

Sende/Empfangs- Bandpassfilter

Von
Wolfgang, DG0SA

Distrikttreffen 2016 in Rostock

Multistationsbetrieb: eine Herausforderung auch an die Empfänger



Lösung: Sende / Empfangsfilter

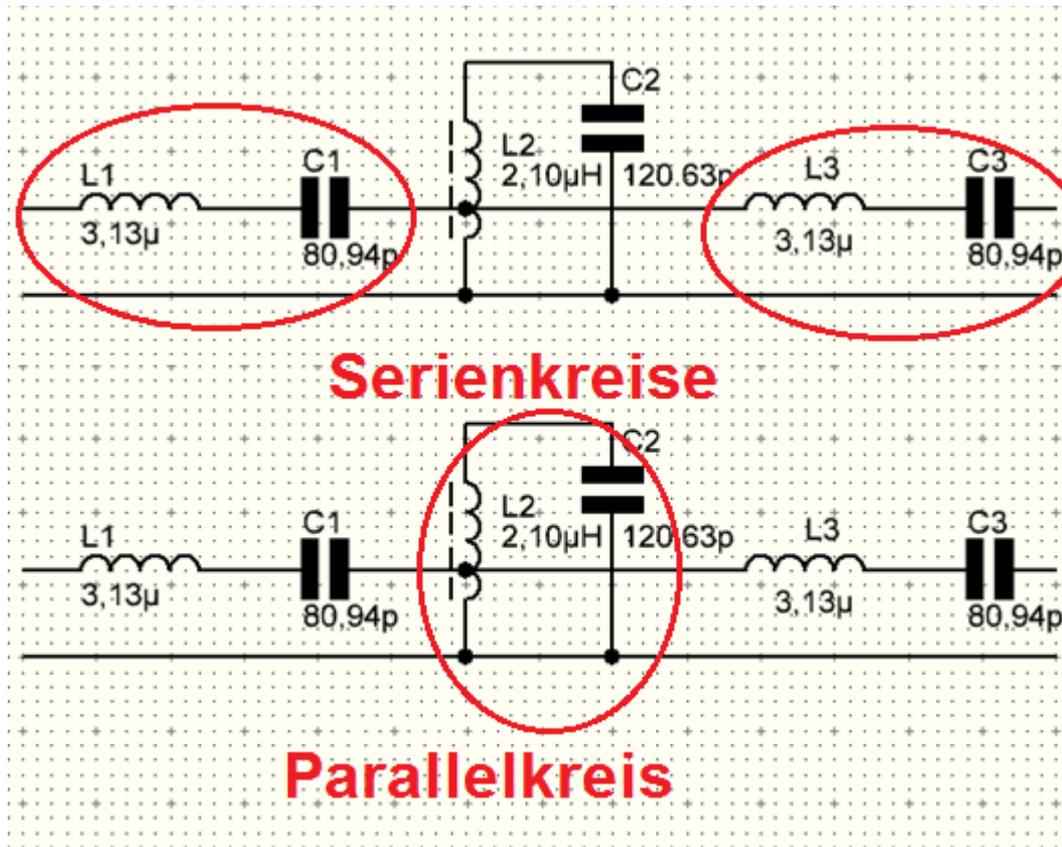
- Verbesserung des Großsignalverhaltens des RX
- Verbesserung der Nebenwellenunterdrückung des TX
- Verhinderung des Abregelns benachbarter TX
(diese vermuten ein rücklaufendes Signal der eigenen Aussendung → Abregeln des TX)

Da die Filter zwischen TRX und Antenne geschraubt werden, müssen sie für die TX-Ausgangsleistung dimensioniert werden.

Üblich: 100 Watt, 200 Watt

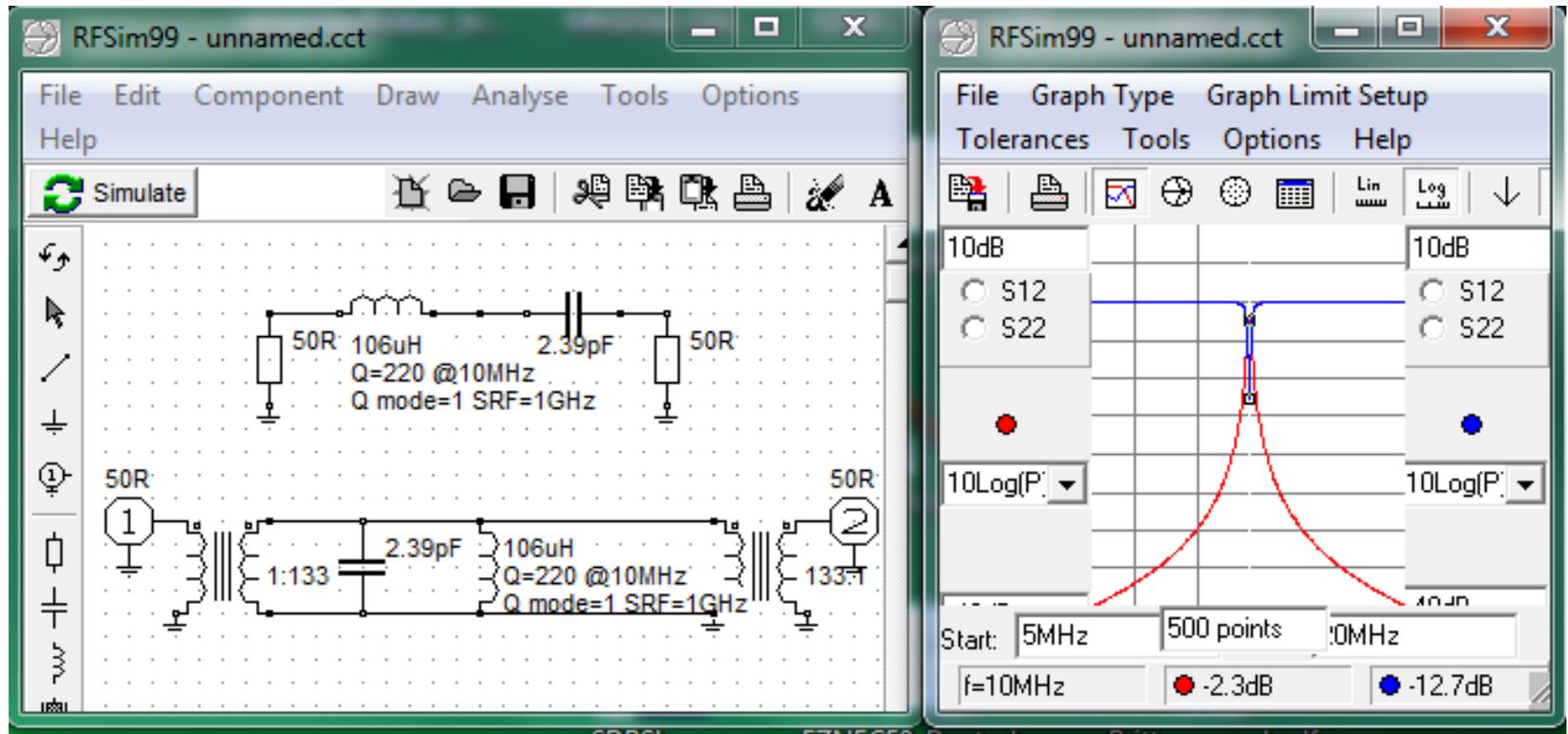
Es gibt auch Filter für 1kW und mehr (entsprechend groß und teuer, oft Lüfterbetrieb erforderlich)

Definition „Serien-“ und „Parallelkreise“



Filter für 10 MHz

Lösung: 1 Kreis - Sende / Empfangsfilter

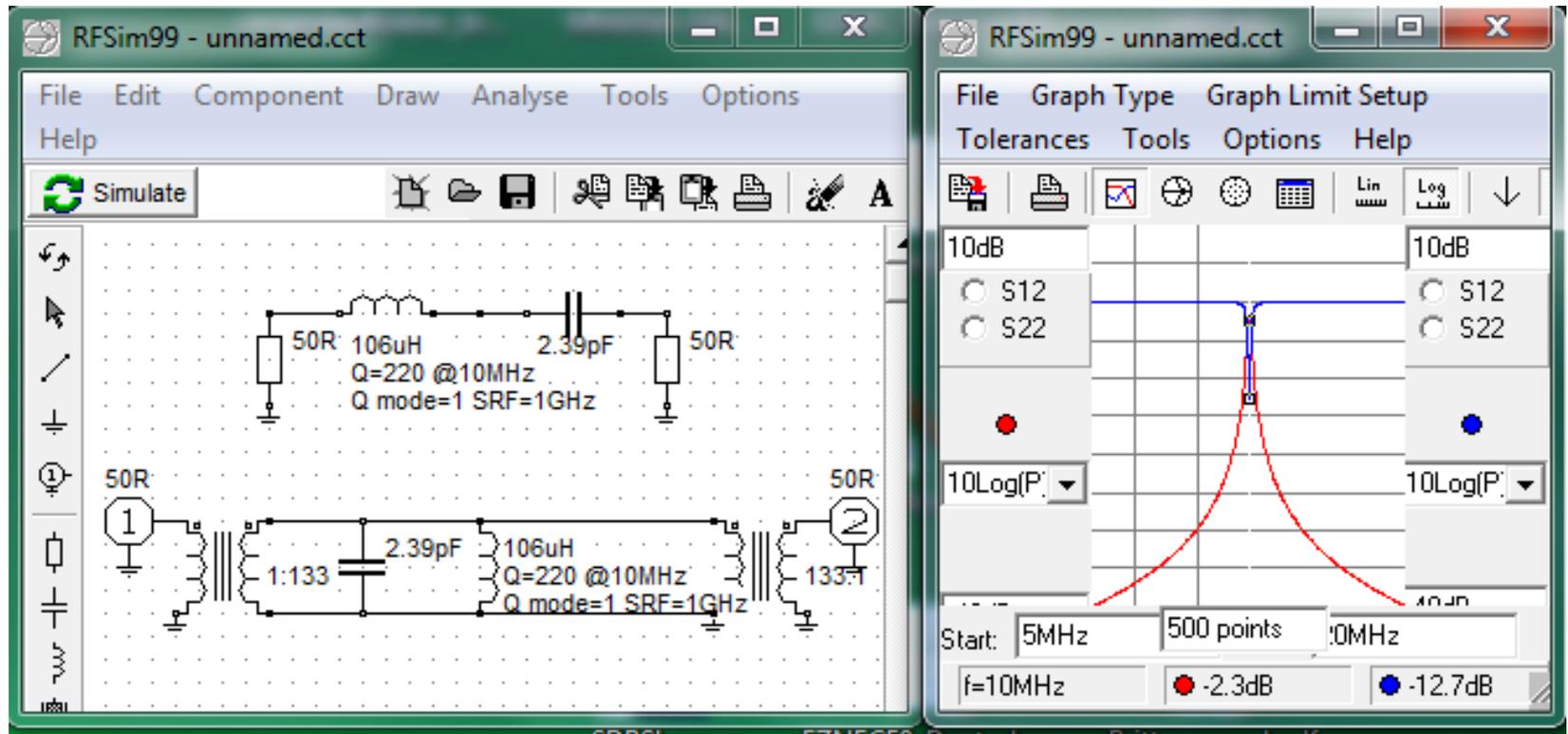


Ziel: 40 dB Dämpfung bei $f/2$ und $2 \cdot f$ (f = Frequenz).

Annahme: Spulengüte $Q = 220$. Durchlassdämpfung 2,3 dB.

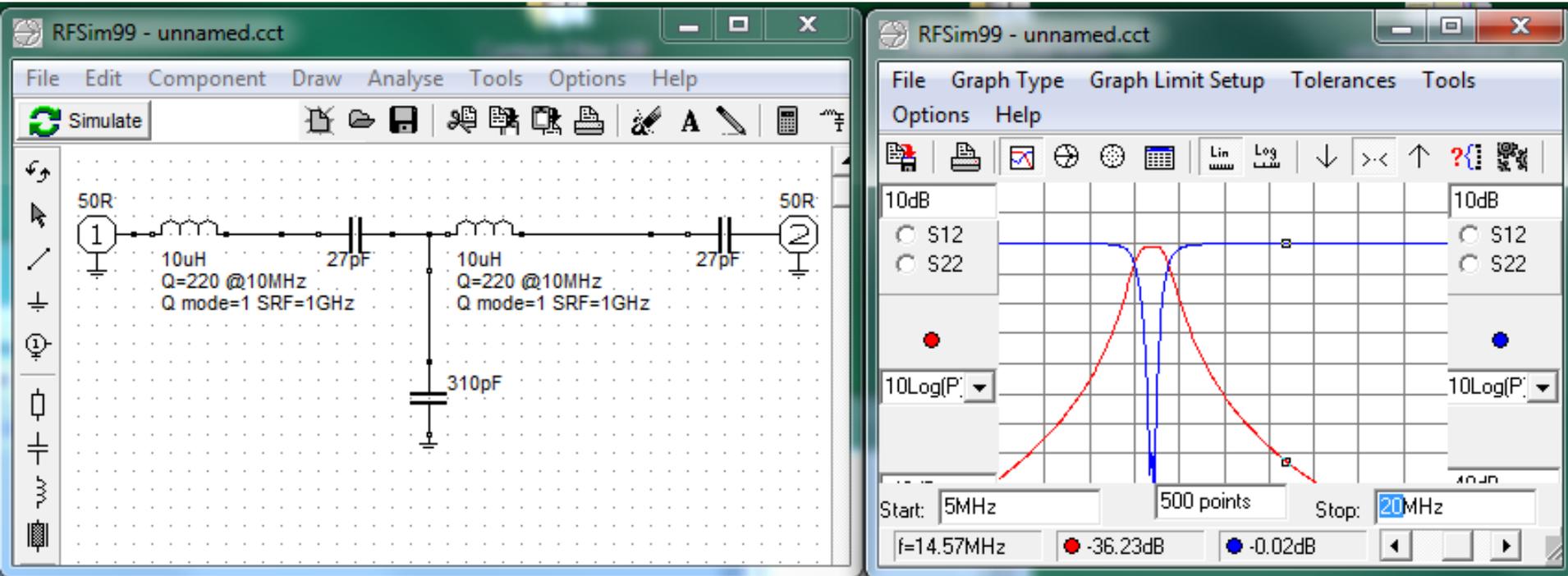
Von 100 Watt blieben 59 Watt übrig, Rest Filterverluste.

Lösung: 1 Kreis - Sende / Empfangsfilter



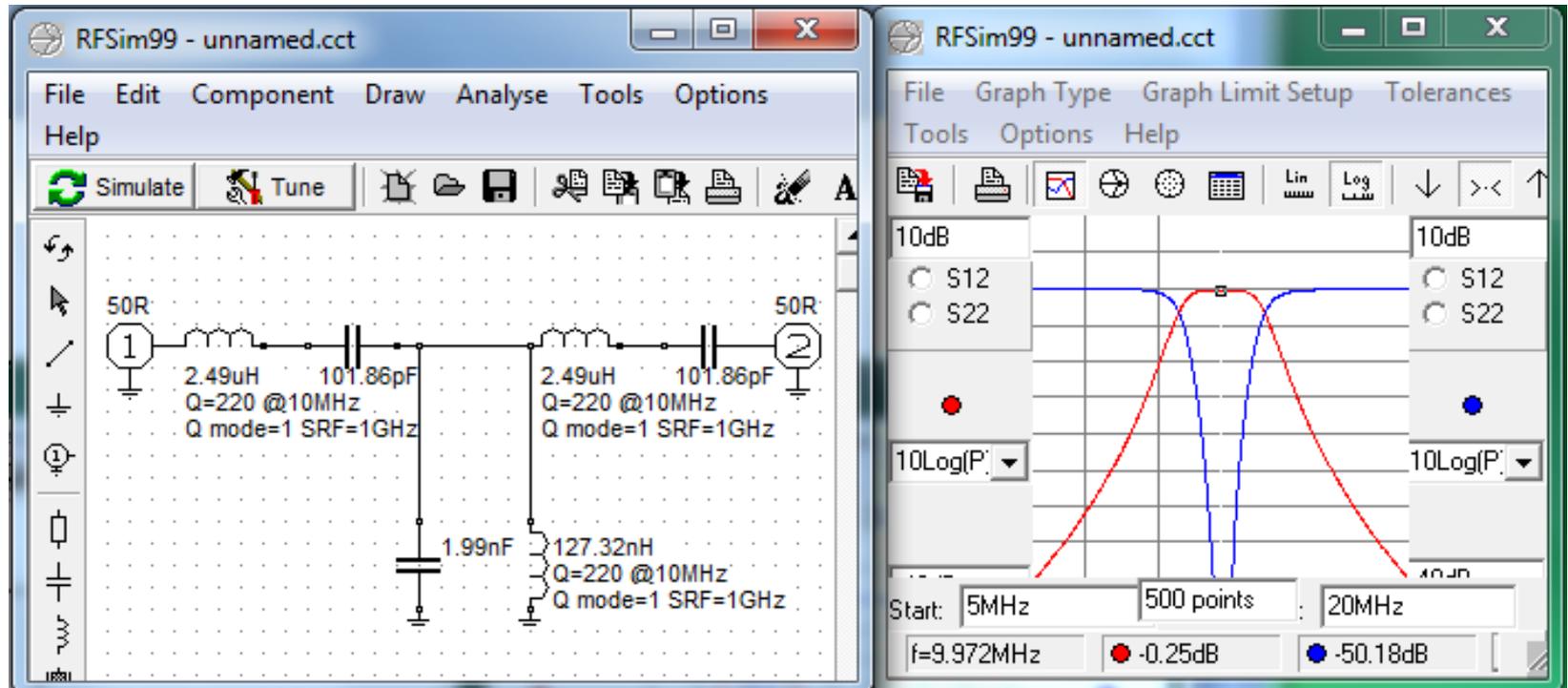
Wir erkennen den Vorteil des Serienkreises gegenüber dem Parallelkreis: **keine Anzapfungen nötig.**

Lösung: 2 Kreis - Sende / Empfangsfilter



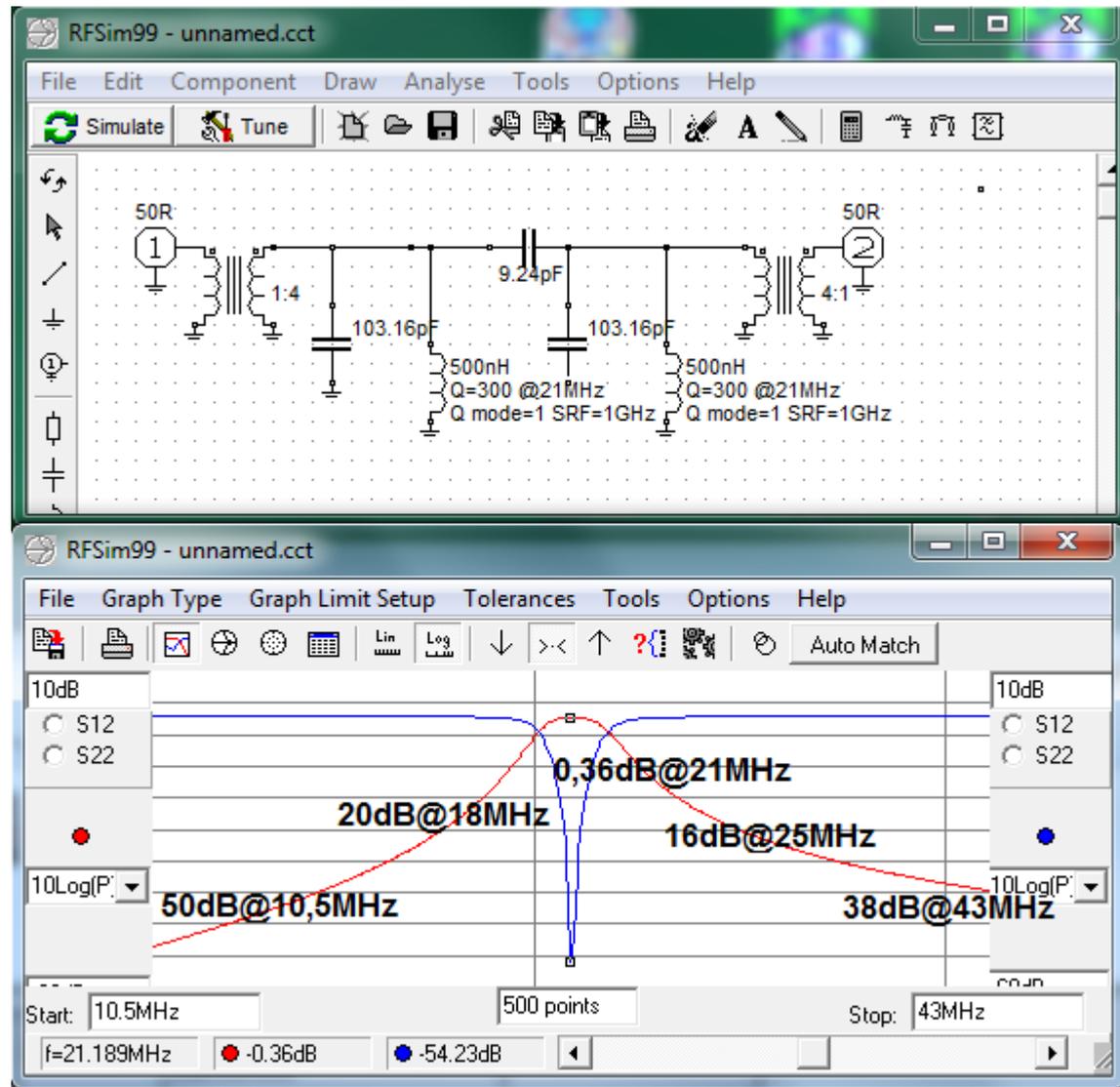
Bessere Lösung: 2 Kreis - Filter, hier ein kapazitiv gekoppeltes. Zwei Serienkreise, der Koppelkondensator gegen Masse. Dämpfung im Band 0,5 dB. Auffällig ist die bessere Dämpfung zu höheren Frequenzen hin, schlechtere Dämpfung zu tieferen.

Lösung: 3 Kreis - Sende / Empfangsfilter



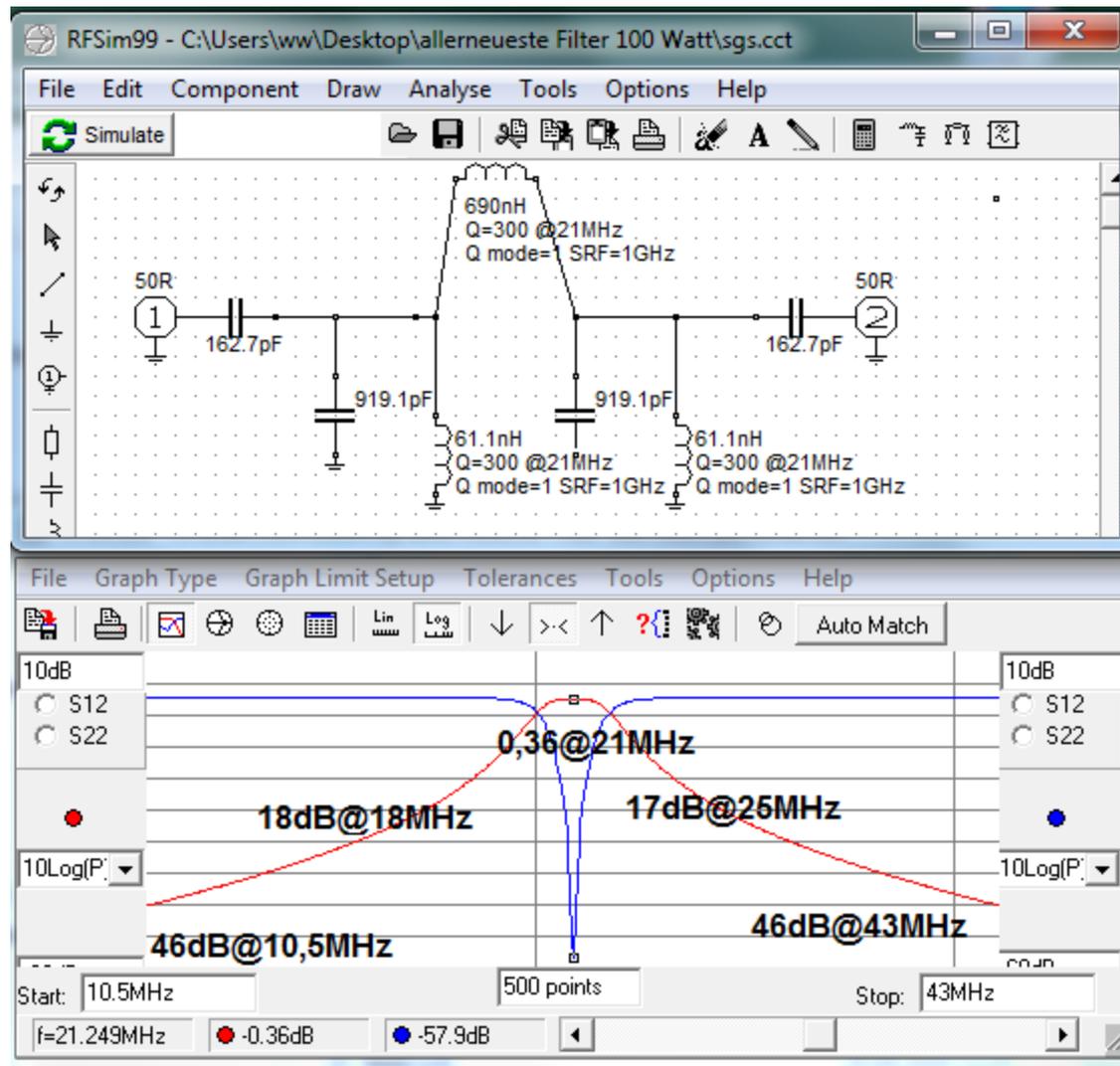
Noch besser: 3 Kreis-Filter, Dämpfung im Band 0,25 dB.
Symmetrische Kurve. Längst-Spulen statt 10 μH nur noch
2,5 μH für die gleiche Dämpfung bei $f/2$ und $2*f$ von 40 dB.

