

# Anleitung zum Bau von Bandpässen

## Inhaltsverzeichnis

- 1 Güte Q der verwendeten Spulen bestimmen..... 1
  - 1.1 VNWA: S11-Messung..... 1
  - 1.2 VNWA: Parallelschwingkreis und S21-Messung..... 2
- 2 Filter entwerfen..... 3
  - 2.1 Filter entwerfen mit dem Programm ELSI ..... 3
- 3 Filter aufbauen und abstimmen ..... 6
  - 3.1 Filter entwerfen mit Excel-Sheet von Horst dj6ev..... 7
- 4 Gute Links ..... 7

In diesem kleinen Dokument beschreibe ich wie die Güte einer Spule bestimmt und wie ein Bandpass entworfen und abgestimmt werden kann. Auch wenn bei einem Filter der Ordnung 2 ein Filter sehr einfach durch intelligentes Probieren abgestimmt werden kann, stelle ich die Abstimmethode durch Time-Domain vor, mit der man quasi in ein Filter hineinmessen und die Einflüsse der einzelnen Bauteile sichtbar machen kann.

Kleiner Hinweis am Rande: Wenn sich die VNWA Hilfe-Datei unter Win7 nicht anzeigen lässt, findet ihr hier Abhilfe: <https://www.microsoft.com/de-de/download/details.aspx?id=91>

## 1 Güte Q der verwendeten Spulen bestimmen

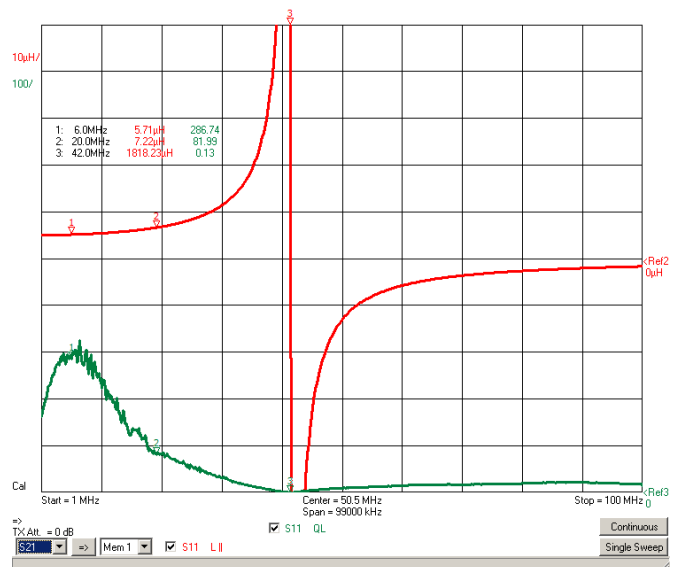
In diesem kleinen Kapitel skizziere ich wie die Güte von Induktivitäten bestimmt werden kann.

Als kleine Übung verwende ich einen T50-6 Ringkern mit 1uH. Ringkerne lassen sich leicht mit dem Programm „Mini-Ringkernrechner“ berechnen: <http://www.dl0hst.de/mini-ringkern-rechner.htm>

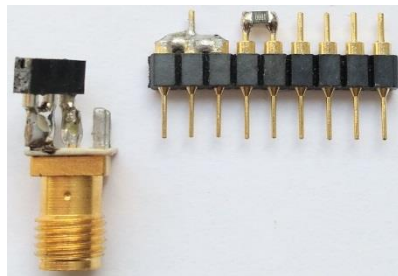
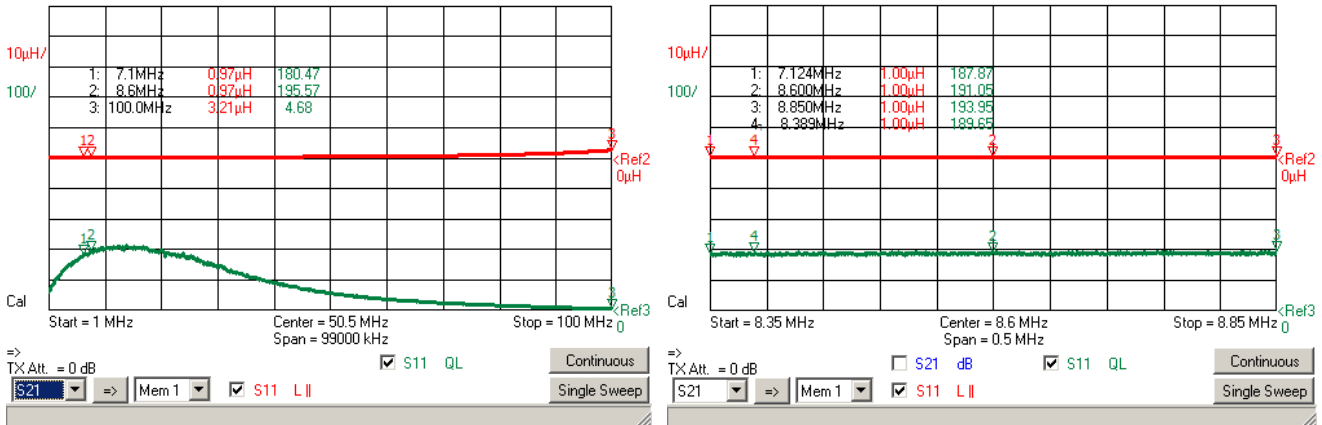
Erfahrungsgemäß zeigt das Programm immer einen Wert für die Anzahl der Windungen an, die um ein oder zwei Windungen zu hoch liegt. Ein Ringkern T50-6 wird dann also mit 14 Windungen 0,4mm-CU bewickelt. Mit einem frisch kalibrierten VNWA wird dann eine S11 Messung durchgeführt. Im Diagramm lassen wir uns die Induktivität (L II) und die Güte (QL) anzeigen. Gemessen wird im Frequenzbereich 1-100MHz mit 600 Punkten mit einer frischen Kalibrierung und einer längeren Sweep-Dauer.

