KW-Drahtantennen

Inhalt	Seite
Endgespeiste Drahtantennen - resonante Drahtantenne - nicht resonante Drahtantenne	2
Resonante, abgestimmte Drahtantenne - Halbwellenantenne mit LC-Schwingkreis	3
Nicht resonante, verkürzte Drahtantenne - verkürzte Halbwellenantenne mit LC-Tuner	4
Resonante multiband Drahtantenne mit Transformator - "HyEndFed-Antenne" mit Ringkern-Impedanz-Transformator	5-6
Aufbau des Breitband Ferrit-Ringkernübertrager - "HyEndFed-Antenne" Rinkernübertrager, Aufbau und Wicklung	7
Verkürzte, resonante Multiband-Drahtantenne - verkürzte "HyEndFed-Antenne" mit Verlängerungsspule	8
Installation der Multi-Band "HyEndFed-Antenne" - Drahtantenne durch den Garten	9-11
Messung von Rückflußdämpfung, SWR und Bandbreite	12-16
Appendix	
Messung der Rückflußdämpfung mit SWR-Brücke	17
Beispiel: Messung der Rückflußdämpfung im 80m-Band Logarithmische und lineare Darstellung	18-20
Formeln	21
Tabelle für Reflexion, Rückflußdämpfung und SWR	22
Ergänzungen	23

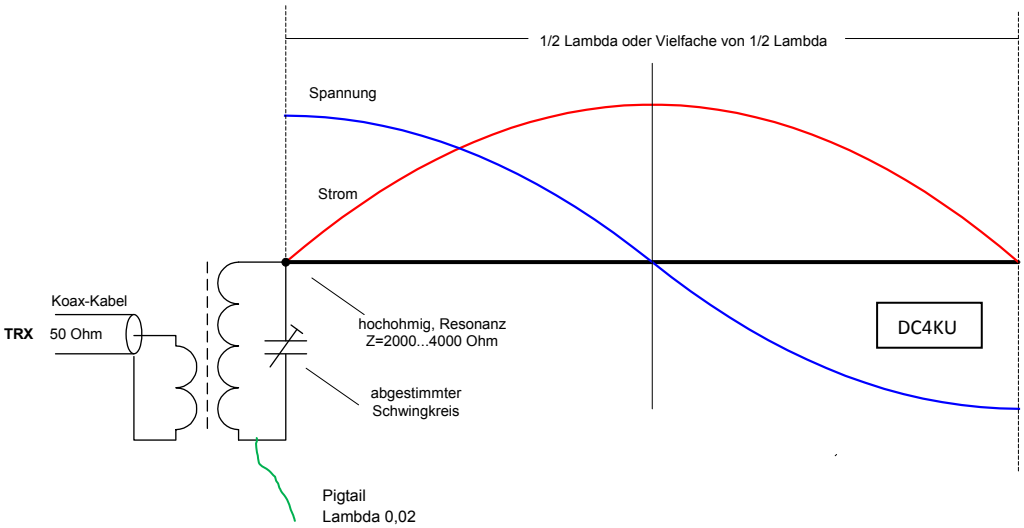
Endgespeiste Drahtantennen

Es gibt zwei Arten von endgespeisten Drahtantennen:

- **resonante Drahtantennen** der Länge von 1/2 Lambda (oder Vielfache davon) mit hochohmiger (3...4 kOhm) Spannungsspeisung, meist Monoband-Antennen, z.B. Fuchsantenne.
- **nicht resonanten Drahtantennen** der Länge ungleich 1/2 Lambda, die über eine MatchBox und/oder einem 1:9 UnUn an das Koax-Kabel (50 Ohm) und TRX (50 Ohm) angepasst werden.

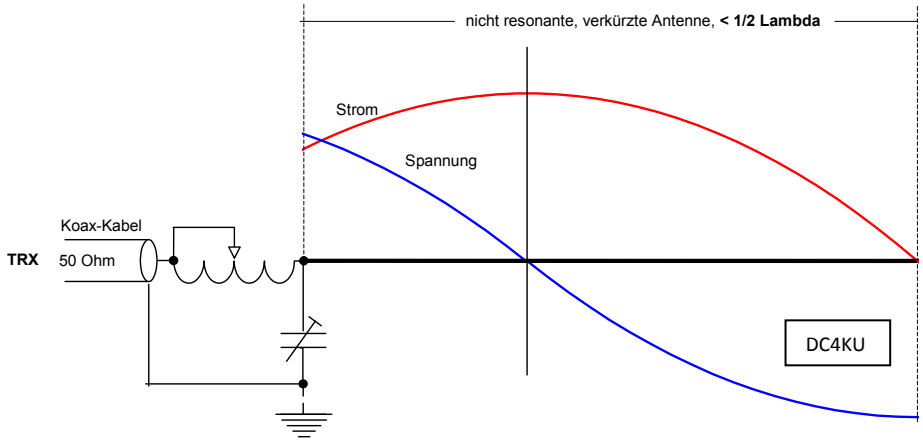
Schaltbeispiel zu resonanter Drahtantenne (Fuchs-Antenne)

- Ein abgestimmter Schwingkreis transformiert den hochohmigen Antennenanschluß auf 50 Ohm
- Der Fußpunkt der abgestimmten Antenne befindet sich im resonanten Zustand im Spannungsbauch (Zmax) und Stromknoten. Bei Abstimmung auf Resonanz keine Erdverbindung erforderlich.



Schaltbeispiel zu nicht resonanter Drahtantenne (verkürzte Drahtantenne)

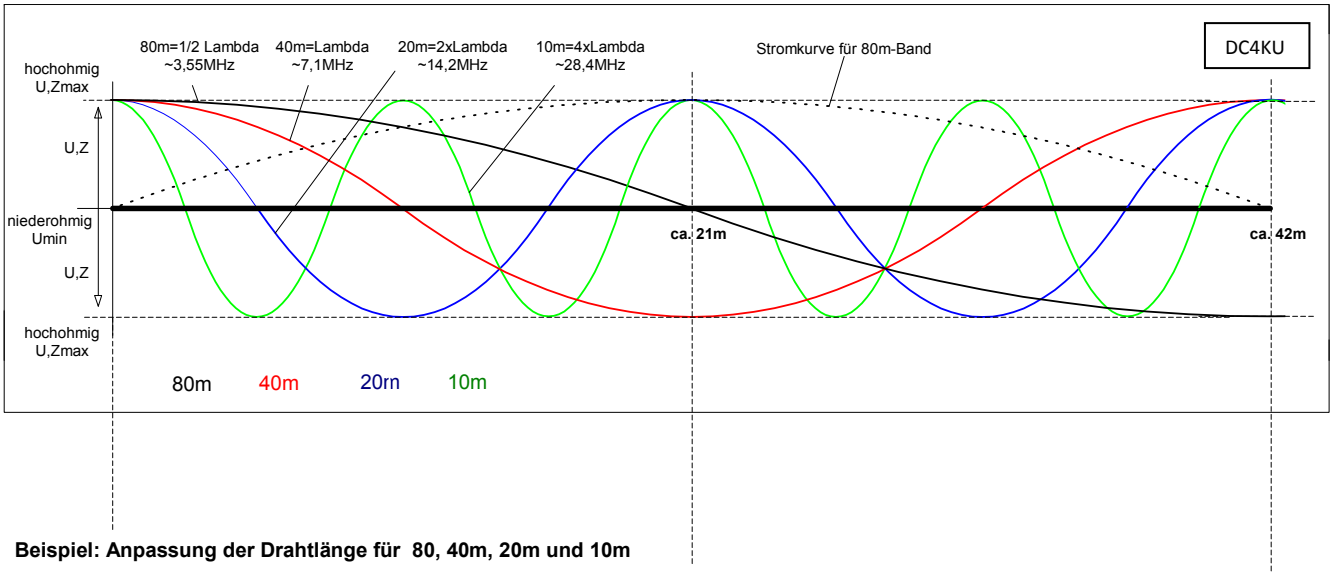
- Die verkürzte Antenne befindet sich außerhalb von Resonanz und die konjugiert komplexe Fußpunktimpedanz auf Werten von einigen 100 Ohm.
- Ein LC-Glied (Antennentuner) oder Matchbox transformiert die Impedanz der Antenne auf 50 Ohm.
- Wird die Drahtantenne auf 1/4 Lambda (Spannungsbauch oder Stromknoten) verkürzt, ist eine Anpassung nicht mehr möglich.
- Auf Erdung (Gegengewicht) achten. Mantelwellensperre auf Koaxkabel eventuell erforderlich.



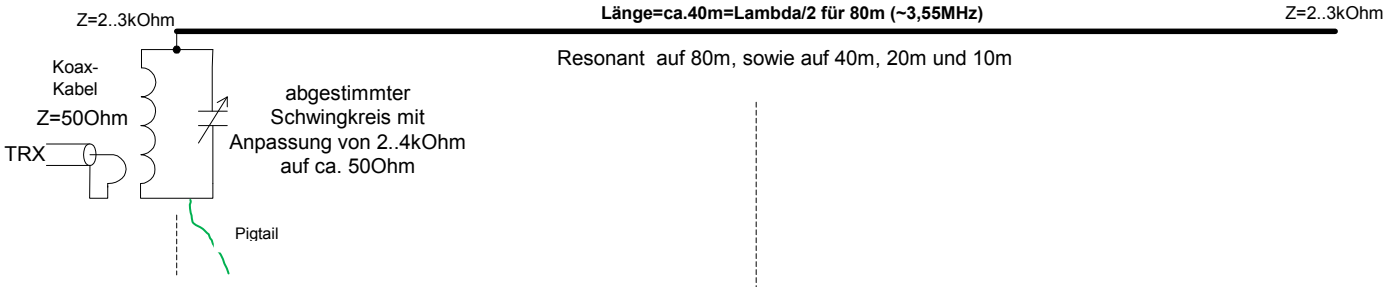
Resonante, abgestimmte Drahtantenne

Halbwellen-Antenne

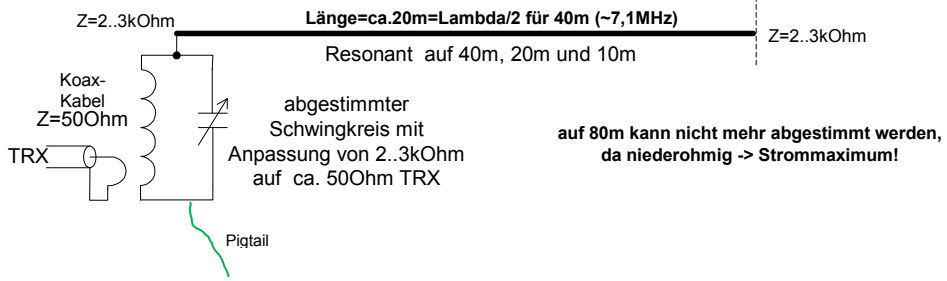
Wellenausbreitung auf resonanter Antenne, Spannungsverlauf der Wellenlänge 80, 40, 20 und 10m



Beispiel: Anpassung der Drahtlänge für 80, 40m, 20m und 10m



Beispiel: Anpassung der Drahtantenne für 40m, 20m und 10m



Eigenschaften:

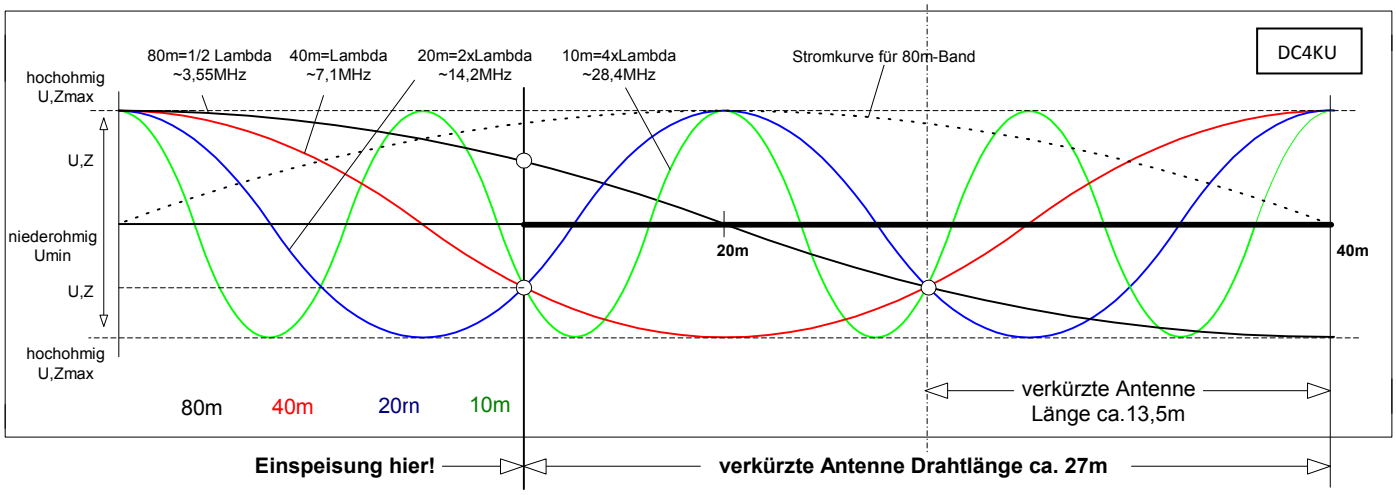
- Spannungsmaximum (Spannungsbauch=Stromknoten) am Speisepunkt und am offenen Ende der Antenne.
- Der Speisepunkt der Antenne ist hochohmig mit ca. 2..3kOhm, Spannungsspeisung
- Eine ca. 42m lange Drahtantenne (Bild oben) ist bei ca. 3,6MHz (1/2 Lambda) resonant. Weitere Resonanzen ergeben sich bei geradzahlig Vielfachen von 1/2 Lambda, bei Lambda, 2 Lambda, 4 Lambda, .. .
- Eine 21m lange Drahtantenne ist bei ca. 7,1MHz (1/2 Lambda) resonant, sowie im 20m-Band (Lambda) und 10m-Band (2 Lambda). Im 80m-Band ergibt sich ein Strommaximum und keine Spannungsresonanz, kein Abgleich möglich!
- Abhängig von der Drahtlänge, ist die Antenne als Multibandantenne oder Monobandantenne nutzbar:
  - Drahtlänge von ca. 42m: für 80-40m-20-10m Band.

- Drahtlänge von ca. 21m: für 40-20-10m Band
- Drahtlänge von ca. 10m: für 20-10m Band
- Drahtlänge von ca. 5m: für 10m Band

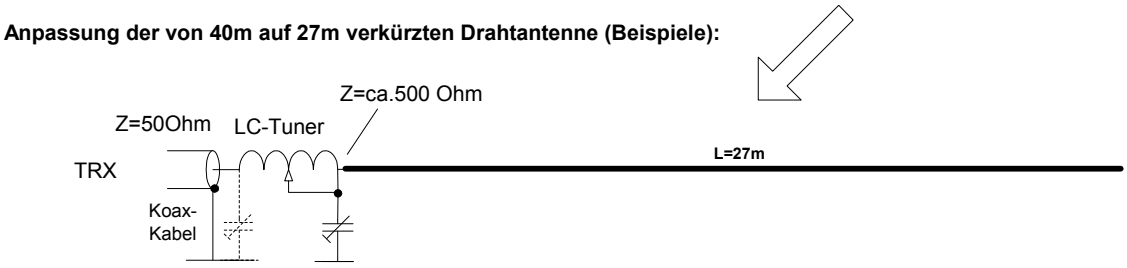
- Der Schwingkreis transformiert den hohen Widerstand der resonanten Antennenleitung von einigen kOhm verlustarm auf das 50 Ohm Koaxkabel und den 50 Ohm Eingangswiderstand des TRX
- Da sich die Antenne sehr hochohmig in Resonanz befindet, ist am Fußpunkt des Schwingkreises keine Erdung erforderlich. Wenn man den Fuchs-Kreis über eine Leitung erdet, bekommt man eine "strahlende" Erdverbindung, die TVI/BCI erzeugt kann. Stattdessen kann ein Pigtail (Radial) der Länge Lambda 0,05 als simples Gegengewicht verwendet werden, s. a. http://www.aa5tb.com/efha.html.

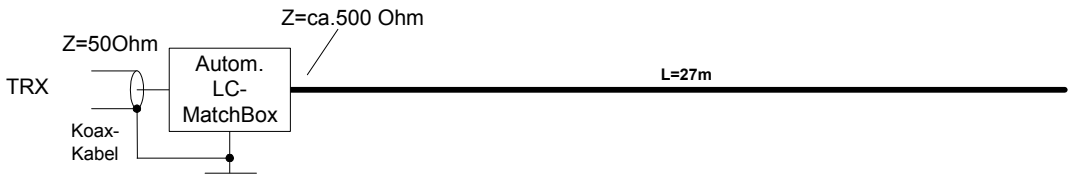
Nicht Resonante, verkürzte Drahtantenne

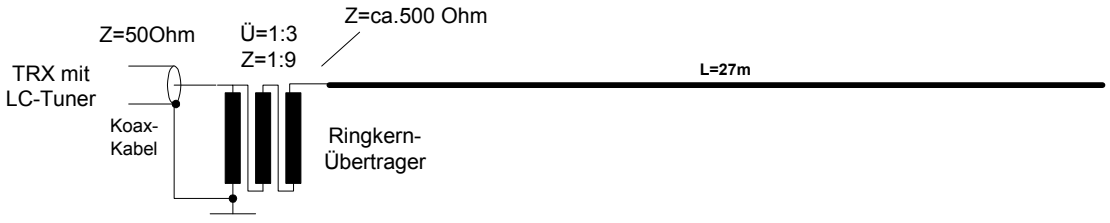
Wellenausbreitung auf der verkürzten Antenne, Spannungsverlauf der Wellenläge 80, 40, 20 und 10m:



Anpassung der von 40m auf 27m verkürzten Drahtantenne (Beispiele):







Eigenschaften:

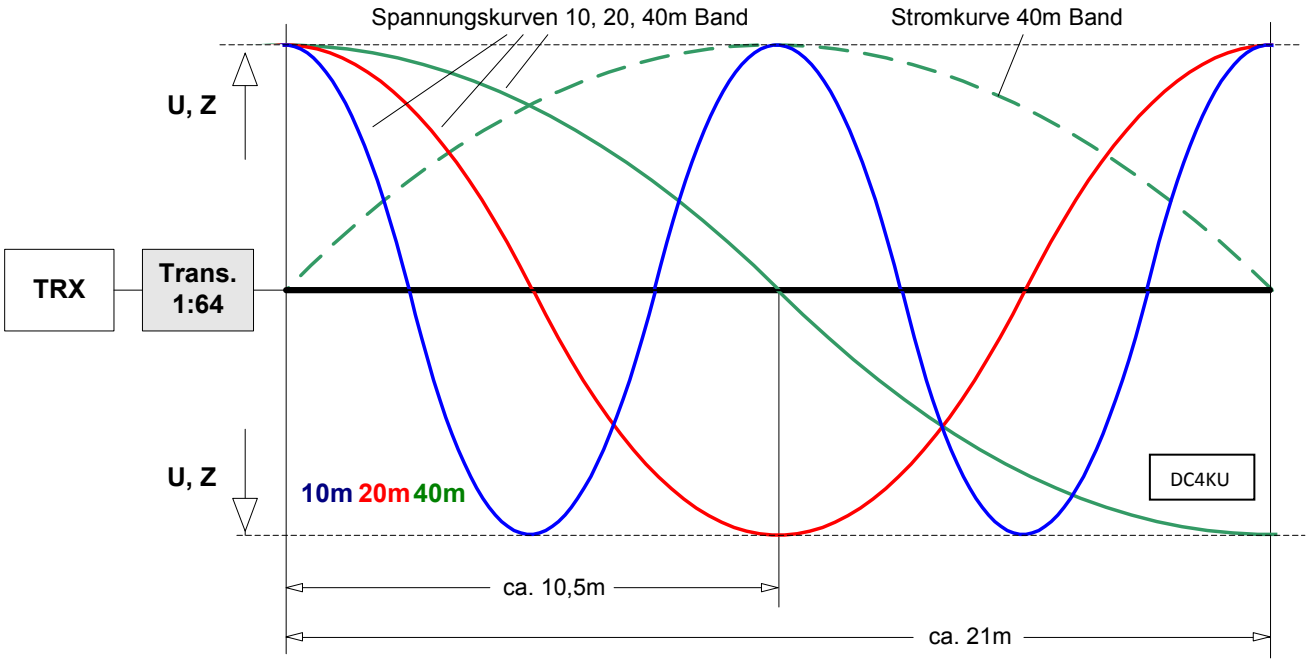
- Im Beispiel (Bild oben) wird die Spannungsverlauf von 80, 40, 20 und 10m auf einer ca. 42m langen Drahtantenne gezeigt. Die Kurven zeigen einen gemeinsamen Schnittpunkt (s. Markierungspunkte) bei ca. 27m und 13,5m. Diese Drahtlängen wären z.B. für eine verkürzte Antenne gut nutzbar.
- Wenn man am Spannungsbauch eine Impedanz von z.B. 1kOhm ansetzt, dann beträgt die Impedanz im gemeinsamen Schnittpunkt aller Kurven bei 27m Drahtlänge ca. Z=500 Ohm. Die Antenne befindet sich an dieser Stelle jedoch nicht in Resonanz, der Fußpunktwiderstand ist mittelohmig und konjugiert komplex.
- Die verkürzte Drahtlänge entspricht bei keiner Betriebsfrequenz der Wellenlänge 1/2 Lambda oder vielfachen davon, d.h. die Speisung der Antenne erfolgt bei keiner Betriebsfrequenz im Spannungsbauch.

Anpassung der verkürzten Drahtantenne:

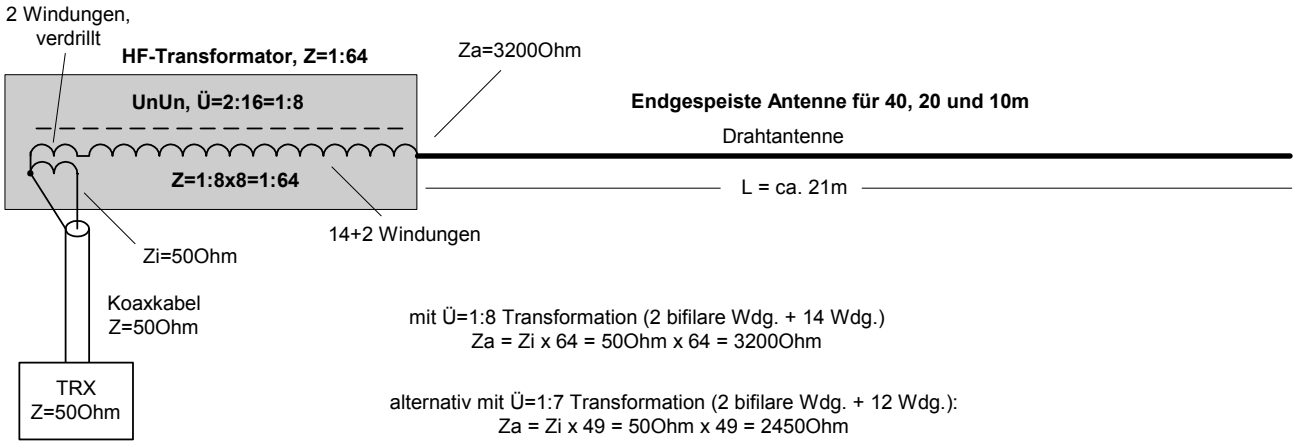
- Impedanzen von einigen hundert Ohm können mit Hilfe eines **LC-Tuners** oder **autom. Matchbox** auf 50 Ohm angepasst (transformiert) werden. Die Drahtantenne kann auch auf andere Längen gekürzt werden, nur nicht auf Längen von 1/4 Lambda der Betriebsfrequenz, da hier ein Spannungs- oder Strommaximum liegt und die Abstimmung mit einem Tuner schwierig wird.
- Eine Sonderform bildet der breitbandige Übertrager **"Balun 1:9 UnUn"** (sog. magnetischer Balun), der jede Impedanz der Antenne im Verhältnis Z=1:9 (Spannungen Ü=3:1) transformiert, d.h. von 50 Ohm auf 450 Ohm. Dadurch werden auftretende Impedanzen im Bereich von ca. 300...600Ohm "mittelmäßig" an 50 Ohm angepasst. Ein 1:9 UnUn kann niemals alle Bänder genau auf 50 Ohm transformieren. Die Feinabstimmung erfolgt mit Hilfe des nachfolgenden LC-Tuners im Transceiver.
- Erdleitung wichtig! Bei verkürzten Antennen muss auf eine wirksame Erdleitung geachtet werden. Die HF-Energie sucht ein Gegengewicht. Die Erdleitung oder der Mantel der Koaxleitung strahlt. Eine zusätzliche Mantelwellensperre kann erforderlich sein.

