\omega_g \cdot Z_0} = \frac{1}{2\pi \cdot 40 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1} \cdot 40 \Omega} = 100 \text{ pF}}$$

Prinzip-Meßschaltung

100 pF-DUKO-100 pF

TPA	$f_g$ [MHz]	C [pF]	2L [µH]
TPA	~2,7	1,5 nF DUKO	T50-6 : 32 Wdg / 0,3 CuL / 4,8
TPB	~5,3	100 pF-DUKO + 2x 330 pF (Polystyrol)	T50-10 : 27 Wdg / 0,3 CuL / 2,4
TPC	~10,0	100 pF-DUKO + 2x 150 pF (Polystyrol)	T50-10 : 20 Wdg / 0,5 CuL / 1,2

Die Grenzfrequenzen wurden so gewählt, daß die Durchgangsdämpfung **A<sub>i</sub>** maximal 0,4 dB beträgt.  
 Leider standen mir für TPB und TPC keine passenden DUKO zur Verfügung. Darum Kompromiss: 100 pF DUKO plus Polystyrol-Kondensatoren. (siehe [5])  
 Aufbau ähnlich Eingangfilter.

[5] Schröder Band I: Elektrische Nachrichtentechnik  
 Seite 373

Copyright 1959/1965 Verlag f. Radio-Foto-Kinotechnik GmbH

Abbildung 6: Berechnung von Tiefpässen

## 2 Praxis Ergänzungen

In den folgenden Abbildungen werden zusätzliche Details zur Ausführung des Preselektors dargestellt und vermittelt.



Abbildung 7: Beide T200 – Schwingkreispulen mit Styroporbeilagern eingebaut. Gehäuse verlötet (ohne Bodenplatte)

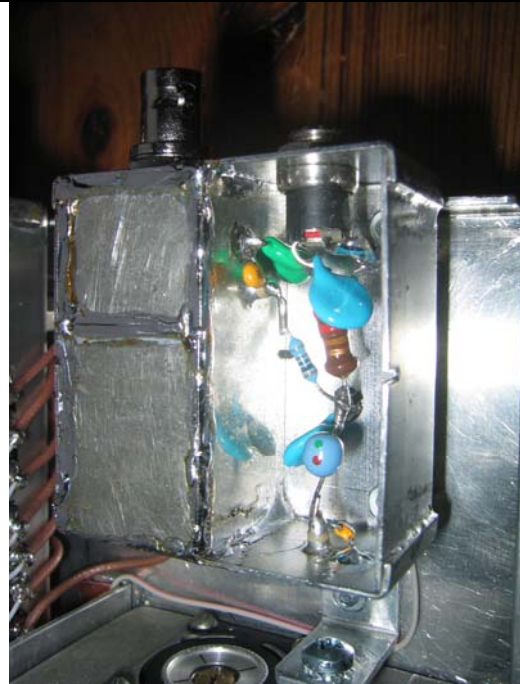


Abbildung 8: Eingangsfilter mit zugelötetem 40 MHz – Tiefpass, sowie der Filterung für die +15 V – Versorgungsspannung



Abbildung 9: Filter von der Schwingkreisseite aus gesehen – Detailaufnahme



Abbildung 10: Filter von 50 Ohm IN – OUT Seite aus gesehen – Teflon Koaxialkabel von unten, durch die Bodenplatte heraufgeführt, und beidseitig als Durchkontaktierung verlötet

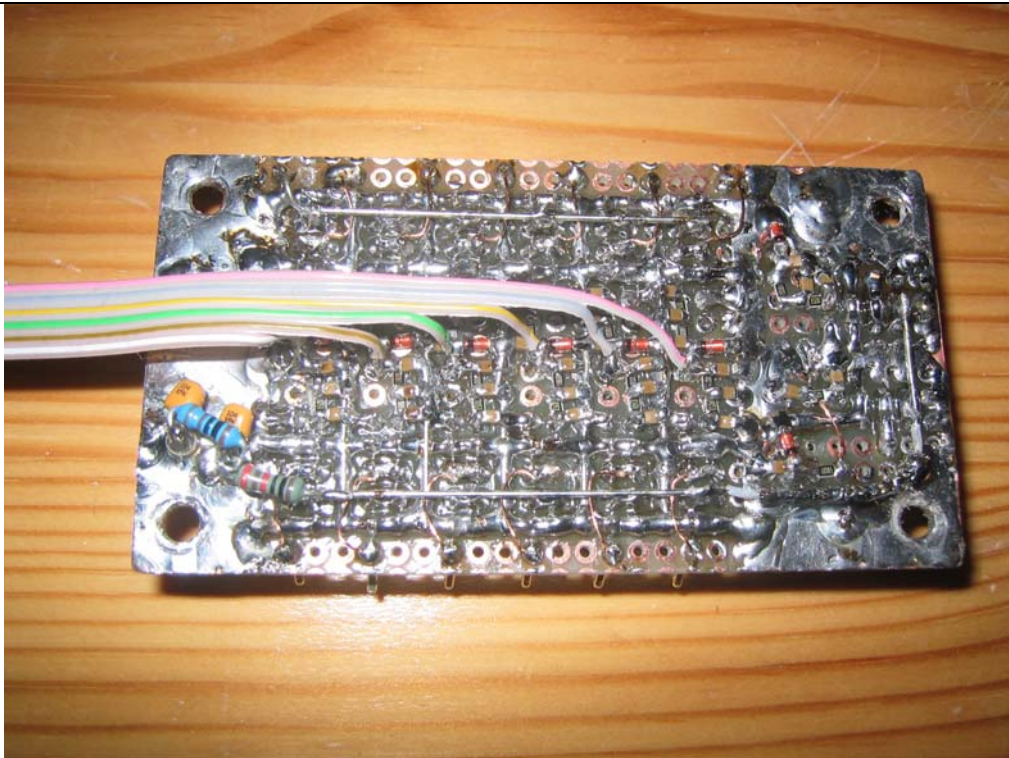


Abbildung 11: Platine für Bandumschaltung bestückt, von unten gesehen



Abbildung 12: Die zusätzlichen Tiefpässe TPA – TPC im Gehäuse mit DUKOS, Styroflexkondensatoren und Eisenpulver – Ringkernspulen T50 in Styroporhalterung



