

## 40-m-Anti-Intermodulationsfilter\*)

Von Thomas Molière, DL 7 AV, 8 München 71, Drygalskiallee 118/1909

### Einleitung

Kreuz- und Intermodulationsstörungen in Empfängern werden durch die Summenspannung aller Störsignale, die auf die Empfänger-Vor- oder Mischstufen treffen, verursacht.

Die Bandbreite der Vorkreise üblicher Amateurempfänger liegt bei 100 bis 200 kHz und ermöglicht die Bildung einer Summenspannung relativ vieler Rundfunksender am Mischereingang. Eine Verbesserung des Intermodulationsverhaltens ist deshalb durch eine schmalere Vorselektion möglich. Der folgende Artikel beschreibt ein zweikreisiges Bandfilter für das 40-m-Amateurband. Dieses durchstimmbare Filter hat etwa 55 kHz Bandbreite und verringert die Stärke der auf den Empfängereingang gelangenden Störsignale des über 200 kHz breiten Rundfunkbandes beträchtlich. Im Gegensatz zu einem Dämpfungsglied vor dem Empfängereingang tritt keine Verschlechterung der Empfängerempfindlichkeit auf.

### Betrachtung über Kreisgüten und Bandbreiten

Die 3-dB-Bandbreite eines Schwingkreises läßt sich aus der Betriebsgüte  $Q$  und der Mittenfrequenz  $f$  berechnen zu  $b = \frac{f}{Q}$ . Da in einen Empfängervorkreis die Antennenimpedanz und der Empfänger-Eingangswiderstand hineintransformiert werden, wird seine Betriebsgüte kleiner als die Leerlaufgüte

$$Q_0 = \frac{R_p}{\omega L} = R_p \cdot 2\pi f \cdot C.$$

$R_p$  ist der Parallel-Verlustwiderstand des Schwingkreises. Für ein optimal bei leicht unterkritischer Kopplung eingestelltes zweikreisiges Bandfilter mit etwa 6 dB Durchlaßdämpfung gilt überschlägig  $Q_0 = 2Q$ .

Je höher die Leerlaufgüte der Kreise ist, desto höher kann die Betriebsgüte gewählt werden. Mit Ferrit-Schalenkernspulen mit Luftspalt und guten Ringkernen lassen sich bei 7 MHz Leerlaufgüten  $Q_0 = 350$  erreichen. Die physikalische Grenze bei Luftspulen liegt bei etwa  $Q_0 = 700$  und wird durch Wirbelstromverluste im Metall der eigenen Windungen verursacht. Vorschläge für 40-m-Filter mit Luftspulen sind bekannt [1, 2]. Deren mechanischer Aufwand ist jedoch beträchtlich.

Die hier beschriebene Schaltung besitzt eine Betriebsgüte von etwa 130. Diese Betriebsgüte ist für die Eliminierung von 40-m-Rundfunksender-Störungen in allen Fällen ausreichend.

### Beschreibung der Schaltung

Es handelt sich um ein zweikreisiges, durchstimmbares Bandfilter mit kapazitiver Kopplung (**Abb. 1**).

Die Transformation auf die niederohmigen Ein- und Ausgänge wird durch an den heißen Enden der Schwingkreise liegende Reihencondensatoren vorgenommen. Dadurch werden Anzapfungen der Spulen und kapazitive Spannungsteiler vermieden. Diese Art der Transformation mag ungewöhnlich erscheinen. Sie ist bei Transistor-Senderendstufen gebräuchlich. Die schlechte Weitabselektion bei hohen Frequenzen interessiert für den hier beschriebenen Anwendungsfall nicht.

\*) Prämiert im Techn. Jubiläumswettbewerb des DARC; s. cq-DL 7/74, Seite 426.

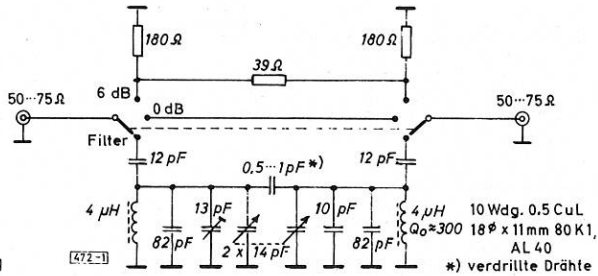


Abb. 1. Schaltung

Die verwendeten Ferrit-Schalenkernspulen haben eine Induktivität von etwa 4  $\mu\text{H}$ . Bei diesem Wert erreichen sie laut Datenblatt ihre höchste Güte. Die für 7 MHz erforderliche Kreiskapazität beträgt dann 110 pF. Zusammen mit einem handelsüblichen UKW-Drehkondensator mit 14 pF Kapazitätsvariation ergibt sich ein ausreichender Abstimmbereich von 6,95 bis 7,35 MHz. Das USA-Telefonieband (7,2 bis 7,3 MHz) wird also mit erfaßt. Die Koppelkapazität von 0,5 bis 1 pF wird zweckmäßigerweise durch zwei verdrehte, isolierte dünne Schaltdrähte von etwa 20 mm Länge gebildet (s.u.).

