

Bandpass-Sende-Empfangs-Filter

1. Einsatzmöglichkeiten

Ein Bandpass-Sende-Empfangs-Filter wird benötigt, um starke Außer-Band-Signale zu unterdrücken. Dies entlastet die oft sehr breitbandig ausgeführten Empfänger moderner Transceiver, ohne dass Eingriffe in das Gerät erfolgen müssen. Wenn beide Stationen senden wird ein zurücklaufendes Außer-Band-Signal zum jeweils anderem Sender, welches als schlechtes SWR gedeutet werden und zur Leistungsreduzierung führen könnte, verhindert. Das vom Sender erzeugte Signal wird durch das Filter dagegen nicht oder nur sehr wenig verringert. Verbesserungen durch Einfügen eines Bandpass-Sende-Empfangs-Filters in den Signalweg werden erreicht, wenn

- Zwei Amateurfunkstationen auf benachbarten Amateurfunkbändern zeitgleich an einem Standort arbeiten
- In der Nähe starker anderer Funkstationen Amateurfunk durchgeführt werden soll

Das Bandpass-Sende-Empfangs-Filter stellt somit ein wichtiges Hilfsmittel für einige herausragende Amateurfunkaktivitäten dar. Aber auch der Funkamateur, der Beeinträchtigungen durch Funkdienste in der Nachbarschaft erleidet, wird mit Bandpass-Sende-Empfangs-Filtern seine Situation verbessern.

2. Eigenschaften

Die Bandpass-Sende-Empfangs-Filter sind für die Amateurbänder 80m/40m/20m/15m/10m bemessen und für 100 Watt ausgelegt, sie erreichen ihre hervorragenden Daten durch die Verwendung von hochqualitativen Kondensatoren und Spulen.

Das Design ist ein dreipoliger Chebyshev-Bandpass. Um den Aufwand gering zu halten, wird eine Anordnung Serienschwingkreis – Parallelschwingkreis - Serienschwingkreis gewählt.

Ab 20 MHz lassen sich die dafür benötigten angezapften Spulen des Parallelschwingkreises auf Pulvereisenringkernen schwer realisieren, deshalb wird hier die dreipolige Struktur durch Ladderfilter realisiert.

Die Durchlassdämpfung aller Filter ist besser als -0,5 dB und das Stehwellenverhältnis besser als 1:1,5. Der Verlauf der Durchlasskurve ist etwa symmetrisch, das heißt der Dämpfungswert beim doppelten Wert der Durchlassfrequenz entspricht dem bei der halben Durchlassfrequenz. Der Durchlassbereich umfasst das jeweilige Amateurband völlig, die Welligkeit im Durchlassbereich ist sehr gering.

Die Bandpass-Sende-Empfangs-Filter sind auf FR4-Material aufgebaut und sorgfältig abgeglichen. Zur Schirmung und zum mechanischen Schutz sind sie in Weißblechgehäuse der Firma Otto Schubert GmbH Typ 3A (37mm * 50 mm * 111 mm), Sonderanfertigung, eingebaut.

Der Eingang und Ausgang erfolgen über PL-Buchsen 50 Ω , bezeichnet mit PL1 und PL2.

3. Einsatzhinweise

Das Bandpass-Sende-Empfangs-Filter wird in den Signalweg eingefügt und dieser muss 50 Ω Impedanz für den ordnungsgemäßen Betrieb sicherstellen. Das Bandpass-Sende-Empfangs-Filter kann zwischen Transceiver und Leistungsverstärker eingefügt sein oder zwischen Transceiver und Antennentuner. Wird eine Antenne mit 50 Ω Anschlussimpedanz verwendet, so kann das Bandpass-Sende-Empfangs-Filter auch direkt zwischen Transceiver und Antenne geschaltet werden. In diesem Fall muss für die Ableitung statischer Spannungen zwischen Koaxialinnenleiter und Masse gesorgt werden. Diese Maßnahme sollte dann an der Antenne selbst erfolgen.

Wird das Bandpass-Sende-Empfangs-Filter in einen Signalweg geschaltet, der nicht 50 Ω sicherstellt, so wird die Filterwirkung beeinträchtigt und das Filter kann zerstört werden. In solchen Fällen muss die Leistung zurückgenommen werden.

Ein Einsatz des Bandpass-Sende-Empfangs-Filter hinter einem Transceiver mit eingebautem Antennentuner ist deshalb nicht zulässig, so wie sein Einsatz auch hinter einem abgesetztem Antennentuner ebenfalls nicht zulässig ist.

Ebenfalls darf die Ausgangsleistung von 100 W nicht überschritten werden, auch nicht kurzzeitig, da die Kondensatoren defekt werden könnten. Ein Dauerbetrieb mit 100 Watt an Standorten mit hohen Temperaturen sollte vermieden werden, wogegen typischer Amateurfunkbetrieb mit 100 W kein Problem darstellt.

Ein Einsatz des Bandpass-Sende-Empfangs-Filter ist immer nur in dem Band vorzunehmen, für das das Bandpass-Sende-Empfangs-Filter konstruiert wurde. Bei Verwechslungen können höhere Spannungen an den Kondensatoren auftreten, diese werden dann zerstört.

Werden an einem Standort z.B. fünf Sende-Empfangs-Stationen verwendet, so werden die Bandpass-Sende-Empfangs-Filter auf alle Stationen verteilt. Damit ist sichergestellt, dass kein Amateurband durch zwei Amateurfunker gleichzeitig genutzt wird, was beim Betrieb mit schaltbaren Filtern schnell passieren kann.

Jeder Sender produziert Oberwellen. Durch das Bandpass-Sende-Empfangs-Filter werden diese Oberwellen zusätzlich unterdrückt. Auf Grund der hohen Empfindlichkeit der Amateurfunkempfänger können die unterdrückten Oberwellen trotzdem den Amateurfunkbetrieb stören. Das ist kein Mangel der Filter und kann durch eine geschickte Frequenzwahl vermieden werden.

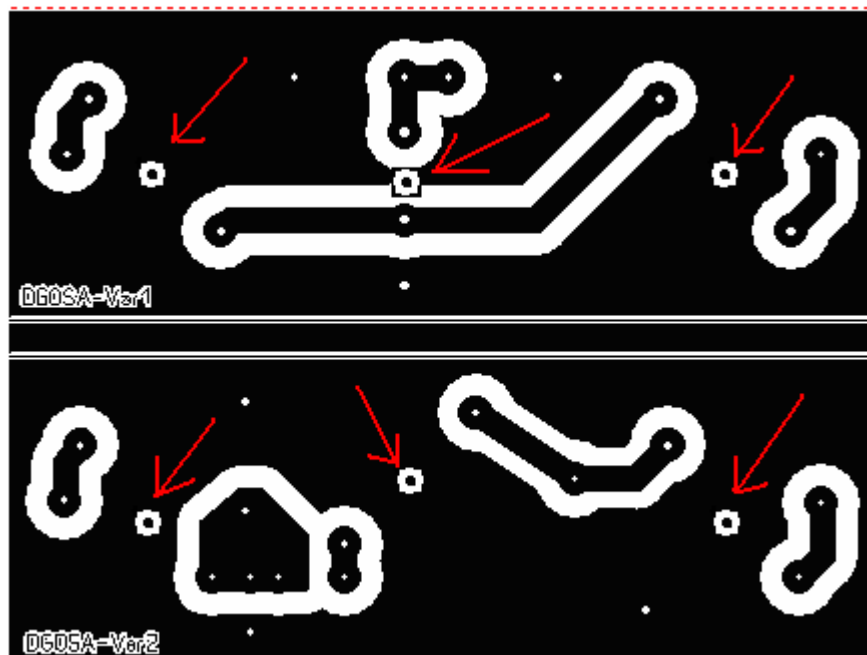
Die Messung der Dämpfung erfolgte mit Messsender und logarithmischen Detektor unter Amateurbedingungen. Die Tabelle zeigt typische Werte, sie soll der schnellen Abschätzung der zu erwartenden Dämpfung von Signalen anderer Stationen auf den Nachbarbändern dienen.

Frequenz	3,5 MHz	7 MHz	14 MHz	21 MHz	28 MHz
80m-Filter	0,32	51	>60	>60	>60
40m-Filter	49	0,36	54	>60	>60
20m-Filter	>60	48	0,32	29	44
15m-Filter	>60	>60	30	0,36	19
10m-Filter	>60	>60	49	26	0,50

Alle Angaben der Dämpfung in dB

4. Bauhinweise

Alle Filter werden in Schubert-Gehäuse Typ 3A eingebaut. Für das 80-m-Filter, 40m und für das 20-m-Filter wird die Leiterplatte 1 und für die anderen Filter die Leiterplatte 2 verwendet. Dort, wo die Spulen auf der Leiterplatte aufsitzen, wird ein 3mm Loch gebohrt (nicht in der Leiterplatte vorgesehen), damit die Kerne von unten nach erfolgtem Abgleich mit Kleber fixiert werden können. Als Kleber eignet sich Ponal-Super 3 wasserfester Holzleim, der von unten durch das Loch gedrückt wird, aber mehrere Tage aushärten muss. Solange er das nicht ist, kann das Filter nicht benutzt werden.



