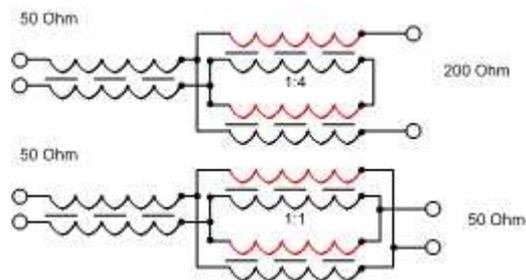


Hybrid-Balun HB9LU

Baumapfe

Version 15.9.14

Hanspeter Blättler, HB9BXE



Inhaltsverzeichnis

1.	Vorbereitung.....	3
2.	Das Gehäuse.....	3
3.	Die Träger-Platine.....	5
4.	Die Wickel-Drähte.....	6
5.	Guanella-Balun bewickeln	6
6.	Strom-Balun bewickeln	8
7.	Einbau ins Gehäuse.....	8
8.	Die 50-Ohm-Beschaltung (1:1).....	9
9.	Die 200-Ohm-Beschaltung (1:4).....	9
10.	Antennen-Anschlüsse.....	10
11.	Gehäuse-Deckel	10
12.	Weitere Hinweise.....	11
13.	Stückliste.....	14

Vorwort

Auf Grund meines Vortrages "Der Balun und seine Geheimnisse" (siehe auch HBradio 1/2014), ist das Bedürfnis entstanden, einen echten Balun selber zu bauen. Daraufhin habe ich mir folgendes Pflichtenheft dazu niedergeschrieben:

- Alle Bauteile müssen in der Schweiz beschafft werden können.
- Die Gleichtakt-Unterdrückung muss $\geq 20\text{dB}$ betragen.
- Der Balun muss für die Übersetzungsverhältnisse von 1:1 und 4:1 verwendbar sein.
- Der Balun soll von 160 m bis und mit 6 m eingesetzt werden können.
- Die Belastbarkeit soll bis 100 W betragen.
- Der Balun muss über den ganzen Bereich ein gutes SWR aufweisen.

1. Vorbereitung

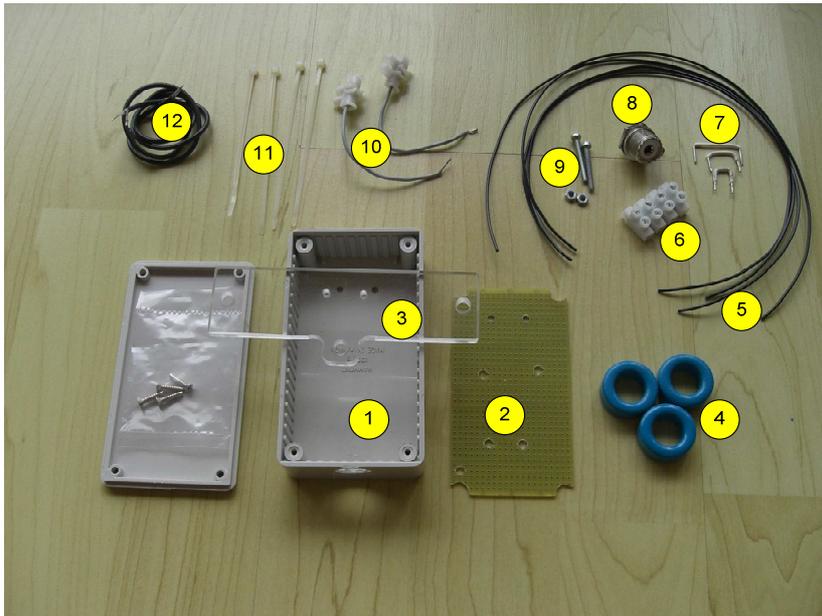


Bild 1

Zuerst beschaffen wir uns die im Bild gezeigten Komponenten gemäss Stückliste am Schluss dieser Baumappe.

[1] Kunststoffgehäuse, [2] Trägerplatte, [3] Plexiglas-Isolator, [4] Ringkern EAN553, [5] Koaxialkabel RG174, [6] Lüsterklemme, [7] 3 Drahtbrücken, [8] PLL-Buchse, [9] 2 Stück M3x25 Schrauben mit Mutter plus 2 Stk M4 Muttern als Distanzhülse zwischen Gehäuse und Trägerplatte 2 [10] 2 Anschluss-Litzen mit Lüsterklemme, [11] 4 Kabelbinder, [12] Koaxialkabel RG174

2. Das Gehäuse

Als Erstes machen wir die Bohrungen wie nachfolgend beschrieben:

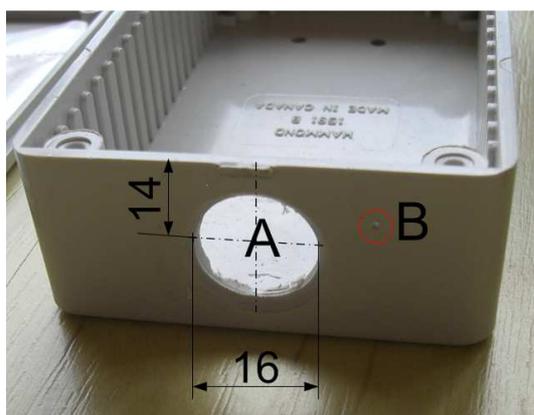


Bild 2

- Die Bohrung A macht man am besten mit einem Schälbohrer.
- Die kleine Bohrung B hat einen Durchmesser von 1 mm und wird am besten von innen her gebohrt. Diese Bohrung sorgt für den Druckausgleich, damit kein Kondenswasser im Innenbereich entsteht.