Damit das Filter in jeden Empfänger eingebaut werden kann und den Betrieb auf den anderen Bändern nicht behindert, ist eine Durchschaltung vorgesehen. Mit dem Stufenschalter kann auch ein 6-dB-Dämpfungsglied eingeschaltet werden, mit dem die Filterdämpfung oder die Empfänger-S-Meter-Eichung kontrolliert werden können.

### Abgleich des Filters

Mit der gezeigten Dimensionierung bereitet der Abgleich keine Schwierigkeiten. Es werden ein 7-MHz-Signal an einer 50 . . . 60- $\Omega$ -Klemme, also ein Meßoszillator oder ein Ortssignal an einer 7-MHz-Antenne, und ein Empfänger benötigt.

Der Abgleich wird mit kleiner Koppelkapazität begonnen, indem die Verdrehung bis auf etwa 5 mm aufgespalten wird. Bei gegenseitiger Verstimmung der beiden Kreise bemerkt man zwei Abstimmungsmaxima und eine hohe Durchgangsdämpfung. Durch Verstimmen des 13-pF-Trimmers und Nachstimmen des Drehkos können beide Kreise in Übereinstimmung gebracht werden. Es ergibt sich eine scharfe Selektionskurve mit noch zu hoher Durchlaßdämpfung. Bei langsam zunehmender Verdrehung der Koppeldrähte und evtl. Nachstimmen des Drehkos sinkt die Durchlaßdämpfung. Von einem bestimmten Wert an wird die Kopplung kritisch: Die Durchlaßdämpfung bleibt konstant bei etwa 5 bis 6 dB; dafür steigt die Bandbreite des Filters an. Da eine möglichst kleine Bandbreite gewünscht wird, muß die Kopplung wieder verringert werden, z. B. durch Verkürzen der verdrehten Drähte, bis sie leicht unterkritisch ist und die Durchlaßdämpfung etwa 6,5 dB beträgt.

Wenn der absolute Abstimmbereich nicht stimmt, also das 40-m-Band nicht voll erfaßt wird, müssen die Parallel-Festkondensatoren (82 pF) verändert werden.

Die resultierende Durchlaßkurve ist in **Abb. 2** dargestellt. Sie gilt für 50- $\Omega$ -Abschlüsse. Bei höheren Abschlußimpedanzen ist ein geringfügiges Ansteigen der Bandbreite und Sinken der Durchlaßdämpfung zu beobachten.

Werden andere Spulen als die angegebenen Ferrit-Schalenkernspulen verwendet, erschwert sich der Abgleich etwas, da neue Werte für die Ein- und Ausgangs-Koppelkondensatoren ermittelt werden müssen. Prinzipiell kann gesagt werden, daß bei höherer Spulengüte und bei kleinerer Kreiskapazität die Koppelkapazitäten verringert werden müssen.

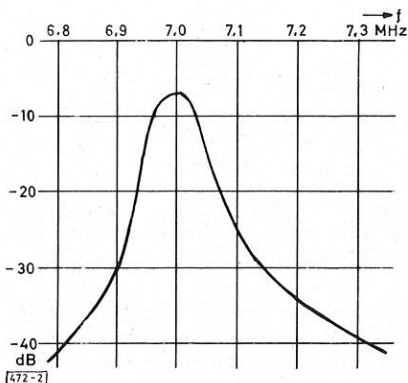


Abb. 2. Durchlaßkurve

Der Abgleich der Einzelkreise kann vorher vorgenommen werden, indem sie als Sperrkreise vor den Empfängereingang geschaltet werden. Dabei kann gleichzeitig auf die Güte geschlossen werden, wenn ein geeichtes S-Meter vorhanden ist. Es gelten die Formeln  $Q = R_p \cdot 2 \pi f \cdot C$ ,  $R_p = 100 \cdot 10 \frac{a}{20 \text{ dB}} - 100$ , wobei  $a =$  Dämpfung des Sperrkreises vor dem 50- $\Omega$ -Empfängereingang.