Abbildung 13: Alle Filter eingebaut, von der 50 Ω Seite aus gesehen

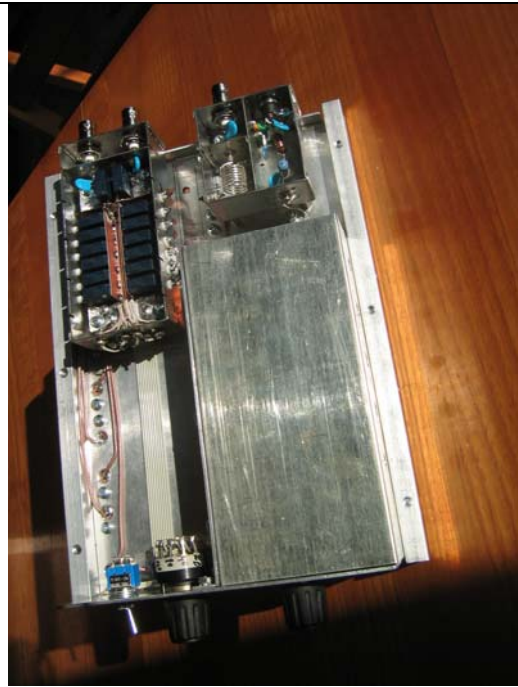


Abbildung 14: Eingangsfilter, Bandumschaltung und Drehkondensator (mit Abschirmblech) auf Montageplatte



Abbildung 15: Filter von der Schwingkreisseite aus gesehen mit Abschirmblech im Gehäuse