Endgespeiste, resonante Multiband-Drahtantenne mit Transformator Z=1:64

"HyEndFed-Antenna" von Rob Maas, PA3EKE und Ron Kuijl, PA3RK



Anpassung der endgespeisten Dreiband-Drahtantenne mit einem Z=1:64 Transformator



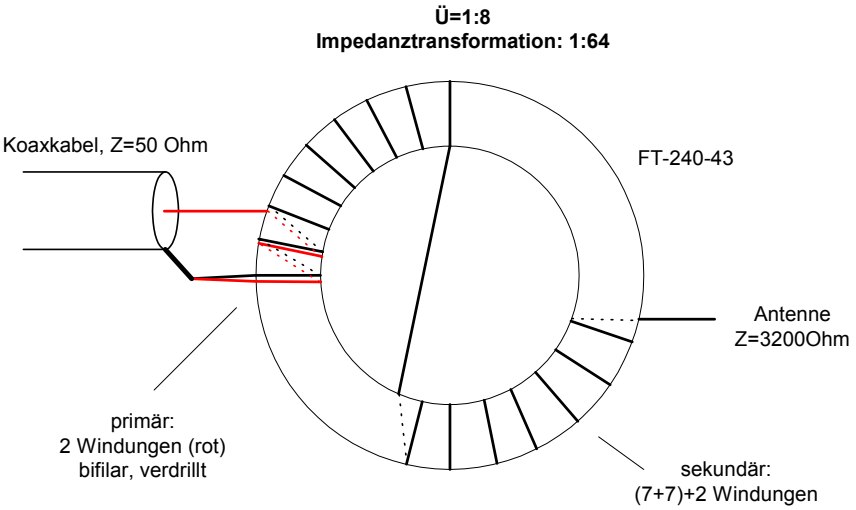
Eigenschaften:

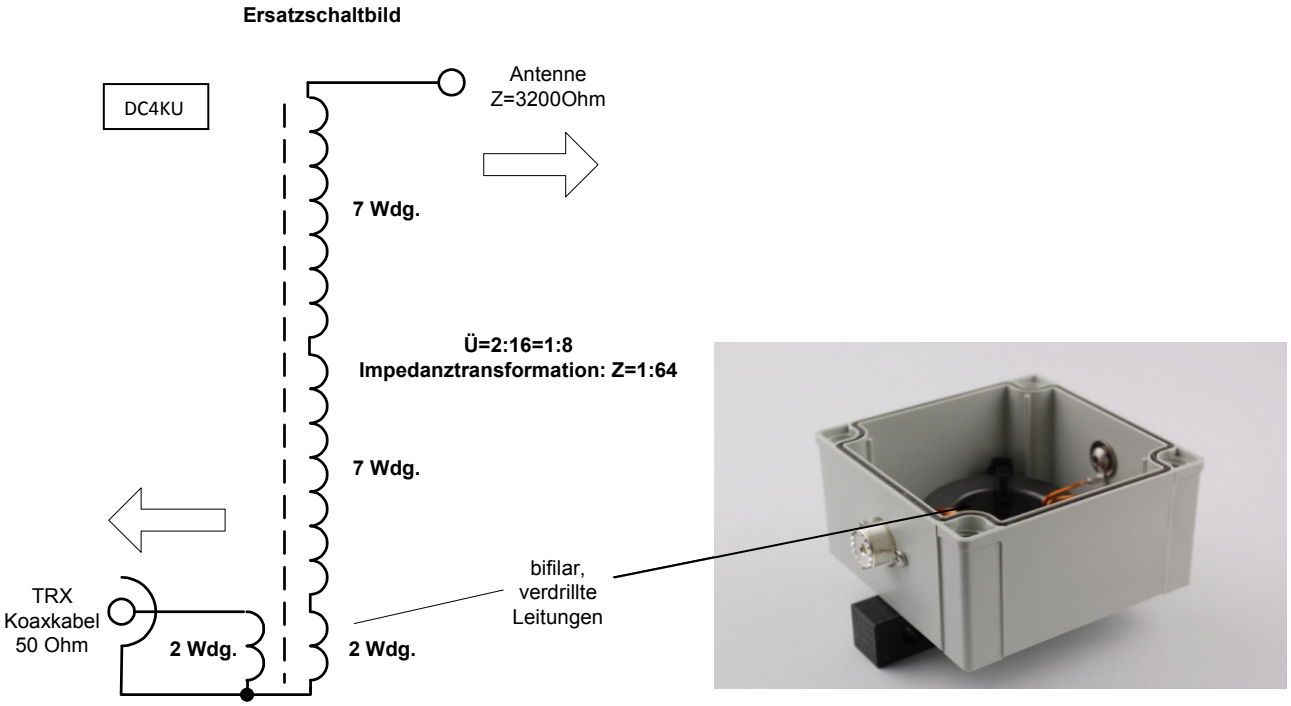
- Diese Drahtantenne arbeitet in Resonanz auf 40, 20 und 10m. Die Wellenausbreitung beginnt und endet in einem Spannungsbauch.
- Die Dreiband-Drahtantenne mit einer Länge von ca. 21m arbeitet auf 40m als Halbwellenstrahler, auf 20m als Ganzwellenstrahler und auf 10m auf 2 Lambda. Die Antenne ist auf allen drei Bändern im Speisepunkt hochohmig (Spannungsbauch) und damit resonant. Bei einer Drahtlänge von nur ca. 10,5m ergibt sich Resonanz für 10 und 20m.
- Ein breitbandiger Ferrit-Ringkerntransformator (FT 240-43) transformiert UnUn (unsymmetrisch auf unsymmetrisch) die hochohmige Antennenimpedanz von ca. 3200 Ohm auf die 50 Ohm Impedanz von Koaxkabel und TRX.
- Der Transformator arbeitet schlicht und einfach als ein Trafo in Sparschaltung mit einem Spannungs-Übersetzungsverhältnis von 1:8 was einem Impedanzverhältnis von 1:64 ergibt (optional mit Ü=1:7 -> Z=1:49 -> 50 Ohm:2450 Ohm).
- Die Antenne funktioniert ohne weitere Abstimmung über eine Matchbox für Monoband- oder Multiband-Betrieb.
- Im Gegensatz zum "1:9 Balun" funktioniert die Antenne nur auf resonanten Antennenlängen, bei 1/2 Lambda und geradzahligen Vielfachen davon: 1/2 Lambda, Lambda, 2 Lambda, 4 Lambda, ...
- Beim Senden herrschen an den beiden Dipolenden hohe Spannungen, da Speisepunkt und freies Ende beide einen Spannungsbauch aufweisen. Hier sollten entsprechende Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Die gestrichelte Linie im Bild oben zeigt als Beispiel die Stromkurve im 40m Band.
- Erdung: Die Antenne besitzt standardmäßig im Fußpunkt kein Gegengewicht. Obwohl der Stromfluß sehr gering ist, können stehende Wellen auf dem Koaxkabel auftreten. Dieser Effekt ist auch abhängig von der Länge des Koaxkabels. Um Transformationseffekte auszuschließen sollte die Koaxleitung eine Länge von Lambda/ x V x n besitzen. Falls die HyEndFed-Antenne Störungen verursacht, kann eine Mantelwellensperre (Strombalun) helfen, die zwischen dem Ende des Koaxkabel und Eingang des Transformators eingefügt wird und dadurch die Ausgleichsströme auf ein Minimum reduziert. Anschließend braucht die Antenne am Fußpunkt aber ein definiertes Gegengewicht. Das Gegengewicht braucht jedoch nicht die Qualität einer stromgespeisten Antenne zu haben, ein Pigtail der Länge Lambda 0,05 reicht schon aus. Bei einem Gartenzaun oder Balkongeländer als Gegengewicht sollte man vorsichtig sein, weil diese Metallteile als Antenne mitwirken (Home Made Noise).

Vorteile: - keine Matchbox (LC-Filter) zur weiteren Anpassung erforderlich
- einfache und schnelle Installation

Aufbau des Ferrit-Ringkernübertragers - "Magic Box"