### 1.1 VNWA: S11-Messung

Über eine S11-Messung und Anzeigen von QL kann direkt die Güte einer Induktivität gemessen werden. Das Bild zeigt eine zufällig in meiner Bastelkiste gefundenen und bewickelten Ringkern T68-6. Sehr schön ist zu erkennen, wie sich die Induktivität mit der Frequenz ändert. Bei rund 40 MHz liegt die Eigenresonanz der Spule, die dann mit der Streukapazität einen Schwingkreis bildet, der dann in Resonanz gerät. Die grüne Kurve zeigt wie sich die Güte über der Frequenz ändert. Für Filter muss also die Güte für die Maschenfrequenz des Filters bestimmt werden, damit eine Simulation korrekte Werte liefern kann.



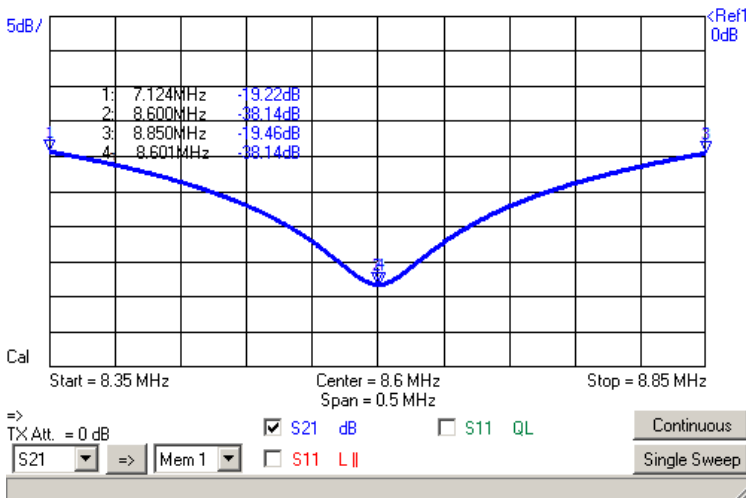
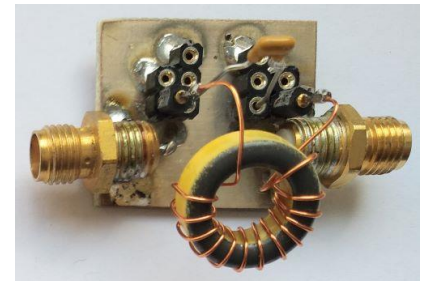
Hier noch das Beispiel einer 1 uH Spule, wie sie auch später bei dem Filter verwendet wird (T50-6 mit 14 Wdg.). Bei der Messung der Güte muss vor nach jeder Änderung eine neue Kalibrierung durchgeführt werden. Messungen der Güte sind auch immer mit einem gewissen Fehler verbunden. Auch wenn man sehr sorgfältig arbeitet rechnet man mit einem Fehler von rund 15%!



Das Bild zeigt meinen Messadapter für die S11 Messung und meine Kalibrierstücke. Für eine solche Kalibrierung wird ein idealer Kalibrierstandard eingeschaltet. (Nicht vergessen nach dieser Messung wieder auf den normalen Kalibrierstandard zurück zu schalten.)