Die Gehäuse werden montiert und die beiden PL-Buchsen eingeschraubt. Die Abschrägung des Mittelstiftes soll in die gleiche Richtung, zu einem der beiden Deckel zeigen. Diese Richtung nenne ich ab sofort „oben“. An den vier unteren Schrauben werden unter Verwendung von Sicherungsscheiben Lötösen angebracht, umgebogen und später mit der Leiterplatte verlötet. Ein Verkürzen der Lötösen (abzwicken in der Mitte des Loches) beugt

Kurzschlüssen zu den Leiterzügen der Leiterplatte vor. Die Leiterplatte wird mit der Bestückungsseite nach oben zwischen Mittelstifte der PL-Buchsen und Lötösen platziert. Sie wird dann auf die abgewinkelten Lötösen liegen. Die Leiterplatte wird eingelötet, durch Anlöten an die vier gekürzten Lötösen und Verbinden an den Leiterplattenkanten mit dem Schubert-Gehäuse durch mehrere Lötverbindungen.

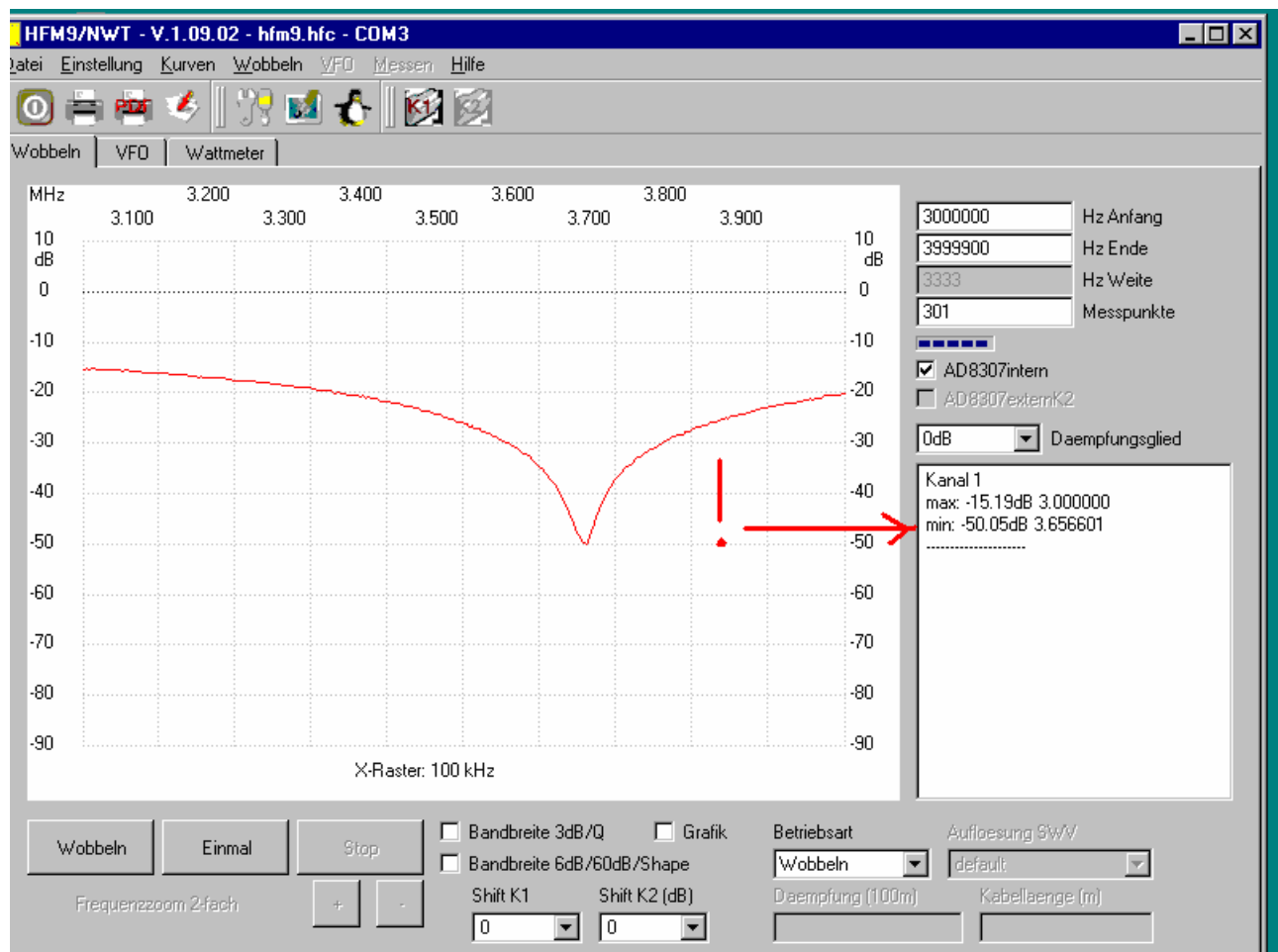
Nachdem die Leiterplatte eingelötet ist erfolgt die Bestückung. Vorher sind die Schwingkreise jedoch grob abzugleichen. Dies passiert, indem die Wicklung auf dem Kern auseinander gezogen oder zusammengedrückt wird. Der **Feinabgleich erfolgt erst nach Einbau des jeweiligen Schwingkreises in das Gehäuse**.

Abgeglichen wird mit Hilfe eines 50 Ω Abschlusswiderstandes und eines SWR-Analyzer bei der angegebenen Frequenz. Als SWR-Analyzer eignen sich folgende Aufbauten

- Netzwerktester (NWT) von Bernd Kernbaum, DK3WX oder FA-NWT1 mit Reflexionsmesskopf
- Antennenanalyzer von IW3HEV und IW3IJZ
- Messsenders mit Stehwellenbrücke (sehr schwerer Abgleich)

Schritt 1:

Die einzelnen Schwingkreise werden als Serienschwingkreis in Reihe mit einem 50 Ω Widerstand geschaltet. Bei der Resonanzfrequenz ist das SWR nahe 1 bzw. es erscheint auf dem Bildschirm des Netzwerktesters ein „Pik“. Durch Zerren/stauchen der Windungen wird der „Pik“ auf die vorgegebene Resonanzfrequenz gebracht, Diese ist in den Schaltbildern angegeben. Das Bild zeigt die Darstellung mit dem FUNKAMATEUR-Netzwerktester NWT-1. (Vorabgleich)



Schritt 2:

Der „linke“ Schwingkreis C1/L1 wird eingelötet, C1 verbindet Mittelstift der PL-Buchse mit dem Anschluß auf der Platine, hinter dem Schwingkreis wird ein 50 Ω Widerstand in Reihe zur Masse auf die Leiterseite gelötet.

Die Resonanzfrequenz ist zu kontrollieren und gegebenenfalls ist zu korrigieren. (Feinabgleich, der „Pik“ muss auf der Resonanzfrequenz liegen, siehe oben). Dann den Widerstand wieder entfernen.

Schritt 3:

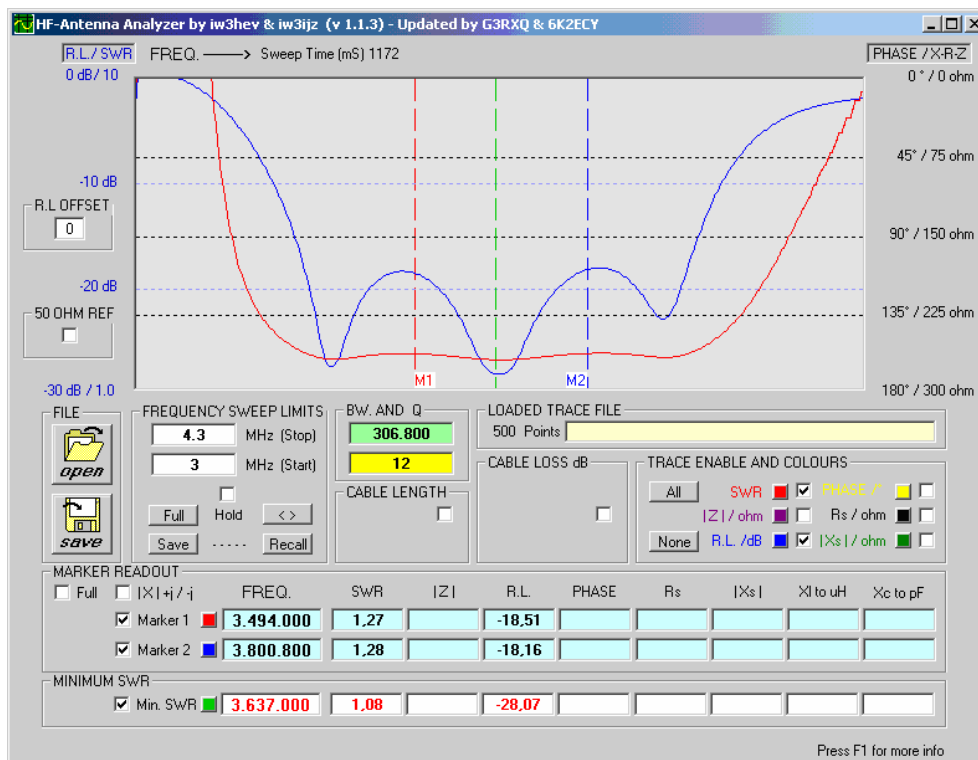
Der „rechte“ Schwingkreis C3/L3 wird wie Schritt 2 eingelötet.