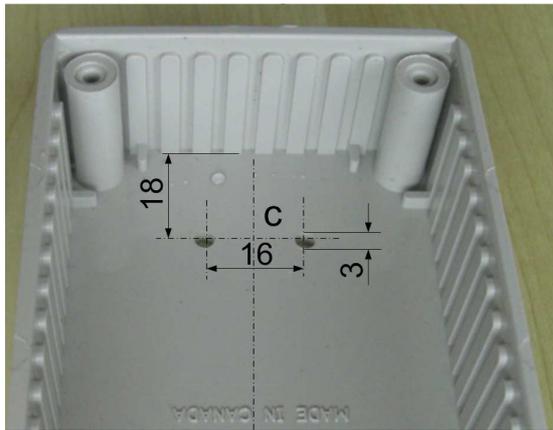


Bild 3

- Die beiden Bohrungen C dienen zur Befestigung von Gehäuse zu Platine/Lüsterklemme/Plexi-Isolator.

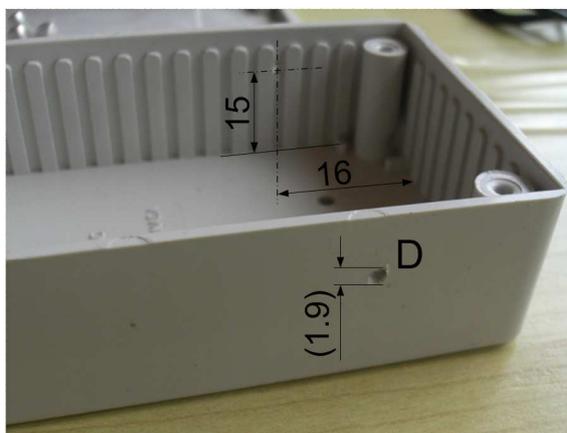


Bild 4

- Die beiden Bohrungen D dienen zum Herausführen der beiden Antennen-Anschlüsse. Der Durchmesser richtet sich nach dem zu verwendenden Litzendurchmesser. Die Bohrungen sind unbedingt schräg nach unten zu bohren, das heisst, wir bohren diese von innen her. Dies gelingt einfach, wenn wir den Bohrer in der dritten Rille ansetzen und schräg nach unten bohren. Dabei bohren wir so schräg, wie es möglich ist. Das verhindert schlussendlich einen möglichen Wassereintritt.



Bild 5



Bild 6

- Die Mutter der PL-Buchse schrauben wir am besten mit einem 18-mm-Gabelschlüssel fest. Dies geschieht am einfachsten, indem wir die Buchse vorsichtig im Schraubstock einspannen, ohne das Gewinde zu beschädigen. Die Lötflanke für den Masse-Anschluss richten wir dabei schräg nach oben (siehe Bild 6).