Mit Hilfe folgender Tabelle kann die Güte abgeschätzt werden:

a/dB	$R_p/k\Omega$
40	9,9
45	17,7
50	31,5
55	56,1
60	99,9
65	177
70	316

### Wirkung des Filters

Da das Antennenrauschen auf 40 m weit über der Grenzpfindlichkeit normaler Empfänger liegt, verschlechtern die 6,5 dB Grunddämpfung des Filters das Signal-Rausch-Verhältnis noch nicht. Ein Dämpfungsglied von 20 oder 30 dB, wie es bei manchen Empfängern für störungsfreien Empfang erforderlich ist, würde dagegen bereits einen erheblichen Empfindlichkeitsverlust bedeuten.

Beim Einschalten des Filters ist die maximale Signalstärke der empfangenen Amateurstation einzustellen. Beim Umschalten auf die 0- oder 6-dB-Stellung ist bei guten Antennenverhältnissen und Funkbedingungen an fast allen Empfängern (einschließlich der guten R-4B und R-4C) eine Zunahme des Störpegels festzustellen. Durch Vergleich mit der 6-dB-Stellung kann bewiesen werden, daß die Verbesserung des Störverhaltens nicht auf die 6,5 dB Grunddämpfung des Filters, sondern auf die Filterwirkung zurückzuführen ist. Beim Durchdrehen des Filters im Rundfunkbereich wird an bestimmten Stellen eine Zunahme der Störungen festzustellen sein. So können die Hauptfrequenzen der störenden Rundfunksender festgestellt werden.

Wie Abb. 2 deutlich zeigt, wird die für Intermodulationsstörungen maßgebliche Summenspannung der zwischen 7,1 und 7,3 MHz liegenden Rundfunksender deutlich verringert. Selbst beim Betrieb auf 7,1 MHz werden Störsignale auf 7,2 MHz um etwa

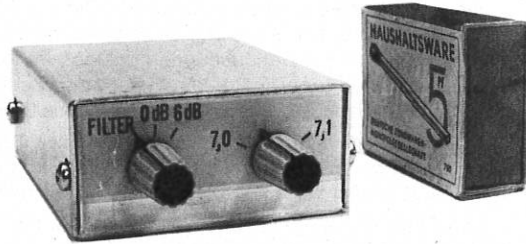


Abb. 3. Das 40-m-Filter

26 dB gedämpft. Dies entspricht einer Verringerung der im Empfängereingang erzeugten Intermodulationsprodukte dritter Ordnung um den dreifachen Wert. In der Praxis wird dieser Wert bei geregelter Empfänger-Vorstufe nicht erreicht. Die mögliche Verbesserung soll am Beispiel eines Amateurempfängers (cq-DL 1/74, Seite 17) gezeigt werden:

Antennenstörspannung  $2 \times 10 \text{ mV}$ ,  $d_3 = 30 \text{ dB}$ ,  $U_{d3} = 300 \mu\text{V}$   
 -26 dB ergibt  $2 \times 0,5 \text{ mV}$ ,  $d_3 = 53 \text{ dB}$ ,  $U_{d3} = 1,1 \mu\text{V}$

$U_{d3}$  ist die auf den Empfängereingang bezogene Intermodulations-Störspannung. Nach der Verringerung von 300 auf  $1,1 \mu\text{V}$  liegt sie unter dem normalen 7-MHz-Störniveau (Antennenrauschen und "man-made-noise"). Diese Störverbesserung ist im praktischen Betrieb frappierend. In der Praxis liegen die Verhältnisse noch günstiger, da das Nutzsignal auf die Filterflanke gelegt werden kann. Außerdem sind zwei Störsignale mit großem Frequenzabstand notwendig, um Intermodulationsstörungen zu verursachen: Eine Störung auf 7050 kHz wird z. B. verursacht durch Störsignale auf 7150 und 7250 kHz. Das Signal auf 7250 kHz wird bereits um 31 dB gedämpft, der Intermodulationspegel ist damit geringer als in dem vorher angeführten Beispiel.

#### Mechanischer Aufbau

Die Abb. 3 und 4 zeigen den mechanischen Aufbau des Filters. Es wurde ein Miniaturlaufbau gewählt, um einen nachträglichen Einbau in einen Empfänger zu ermöglichen. Da der elektrische Aufbau unkritisch ist und ein handelsübliches TEKO-Gehäuse verwendet wird, dürften keine Schwierigkeiten entstehen.