Schritt 4a:

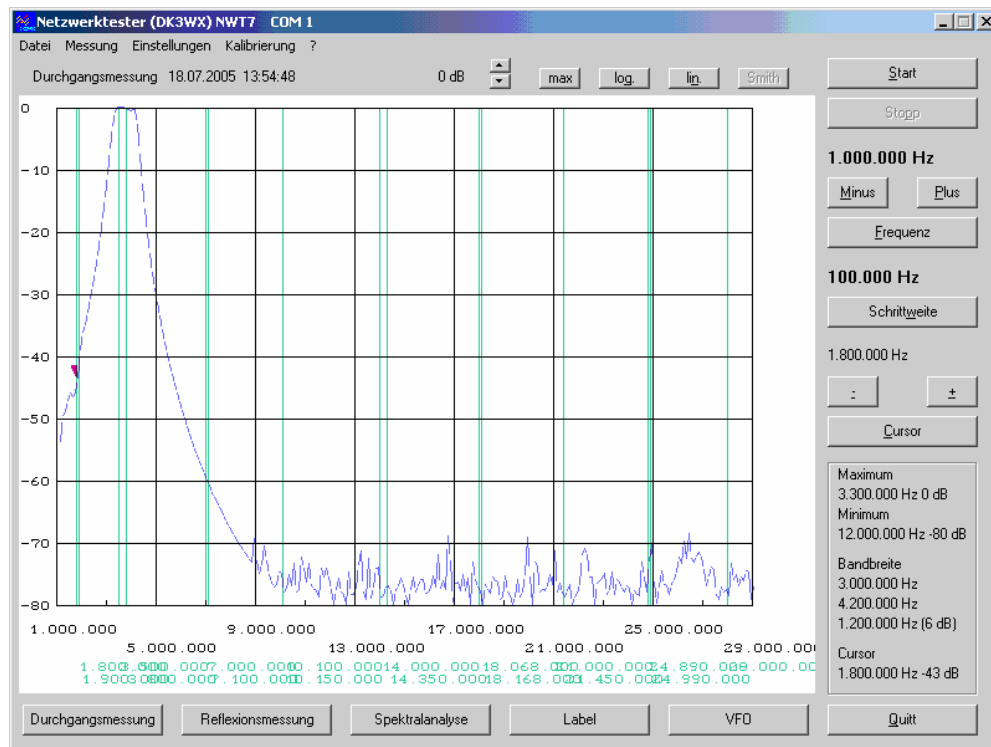
Bei den Filtern mit angezapfter Spule L2 wird diese eingelötet und das dazugehörige C2. Es wird geschaut, ob sich die typische Kurve nach dem folgenden Bild ergibt. Wenn nicht, ist der Abstand der Drähte zu vergrößern/zu verkleinern. Einfach mit dem Fingernagel in die Wicklung greifen und den Abstand gestalten.

Schritt 4b:

Bei den Filtern mit L4/C4 und L5/C5 werden die Spulen außerhalb des Gehäuses genau abgeglichen und dann eingebaut. L4/C4 ist relativ unkritisch, L5 ist dann so abzugleichen, dass sich wiederum dieses Bild ergibt, hier in einer Darstellung mit dem Gerät von IW3HEV und IW3IJZ:



Die mit dem NWT von Bernd Kernbaum, DK3WX aufgenommene Durchlasskurve hat dann folgende Form:



Prinzipiell lassen sich alle drei Geräte hervorragend zum Abgleich nutzen.

Die Spulen und Kondensatoren sind übersichtlich im Filter-Gehäuse platziert

Die Ausrichtung der Spulen ergibt sich aus deren Bewicklung. L1, L3 und L4 haben die im Bild gezeigte Lage, wenn wie folgt vorgegangen wird:

Kurzes Ende des Drahtes in die linke Hand. Langes Ende des Drahtes von vorn nach hinten durch den Ringkern stecken. Nach vorn unter den Ringkern ziehen. Rechts neben der ersten Windung die zweite Windung legen usw. Es ist fest zu wickeln, den Draht mit den Fingern der Form des Ringkerns anpassen.

Bei der angezapften Spule L2 (z.B. für 80m) empfiehlt es sich, zunächst die Hauptwicklung (24 Wdg, das „heiße Ende“) aufzubringen, dann mit der Feile den Draht an der Stelle vom Lack zu befreien, wo der Anzapfdraht angelötet wird. Dieser ist zweimal um den Wicklungsdraht zu rollen und dann sauber zu verlöten. Dann wird die restliche Wicklung (8 Wdg, „kaltes Ende“) aufgebracht. Insgesamt müssen jetzt 32 Windungen auf dem Kern sein, angezapft bei 8 Windungen. Wichtig ist, die Spule richtig herum einzulöten, also nicht das „heiße Ende“ mit dem „kalten Ende“ zu verwechseln. Das „kalte Ende“ gehört an Masse.

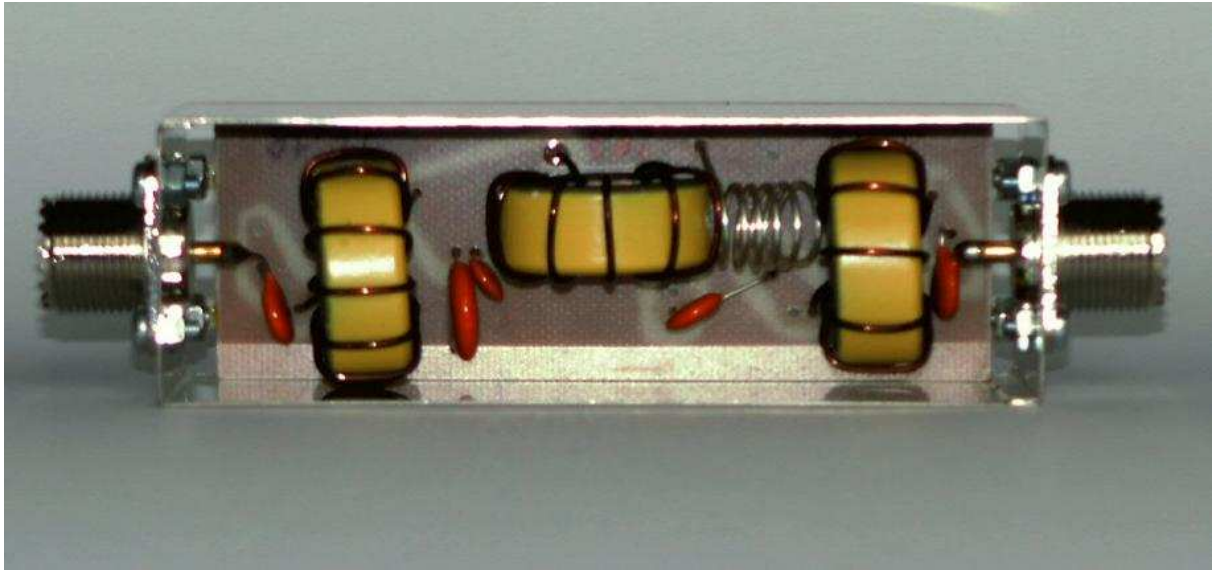
Die CuAg - Spule (L5, 10m-Band) ist jedoch im Gegensatz zum Bild um 90 Grad zu drehen. Das erreicht man, indem L5 auf die folgende Art auf einen Kugelschreiber oder Bohrer mit passendem Durchmesser gewickelt wird:

Kurzes Ende des Drahtes mit linker Hand fassen. Unter den Wickelkörper nach hinten führen. Zurück oberhalb des Wickelkörpers und folgende Windung rechts daneben legen usw.

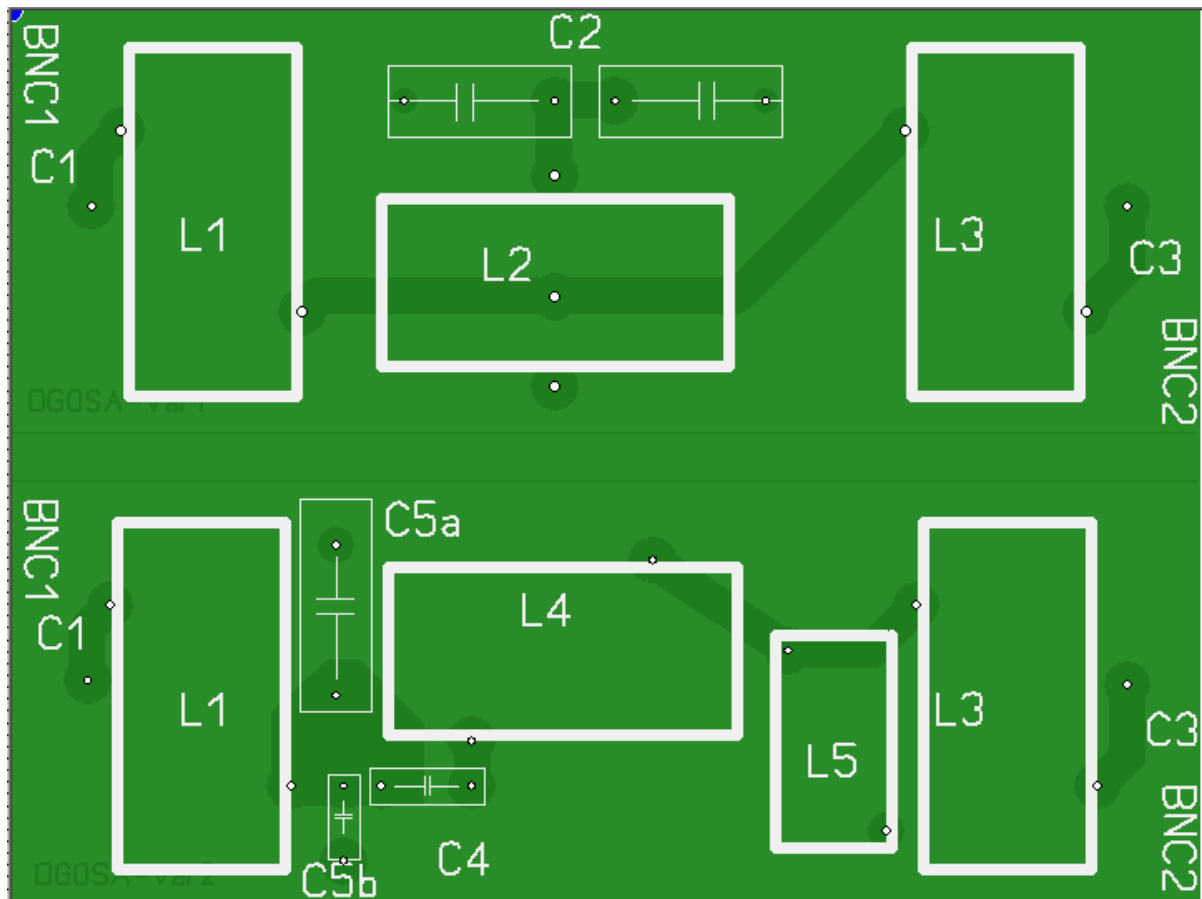
Die Kondensatoren C1 und C3 verbinden den Mittelstift der PL-Buchse mit der Leiterplatte, sie sind auf einer Seite mit der Leiterplatte zu verlöten und auf der anderen Seite mit dem Mittelstift. Dieser ist hohl, das Kondensatorbein wird abgewinkelt, auf 7mm gekürzt und in das Loch gesteckt. Vorher mal probieren, lieber zweimal messen, als einmal abschneiden, getreu nach *Lenin*.

