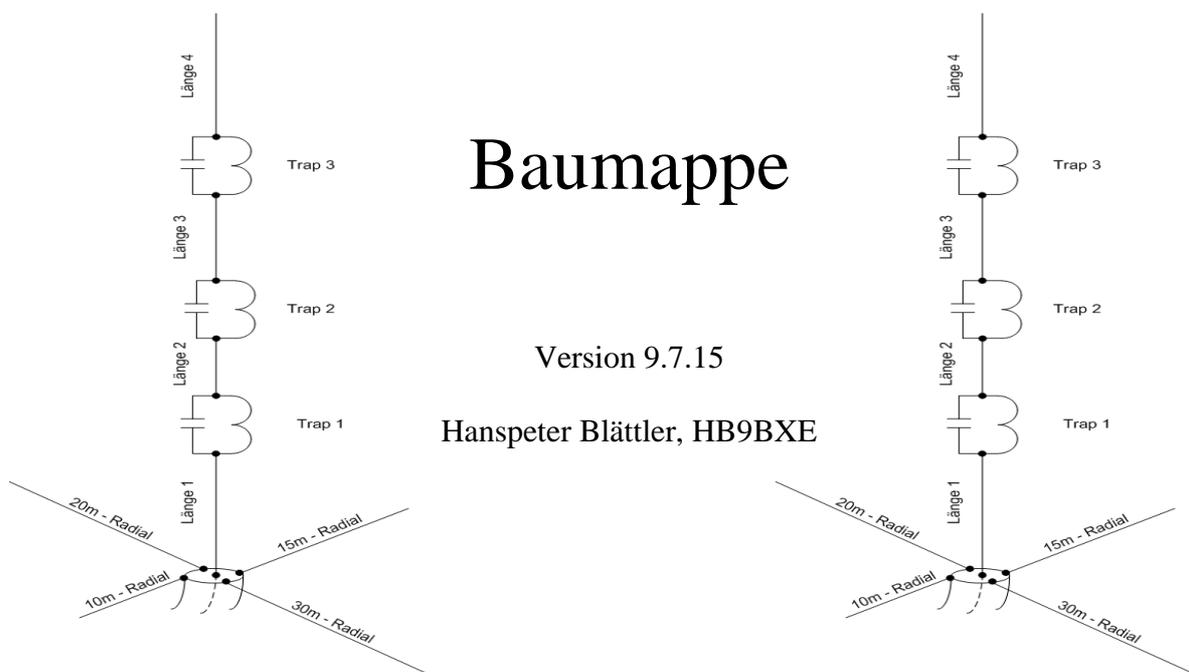


Trap-Antenne HB9LU

Baumapfe

Version 9.7.15

Hanspeter Blättler, HB9BXE



1	Theorie	3
1.1	Der Dipol.....	3
1.2	Der Mehrband-Dipol	3
1.3	Die W3DZZ.....	4
1.4	Der Weg zur Vertikal-Antenne.....	4
1.5	Wirkungsweise der Trap-Antenne	5
1.6	Wirkungsweise der Trap.....	6
1.7	Funktion Trap	7
2	Vorbereitung	7
2.1	Bauteile.....	7
2.2	Werkzeuge	8
3	20-m-Trap	9
3.1	Trap berechnen	9
3.2	20-m-Trap herstellen	9
4	15-m-Trap.....	15
4.1	Trap berechnen	15
4.2	15-m-Trap herstellen	15
5	10-m-Trap.....	21
5.1	Trap berechnen	21
5.2	10-m-Trap herstellen	21

6	Traps prüfen und abgleichen	25
6.1	Prüfmöglichkeiten.....	25
6.2	Prüfen mit dem Dipmeter.....	25
6.3	Prüfen mit dem Antennen- Analyzer	25
6.4	Prüfen mit Signalgenerator und Oszilloskop	26
6.5	Prüfen mit dem Network-Analyzer	27
7	Einflüsse beim Tunen	28
8	Speisung und Antennenfusspunkt	29
8.1	Die Fusspunkt- Impedanz	29
8.2	Die Anschluss-Box.....	30
8.3	Die Mantelwellen-Sperre.....	30
8.4	Herstellung der Mantelwellen-Sperre	30
9	Inbetriebnahme und Tunen	31
9.1	Montage am Mast.....	31
9.2	Die Radials.....	32
9.3	Strahlerlängen tunen	32
9.4	Tuning-Beispiel.....	33
10	Erfahrungen	33
10.1	Belastbarkeit.....	33
10.2	Witterungsbeständigkeit	33
10.3	Auslegen der Radials	33
10.4	Strahlrichtungs- Diagramm	34
11	Weiterentwicklung der Vertikal-Trap-Antenne	34
11.1	Effizienz-Steigerung.....	34
11.2	Band-Erweiterung.....	34
11.3	Ausbau zum Dipol.....	34
12	Stückliste	34

1 Theorie

1.1 Der Dipol

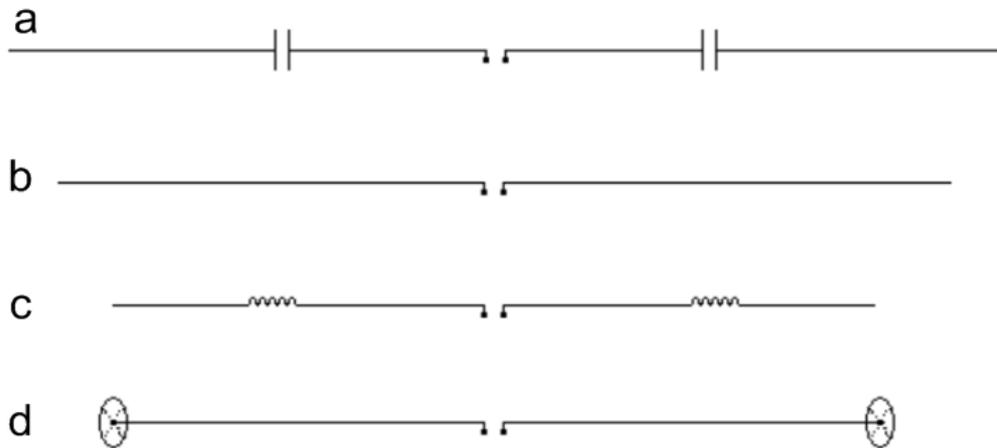


Bild 1

- a Verlängerter Dipol (C eingefügt)
- b Dipol in Original-Länge
- c Verkürzter Dipol (L eingefügt)
- d Verkürzter Dipol (C eingefügt)

In Bild 1 sehen wir unter (b) unseren ursprünglichen, unveränderten Dipol. Diese hat eine Gesamtlänge von $\lambda/2$.

Falls wir zu wenig Platz für das Aufstellen eines Dipols haben, gibt es die Möglichkeit, den Dipol künstlich zu verlängern. Unter (c) sehen wir einen künstlich verlängerten Dipol. In der Praxis spricht man aber von einem *verkürzten Dipol*, so wollen wir diesen nachfolgend auch nennen. Will man einen Dipol verkürzen, fügt man je eine Induktivität ein, wie oben im Bild unter c dargestellt. Auch mit Endkapazitäten, wie unter (d) dargestellt, kann unser Dipol verkürzt werden. Diese Art wird oft im Lowband-Betrieb angewendet, wenn es auf hohe Güte ankommt. Eine Induktivität hat in der Regel immer höhere Verluste als eine Kapazität.

1.2 Der Mehrband-Dipol

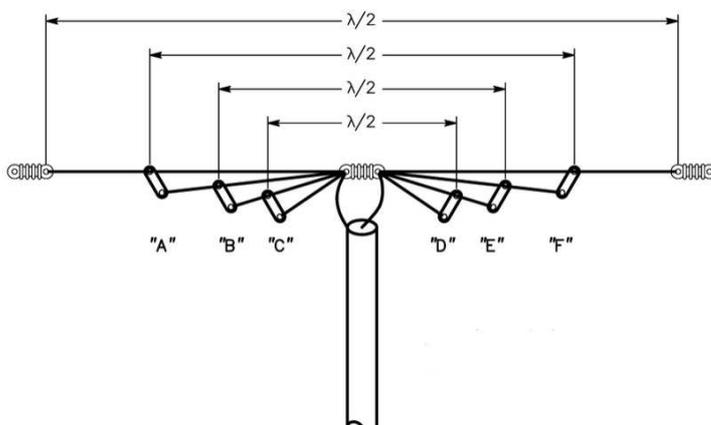


Bild 2

Der Dipol ist im Grunde genommen eine Monobandantenne.

Schaltet man mehrere Dipole am Speisepunkt zusammen, erhalten wir eine Mehrbandantenne.

In der Praxis bewährt sich das recht gut, wenn man nicht mehr als drei Dipole zusammenfasst.

1.3 Die W3DZZ

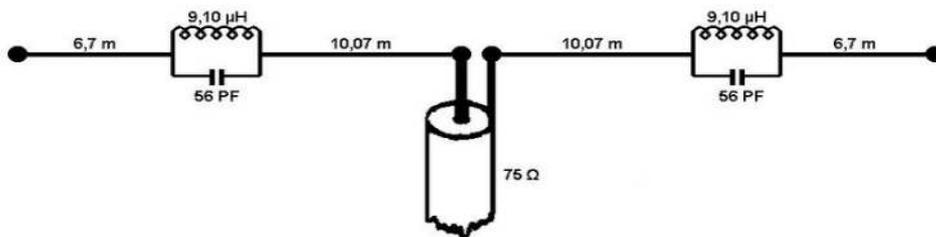


Bild 3

Als alt bewährter Mehrband-Dipol ist die oben gezeigte W3DZZ Trap-Antenne weit verbreitet. Genau dieses Prinzip verwenden wir für unsere Trap-GP. Wir verwenden lediglich eine Hälfte des Dipols.