Sende / Empfangsfilter verschiedener Anbieter



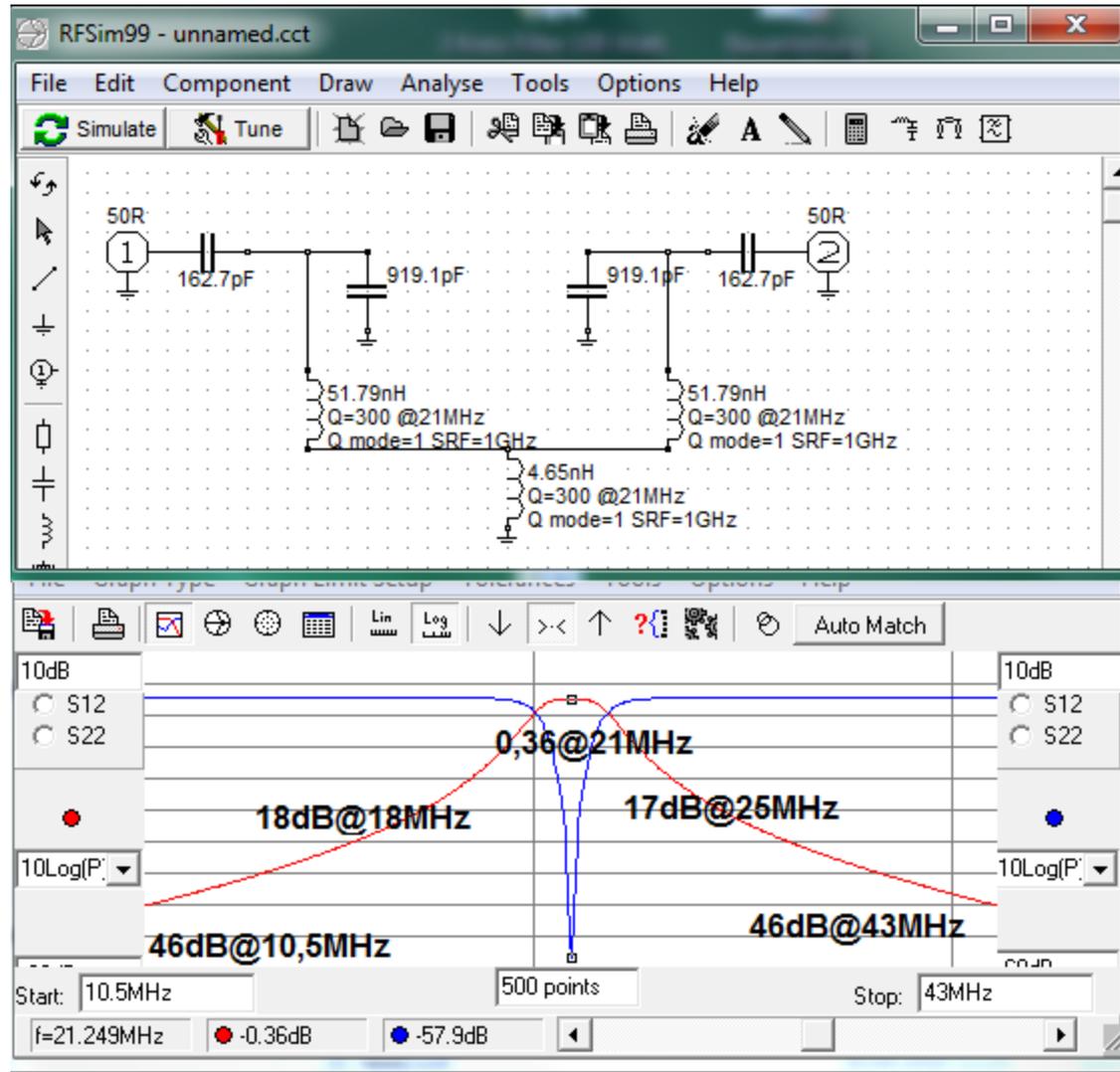
Dunestar-Design (Zwei-Kreis-Filter, 21 MHz)

Lösung: Sende / Empfangsfilter



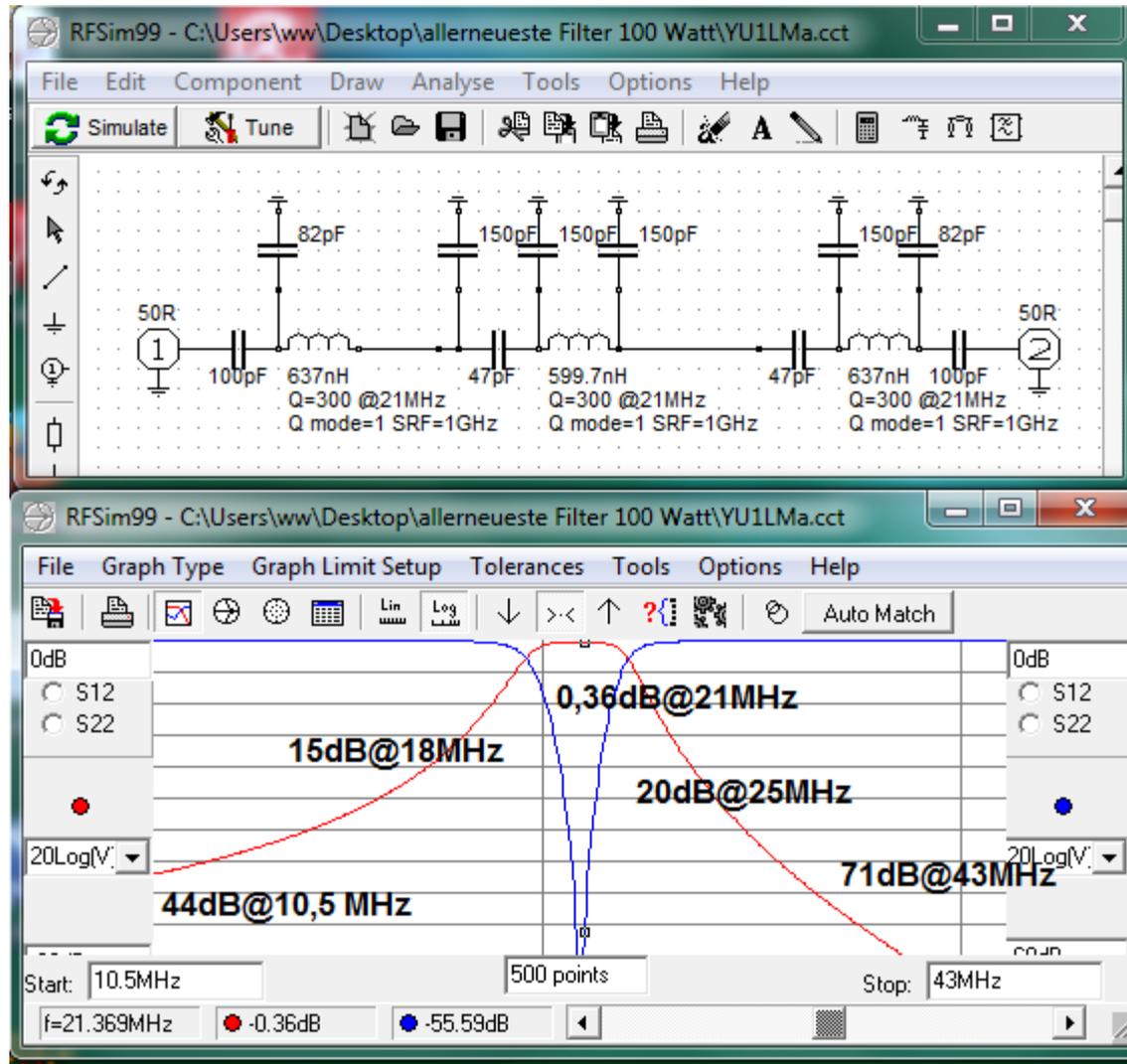
Eine Dimensionierung mit L-Kopplung im Hochpunkt
(2-Kreis-Filter, 21 MHz)

Lösung: Sende / Empfangsfilter



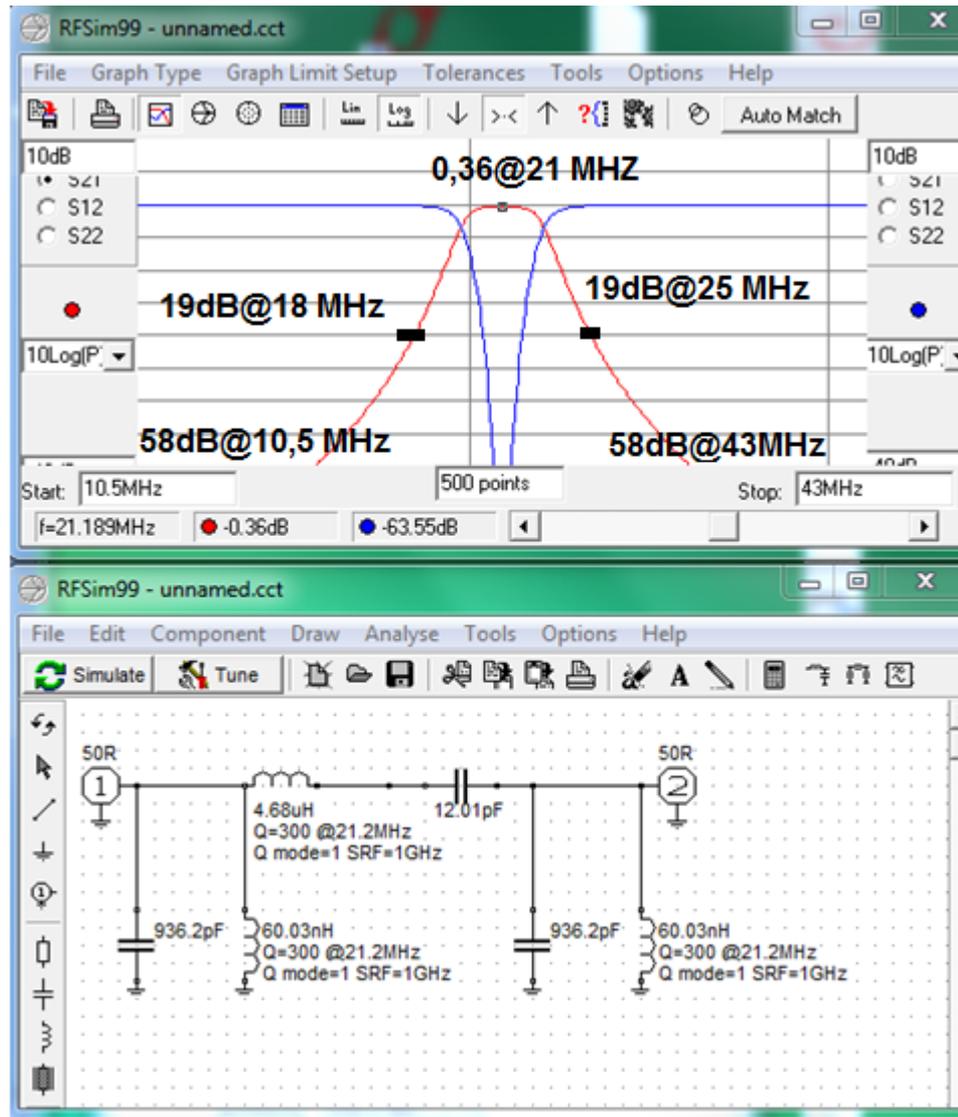
Eine Dimensionierung mit L-Kopplung im Tiefpunkt liefert eine identische Kurve (2-Kreis-Filter, 21 MHz)

Lösung: Sende / Empfangsfilter



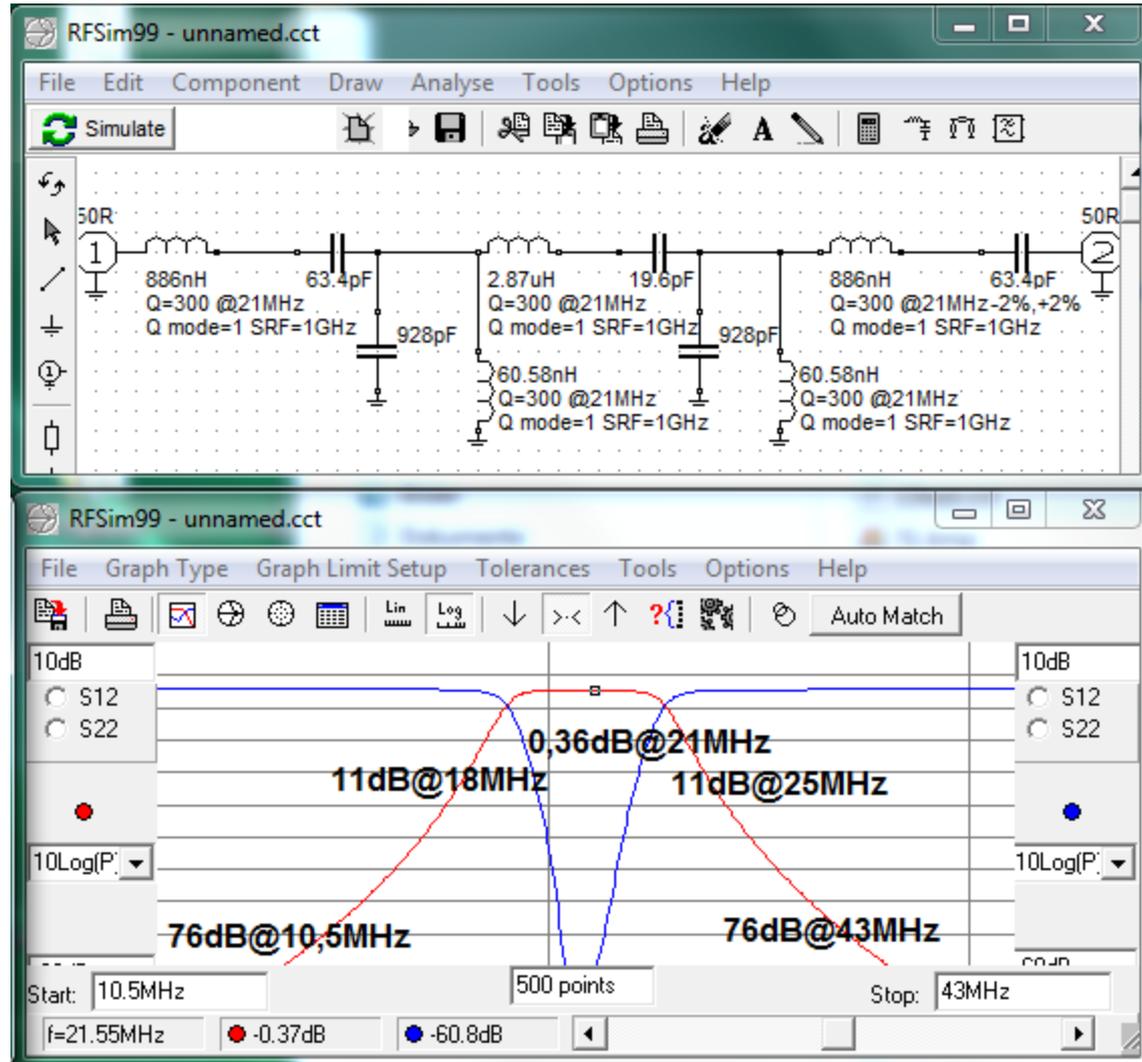
YU1LM-Design (Drei-Kreis-Filter, kapazitiv gekoppelt)

Lösung: Sende / Empfangsfilter



W3NQN-Design (3-Kreis-Filter)

Lösung: Sende / Empfangsfilter



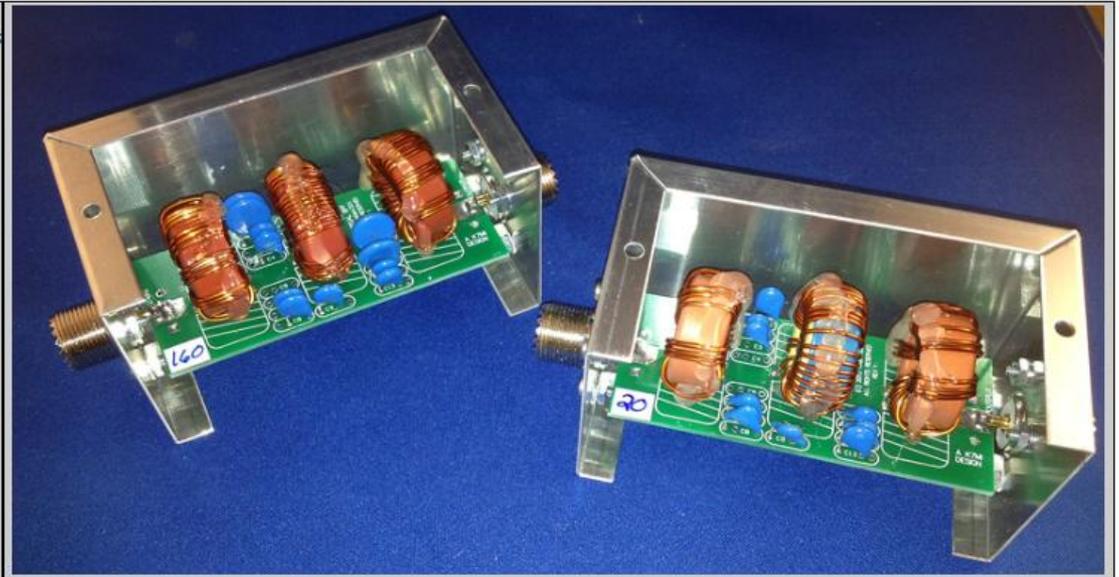
5-Kreis (erweitertes) **W3NQN**-Design

Viele Jahre schon im Angebot: 200 Watt-Filter nach W3NQN, Ed Wetherhold

New!

BandPasser Single Band Filters

- ❖ All bands available including WARC Band Filters
- ❖ 200W power rating (Under 2:1 SWR)
- ❖ SWR less than 1.25 across band
- ❖ Low insertion loss
- ❖ High rejection of adjacent bands
- ❖ Hand tuned for maximum performance
- ❖ Cost effective filter solution
- ❖ Sturdy aluminum chassis



Eine mutige Aussage:
*„W3NQN Bandpassfilter sind die besten Einzelbandfilter,
die Du kaufen kannst“*

W3NQN Single Band Transceiver Bandpass Filters including WARC and MARS Bands



W3NQN Original mono-band band pass filters

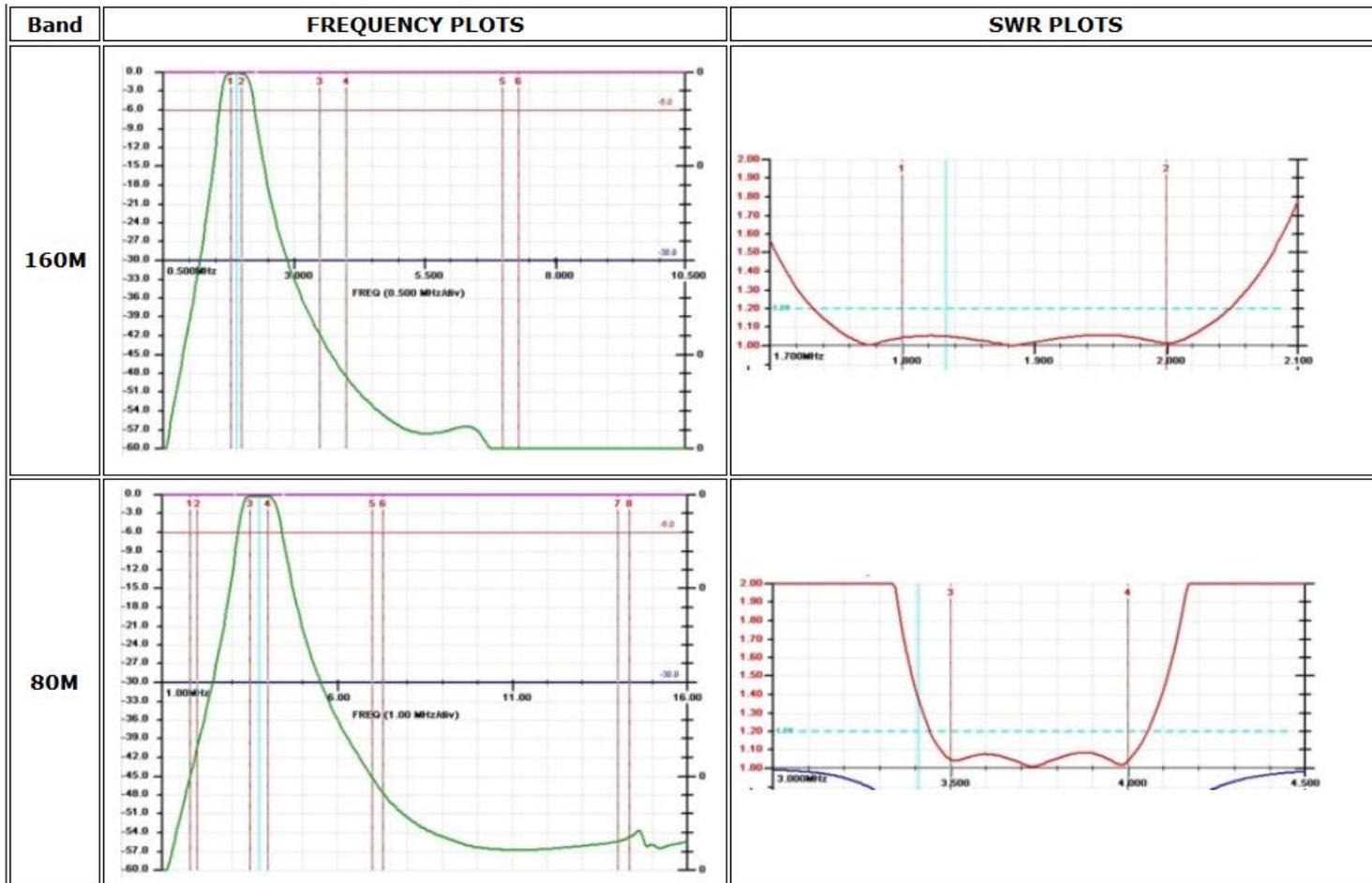
Array Solutions is very proud to be the exclusive distributor for for these Great single band filters.

Single box design, made and tested by Ed Wetherhold, W3NQN or K7MI @ Hamation to W3NQN specifications.

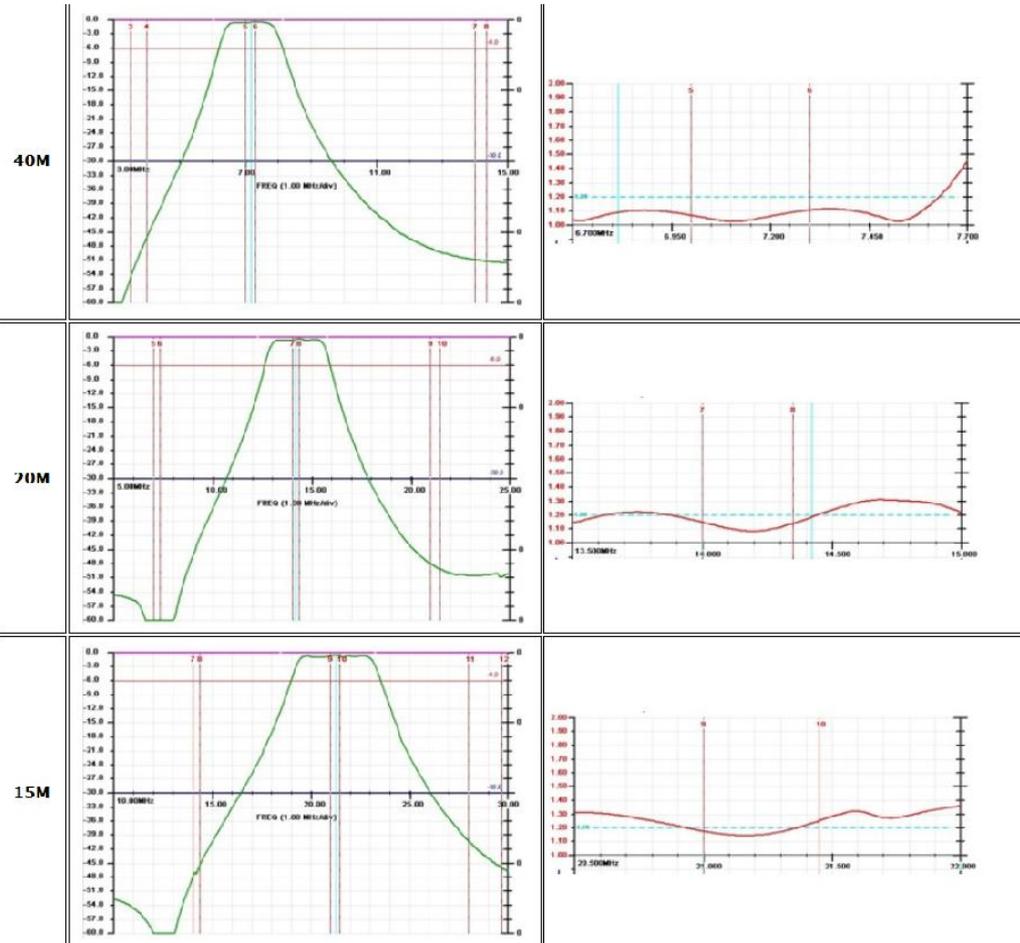
W3NQN Band Pass filters are the best single band filters you can buy.

Each one is hand-made by W3NQN or by K7MI to W3NQN's specifications. The performance of these W3NQN design filters, regardless of who assembles them is the same. We will fill your order using the filters we have on hand when you place your order.

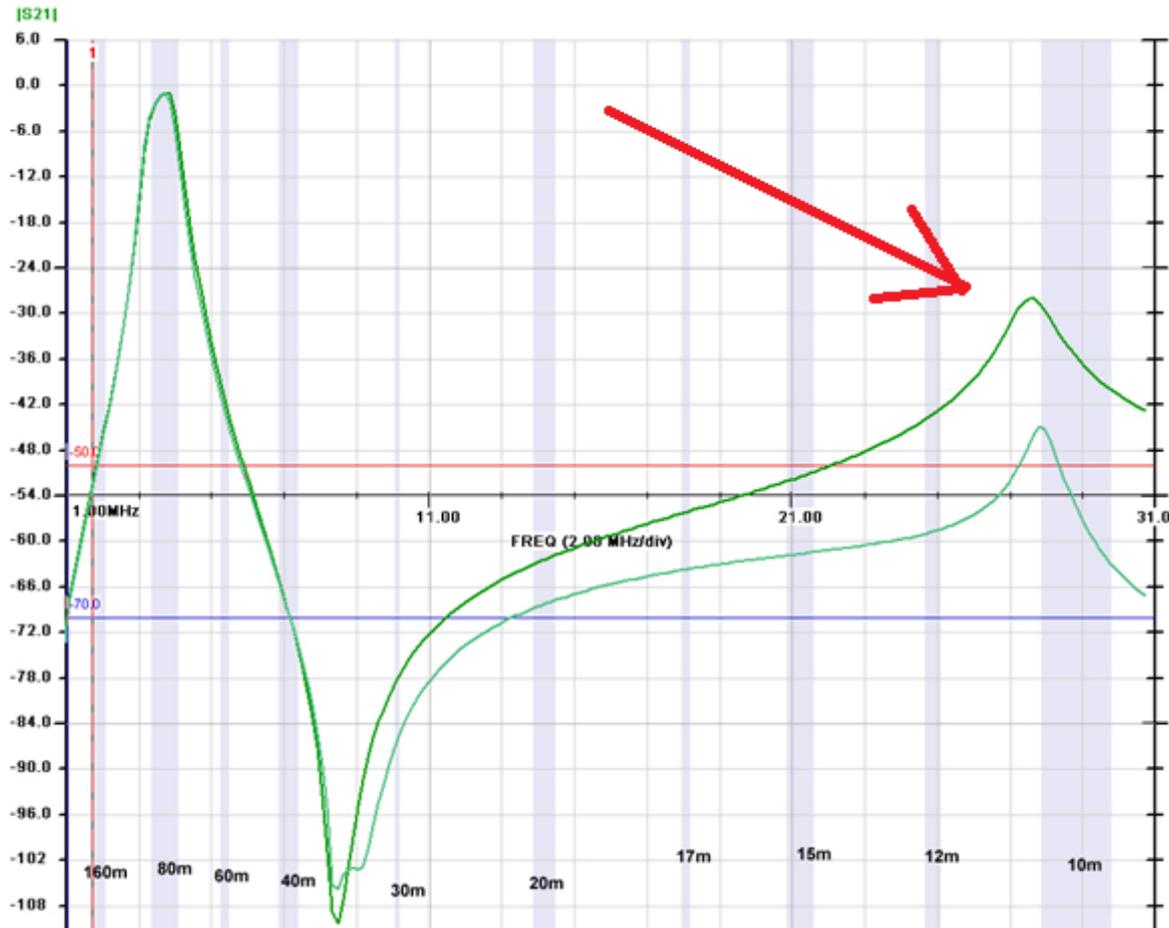
Im Nahbereich ist alles chic



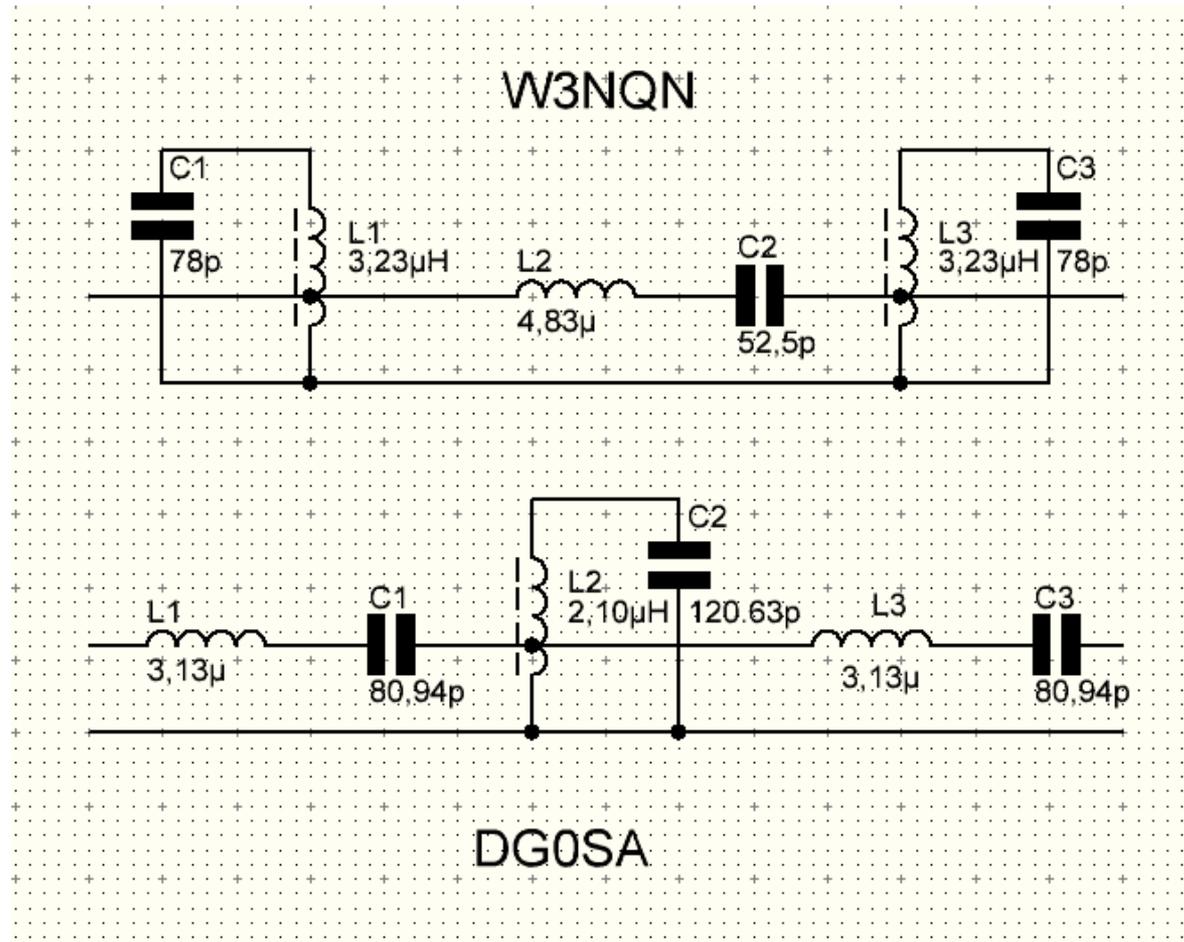
Im Nahbereich ist alles chic



Eine kleine Schwäche: im Kurzwellenbereich gibt es Einbrüche im Dämpfungsverlauf

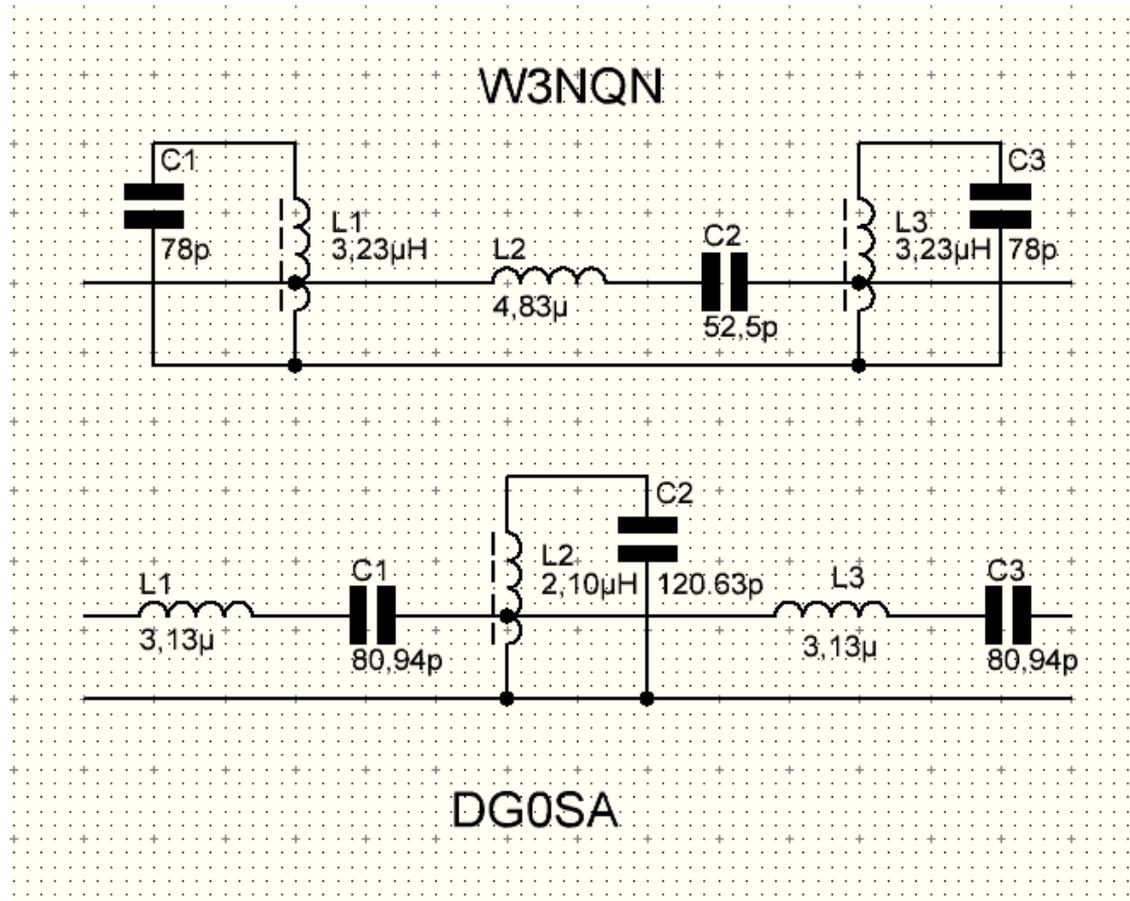


Prinzipieller Aufbau der Einzelfilter nach **W3NQN** und **DG0SA**



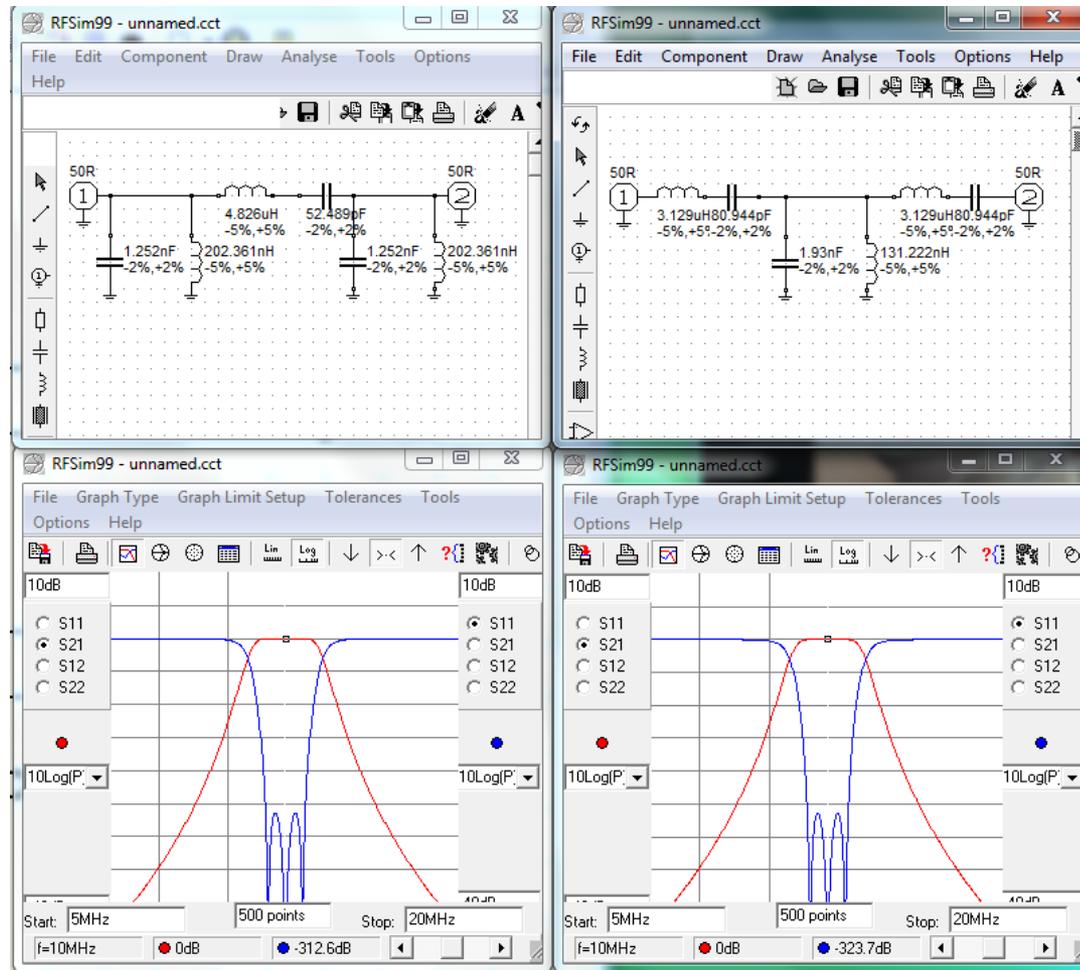
Beide Filter weisen die gleiche Filterkurve auf!

