

# Entwurf eines Sende-Empfangs-Filters für das 30m-Band

Um dem Contestgetümmel zu entgehen benutze ich häufig das 30m Band, hier aber hat mein IC-7300 regelmäßig mit dem QRO eines OM's aus unmittelbarer Nachbarschaft zu kämpfen, vor allem wenn dieser auf 40- oder 20m unterwegs ist.

Abhilfe sollte zunächst ein schmales Bandfilter vor dem Empfängereingang schaffen, das scheiterte aber am fehlenden Anschluss des Trx für eine separate Empfangsantenne und am tragischen Untergang meines MFJ-1708 Antennenumschalters inmitten einer Rauchwolke.

Einen Hoffnungsschimmer bot aber die Möglichkeit, ein Sende/Empfangsfilter zwischen PA und Antennenkoppler einzuschleifen mit dem angenehmen Nebeneffekt, damit gleichzeitig auch die eigene Ausstrahlung von Oberwellen zu reduzieren.

Bezüglich Durchgangsdämpfung und Belastbarkeit sind natürlich an ein solches Filter weitaus höhere Anforderungen zu stellen als dies für ein reines Empfangsfilter der Fall wäre.

Auf der Suche nach einer Lösung stieß ich auf die bekannten Filterbausätze von Wolfgang, DG0SA (r.i.p), die sich beim Multiband-Contestbetrieb bereits hundertfach in der Praxis bewährt haben [1].

## Simulation des Originalfilters von DG0SA

Die DG0SA-Schaltung (Bild 1) hat den nicht zu unterschätzenden Vorteil, dass alle drei Schwingkreise einheitlich auf die Bandmittenfrequenz abzustimmen sind, was Abgleich (und Berechnung!) erheblich vereinfacht.