Die Spulen sollten auf beiden Seiten den gleichen Abstand zum Gehäuse haben, keinesfalls sollte der Draht am Gehäuse anliegen.

Eine Variante2 Bestückung, die CuAg-Spule liegt falsch, sie ist um 90 Grad zu drehen.

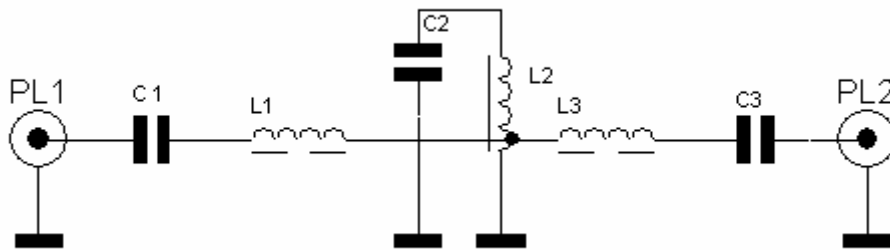


Nächstes Bild, oben: Variante 1-Leiterplatte für 80m/40m/20m, unten: die Variante 2-Leiterplatte für 15m/10m



Ist der Abgleich beendet, so wird etwas Kleber (ich nehme Ponal-Holzleim, muss aber die Trockenzeit von mehreren Tagen dann abwarten) von der Leiterseite durch die Löcher gepresst. Nach Austrocknung des Klebers wird das ganze Innenleben mit SK10 Lötlack besprüht. Wiederum nach Trocknung wird das Gehäuse mit den Deckeln verschlossen und ein Durchgangsscheck auf Bandmitte gemacht. Dort sollte die Einfügedämpfung kleiner 0,5 dB sein. Oft liegt sie bei 0,35dB bis 0,4 dB. Die Fingerabdrücke werden entfernt und eine Beschriftung auf die Seitenwand mit 50mm breiter Tesa - Glasklarfolie abgedeckt. Dann wird das Gehäuse von außen mit Siliconöl gegen Korrosion eingefettet. Dies sollte in den Folgejahren bei Gebrauch der Filter regelmäßig wiederholt werden.

Filter für das 160-m-Band



Alle Kerne T106-2 von Micrometals

L1 = 15,8 μ H; 34 Windungen **0,8mm CuL**

L2 = 11,1 μ H; 7 Windungen über den Kern verteilt, Anzapfung +21 Windungen, =28 Wdg **0,8mm CuL**

L3 = 15,8 μ H; 34 Windungen **0,8mm CuL**

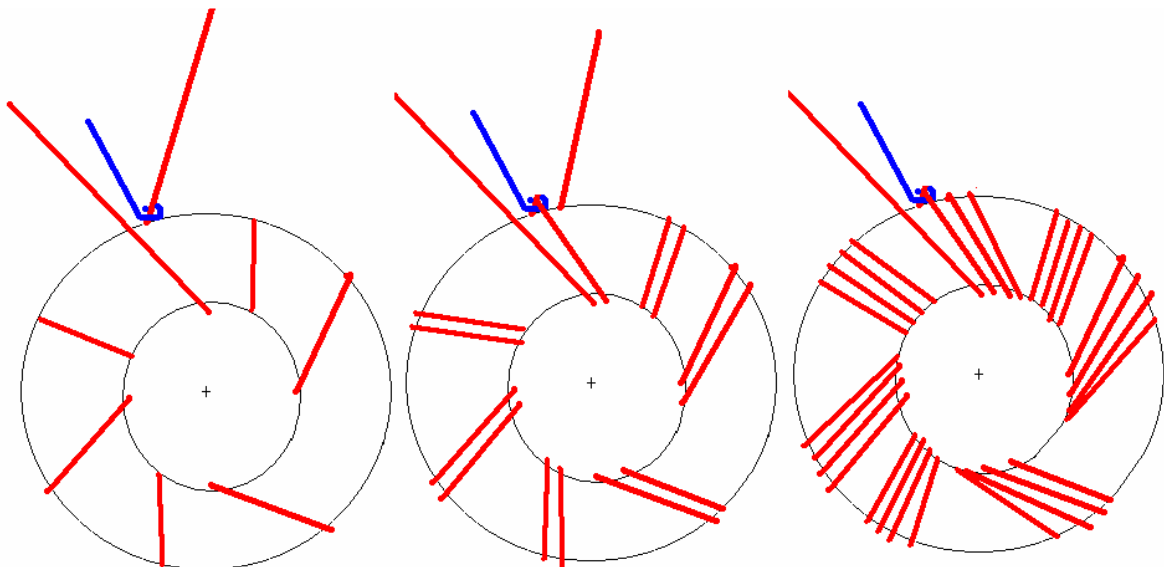
C1 = 220 pF + 220 pF

C2 = 220 pF + 220pF+180pF

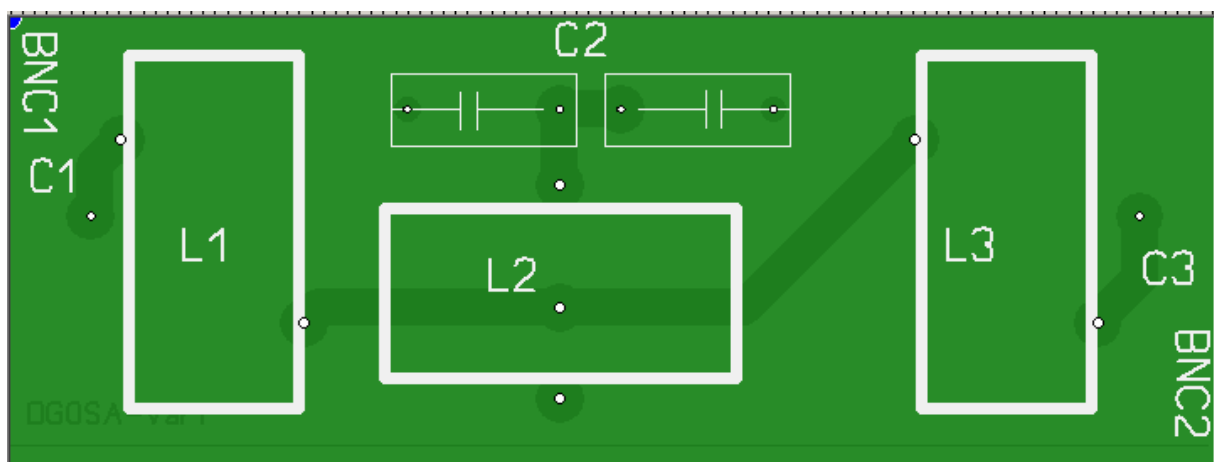
C3 = 220 pF + 220 pF

Resonanzfrequenzen: 1,9 MHz für C1/L1, C2/L2 und C3/L3

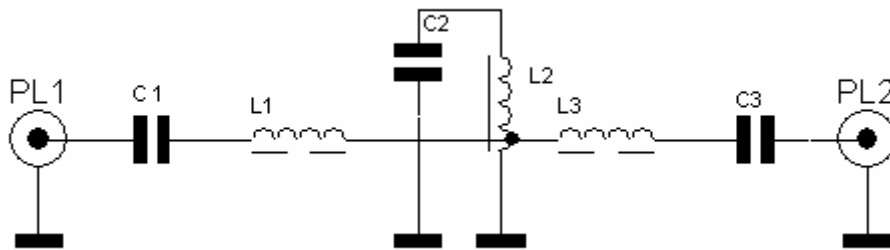
Wickelschema L2:



Wickle 7, dann Anzapfung, dann 21 Windungen, insgesamt 28



Filter für das 80-m-Band



Alle Kerne T106-17 von Micrometals

L1 = 8,2 μ H; 38 Windungen **0,8mm CuL**

L2 = 6,4 μ H; 8 Windungen über den Kern verteilt, Anzapfung +24 Windungen, =32 Wdg **0,8mm CuL**