Vor- und Nachteile der jeweiligen Schaltungen



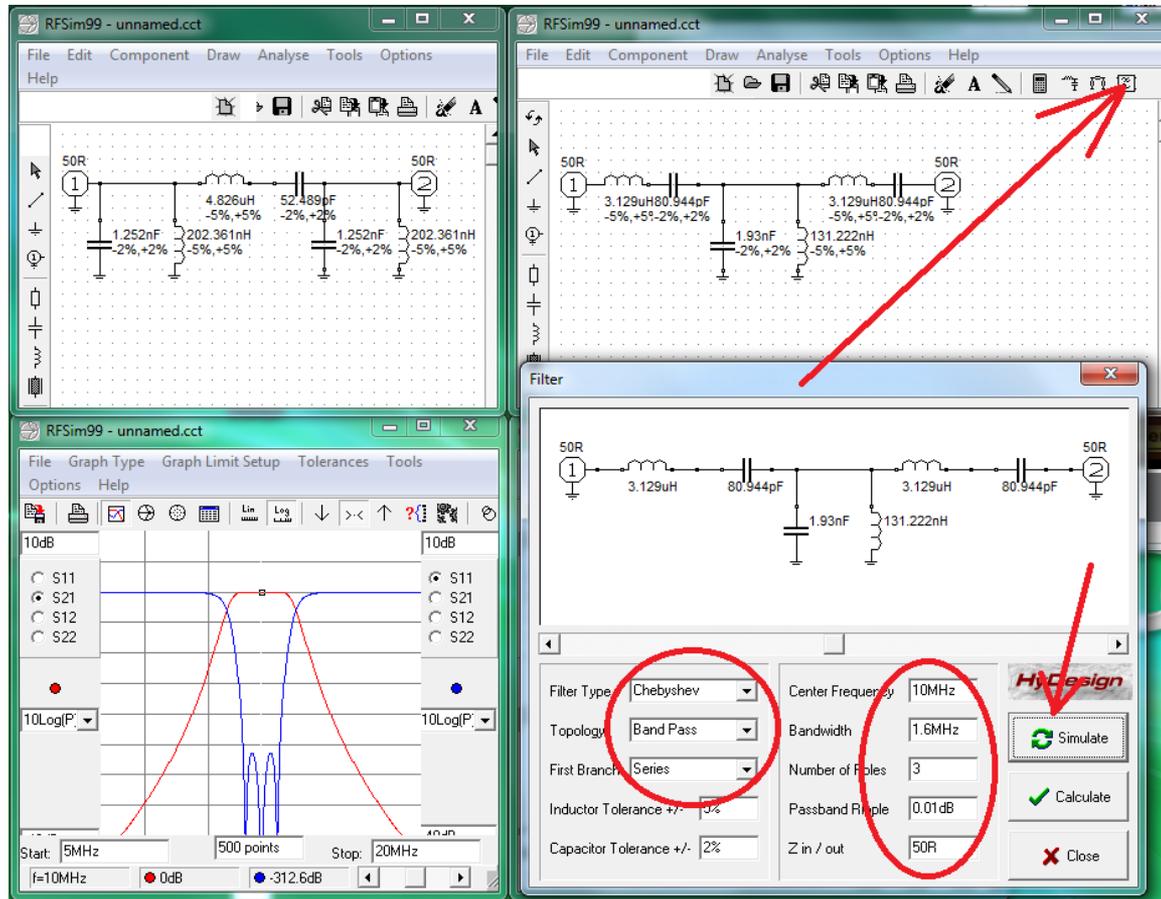
Wie sieht es aus mit Strömen, Spannungen?

Vor- und Nachteile der jeweiligen Schaltungen



Verglichen werden Schaltungen nach **W3NQN** und **DG0SA** mit **identische Kurvenverläufen!**

Vor- und Nachteile der jeweiligen Schaltungen



RFSim99 zum Entwurf nutzen

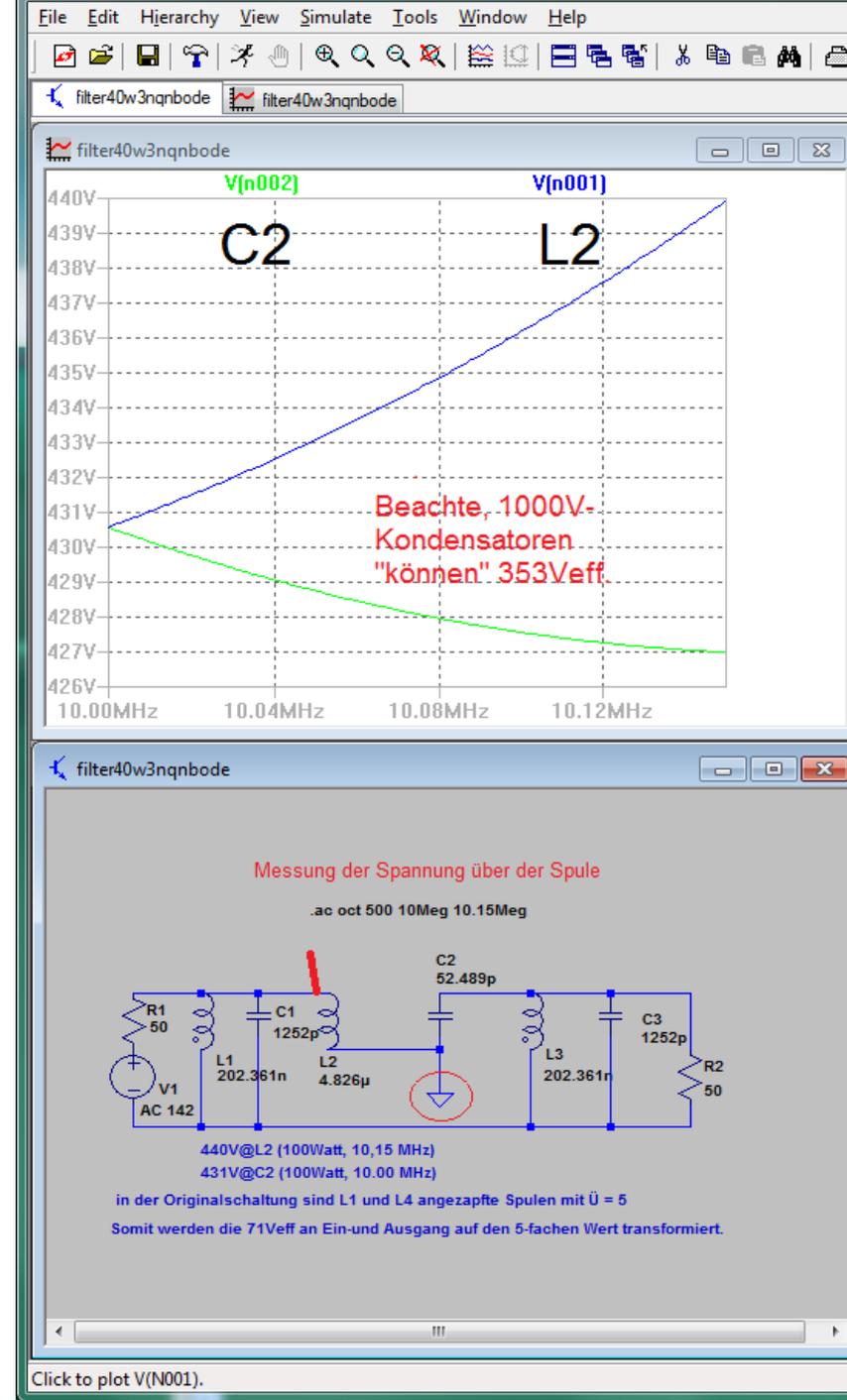
Filter nach **W3NQN**

LTSpice für Spannungsprüfung nutzen

Bedingung: 100 Watt

Je 431 V_{eff.} über C2, L2

W3NQN verwendet deshalb oft bei 200 Watt Filtern für L2 zwei Spulen in Reihe

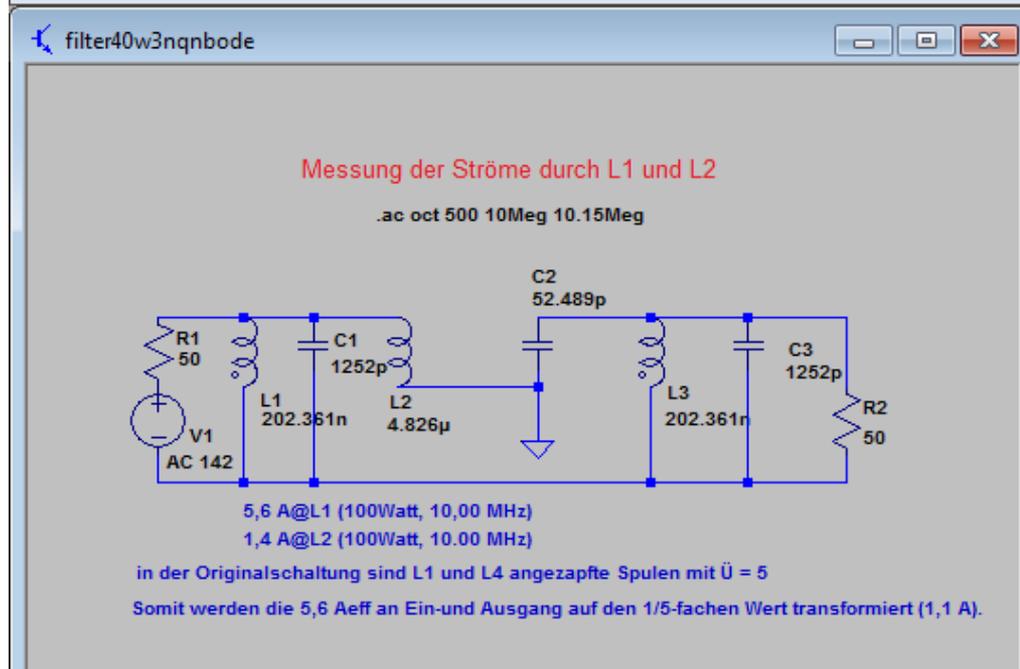


Filter nach **W3NQN**

LTSpice für Strom-
prüfung nutzen

Bedingung: 100 W

1,4 A eff.

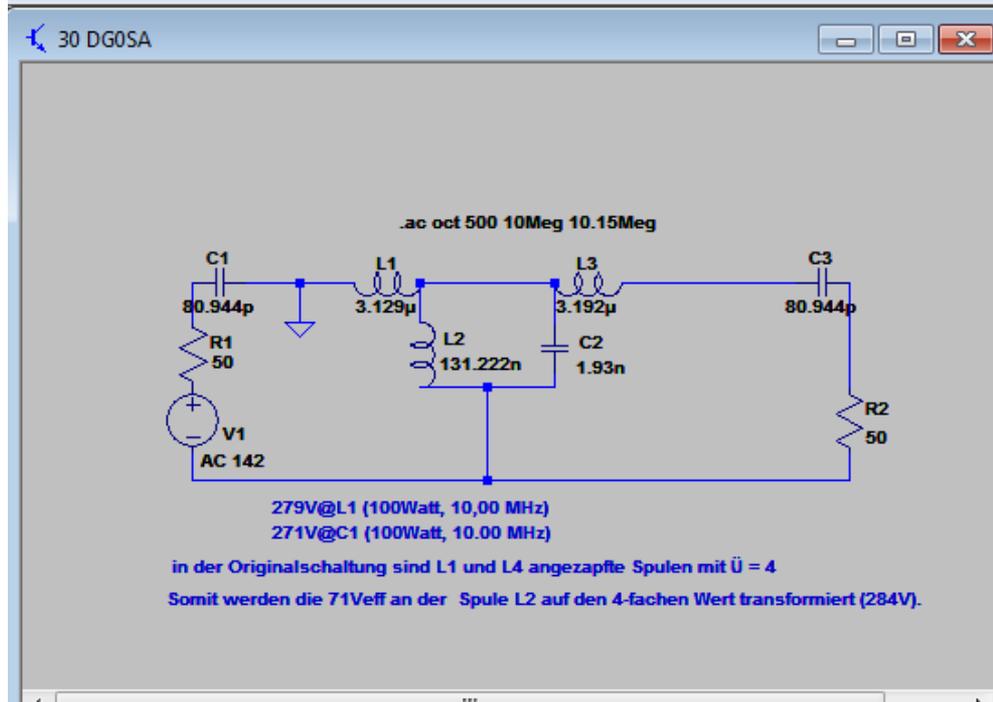
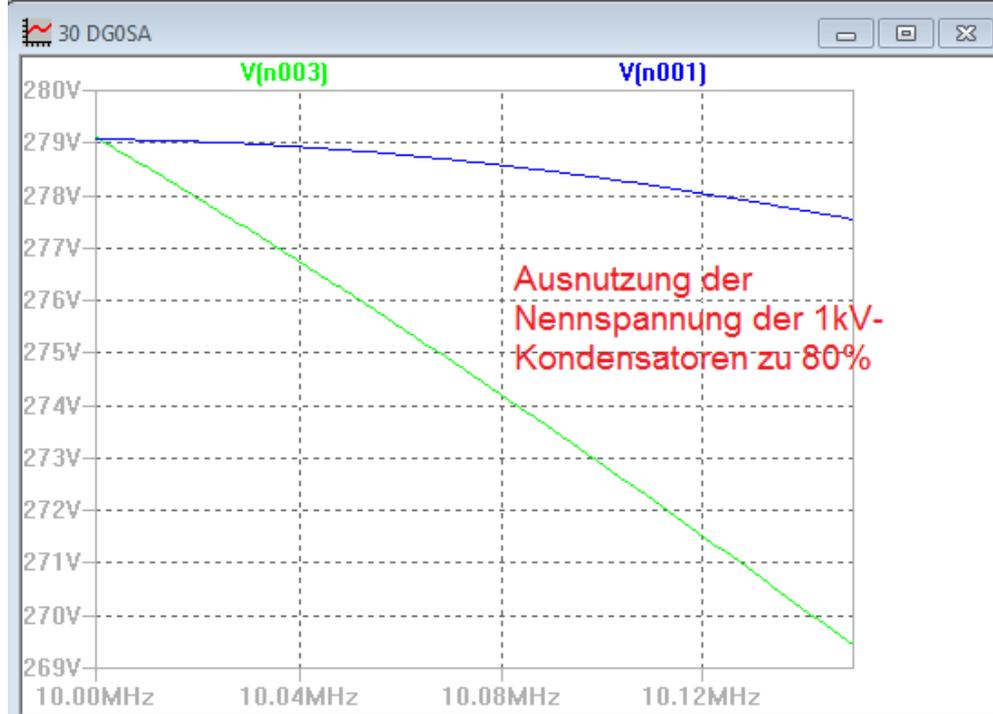


Filter nach *DG0SA*

LTSpice für
Spannungsprüfung nutzen

Bedingung: 100 Watt

Je 279 Veff.
über C1, L1 und C3, L3,
das ist weniger als beim
W3NQN-Filter

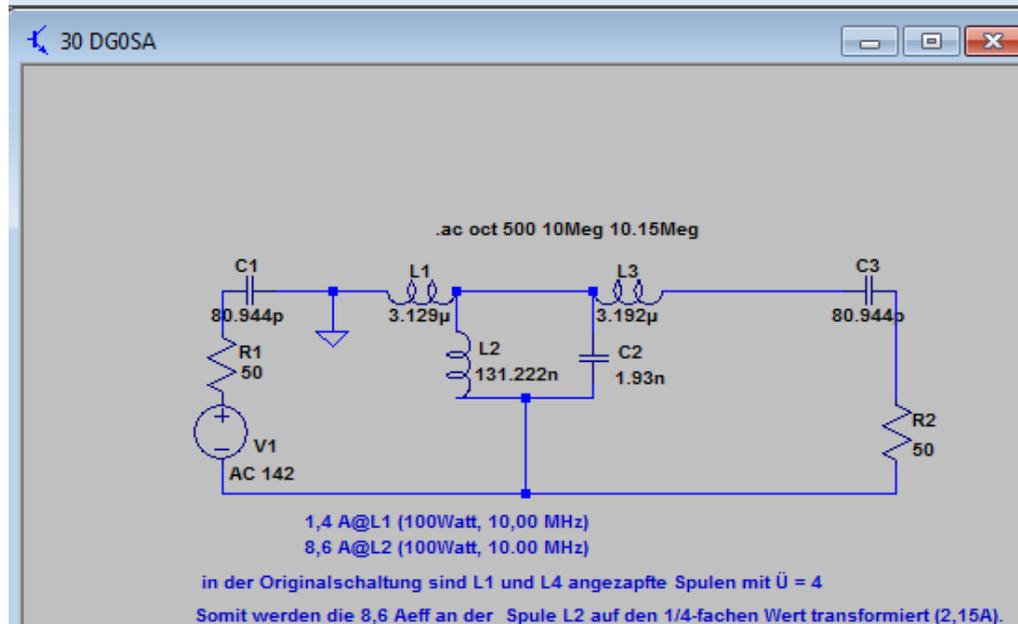


Filter nach DG0SA

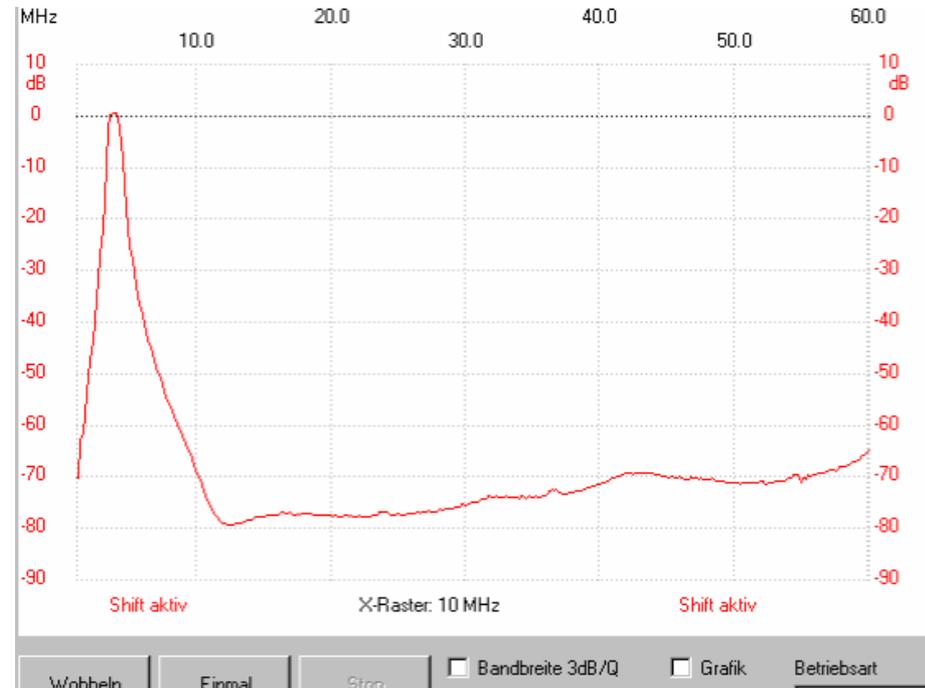
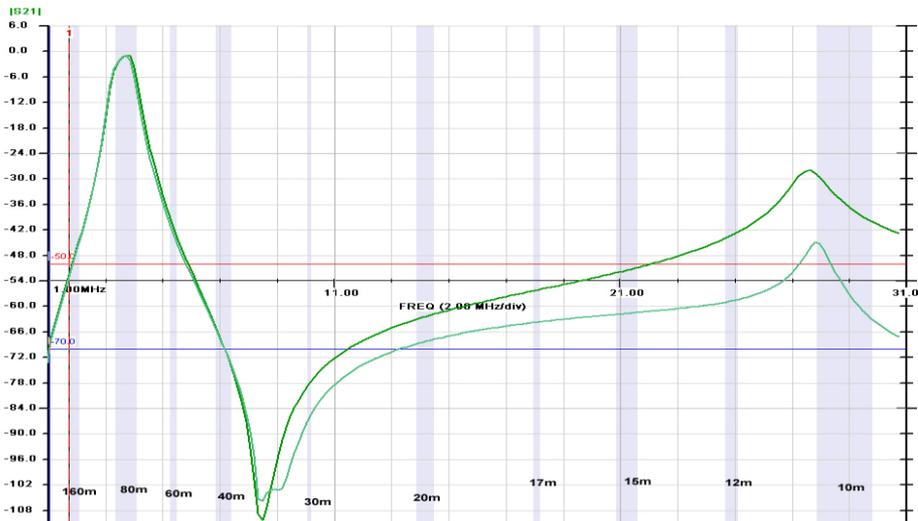
LTSpice für
Stromprüfung nutzen

Bedingung: 100 Watt

2,15 A_{eff} in den
Serienkreisen, das ist
mehr als beim **W3NQN-**
Filter, auch im Parallelkreis
fließt ein höherer Strom.



Vor- und Nachteile der jeweiligen Schaltungen W3NQN 1 MHz - 30 MHz / DG0SA 1 MHz - 60 MHz



DG0SA: Moderater Dämpfungsanstieg „nach oben“
W3NQN: leider ein Dämpfungseinbruch bei 50 MHz

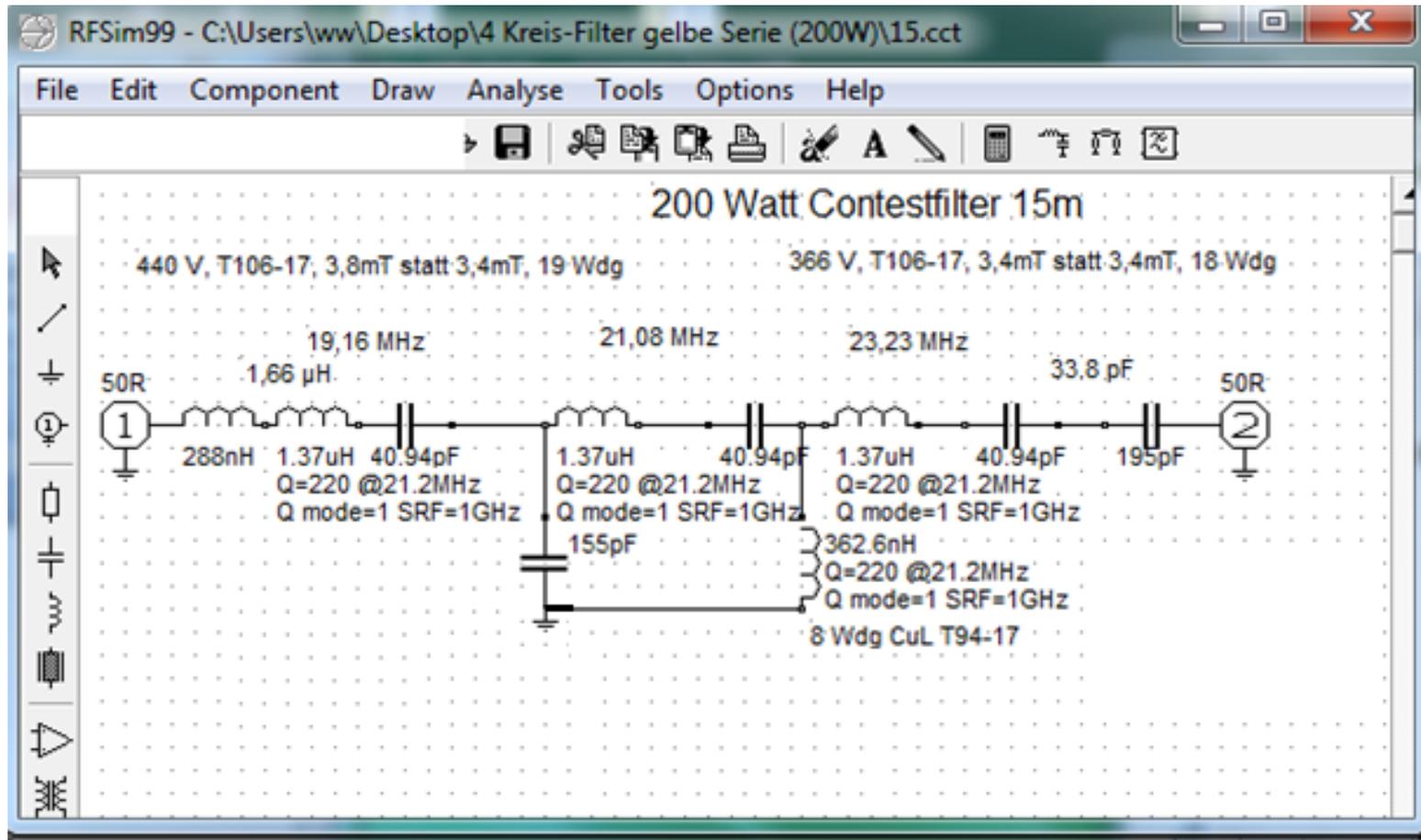
Vor- und Nachteile der jeweiligen Schaltungen

Filter nach W3NQN / Filter nach DG0SA

- Zwei angezapfte Spulen / eine angezapfte Spule
- 50 % mehr Spannung / 50 % mehr Strom in den Bauelementen für gleichwertige Filter
- Dämpfungseinbruch / kaum Dämpfungseinbruch

Fazit: keine wesentlichen Unterschiede

Lösung: 4 Kreis-Sende / Empfangsfilter



„Variante 2“ nach DG0SA: Dies ist auch ein Chebyshev-Filter, vergleichbar mit dem „normalen“ 3-Kreis-Filter „Variante 1“.
Vorteil: kleine Ringkerngrößen T106-17 bei 200 Watt Leistung.

Kleine Statistik

Begonnen hat es vor 10 Jahren mit der Bitte von Roland, DL7BA, 100 Watt Sende / Empfangsfilter zu bauen

- 2007 : 27 Stück
- 2008 : 53 Stück
- 2009 : 41 Stück
- 2010 : 55 Stück
- 2011 : 46 Stück
- 2012 : 53 Stück
- 2013 : 46 Stück
- 2014 : 79 Stück
- 2015 : 98 Stück

Seit 2007 führe ich einen Nachweis, insgesamt habe ich etwa **500 Filter** gebaut. Reparaturen vielleicht in dieser Zeit etwa acht Stück, davon vier für einen OM. Gleichzeitig haben OM mit von mir gelieferten Bausätzen etwa **120 Filter** gebaut.

Kleine Statistik

Die „veralteten“ drei-Kreis-Filter bot ich bis vor kurzem nur noch als Bausatz an.