Abbildung 16: Preselektor im Gehäuse – Gesamtansicht

### 3 Messergebnisse Ergänzungen

#### 3.1 Übertragungs- und Reflexionsdämpfungskurven der Bandfilter

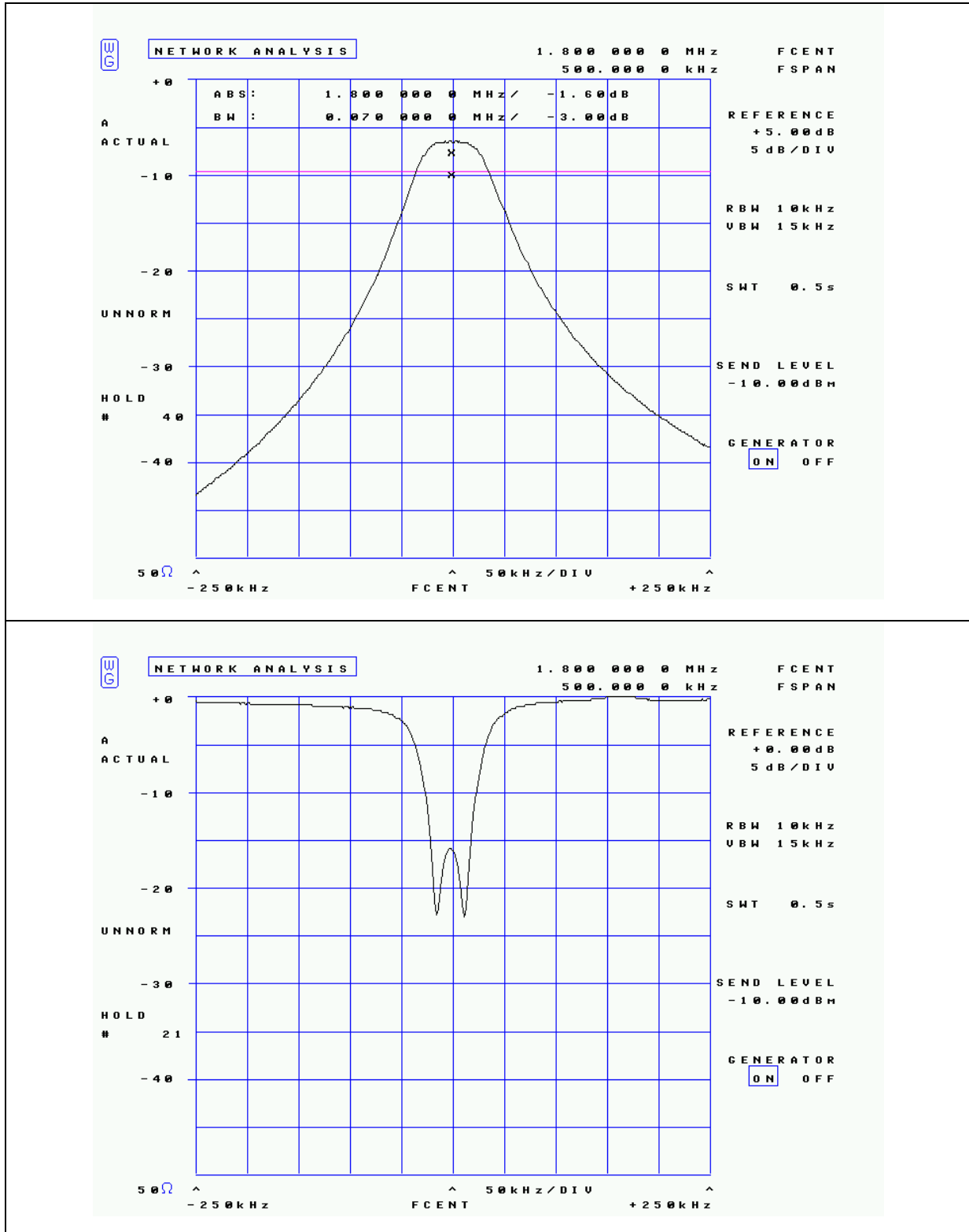


Abbildung 17: 160 m Band