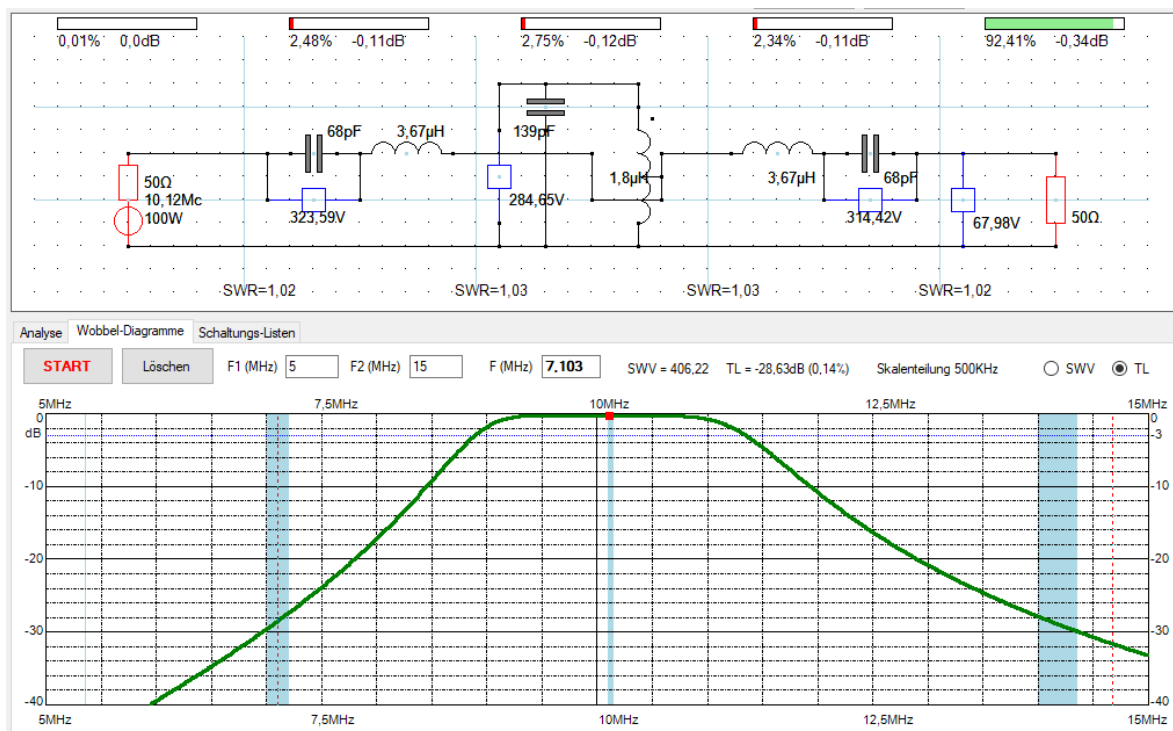


Bild 1 Analyse des 30m-Sende/Empfangsfilters nach DG0SA mit dem KNWA; QL=225; QC=1000; Anzapfung der mittleren Spule bei 25%, Koppelfaktor  $k = 0,95$ ; Durchgangsdämpfung 0,34dB; Weitabselektion 40m- bzw. 20m-Band 28 ... 30 dB; Spannungen an den Kapazitäten bei 100W-PA-Leistung 323,6V bzw. 284,6V (Effektivwerte)

Im S21-Plot fällt auf, dass das Dach der Filterkurve erheblich breiter ist, als es für das extrem schmale 30m-Band eigentlich notwendig wäre. Dafür bleibt aber die Einfügedämpfung im Bereich zwischen 9,5 und 10,5MHz konstant unter 0,34dB, d.h., im Sendefall werden nur ca 8% der PA-Leistung im Filter in Wärme umgesetzt (8Watt bei einer 100W-PA).

Die Unterdrückung der unmittelbar benachbarten Bänder 40m und 20m erreicht mit Ach und Krach die 30dB Grenze, das ist natürlich unbefriedigend, mehr als 40dB sollten es schon sein.

## Optimierungsprogramm SEFR

Kann man vielleicht durch optimalere Wahl der Bauelemente und Verschieben der Anzapfung das DG0SA-Filter auf eine schmalere Bandbreite und damit höhere Weitabselektion trimmen?

Um diese quälende Frage zu beantworten kommt man allein mit Experimenten und Messungen nicht weiter. Und so habe ich aus Bausteinen des Windows-Programms *HamVNAs* den "Sende/Empfangsfilter-Rechner" (SEFR) zusammengesetzt (Bild 2).

Eingabewerte sind die Systemimpedanz  $Z_0$ , die Leerlaufgüten der Spulen und Kondensatoren und der Koppelfaktor zwischen den Windungen der angezapften Spule, der die Streuinduktivität nachbildet ( $0 < k \leq 1$ ).

Es folgen Bandmittenfrequenz  $F_m$ , Bandbreite  $B$  und die maximal zulässige Einfügedämpfung im Bereich der Bandbreite. Weiterhin sind die zwei Frequenzen einzugeben die maximal gedämpft werden sollen, i.d.R. sind das die beiden benachbarten Afu-Bänder.

Die Lage der Spulenanzapfung kann zunächst zwischen ( $0 < az < 100\%$ ) fest vorgegeben werden.

Als Abstimmbereiche der Kapazitäten legt der SEFR Standardwerte fest, die von der Systemimpedanz  $Z_0$  und von der Bandmittenfrequenz  $F_m$  abhängig sind, man kann diese aber auch ändern.

Im Ergebnis liefert der SEFR zwei Filterkonfigurationen, je nachdem ob die Dämpfung für  $F_1$  oder für  $F_2$  die bessere sein soll. Da die Filterkurve symmetrisch verläuft sind aber beide i.d.R. identisch, da die zu sperrenden Frequenzen weit genug von der Bandmitte entfernt liegen.