3. Die Träger-Platine

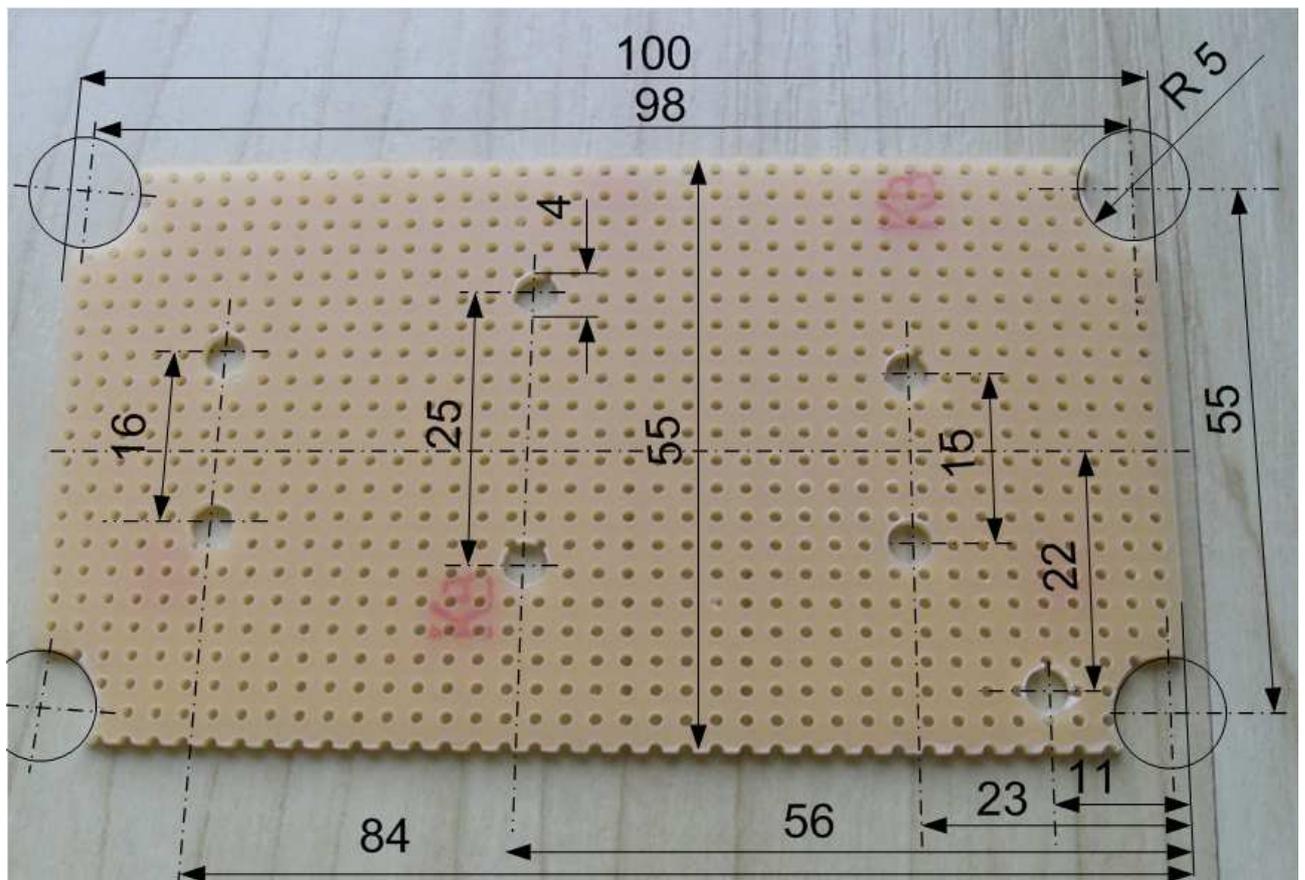


Bild 7

- Die Träger-Platine bohren wir anhand des Massbildes gemäss Bild 7.
- Die vier R5-Aussparungen an den jeweiligen Ecken können einfach mit einer Rundfeile erstellt werden. Natürlich funktioniert es auch, indem man die Ecken einfach 45 Grad anfast.

4. Die Wickel-Drähte



Bild 8

- Als Erstes schneiden wir 4 Stücke Wicklungsdraht mit einer Länge von je 39 cm ab.
- Anschliessend kleben wir mit Tesaband je zwei Drähte zusammen. Da es sich um eine Guanella-Konstruktion mit zwei Ringkernen handelt, brauchen wir zwei solche Doppelleitungen.
- Es ist dabei wichtig, dass die beiden Drähte ganz eng und gleichmässig zusammen geklebt werden, was ein gutes SWR des Baluns begünstigt. Zweckmässig ist, die beiden Drähte im Abstand von etwa 6 cm zusammen zu kleben (siehe Bild 8).

5. Guanella-Balun bewickeln



Bild 9



Bild 10

- Den Start für das Bewickeln der beiden Kerne sehen wir in den Bildern 9 und 10.
- Definition Windungszahl: 1 Durchstich entspricht 1 Windung. In Bild 9 liegt eine Windung vor, in Bild 10 sind 2 Windungen sichtbar.
- Bevor wir mit dem Bewickeln beginnen, ist es empfehlenswert, die einzelnen Kerne mit einem Filzschreiber zu beschriften. In unserem Falle lautet die Beschriftung **EAN553**.

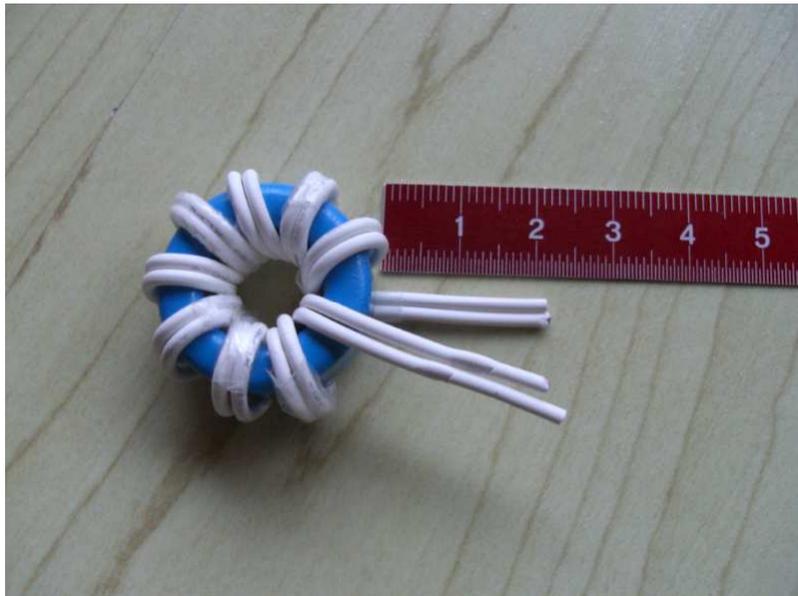


Bild 11

- Nachdem wir 9 Wicklungen aufgebracht haben, bleiben an beiden Enden etwa 2 cm für unsere späteren Anschlüsse übrig.