L3 = 8,2 μ H; 38 Windungen **0,8mm CuL**

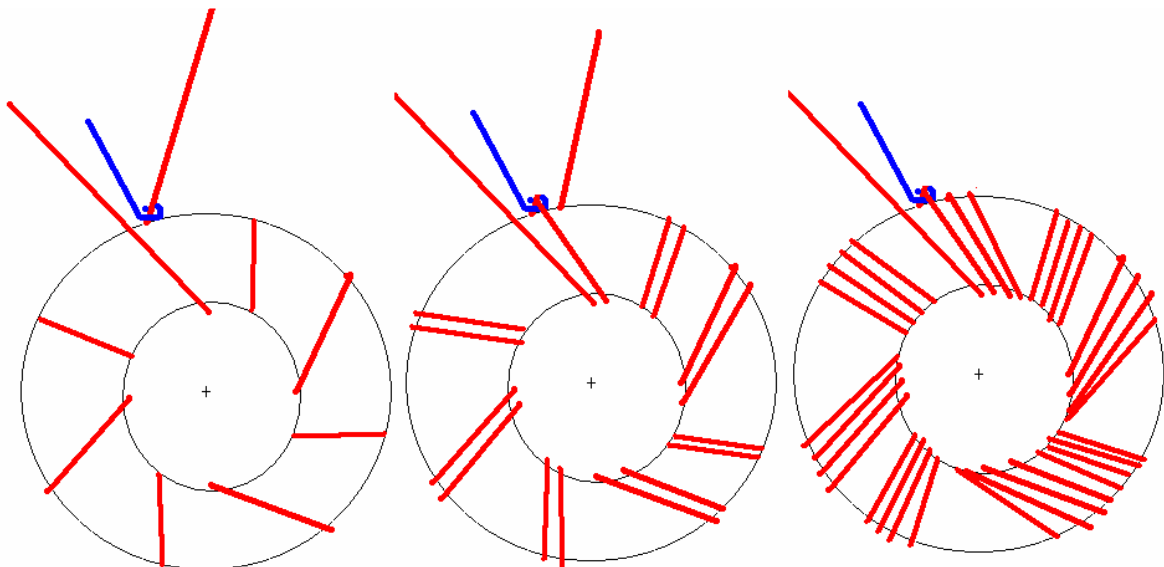
C1 = 220 pF

C2 = 180 pF + 120 pF

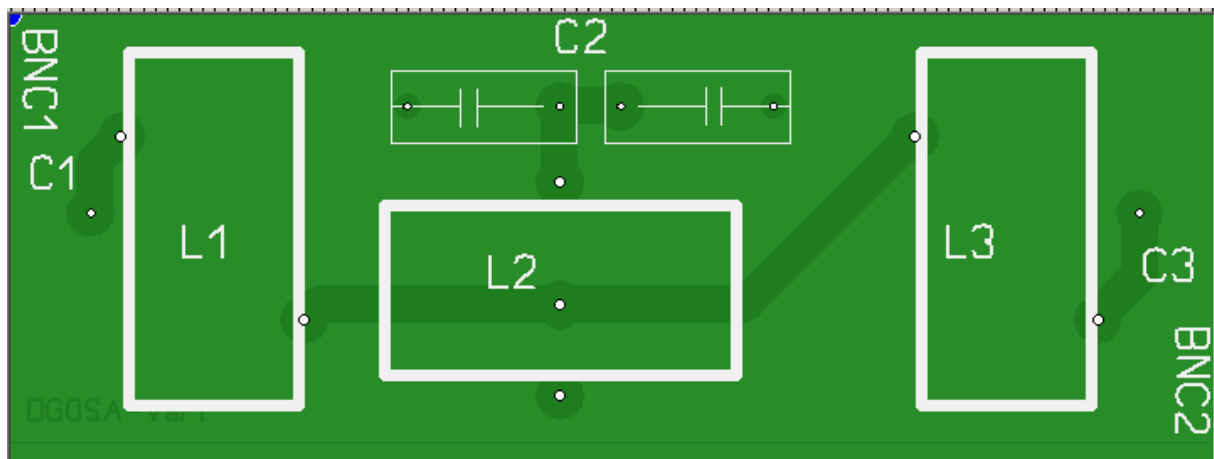
C3 = 220 pF

Resonanzfrequenzen: 3,64 MHz für C1/L1, C2/L2 und C3/L3

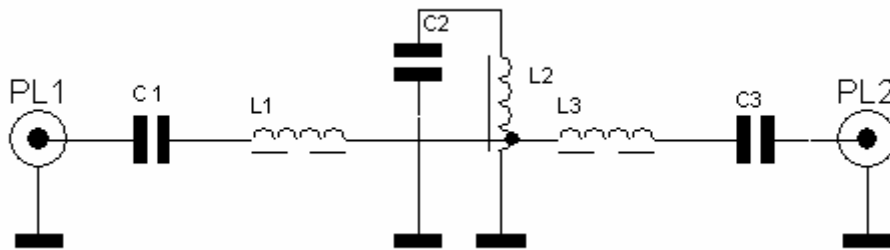
Wickelschema L2:



Wickle 8, dann Anzapfung, dann 24 Windungen, insgesamt 32



Filter für das 40-m-Band



Alle Kerne T106-17 von Micrometals

L1 = 4 μ H; 28 Windungen 1mm CuL oder 0,8 mm CuL

L2 = 3,64 μ H; 6 Windungen über den Kern verteilt, Anzapfung +18 Windungen = 24 Wdg 1mm CuL

L3 = 4 μ H; 28 Windungen 1mm CuL

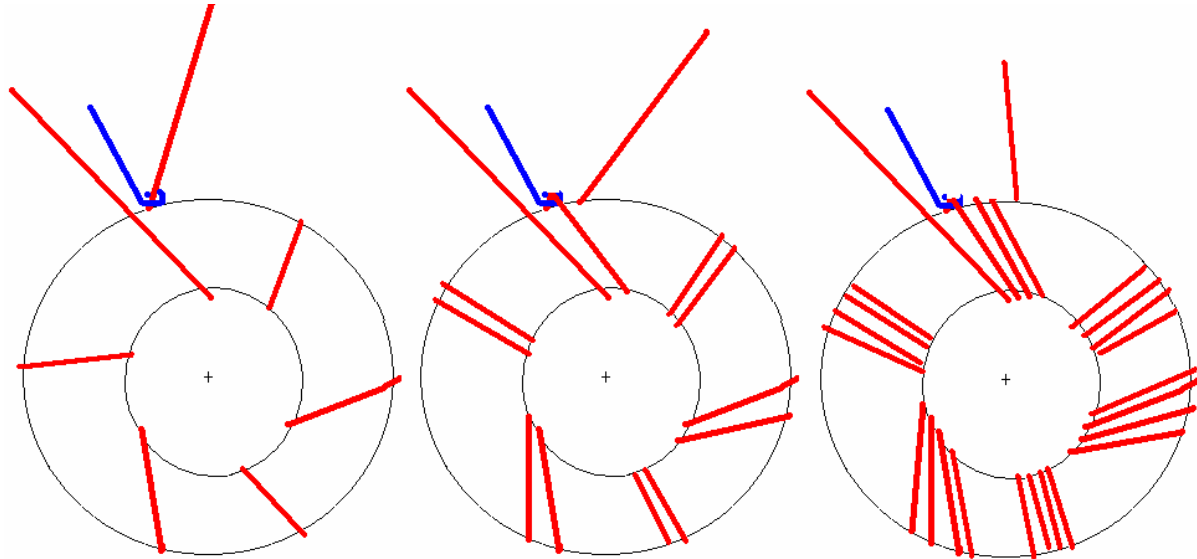
C1 = 120 pF

C2 = 56pF + 82 pF

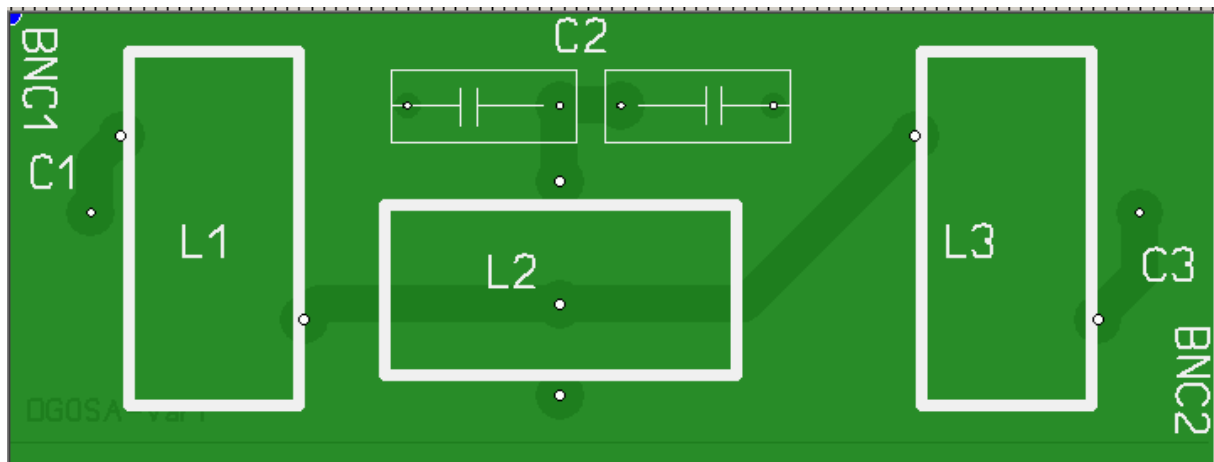
C3 = 120 pF

Resonanzfrequenzen: 7,1 MHz für C1/L1, C2/L2 und C3/L3

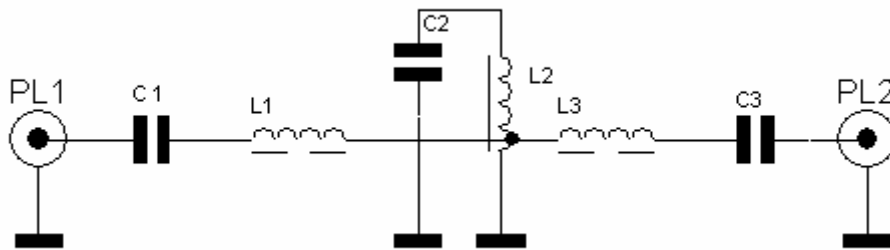
Wickelschema für L2:



Wickle 6, dann Anzapfung, dann 18 Windungen, insgesamt 24



Filter für das 30-m-Band



Alle Kerne T106-17 von Micrometals

L1 = 3 μ H; 22 Windungen 1mm CuL

L2 = 3 μ H; 5 Windungen über den Kern verteilt, Anzapfung +15 Windungen = 20 Wdg 1mm CuL

L3 = 3 μ H; 22 Windungen 1mm CuL

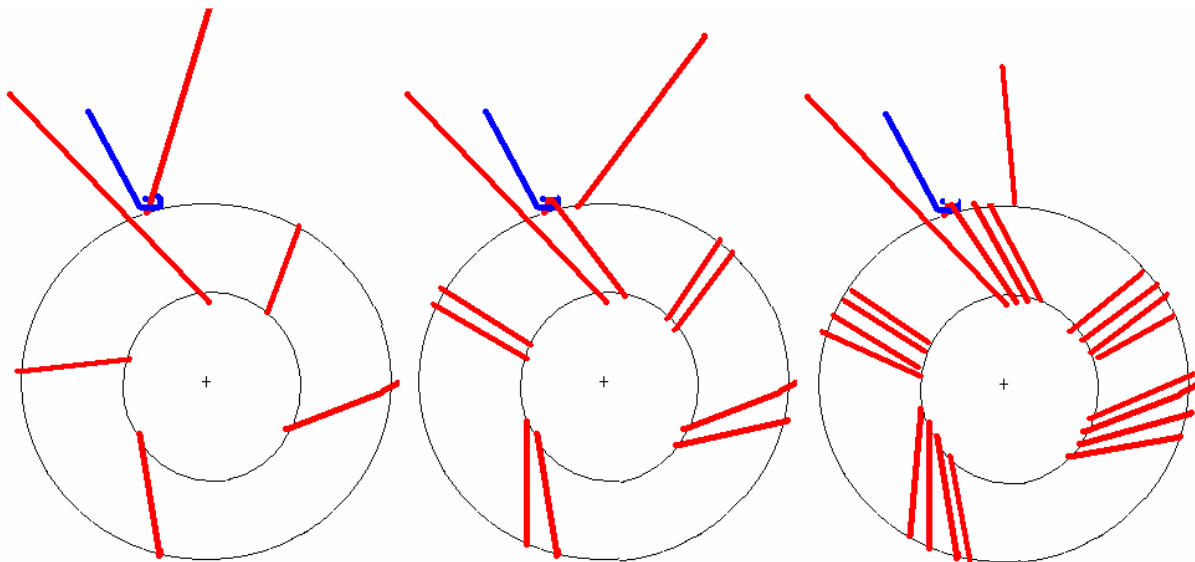
C1 = 82 pF

C2 = 82 pF

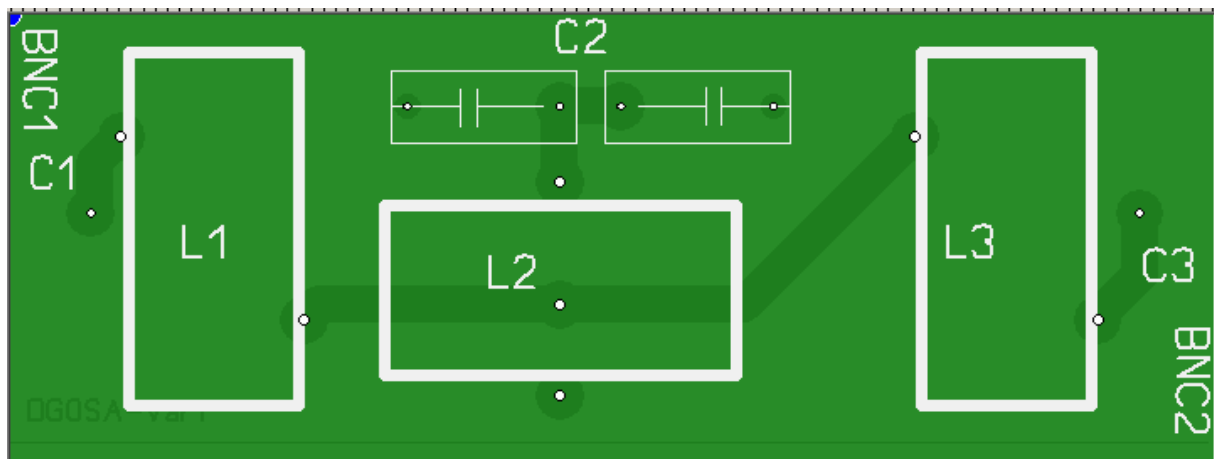
C3 = 82 pF

Resonanzfrequenzen: 10,12 MHz für C1/L1, C2/L2 und C3/L3

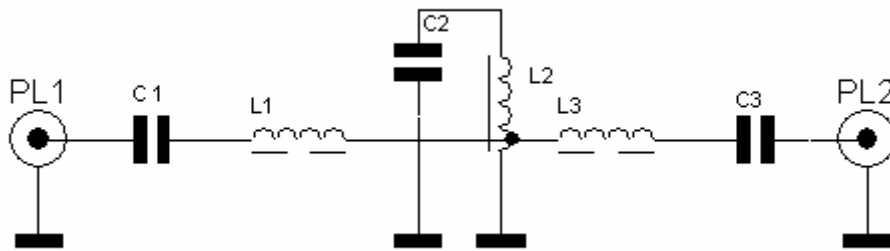
Wickelschema für L2:



Wickle 5, dann Anzapfung, dann 15 Windungen, insgesamt 20



Filter für das 20-m-Band



Alle Kerne T106-17 von Micrometals

L1 = 2,2 μ H; 18 Windungen 1mm CuL

L2 = 2,1 μ H; 4 Windungen über den Kern verteilt, Anzapfung +12 Windungen = 16 Wdg 1mm CuL