# Großsignalfester Preselektor Ergänzungen

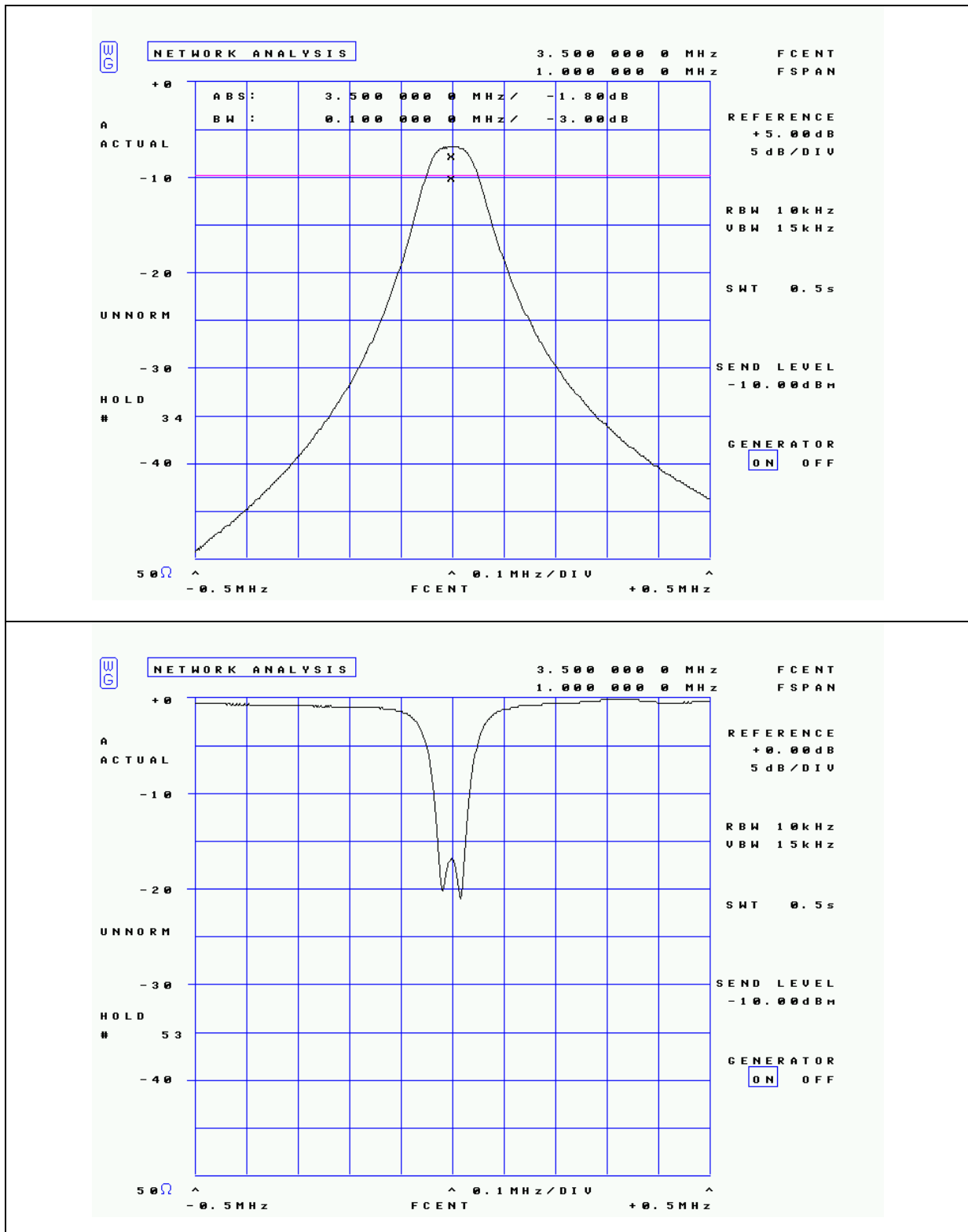


Abbildung 18: 80 m Band

# Großsignalfester Preselektor Ergänzungen

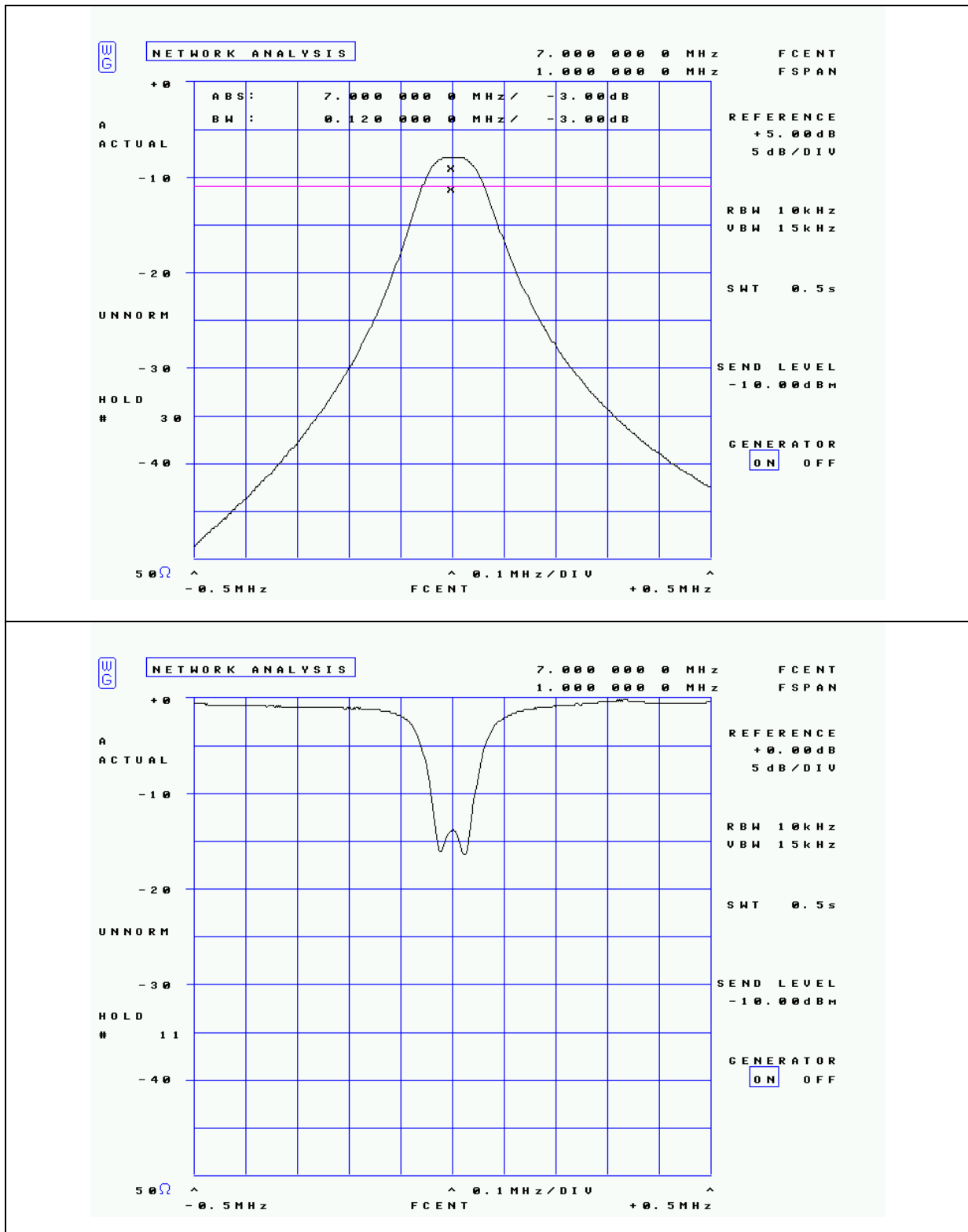


Abbildung 19: 40 m Band