Insgesamt 37 Bausätze wurden geliefert und durch die Besteller aufgebaut.

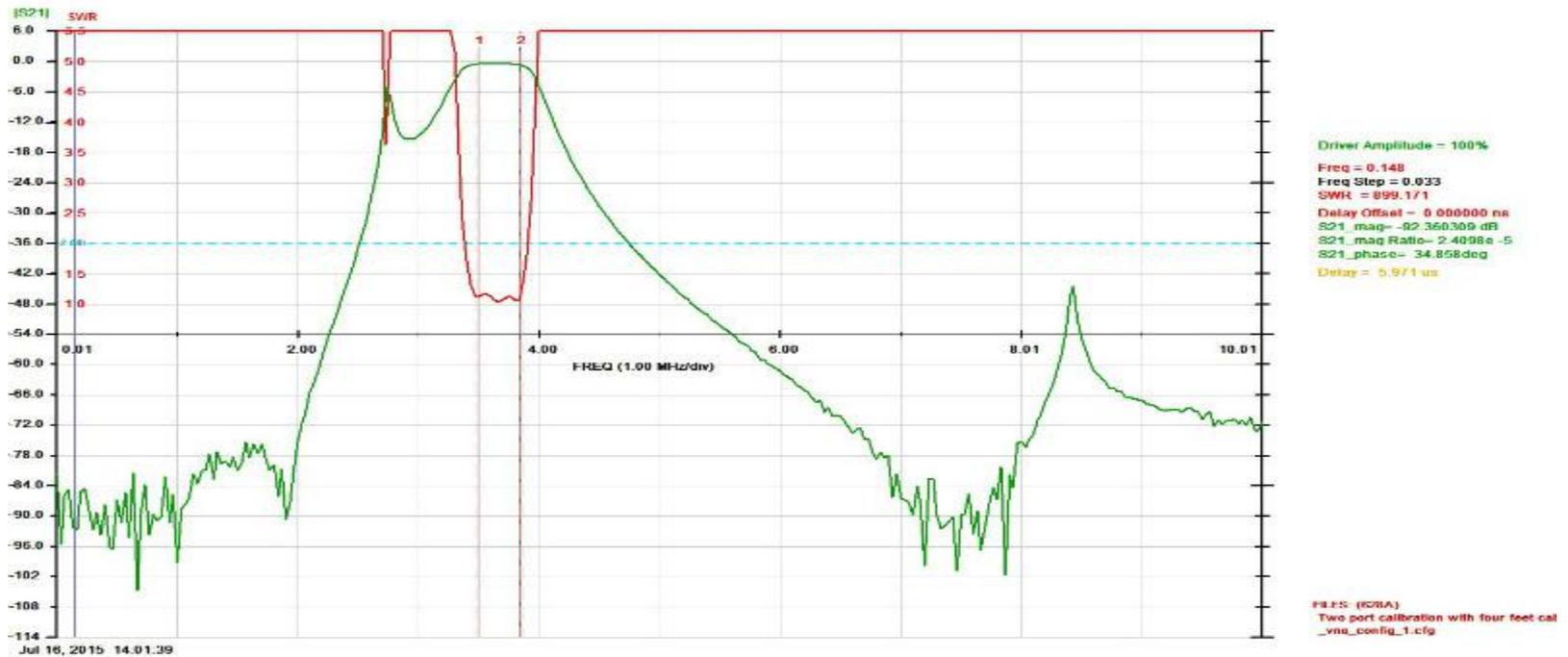
Die Nachfrage nach fertigen 3-Kreis-Filtern blieb, deshalb sind wieder im Angebot, 21 Stück geliefert.

Die neuen 4-Kreis-Filter, 5-Kreis-Filter und 7-Kreis-Filter entstanden in 22 Exemplaren.

Im Jahr 2016 baute ich erstmals neun Filter für 1200 Watt in enger Zusammenarbeit mit Rolf, ***DL7VEE***.

Neue Filter? Dazu jetzt mehr...

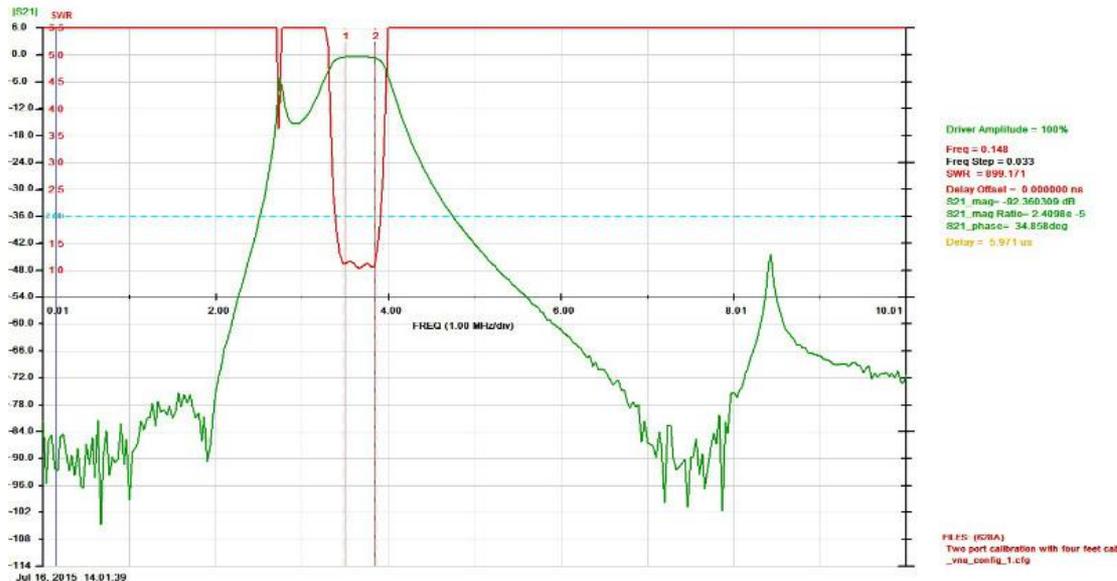
Zeit für Neues:
entdeckt auf <https://www.arrayolutions.com>



AS-BPF-Lux-80 - Luxury BPF for 80 m band. Rating 200 W CW

Diese Kurve ist als "nicht gelungen" einzustufen

Zeit für Neues

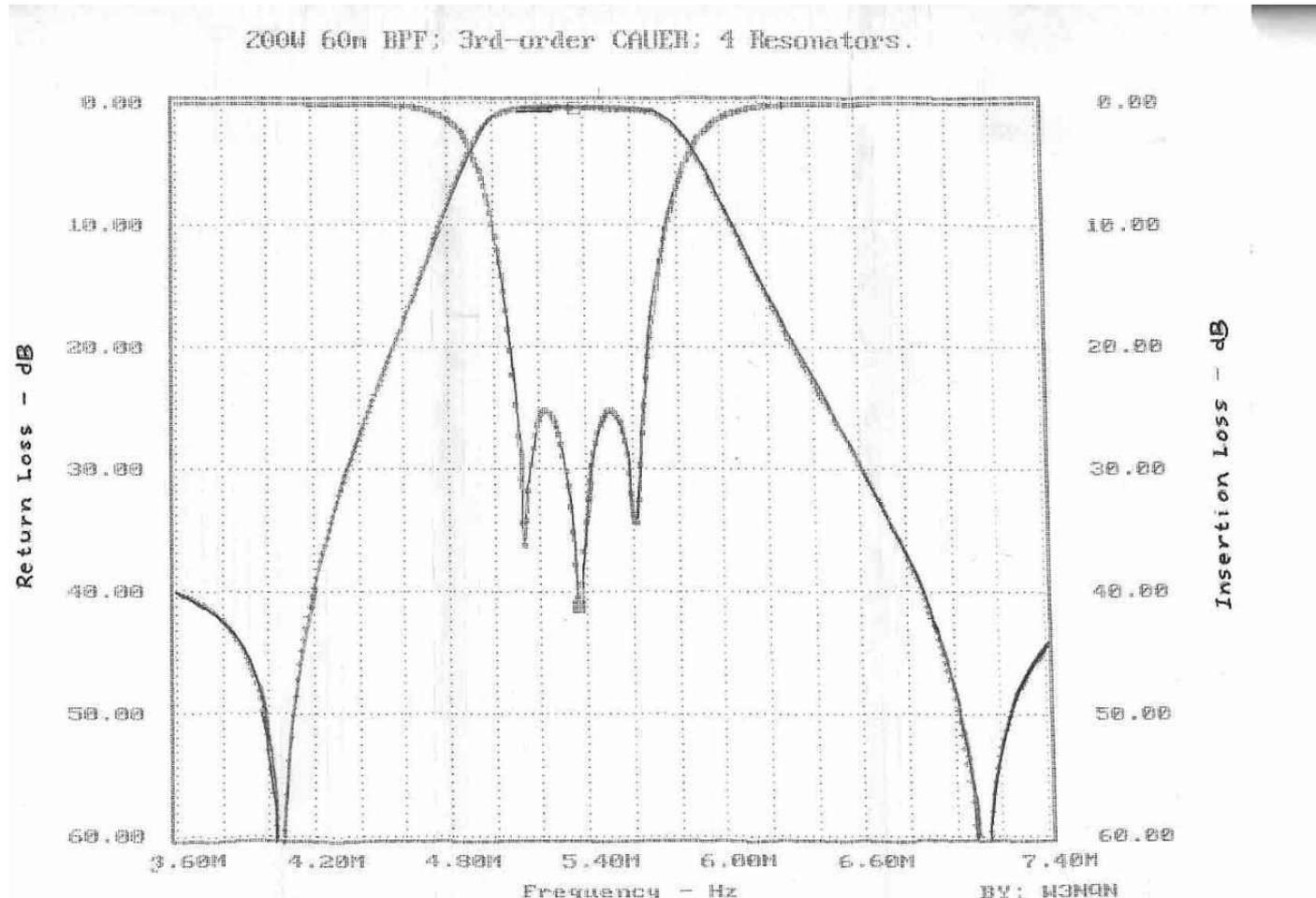


AS-BPF-Lux-80 - Luxury BPF for 80 m band.

Das kann ich sicherlich besser!

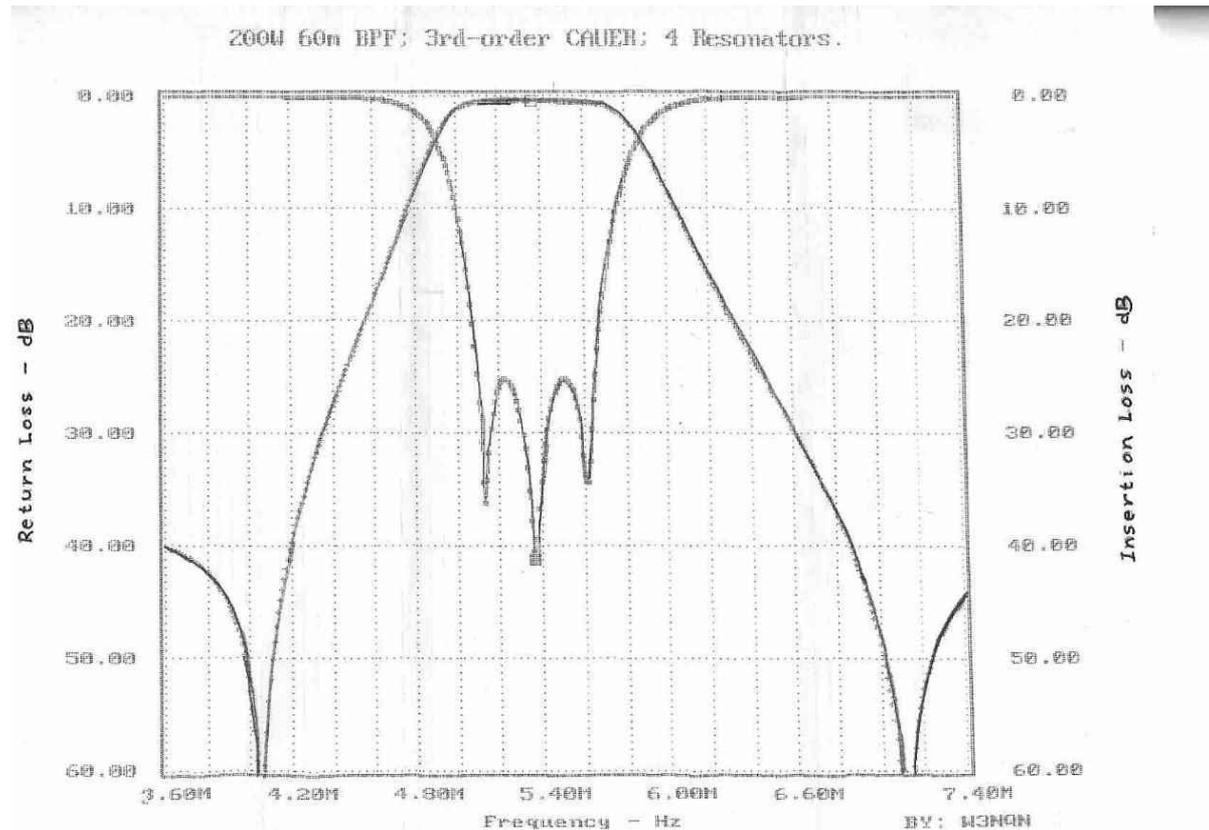
Die Kurve ist nicht ideal. Zwei Nebenresonanzen stören mich. Ich kenne den Innenaufbau des Filters nicht. Der Hersteller gibt auf seiner Internetseite dazu keinen Hinweis.

Zeit für Neues:
entdeckt auf <https://www.arrayolutions.com>



3rd-order Cauer, 4 Resonators **W3NQN**

Zeit für Neues:
entdeckt auf <https://www.arraysolutions.com>

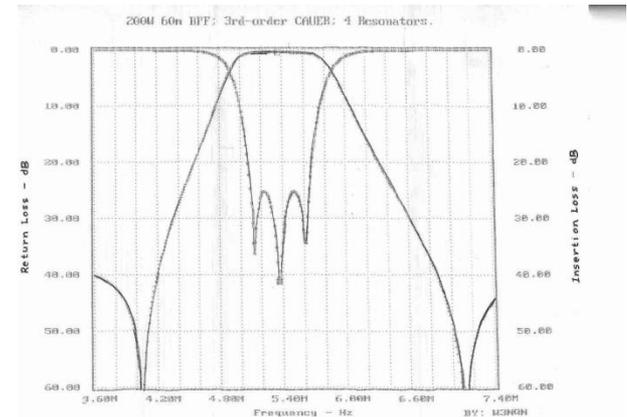


3rd-order Cauer, 4-Kreise-Filter **W3NQN**

Diese Kurve zeugt von einer gelungenen Dimensionierung

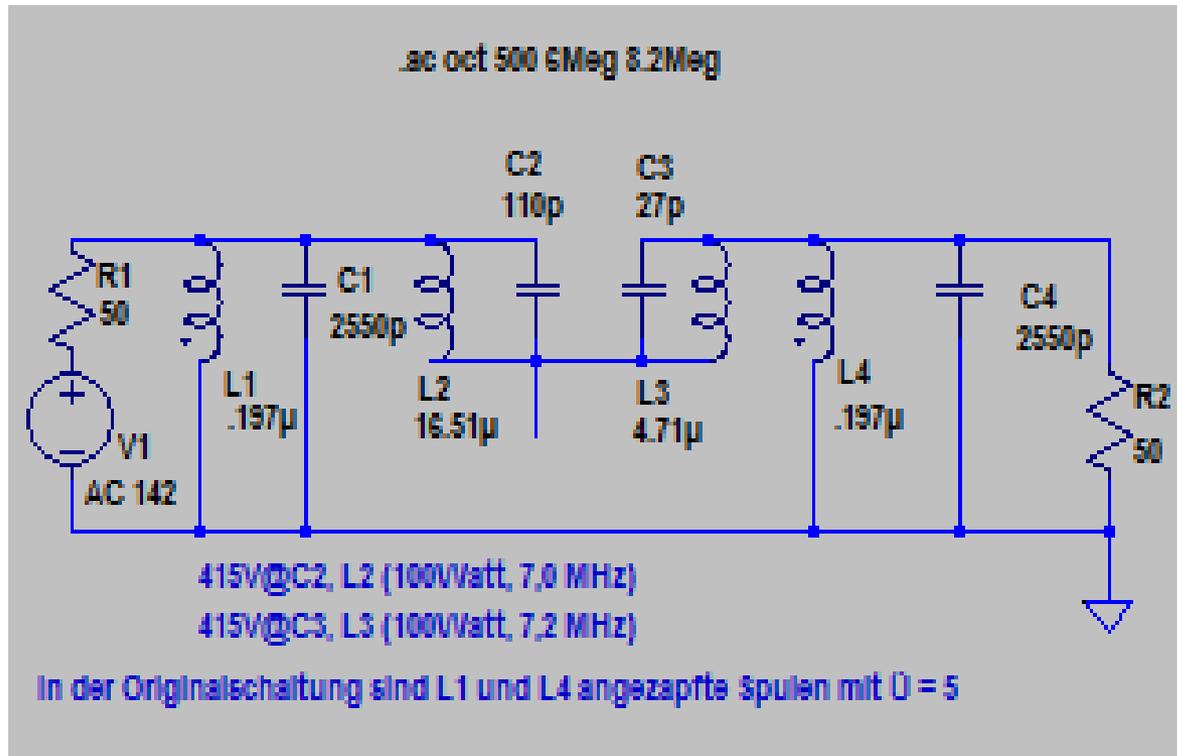
Zeit für Neues

- 3rd-order Cauer, 4 Resonators **W3NQN**
- Steilere Flanken, dadurch mehr Dämpfung in Bandnähe
- Keine Verschlechterung im Durchlassbereich
- Ein L und 1 C mehr
- Nachteil: Weitabdämpfung sinkt, da muss man aufpassen



Diese Kurve ist sehr gut, das will ich auch.

Zeit für Neues



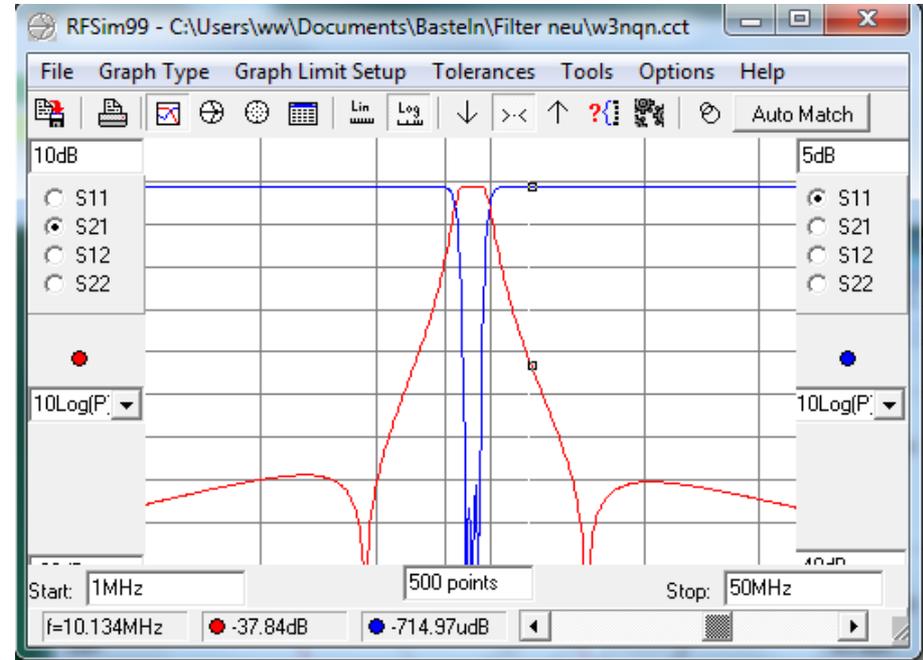
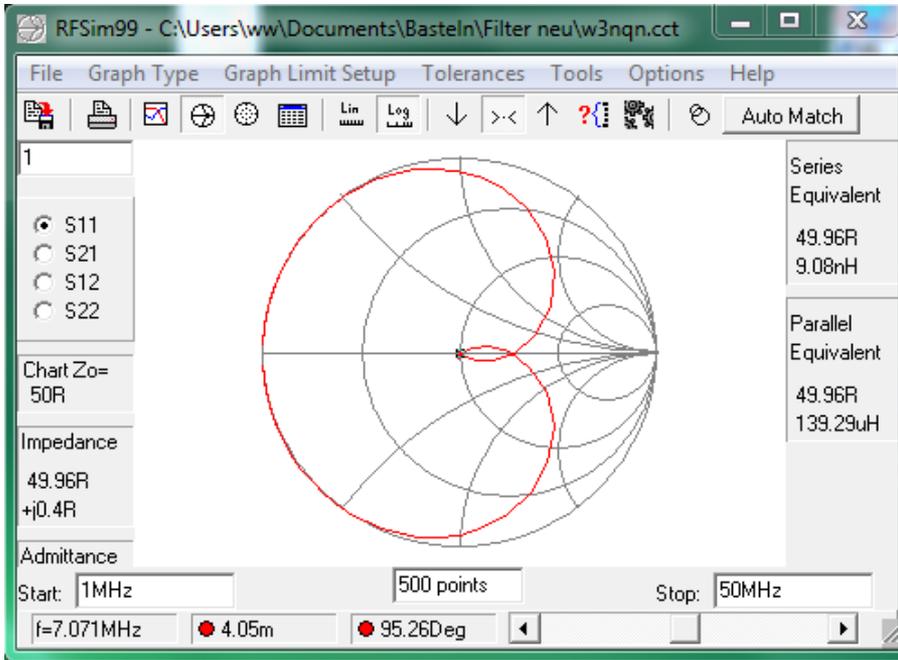
Eine im Internet gefundene Dimensionierung.

Nachgestellt mit LTSpice Simulation.

Auffällig die hohen Spannungen über C2 und C3, die eine Verwendung von 1kV Kondensatoren einschränkt.

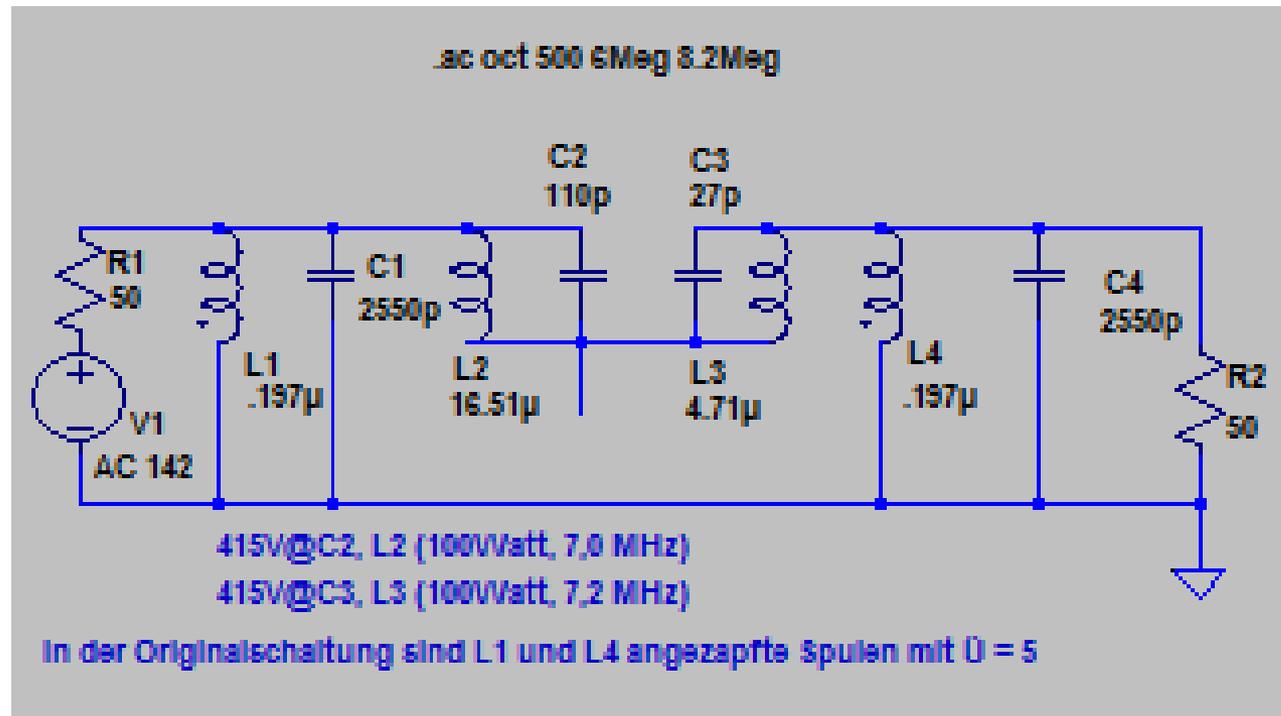
(für ein Sende / Empfangsfilter **100** Watt)

Zeit für Neues



Im Internet gefundene Dimensionierung:
RFSim99 Simulation – sehr ordentliche Verläufe

Zeit für Neues



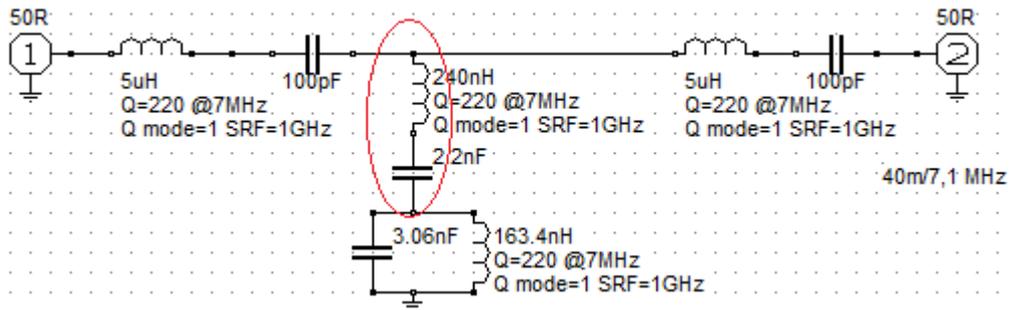
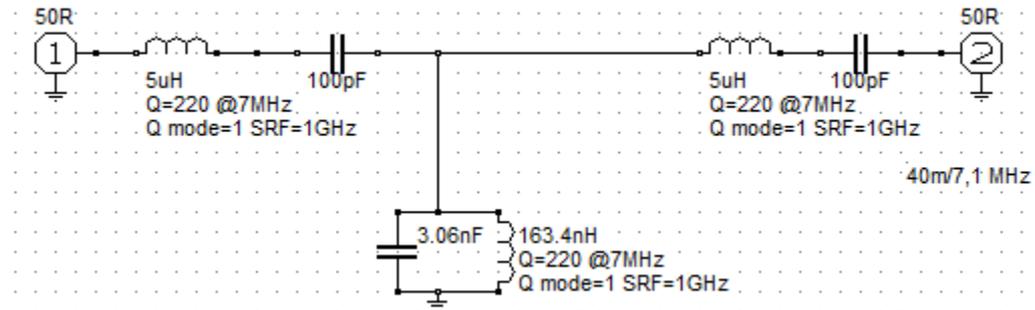
Aber, L2 und C3 sowie L3 und C2 haben keine Resonanz auf Bandmitte, ihr Abgleich wird schwierig. Sie sind Parallelkreise und auf die beiden Polfrequenzen abzustimmen.

Dagegen lassen sich Serienkreise gegen Masse mit dem 50 Ω Widerstand in Reihe sehr leicht abgleichen.

Zeit für Neues

Aus meinem vielfach gebauten Filter soll ein mit dem neuen **W3NQN** vergleichbares Filter werden:

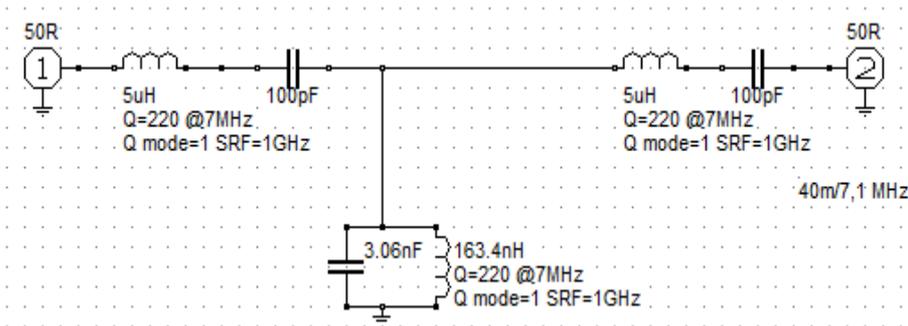
Es kostet nur
einen zusätzlichen
Serienschwingkreis



Zeit für Neues

Vorteil: das Filter kann wie gewohnt abgeglichen werden. Serienschwingkreis gegen Masse kurzgeschlossen und auf Resonanzfrequenz abgleichen. Dann Kurzschluss öffnen, der Parallelschwingkreis ist relativ unkritisch. Man baut Kondensator und Spule ein und drückt ein wenig an der Spule herum, fertig ist das drei-Kreis-Filter.