Nach Klick auf den START-Button wird zunächst der Wertebereich der drei Kapazitäten zum Editieren freigegeben, hier kann man, muss aber nicht, Änderungen vornehmen. Der WEITER-Button setzt dann die iterative Berechnung in Gang.

Als Nagelprobe sollte der SEFR zunächst die Daten des 30m-Filters von DG0SA bestätigen. Bild 2 zeigt, dass diese ziemlich gut getroffen werden.

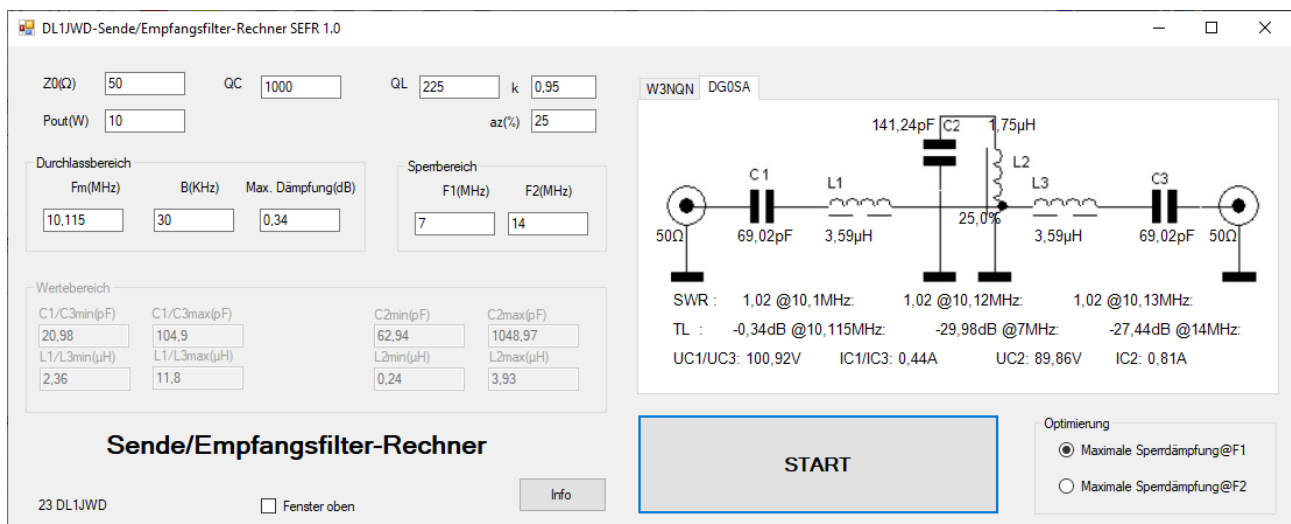


Bild2 Das DG0SA-Filter ist für eine Anzapfung bei 25% der Gesamtwindungszahl von L2 optimal dimensioniert. Ströme und Spannungen sind Effektivwerte und gelten für 10Watt (bei einer 100W-PA vergrößern sie sich um den Faktor 3,16).

	C1/C3 (pF)	L1/L3 ( $\mu$ H)	C2 (pF)	L2 ( $\mu$ H)	az (%)	UC1/UC3 (V)	IC1/IC3 (A)	UC2 (V)	IC2 (A)	TL (dB) @10,12 MHz	TL(dB) @7 MHz	TL(dB) @14 MHz	SWR im 30m Band
DG0SA original	68	3,67	139	1,8	25	102,33	0,44	90,02	0,8	-0,34	-29	-29	1,02
DG0SA SEFR	68,95	3,59	705,25	0,35	51	100,76	0,44	40,06	1,8	-0,34	-31,56	-28,47	1,02
DG0SA ohne Anz	58,22	4,25	1030	0,24	100	118,41	0,44	22,16	1,45	-0,34	-25	-21,16	1,05

Tabelle 1 Verschiedene DG0SA-Filter mit gleicher 0,34dB-Einfügedämpfung. Die Versionen mit Anzapfung bei 25% bzw. 51% sperren das 20- und 40m-Band mit ca. 30dB nur unzureichend, aber ohne Anzapfung (az = 100%) wird das Filter gänzlich minderwertig. Ströme und Spannungen beziehen sich 10W-PA-Leistung, bei 100W ist mit 3,16 zu multiplizieren.