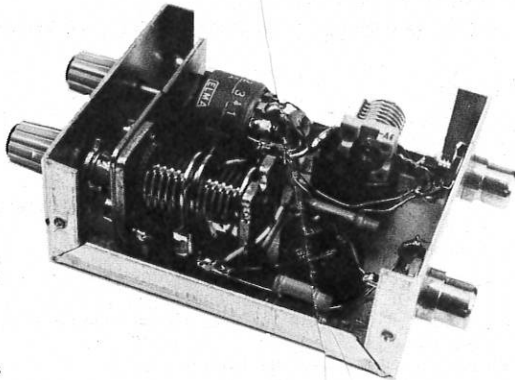


Abb. 4. Innenansicht des 40-m-Filters

Als Koax-Buchsen wurden Cinch-Buchsen verwendet, die inzwischen in vielen Amateurgeräten üblich sind. Die Schalenkernspulen wurden ohne Halterungen mit Silikonkleber auf den Gehäuseboden geklebt. Im Gegensatz zu UHU-Plus kann eine Silikon-Klebverbindung später ohne weiteres wieder gelöst werden. Nicht benutzte Anschlüsse des  $4 \times 3$ -Drehschalters wurden als Lötstützpunkte verwendet.

Die Schalenkern-Spulenkörper sind um etwa 1,5 mm aufgepolstert. Hierdurch ist die Wicklung weiter vom inneren Luftspalt des Schalenkerns entfernt, und es wird eine höhere Güte erreicht. Die Aufpolsterung kann mit verklebter Kunststoff-Folie erfolgen.

Das Filter ist mit einer Skala versehen, die mit Transferbuchstaben aufgebracht wurde. Es empfiehlt sich, die Ziffern mit Tesafilm zu überdecken, da sie durch häufiges Berühren mit den Fingern beschädigt werden können.

Der verwendete Drehkondensator besitzt einen 1 : 3-Feintrieb, der Bereich um 7,3 MHz fällt daher wieder auf die Skala bei 7,0 MHz. Durch Überprüfung der Endanschläge kann der gewünschte Bereich ermittelt werden.

### Einbau des Filters

Das Filterkästchen kann entweder in einen Empfänger an einer freien Stelle der Frontplatte eingebaut oder extern betrieben werden. Bei Transceivern muß die Leitung zwischen Empfängereingang und Antennenrelais aufgetrennt werden. Bei vielen Transceivern ist das an der Stelle des "RF-Attenuator" leicht möglich. Die Verbindungen können dann über unbenutzte phone-patch-Buchsen o.ä. nach außen geführt werden.

### Stückliste

- 1 Gehäuse  $72 \times 57 \times 28$  mm TEKO 2 A
- 1 Miniatur-UKW-Drehkondensator  $2 \times 14$  pF mit Feintrieb
- 1 Drehschalter ker.  $18 \text{ } \varnothing$ ,  $4 \times 3$  (Elma)
- 2 Schalenkerne  $18 \text{ } \varnothing \times 11$  mm B65651-K0040-A001, 80 K1
- 2 Spulenkörper B65652-A0000-MOO1
- 1 Keramischer Trimmer 13 pF
- 2 Cinch-Einbaubuchsen
- 2 Ker. Kondensatoren 12 pF
- 2 Ker. Kondensatoren 82 pF
- 1 Ker. Kondensator 10 pF
- 1 Widerstand  $39 \text{ } \Omega$ , 0,3 W
- 2 Widerstände  $180 \text{ } \Omega$ , 0,3 W

Alle Einzelteile können bei der Firma RIM, München, bezogen werden.

### Literatur

- [1] W 1FBY, WA 1 JLD: Helical Resonator for Hf-Band Use QST 4/73, Seiten 18–21.
- [2] DK 5 GB: Helixfilter, Berlin-MB, 65/Juni 74, Seiten 3–4.

## Technischer Jubiläumswettbewerb des DARC

In diesem Heft veröffentlichte Arbeiten:

Molière, Th., DL 7 AV: 0-m-Anti-Intermodulationsfilter, 5. Preis, DM 100,—

Koch, Olaf, DL 7 HA: P:P-Wattmeter, 2. Preis, DM 400,—

Friedrich, J., DJ 6 FR: Ein "on line" programmierbarer automatischer Telegrafiegeber, 3. Preis, DM 250,—

Weitere Arbeiten folgen in den nächsten Heften.