"HyEndFed-Antenna" von Rob Maas, PA3EKE und Ron Kuijl, PA3RK



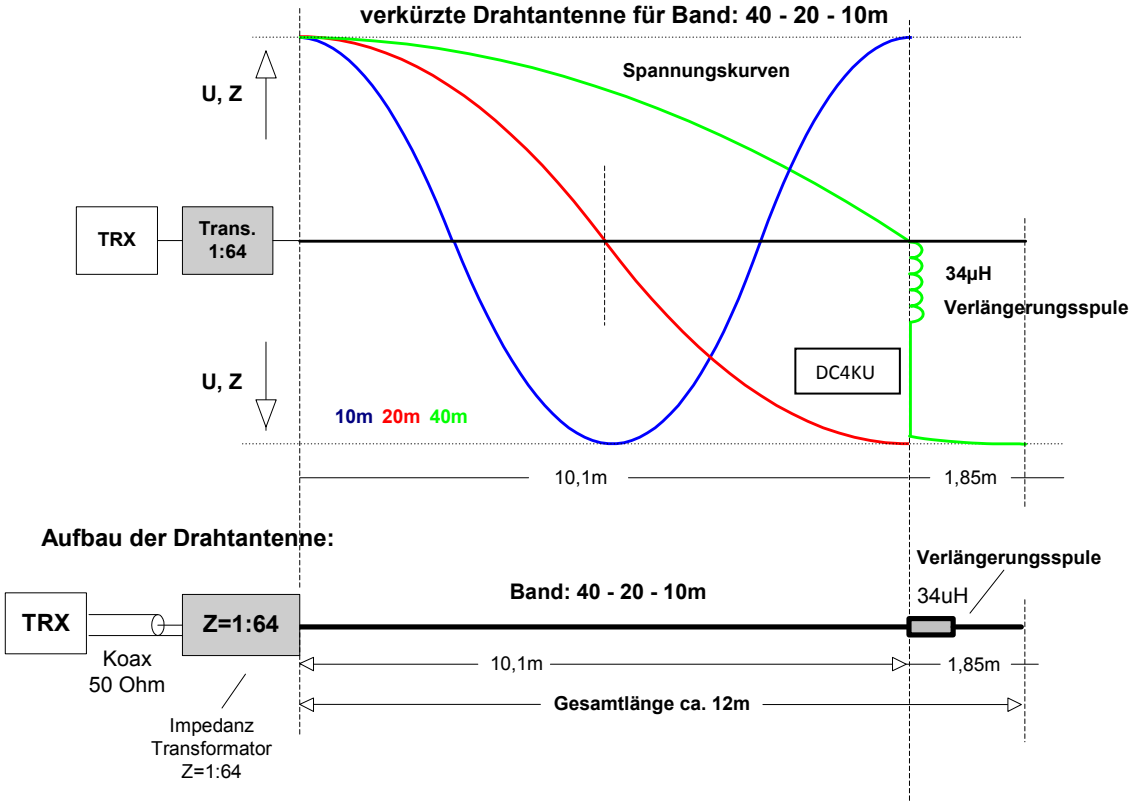


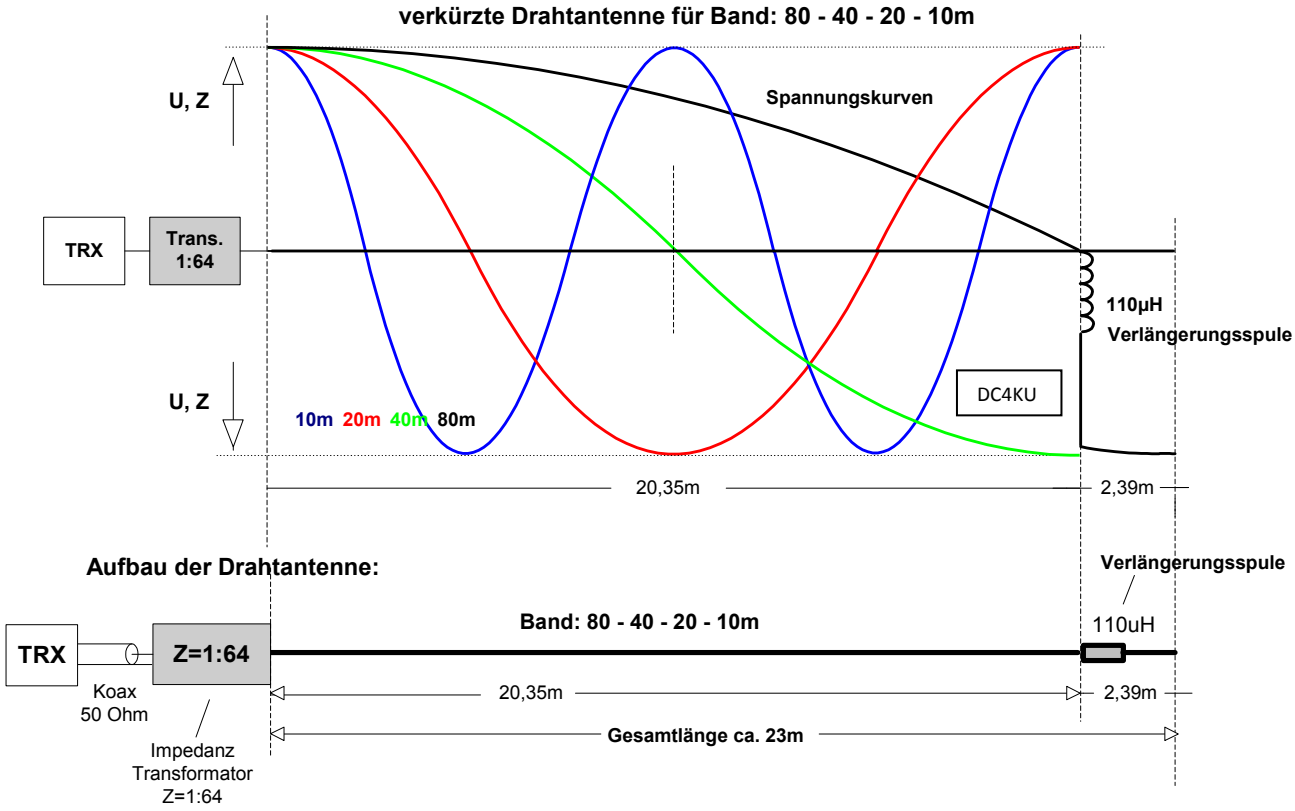
Eigenschaften:

- Der Breitband-Ferrit-Ringkerntransformator FT 240-43 transformiert mit Ü=2:16=1:8 und Z=1:64 --> 50Ohm auf 3200Ohm.
- Alternativ gibt es auch Breitbandübertrager mit dem Windungsverhältnis Ü=2: (7+7+2) = 2/16 = 1/8 und Z=1:49 --> 50Ohm auf 2450Ohm. Hier sollte man testen, welches Windungsverhältnis die besten Ergebnisse bringt.
- Anpassnetzwerk (Matchbox) wird nicht benötigt.

Verkürzte, resonante Multiband-Drahtantenne mit Verlängerungsspule

"HyEndFed-Antenna" von Rob Maas, PA3EKE und Ron Kuijl, PA3RK

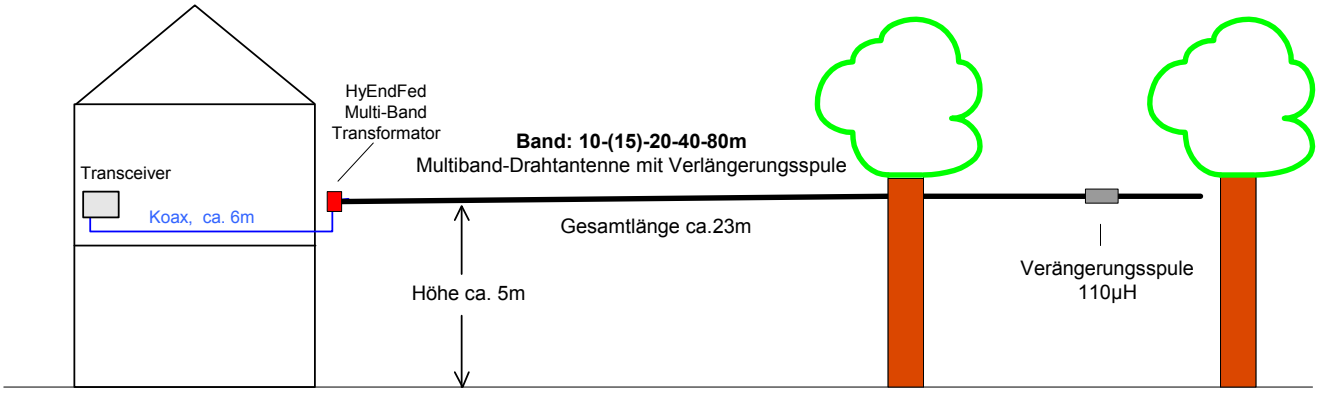


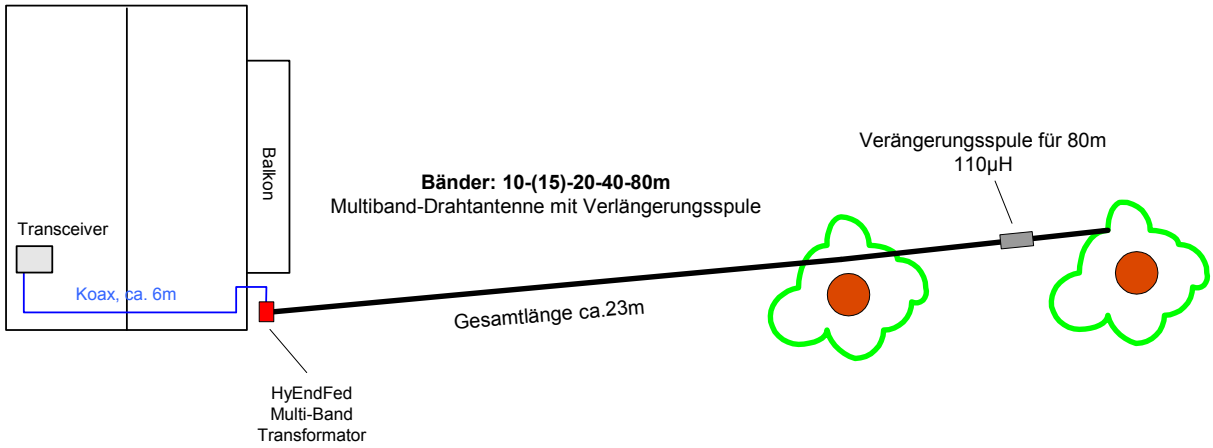


Eigenschaften:

- Verkürzte, resonante Multiband-Antenne für 40, 20,10m (Bild oben) und 80, 40, 20, 10m (Bild unten).
- Dargestellt wird die Spannungsverteilung auf den einzelnen Bändern
- Bei der **Dreiband-Antenne** (Bild oben) arbeitet die Antenne für 10m als Ganzwellenstrahler, für 20m (bis zur Spule) und 40m (durch die Spule) als Halbwellenstrahler.
- Bei der **Fünfband-Antenne** (Bild unten) arbeite die Antenne für 10m (2 Lambda) und 20m (Lambda) als Ganzwellenstrahler, für 40m (bis zur Spule) als Halbwellenstrahler und für 80m (durch die Spule) ebenfalls als Halbwellenstrahler.

Installation der Multi-Band "HyEndFed-Antenne"



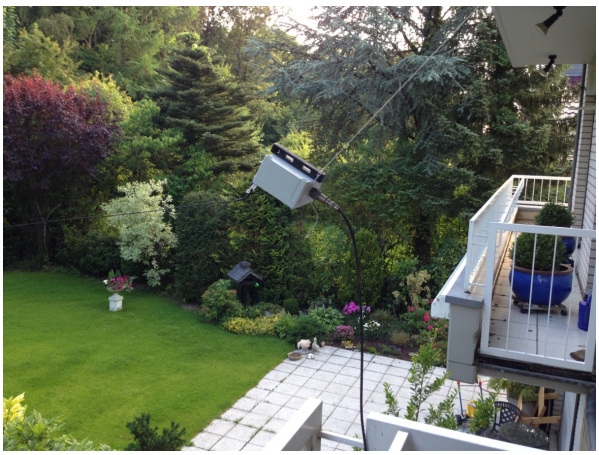


- Die Drahtantenne sollte möglichst "unauffällig" hinter dem Haus im Garten verlegt werden
- Das Koaxkabel (RG58) vom Transceiver bis zum Transformator hat eine Länge von ca. 8m
- Antennendraht wurde vom HyEndFed-Transformator - montiert hängend an der Hauswand - zu zwei Bäumen im Garten verlegt, Gesamtlänge ca. 23m
- der Draht berührt an keiner Stelle Äste oder Blätter der Bäume und ist am Ende frei (hohe Spannung)

Lieferung der HyEndFed Multi-Band 80-40-20-(15)-10m

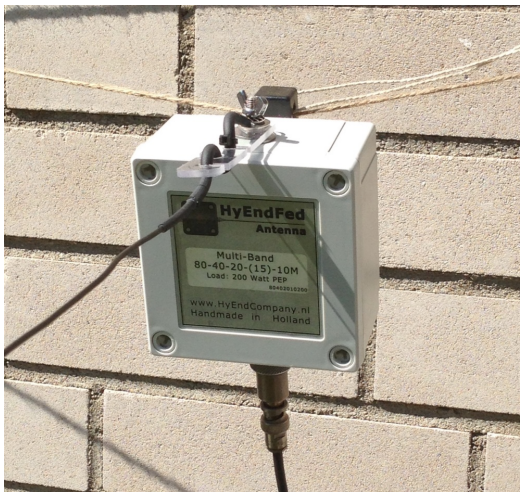
5-Band HyEndFed-Antenne

Installation der HyEndFed 4(5)-Band-Antenne im Garten (25.06.2014)



Transformator (Matchbox) hängend in der Luft montiert (günstig)

Transformator befestigt am Balkongeländer (ungünstig), fehlender Abstand zum Eisen (Masse)

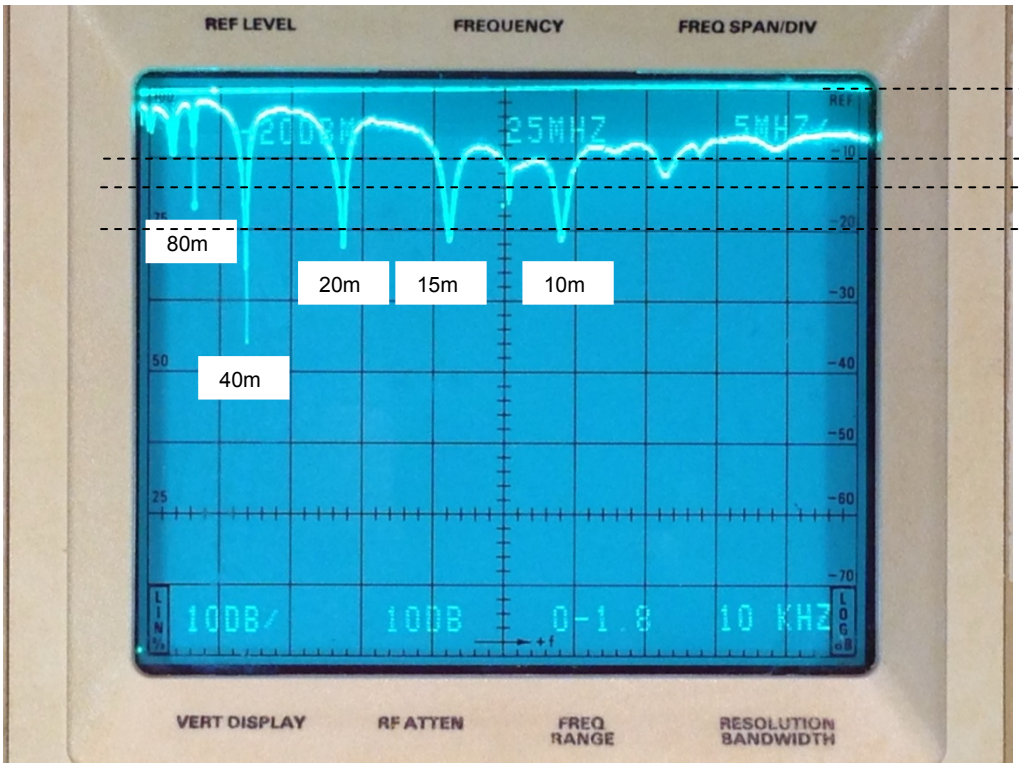


Positionierung vor der Hauswand, zwischen zwei Balkonen (optimale Stelle, geringstes SWR)