## Suche nach der optimalen Anzapfung

Soll der SEFR selbst nach der günstigsten Lage der Anzapfung suchen, so ist für az der Wert 0 einzutragen. Allerdings verlängert sich dadurch die Rechenzeit auf ca. 15sek.

Als Ergebnis kommt ein 30m-Filter heraus, dessen Parallelschwingkreis aber deutlich niederohmiger ausfällt, wobei die Anzapfung bei ca. 50% der Gesamtwindungszahl liegt.

Entsprechend höher ist auch der kritische Strom IC2 (und UC2 demzufolge niedriger).

Bezüglich der Unterdrückung der benachbarten Bänder kommt es aber leider nicht zur erhofften Verbesserung gegenüber der DG0SA-Originalversion (Tabelle 1).

## Bessere Selektion nur auf Kosten der Einfügedämpfung!

Der SEFR musste leider bestätigen, dass bei Ausschöpfung aller Variationen des DG0SA-Filters zumindest für das 30m-Band die Unterdrückung der Nachbarbänder nicht auf über 30dB gesteigert werden kann, wenn man an der Schmerzgrenze von max. 0,4dB-Einfügedämpfung festhält.

Da man aber auf dem 30m Band in der Regel mit QRP unterwegs ist, kann man m.E. durchaus diese "Heilige Kuh" schlachten, hier scheint eine Erhöhung auf 0,6dB noch tolerierbar, das wären ca.13% Verluste im Filter (bei einer 10W-PA also vertretbare 1,3W).

Nach ca. 15sek liefert der SEFR dafür die gewünschte Konfiguration, die bei einer Durchgangsdämpfung von 0,6dB das 40m- und das 20m-Band maximal sperrt (46dB bzw. 43dB). Die günstigste Lage der Anzapfung sieht der SEFR bei 45% der Gesamtwindungszahl (vom kalten Ende aus gesehen). Das SWR bleibt unter 1,04. Bei 10W PA-Leistung werden C1/C3 mit 184V und 0,44A bzw. C2 mit 48V und 2,7A belastet (Effektivwerte). In der Berechnung sind 5% Streuinduktivität von L2 durch den Koppelfaktor  $k = 0,95$  näherungsweise berücksichtigt (Bild 3).

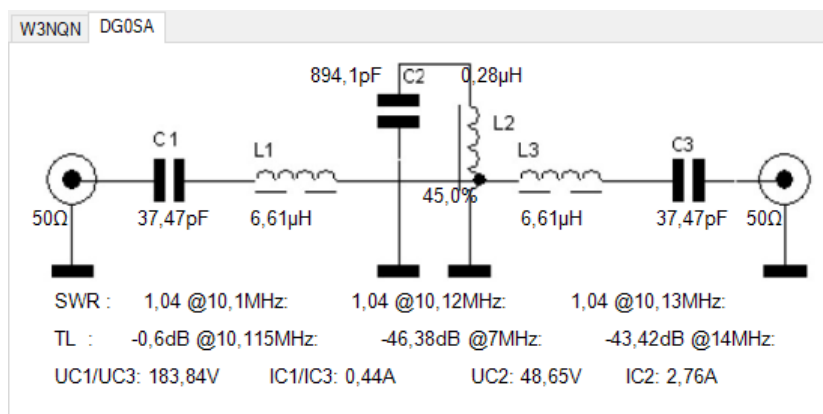


Bild 3 Auf QRP-Betrieb getrimmtes Sende/Empfangsfilter nach DG0SA für das 30m-Band mit über 40dB Unterdrückung der Nachbarbänder

## Geht's vielleicht auch ohne angezapfte Spule?

Will man ganz ohne Spulenanzapfung auskommen, so ist in den SEFR für az der Wert 100% einzugeben. Leider ist das Ergebnis enttäuschend. Wie Bild 4 beweist, kann durch die sinkende Betriebsgüte des Parallelschwingkreises die Dämpfung der Nachbarbänder nur noch Werte um 35dB erreichen (siehe auch Tabelle 1).

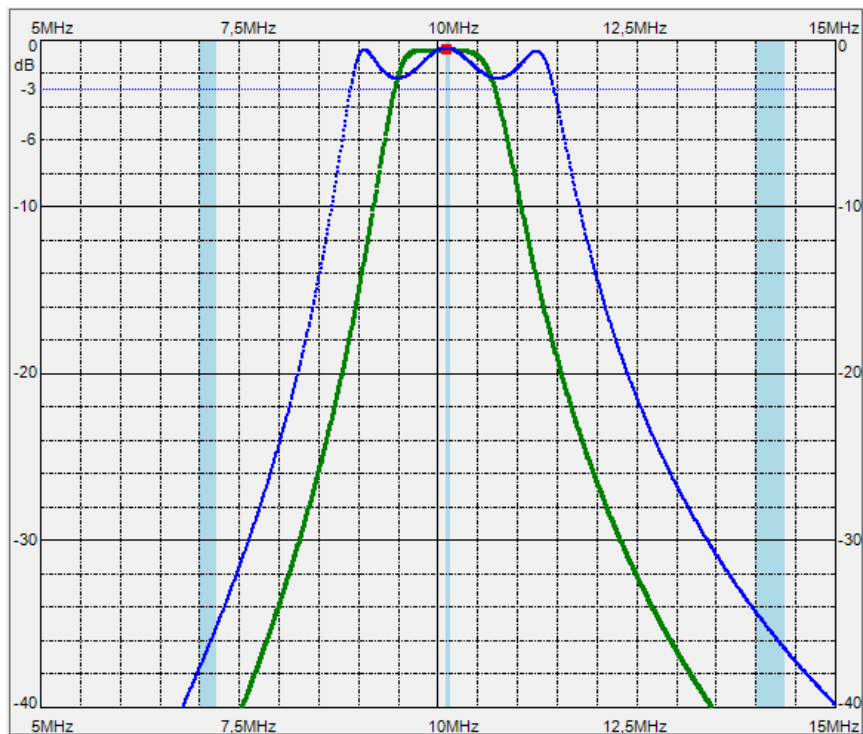


Bild 4: Mit HamVNAS aufgenommener Dämpfungsverlauf des 30m-Sende/Empfang-Filters mit 45%-Anzapfung (grün) und ohne Anzapfung (blau). Beide Filter wurden vom SEFR für die gleiche Einfügedämpfung (0,6dB) optimiert.

## Sende/Empfangsfilter nach W3NQN

Der SEFR kann neben den DG0SA-Filtern auch die klassischen Filter nach W3NQN optimieren. Bei letzteren sind die Positionen von Serien- und Parallelschwingkreisen vertauscht (Bild 5). Überraschend zeigt sich im Fall des 30m-Sende/Empfangsfilters eine ca. 4dB höhere Dämpfung der Nachbarbänder durch die W3NQN-Struktur, dem allerdings der größere Aufwand (2 angezapfte Spulen) entgegensteht (Tabelle 2).

	C1/C3 (pF)	L1/L3 (μH)	C2 (pF)	L2 (μH)	az (%)	UC1/UC3 (V)	IC1/IC3 (A)	UC2 (V)	IC2 (A)	TL (dB) @10,12 MHz	TL(dB) @7 MHz	TL(dB) @14 MHz	SWR im 30m Band
DG0SA qrp	37,5	6,61	894	0,28	45	183,8	0,44	48,65	2,7	-0,6	-46,4	-43,4	1,04
W3NQN qrp	1032	0,24	35,9	6,89	50	44,8	2,93	191	0,44	-0,6	-50,5	-47,7	1,05

Tabelle 2 Vergleich der Filterdaten des 30m-Sende/Empfangsfilters mit DG0SA- und W3NQN-Struktur. Beide haben die gleiche Einfügedämpfung von 0,6dB aber unterschiedliche Weitabselektion.