L3 = 2,2 μ H; 18 Windungen 1mm CuL

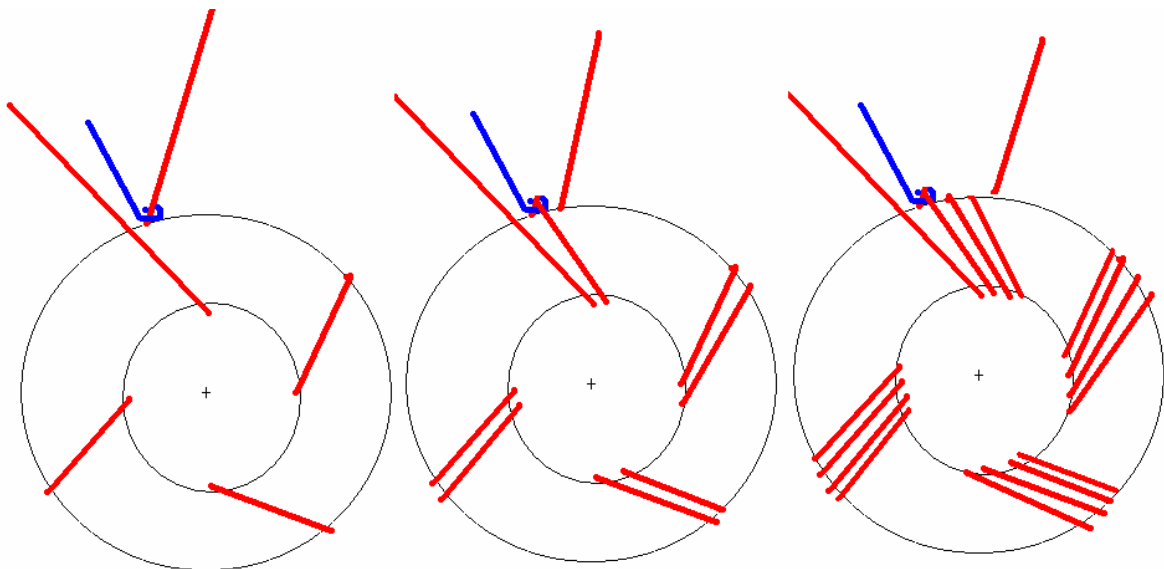
C1 = 56 pF

C2 = 27 pF + 33pF

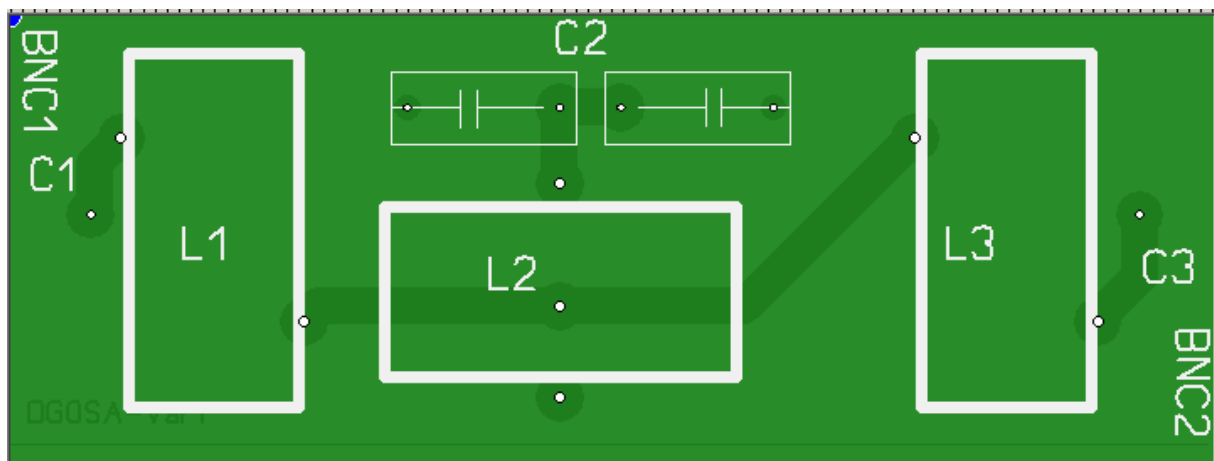
C3 = 56 pF

Resonanzfrequenzen

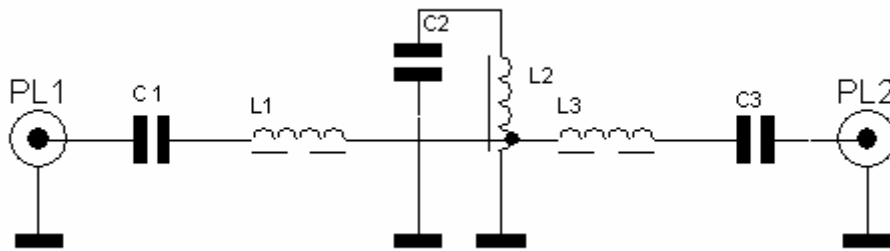
14,20 MHz für C1/L1, C2/L2, C3/L3



Wickle 4, dann Anzapfung, dann 12 Windungen, insgesamt 16



Filter für das 17-m-Band



Alle Kerne T106-17 von Micrometals

L1 = 1,65 μ H; 16 Windungen 1mm CuL

L2 = 2,0 μ H; 4 Windungen über den Kern verteilt, Anzapfung +12 Windungen = 16 Wdg 1mm CuL