# Großsignalfester Preselektor Ergänzungen

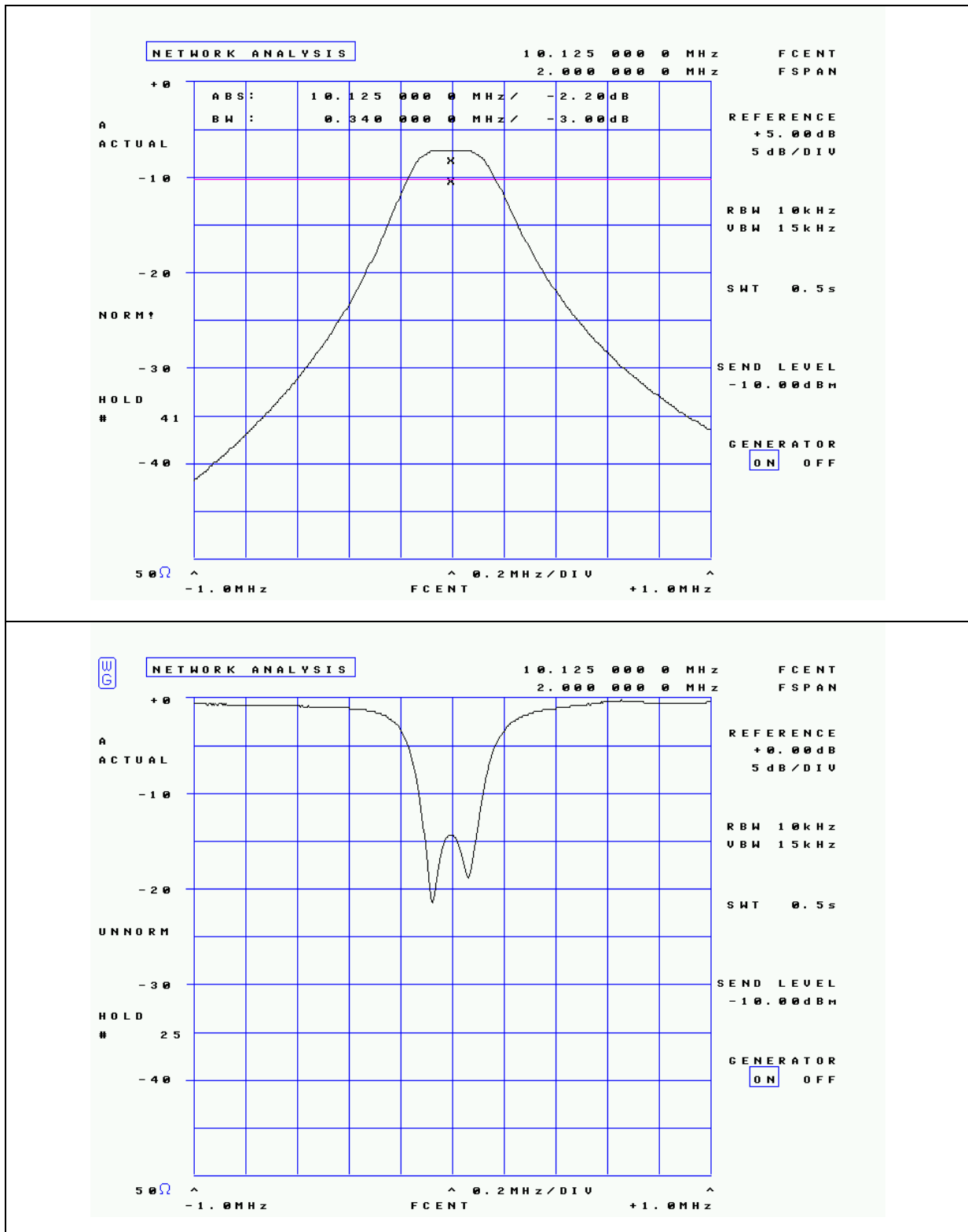


Abbildung 20: 30 m - Band



# Großsignalfester Preselektor Ergänzungen

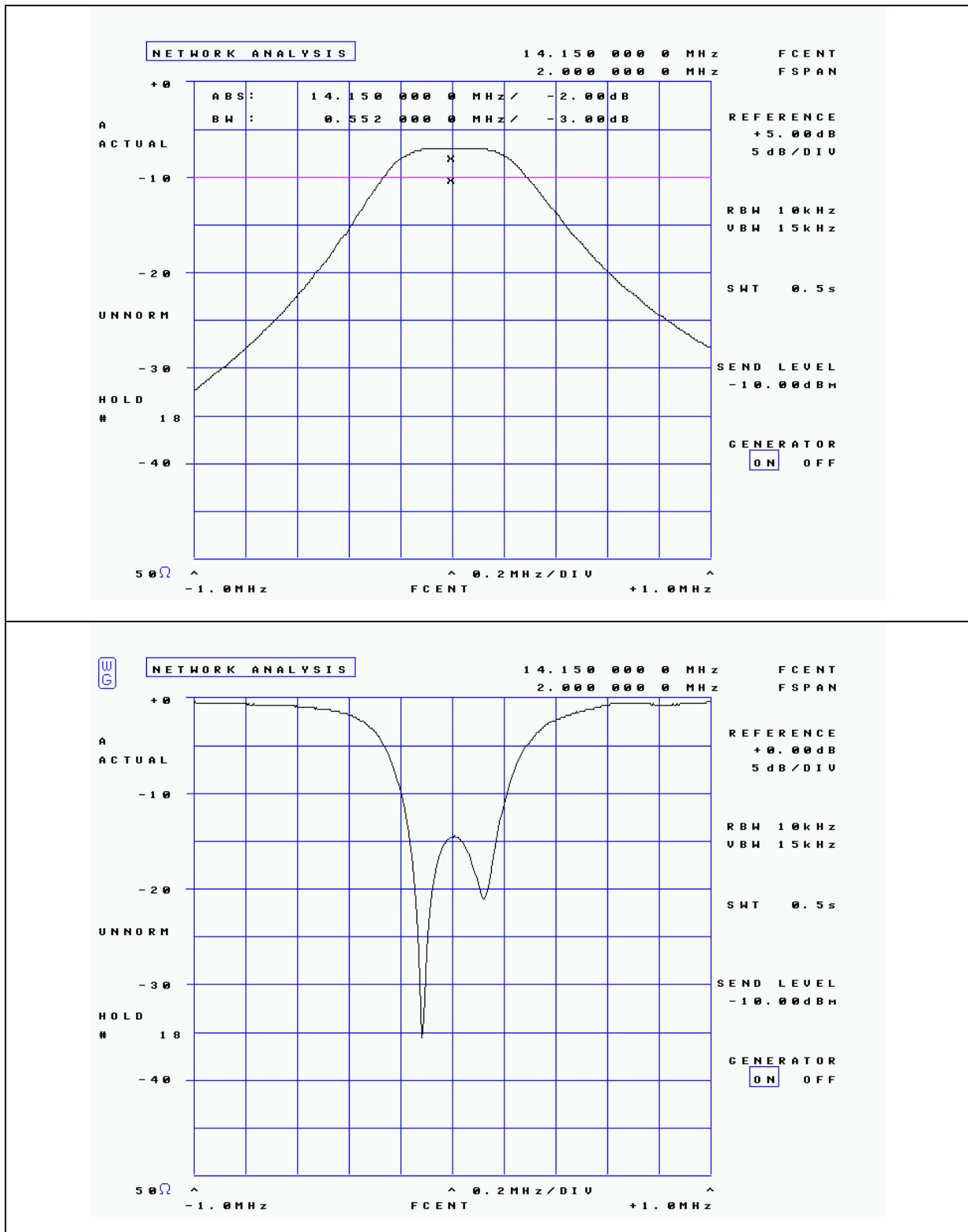


Abbildung 21: 20 m Band