## Schlussbemerkungen

- Ein Sende/Empfangs-Bandpass funktioniert nur mit beidseitigem 50Ohm Abschluss, das Einfügen in die Antennenzuleitung kann zur Zerstörung führen!

- Da die vom SEFR berechneten Ströme und Spannungen als Effektivwerte ausgegeben werden, sollten die Bauelemente (Kondensatoren!) sicherheitshalber den dreifachen Wert aushalten.
- Um die erforderliche hohe Spulengüte ( $> 220$ ) zu gewährleisten führt an Pulvereisen-Ringkernen bzw. Luftspulen kein Weg vorbei.
- Bei Ringkernen ist die max. zulässige Flussdichte zu beachten (Mini-Ringkernrechner benutzen!)
- Ausführliche Informationen zu Konstruktion und Abgleich finden sich in den absolut lesenswerten Veröffentlichungen von DG0SA /1/.
- Der SEFR eignet sich natürlich auch zum Entwurf und zur Optimierung von Bandpässen für beliebige andere Frequenzen, sofern sie der dreipoligen Struktur von DG0SA bzw. W3NQN entsprechen (Bild 5).

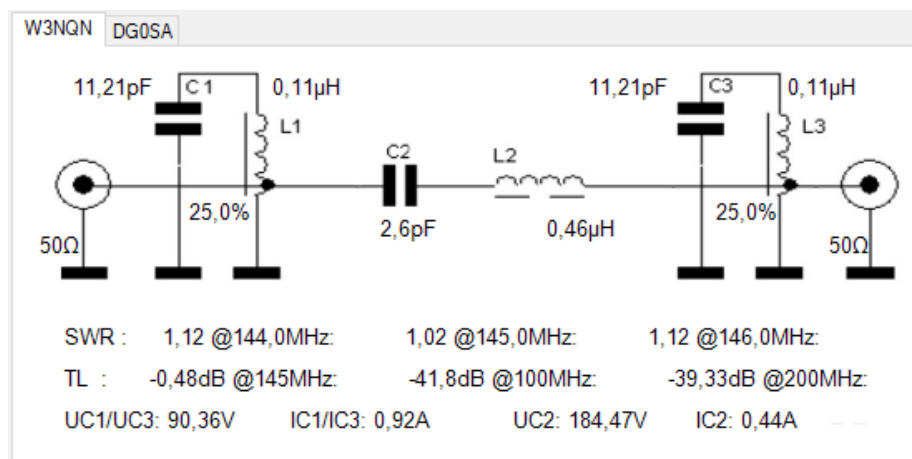


Bild 5: Mit dem SEFR berechnetes Sende/Empfangsfilter in W3NQN-Struktur für das 2m-Band mit einer Einfügedämpfung von 0,48dB und einer Weitabselektion von ca. -40dB bei 100 bzw. 200MHz. Ströme und Spannungen beziehen sich auf eine PA-Leistung von 10W (Effektivwerte).

## Literatur und Bezugsquellen

[1] Wippermann, W., DG0SA: Sende/Empfangs-Bandpassfilter:

<https://docplayer.org/62116069-Sende-empfangs-bandpassfilter.html>

[2] Pfann, P., DL2NBU: 100 W - Bandpassfilter nach W3NQN: <http://www.bavarian-contest-club.de/projects/bandpassfilter/100W-BP.pdf> 2002

[3] Doberenz, W., DL1JWD: Rechner für Sende/Empfangs-Bandpassfilter:

<http://www.dl1jwd.darc.de>