### 1.2 VNWA: Parallelschwingkreis und S21-Messung

Wird eine Kapazität der Induktivität parallel geschaltet entsteht ein Parallelschwingkreis. Mit einer S21-Messung kann dann die Sperrdämpfung im Resonanzfall gemessen werden. Aus der Sperrtiefe lässt sich dann die Güte der Spule berechnen. Horst dj6ev hat hierzu ein kleines Programm geschrieben: <http://www.bartellos.de/dk7jb.php/l-c-guetemessung>



**L/C Gütemessung** DJ6EV

L/C-Gütemessung mit der "Notch"-Methode, wie sie im Buch "Experimental RF Design" (EMRFD) der ARRL in Kapitel 7.9 (Seiten 7.36-37) beschrieben ist

**Schwingkreis**

Parallelschaltung  Serienschaltung

**LC-Werte**

C in pF  L in uH

C: 342    L: 1.0

**Frequenz [kHz]** **Sperrtiefe [dB]** **Z [Ohm]**

8600    38.1    50

**Resultierende Kreisgüte Q-LC** **147**

Q-Cap 2000 → Spulengüte: **158**

Beide Messmethoden liefern Werte für die Güte von Q = 160 – 190. Diese Schwankungen sind normal. Die Realität wird dann vermutlich irgendwo in der Mitte liegen.

## 2 Filter entwerfen

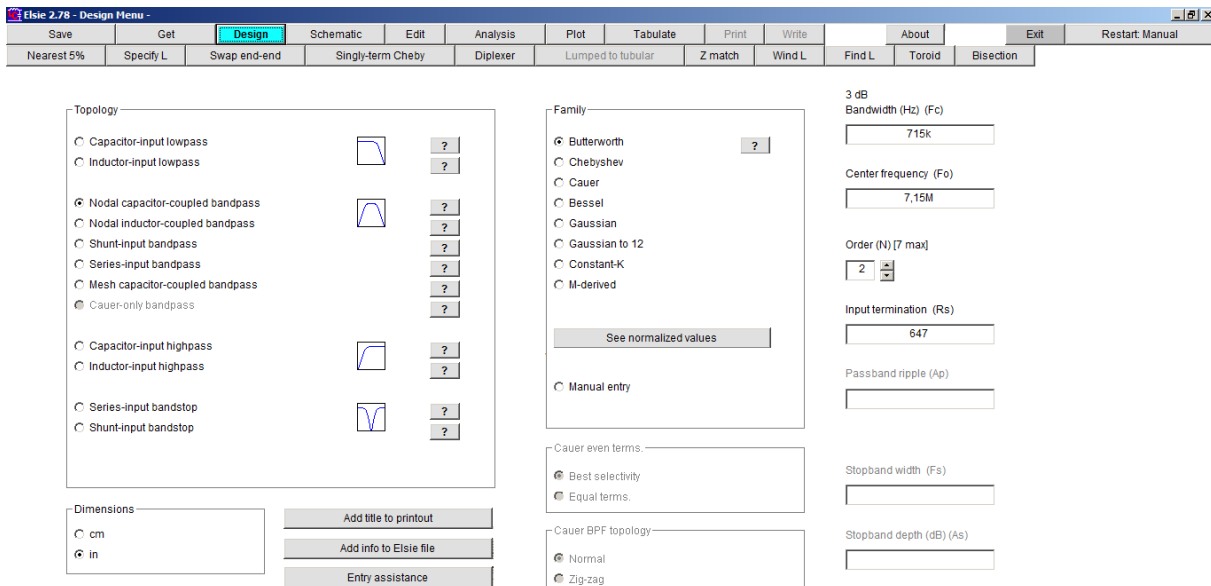
Hier beschreibe ich zwei Möglichkeiten zum Entwurf von Bandpässen. Die Dimensionierung des hier vorgestellten Filters lehnt sich an ein Beispiel aus der Hilfe-Datei des VNWA's an und soll die einzelnen Schritte vorstellen, die zum Entwurf notwendig sind. Reale Filter für das 40m-Band würde ich sonst immer mit mehr Polen entwerfen. Drei-polige Filter lassen sich auch noch sehr leicht abstimmen.