L3 = 1,65 μ H; 16 Windungen 1mm CuL

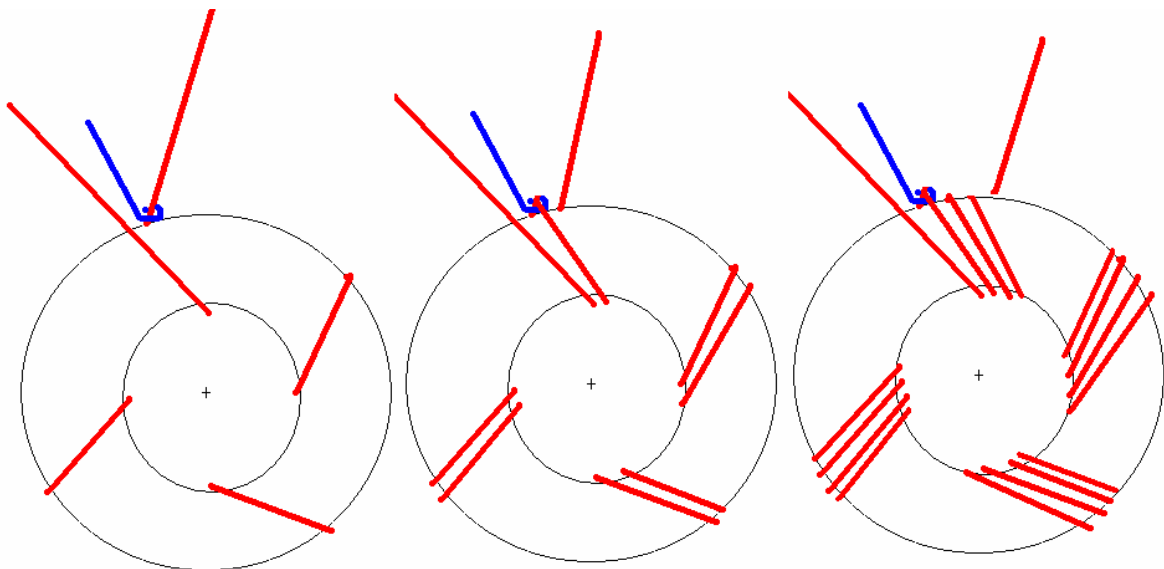
C1 = 47 pF

C2 = 39 pF

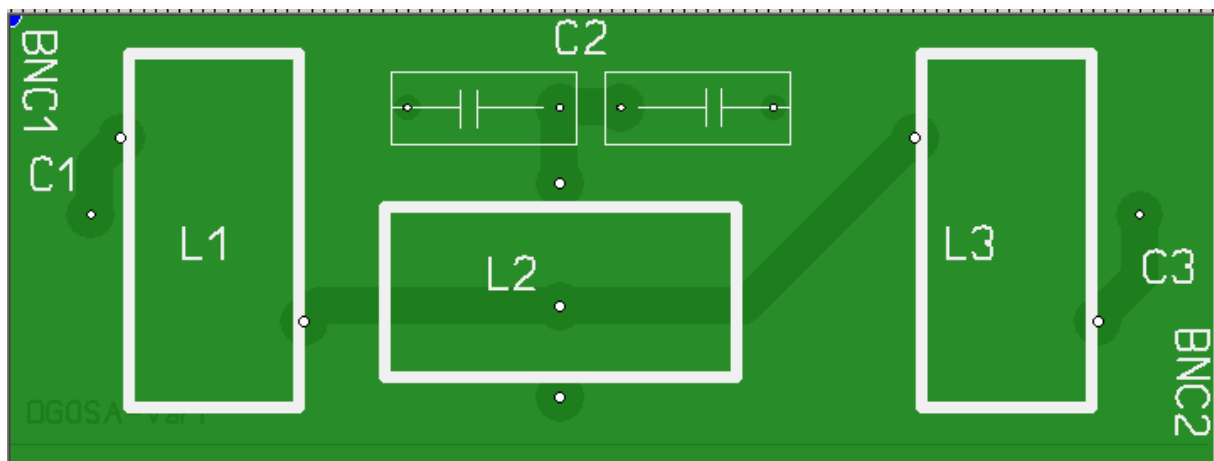
C3 = 47 pF

Resonanzfrequenzen

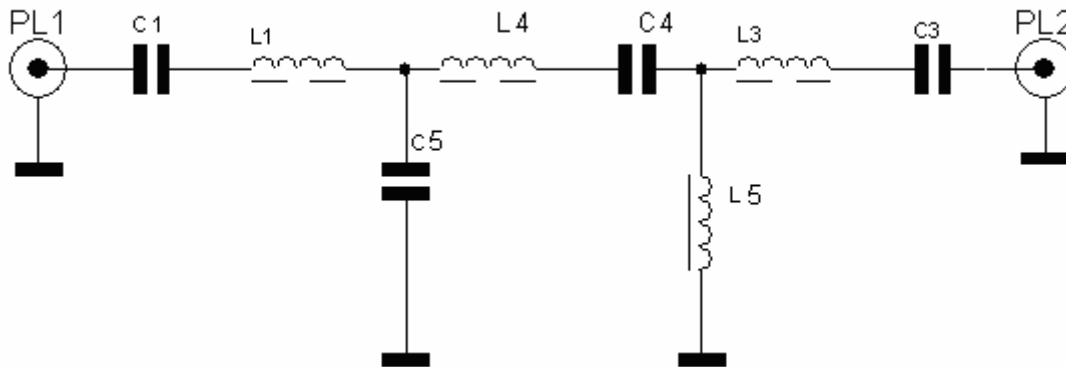
18,1 MHz für C1/L1, C2/L2, C3/L3



Wickle 4, dann Anzapfung, dann 12 Windungen, insgesamt 16

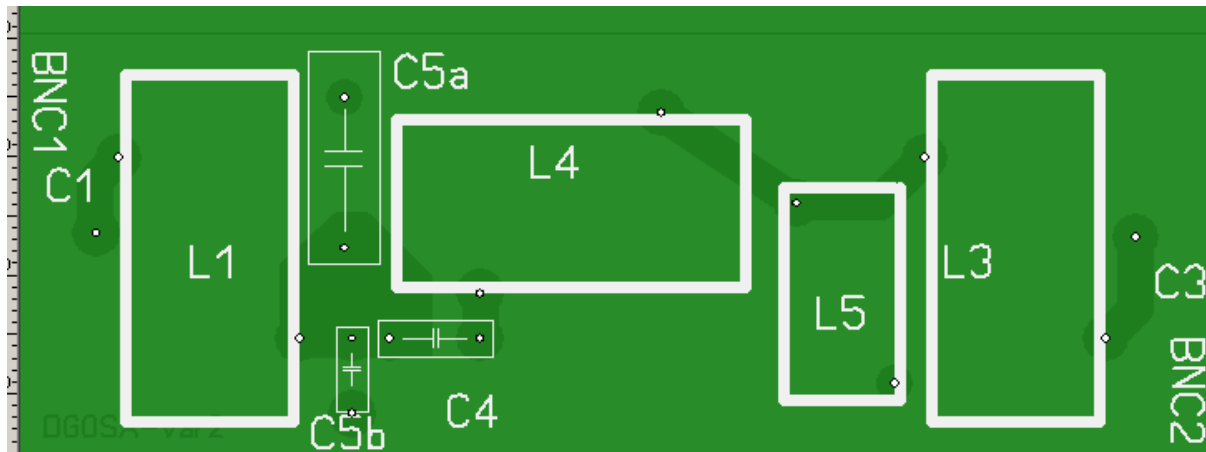


Filter für das 15-m-Band

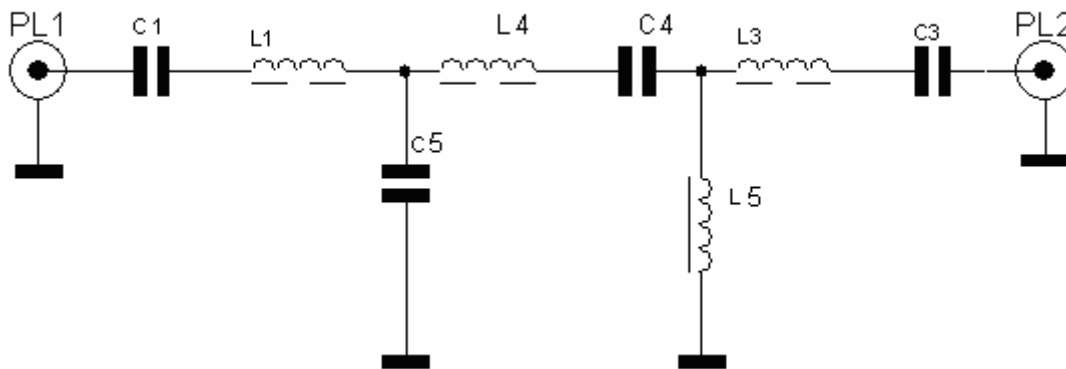


L1 = 1,44 μ H; 13 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
L3 = 1,2 μ H; 12 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
L4 = 1,2 μ H; 12 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
L5 = 0,31 μ H, 8 Windungen 1mm CuL auf T94-17 (gelb-blau)
C1 = 47 pF
C3 = 39 pF
C4 = 47 pF
C5 = 180 pF

Resonanzfrequenzen
19,37 MHz für C1/L1
23,26 MHz für C3/L3
21,23 MHz für C4/L4
21,23 MHz für C5/L5

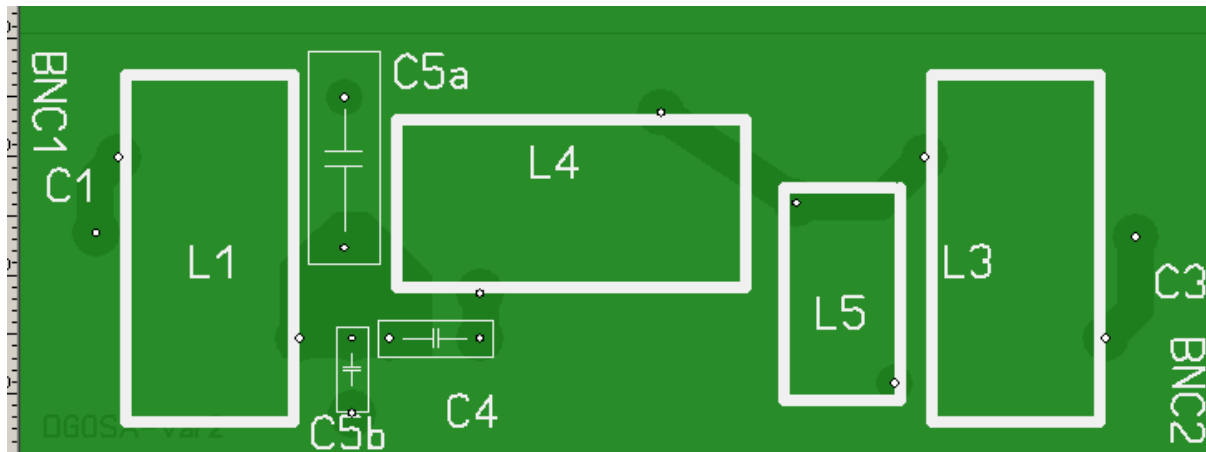


Filter für das 12-m-Band

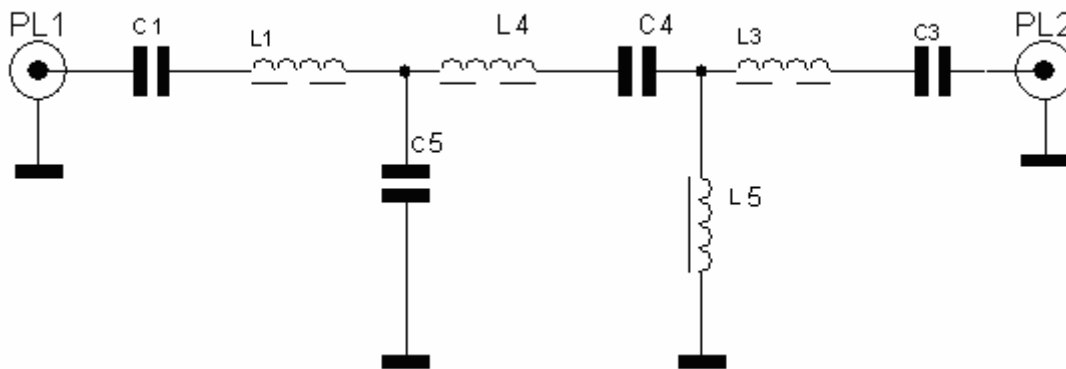


$L1 = 1,25 \mu\text{H}$; 13 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
 $L3 = 1,0 \mu\text{H}$; 12 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
 $L4 = 1,0 \mu\text{H}$; 12 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
 $L5 = 0,27 \mu\text{H}$, 7 Windungen 1mm CuL auf T94-17 (gelb-blau)
 $C1 = 39 \text{ pF}$
 $C3 = 33 \text{ pF}$
 $C4 = 39 \text{ pF}$
 $C5 = 120 \text{ pF} + 33 \text{ pF}$

Resonanzfrequenzen
 22,80 MHz für C1/L1
 27,43 MHz für C3/L3
 24,95 MHz für C4/L4
 24,95 MHz für C5/L5



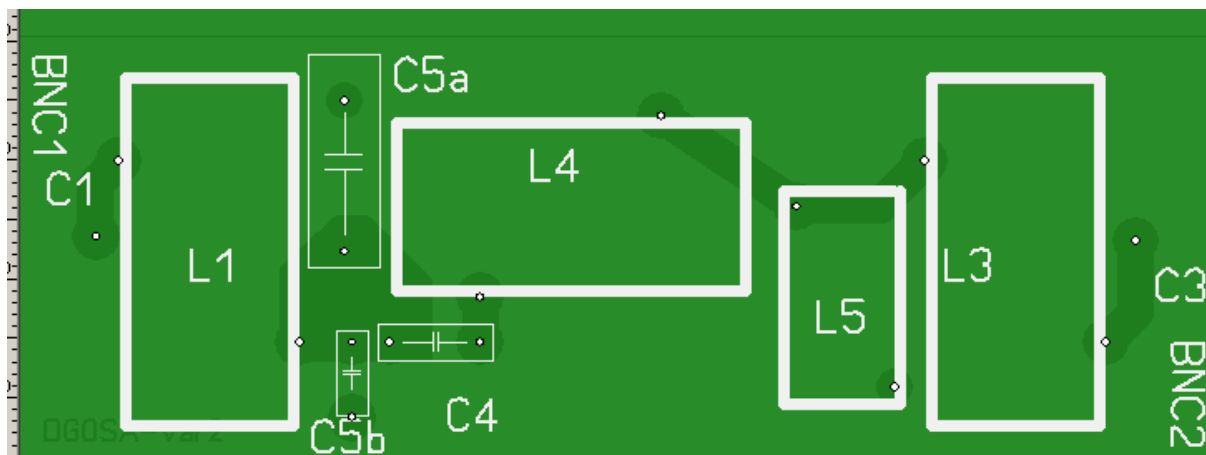
Filter für das 10-m-Band



L1 = 1,1 μ H; 12 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
L3 = 0,94 μ H; 11 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
L4 = 0,94 μ H; 11 Windungen 1mm CuL auf T106-17 (gelb-blau)
L5 = 0,24 μ H, 6 Windungen 1mm CuAg Luftspule 10 mm Durchmesser, 12-15 mm lang

C1 = 33 pF
C3 = 27 pF
C4 = 33 pF
C5 = 82 pF + 47 pF

Resonanzfrequenzen
26,18 MHz für C1/L1
31,44 MHz für C3/L3
28,70 MHz für C4/L4
28,70 MHz für C5/L5



5. Zum Abschluss

Erstmals kamen die Filter im Sommer 2005 beim Leuchtturm Darsser Ort zum Einsatz. Das 40-m-Bandpass-Filter ging entzwei, weil es vorschriftswidrig hinter dem Antennentuner betrieben wurde. Vermutlich war ein Kondensator durchgeschlagen. Es wurde komplett ausgetauscht. Mit dem Einsatz der Filter war der Mehrbandbetrieb an einem Standort möglich. Inzwischen sind Filtersätze bei weiteren Contestgruppen in Betrieb. Die Bauanleitung auf meiner „website“ enthält die leichter erhältlichen roten und gelben Kerne, da gibt es jedoch die Möglichkeit, dass bei 100 Watt die Filter etwas wärmer werden. Das 17-er Material eignet sich besser. Lediglich bei 160m sind rote und gelbe Kerne gut, zum Teil auch für 80m.

DG0SA
Wolfgang Wippermann
Lerchenweg 10
18311 Ribnitz-Damgarten

Tel. 03821 721578
Fax: 03821 721580
e-mail: WWippermann@t-online.de
Web: www.wolfgang-wippermann.de

Leiterplattenlayout:

