

DG0SA, Wolfgang Wippermann

Transceiver wie der TS-590S oder K3 verfügen über einen internen Antennentuner, der Antennen in einem begrenzten Impedanzbereich anzupassen vermag. Da liegt es nahe zu überlegen, ob der Betrieb von Mehrbandantennen an solchen Geräten möglich ist. Bei der Auswahl der Mehrbandantenne fällt auf, dass in der Literatur zwar Längenangaben mit zwei Stellen hinter dem Komma zu finden sind, selten aber eine Impedanzangabe in der Form $Z = R + jX$. Nun ist die der Umgang mit komplexen Zahlen nicht jedermanns Sache, sollte aber in der heutigen Zeit eine überwindbare Hürde darstellen.

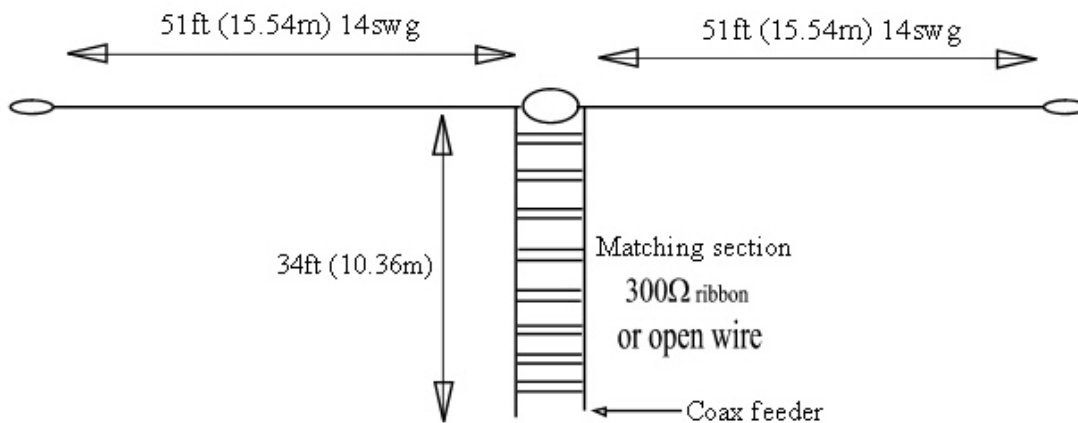


Messgeräte wie der Antennenanalysator [1] werden an das Speisekabel angeschlossen und liefern neben anderen interessanten Werten auch die Impedanzen, die die Antenne bei den verschiedenen Betriebsfrequenzen aufweist. Mit Simulationsprogrammen [2] können ebenfalls Aussagen zu Antennen gewonnen werden, auf dem Rechner wird ohne Schnippeln ausprobiert, was später in den Garten gehängt wird. Dabei wird es manch einen Aha-Effekt geben und Illusionen verblassen schnell. Natürlich weichen Simulationen von der Realität etwas ab, so wie die Messungen an der Antenne an verschiedenen Tagen unterschiedliche Werte liefern werden. Es geht ja auch nur darum zu erkennen, ob man sich bei seinen Überlegungen auf dem richtigen Weg befindet oder ob von irgendwo her „Gefahr droht“.

G5RV



G5RV R. Louis Varney (Quelle <http://www.winforce.org.uk/room28.htm>)



THE BASIC G5RV MULTIBAND ANTENNA

Bild 1 (Quelle: <http://www.winforce.org.uk/room28.htm>)

Die G5RV Multibandantenne in ihrer ursprünglichen Ausführung (Bild 1) ist auf keinem Amateurband resonant. Ihr wird eine geringe Welligkeit auf der Speiseleitung zugeschrieben, über den Sinn eines Baluns an der Übergangsstelle Hühnerleiter zum Koaxialkabel wird heftig gestritten. Das Ergebnis meiner Simulation zeigt Tabelle 1a. (mit 10,3m 300Ω Hühnerleiter / 8mhoch)

F/MHz	3,5	3,8	7,0	7,2	10,07	14,0	14,35	18,1	21,0	21,45	24,9	28,0	29,7
R/Ω	3	6	19	18	28	135	140	71	18	19	107	505	3,1k
X/Ω	-67	-5	-70	-49	244	-133	--1	-299	24	70	12	1,0k	--41