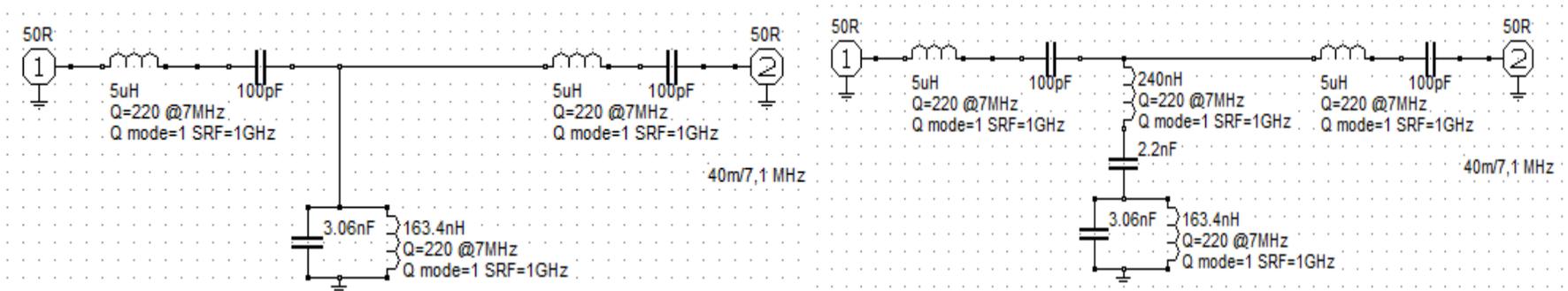
Schritt 1 -----> Schritt 2



Zeit für Neues

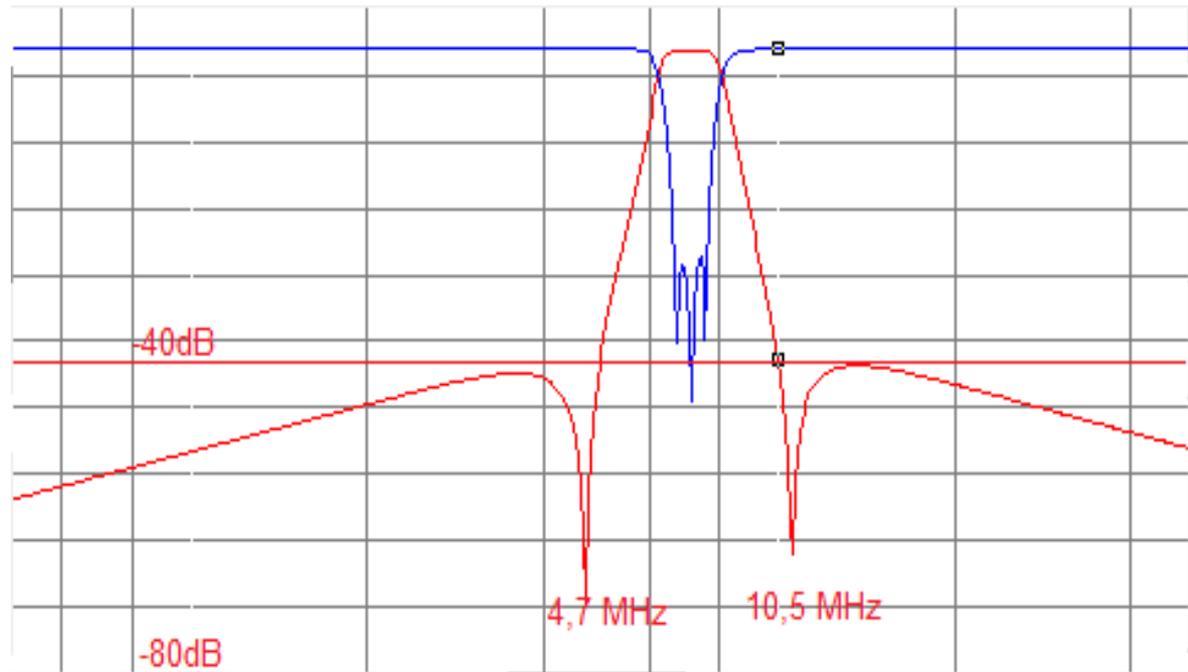
Dann wird die Verbindung zum Parallelkreis aufgetrennt und der Serienkreis eingefügt, mit dessen Hilfe Pole erzeugt werden.

-----> Schritt 2



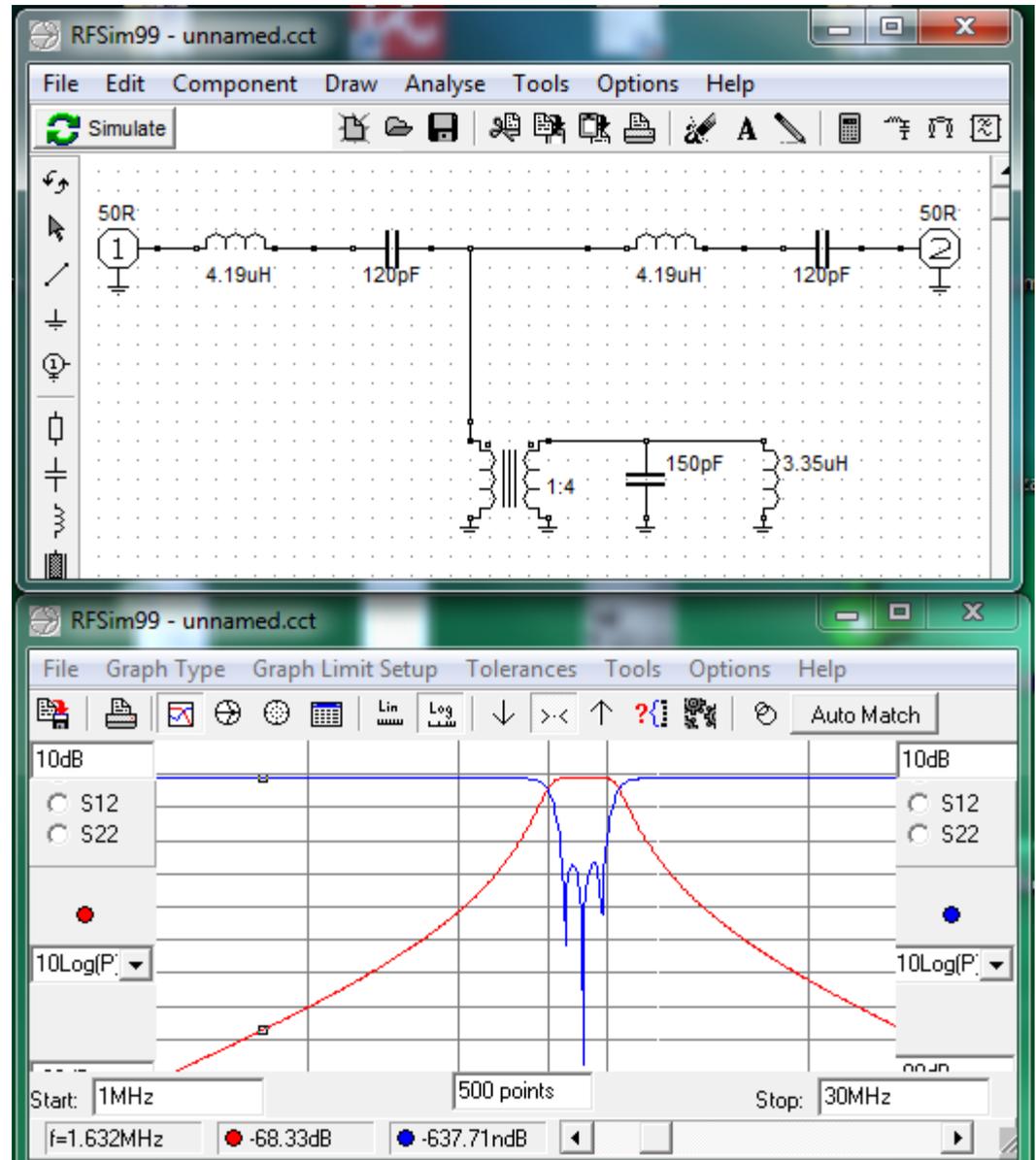
Zeit für Neues

Man kann die beiden Pole recht beliebig setzen, ein größeres L setzt den oberen Pol, ein kleineres C den unteren Pol dichter an die Durchlasskurve.
(Wenn L und C resonant auf der Mittenfrequenz sind, dann wird die Kurve symmetrisch bleiben.)



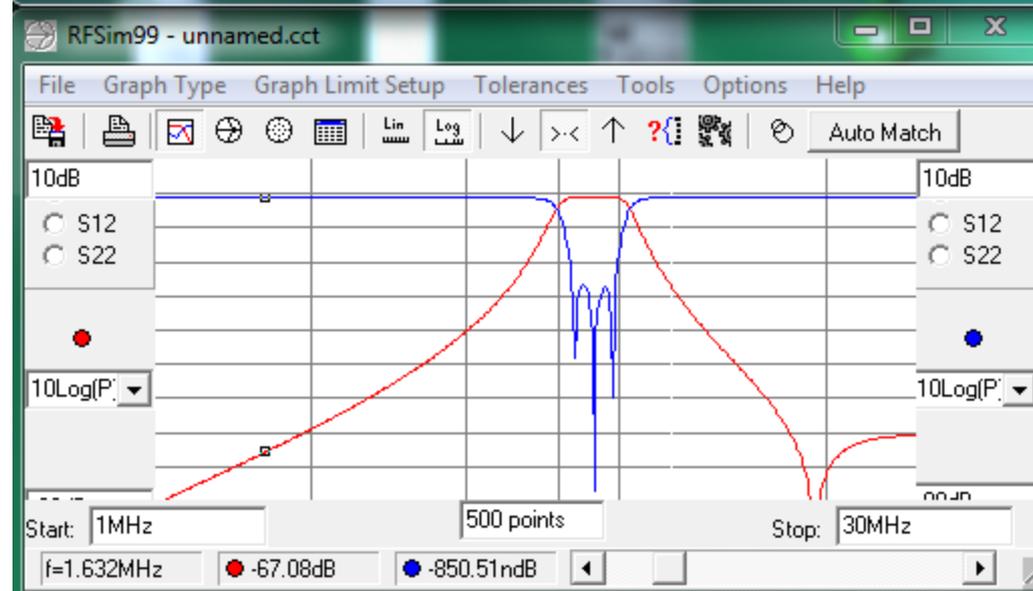
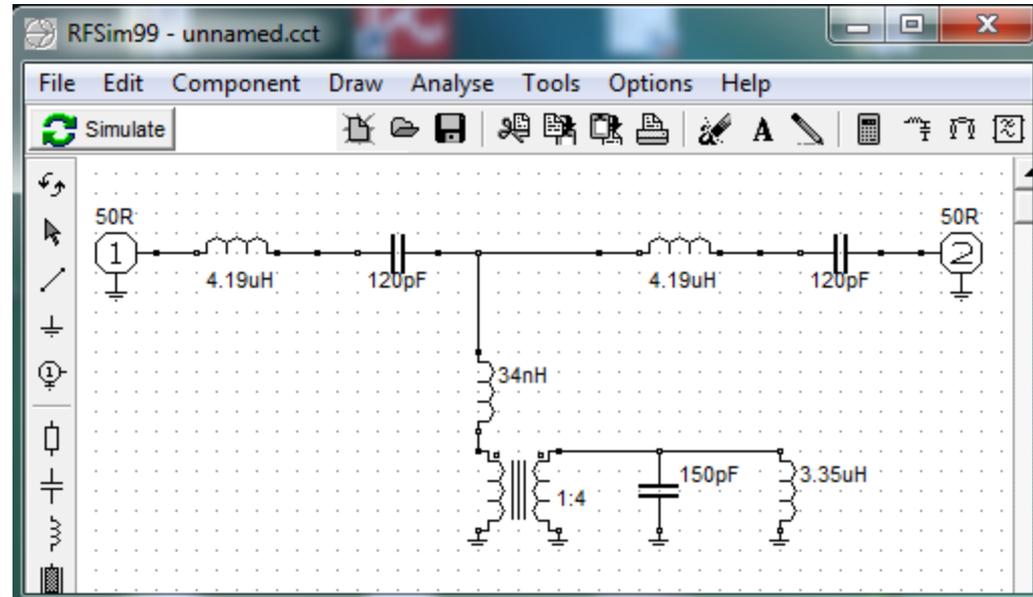
Woher kommt die Idee?

In der Simulation ist alles in Ordnung. Zu höheren Frequenzen fällt die Kurve immer mehr ab. Aber eine angezapfte Spule hat **eine Streuinduktivität!**



Woher kommt die Idee?

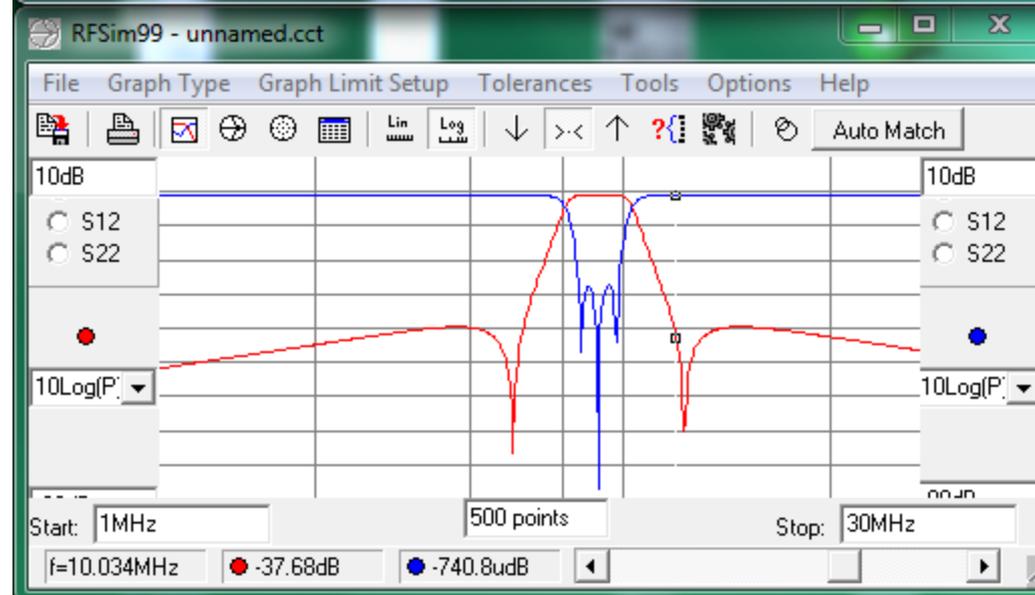
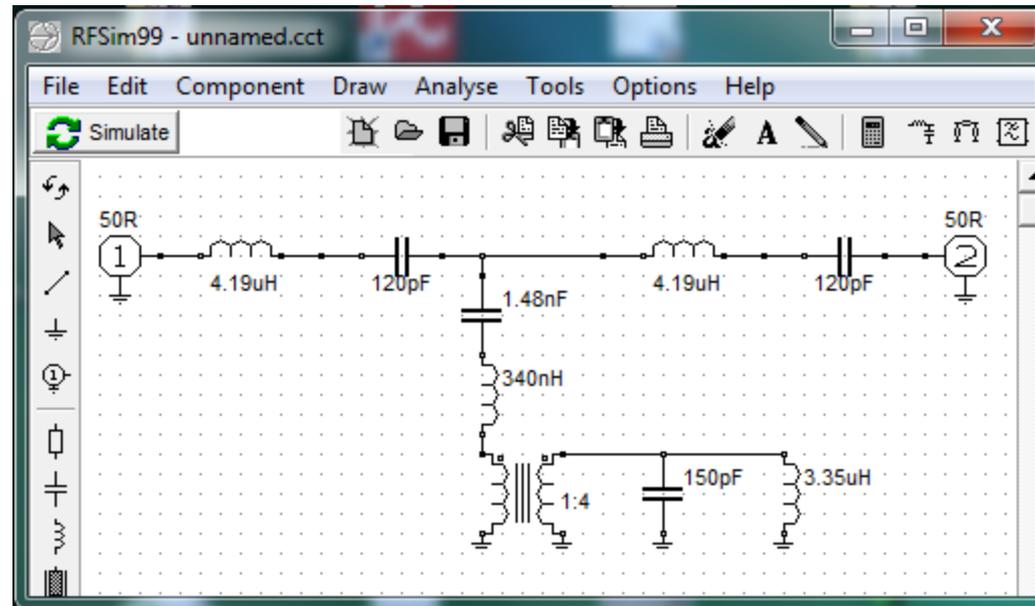
Nur 34 nH, das sind 1% der Spuleninduktivität, verursachen einen dicht liegenden Pol. Man kann die Spulen noch so geschickt wickeln, diesen Pol bekommt man in meiner Schaltung nicht weg. **Was man nicht weg bekommt muss man zum Positiven nutzen!**



Idee positiv nutzen

Durch eine zusätzliche Spule zur Streuinduktivität wird die Induktivität erhöht. Dazu kommt ein Kondensator in Reihe. Dadurch wird oberhalb und unterhalb der Filter-Mittenfrequenz je ein Pol erzeugt.

Hier beim 40m-Filter sitzen z.B. die Pole bei 4,8 MHz und 10,3 MHz.

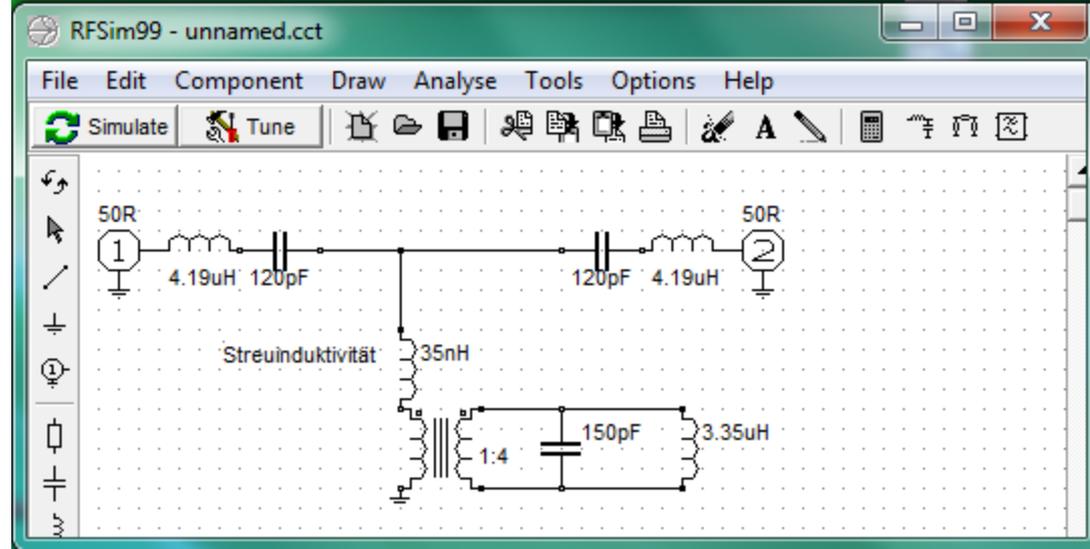
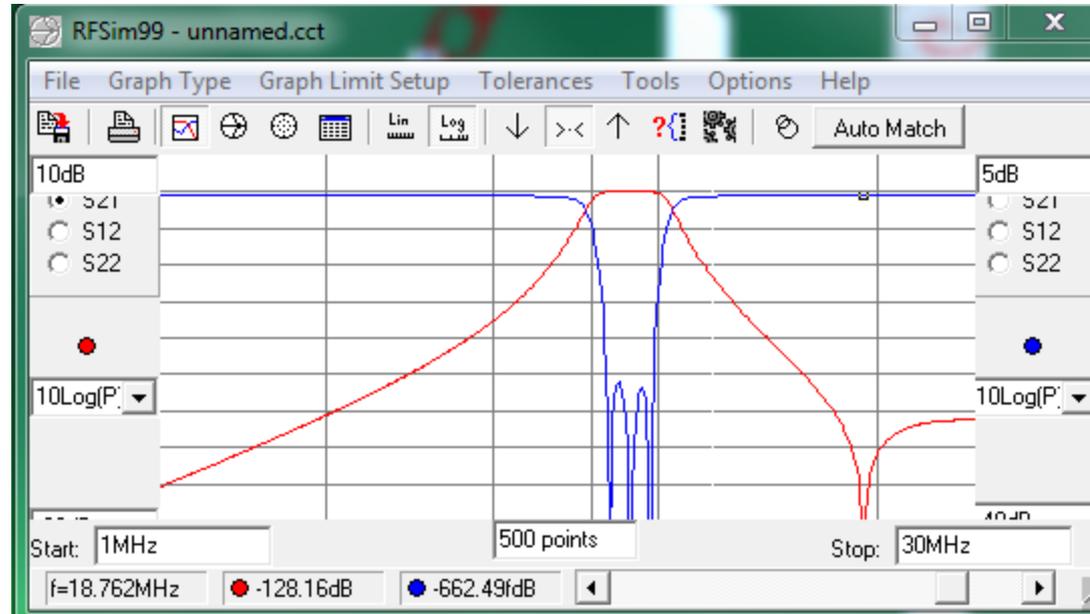


Idee positiv nutzen

Man kann aber auch die Polfrequenz mit einer Messung feststellen und in einer Simulation durch schrittweise Änderung von L den Pol auf diese Frequenz ziehen.

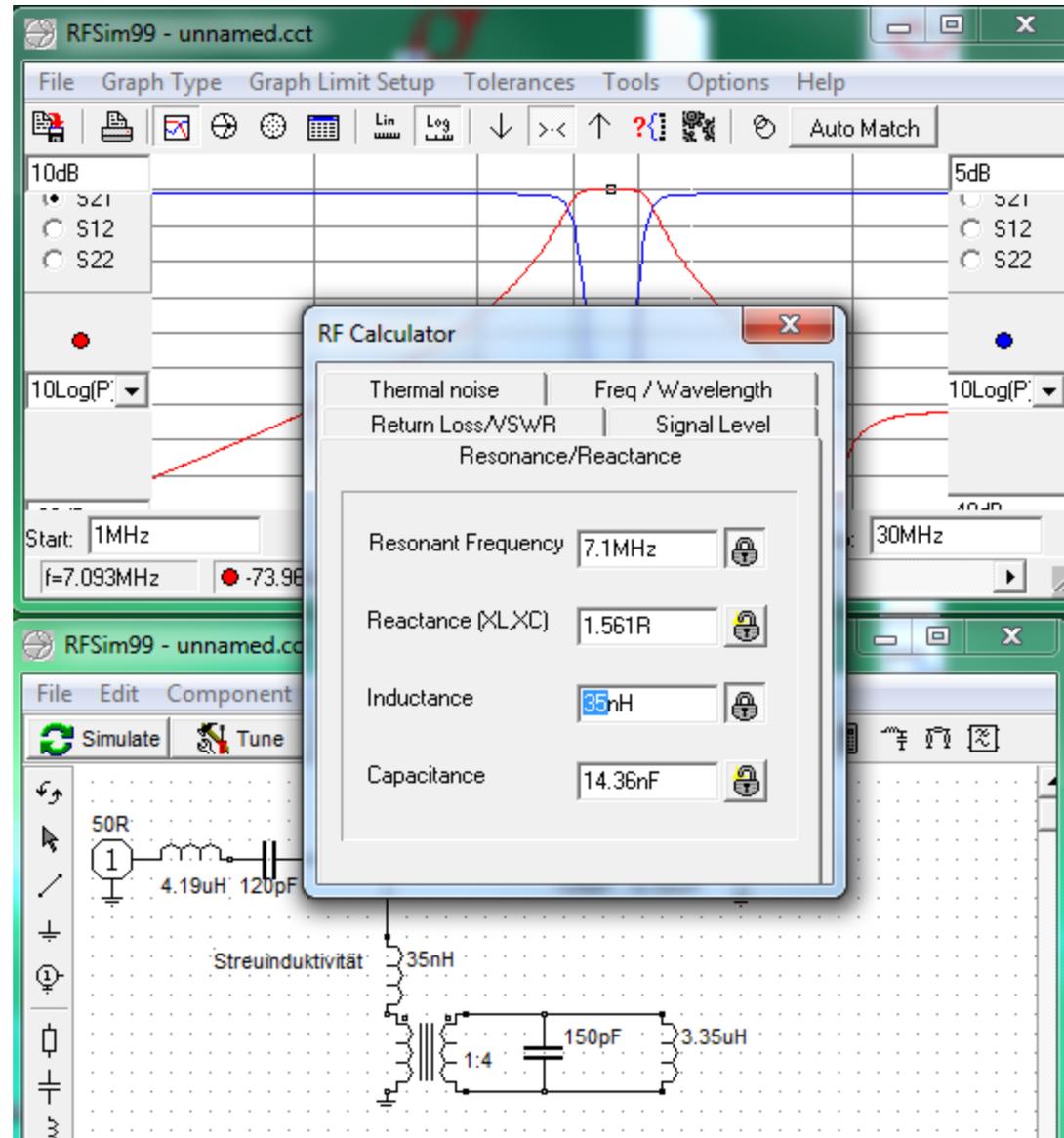
(im Beispiel 18,762 MHz)

Im Ergebnis ist der **Wert der Streuinduktivität** bekannt.



Idee positiv nutzen

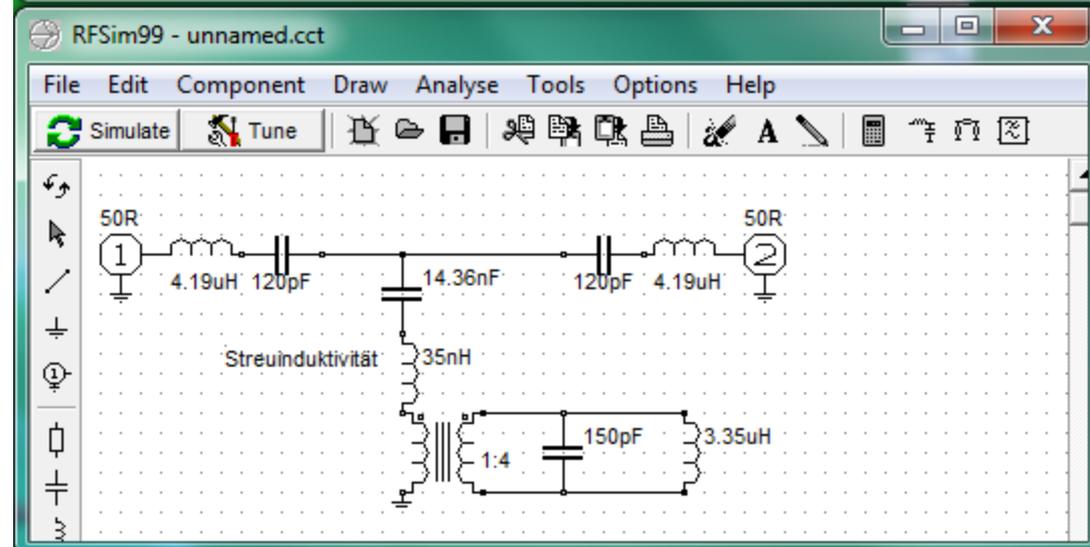
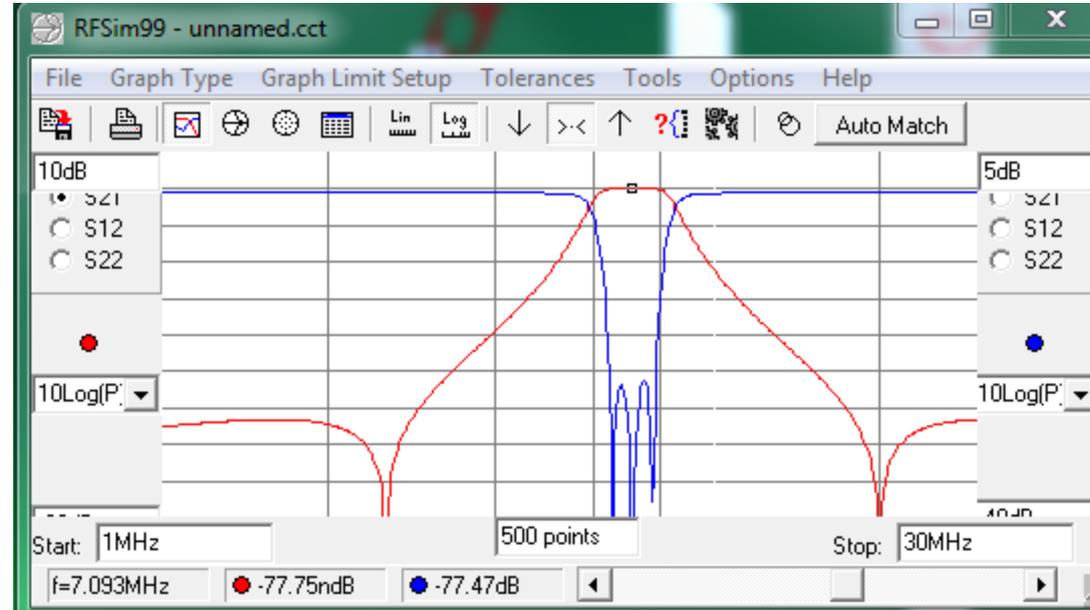
Sodann ermittelt man das erforderliche C, um mit L auf die Mittenfrequenz $f = 7,1 \text{ MHz}$ zu kommen. (Dadurch erhält man eine symmetrische Kurve mit zwei maximal auseinander liegenden Polen.)



Idee positiv nutzen

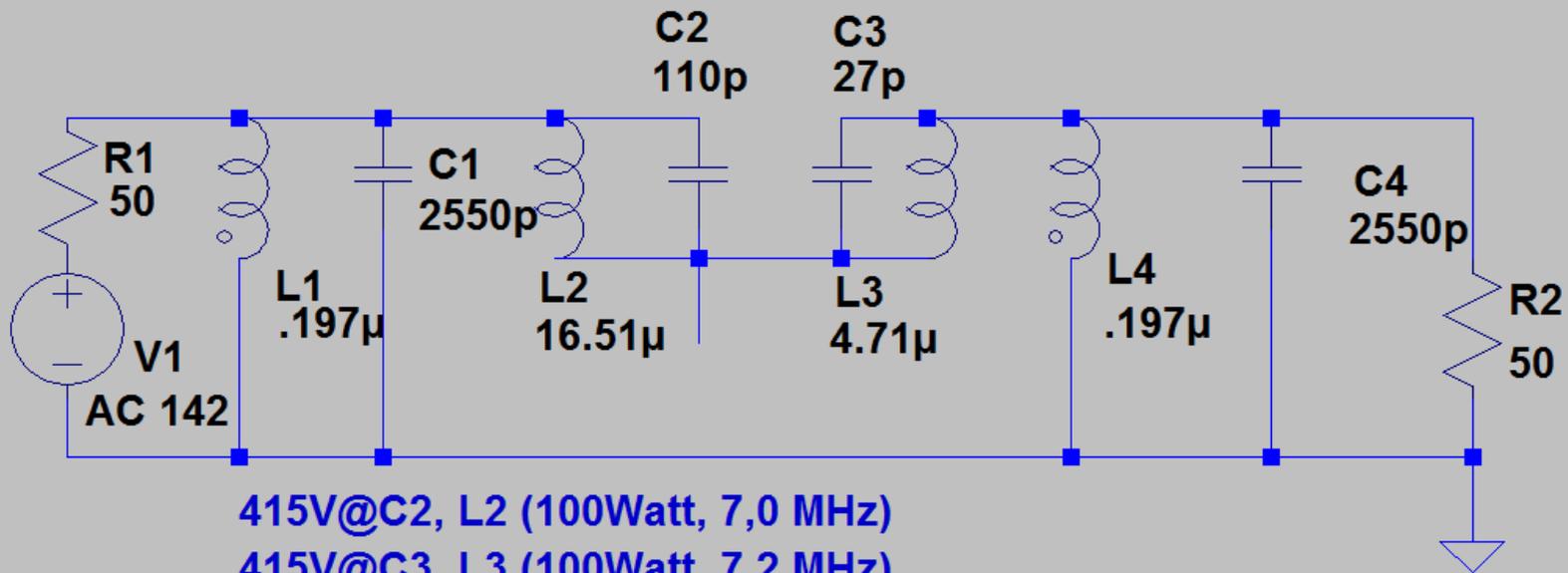
Die Streuinduktivität ist damit **kompensiert**.