1.4 Der Weg zur Vertikal-Antenne

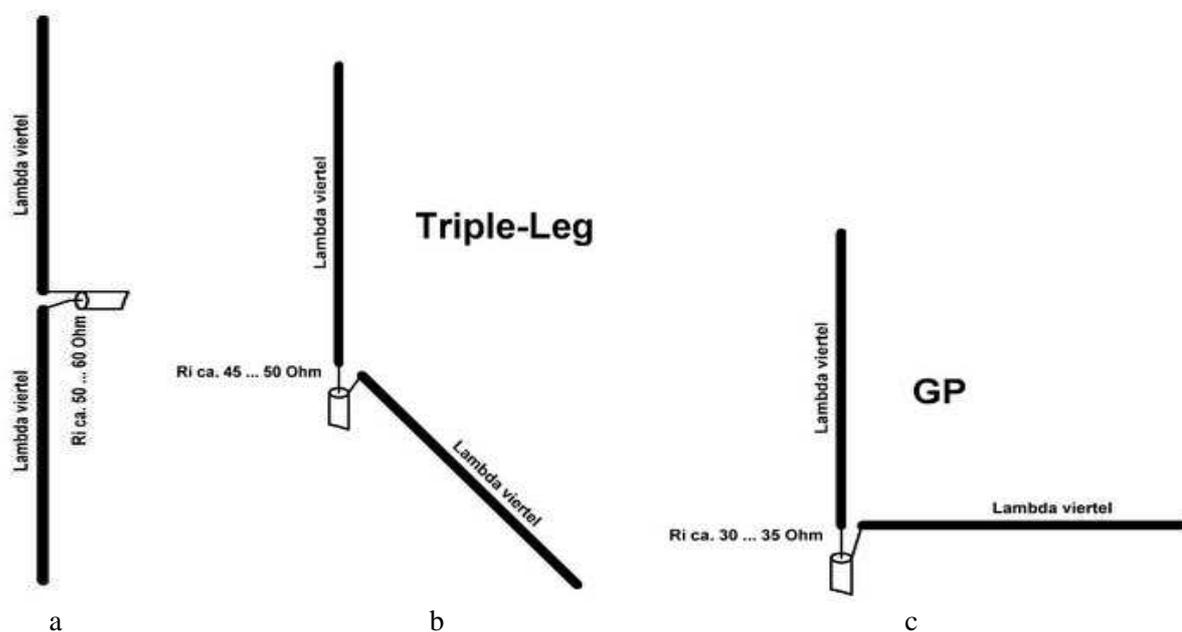


Bild 4

Auf dem Bild oben unter (a) sehen wir einen Vertikal-Dipol. Diese Antennenform hat eine flache Abstrahlung, im Gegensatz zum horizontalen Dipol. Durch die flache Abstrahlung eignet sich diese sehr gut für DX.

Die Triple-Leg (b) hat zum grossen Teil ebenfalls eine flache Abstrahlung, jedoch ist es kein Rundstrahler mehr. Die Abstrahlung liegt in Richtung Winkelhalbierende.

Unter (c) finden wir unser Vertikal-Prinzip (GP), wie wir es in unserem Projekt anwenden.

1.5 Wirkungsweise der Trap-Antenne

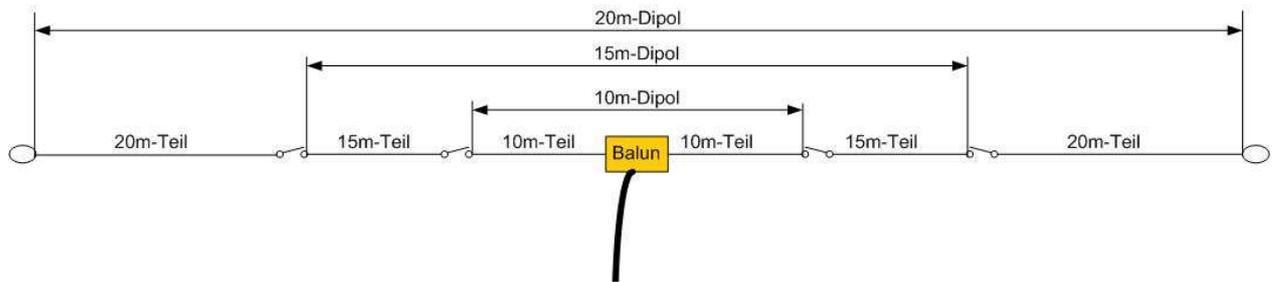


Bild 5

Im Bild 5 sind an Stelle von Traps Schalter eingefügt. Das funktioniert auch in der Praxis recht gut. Auch werden oft Steckbrücken an Stelle der Schalter eingebaut, mit dem Nachteil, dass bei Bandwechsel meist die Antenne heruntergenommen werden muss.

Sind alle Schalter offen, dann wirkt die Antenne als 10-m-Dipol.

Sind die beiden inneren Schalter geschlossen, dann wirkt die Antenne als 15-m-Dipol.

Sind alle Schalter geschlossen, dann wirkt die Antenne als 20-m-Dipol.

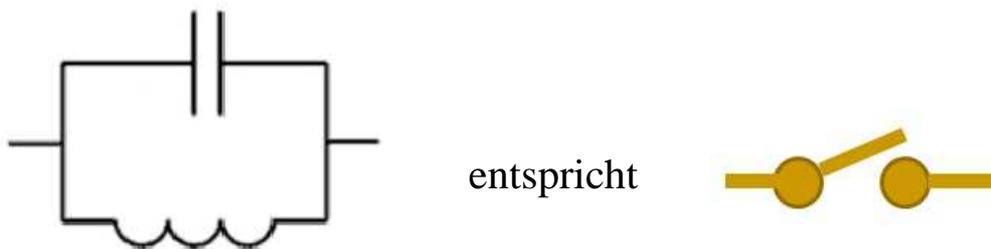


Bild 6

Ein Parallel-Schwingkreis wirkt bei seiner Resonanz wie ein Schalter.

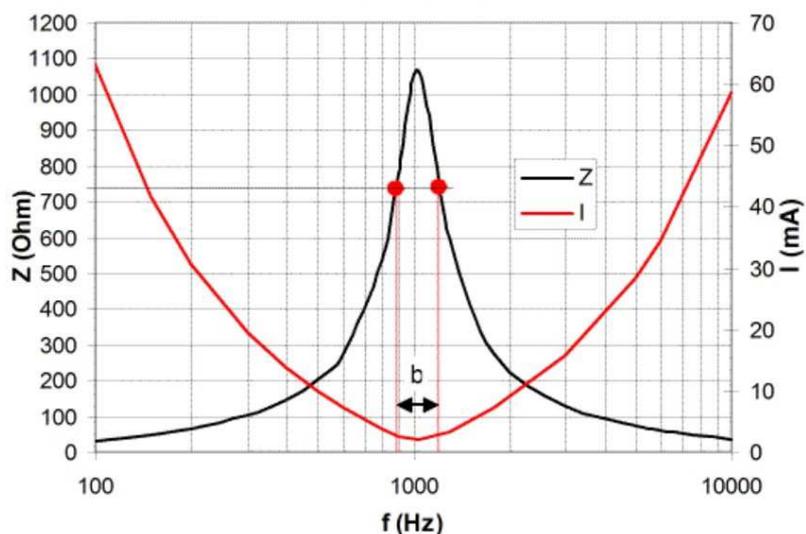


Bild 7

Strom-Widerstand-Verlauf bei Resonanz eines Parallel-Schwingkreises.

1.6 Wirkungsweise der Trap

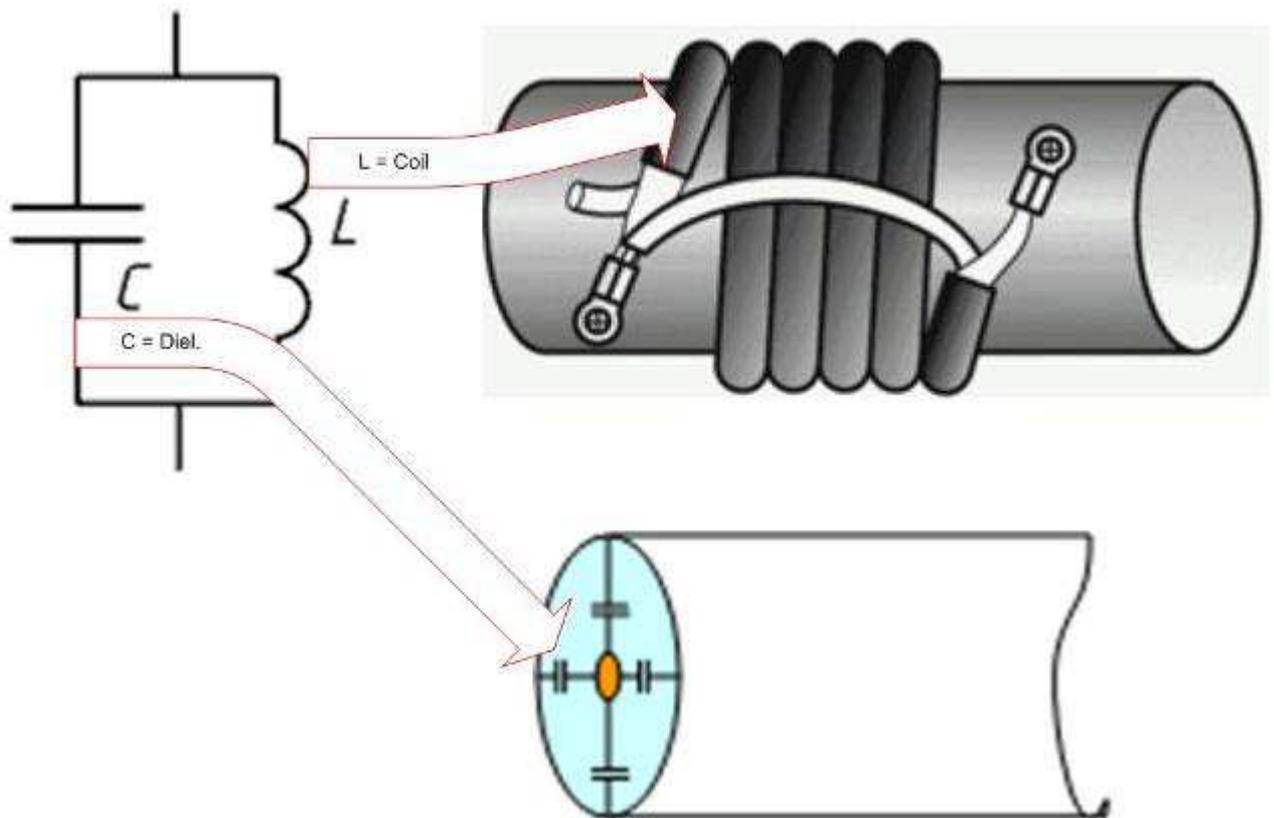


Bild 8

Ein Koaxialkabel weist zwischen der Seele und der Abschirmung eine Kapazität auf. So besitzt z.B. ein Stück RG 58 eine Kapazität von 100 pF/m.

1.7 Funktion Trap

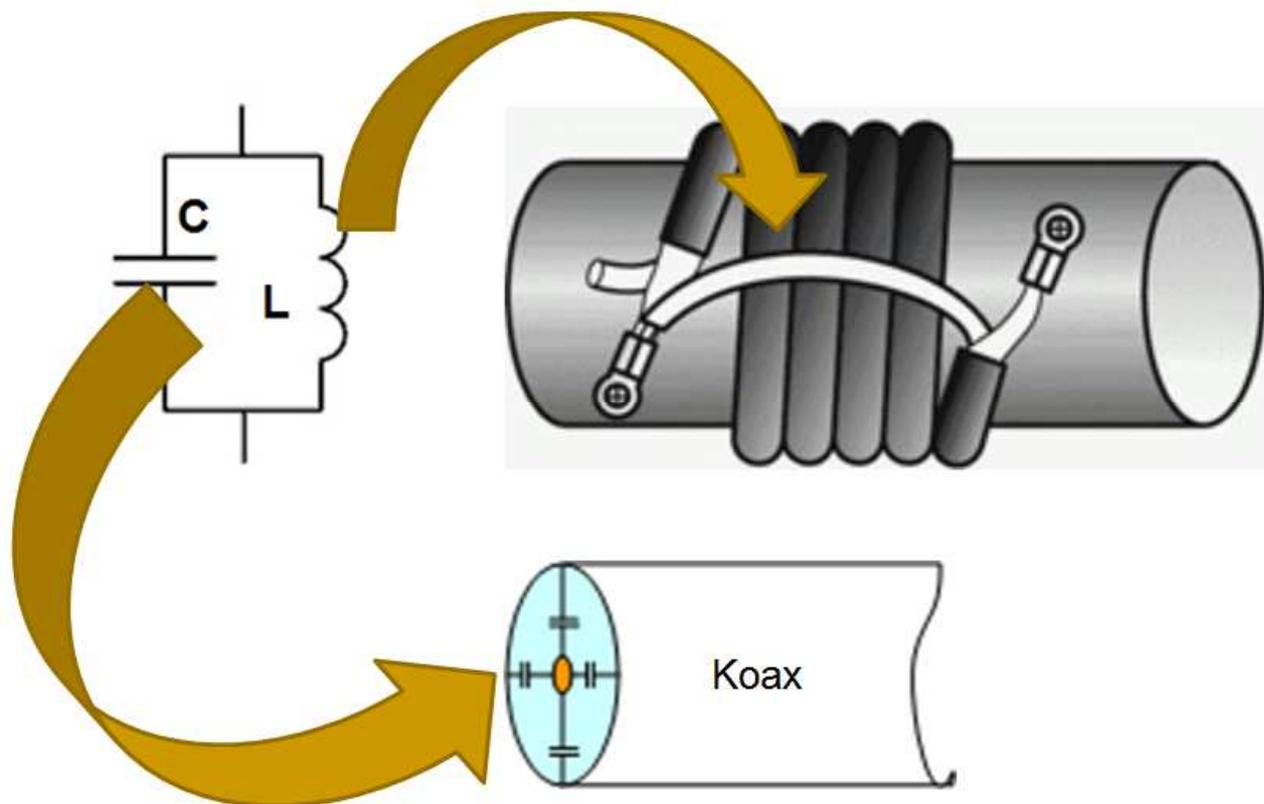


Bild 9

Wie oben erwähnt, besitzt unser Koaxialkabel eine bestimmte Kapazität auf dessen Länge. Die Windungen erzeugen unsere gewünschte Induktivität. So erzeugt man durch ein geschicktes Wicklungsverhältnis ein LC-Verhältnis, welches uns die gewünschte Resonanzfrequenz ergibt.

Man kann dieses Verhältnis nur schwer berechnen, doch findet man durch Ausprobieren auch dessen Verhältnis. Am einfachsten jedoch liefert uns ein Computerprogramm alle nötigen Angaben.

VE6YP stellt uns ein Berechnungsprogramm unter folgendem Link zu Verfügung, welches hier später, beim Bau der Traps, zur Anwendung kommt:

<http://www.qsl.net/ve6yp>

2 Vorbereitung

2.1 Bauteile

Ich werde alle benötigten Bauteile mitbringen, ausgenommen die Radials. Eine detaillierte Stückliste befindet sich im Anhang.

2.2 Werkzeuge



Bild 10

Wir benötigen für den Bau der Antenne Werkzeuge wie im Bild oben gezeigt. Auf dem Notizblock im Bild befindet sich eine Stecknadel, welche wir zum Entflechten der Abschirmung des Koaxialkabels brauchen. Als Schraubenzieher-Typ benötigen wir je einen 3-mm-Schlitzschrauben und M3-Kreuzkopf.

3 20-m-Trap

3.1 Trap berechnen

Coaxial Trap Design

Design Parameters

Frequency: 14.050 MHz

Form Diameter: 3.2 cm

Coax Diameter: 0.254 cm

Capacitance: 101.050 pF/m

Select coax cable type: Belden 8216 RG174/U

Units

Metric

British

Calculated: Turns: 6.82 L: 1.660 uH

Coil Length: 1.73 cm C: 77.30 pF

Coax Length: 76.49 cm X: 146.55 ohms

End Sensitivity: 89.61 kHz/cm

Turn Sensitivity: 233.14 kHz/cm

Length/Diameter: 0.50

Help Quit

Bild 11

3.2 20-m-Trap herstellen

Wir geben im Berechnungsprogramm bei "Form Diameter" unseren PVC-Rohrdurchmesser von 3.2 cm ein. Als Koaxialkabel-Typ wählen wir RG174U.

Das Programm errechnet uns theoretisch 6.82 Windungen. Damit wir aber beim nachfolgenden "Tunen" des Traps etwas mehr Spielraum haben, wählen wir 6 5/8 Windungen.

Die theoretische Koaxialkabel-Länge 76.49 cm schneiden wir auf 83 cm zu, damit wir genügend Anschlusslängen haben. Das Koaxialkabel aber lassen wir noch, wie es ist – also noch nicht abisolieren, sonst können wir es nicht mehr durch die Bohrungen a.) und b.) durchführen.



Bild 12

Als erstes bohren wir das Loch a.) mit $\varnothing 3$ mm, gemäss den Abständen auf dem Bild.



Bild 13

Dann bohren wir das Loch b.) mit $\varnothing 3$ mm, gemäss den Abständen auf dem Bild.



Bild 14

Dann bohren wir die 6 restlichen Bohrungen, ebenfalls mit $\varnothing 3$ mm gemäss Bild.

Diese Bohrungen dienen später für die beiden Lötösen-Anschlüsse. Damit wir keine Probleme beim späteren Anlöten der Anschlüsse haben, sind 2 x 3 Bohrungen vorgesehen. Wir wählen dann die besser passenden Bohrungen für die Aufnahme der Lötösen.

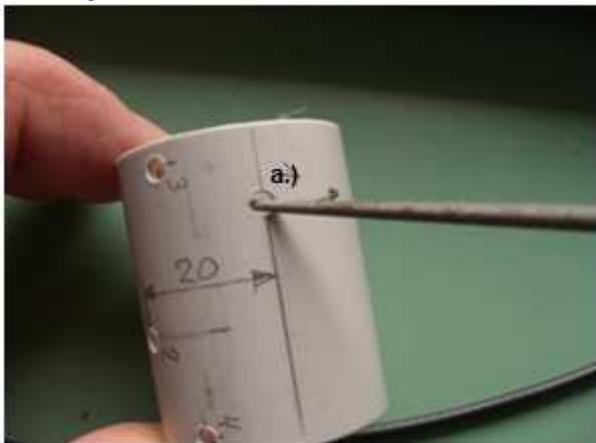


Bild 15

Als nächstes beseitigen wir die Kanten der beiden Bohrungen a.) und b.), damit das Koaxialkabel später nicht zu arg geknickt wird. Knicken wir das Koaxialkabel zu fest, gehen wir die Gefahr ein, dass es dort bei höherer Leistung durchschlägt und es zu einem Kurzschluss zwischen Seele und Abschirmung kommt.

Die Entgratung erfolgt nur an der oberen Kante, Richtung oben, als dem Wicklungssinn entlang.

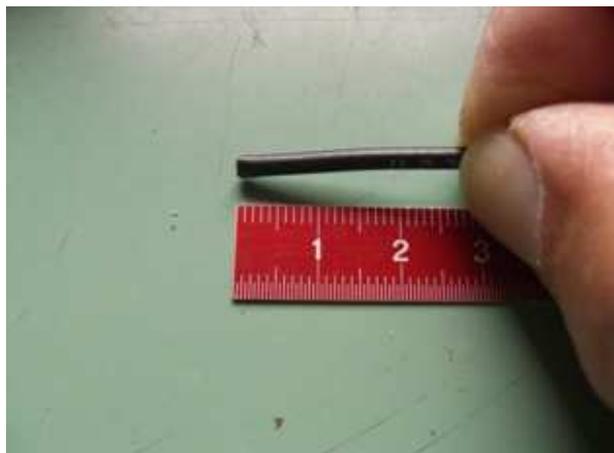


Bild 16



Bild 17

Dann nehmen wir das Koaxialkabel und markieren dieses mit dem Daumnagel bei 25 mm fest und führen dieses in die Bohrung a.) ein, gemäss Bild 17.



Bild 18

Dann wickeln wir das Koaxialkabel nach oben auf unser PVC-Rohr und führen das andere Ende durch das Loch b.).

Wichtig ist hier, dass ganz eng gewickelt wird und kein Abstand zwischen den Windungen entsteht, ansonsten werden die vorgesehenen Werte nicht erreicht.



Bild 19



Bild 20

Dann fixieren wir die Windungen mit einem Isolierband. Beim Aufbringen des Isolierbandes müssen wir fest ziehen am Band, damit es etwas gedehnt wird. Damit umschliesst das Isolierband die Wicklungen schön. Haben wir alle Koaxialkabel-Windungen abgedeckt, schneiden wir das Isolierband ab, wie in Bild 20 dargestellt.



Bild 21



Bild 22

Nun schneiden wir das Ende des Isolierbandes gemäss Bild 21 zurecht. Dadurch hält das Isolierband besser, siehe Bild.

Um das Ablösen des Isolierbandes zu verhindern, kann man etwas Silikon über dem Ende anbringen.



Bild 23



Bild 24

Dann entfernen wir den Koaxialkabelmantel auf der Seite a.) auf 10 mm, siehe Bild 23.

Dasselbe tun wir auf der Gegenseite, also dem Koax-Ende b.), auf 32 mm, siehe Bild 24.

Am besten erledigen wir dies mit einem nicht zu scharfen Sackmesser, damit wir beim Einschneiden nicht den Koaxialkabelschirm durchschneiden.

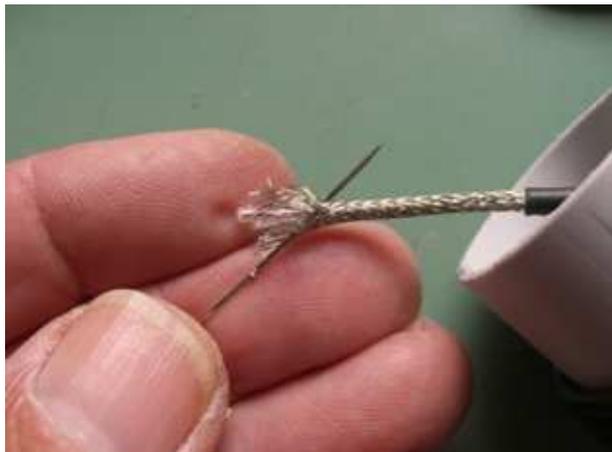


Bild 25

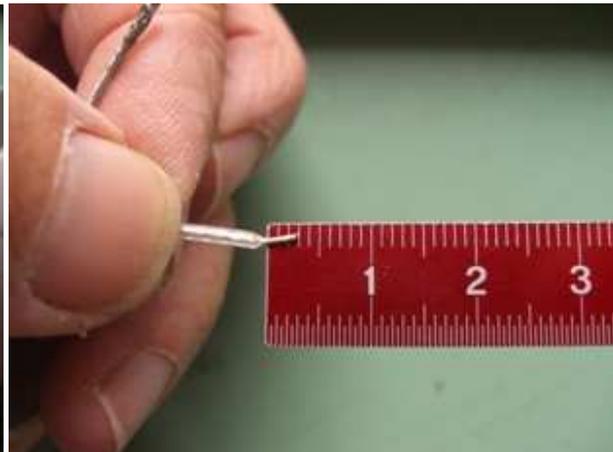


Bild 26

Nun entflechten wir die beiden Enden mit einer Stecknadel, siehe Bild 25.

Danach schneiden wir die innere Isolation zurecht und legen etwa 3-4 mm der Seele frei, siehe Bild 26.



Bild 27

Danach verzinnen wir alle vier Enden. Achtung, die Abschirmungs-Enden nicht zu viel verzinnen, nur an der äussersten Spitze. So können wir beim späteren Tunen der Traps diese wieder auflösen.



Bild 28

Dann verlöten wir den kurzen Koaxialkabelschirm a.) mit der langen Koaxialkabelseele b.) gemäss Bild 28.

Nun können wir den Trap erstmals auf seine Resonanz prüfen. Dies erledigen wir gemäss Kapitel 6.



Bild 29

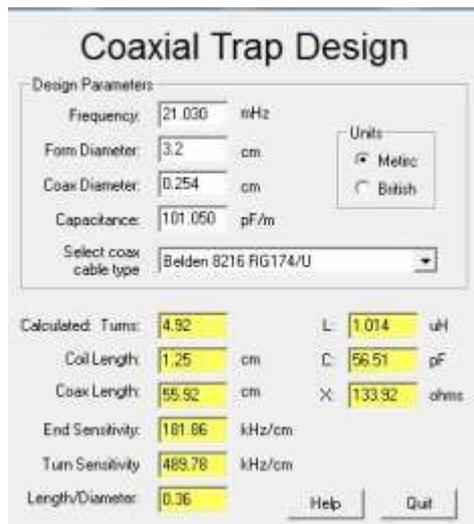
Wenn wir den Trap fertig getunt haben, verlöten wir die Anschlüsse mit den angebrachten Lötösen gemäss Bild. Dabei benutzen wir diejenigen Bohrungen, die am besten passen, damit ja kein Kurzschluss zwischen Seele und Mantel entsteht.

Danach beschriften wir den Trap mit einem Filzschreiber: Band, Resonanzfrequenz und Q.

Damit haben wir unseren ersten Trap fertig.

4 15-m-Trap

4.1 Trap berechnen



Design Parameters	
Frequency:	21.030 MHz
Form Diameter:	3.2 cm
Coax Diameter:	0.254 cm
Capacitance:	101.050 pF/m
Select coax cable type	Belden 8216 RG174/U

Units:
 Metric
 British

Calculated	
Turns:	4.92
L:	1.014 uH
Coil Length:	1.25 cm
C:	56.51 pF
Coax Length:	55.92 cm
X:	133.92 ohms
End Sensitivity:	181.86 kHz/cm
Turn Sensitivity:	489.78 kHz/cm
Length/Diameter:	0.36

Help Quit

Bild 30

Wir geben bei "Form Diameter" unseren PVC-Rohrdurchmesser von 3.2 cm ein.

Als Koaxialkabel-Typ wählen wir RG174U.

Das Programm errechnet uns theoretisch 4.92 Windungen. Damit wir aber beim nachfolgenden "Tunen" des Traps etwas mehr Spielraum haben, wählen wir 5 5/8 Windungen.

Die theoretische Koaxial-Kabel-Länge 55.92 cm schneiden wir auf 60.5cm zu, damit wir genügend Anschlusslängen haben. Das Koaxialkabel aber lassen wir noch wie es ist – also noch nicht abisolieren, sonst können wir es nicht mehr durch die Bohrungen a.) und b.) durchführen.

4.2 15-m-Trap herstellen

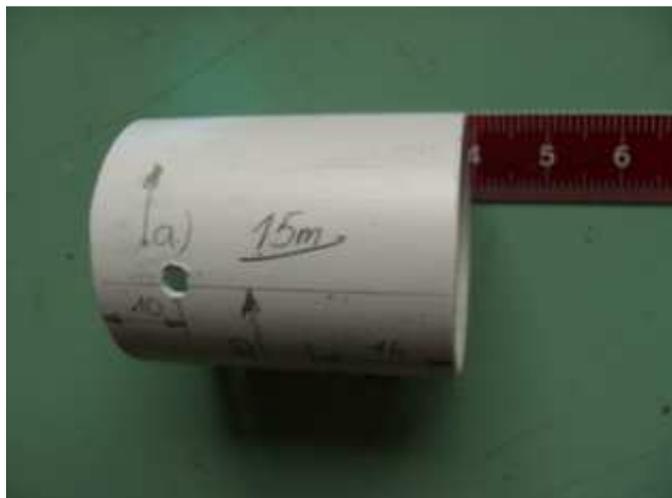


Bild 31

Als erstes bohren wir das Loch a.) mit \varnothing 3 mm, gemäss den Abständen auf dem Bild.



Bild 32

Dann bohren wir das Loch b.) mit $\varnothing 3$ mm, gemäss den Abständen auf dem Bild.



Bild 33

Dann bohren wir die 6 restlichen Bohrungen, ebenfalls mit $\varnothing 3$ mm gemäss Bild.

Diese Bohrungen dienen später für die beiden Lötösen-Anschlüsse. Damit wir keine Probleme beim späteren Anlöten der Anschlüsse haben, sind 2 x 3 Bohrungen vorgesehen. Wir wählen dann die besser passenden Bohrungen für die Aufnahme der Lötösen.



Bild 34

Als nächstes beseitigen wir die Kanten der beiden Bohrungen a.) und b.), damit das Koaxialkabel später

nicht zu arg geknickt wird. Knicken wir das Koaxialkabel zu fest, gehen wir die Gefahr ein, dass es dort bei höherer Leistung durchschlägt und es zu einem Kurzschluss zwischen Seele und Abschirmung kommt. Die Entgratung erfolgt nur an der oberen Kante, Richtung oben, also dem Wicklungssinn entlang.

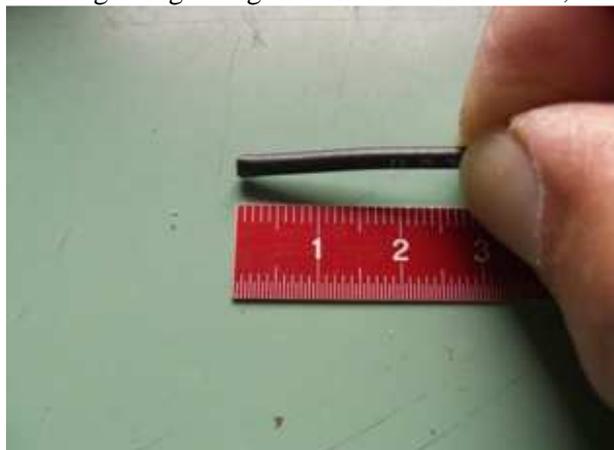


Bild 35



Bild 36

Dann nehmen wir das Koaxialkabel und markieren dieses mit dem Daumnagel bei 25mm fest und führen dieses in die Bohrung a.) ein, gemäss Bild 36.



Bild 37

Dann wickeln wir das Koaxialkabel nach oben auf unser PVC Rohr und führen das andere Ende durch das Loch b.).

Wichtig dabei ist, dass ganz eng gewickelt wird und kein Abstand zwischen den Windungen entsteht, ansonsten werden die vorgesehenen Werte nicht erreicht.



Bild 38



Bild 39

Dann fixieren wir die Windungen mit einem Isolierband. Beim Aufbringen des Isolierbandes müssen wir fest ziehen am Band, damit es etwas gedehnt wird. Damit umschliesst das Isolierband die Wicklungen schön. Haben wir alle Koaxialkabel-Windungen abgedeckt, schneiden wir das Isolierband ab, wie in Bild 40 dargestellt.



Bild 40



Bild 41

Nun schneiden wir das Ende des Isolierbandes gemäss Bild 40 zurecht. Dadurch hält das Isolierband besser, siehe Bild 41.

Um das Ablösen des Isolierbandes zu verhindern, kann man etwas Silikon über dem Ende anbringen.



Bild 42



Bild 43

Dann entfernen wir den Koaxialkabelmantel auf der Seite a.) auf 10 mm, siehe Bild 42.

Dasselbe tun wir auf der Gegenseite, also dem Koax-Ende b.), auf 30 mm, siehe Bild 43.

Am besten erledigen wir dies mit einem nicht zu scharfen Sackmesser, damit wir beim Einschneiden nicht den Koaxialkabelschirm durchschneiden.

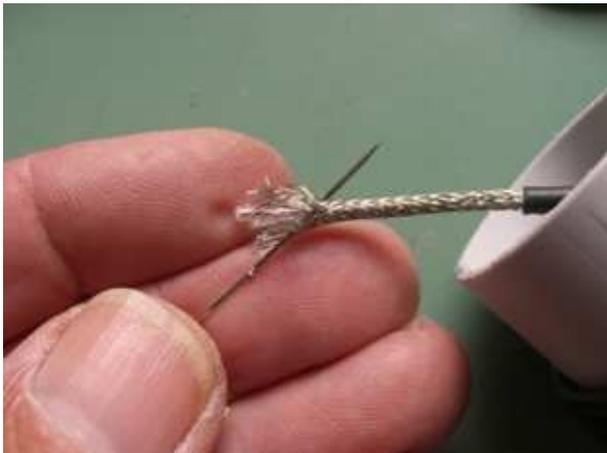


Bild 44

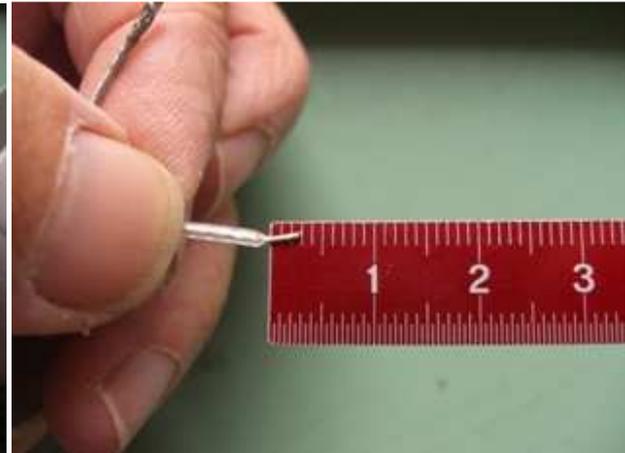


Bild 45

Nun entflechten wir die beiden Enden mit einer Stecknadel, siehe Bild 44.

Danach schneiden wir die innere Isolation zurecht und legen etwa 3-4 mm der Seele frei, siehe Bild 45.

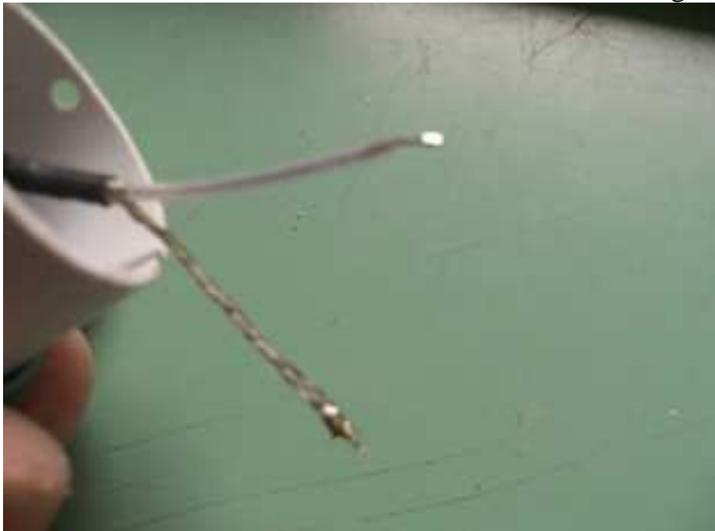


Bild 46

Danach verzinnen wir alle vier Enden. Achtung, die Abschirmung-Enden nicht zu viel verzinnen, nur an der äussersten Spitze. So können wir beim späteren Tunen der Traps diese wieder auflösen.



Bild 47

Dann verlöten wir den kurzen Koaxialkabelschirm a.) mit der langen Koaxialkabelseele b.) gemäss Bild 47.

Nun können wir den Trap erstmals auf seine Resonanz prüfen. Dies erledigen wir gemäss Kapitel 6.



Bild 48

Wenn wir den Trap fertig getunt haben, verlöten wir die Anschlüsse mit den angebrachten Lötösen gemäss Bild 48. Dabei benutzen wir diejenigen Bohrungen, die am besten passen, damit ja kein Kurzschluss zwischen Seele und Mantel entsteht.

Danach beschriften wir diesen mit einem Filzschreiber. Band, Resonanzfrequenz und Q

Damit haben wir den zweiten Trap fertig.

5 10-m-Trap

5.1 Trap berechnen

Coaxial Trap Design

Design Parameters

Frequency: 28.1 MHz

Form Diameter: 2.1 cm

Coax Diameter: 0.254 cm

Capacitance: 101.050 pF/m

Select coax cable type: Belden 8216 RG174/U

Units

Metric

British

Calculated: Turns: 5.71 L: 0.709 uH

Coil Length: 1.45 cm C: 45.25 pF

Coax Length: 44.78 cm X: 125.16 ohms

End Sensitivity: 301.00 kHz/cm

Turn Sensitivity: 786.06 kHz/cm

Length/Diameter: 0.62

Help Quit

Bild 49

Wir geben bei "Form Diameter" unseren PVC-Rohrdurchmesser von 2 cm (1.97) x 3.5 cm ein.

Als Koaxialkabel-Typ wählen wir RG174U.

Das Programm errechnet uns theoretisch 5.71 Windungen. Damit wir aber beim nachfolgenden "Tunen" des Traps etwas mehr Spielraum haben, wählen wir 6 Windungen.

Die theoretische Koaxial-Kabel-Länge 44.78 cm schneiden wir auf 49.5cm zu, damit wir genügend Anschlusslängen haben. Das Koaxialkabel aber lassen wir noch wie es ist – also noch nicht abisolieren, sonst können wir es nicht mehr durch die Bohrungen a.) und b.) durchführen.

5.2 10-m-Trap herstellen



Bild 50

Als erstes bohren wir die Löcher a.) und b.) mit je \varnothing 3 mm, gemäss den Abständen auf dem Bild.

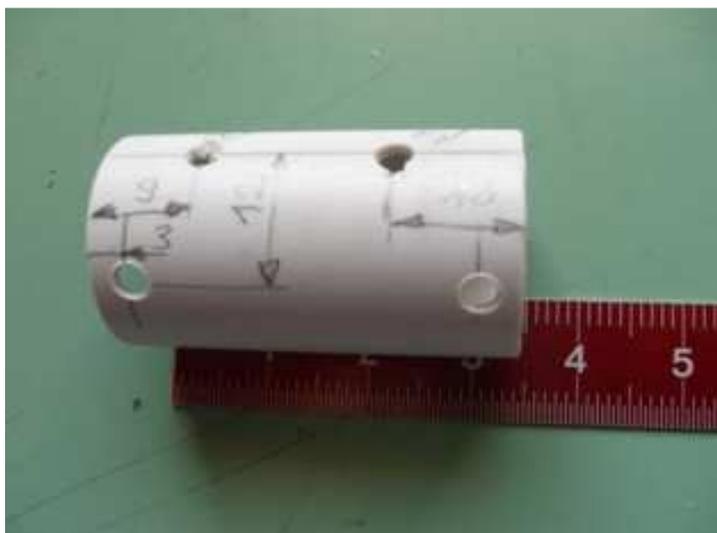


Bild 51

Dann bohren wir die 2 restlichen Lötösen- Bohrungen, ebenfalls mit $\varnothing 3$ mm gemäss Bild. Diese Bohrungen dienen später für die beiden Lötösen-Anschlüsse. Beim 10-m-Trap sind die Platzverhältnisse eng, daher ist es manchmal besser, diese beiden Lötösen-Bohrungen erst am Schluss zu machen, um allfällige Kurzschlüsse zu vermeiden.



Bild 52

Als nächstes beseitigen wir die Kanten der beiden Bohrungen a.) und b.), damit das Koaxialkabel später nicht zu arg geknickt wird. Knicken wir das Koaxialkabel zu fest, gehen wir die Gefahr ein, dass es dort bei höherer Leistung durchschlägt und es zu einem Kurzschluss zwischen Seele und Abschirmung kommt. Die Entgratung erfolgt nur an der oberen Kante, Richtung oben, also dem Wicklungssinn entlang.

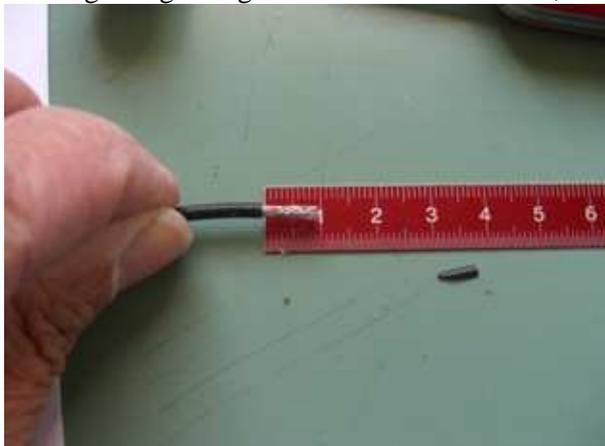


Bild 53

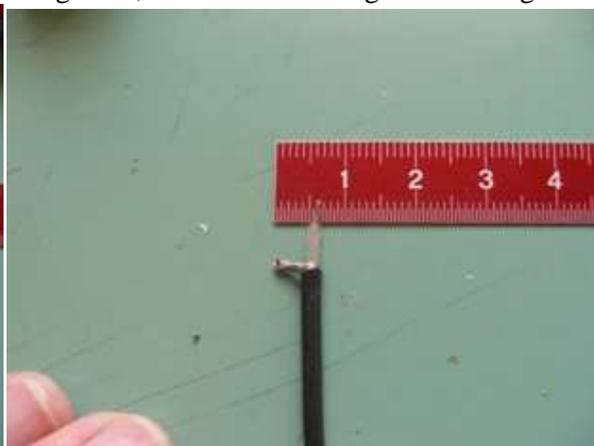


Bild 54

Bei diesem kleinen Trap-Durchmesser gehen wir etwas anders vor als bei den 15-m- und 20-m-Traps.

Als erstes entfernen wir die Isolation auf 11 mm, dann entflechten und verlöten die Enden wie in Bild 54 gezeigt vorgängig.



Bild 55



Bild 56

Dann führen wir das andere Koaxialkabelende von der Bohrung her durch die Bohrung a.) Wir ziehen das Koaxialkabel soweit zurück wie im Bild oben gezeigt.

Dann bringen wir die 6 Windungen auf, stecken das Ende durch die Bohrung b.) wie in Bild 55.

Danach entfernen wir die Isolierung auf 25 mm wie in Bild 56.



Bild 57

Dann entflechten wir die Seite b.) und verzinnen die auf 3 mm freigelegte Seele wie in Bild 57 gezeigt.



Bild 58

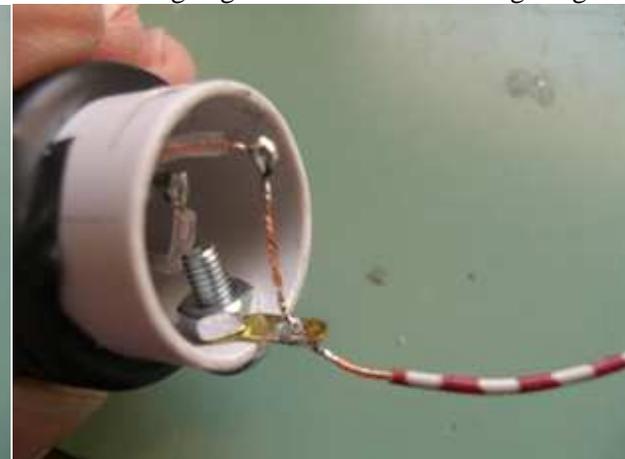


Bild 59

Dann verlöten wir die Seele b.) mit dem gekürzten Schirm a.) wie in Bild 59.

Die Platzverhältnisse sind beim 10-m-Trap sehr eng, dadurch lässt sich die Lötöse nur schwer platzieren, um einen Kurzschluss zwischen Schirm a.) und der Lötösen-Schraube zu vermeiden.

In Bild 59 sehen wir, wie wir einen möglichen Kurzschluss zum vornhinein umgehen können. Wir führen den blanken Antennenleiter durch die Lötöffnung der Lötöse und verlöten den Antennenleiter direkt mit der Seele a.) wie in Bild 59.

Dieses kurze Stück Draht zwischen Seele a.) und Lötöse gehört dann einfach schon zum Antennenleiter, wie wir das in der Theorie erfahren haben. Der Antennenstrahler beginnt dort, wo die Abschirmung aufhört.



Bild 60



Bild 61

Dann fixieren wir die Windungen mit einem Isolierband. Beim aufbringen des Isolierbandes müssen wir fest ziehen am Band, damit es etwas gedehnt wird. Damit umschliesst das Isolierband die Wicklungen schön.

Haben wir alle Koaxialkabel-Windungen abgedeckt, schneiden wir das Isolierband ab, wie in Bild 62 und 63 dargestellt.



Bild 62



Bild 63

Nun schneiden wir das Ende des Isolierbandes gemäss Bild 62 zurecht.

Dadurch hält das Isolierband besser, siehe Bild 63.

Um das Ablösen des Isolierbandes zu verhindern, kann man etwas Silikon über dem Ende anbringen.

6 Traps prüfen und abgleichen

6.1 Prüfmöglichkeiten

1. Dipmeter
2. Antennen-Analyzer MFJ
3. Transceiver und Oszilloskop
4. Network-Analyzer

Nachfolgend ein paar weitere Informationen zu diesen Prüfmethoden.

6.2 Prüfen mit dem Dipmeter

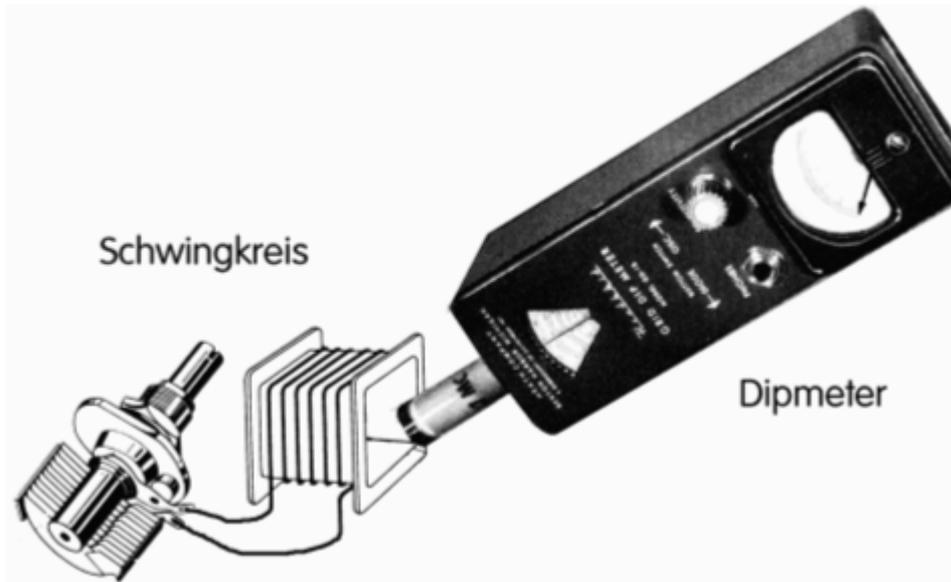


Bild 64

Beim Prüfen koppelt man die Spule des Dipmeters möglichst lose an unseren Trap (Schwingkreis), so dass wir gerade noch einen Dip feststellen. Das lose Koppeln ist wichtig, damit wir nicht den Schwingkreis des Dipmeters belasten, was zu einem vergrößerten Messfehler führen würde. Die Analoganzeigen der Dipmeter sind für uns zu ungenau, daher benutzen wir parallel dazu einen Kontrollempfänger auf der gewünschten Frequenz.

6.3 Prüfen mit dem Antennen- Analyzer



Bild 65



Bild 66

Hier missbrauchen wir quasi den Antennen-Analyzer als Dipmeter. Am Antennenausgang bringen wir eine

Spule, bestehend aus zwei, drei Windungen Schaltdraht, an. Das Vorgehen ist das gleiche wie oben beim Dipmeter beschrieben. Als Vorteil haben wir hier die genaue Frequenzangabe des Analyzers. Auch hier gilt: möglichst lose koppeln!

6.4 Prüfen mit Signalgenerator und Oszilloskop



Bild 67

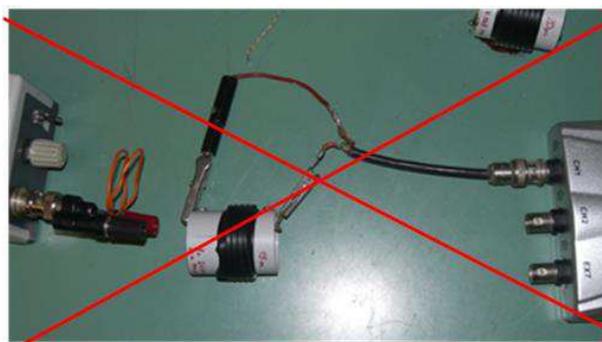


Bild 68

Im Bild oben benutzen wir einen einfachen Frequenzgenerator mit Frequenzanzeige zum Einkoppeln. Dabei bringen wir auch ein paar Windungen Schaltdraht an den Ausgang des Frequenzgenerators. Als Anzeige-Auswertung benutzen wir ein einfaches Oszilloskop. Auch beim Oszilloskop-Eingang bringen wir ein paar Windungen Schaltdraht an den Eingang an. Nun legen wir unseren Trap zwischen diese beiden Koppelspulen von Frequenzgenerator und Oszilloskop. Das Oszilloskop kann ein einfaches sein, der Frequenzgang ist nicht so wichtig, denn wir brauchen keine Absolutmessung, sondern nur einen Unterschied der Amplitude. Im nachfolgenden Bild sehen wir die Resultate an einem Messbeispiel.



Frequenz wird auf grösste Amplitude am KO abgestimmt, hier 8 Kästchen = Mittenfrequenz



Frequenz wird verringert, bis 5.6 Kästchen (3 dB) in der Amplitude ablesbar sind = f Min



Frequenz wird erhöht, bis wieder 5.6 Kästchen (3 dB) in der Amplitude ablesbar sind = f Max

Daraus lässt sich einfach das $Q_{(3dB)}$ des Sperrkreises errechnen:

$$Q_{3dB} = f_{\text{Mittenfreq.}} / (f_{\text{Max}} - f_{\text{Min}}) = 14.064 \text{ MHz} / (14.143 - 13.9603 \text{ MHz}) = \sim \underline{\underline{77}}$$

Bild 69: Messbeispiel für einen 14-MHz-Trap

Mittels Abstand der beiden Koppelspulen von Frequenzgenerator und Oszilloskop stellen wir die Höhe der Amplitude so ein, dass total 8 Kästchen im Resonanzfall (höchste Amplitude beim Durchdrehen des Frequenzgenerators) ausgefüllt sind. Im Bild oben rechts lesen wir die Frequenz 14.0639 ab, das ist die Frequenz bei höchster abzulesender Amplitude am Oszilloskop. Danach verringern wir die Frequenz soweit, bis nur noch 5.6 Kästchen von der Amplitude ausgefüllt sind,

siehe Bild mitte links. Dabei lesen wir wiederum die Frequenz ab und schreiben uns diese auch auf, Bild Mitte rechts.
 Zum Schluss erhöhen wir die Frequenz soweit, bis nur noch 5.6 Kästchen von der Amplitude ausgefüllt sind, siehe Bild unten links.
 Mit diesen Angaben können wir das Q des Traps ausrechnen, siehe Bild oben, gelb markierter Kasten.

6.5 Prüfen mit dem Network-Analyzer

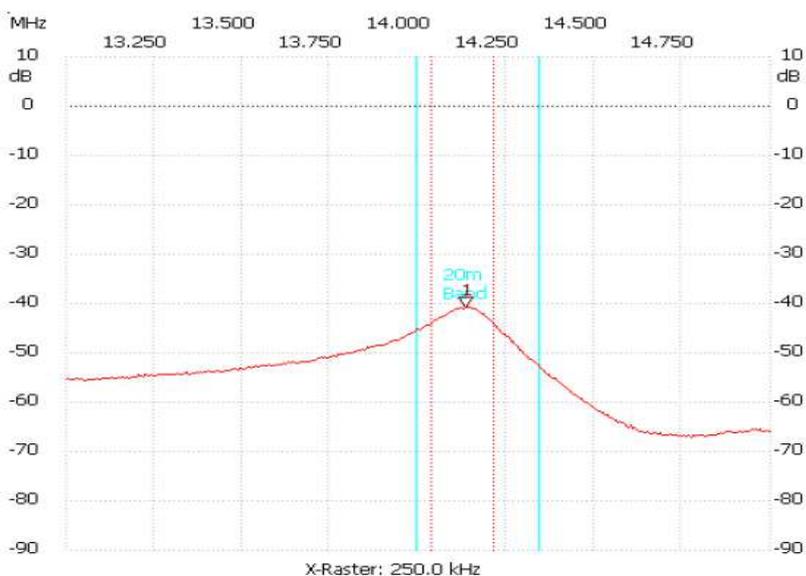


Bild 70

Am einfachsten geht es natürlich mit einem Network-Analyzer. Hier im Bild sehen wir den Network-Analyzer vom "Funkamateuer". Der Trap wird wiederum zwischen die beiden Koppelspulen gelegt. Um eine möglichst geringe Dämpfung von Tisch und Umgebung zu erreichen, liegt der Trap nicht direkt auf dem Tisch, sonder ein paar cm abgehoben auf einer Plexiglas-Schale.

NWT 4 Linux & Windows 27 Februar 2015, 11:27

Startfrequenz: 13.000000 MHz; Endfrequenz: 15.000000 MHz; Schrittweite: 5.013 kHz
 Messpunkte: 400; Zwischenzeit: 0 uSek



Kursor 1:

14.132832 MHz

Kanal1: -40.74dB

Kanal 1

max:-40.74dB 14.117794MHz

min:-67.18dB 14.769424MHz

B3db: 175.439 kHz

Q: 80.51

f1: 14.037594 MHz

fm: 14.125313 MHz

f2: 14.213033 MHz

Bild 71

Als Mess-Ausgabe erhalten wir alle nötigen Messgrößen auf einmal.

7 Einflüsse beim Tunen

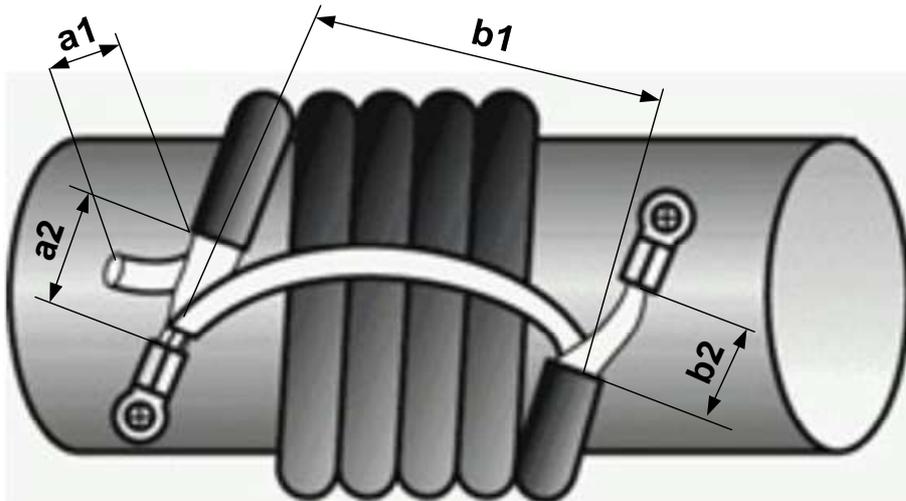


Bild 72

Folgende Theorie müssen wir uns vor Augen halten:

- Die Länge a_1 und Länge b_2 gehören zur gesamten Antennen-Länge.
- Ist die Resonanzfrequenz zu tief, müssen wir den Koax-Schirm verkürzen, a_2 oder b_2 wird länger.
- Änderungen an a_2 und b_1 wirken sich auch auf die Resonanz aus.

Auch hier herrscht die Grundlagen-Theorie: mehr Kapazität C erniedrigt die Resonanzfrequenz, oder umgekehrt. Mehr Induktivität erniedrigt die Resonanzfrequenz, oder umgekehrt.



Bild 73

Verkürzen wir beispielsweise die Lötstelle von b_1) und a_2), dann verschiebt sich die Frequenz beim 15-m-Trap folgendermassen:

Seele b (langer Seelenanschluss) bei 1 angelötet, ergibt eine Resonanz bei	21.030 MHz
Seele b (langer Seelenanschluss) bei 2 angelötet, ergibt eine Resonanz bei	21.120 MHz

Aus praktischer Erfahrung legt man beim Abgleichen der Traps den Resonanzpunkt eher zum Bandende hin. Grund: der Resonanzkreis (Trap) wird durch das Ankoppeln immer etwas mehr oder weniger belastet, so dass die tatsächliche Resonanz etwas höher liegt als die gemessene.

8 Speisung und Antennenfusspunkt

8.1 Die Fusspunkt- Impedanz

Unsere Vertikal-Antenne ist ja asymmetrisch und weist erfahrungsgemäss eine Impedanz von etwa 40Ω auf. Die theoretische Fusspunktimpedanz von 30Ω ist nur gegeben, wenn der Grund, das Erdnetz perfekt ist, siehe Bild 74.

Als perfekten Grund bezeichnet man eine Metallfläche, Salzwasser oder 100 Stück Radiale.

Wir aber benutzen der Einfachheit halber nur ein Radial, das wir nur auf den Boden legen. Diese Anordnung geht nun schon in Richtung "elevated radial", und die Fusspunktimpedanz steigt auf einen Zwischenwert vom theoretischen Impedanzwert von 30Ω , hin zum Dipol- Impedanzwert von 60Ω . Daher können wir ein Koaxialkabel direkt anschliessen.

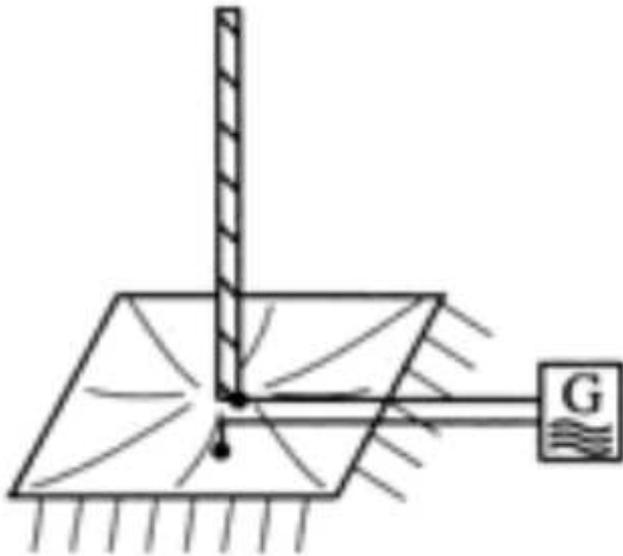


Bild 74 Ein $\lambda/4$ Strahler weist eine theoretische Fusspunkt-Impedanz von ca. $\geq 30 \Omega$ auf.

8.2 Die Anschluss-Box

Für das Anschliessen der Antenne und der Radials bedienen wir uns eines einfachen Gehäuses, siehe Bild 77.

Ein solches Gehäuse bietet uns auch einen gewissen Wetterschutz. Ein Beispielgehäuse ist aus der Stückliste am Schluss aufgeführt. Ein Bohrplan erübrigt sich hier wohl, da alles einfach ausgeführt werden kann.

8.3 Die Mantelwellen-Sperre

Um Gleichtaktströme zu unterdrücken, also Mantelwellen zu unterdrücken, setzen wir auch eine Mantelwellensperre ein.

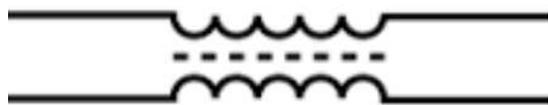


Bild 75

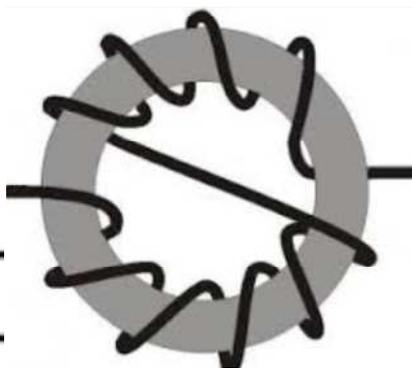


Bild 76

Bild 75 zeigt das Symbol einer Mantelwellen-Sperre, auch Strom-Balun genannt.

Bild 76 zeigt eine Möglichkeit, wie der Balun gewickelt wird. Das Kreuzen des Koaxialkabels im Bild 76 bewirkt, dass ein Kabelende links weggeführt, das andere Kabelende nach rechts weggeführt. Diese Wicklungsart hat keinen Einfluss auf Wickelsinn usw.

8.4 Herstellung der Mantelwellen-Sperre

Wir stellen die Mantelwellen-Sperre mit RG174 her, dem selben Koaxialkabel-Typ wie bei den Traps. Die Koaxialkabellänge ist unkritisch und beträgt etwa 55 cm.

Wir bewickeln den Kern quasi voll, so dass die beiden Enden lang genug sind, um diese am BNC-Stecker und der Reihenklemme anschliessen zu können, siehe Bild 77.



Bild 77: Anschlussbox geöffnet

Beim Ende zur BNC-Buchse entfernen wir die Isolation auf etwa 15 mm und entflechten dieses wie oben schon erwähnt mit einer Stecknadel. Beim gegenüberliegende Ende entfernen wir die Isolation auf etwa 35 mm und entflechten diese ebenfalls.



Bild 78



Bild 79

Danach verlöten wir das Ende zur BNC-Buchse, siehe Bild 77.

Das gegenüber liegende längere Ende führen wir durch die vorhin angebrachte Bohrung (\varnothing 2mm) hin zur Reihenklemme.

Die Seele schrauben wir an der rechten äussersten Reihe an, siehe Bild 79.

Den Koaxialkabel-Schirm schrauben wir bei der zweiten, daneben liegenden Reihe an.

Nun fädeln wir noch einen blanken Draht durch die übrigen Reihen und schrauben diesen auch fest, siehe Bild 79.

Danach beschriften wir noch unseren späteren Antennenanschluss, siehe Bild 79.

Die restlichen vier Reihen dienen dann als Anschluss der Radials.

9 Inbetriebnahme und Tunen

9.1 Montage am Mast



Bild 80

Am einfachsten befestigt man die Antenne mit Klebeband am Mast.

Unsere Antenne hat eine Gesamtlänge von etwa 4.3 m. Daher genügt ein üblicher Fibermast von 8 m. Dabei kann man diesen so zerlegen, dass man die dickeren Rohrteile oder aber die dünneren Rohrteile des Mastes dafür vorsieht. Aus Gewichtsgründen habe ich die dünneren gewählt, die Stabilität ist noch gut genug.

Am einfachsten beginnt man mit der Befestigung der Antenne unten, also mit dem 10-m-Strahler-Teil. Das 10-m-Strahler-Ende klebe ich bündig mit dem Mastunterteil zusammen, etwa 10-15 cm oberhalb des

Mastfusses, wie im Bild oben gezeigt.

Dann fixieren wir die restlichen Antennenteile jeweils unter dem Trap mit Klebeband an den Mast. Nun stellen wir den Mast mit der Antenne auf und befestigen diesen an unserem gewählten Fixierpunkt. In unserem Falle ist das ein Stück Besenstiel, den wir vorgängig im Boden eingeschlagen haben. Dann schliessen wir die Antenne am Antenneneingang unserer Box an, welche wir in die Nähe des Antennenmastfusses legen.