### 3.2 Übertragungskurven der zusätzlichen Tiefpässe

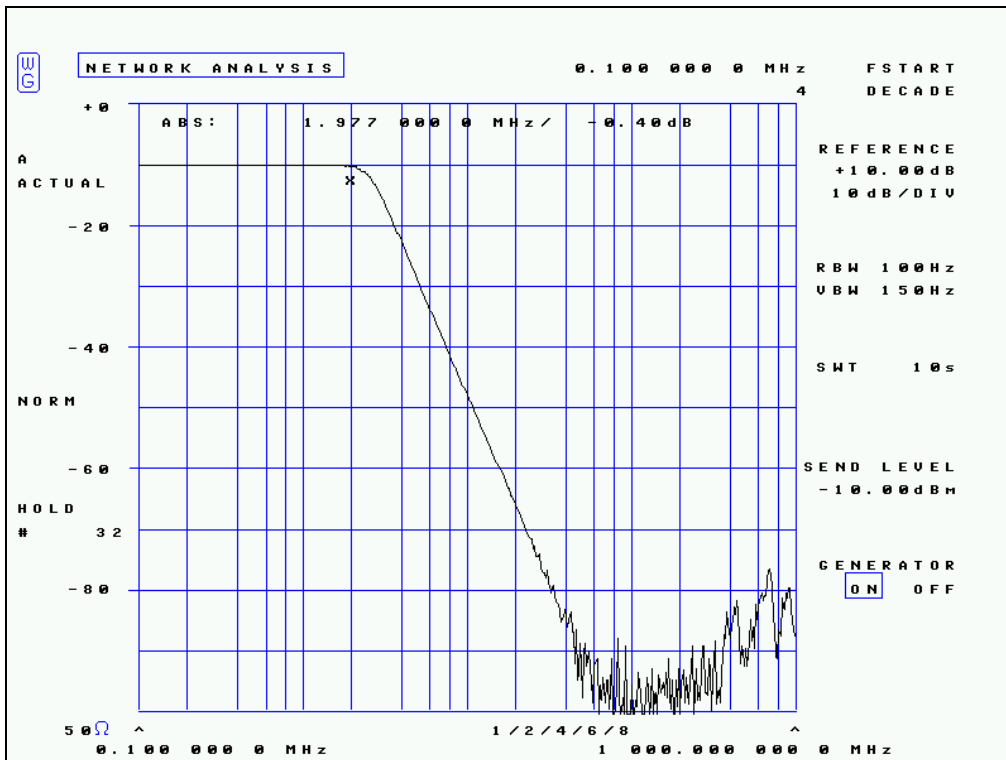


Abbildung 22: Tiefpass A (160 m Band)

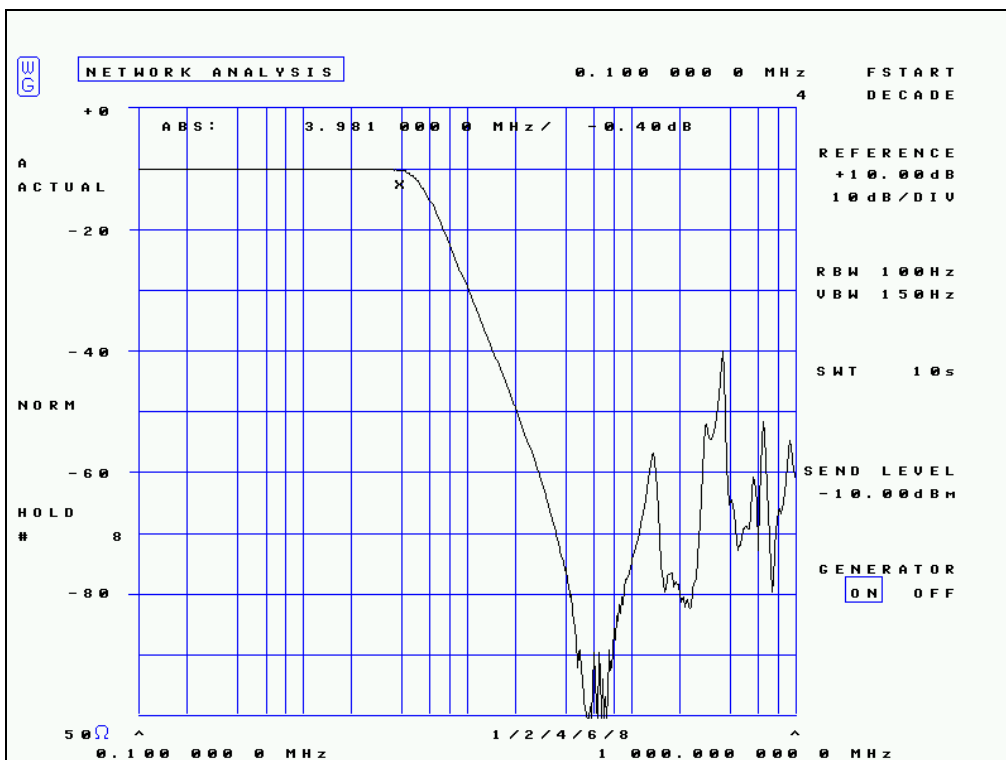


Abbildung 23: Tiefpass B (80 m Band)