Die Kurve ist vollkommen symmetrisch.



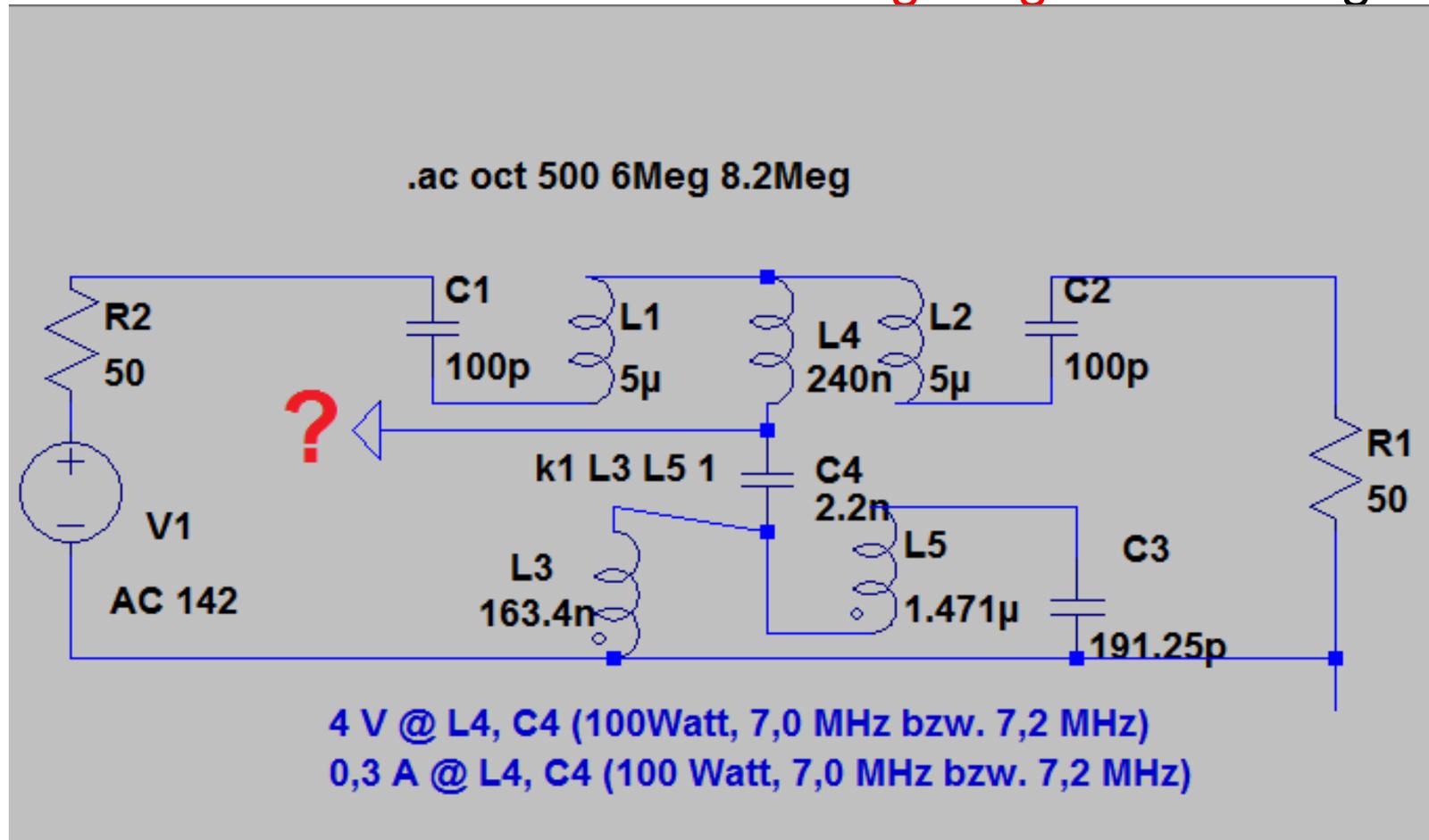
4 Kreis-Filter nach W3NQN: zusätzliche Bauelemente mit **hoher** Belastung

.ac oct 500 6Meg 8.2Meg



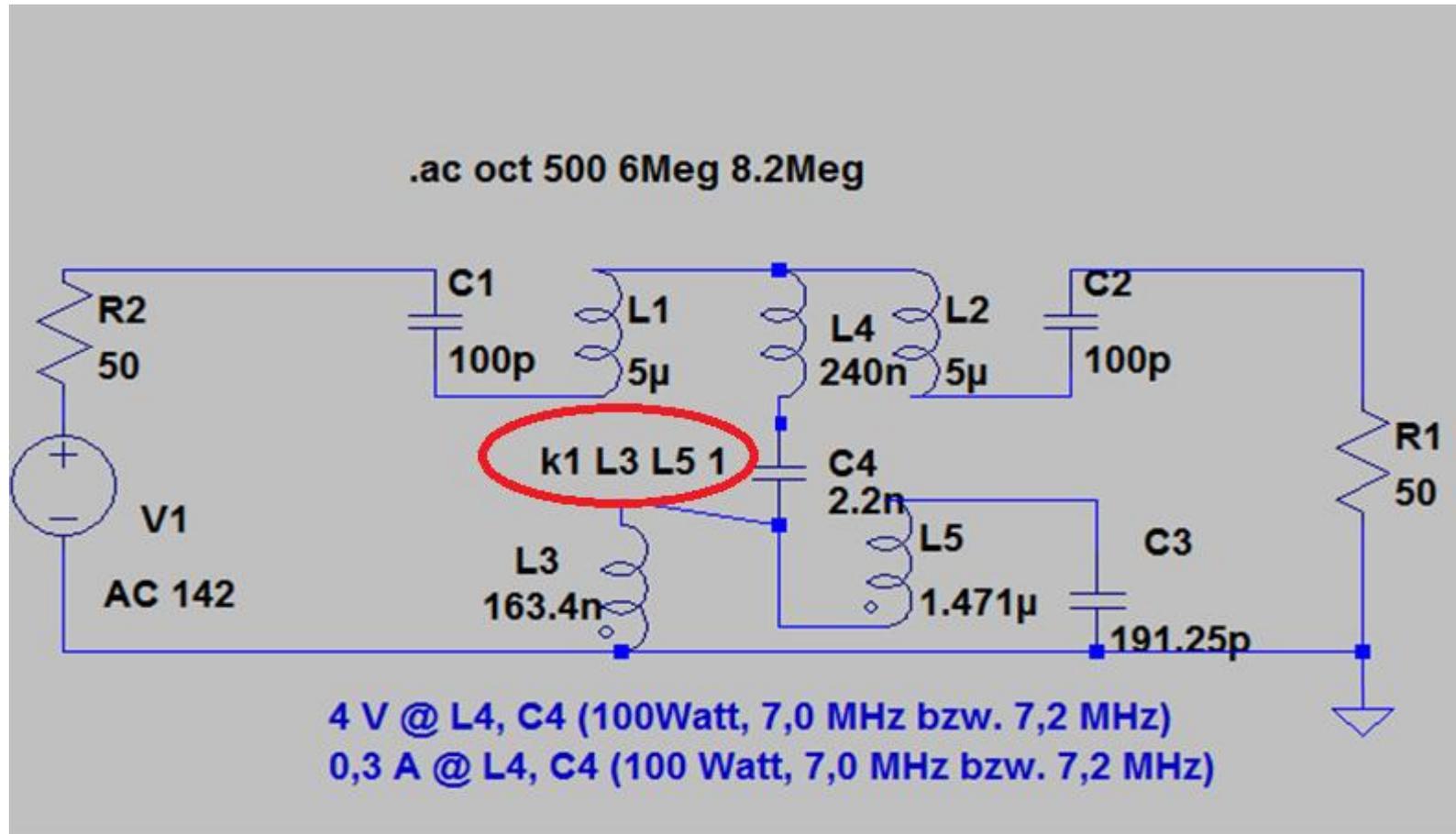
in der Originalschaltung sind L1 und L4 angezapfte Spulen mit $\ddot{U} = 5$

4 Kreis-Filter nach DG0SA zusätzliche Bauelemente mit **geringer** Belastung



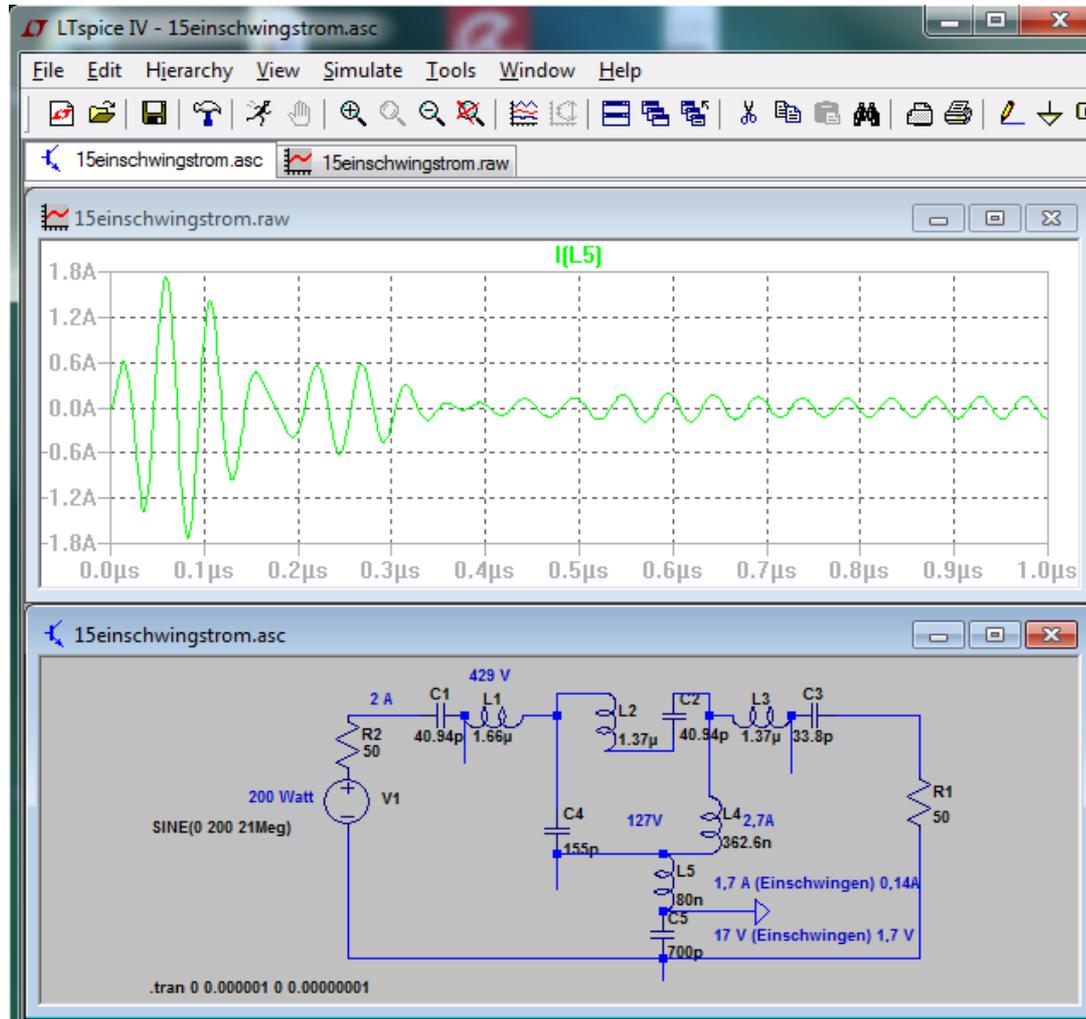
? Wieso ist denn der Erdanschluss dort? Um die Spannung über den Bauelementen (hier L4 bzw. C4) zu bestimmen, muss man den Erdanschluss verändern, denn gemessen wird gegen Erde.

4 Kreis-Filter nach DG0SA zusätzliche Bauelemente mit **geringer** Belastung



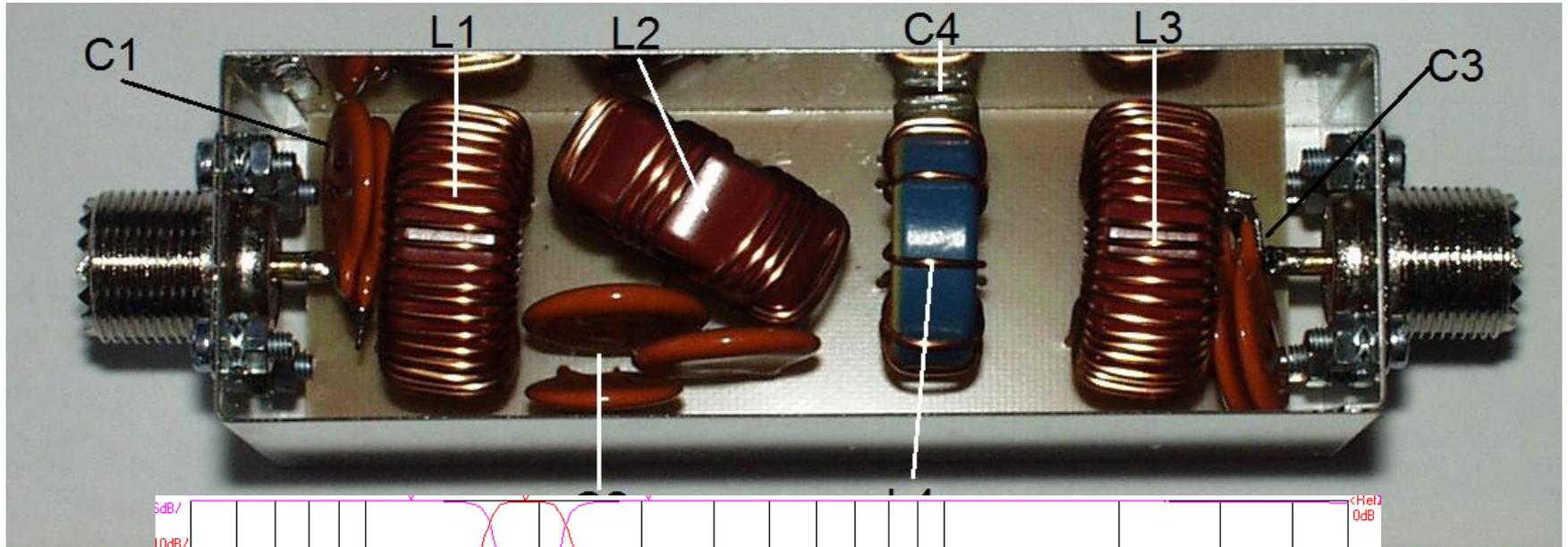
So stellt man eine angezapfte Spule dar. Mit der **SPICE-Direktive k1** sind L3 und L5 mit dem Koppelfaktor 1 verbunden, hier könnte man auch eine Streuinduktivität nachbilden.

Lösung: Sende / Empfangsfilter



Mit LTspice kann man das Einschwingverhalten testen. Es zeigt sich, dass die Bauelemente L3 und C3 impulsfest sein müssen.

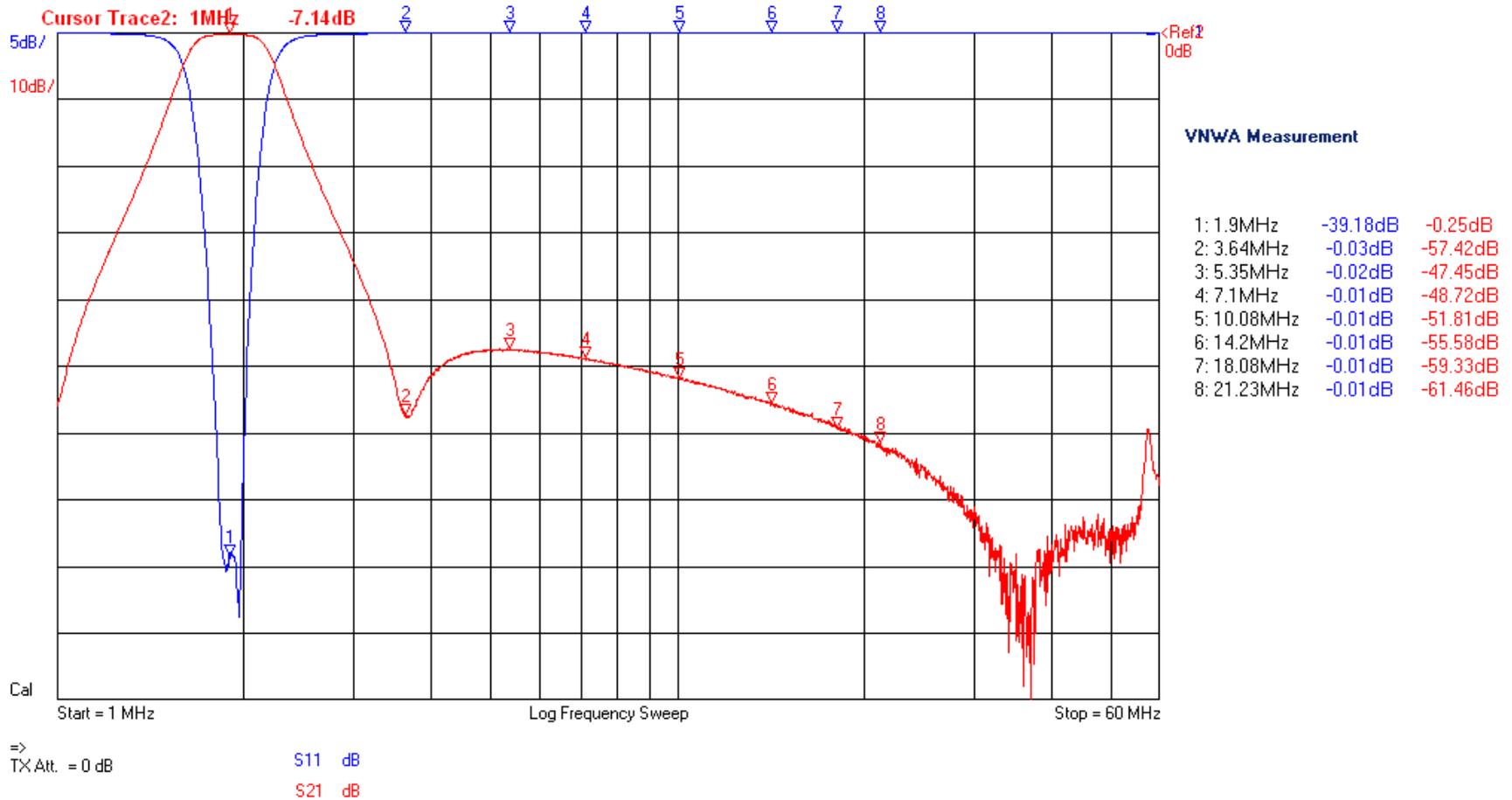
Innenansicht eines 4-Kreis-Filters nach DG0SA 160m



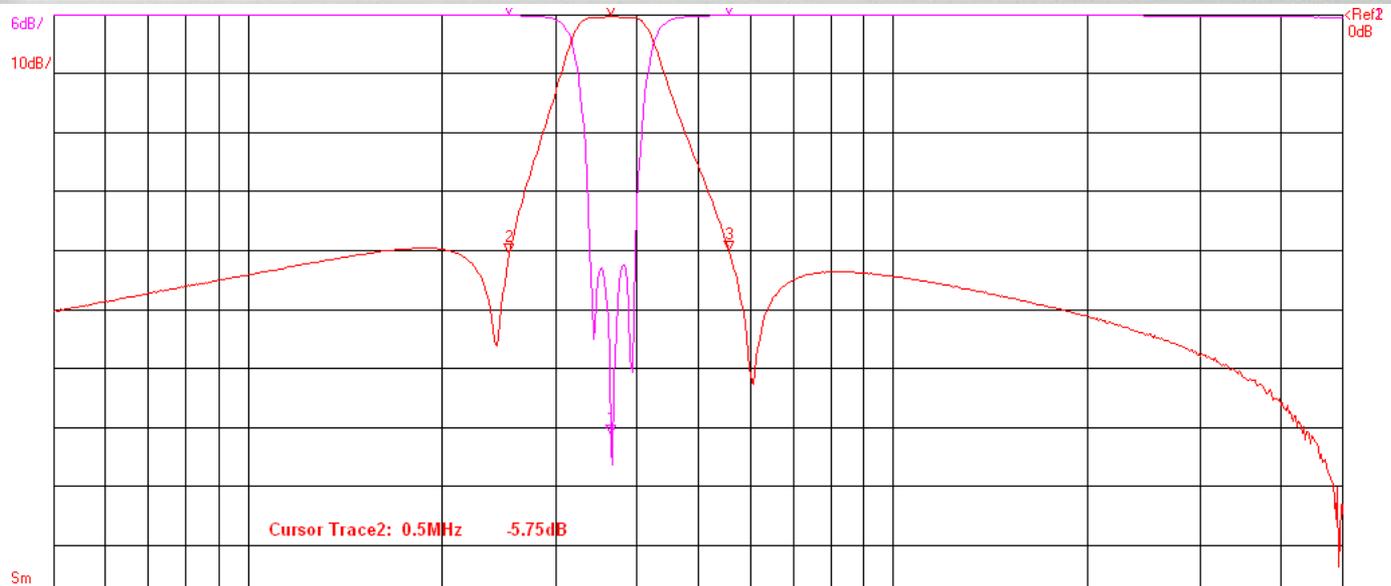
3m
Cal

=>

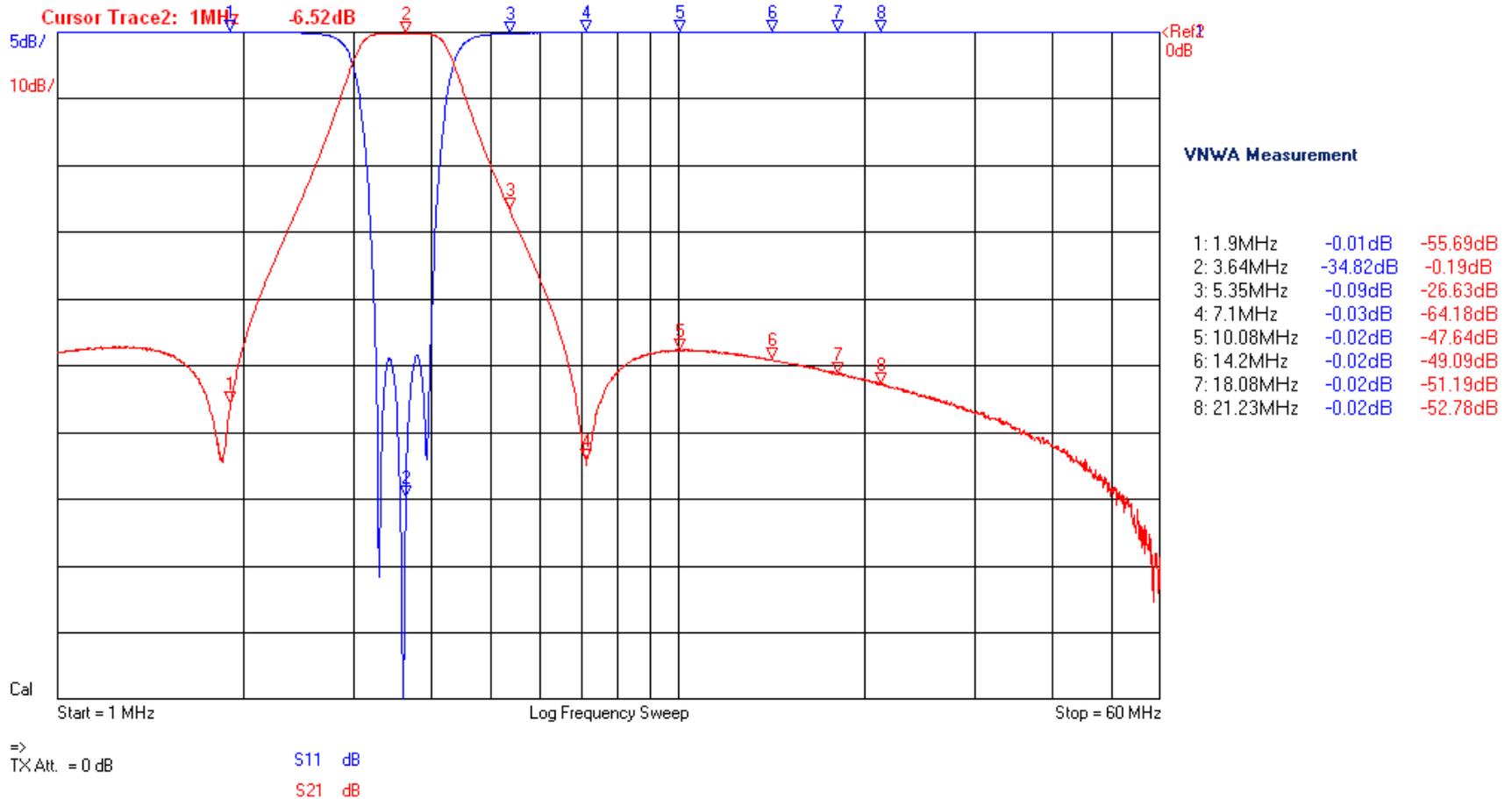
160m-Filter



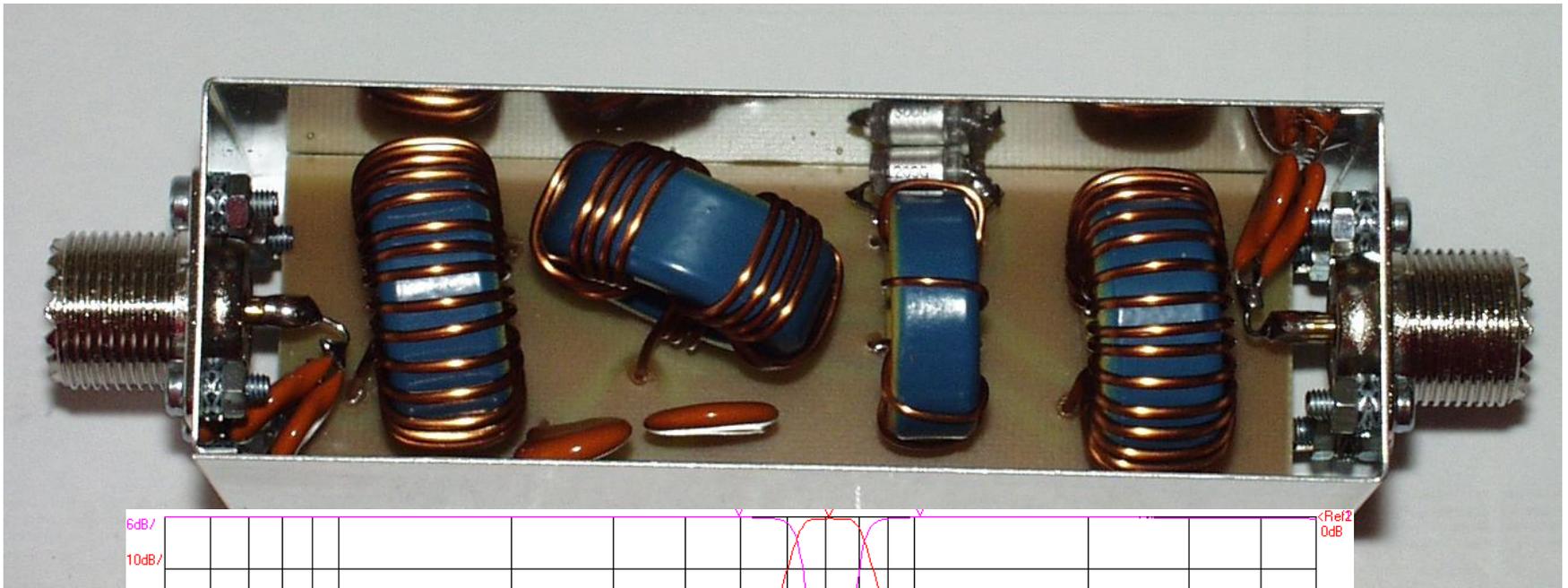
Innenansicht eines 4-Kreis-Filters nach DG0SA 80m