Messung von Rückflußdämpfung, VSWR und Bandbreite

Logarithmische Darstellung der Rückflußdämpfung über der Frequenz (Leistung, 10dB/Div)

Frequenzbereich 0-50MHz:



Referenzlinie für 100% Reflexion -20dBm

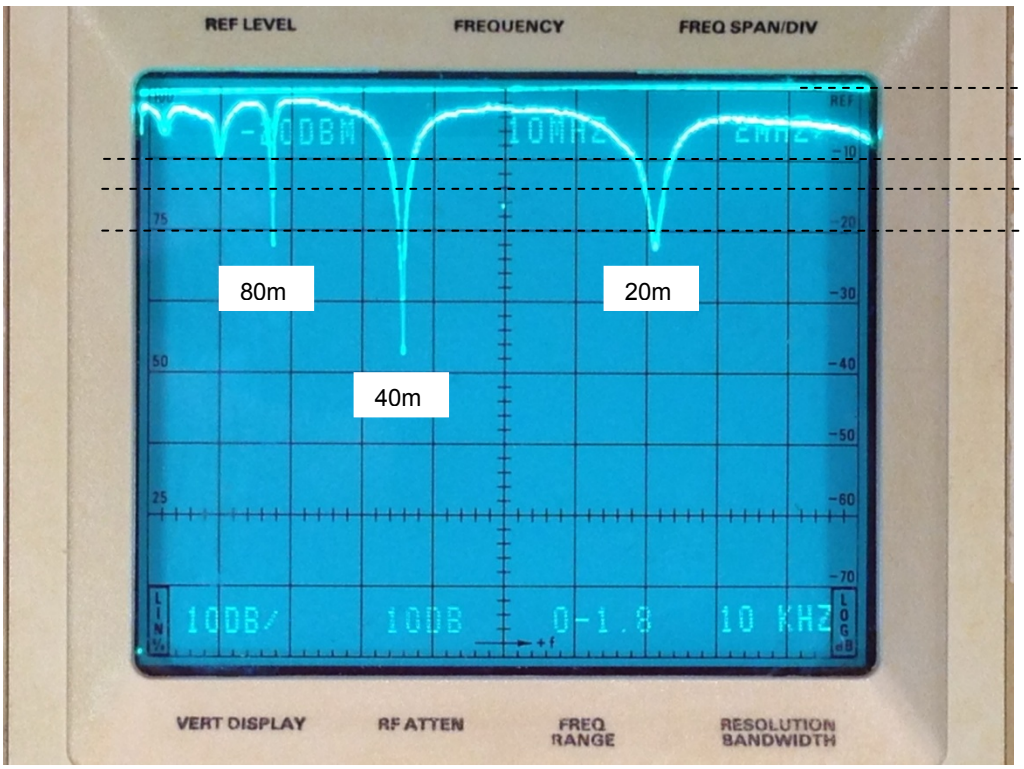
SWR=2,0

SWR=1,5

SWR=1,2

Rückflußdämpfung Leistung 10dB/Div

Frequenzbereich 0-20MHz:



Referenzlinie für 100% Reflexion -20dBm

SWR=2,0

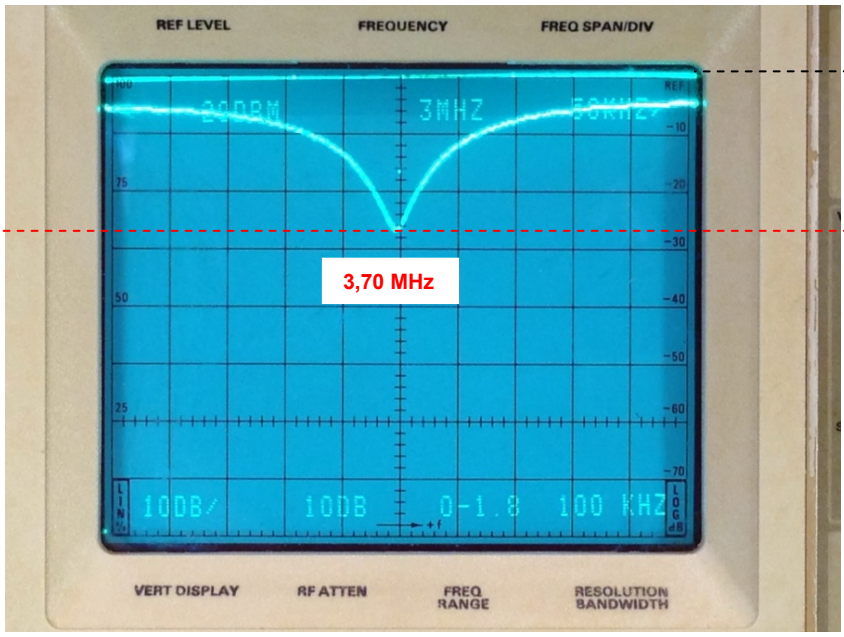
SWR=1,5

SWR=1,2

Rückflußdämpfung Leistung 10dB/Div

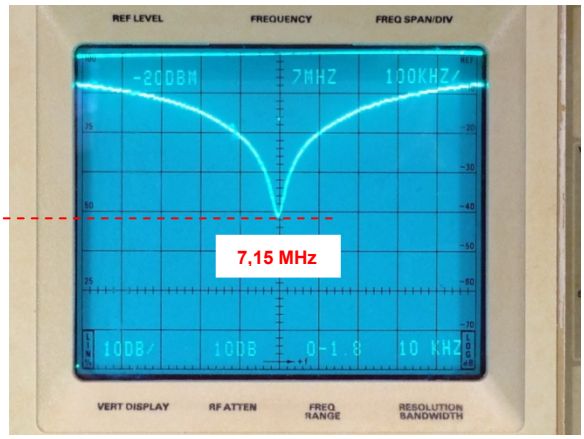
Resonanzen, SWR und Bandbreiten im 80-40-20-15-10m Band, logarithmische Darstellung

80m-Band



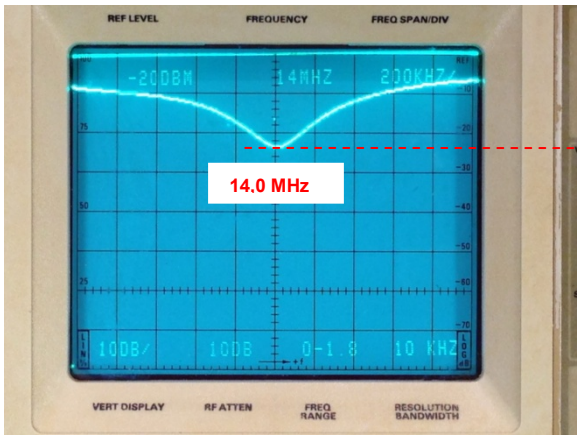
fc=3,7MHz, 50kHz/Div (fc=Mittenfrequenz)

40m-Band



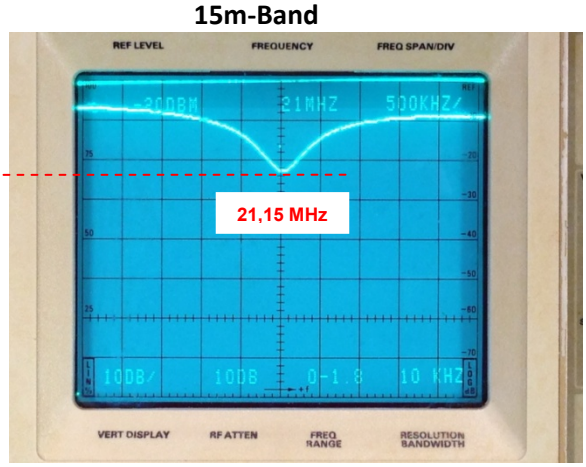
fc=7,15MHz, 100kHz/Div

20m-Band



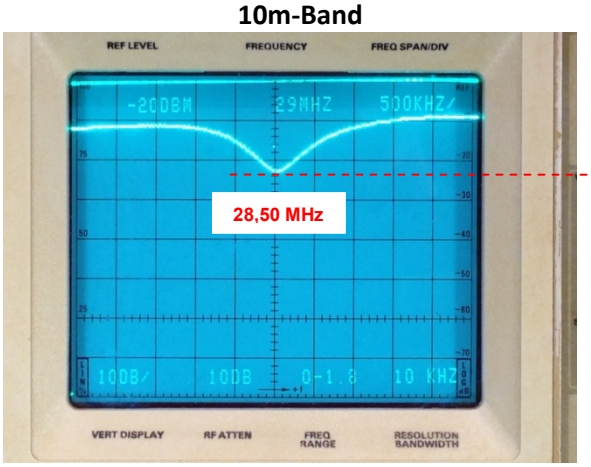
fc=14,00MHz, 200kHz/Div

15m-Band



fc=21,15MHz, 500kHz/Div

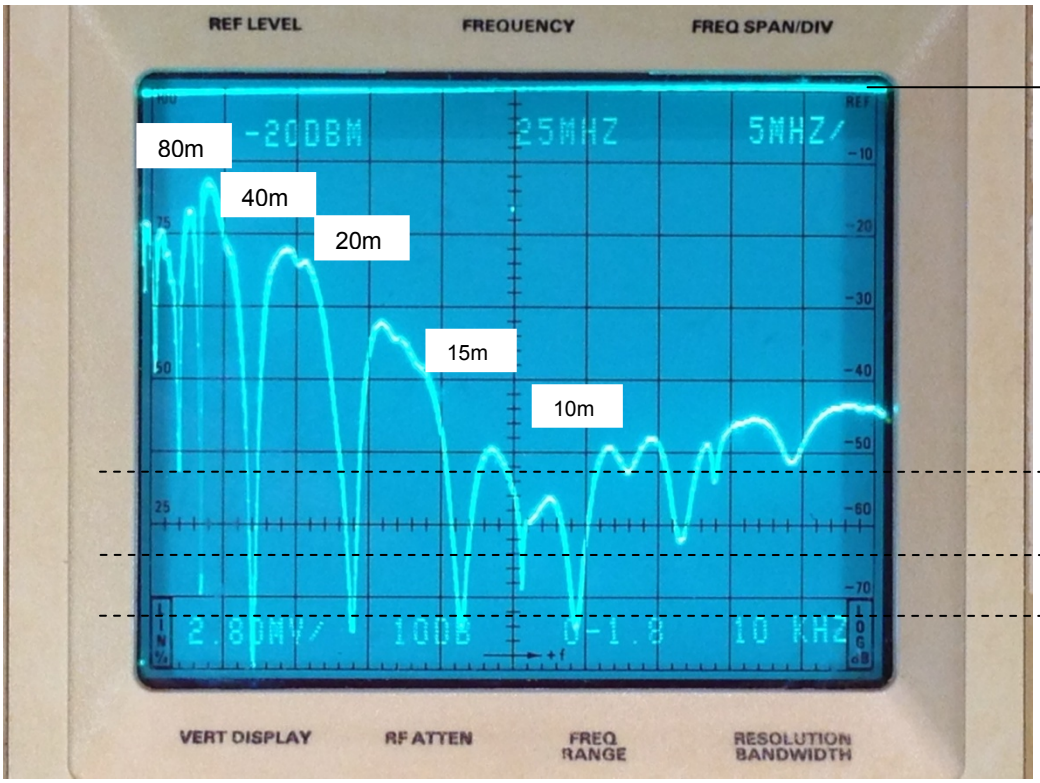
10m-Band



fc=28,5MHz, 500kHz/Div

Lineare Darstellung des VSWR über der Frequenz (Rückflußspannung, 2.8mV/Div)

Frequenzbereich 0-50MHz:



Referenzlinie für 100% Reflexion 22,4mV

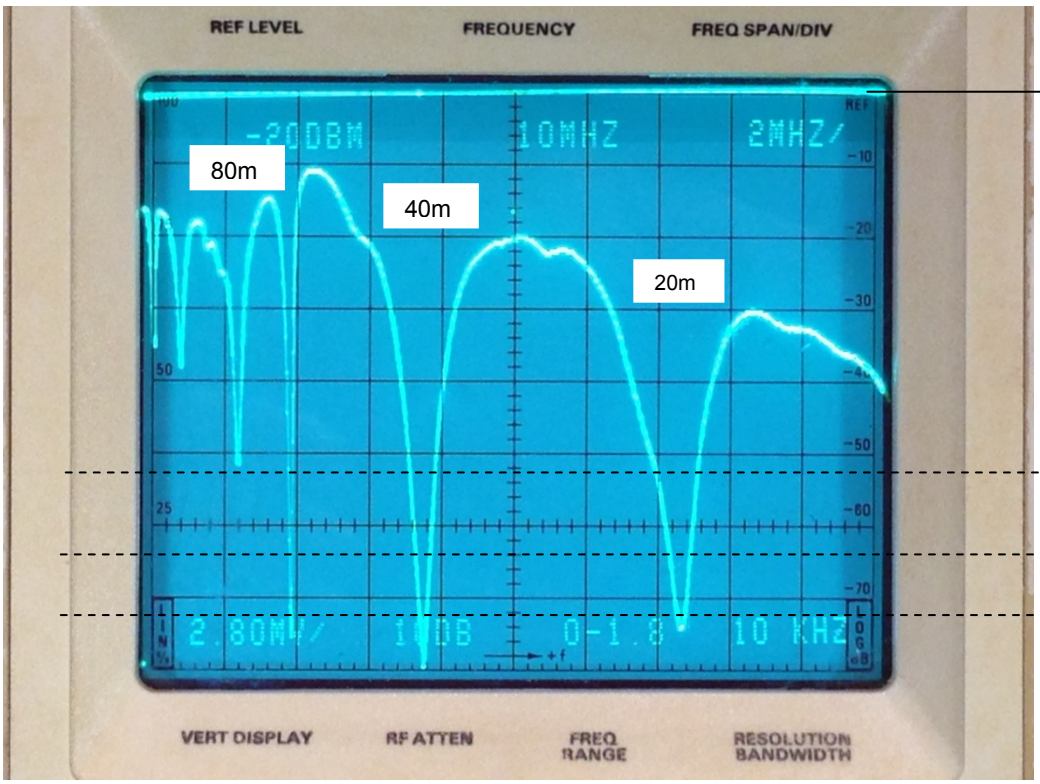
VSWR Spannung 2,8mV/Div

SWR=2,0

SWR=1,5

SWR=1,2

Frequenzbereich 0-20MHz:



Referenzlinie für 100% Reflexion 22,4mV

VSWR Spannung 2,8mV/Div

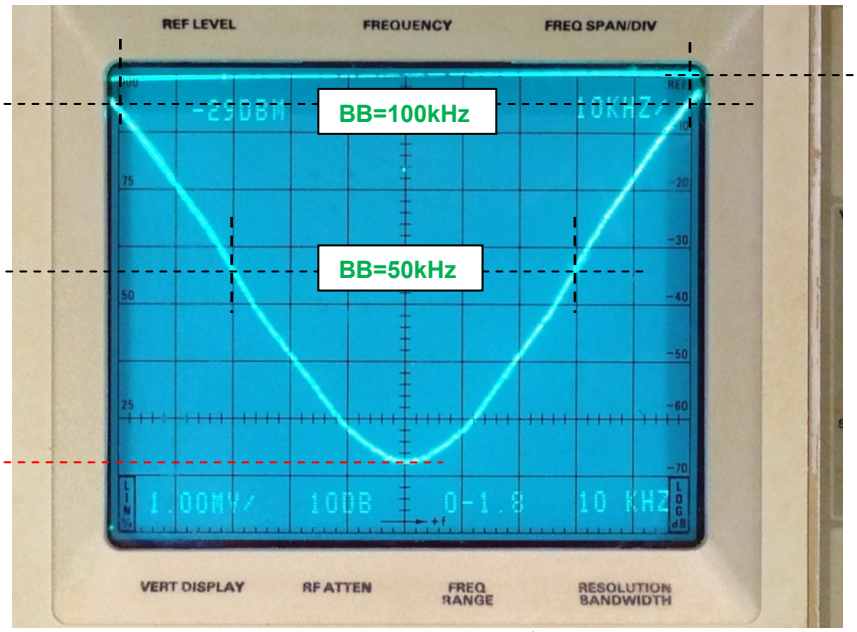
SWR=2,0

SWR=1,5

SWR=1,2

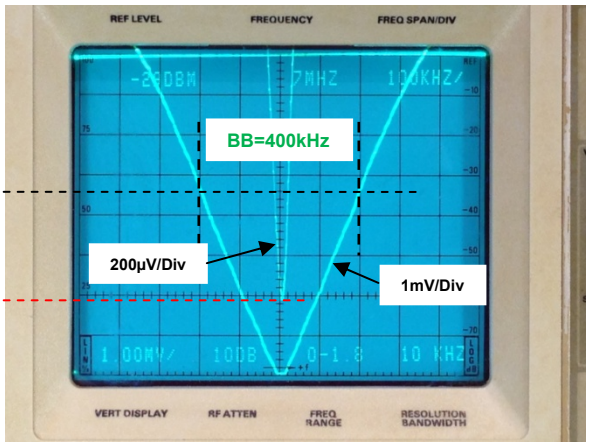
Resonanzen, SWR und Bandbreiten im 80-40-20-15-10m Band in linearer Darstellung

80m-Band



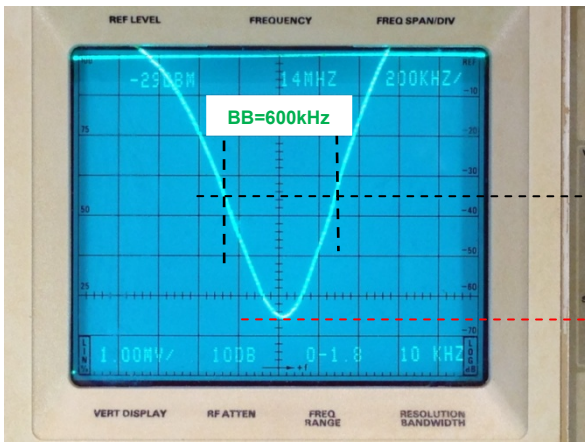
fc=3,7MHz, 10kHz/Div

40m-Band



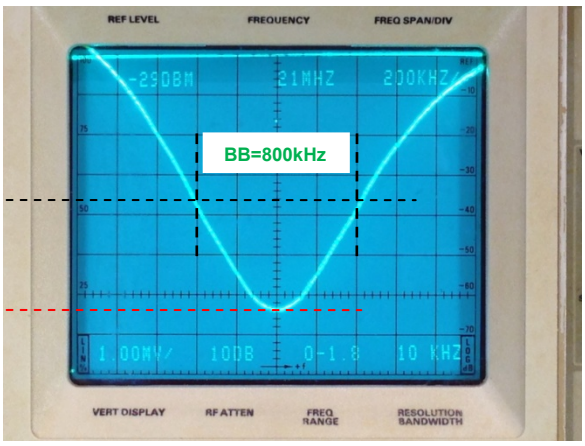
fc=7,15MHz, 100kHz/Div

20m-Band



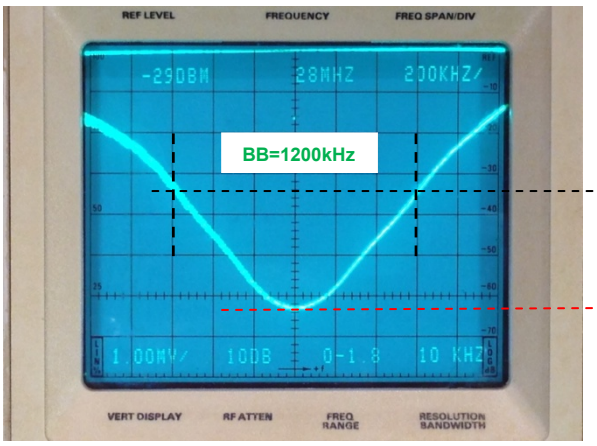
fc=14,00MHz, 200kHz/Div

15m-Band



fc=21,15MHz, 200kHz/Div

10m-Band



fc=28,5MHz, 200kHz/Div

Zusammenfassung:

- SWR auf allen Bändern bei den Resonanzfrequenzen s <= 1:1,2
- bestes SWR im 40m-Band mit s=1,01
- die nutzbare Bandbreite auf 80m mit 50kHz bei SWR <=1,5 ist etwas gering, auf 40m, 20m und 10m aber völlig ausreichend

- Resonanzfrequenzen
  80m: 3,70MHz
  40m: 7,15MHz
  20m: 14,00MHz
  15m: 21,15MHz
  10m: 28,50MHz

- SWR bei Resonanzfrequenzen
  80m: 1,09
  40m: 1,01
  20m: 1,13
  15m: 1,15
  10m: 1,15

- Bandbreiten für SWR<=1,5
  80m: 50kHz (BB=100kHz bei SWR=2)
  40m: 400kHz
  20m: 600kHz
  15m: 800kHz
  10m: 1200kHz

Meine Erfahrungen bei der Installation der HyEndFed-Antenne

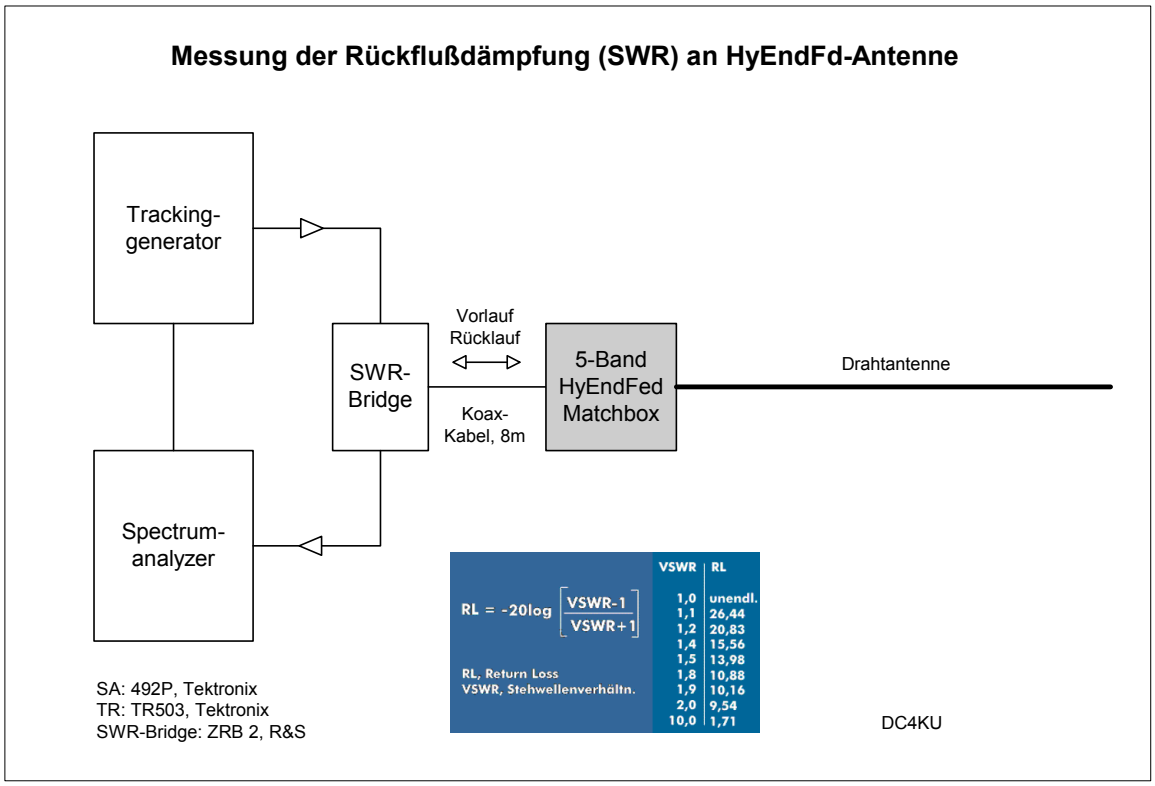
- Die Matchbox sollte nicht auf Metall oder in Nähe von Metall befestigt werden, stattdessen sollte der Hintergrund und die unmittelbare Umgebung aus Stein, Holz oder Kunststoff sein. Die Befestigung am Balkongeländer brachte ein schlechteres SWR als die Befestigung an der Hauswand, der Unterschied war bis zu 3dB.
- Wenn der Antennendraht zu Bäumen verlegt wird, sollte auf genügend Abstand zu Ästen und Blättern geachtet werden. Insbesondere in der Nähe der Verlängerungsspule und am Ende des Antennendrahtes (hochohmig, hohe Spannung).
- Nach einigen Installationsversuchen erreichte ich auf allen Bänder (80, 40, 20, 15 und 10m) bei Resonanz eine Rückflußdämpfung von a>=20dB, entsprechend einem SWR von <=1,22.
- Im 80m-Band ist die Resonanz sehr ausgeprägt, so dass für eine Bandbreite von 100kHz (+/-50kHz um die Resonanzfrequenz) nur noch ein SWR von 2 erreicht wird. Für größere Bandbreiten wird ein separater Antennen-Tuner erforderlich.
- Das Drahtstück nach der Spule ist nur für 80m wirksam. Fall die Resonanzfrequenz hier angepasst werden muß, kann das Drahtende einfach verkürzt werden. 1cm Verkürzung entsprich ca. 4kHz.
- Gegengewicht (Erdung) und Mantelwellensperren waren bei meiner Antenne nicht erforderlich. Falls jedoch störende Mantelwellen auf dem Koaxkabel entstehen, kann man zur Abhilfe eine Mantelwellensperre im Abstand von >=Lambda x 0,05 vom Übertrager entfernt in die Koaxleitung schalten. Das Stück Kabel zwischen Strom-Balun und Übertrager wirkt dann als Gegengewicht und der Balun eliminiert gleichzeitig alle Mantelwellen auf der Koax-Zuleitung zwischen Balun und TRX.

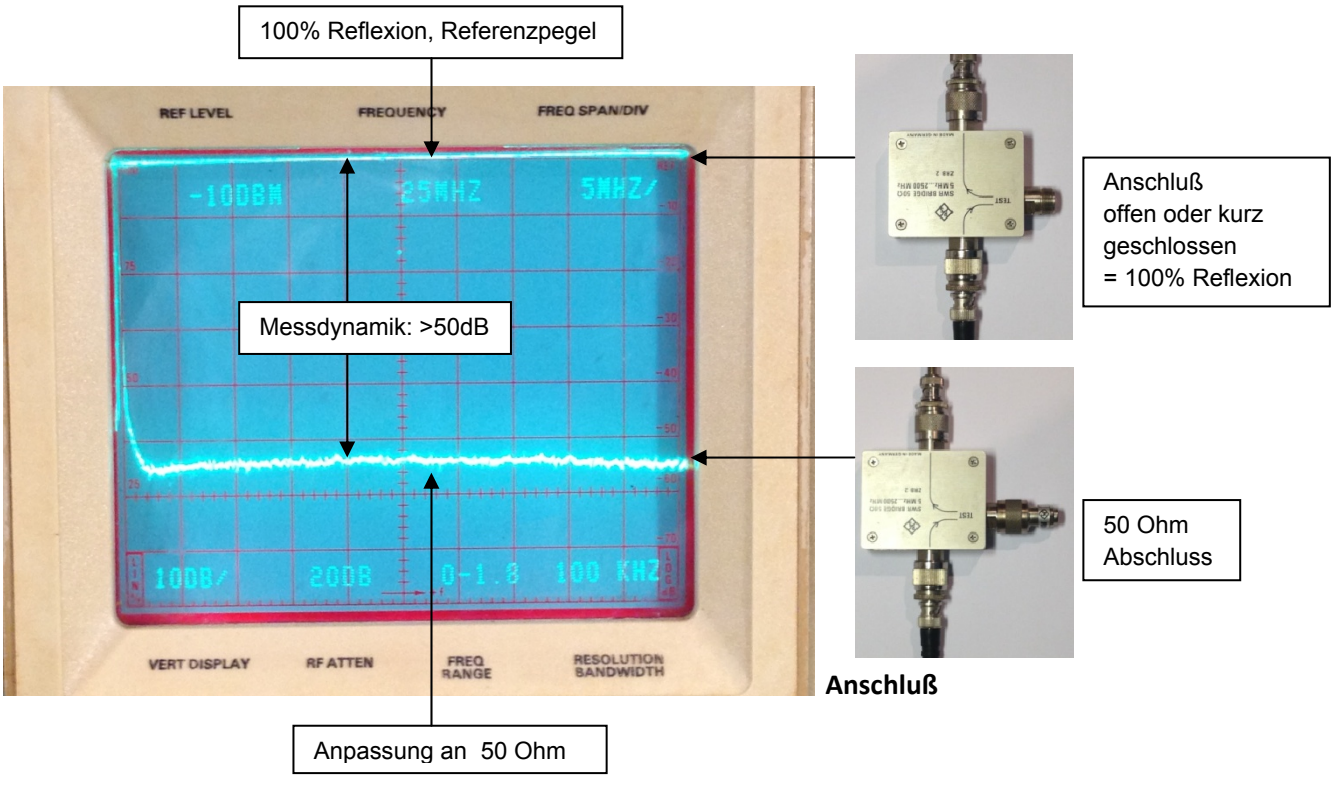
Appendix

Messung der Rückflußdämpfung mit SWR-Brücke

Messaufbau für SWR-Messungen

Zur Messung von Rückflußdämpfung, SWR, Resonanzferquenz und Bandbreite wurde ein Spektrumanalysator mit Tracking-Generator und SWR-Brücke verwendet.





Einstellungen am Spektrumanalysator

Als erster Schritt wird der Referenzpegel für 100% Reflexion eingestellt. Dazu wird der Meßeingang der SWR-Rücke geöffnet oder kuzgeschlossen. Der Spektrumanalysator zeigt dann im eingestellten Frequenzbereich von 0-50MHz eine horizontale, obere Linie an, die einer Rüchflußdämpfung von 0dB entspricht, also 100% Relexion.

Anschließend misst man die max. Messdynamik (Richtwirkung) der SWR-Brücke. Dazu wird der Meßeingang mit 50 Ohm abgeschlossen. Die neue horizontale Messlinie mit abgeschlossenem Widerstand zeigt einen Abstand von >50dB (S=0,001) zur Linie mit 100% Reflexion. Die Meßdynamik für Reflexionsmessungen beträgt >50dB.

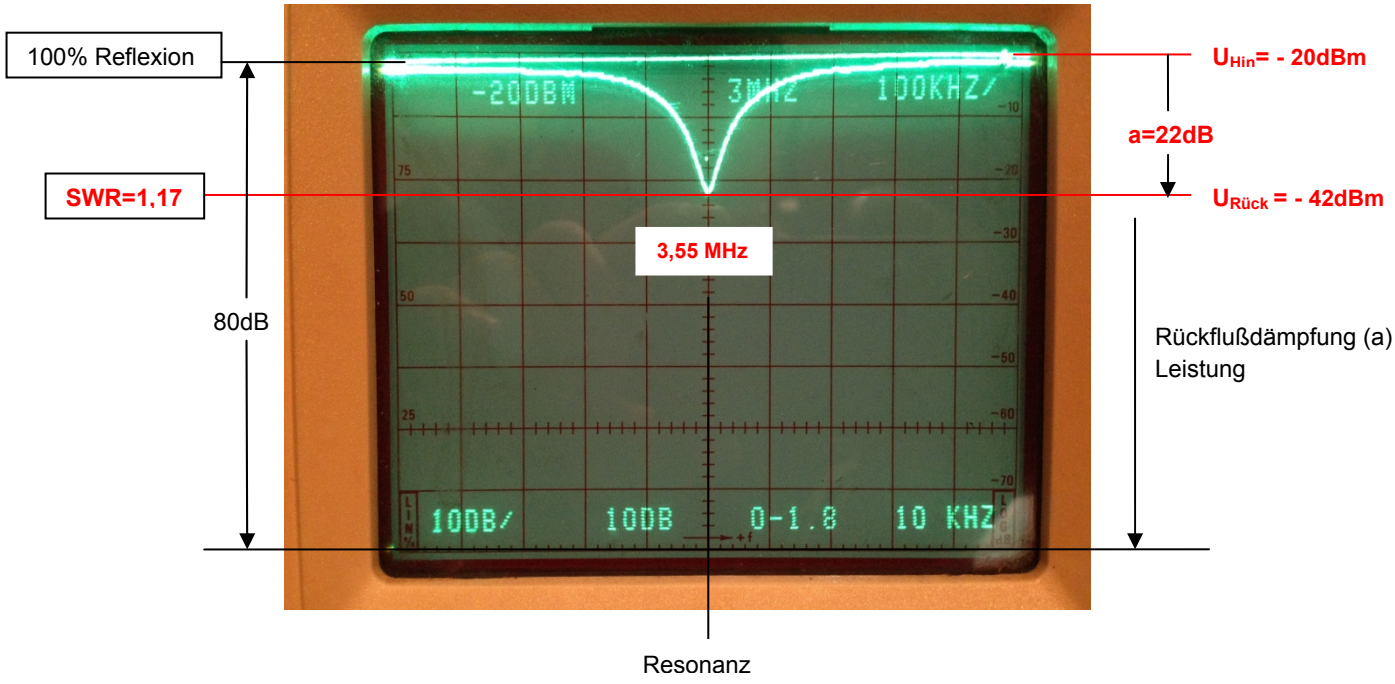
Dann wird die Antenne angeschlossen. Das gewobbelte Spektrum zeigt die Rückflußdämpfung der HyEnFed-Antenne in Abhängigkeit der Frequenz.

Die einzelnen, ausgeprägten Resonanzfrequenzen im 80, 40, 15, 20 und 10m-Band sind gut zu erkennen. Im logaritmischen Maßstab (10dB/Div) kann die Rückflußdämpfung in dB direkt abgelsen und der SWR daraus ermittelt werden.

Dier Messkurve läßt sich in logaritmischer oder inearer Amplitudenauflösung dargestellen, die genauesten Messungen sind in linearer Einstellung möglich.

Beispiel: Messung der Rückflußdämpfung mit SWR-Brücke im 80m-Band

a) Messkurve in logarithmischer Skalierung (dBm, Leistung), Skalierung 10dB/Teil



Der Spektrumanalysator wird auf logarithmische Darstellung (10dB/Div) eingestellt. 100% Reflexion entsteht bei einem Leistungspegel von -20dBm, was einem Spannungspegel von 22,36mV (U_{Hin}) entspricht (obere horizontale Linie). Die angezeigte Rückflußdämpfung (a, RL) bei Resonanz hat einen Pegel von -42dBm, entsprechend einem Spannungssignal von 1,776mV ($U_{Rück}$).

Meßergebnisse:

- Rückflußdämfung **(a) beträgt a=22dB** bei Resonanzfrequenz f=3,55MHz

Berechnung von Reflexionsfaktor und SWR

Setzt man die rücklaufende Spannung zur hinlaufenden Spannung ins Verhältnis, dann erhält man den Reflexionsfaktor |r|

- Reflexionsfaktor: $|r| = \frac{\text{U Rück}}{\text{U Hin}} = \frac{1{,}8\text{mV}}{22{,}4\text{mV}} = 0{,}08$

d. h. 8% der hinlaufenden Spannung wird bei Anpassung (Resonanz) reflektiert

Aus dem ermittelten Reflexionsfaktor berechnet sich das Stehwellenverhältnis (SWR)