9.2 Die Radials

Nachdem wir den Antennenmast mit der Antenne aufgerichtet haben, befestigen wir unsere 4 vorbereiteten Radials mit folgenden Längen:

10-m-Radial = 2.53 m

15-m-Radial = 3.38 m

20-m-Radial = 5.05 m

30-m-Radial = 7.04 m

Diese Radials legen wir sternförmig vom Zentrum des Antennenfusses aus.

9.3 Strahlerlängen tunen

Wichtig ist, dass wir mit dem 10-m-Antennenteil beginnen.

Also lösen wir nach dem 10-m-Trap Antenne den restlichen Teil der Antenne, wenn wir diese schon zusammengelötet haben. Klüger ist es, diese also zu Beginn noch nicht zusammen zu löten.

Wir haben nun nur den 10-m-Vertikalteil und den 10-m-Radial in Betrieb. Die möglichen weiteren ausgelegten Radials stören uns dabei nicht. Den 10-m-Trap belassen wir jedoch am Ende des 10-m-Strahlers. Nun überprüfen wir das SWR im 10-m-Band, also mit der gewünschten Frequenz. Wir suchen die Resonanz, an welcher wir das beste SWR erhalten und schreiben uns diese Frequenz auf.

Beispiel: unsere gemessene Resonanz liegt bei 27.500 MHz, wir aber möchten die Antenne bei 28.500 MHz benützen. Die Resonanz liegt also tiefer, das heisst unser Strahler ist zu lang. Wir haben nun die Möglichkeit die Antenne cm um cm zu kürzen, bis wir eine akzeptable Resonanzfrequenz und deren SWR erhalten.

Dieser Weg wird in Amateurräumen oft begangen und ist nicht schlecht. Man kann die Längenänderungen aber auch mit einer Formel berechnen.

Dafür gibt es heute hilfreiche Computerprogramme oder Hilfsmittel. Ich benutze gerne das Excel-File von DK1NB, wie nachfolgendes Bild 81 zeigt.

Link: <http://home.arcor.de/dk1nb/>

Benutzername: hans

Passwort: dk1nb

Antennen ohne Verkürzung							
	MHz	$\lambda/2$ [m]	$\lambda/4$ [m]	l/d	V	$\lambda/2*V$ [m]	$\lambda/4*V$ [m]
Antennenresonanz ist	27.555	5.440	2.720	13600	0.960	5.222	2.611
Antennenresonanz soll	28.500	5.260	2.630	13149	0.960	5.049	2.524
Leiterdurchmesser [mm]	0.8						
Antenne verkürzen [cm]						17.315	8.657
Antenne verlängern [cm]							

Bild 81

Angenommen, wir messen die beste Resonanz bei 27.555 MHz. Also füllen wir diese Zahl in die Excel-Tabelle ein, so wie im Bild. Dazu müssen wir die Sollfrequenz noch eingeben, hier ist 28.500 gewählt. Und zum Schluss geben wir noch den Durchmesser des Antennendrahtes ein, der auch einen geringfügigen Einfluss auf die Resonanz hat. Da im obigen Beispiel unsere Wunschresonanz zu tief liegt, müssen wir den Strahler also verkürzen, und zwar 8.657 cm. Wohlverstanden wir bauen ja eine $\lambda/4$ -Antenne, somit müssen wir auch den Betrag der Verkürzung unter diese Spalte ablesen. Das wunderbare an dieser Excel-Tabelle ist, dass man (praktisch) nichts mehr falsch machen kann. Nur die gelb hinterlegten Felder erlauben Eingaben, so passieren auch weniger Fehler.

Wenn wir den 10-m-Strahler befriedigend abgestimmt haben, folgt der 15-m-Strahler, zusammen mit dem nachfolgenden 20-m-Trap. Das SWR kann sich beim nachfolgenden Ansetzen der weiteren Strahler-Elemente wiederum leicht verschieben. Daher ist es schade für die Zeit, zum Anfang an schon perfekt zu sein. Die Praxis zeigt, dass ein $SWR \leq 2$ akzeptabel ist. Ein $SWR \leq 1.5$ ist schon perfekt.

Dann folgt der 20-m-Teil und zum Schluss der 30-m-Teil.

9.4 Tuning-Beispiel

Die Antenne von HB9DIZ wies auf 20 m eine Resonanz bei 13.9 MHz auf. Durch Kürzen des 20-m-Strahlers (also bei uns Teil 3) um 4.5 cm rutschte dann die Resonanz in den gewünschten Bereich um die 14.1 MHz.

Bei 30 m war die Antenne bei 10.445 MHz resonant. Hier musste die gesamte Antenne, am Ende des 30-m-Strahlers, mit Hilfe einer Lüsterklemme um etwa 17 cm verlängert werden.

10 Erfahrungen

10.1 Belastbarkeit

Die Belastbarkeit liegt, bedingt durch das dünne RG174-Koaxialkabel, bei etwa maximal 50W.

Natürlich kann man die Antennen höher belasten, aber auf eigenes Risiko.

Wenn das SWR sehr schlecht ist, läuft man dann bei einer höheren Leistung die Gefahr, dass das Koaxialkabel heiss wird.

Dabei wird die Isolation so heiss, dass die Seele im Koaxialkabel nach aussen, zum Schirm hin, wandert und dann früher oder später einen Kurzschluss verursacht.

Möchte man die Belastbarkeit erhöhen, dann kann man ein Spannungsfesteres Koaxialkabel wählen. Teflon-Koaxialkabel sind hier sehr gut geeignet, durch die hochwertigere Isolation ist das Koaxialkabel nicht nur hitzebeständiger, sondern auch die Verluste geringer, was wiederum die ganze Erwärmung der Traps verkleinert.

10.2 Witterungsbeständigkeit

Unsere Ausführung ist sicher für einen Ferientaufenthalt tauglich.

Möchte man diese als Dauer-Antenne im Freien benutzen, müssten die Traps besser vor Umwelteinflüssen geschützt werden.

Das kann zum Beispiel mit einem Silikon-Überzug geschehen und zusätzlichen Deckeln an der Stirnseiten der Traps.

10.3 Auslegen der Radials

Die Radials legt man am besten rechtwinklig zueinander aus, so wie sie eben am besten Platz finden.

Die Auslegung der Radials hat einen Einfluss auf die Richtungs-Charakteristik, wie das folgende Thema zeigt.

10.4 Strahlrichtungs- Diagramm

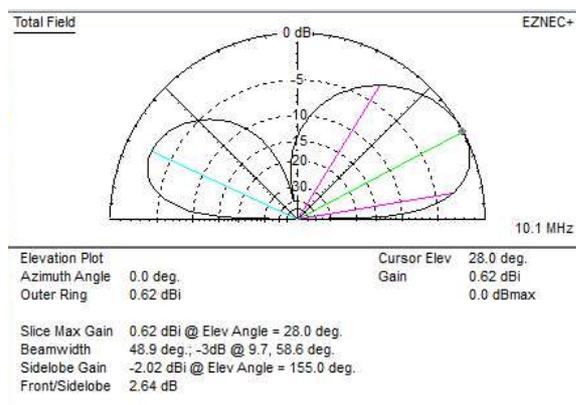


Bild 82: Diagramm Elevation

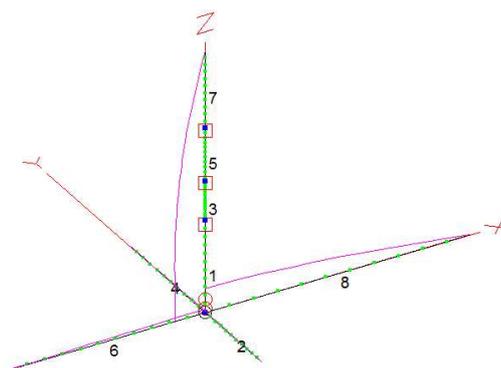


Bild 83: Stromverteilung bei 10.1 MHz

Durch unsere Anordnung mit einem Trap, also hin zur Vertikal mit "elevated radials", erhalten wir eine Vorzugsrichtung mit etwa 2.5 dB. Diese Vorzugsrichtung liegt also in Richtung unseres ausgelegten Radials, hier also das 30-m-Radial, wie in Bild 83 gezeigt.

11 Weiterentwicklung der Vertikal-Trap-Antenne

11.1 Effizienz-Steigerung

Eine solche Effizienz-Steigerung erreichen wir durch Anbringen zusätzlicher Radiale. Dabei verändert sich aber auch unsere Fusspunktimpedanz.

11.2 Band-Erweiterung

Eine Banderweiterung ist einfach, so können wir mit nur einem zusätzlichen Trap, einem zusätzlichen Radial und Verlängerung des Strahlers das 40-m-Band mit einbauen.

Das nötige Rüstzeug haben wir ja nun, so können wir beliebige Bänder hinzufügen, bis hin zu 160m. Natürlich können wir auch die WARC-Bänder mit einbauen.

11.3 Ausbau zum Dipol

Wer einen Dipol mit Koaxial-Traps bauen möchte, kann einfach eine zweite solche Vertikal-Trap-Antenne bauen und diese in der Mitte der 10-m-Strahler einspeisen.

Dann aber sollten wir unsere einfache Einspeise-Box (siehe Bild 77) durch einen echten Balun ersetzen.

Nun, ehrlich gesagt, funktioniert das auch schon mit unserer einfachen Einspeise-Box, mit dem Nachteil der Asymmetrie. (Siehe dazu Vortrag "Der Balun und seine Geheimnisse".)

12 Stückliste

Anzahl	Gegenstand	Lieferant	Bestell Nr.	Preis [1]
1	Gehäuse	Conrad	534346 - 62	Fr. 2.65
3	PVC-Spulenkörper	HB9BXE		Fr. 0.60
1	Ringkern 14.8 mm (Ø) 26.8 mm (außen/innen) à 2.15	Conrad	500671 - 62	Fr. 1.90
1	BNC-Einbaubuchse 50 Ω	Conrad	740632- 62	Fr. 2.25
6	Löt-Ösen		1226216 - 62	Fr. 0.40
1	Koaxial-Kabel RG174, Länge 2.6	Conrad	600841 - 62	Fr. 4.80
	Litze Strahler 4 m à 0.60 CHF	BXE		Fr. 2.40
	Litze Radial (bringt jeder Teilnehmer selber mit)			

1	Leuchtenklemme (5er-Riegel)	HB9BXE		Fr. 0.45
2	M3x16 Schrauben mit Mutter	HB9BXE		Fr. 0.40
6	M3x8 Schrauben mit Mutter	HB9BXE		Fr. 1.20
			Total	Fr. 17.05

[1] Stand: Juni 2015