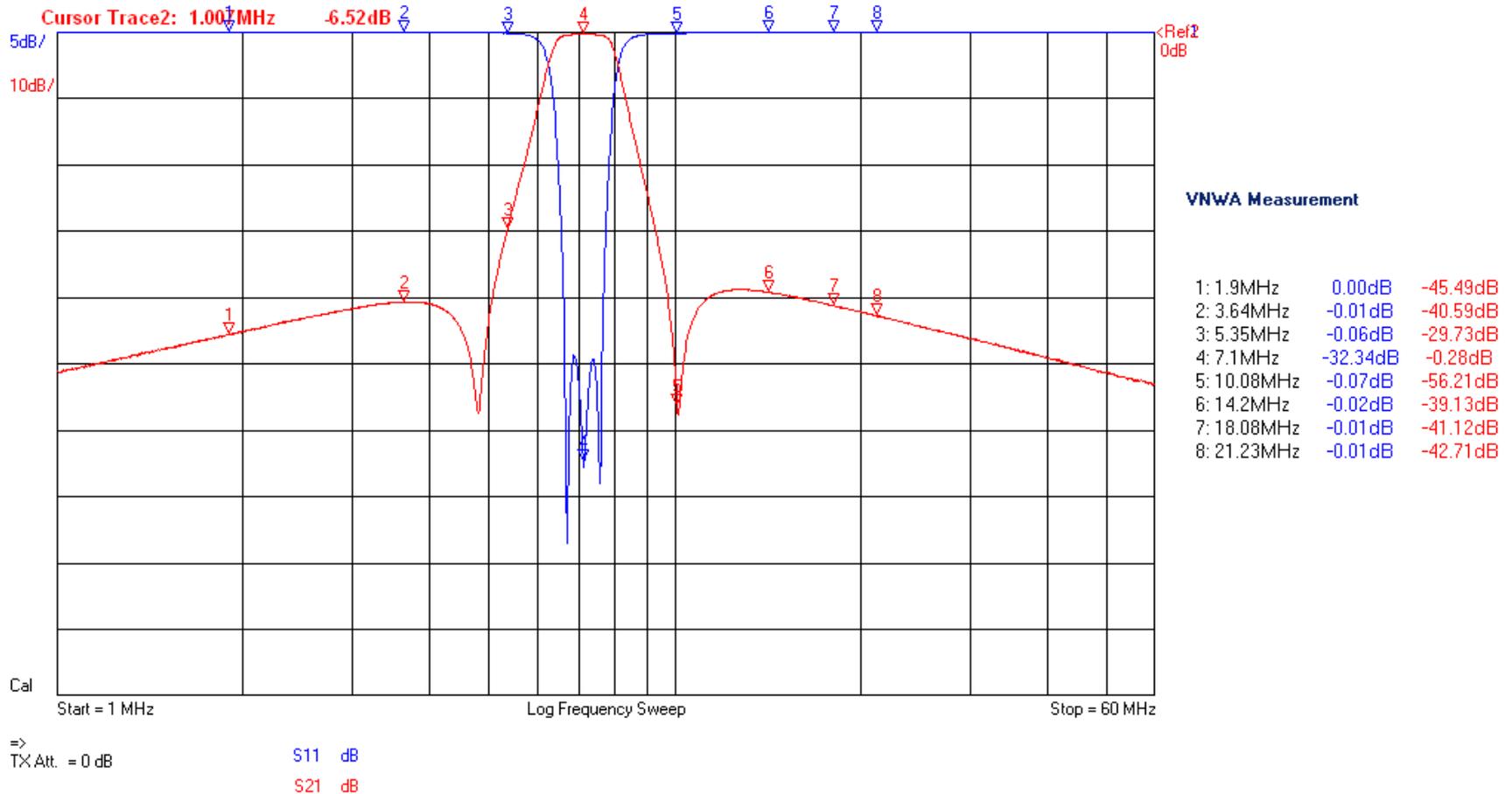
80m-Filter



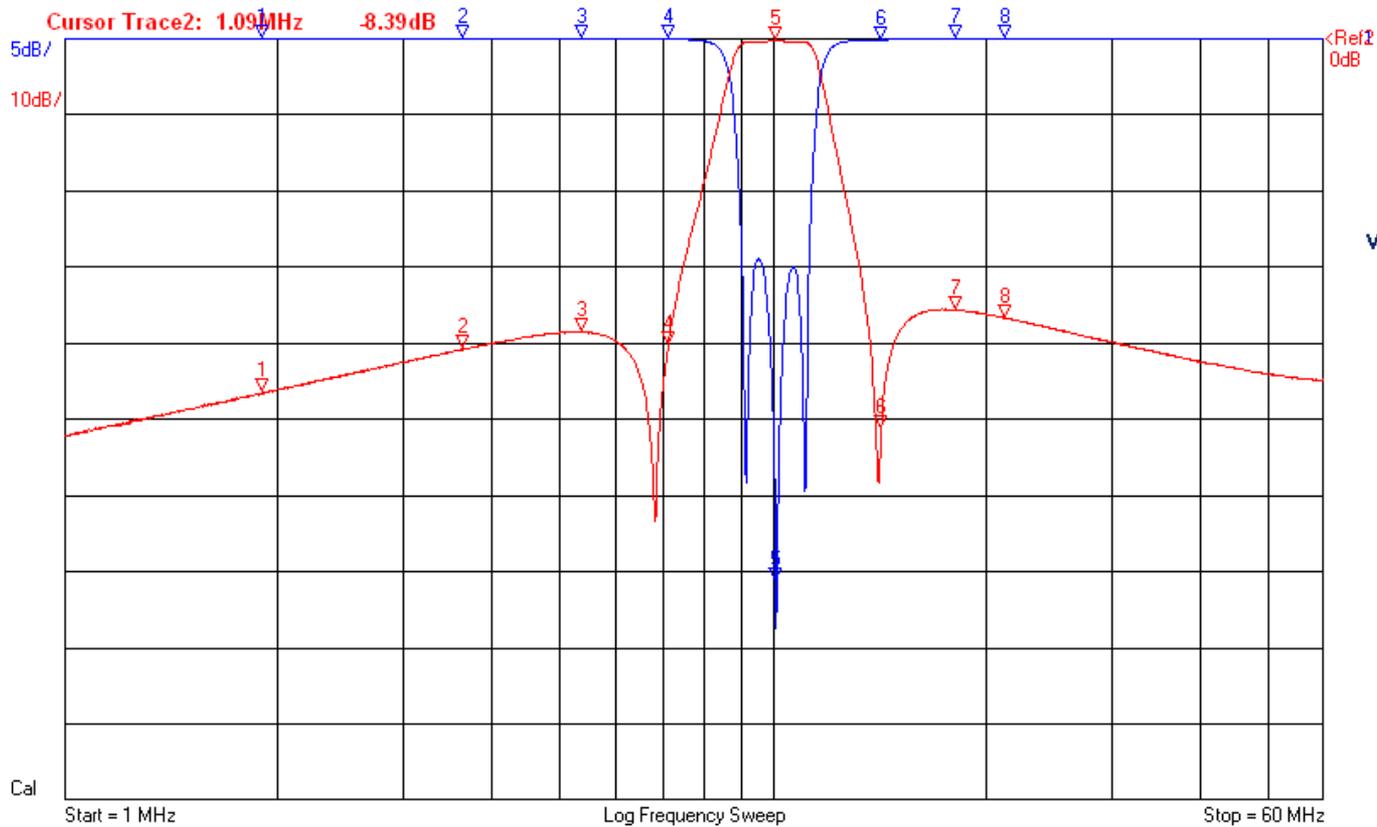
Innenansicht eines 4-Kreis-Filters nach DG0SA 40m



40m-Filter



30m-Filter



VNWA Measurement

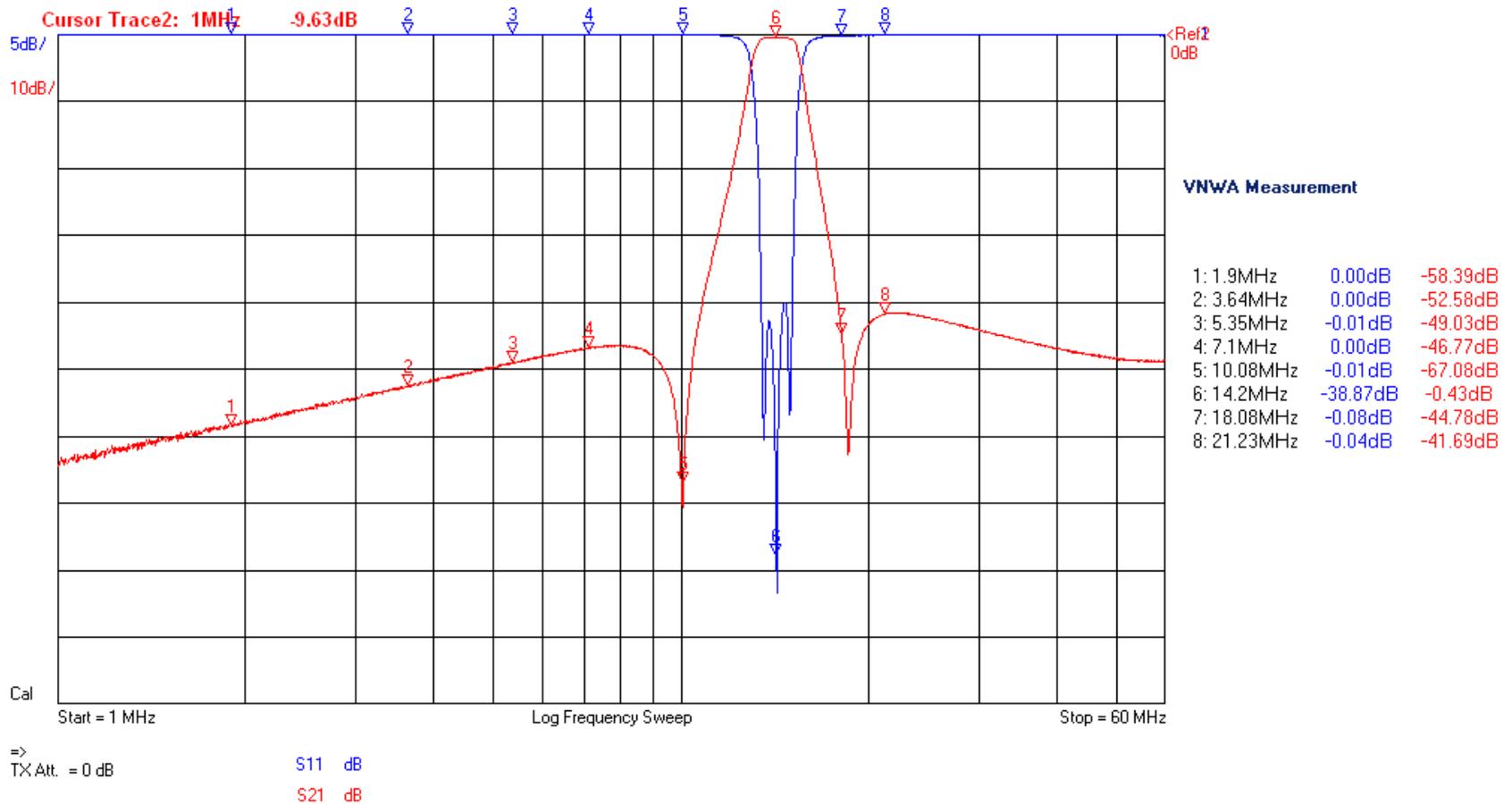
1: 1.9MHz	0.00dB	-46.43dB
2: 3.64MHz	0.00dB	-40.76dB
3: 5.35MHz	0.00dB	-38.48dB
4: 7.1MHz	-0.02dB	-40.32dB
5: 10.08MHz	-35.63dB	-0.27dB
6: 14.2MHz	-0.06dB	-51.24dB
7: 18.08MHz	-0.02dB	-35.57dB
8: 21.23MHz	-0.02dB	-36.64dB

=>
TX Att. = 0 dB

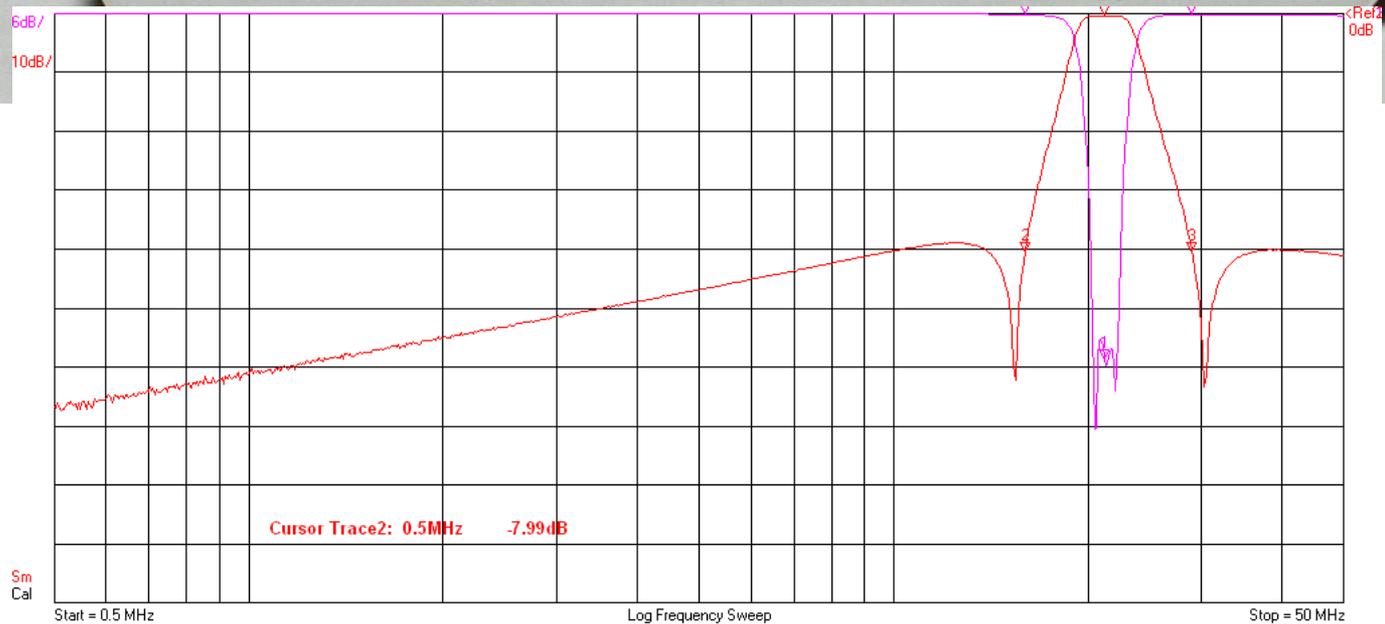
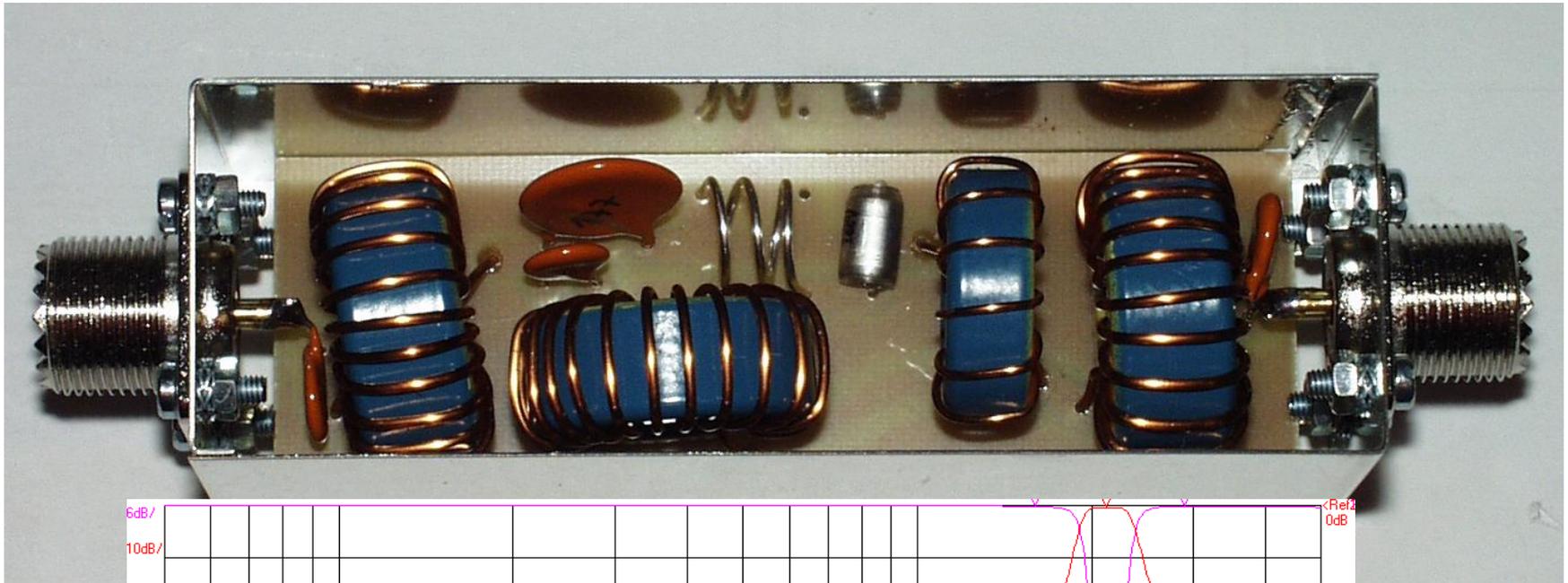
S11 dB

--- --

20m-Filter



Innenansicht eines 4-Kreis-Filters nach DG0SA 15 m



Dimensionierung des 4-Kreis-Filters : ***Spannungen an den Serienkreisen***

wird durch folgende Formel ermittelt:

$$U = U_e * \text{Reaktanz} / \text{Filterimpedanz}$$

Im 100 Watt-Filter ist $U_e = 71\text{V}$ und die Filterimpedanz 50 Ohm

Bei 10 MHz beträgt die Reaktanz von 80,94 pF 197 Ohm

Taschenrechner: $71 * 197 / 50 = 279 \text{ V}$

Dies ist die Effektivspannung, ich nehme Kondensatoren, die mindestens den dreifachen Gleichspannungs-Wert aushalten, 1 kV-Kondensatoren.

Bei den Spulen prüfe ich mit dem mini-Ringkernrechner von DL5SWB, ob die Flussdichte beim konkreten Ringkern eingehalten wird. 25 % Überschreitung schadet nicht.

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: ***Spannungen an Parallelkreisen***

Wird durch folgende Formel ermittelt:

$U = U_e * \ddot{U}$ (Übersetzungsverhältnis der angezapften Spule, ich verwende oft Spulen mit $\ddot{U} = 4$, manchmal $\ddot{U} = 3$)

Im 100 Watt-Filter ist $U_e = 71 \text{ V}$

Taschenrechner: $71 * 4 = 284 \text{ V}$

Dies ist die Effektivspannung, ich nehme auch hier Kondensatoren, die mindestens 1 kV Gleichspannung aushalten, also 1kV-Kondensatoren. Bei den Spulen ist wiederum mit dem mini-Ringkernrechner die Einhaltung der Flussdichte zu prüfen, 25 % Überschreitung sind zulässig.

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: ***Strom in den Serienkreisen***

Wird durch folgende Formel ermittelt:

$$I = U_e / \text{Filterimpedanz}$$

Im 100 Watt-Filter ist $U_e = 71\text{V}$

Die Filterimpedanz ist 50 Ohm

Taschenrechner: $71 / 50 = 1,4\text{ A}$

Hier beginnt das Rätselraten. Die von mir verwendeten Vishay Kondensatoren der 561R-Serie hielten diesen Strom immer aus. Anders SMD, hier nehme ich zwei parallele der Bauform 1808.

Bei den Spulen ist auf angemessene Drahtdicke zu achten.

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: ***Strom im Parallelkreis***

Wird durch folgende Formel ermittelt:

$I = U / \text{Reaktanz von L oder C (sie ist im Resonanzfall ja gleich)}$

Im 100 Watt-Filter mit 1:4 angezapften Spulen ist $U = 71 \text{ V} * 4 = 284 \text{ V}$
Die Reaktanz von 120,63 pF bei 10 MHz ist 132 Ohm.

Taschenrechner: $284 / 132 = 2,15 \text{ A}$

Die von mir verwendeten Vishay Kondensatoren der 561R-Serie hielten diesen Strom immer aus. Anders SMD, hier nehme ich drei parallele der Bauform1808. Bei der Spule ist auf angemessene Drahtdicke zu achten.

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: *Warum aber Spulen mit Anzapfung?*

Im Filter hatte der Parallelkreis mit angezapfter Spule die Werte $2,1 \mu\text{H}$ und $120,63 \text{ pF}$.

Die gleiche Wirkung hat ein Parallelkreis mit einfacher Spule mit den Werten $2,1 \mu\text{H} / 16 = 131,25 \text{ nH}$ und $120,63 \text{ pF} * 16 = 1,93 \text{ nF}$

An diesen Elementen mit der Reaktanz von $8,247 \text{ Ohm}$ liegen 71 V an, was zu einem Strom von $71\text{V} / 8,247 \text{ Ohm} = 8,6 \text{ A}$ führt.

Mit der Anzapfung wird dieser Strom auf $\frac{1}{4}$ reduziert und die Spannung auf den vierfachen Wert erhöht.

Man kann natürlich auch eine einfache Spule nehmen und vier oder mehr Kondensatoren parallel schalten, wie man es auch oft sieht.

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: ***Güte der Kondensatoren***

Um den Filtern eine gute Performance zu verleihen ist auch auf die Güte der Kondensatoren zu achten.

Kürzlich erlebte ich eine **böse Überraschung** mit SMD. Bisher verwendete ich Johanson 1808 SMD-Kondensatoren aus Taiwan. Nun hatte ich welche aus der VR China verbaut und mein Filter zeigte im Band eine nicht zu übersehende Erhöhung der Dämpfung.

Die Ursache waren die „no name“ 20 pF Kondensatoren, angeblich NP0 und 2 kV spannungsfest, aber mit **verdächtig brauner Farbe**.

Nach Auswechseln verringerte sich die Dämpfung von 0,49 dB auf 0,36 dB. Mit einer Simulation konnte ich die **Güte von nur 800** für die Kondensatoren nachweisen, üblich sind Werte größer 2000!

Das gleiche passierte mit 270 pF, **verdächtig braun**, die drei Serienkreise brachten 0,85 dB. Nach Auswechslung gegen Glimmer dann nur 0,14 dB.

Die „no name“ mit hellblauer, rosa bzw. weißer Keramik waren geeignet, fast so gut wie Vishay 561R (bedrahtet) oder Johanson SMD 1808 NP0.

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: ***Was nehme ich für die Spulen***

Da alle Kreise resonant sind, treten die gleichen Werte wie bei den zugehörigen Kondensatoren auf.

Luftspulen haben mit den anliegenden Spannungen keine Probleme, wenn isolierte Kupferdrähte benutzt werden.

Ringkernspulen dagegen müssen auf 5 %-6,3 % der Sättigungsflussdichte des Kernmaterials berechnet werden. Der mini-Ringkernrechner von DL5SWB (sk) nimmt 5 % als Basis seiner Berechnung. Wenn also einmal der Wert etwas überschritten wird, ist das nicht so schlimm.

Für die Ringkernspulen ist das 17-er Material bevorzugt einzusetzen. Ringkerne gibt es mit diesem Material bis zur Größe 184.

Auch das 0-er Material kommt in schwierigen Fällen zum Einsatz, Ringkerne mit diesem Material gibt es bis zur Größe T130.

Manchmal ist die erforderliche Windungszahl nur auf einem Kern des 2-er oder 6-er Materials unterzubringen, dann muss oft ein größerer Kern her oder man klebt zwei Ringkerne zusammen.

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: *Test auf Flussdichte in den Spulen*

mini Ringkern-Rechner 1.2

Info Tools Sprache (Language) Maßeinheiten Hilfe

R μ Cu $\frac{m}{inft}$?

Ferroxcube unbekannte Kerne Luftspulen
Eisenpulver T .. - .. Ferrit FT .. - .. SIFERRIT

T106 - 17 Farbe $\mu_i = 4$ Frequenzbereich 20 - 200 MHz
AL = 5.1 nH/N²

Da 26.90 mm Di 14.50 mm h 11.10 mm

Induktivität 3.13 µH Windungszahl 25 Drahtlänge 87 cm max. D (Draht) 1.61 mm

Anwendung

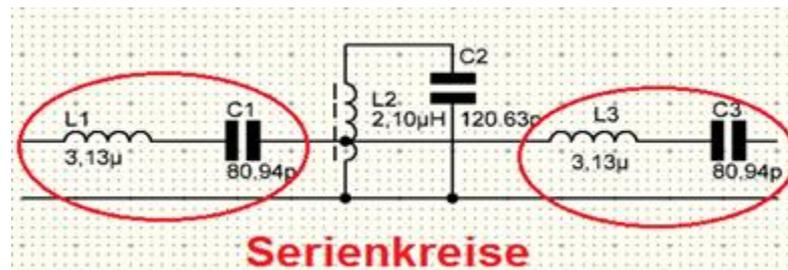
Frequenz 10 MHz => XL = 196.664 Ω max. Flux 49 G
Spannung 280 V Flux 37 G

Kernverluste 470 mW/cm³ 2.11 W Temperaturanstieg 34 °C

Induktivität aus Windungszahl berechnen
N 0.000 H XL = 0.000 Ω

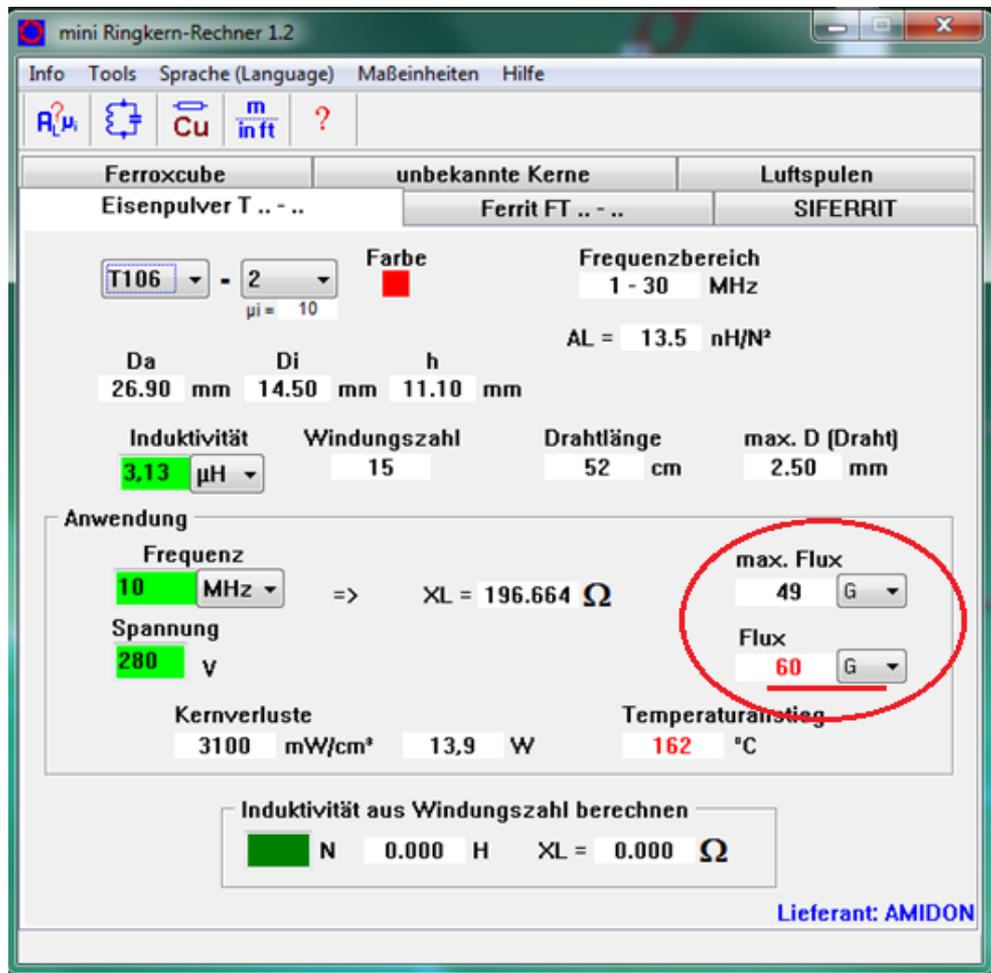
Lieferant: AMIDON

T106-17: dieser Kern hält die Werte ein, aber auch der T94-17

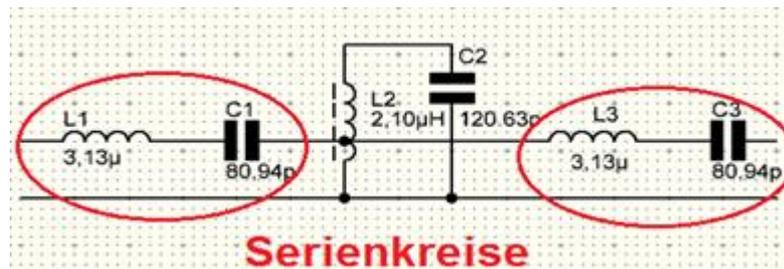


Spannung: $XL = 197 \text{ Ohm}, (100 \text{ Watt}) 197 \text{ Ohm} / 50 \text{ Ohm} * 71 \text{ Volt} = 280 \text{ Volt}$

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: *Test auf Flussdichte in den Spulen*

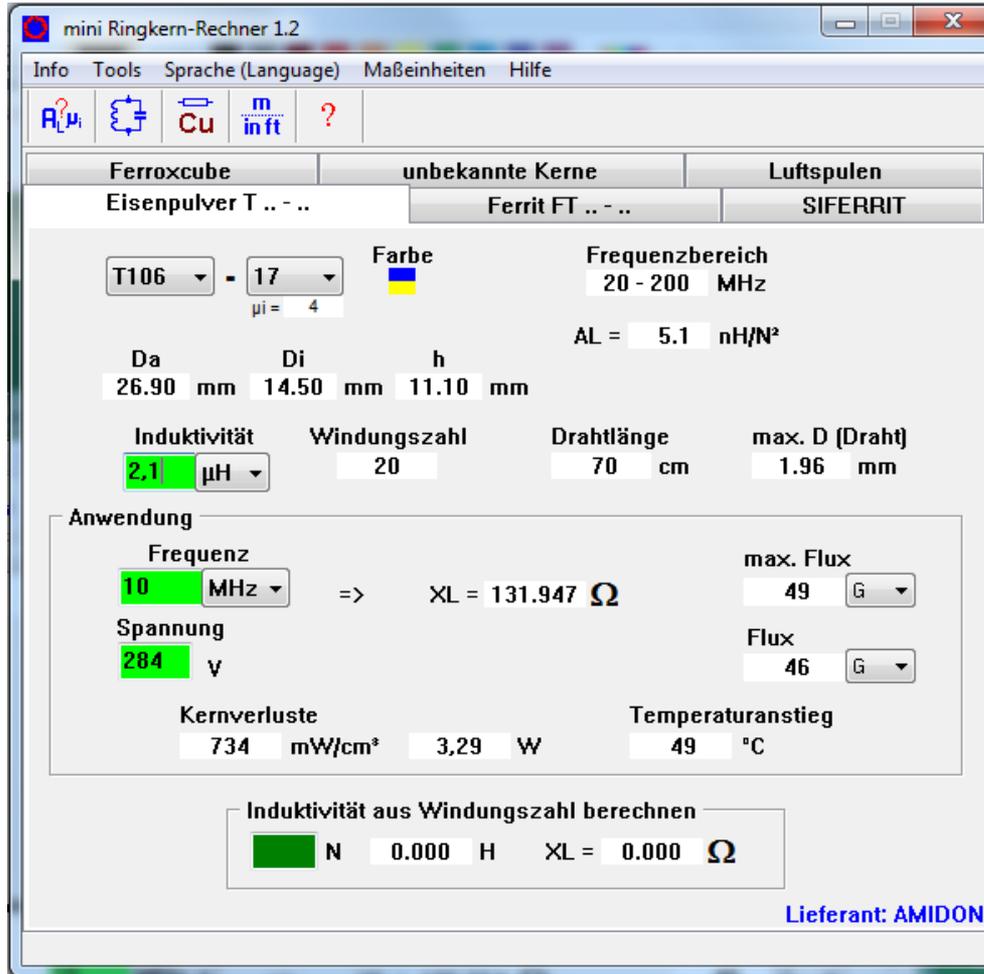


T106-2:
dieser Kern geht nicht,
statt 49 mT hat er 60 mT
Flussdichte!

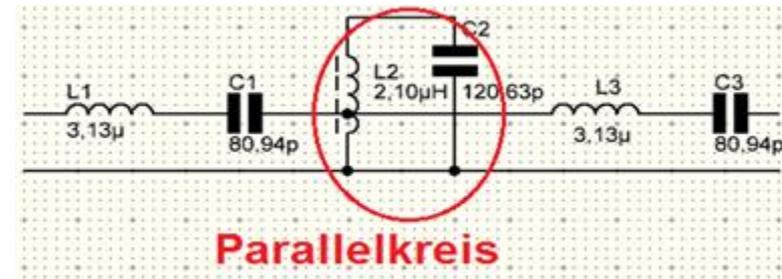


Spannung: $XL = 197 \text{ Ohm}$, $(100 \text{ Watt}) 197 \text{ Ohm} / 50 \text{ Ohm} * 71 \text{ Volt} = 280 \text{ Volt}$

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: *Flussdichte-Test der Spulen*



4.6 mT statt erlaubten
4.9 mT, alles in Ordnung



10 Gauss sind 1mT (Milli-Tesla)
(internationales Einheitensystem)

Spannung: (100 Watt) \ddot{U} * 71 Volt = 284 Volt

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: ***Erfahrungen zur Leiterdicke der Spulen***

Nach dem Strom bestimmt sich die Leiterdicke.

100 Watt-Filter besitzen Spulen aus 0,8 mm und 1 mm Kupferlackdraht. Eventuell bringt etwas dickerer Draht für das 12 m- und das 10 m-Filter geringe Vorteile, ich bemerkte keine.

1200 Watt Filter führen 3,5 fachen Strom gegenüber 100 Watt Filtern, ich verwende für

160 m - 40 m Filter	1,5 mm CuL (auf Pulvereisenkerne)
30 m und 20 m	2,0 mm CuL (Luftspulen)
17 m und 15 m	2,5 mm CuL (Luftspulen)
12 m und 10 m	3,0 mm Cu-Rohr (Luftspulen)

Versilberter Draht sieht zunächst besser aus, bringt aber m.E. keine nennenswerten Vorteile gegenüber gelacktem Draht außer bei der Wärmeableitung. Blanker Kupfer läuft leider an.

Dimensionierung des 4-Kreis-Filters: ***Güte der Spulen***

Die höchste Güte erreichen Luftspulen. Dazu müssen sie jedoch vom Metall des Gehäuses genügend Abstand haben, mindestens einen Spulendurchmesser weit entfernt sein. Ich rechne mit $Q = 260$ im praktischen Aufbau.

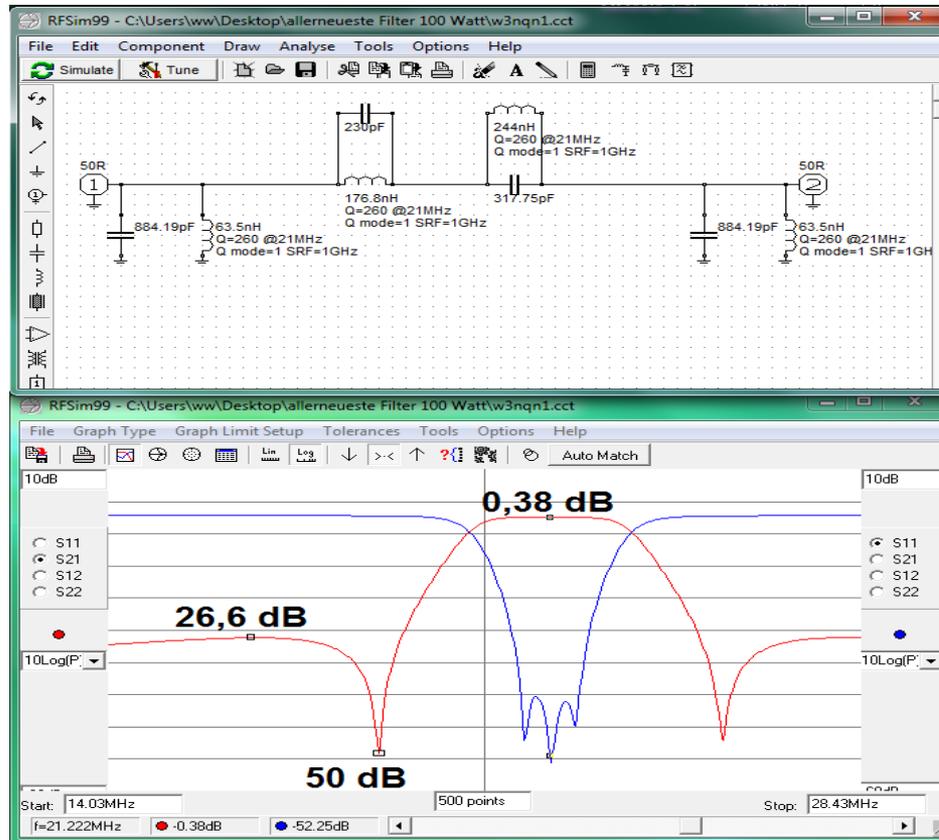
Eine sehr hohe Güte erreichen Ringkernspulen mit dem Material 17. Ich rechne auch hier mit $Q = 260$. Auch sie brauchen Abstand zu Gehäuse- und Leiterbahnflächen!

Für das Material 2 setze ich dagegen $Q = 180$ an. Etwas besser ist das Material 6. Da setze ich $Q = 200$ an. Diese beide Materialien werden für die 160 m- und 80 m-Filter gebraucht. Da hier geringere Flankensteilheit gebraucht wird, reichen Kerne aus diesem Material oft aus.

Zusammenfassung

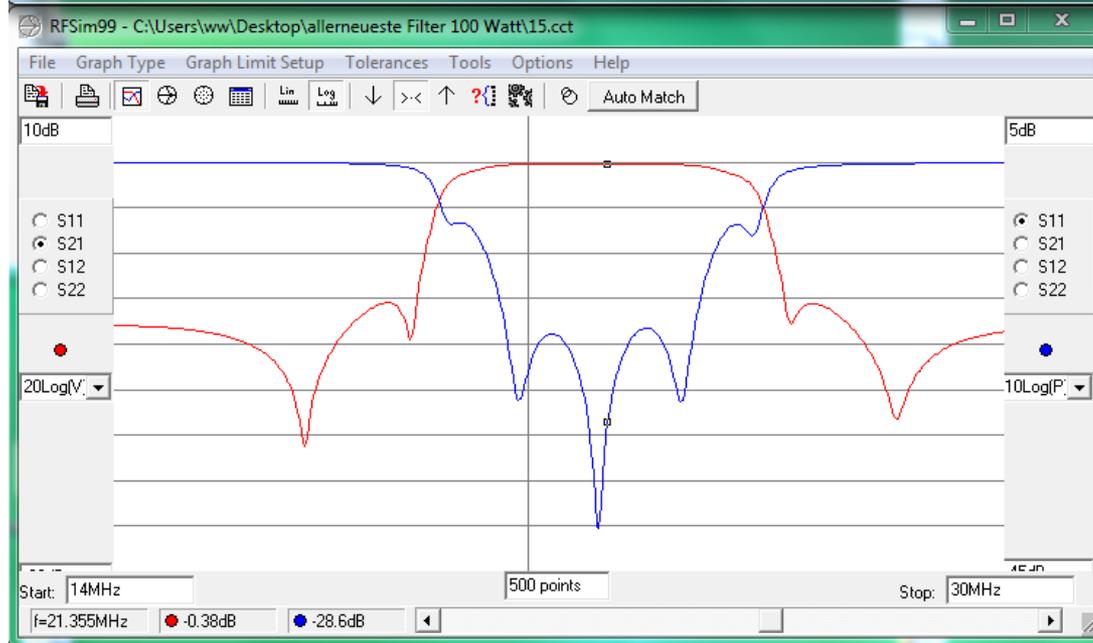
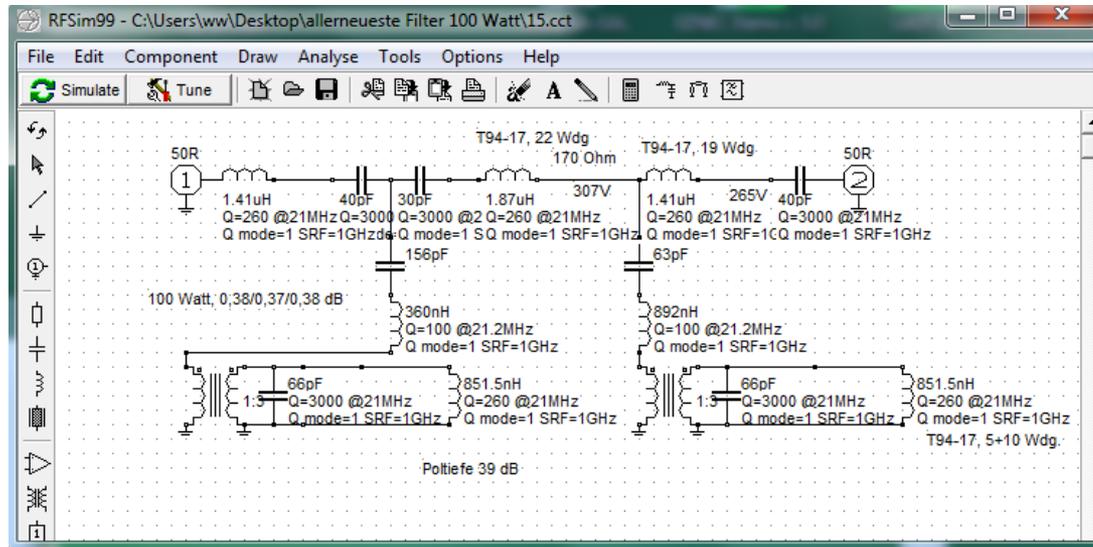
- Nachbausichere Filter mit guten Eigenschaften
- Das Material ist nicht „exotisch“
- Wer Erfahrungen beim Aufbau der klassischen Filter hat, kann diese Erfahrungen auf den Aufbau der 4-Kreis-Filter übertragen
- Geringer Mehraufwand, jedoch neue Platinen-Layouts erforderlich
- Geringerer Preis gegenüber Filter von <https://www.arrayolutions.com>

ein Filter für 15 m, „das auch 18 m und 12 m kann“?
Das 4-Kreis Design nach **W3NQN** kann es nicht.



Güte der Spulen 260, auf 0,38 dB Durchlassdämpfung berechnet.
Die Weitabselektion erreicht nur 26,6 dB, das reicht nicht für ein
Sende- und Empfangsfilter. 35 dB und mehr sollte es schon sein.

Meine neueste Entwicklung: **DGOSA** Filter für 15 m,
„das auch 18 m und 12 m kann“



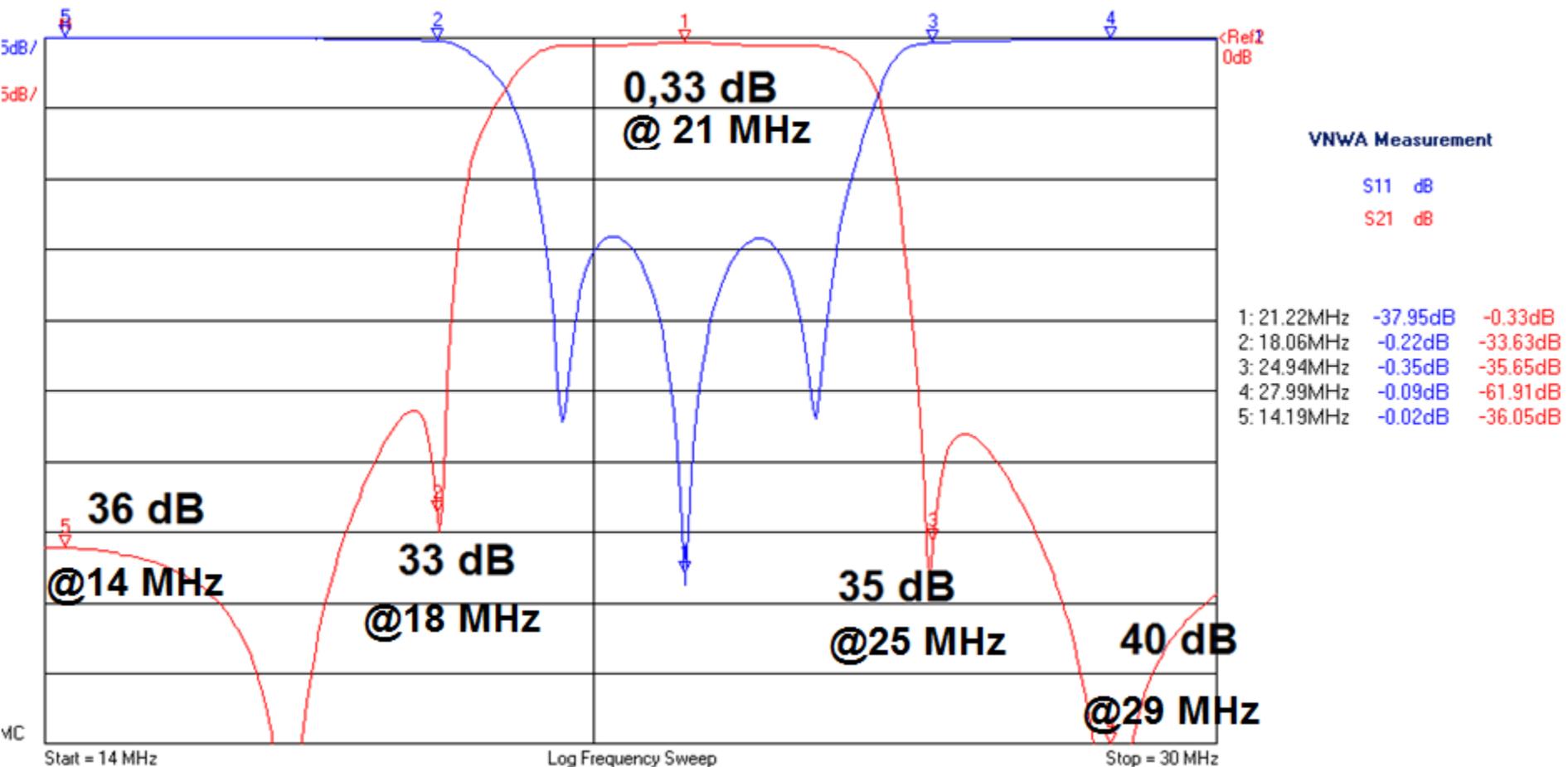
Kleines **DGOSA** 100 Watt 7-Kreis-Filter für 15 m,
„das auch 18 m und 12 m kann“



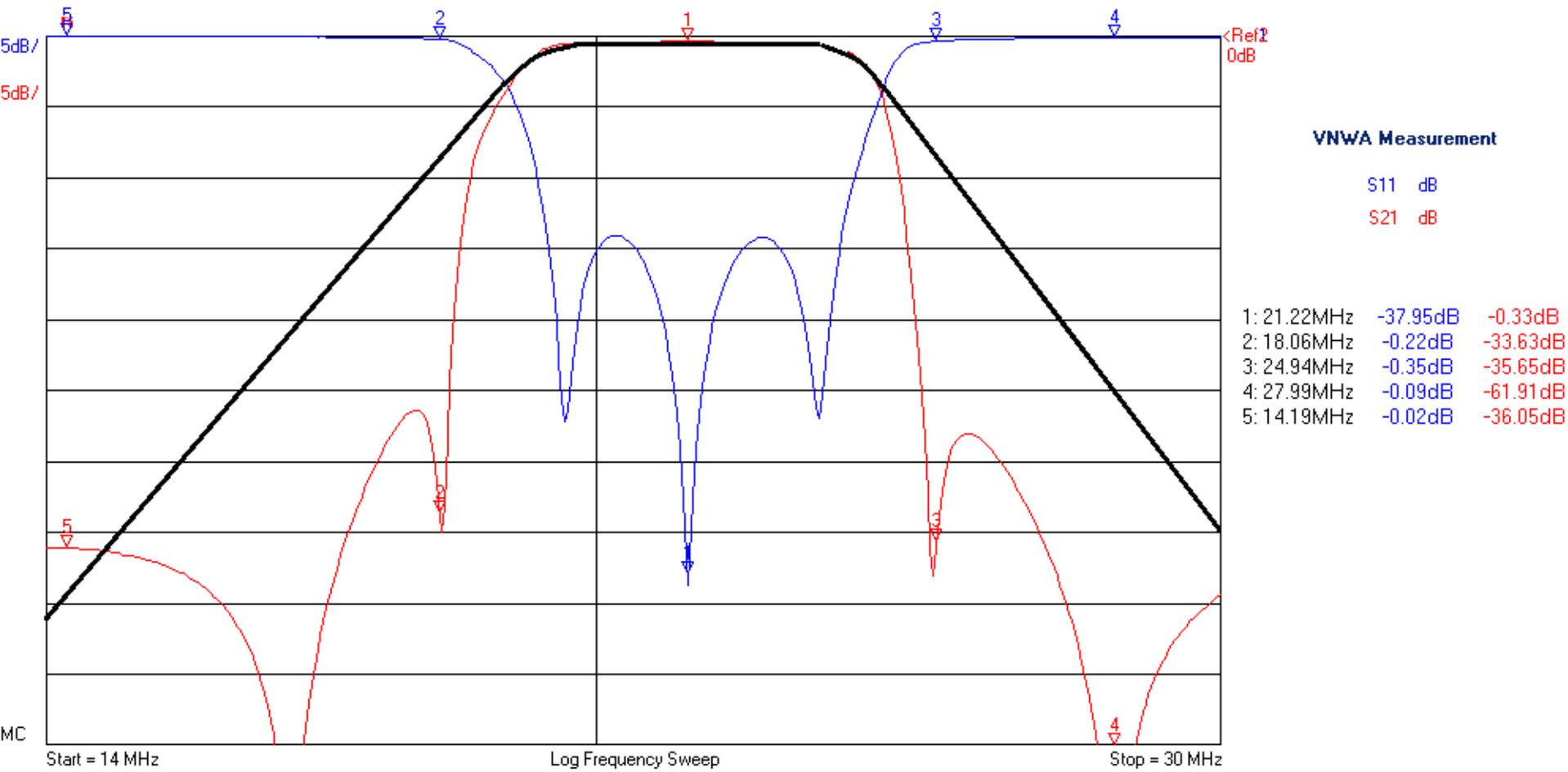
Schaltung sieht kompliziert aus, der Aufbau nicht: Alle C sind SMD auf der Leiterseite, die beiden Spulen für die Pole sind kleine T50-6 Ringkerne

DGOSA 7-Kreis-Filter für 15 m, „das auch 18 m und 12 m kann“

DGOSA-Messwerte, keine Simulation!



rot: **DG0SA** 7-Kreis-Filter für 15 m,
 „das auch 18 m und 12 m kann“
 schwarz: **W3NQN**-klassisch



DGOSA 7-Kreis-Filter für 15 m, „das auch 18 m und 12 m kann“

Es werden statt T106-17 kleinere T94-17 verwendet. Das darf man, weil die Reaktanzen in diesem Filter geringer sind und damit die Spannung über den Bauelementen geringer ausfällt:

Serienkreise:

7-Kreis-Filter: 249 Ohm / 336 V

T94-17 3,6 mT, erlaubt 3,4 mT

W3NQN: 396 Ohm / 562 V

T106-17 3,6 mT, erlaubt 3,4 mT

Parallelkreise:

7-Kreis-Filter: 0,852 μ H / 214 V

T94-17 3,4 mT, erlaubt 3,4 mT

W3NQN: 0,656 μ H / 214 V

T106-17 2,9 mT, erlaubt 3,4 mT

DGOSA 7-Kreis-Filter für 15 m, „das auch 18 m und 12 m kann“

Für die Kapazitäten werden SMD verwendet. Sie haben mindestens 1kV Spannungsfestigkeit, verlustarmes Dielektrikum und hohe Temperaturstabilität (Ceramic Multilayer SMD, NP0 bzw. C0G)

Vishay bietet mit den „Quad Hifreq“ Kondensatoren Brauchbares zu Mondpreisen an. Auf der Suche nach 1808 Bauform, ihr traue ich höhere Ströme zu, finde ich bei Mouser ebenfalls hochpreisige SMD.

Bei no name Produkten fährt man besser, muss aber die Güte prüfen, ob nicht etwa minderwertige Dielektrika verwendet wurden.

Glimmer geht immer, aber spannungsfest müssen sie sein. Sie sind die beste Wahl, aber auch recht teuer.

DGOSA 7-Kreis-Filter für 15 m, „das auch 18 m und 12 m kann“

Bei den Filtern gibt es mehrere Zusammenhänge zu beachten. Will man **mehr Dämpfung in den Nachbarbändern**, so geht das einher mit einem **Anstieg der Dämpfung im Band**.

Je **dichter der Pol** zum Band gelegt wird, umso **geringer die Dämpfung** der weiter entfernt liegenden Bänder.

Je kleiner das Gehäuse, um so größer die Verluste. Das liegt daran, dass auch Ringkernspulen ein Streufeld haben, trifft dies auf Metall oder andere Materialien, sinkt die Güte der Spulen. Dies führt zur Notwendigkeit einer aufrechten Montage der Spulen auf der Leiterplatte.

DGOSA 7-Kreis-Filter für 15 m, „das auch 18 m und 12 m kann“

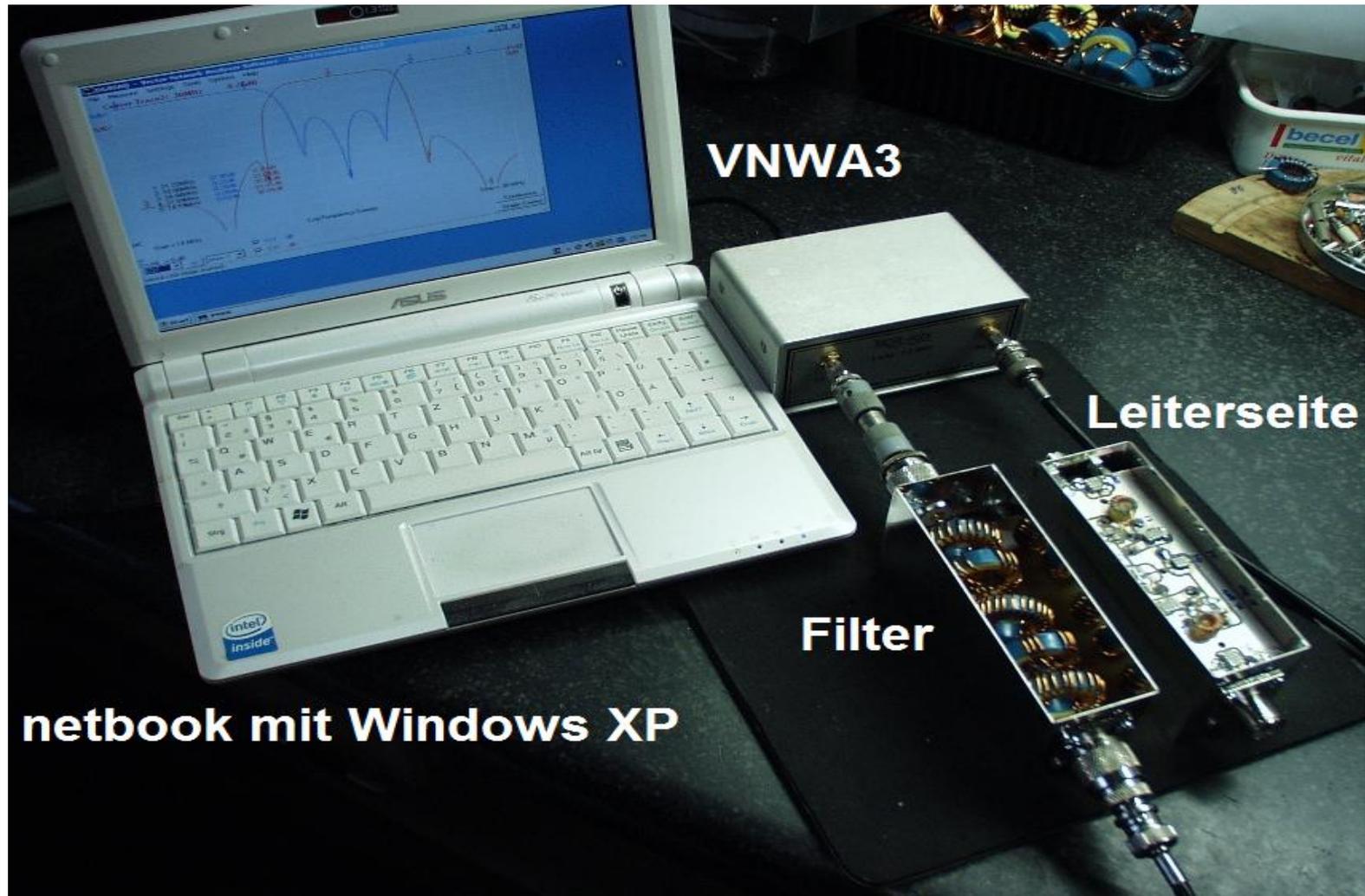
Der Abgleich der Filter ist einfach (für jemanden, der bereits 500 Filter gebaut hat). Alles hat mit der Filtermittenfrequenz zu tun. Ein Kabel mit eingebautem 50 Ohm Widerstand leistet am VNWA3 gute Dienste. Die Serienkreise werden auf s_{11} abgeglichen. Bei den Parallelkreisen lötet man den Masseanschluss nicht an und misst zwischen Masse und durchgestecktem Spulenbein.

Jetzt wird s_{21} betrachtet. Dazu verbindet man einen Parallelkreis mit den Serienkreisen und achtet auf eine symmetrische Durchlasskurve. Sodann wird die Verbindung gegen L und C des Serienkreises getauscht, die die beiden Pole nah an der Filtermittenfrequenz erzeugen. Das ist ein wenig mit Probieren verbunden, bis die Pole dort sind, wo gewünscht.

Der zweite Parallelkreis wird in gleicher Weise behandelt. Im Ergebnis ist die Kurve fast nie so, wie man sie sich vorgestellt hat, aber mit Erfahrung und Geduld bekommt man sie hin.

Der Aufwand für die Filter liegt vor allem im Abgleich, daher der hohe Preis.

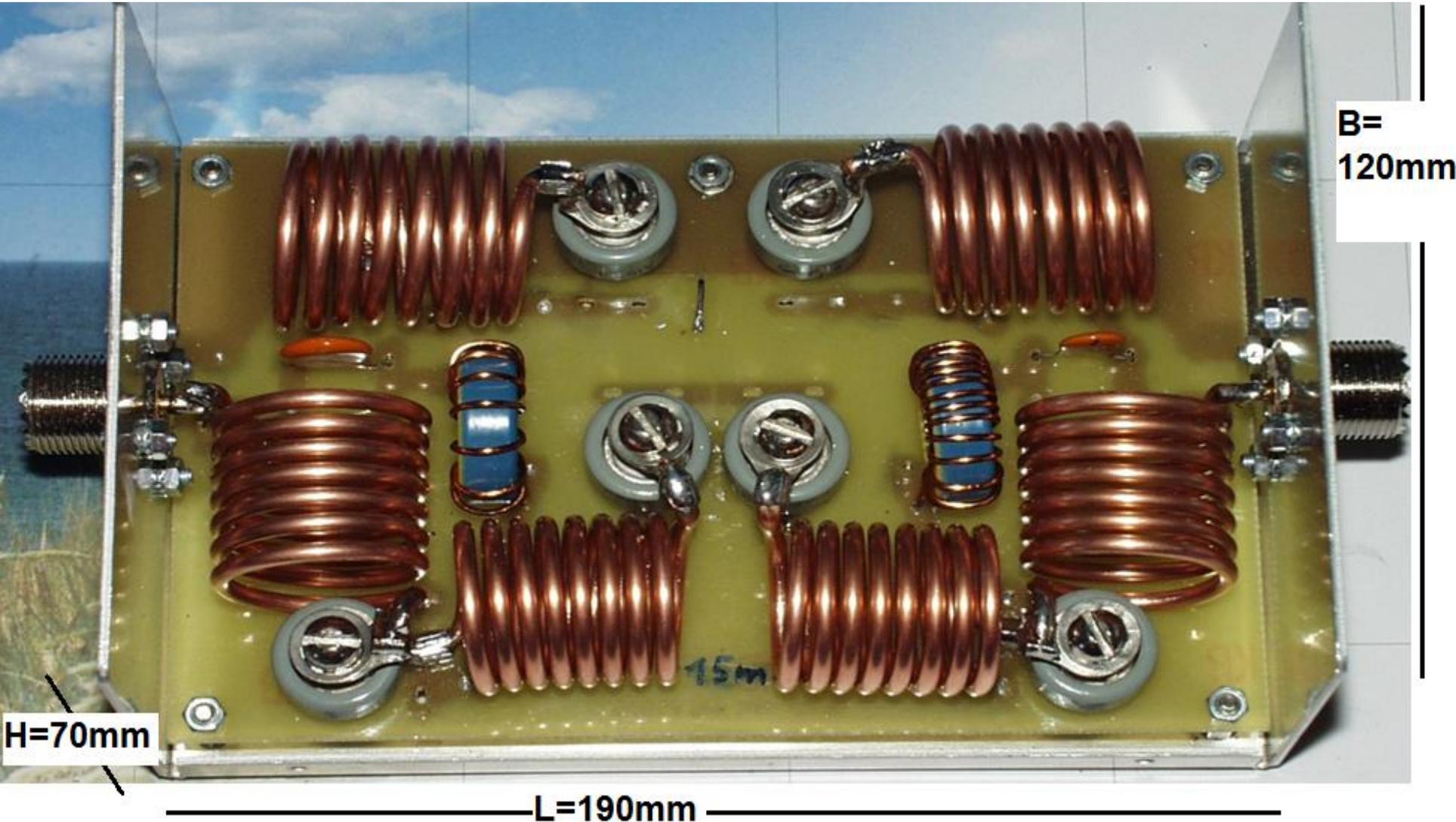
DGOSA Arbeitsplatz für Filterabgleich



Asus EeePC:

Für den VNWA3 verbotenerweise ein Y-Kabel verwenden, da die Stromergiebigkeit der USB-Buchse offensichtlich nicht ausreicht und die software ständig abstürzte.

DGOSA 1200 Watt - Bandfilter, „das auch WARC kann“



Noch dicker: **403A** und das 4,5 kW-Filter-Monstrum



Zusammenfassung DG0SA 7- Kreis - Filter

- Filter mit guten Eigenschaften
- Das Material ist nicht „exotisch“
- Wer Erfahrungen beim Aufbau der klassischen Filter hat, kann diese Erfahrungen auf den Aufbau der 7-Kreis-Filter übertragen
- hoher Mehraufwand, neue Platinen-Layouts erforderlich
- ***Diese Filter gibt es nur aus Mecklenburg-Vorpommern***

**Mecklenburg
Vorpommern**



MV tut gut.

Zum Schluss

DG0SA

Wolfgang Wippermann

Lerchenweg 10

18311 Ribnitz-Damgarten

Tel: 03821 721578

wwippermann@t-online.de

<http://www.dg0sa.de>