### 2.1 Filter entwerfen mit dem Programm ELSIE

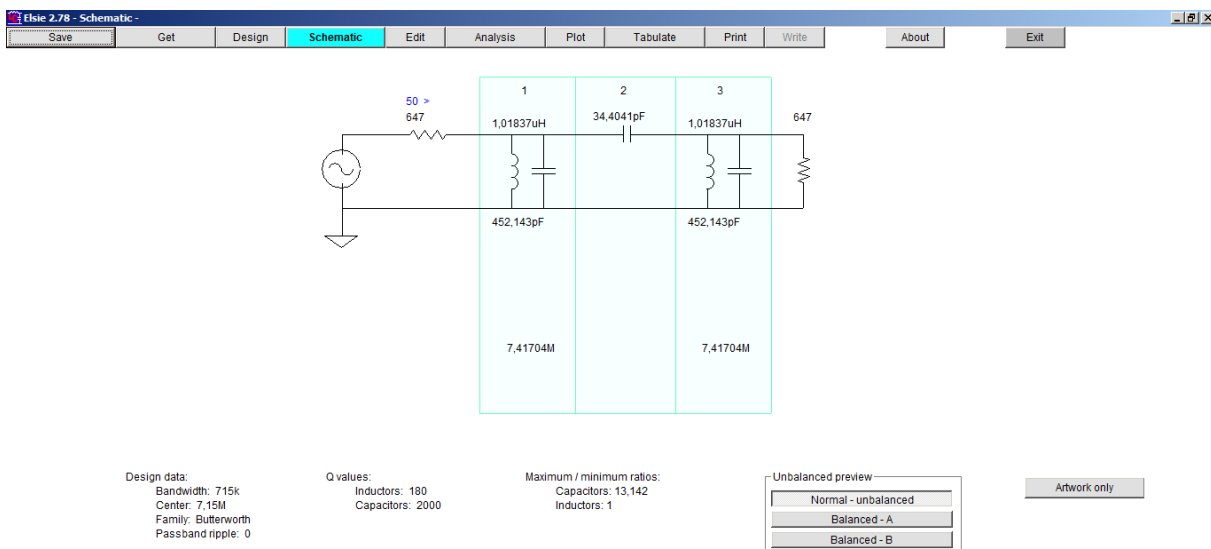
Verwendetes Filterberechnungs- und Simulationsprogramm ELSIE: <http://www.tonnesoftware.com>

Auf dieser Internetseite findet ihr noch andere sehr interessante Programme.

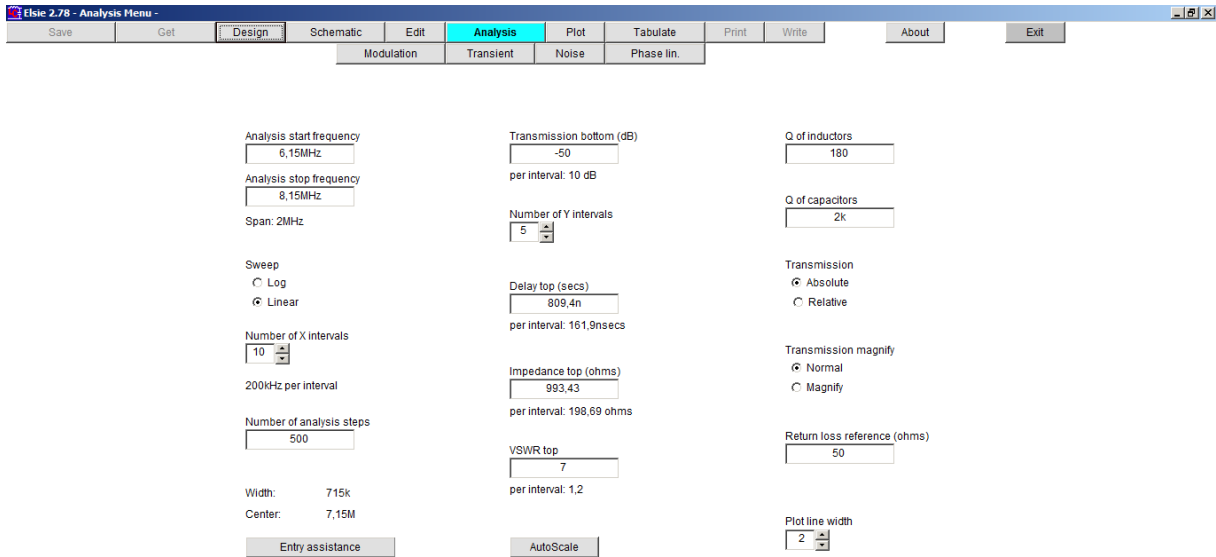
Es wird ein „Nodal capacitor coupled bandpass“ mit einer „Butterworth“ Filterform und mit einer Filtermitte von 7,15 MHz, einer 715 kHz Bandbreite und einer Ordnung von 2 gewählt. Dann wird mit der Filterimpedanz „Input termination“ so lange gespielt, bis die Werte aller Kapazitäten und Induktivitäten in einem sinnvollen Bereich liegen. In diesem Beispiel habe ich eine Filterimpedanz von 647 Ohm gewählt, da eine Induktivität von ca. 1 uH sich gut wickeln lässt. In einer späteren Entwurfsschritt erfolgt die nachträgliche Anpassung an die 50 Ohm Umgebung.



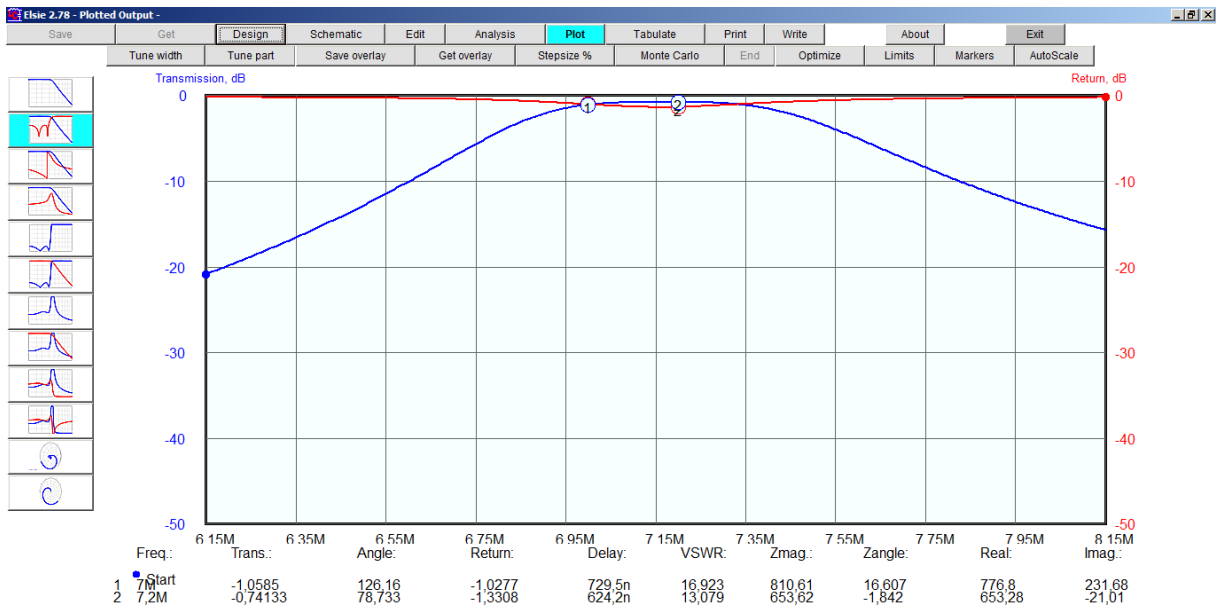
Das folgende Bild zeigt das Ergebnis des Entwurfs.



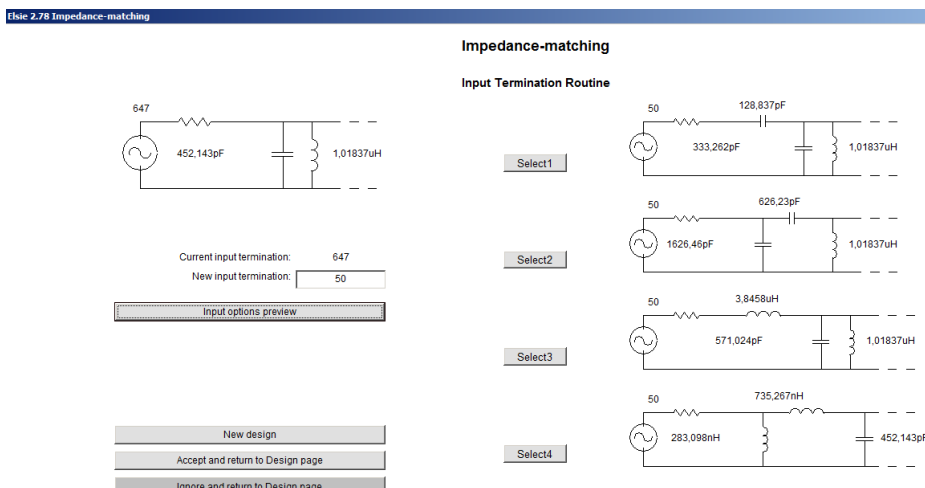
Dieses Bild zeigt die notwendigen Einstellungen für die richtige Einstellung der grafischen Darstellung und der späteren Erzeugung der S2P-Parameter:



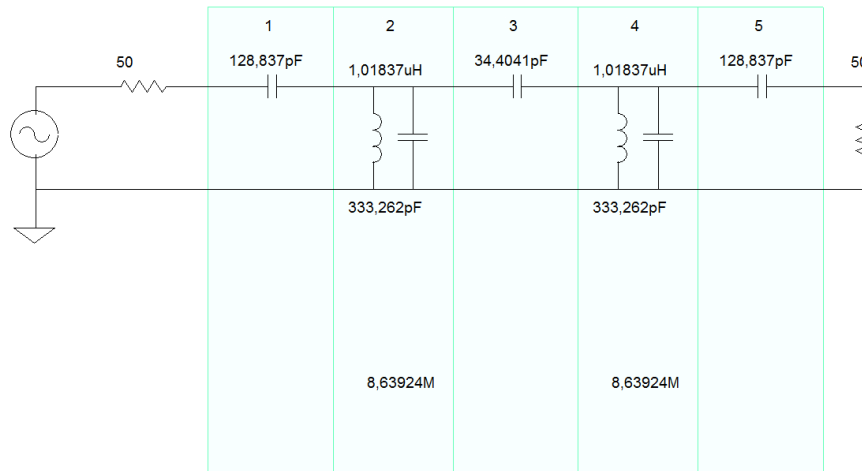
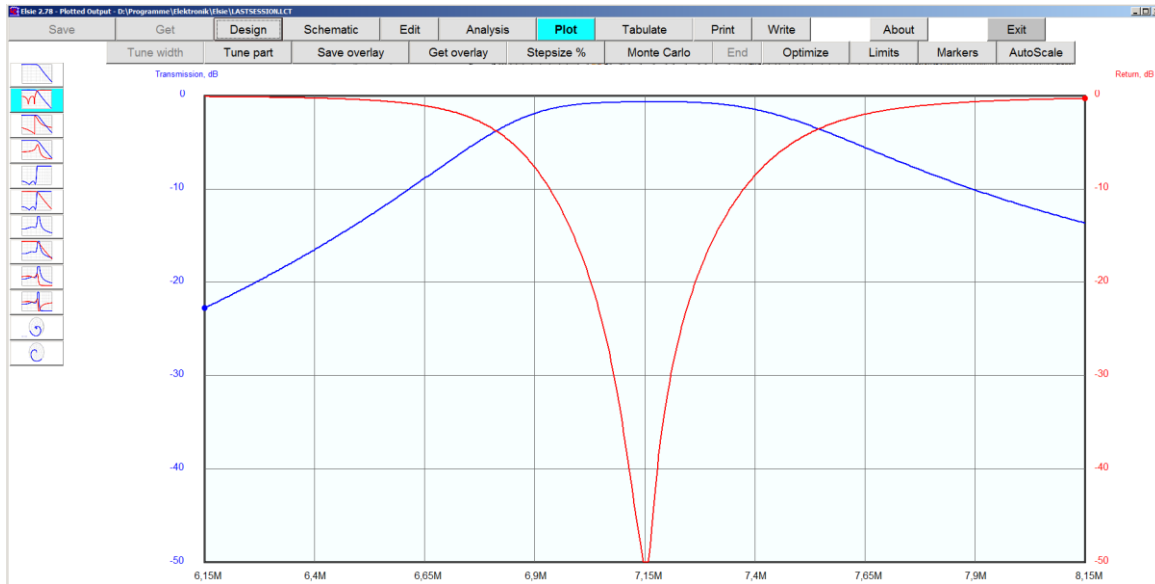
Hier nun das Ergebnis von unserem Entwurf. Es muss beachtet werden, dass zu diesem Zeitpunkt noch eine Impedanz-Fehlanpassung vorliegt.



Nun erfolgt die Impedanzanpassung des Filtereingangs- und Ausgangs von 647 Ohm nach 50 Ohm. Einfach in das „Design“-Fenster zurückgehen und dann „Z Match“ anklicken und den Eingaben folgen. Das folgende Bild zeigt nur das erste Fenster der Impedanzanpassungsroutine. Alles ist intuitiv.



Hier nun die für eine 50 Ohm-Umgebung angepasste Filterkurve:



Design data:  
 Bandwidth: 715k  
 Center: 7,15M  
 Family: Manual entry

Q values:  
 Inductors: 180  
 Capacitors: 2000

Maximum / minimum ratios:  
 Capacitors: 9,6867  
 Inductors: 1

Aus dem Plot-Fenster heraus kann ein S2P-File heraus geschrieben werden. Das S2P-File kann dann an die VNWA-Software übergeben werden und enthält alle notwendigen HF-Informationen über unseren Beispiel-Bandpass. Der Button „Write S\_parameter file“ anklicken und dem Elsie-Programm folgen.

**File-writing routine**

- 
- 
- 
- Some Software has no connection with LTSpice
- 
- 
- 
- 
-

**Choose SnP File Options**

- S2P [2-port]     S1P [1-port]
- DB [decibels]     MA [volts/volt]
- Hz     kHz     MHz     GHz
- Version 1.0     Version 2.0
- 
- 

Starting frequency: 6,15M  
 Ending frequency: 8,15M  
 Number of frequencies: 501  
 Linear sweep

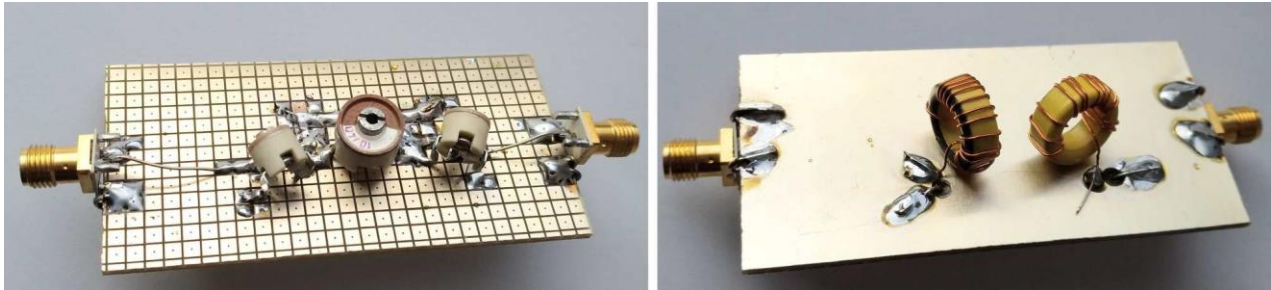
und dann

Das S2P-File kann nun mit der VNWA-Software eingelesen werden. (File – Import Data – S2P)

### 2.2 Filter aufbauen und abstimmen

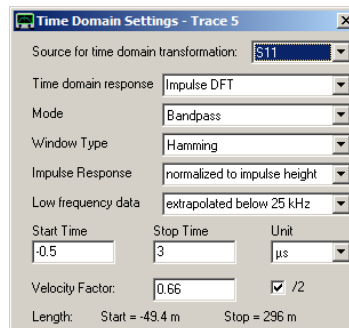
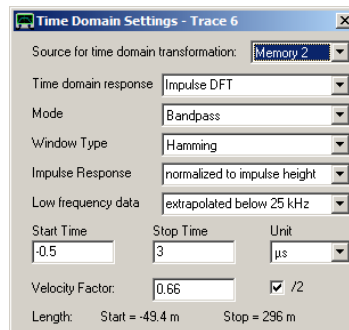
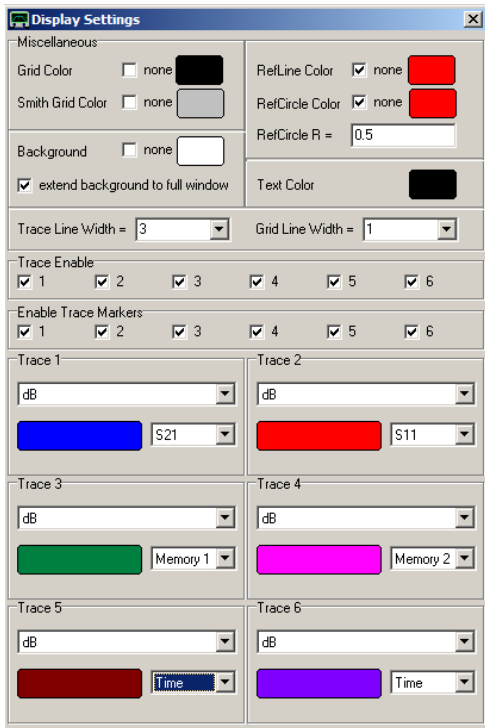
Der Filteraufbau von 2 oder 3-poligen Bandpässen wird einfach, wenn man die Kondensstoren auf 1% genau ausmisst und die Induktivitäten mit dem VNWA bei der Maschenfrequenz vermisst. Durch leichtes verschieben der Windungen auf dem Ringkern kann die gemessene Filterkurve der Simulation (vom Elsie Programm) angepasst werden. Bei Bedarf müssen die Koppelkondensatoren dann noch etwas angepasst werden. Dieses Verfahren geht eigentlich ganz einfach. Mit etwas Übung geht das alles eigentlich ganz einfach.