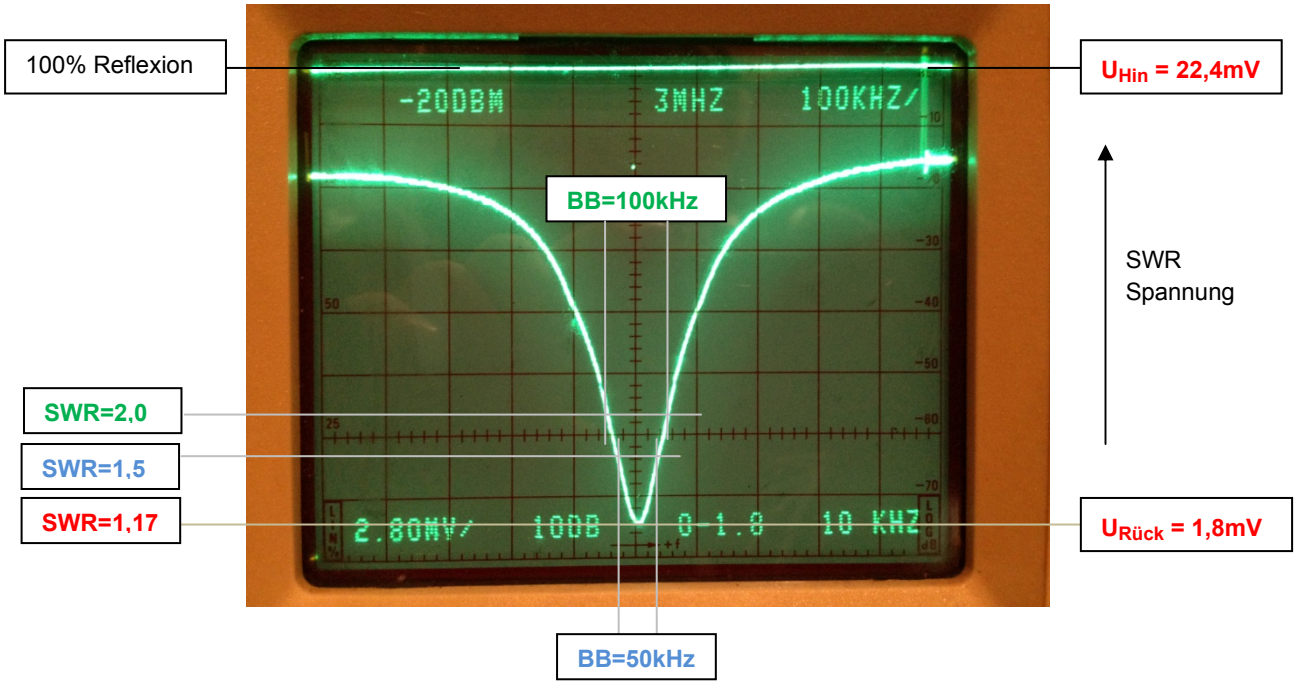
- Stehwellenverhältnis: $\text{SWR} = \frac{\text{U Hin}+\text{U Rück}}{\text{U Hin}-\text{U Rück}} = \frac{22{,}4\text{mV}+1{,}8\text{mV}}{22{,}4\text{mV}-1{,}8\text{mV}} = 1{,}172$

Die ermittelten Werte lassen sich auch mit diesen Formeln berechnen

- Reflexionsfaktor: $|r| = 10^{-0{,}05 \cdot a} = 0{,}08 = 8\%$

- Stehwellenverhältnis: $S = \frac{1+|r|}{1-|r|} = \frac{1+0{,}0794}{1-0{,}0794} = 1{,}172$

b) Messkurve in linearer Skalierung (Volt, Spannung), 2,8mV/Teil



Der Spektrumanalysator wird auf lineare Darstellung (Spannungsdarstellung) eingestellt. Die vertikale Skalierung im Display beträgt 2,8mV/Teil und die unterste horizontale Linie im Display einer Spannung von 0 Volt Die oberste horizontale Linie entspricht einer Spannung (U_{Hin}) von 8 x 2,8mV = 22,5mV und entspricht einem Reflexionsfaktor von 100%.
In linearer Kurvendarstellung lassen sich Stehwellenverhältnis und Bandbreiten etwas einfacher und auch genauer als bei logarithmischer Darstellung ermitteln.

Die Messkurve zeigt direkt das Maß (im mV) der reflektierten, rücklaufenden Spannung ($U_{Rück}$) über der Frequenz. Der geringste Rücklauf entsteht bei Resonanz, hier bei 3,55kHz.

Meßergebnisse:

- Hinlaufende Spannung: U_{Hin} = 22,5mV

- Rücklaufende Spannung: $U_{Rück}$ = 1,8mV

- Bandbreite bei SWR=1,5 -> BB=50kHz, bei SWR=2 -> BB=100kHz

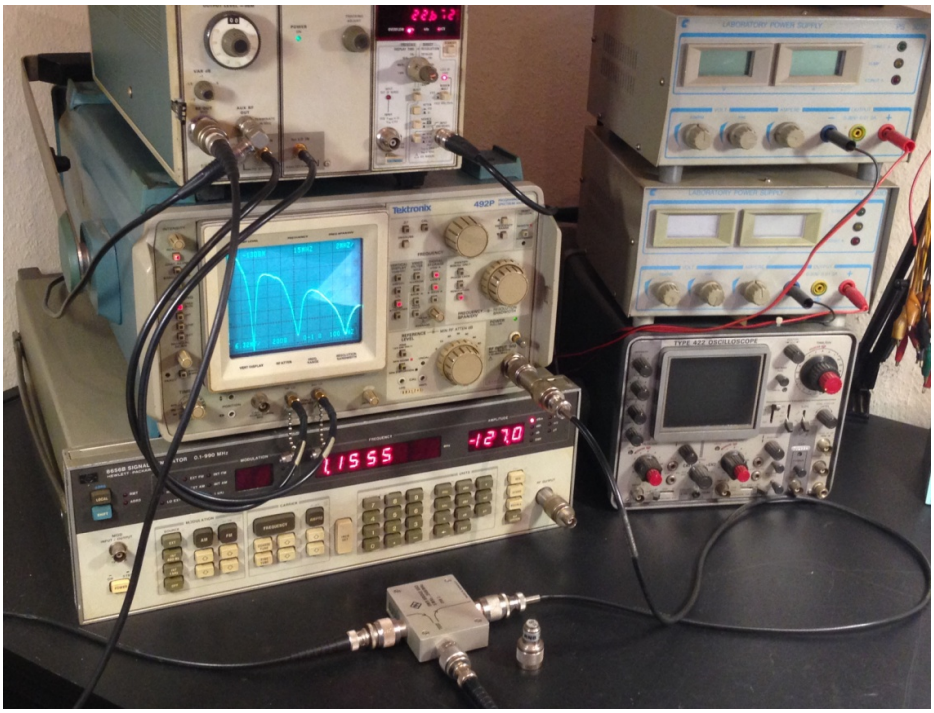
Als nutzbare Antennen-Bandbreite (BB) wird der Frequenzbereich angegeben, bei dem das Stehwellenverhältnis nicht größer als S=2 wird.

Berechnung von SWR , Rückflußdämpfung und Reflexionsfaktor

- Stehwellenverhältnis: $\mathrm{SWR} = \frac{\mathrm{U\ Hin + U\ Rück}}{\mathrm{U\ Hin - U\ Rück}} = \frac{22{,}4\mathrm{mV} + 1{,}8\mathrm{mV}}{22{,}4\mathrm{mV} - 1{,}8\mathrm{mV}} = 1{,}172$

- Rückflußdämpfung: $\mathrm{a} = 20\log\frac{\mathrm{U\ Hin}}{\mathrm{U\ Rück}} = 20\log 12{,}44 = 21{,}9\mathrm{dB}$

- Reflexionsfaktor: $|r| = \frac{S-1}{S+1} = \frac{\mathrm{U\ Rück}}{\mathrm{U\ Hin}} = 0{,}08 = 8\%$



Messplatz

Anmerkung zu Kabeldämpfung:
Das RG58U-Koaxkabel zwischen Matchbox und Stehwellenmessbrücke ist ca. 7m lang und hat bei 30MHz eine Dämpfung von ca. 0,6dB, also für Hin- und Rücklauf ca. 1,2dB. Um diesen Faktor wird das SWR bei 30 MHz "zu gut" angezeigt. Bei tieferen Frequenzen ist die Kabeldämpfung jedoch so gering, dass sie bei den Messergebnissen kaum noch ins Gewicht fällt.

Formeln

Rückflußdämpfung (a)

$a = -20\log |r|$

$a = -20\log \frac{U\,Hin}{U\,Rück}$

Reflexionsfaktor (r)

$|r| = \frac{U\,Rück}{U\,Hin}$

$|r| = \frac{S-1}{S+1}$

$|r| = 10^{-0,05 \cdot a}$

Stehwellenverhältnis (SWR, S)

$s = \frac{1+|r|}{1-|r|}$

$s = \frac{U\,Hin+U\,Rück}{U\,Hin-U\,Rück}$

$s = \frac{1+10^{-a/20}}{1-10^{-a/20}}$

mit:

a = Rückflußdämpfung (Return Loss, RL) in dB

r = Reflexionsfaktor

s = SWR = Stehwellenverhältnis

U_{Hin}, $U_{Rück}$ = Hin- und Rücklaufende Spannung

Umrechnungstabelle für r (Reflexion), a (Rückflußdämpfung) und SWR (Stehwellenverhältnis)

Reflection coefficient |r| in %	Return loss a	Standing wave ratio SWR
100.0000	0 dB	∞
89.1251	1 dB	17.3910
79.4328	2 dB	8.7242
70.7946	3 dB	5.8480
63.0957	4 dB	4.4194
56.2341	5 dB	3.5698
50.1187	6 dB	3.0095
44.6684	7 dB	2.6146
39.8107	8 dB	2.3229
35.4813	9 dB	2.0999
31.6228	10 dB	1.9250
28.1838	11 dB	1.7849
25.1189	12 dB	1.6709
22.3872	13 dB	1.5769
19.9526	14 dB	1.4985
17.7828	15 dB	1.4326
15.8489	16 dB	1.3767
14.1254	17 dB	1.3290
12.5893	18 dB	1.2880
11.2202	19 dB	1.2528
10.0000	20 dB	1.2222
8.9125	21 dB	1.1957
7.9433	22 dB	1.1726
7.0795	23 dB	1.1524
6.3096	24 dB	1.1347
5.6234	25 dB	1.1192
5.0119	26 dB	1.1055
4.4668	27 dB	1.0935
3.9811	28 dB	1.0829
3.5481	29 dB	1.0736
3.1623	30 dB	1.0653
2.8184	31 dB	1.0580
2.5119	32 dB	1.0515
2.2387	33 dB	1.0458
1.9953	34 dB	1.0407
1.7783	35 dB	1.0362
1.5849	36 dB	1.0322
1.4125	37 dB	1.0287
1.2589	38 dB	1.0255
1.1220	39 dB	1.0227
1.0000	40 dB	1.0202
0.8913	41 dB	1.0180
0.7943	42 dB	1.0160
0.7079	43 dB	1.0143
0.6310	44 dB	1.0127
0.5623	45 dB	1.0113
0.5012	46 dB	1.0101

Tabelle aus R&S ZRB-Handbuch

10.07.2014

Ergänzungen

19.07.2014

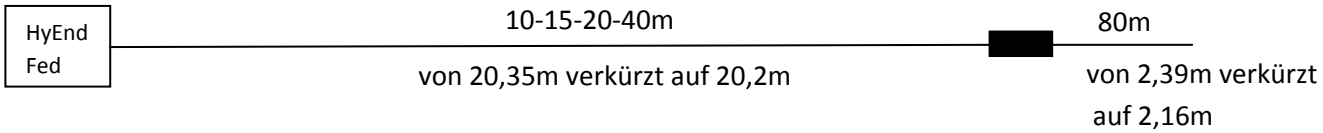
Anpassung der Resonanzfrequenzen, Drahtverkürzung

Die Resonanzfrequenzen (fr) meiner Antenne waren auf allen Bändern etwas zu niedrig. Die Ursache dafür liegt wahrscheinlich an der relativ niedrigen Aufbauhöhe der Antenne, von nur 4m über Grund.

80m *fr*=3,6 MHz (zu niedrig)
40m *fr*=7,14 MHz
20m *fr*=13,88 MHz (zu niedrig)
15m *fr*=20,95 MHz (zu niedrig)
10m *fr*=28,25 MHz

Durch Verkürzung der Antennenlitze, können die Resonanzfrequenzen angepasst werden.

Der Draht für 40-20-15-10m wurde um 15cm verkürzt und der Draht für 80m um 23cm.



Anschließend ergaben sich folgende Resonanzen, SWR, Rückflußdämpfung und Bandbreiten:

Band	Resonanz (MHZ)	SWR	RL	Bandbreite S<1,5	nutzbare Frequenz S<1,5
80m	**fr=3,70 MHz**	s=1,09	27dB	+/-50 kHz	3,65-3,75 MHz (S<2)
40m	**fr=7,15 MHz**	s=1,01	42dB	+/-200 kHz	6,95-7,35 MHz
20m	**fr=14,00 MHz**	s=1,13	24dB	+/-300 kHz	13,70-14,30 MHz
15m	**fr=21,15 MHz**	s=1,15	23dB	+/-400 kHz	20,75-21,55 MHz
10m	**fr=28,50 MHz**	s=1,15	23dB	+/-500 kHz	28,00-29,00 MHz

Werner Schnorrenberg
DC4KU
dc4ku@darc.de, www.dc4ku.darc.de

Rev. 28.07.2014, 04.05.2015, 01.08.2016, 11.2018