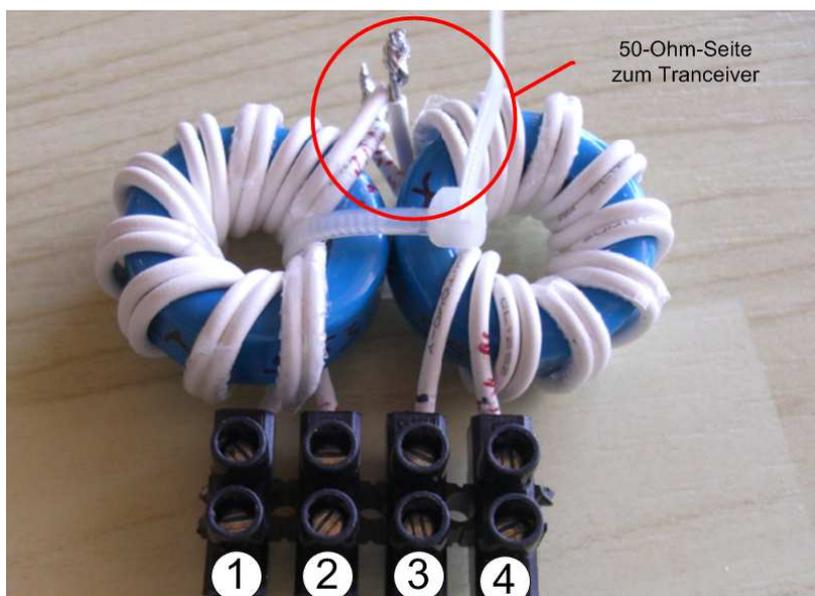
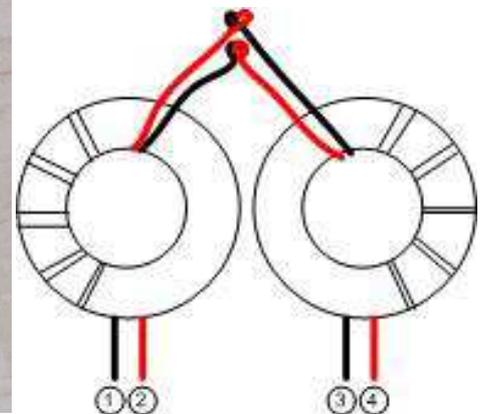


Bild 12



- Nachdem wir beide Kerne fertig bewickelt haben, legen wir jeweils die Isolation der vier Anschlüsse frei.
- Dann kennzeichnen wir die beiden Drähte mit einem Filzschreiber, z.B. rot und schwarz. Dazu nehmen wir einen Durchgangsprüfer o.ä. zu Hilfe.
- Danach kürzen wir die Drähte, wie in Bild 12 gezeigt, auf eine praktikable Länge, so dass diese in die Lüsterklemmen passen. Schwarz stecken wir in Nr. 1 und Nr. 3, Rot in Nr. 2 und Nr. 4.
- Auf der Gegenseite verdrehen wir rot mit weiss (2x), das ergibt die Primärseite, also den 50-Ohm-Port. Diesen 50-Ohm-Port gestalten wir kurz, was zu einem besseren SWR über die ganze Bandbreite des fertigen Baluns führt.
- Für diesen Zusammenbau ist ein Kabelbinder hilfreich, wie in Bild 12 gezeigt.

6. Strom-Balun bewickeln



Bild 13

- Als nächstes bewickeln wir den Strom-Balun mit RG174, total 11 Windungen wie in Bild 13 gezeigt. Gut beraten ist man, wenn man mit einem Kabelbinder das Ganze jetzt schon provisorisch auf der Trägerplatine leicht fixiert (Tipp: mit einem kleinen Schraubenzieher kann man die Kabelbinder wieder lösen, um sie ein zweites Mal zu gebrauchen).
- Das eine Ende des RG 174 (es führt zum Eingang des Guanella-Baluns) gestalten wir auch kurz, so wie in Bild 13 gezeitigt.
- Wenn alles zufriedenstellend platziert ist, können wir Guanella-Balun und Strom-Balun zusammenlöten. Was mit Mantel oder Seele zusammen kommt, spielt keine Rolle.