Mein Beispielfilter habe ich so aufgebaut, dass alle Längskondensatoren mit einem Trimmer versehen sind, so dann das Justieren geübt werden kann.

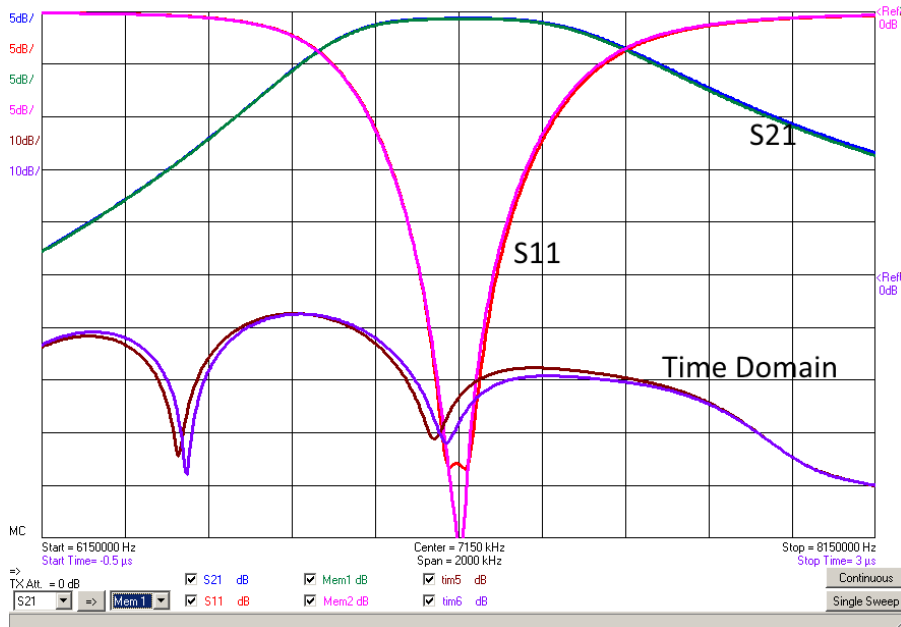


Als kleine Übung und als Ergänzung möchte ich an dieser Stelle noch eine weitere Möglichkeit vorstellen, die das intelligente und iterative Probieren ergänzen und beschleunigen kann. Mit der Time-Domain-Methode kann über eine S11 Messung in den Filter hineingemessen werden. Es wird so der Einfluss von jedem einzelnen Filterelement sichtbar. Beide Methoden der Filterabstimmung ergänzen sich.

Die kommenden Bilder zeigen die zusätzlich zu wählenden Einstellungen beim VNWA. Nachdem man die Display Settings eingestellt hat muss man im VNWA-Hauptfenster mit der Maus einen Doppelklick auf „tim5“ und „tim6“ (unten im Bild) ausführen um zu den Time-Domain-Settings für die angezeigten Kurven 5 und 6 gelangt.



Diese Bild zeigt nun die simulierten und die gemessenen Messkurven von dem hier untersuchten Bandpass. Es werden die S21, die S11 und die Time-Domain Kurven angezeigt. Für dieses Bild habe ich meinen Bandpass schon genau abgeglichen. Weitere Informationen zu den Time Domain Messungen und Einstellungen von Bandpässen entnehmt bitte der VNWA Hilfedatei in dem Kapitel „TUNING FILTERS IN TIME DOMAIN“.



In dem Diagramm werden die vorgesagten Filterdaten mit den Messkurven überlagert.

### 2.3 Filter entwerfen mit Excel-Sheet von Horst dj6ev

Horst dj6ev hat ein Excel-Sheet geschrieben, mit dem man sehr einfach drei- oder vierpolige Bandpässe entwerfen kann. Erklärungen findet ihr hier:

<http://www.bartelos.de/dk7jb.php/bandpaesse-horst-dj6ev>

Auch wenn diese Methode sich bei mir sehr bewährt hat, wird sie hier nicht weiter beschrieben. Folgt bitte einfach dem Link.

In dem Basteltagebuch zu meinem Selbstbauprojekt TRX2012 findet ihr im Bereich der Bandpässe viele zusätzliche Informationen und Beispiele:

<http://www.bartelos.de/dk7jb.php/selbstbau-trx-2012>

## 3 Gute Links

Auf meiner Homepage (DK7JB) findet ihr viele weitere Beispiele und Links: [www.bartelos.de](http://www.bartelos.de)

Z.B.: <http://www.bartelos.de/dk7jb.php/links-zum-vnwa>

Oder <http://www.bartelos.de/dk7jb.php/projekte/quarzfilter-und-bandfilter/>