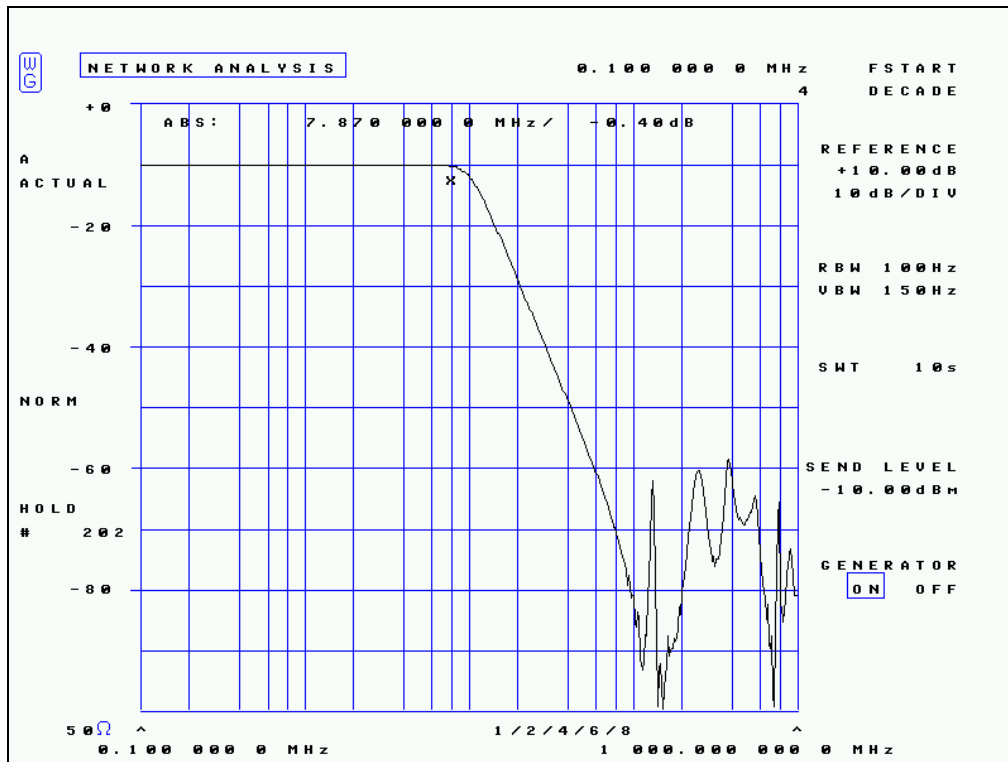


Abbildung 24: Tiefpass C (40 m Band)