7. Einbau ins Gehäuse



Bild 14

- Nun bauen wir das Ganze für einen ersten elektrischen Test zusammen, so wie in Bild 14 gezeigt.
- Den Plexiglas-Isolator befestigen wir von hinten mit zwei M3-Schrauben (durch das Gehäuse und die Trägerplatine in die Lüsterklemmen).
- Danach können wir das RG174 mit der PL-Buchse verlöten, so wie im Bild oben ersichtlich. Oben rechts sehen wir einen 50-Ohm-Widerstand (zwei parallel) für einen ersten Funktions-Test.
- Die Beschaltung für die 50-Ohm- bzw. 200-Ohm-Anwendung beschreibe ich weiter unten.

8. Die 50-Ohm-Beschaltung (1:1)

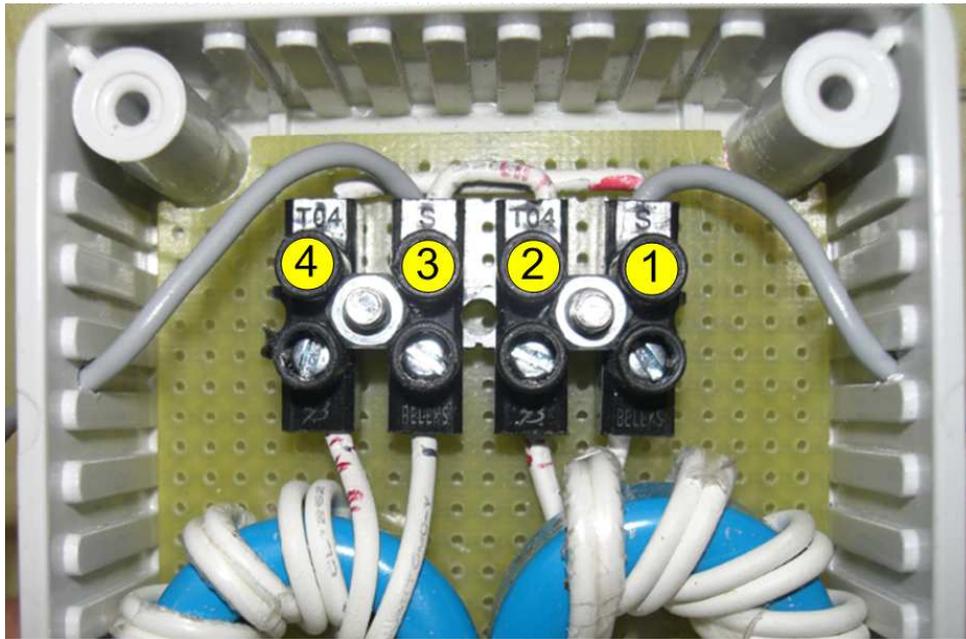


Bild 15

- Dazu benötigen wir zwei Brücken, eine von 1 nach 4, die andere von 2 nach 3.
- Der Antennenanschluss liegt bei 3 und 1.

9. Die 200-Ohm-Beschaltung (1:4)

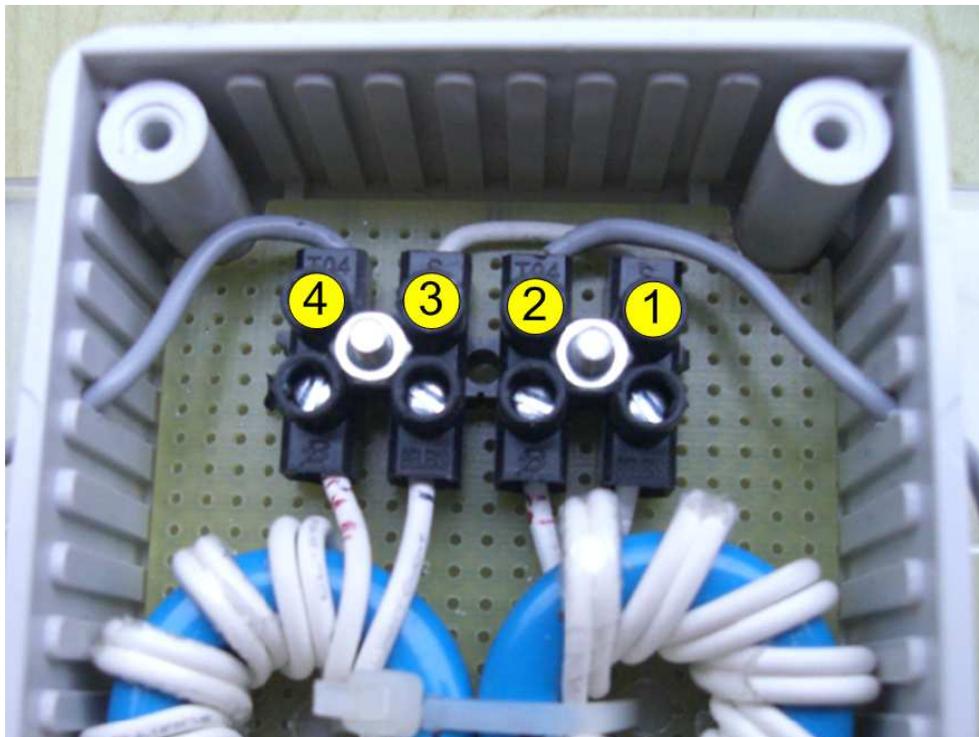


Bild 16

- Dazu benötigen wir nur eine Brücke von 1 nach 3.
- Der Antennenanschluss liegt bei 2 und 4.

10. Antennen-Anschlüsse

- In den Bildern 15 und 16 sind die beiden nach aussen führenden Anschluss-Litzen (je 10 cm) bereits eingeführt und angeschlossen. Bitte denkt daran, dass diese beiden 10-cm-Anschlüsse zur effektiven Antennenlänge gezählt werden. Die Antenne beginnt effektiv an der Lüsterklemme! Die errechnete Antennenlänge muss schlussendlich um diese 20 cm gekürzt werden.



Bild 17

- Für die Verbindungen von Dipol-Enden und Balun-Anschlüssen können 1er-Lüsterklemmen verwendet werden, siehe Bild 17.
- Damit im praktischen Betrieb die Enden der Balun-Anschlüsse nicht ausfransen, empfiehlt es sich, diese mit Adernhülsen zu bestücken oder aber zu verlöten. Dadurch verhindert man einen späteren möglichen Kurzschluss im Innern bei den Lüsterklemmen.

11. Gehäuse-Deckel

- Am Schluss wird vor dem Gebrauch der Deckel mit den vier zugehörigen Schrauben verschraubt.
- Für einen Dauereinsatz im Freien empfiehlt es sich, etwas Silikon entlang der Dichtzone anzubringen. Für Kurzeinsätze ist bei mir noch kein Wasser eingedrungen, obschon es geregnet hat.

-

12. Weitere Hinweise

Die Bifilar-Wicklung

- Im Grunde ist die Art und Weise der Bifilar-Wicklung verantwortlich für ein gutes Ergebnis hinsichtlich Breitbandigkeit und SWR des fertigen Baluns.
- Wie die nachfolgenden Bilder zeigen, liegt unser Optimum bei $Z = 90 \Omega$, wenn wir unseren Balun für **beide Anwendungen** (1:1 und 1:4) herstellen möchten.
- Für eine **bevorzugte 1:1-Anwendung**, vorwiegend bis 30 MHz, eignet sich "Draht 3" am besten.
- Für eine **bevorzugte 1:4-Anwendung**, vorwiegend bis 30 MHz, eignet sich "Draht 2" am besten.

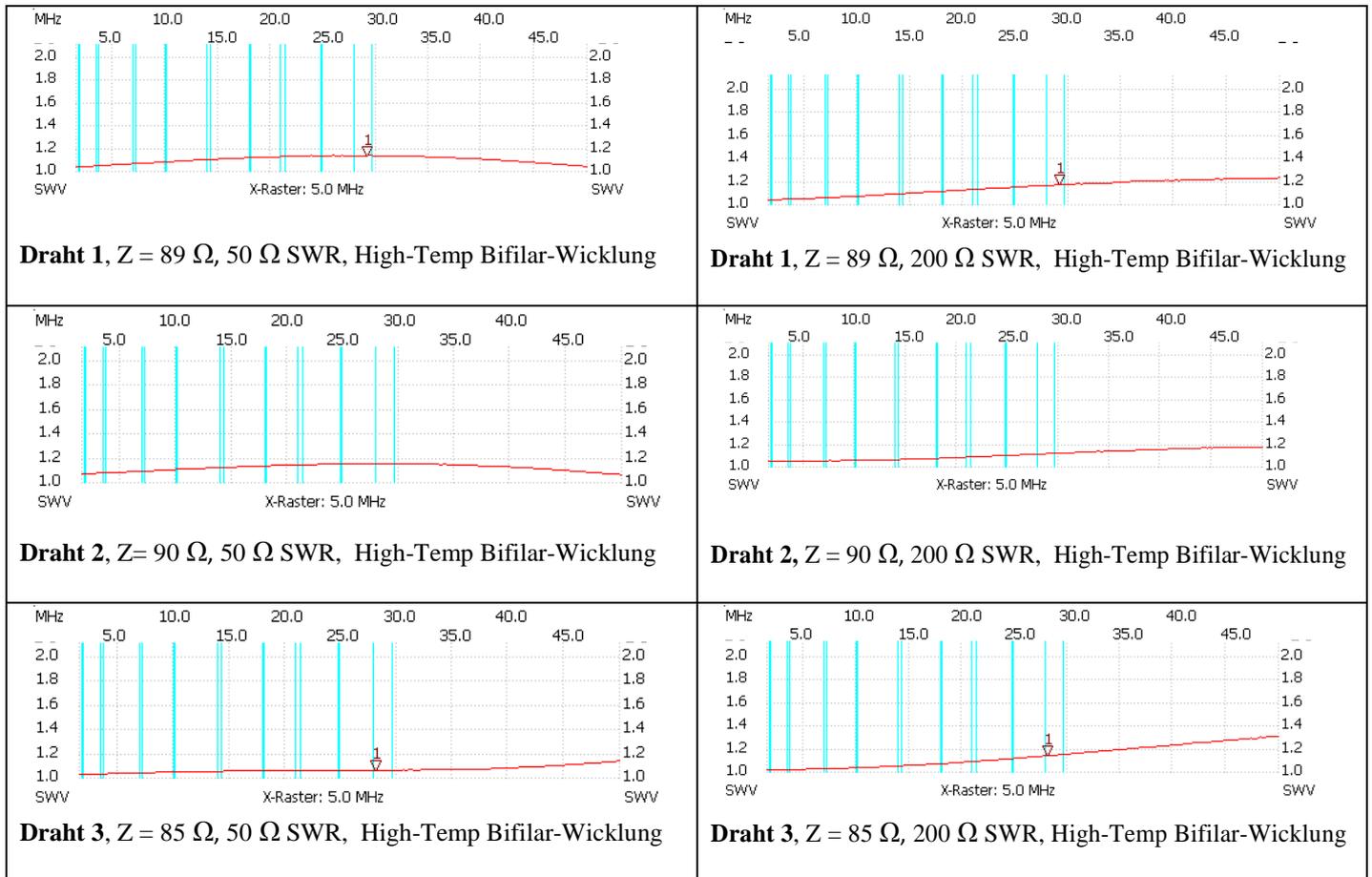
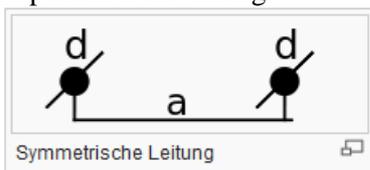


Bild 18

Bild 18 zeigt die Abhängigkeiten der Impedanz der Bifilarwicklung zwischen SWR und Breitbandigkeit

Impedanz-Berechnung:



$$Z_1 = \frac{1}{\pi} Z_w \cdot \operatorname{arcosh} \left(\frac{a}{d} \right)$$

Bild 19 (Quelle: Wikipedia)

In Bild 19 sehen wir die Berechnungsgrundlagen und die Formel.

Ein schlechtes Beispiel:

Im nachfolgenden Bild 20 sehen wir das Resultat einer Bifilar-Wicklung aus 2 x Cu 1.2 mm und dünner Teflon-Isolation, so wie wir es oft in Publikationen finden. Die Impedanz dieser Bifilar-Wicklung (Bild 21) beträgt 50 Ω .

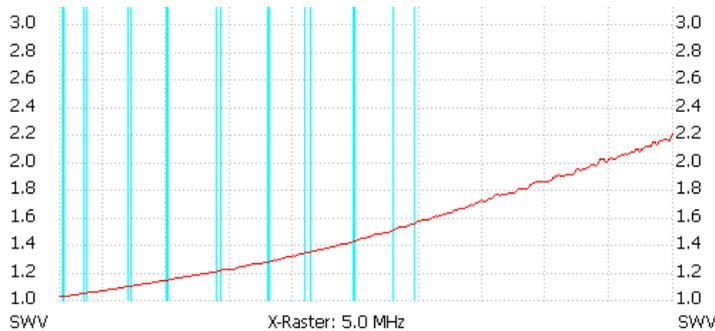


Bild 20

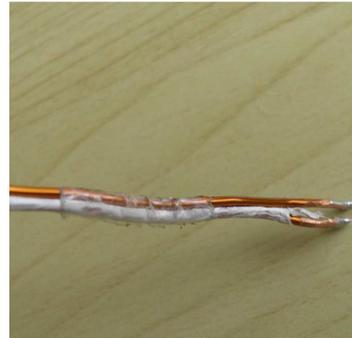


Bild 21

Wir sehen in Bild 20, dass sich die Impedanz von 50 Ω schlecht auf das SWR verhält, vor allem hin zu höheren Frequenzen.

Prüfen der Verluste

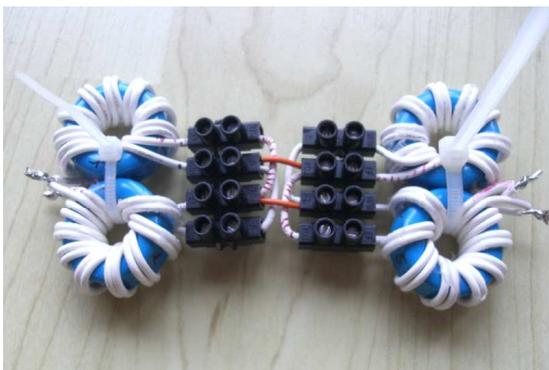


Bild 22

Um die Verluste und die Übertragungsfunktionen zu prüfen, schaltet man zwei identische Exemplare (back to back) zusammen, siehe Bild 22. So hat man zwei definierte 50-Ohm-Schnittstellen. So kann auf der einen Seite der Transceiver (Tx) angeschlossen werden, auf der anderen Seite ein Wattmeter, um so den Verlust zu messen. Vorab eicht man natürlich das Ganze, indem an Stelle der beiden Baluns ein Koaxial-Kabelstück verwendet wird.

Der richtige Ringkern

Bei einem Balun geht die Energie über dessen Leitungen, also nicht durch den Kern. Der Kern bekommt nur dann etwas zu tun, wenn er die durch Asymmetrien im Antennensystem verursachten Gleichtaktströme unterbinden soll. Es können daher auch verlustbehaftete Kerne für den Bau von Baluns verwendet werden, da ja die Leistung von der Quelle zur Last durch die Wicklungsleitungen führt.

Ob ein Ringkern für eine solche Anwendung tauglich ist, sagt die Induktivität alleine nichts aus. So muss dieser Kern auf den gewünschten Frequenzgang hin geprüft werden. Eine solche Messung ist am einfachsten mit einem Network-Analyzer zu vollziehen. Dabei wickelt man ein paar Windungen auf den Kern, es kann ein einfacher Draht sein, denn dieser verhält sich für diese Messung genau gleich wie die spätere Bifilar-/Trifilar-Wicklung selbst. Dabei sollte es im gewünschten Bereich eine Dämpfung von ≥ 25 dB sein.

Leistung & Ringkerngrösse

Nachfolgend einige Richtgrößen, Quelle siehe [1].

- T80-2 60 Watt
- T106-2 100 Watt
- T130-2 150 Watt
- T157-2 250 Watt
- T200-2 400 Watt
- T200A-2 400 Watt

Prüfen von Impedanz und SWR

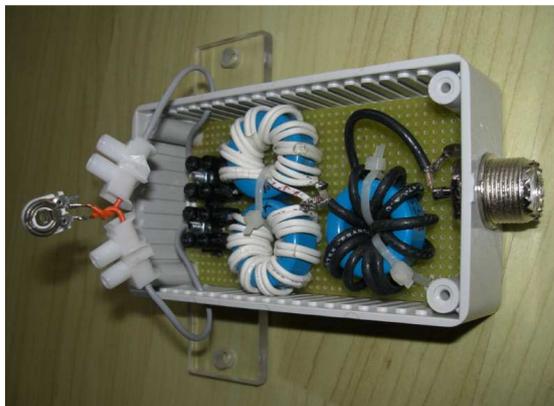


Bild 23

Mit einem Poti kann das Übersetzungsverhältnis einfach geprüft werden. Man verändert den Widerstand bis man ein akzeptables SWR erreicht. Danach misst man den eingestellten Widerstand am Poti mit einem herkömmlichen Ohm-Meter.

Achtung: Die in Bild 23 gezeigte Mess-Anordnung ist nicht perfekt und etwas fehlerhaft wie folgt: wie oben schon erwähnt, beginnt die effektive Antenne an der Lüsterklemme – also messen wir in der Messanordnung nach Bild 23 bereits Blind-Komponenten dazu!

Für eine Absolut-Messung muss der Prüfwiderstand direkt an die Lüsterklemme angeschlossen werden, wie in Bild 14 oben ersichtlich (2 100-Ohm-Widerstände parallel).

Berücksichtigung der effektiven Antennenlänge

Wie oben erwähnt, beginnt die effektive Antenne an der Lüsterklemme. In unserem Falle haben wir zwei Anschlüsse von 11 cm zu berücksichtigen. Das ergibt eine totale Antennenverkürzung von 22 cm mit folgenden Auswirkungen:

- im 40-m-Band: Frequenzverschiebung von 75 kHz;
- im 20-m-Band: Frequenzverschiebung von 300 kHz;
- im 10-m-Band: Frequenzverschiebung von 1.25 MHz!!

Wie wir sehen bewirkt sich das auf den höheren Bändern sehr stark aus.

13. Stückliste

Anzahl	Gegenstand	Lieferant	Bestell Nr.	Preis
1	Gehäuse	Conrad	522603-62	Fr. 4.85
1	Lochrasterplatine	Conrad	529557-62	Fr. 1.80
3	Ringkern 14.8 mm (Ø) 26.8 mm (aussen/innen), à Fr. 2.15	Conrad	500671-62	Fr. 6.45
1	UHF-Steckverbinder 50 Ω	Conrad	740942-62	Fr. 4.15
1	Koaxial-Kabel RG174, Länge 52 cm	Conrad	600841-62	Fr. 1.00
4	Hochtemperatur-Draht, 1 mm Isoliert	HB9BXE		Fr. 4.50
1	Isolator Plexi	HB9BXE		Fr. 3.50
1	Lüsterklemme (4er)	HB9BXE		Fr. 0.35
2	M3 Schrauben mit Mutter	HB9BXE		Fr. 0.40
2	M4 Mutter (Abstützung Lochrasterplatine)	HB9BXE		Fr. 0.20
2	Kabelbinder	HB9BXE		Fr. 0.20

Materialkosten für den Hybrid-Balun HB9LU: Fr. 27.40

Literatur-Hinweis

[1] http://www.remeeus.eu/hamradio/antennes_tuners/multiband.html