### 3.3 Übertragungskurven der Bandfilter mit den zusätzlich eingebauten Tiefpässen

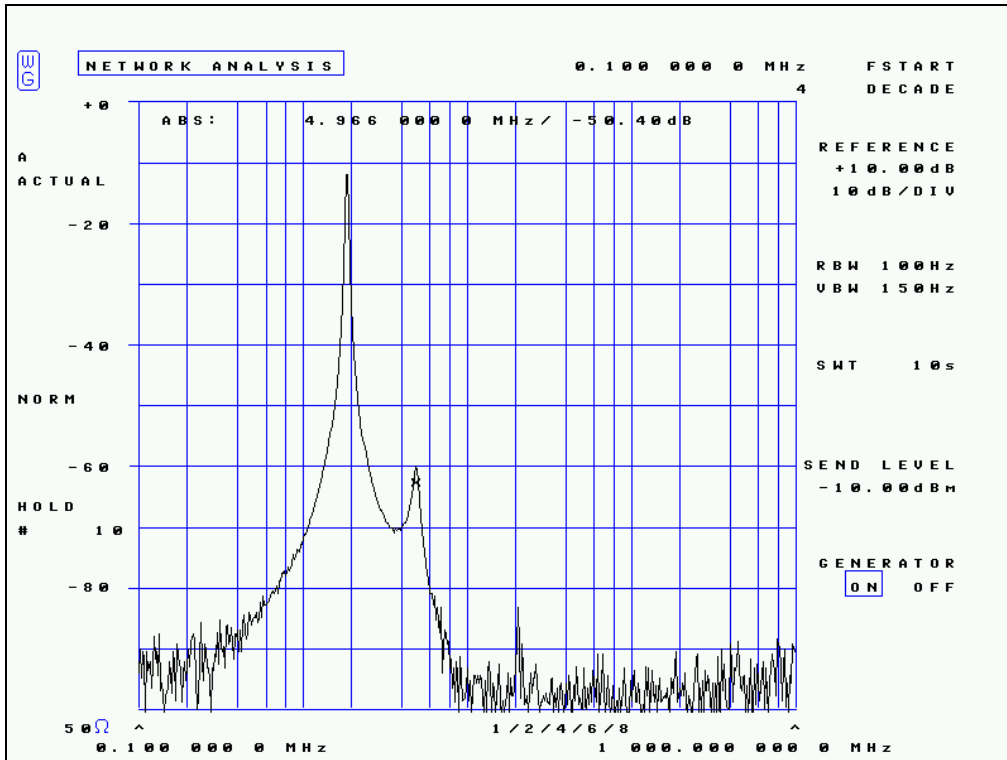


Abbildung 25: 160 m Band mit Tiefpass A

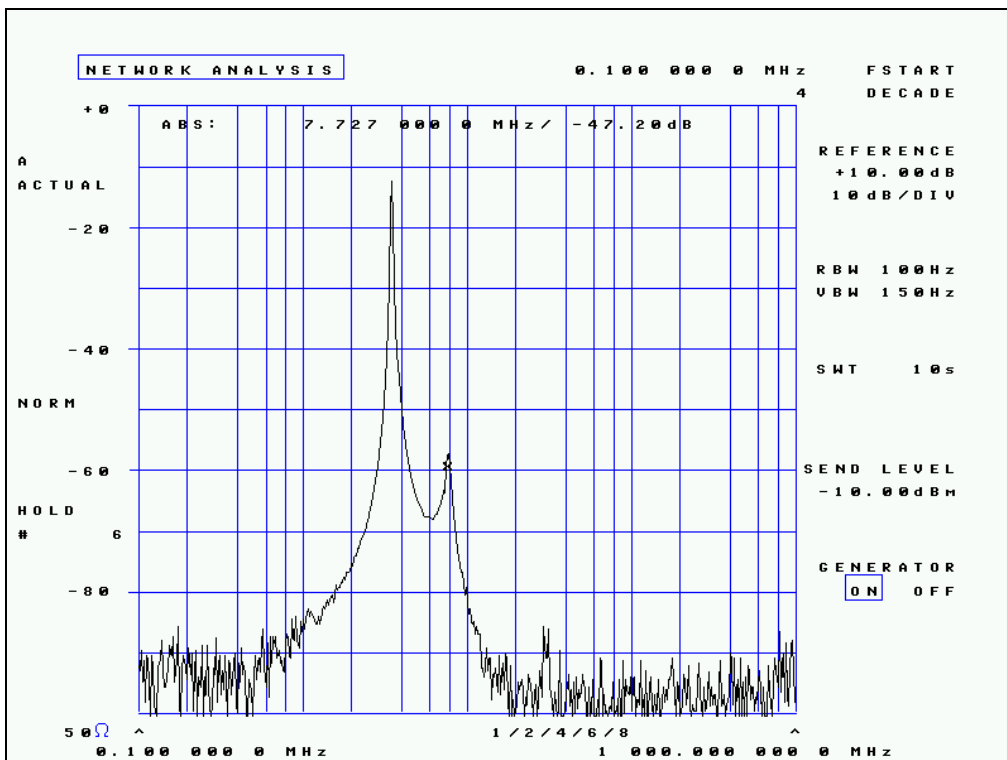


Abbildung 26: 80 m Band mit Tiefpass B

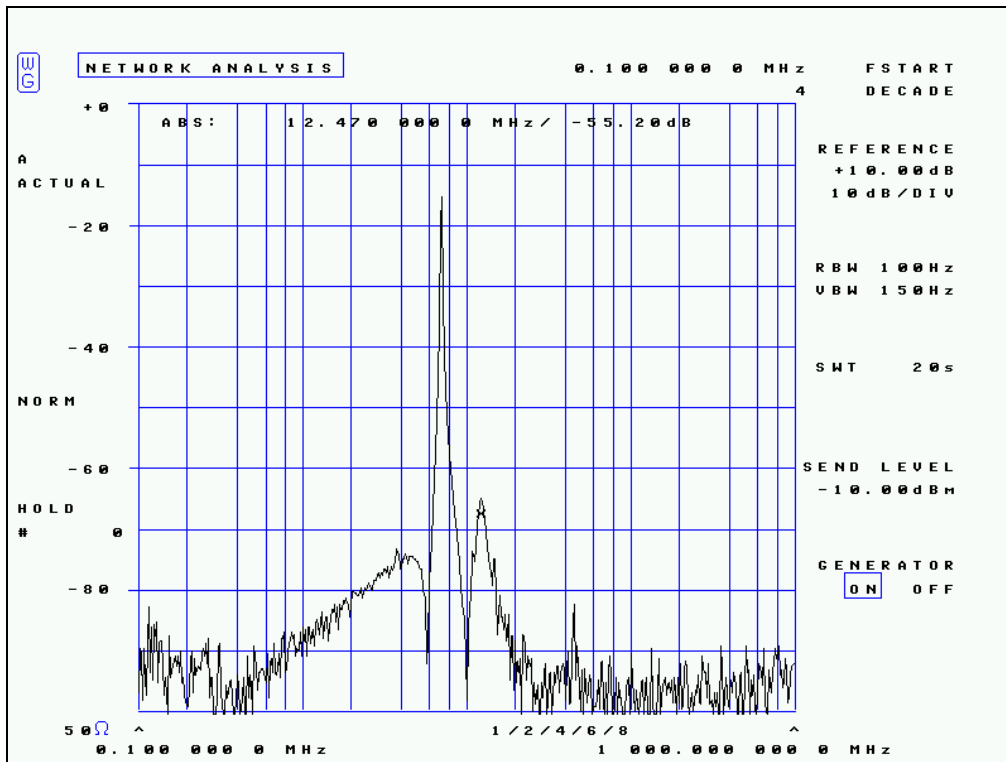


Abbildung 27: 40 m Band mit Tiefpass C

## 4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 40 m – Kreis / 1 .....	4
Abbildung 2: 40 m – Kreis / 2 .....	5
Abbildung 3: 80 m – Kreis .....	6
Abbildung 4: Kopplungen eines zweikreisigen Bandfilters .....	7
Abbildung 5: Berechnungen und Überlegungen zur Dimensionierung .....	8
Abbildung 6: Berechnung von Tiefpässen .....	9
Abbildung 7: Beide T200 – Schwingkreisspulen mit Styroporbeilagen eingebaut. Gehäuse verlötet (ohne Bodenplatte) .....	10
Abbildung 8: Eingangsfilter mit zugelötetem 40 MHz – Tiefpass, sowie der Filterung für die +15 V – Versorgungsspannung .....	10
Abbildung 9: Filter von der Schwingkreisseite aus gesehen – Detailaufnahme .....	10
Abbildung 10: Filter von 50 Ohm IN – OUT Seite aus gesehen – Teflon Koaxialkabel von unten, durch die Bodenplatte heraufgeführt, und beidseitig als Durchkontaktierung verlötet	10
Abbildung 11: Platine für Bandumschaltung bestückt, von unten gesehen .....	11
Abbildung 12: Die zusätzlichen Tiefpässe TPA – TPC im Gehäuse mit DUKOS, Styroflexkondensatoren und Eisenpulver – Ringkernspulen T50 in Styroporhalterung .....	11
Abbildung 13: Alle Filter eingebaut, von der 50 $\Omega$ Seite aus gesehen .....	12
Abbildung 14: Eingangsfilter, Bandumschaltung und Drehkondensator (mit Abschirmblech) auf Montageplatte .....	12
Abbildung 15: Filter von der Schwingkreisseite aus gesehen mit Abschirmblech im Gehäuse .....	12
Abbildung 16: Preselektor im Gehäuse – Gesamtansicht .....	12
Abbildung 17: 160 m Band .....	13
Abbildung 18: 80 m Band .....	14
Abbildung 19: 40 m Band .....	15
Abbildung 20: 30 m - Band .....	16
Abbildung 21: 20 m Band .....	17
Abbildung 22: Tiefpass A (160 m Band) .....	18
Abbildung 23: Tiefpass B (80 m Band) .....	18
Abbildung 24: Tiefpass C (40 m Band) .....	19

## Großsignalfester Preselektor Ergänzungen

---

Abbildung 25: 160 m Band mit Tiefpass A .....	20
Abbildung 26: 80 m Band mit Tiefpass B.....	20
Abbildung 27: 40 m Band mit Tiefpass C.....	21