Ein Antennenanpassgerät ist unbedingt erforderlich. Will man vermeiden, dass durch den Anschluss des Koaxialkabels die Zuleitung und der obere Teil der G5RV Multibandantenne als Vertikalantenne gegen Erde erregt werden, so gehört in den Übergangspunkt ein Balun. Ohne Balun ändern sich alle Werte der Tabelle, denn es kommt zu Gleichtaktströmen. Die G5RV wird nicht, wie ursprünglich gewollt, im Bereich des 2 x 15,54m langen Dipols erregt, nun strahlen und empfangen auch die Hühnerleiter und die äußere Seite der Abschirmung eines Koaxialkabels (im Bild 1 mit „Coax feeder“ bezeichnet).

Es wird von einzelnen OM in Foren berichtet, dass ihre G5RV Multibandantennen ohne Anpassgerät sehr gute SWR-Werte auf den einzelnen Bändern erreichen. Das kann ich nicht nachvollziehen. Spannend ist die Frage, wie diese Impedanzen an 50 Ω anzupassen sind. Viele Antennentuner arbeiten als Tiefpass-L, deshalb habe ich im Netz einen Rechner [3] angeboten, der nach Eingabe der Tabellenwerte die Anpassung berechnet (Tabelle 1b). Die Spannungsüberhöhung V gibt an, um wie viel mehr die Ausgangsspannung des Antennenanpassgeräts gegenüber der Eingangsspannung wird.

F/MHz	3,5	3,8	7,0	7,2	10,07	14,0	14,35	18,1	21,0	21,45	24,9	28,0	29,7
L/μH	12	0,9	2,1	1,6	5,1	1,2	0,75	2,2	0	0,8	0,35	2,0	2,1
C/pF	3600	2268	580	590	111	47	105	6	202	156	70	20	13
V	5,5	0,5	2,4	1,8	6,6	2,3	1,7	5,2	1	2,3	1,5	7,1	7,9

Rot: Kondensator auf TRX-Seite schalten. Das Tiefpass-L muss maximal 12 μH und bis zu 3600 pF bereitstellen können. Interessant ist die Spannungsüberhöhung auf einigen Bändern bis zum 7,9 fachen Wert. Das bedeutet, bei 100 Watt sind 561 V_{eff} am Ausgang des Antennenanpassgerätes.

Bei einer Hühnerleiter mit 600 Ω ist kein Umschalten nötig, es ergeben sich natürlich andere Werte.

F/MHz	3,5	3,8	7,0	7,2	10,07	14,0	14,35	18,1	21,0	21,45	24,9	28,0	29,7
R/Ω	6	11	70	64	117	129	139	275	63	68	188	915	438
X/Ω	32	148	-235	-179	516	-153	-7	-605	107	224	-184	1,2k	-1k
L/μH	3,6	13	4,6	3,5	5,4	1,3	0,7	2,5	0,7	1,4	0,8	2,0	2,0
C/pF	1782	412	18	16	74	40	102	19	114	66	27	19	10
V	1,9	6,3	4,2	3,4	6,9	2,5	1,7	5,7	2,2	4,0	2,7	7,0	7,4

Wenn also die G5RV mit 600 Ω Hühnerleiter gespeist wird, so kann man den Antennentuner einfacher gestalten. Die großen Werte für den Kondensator werden erreicht mit einer zusätzlichen Parallelschaltung außen am Gerät an der Antennenbuchse, ohne Eingriff in das Gerät!

Auf die gleiche Weise können andere Multibandantennen untersucht werden. Im Netz findet man auch ein sehr schönes Smithdiagramm [4], mit dem die Ergebnisse (hier die ersten Werte der Tabelle) überprüfbar sind.

Allgemeine Einstellungen

Klicken Sie auf einen Parameter, um seinen Wert zu ändern.

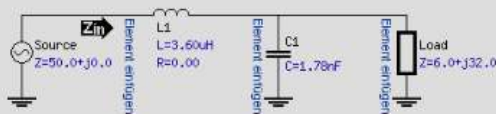
Frequenz: $f = 3.5000\text{MHz}$

Smith Chart normieren auf: $Z_w = 50.00\Omega$

Aktuelles Anpassnetzwerk

Klicken Sie auf ein Element, um eine Tabelle mit allen seinen Eigenschaften angezeigt zu bekommen. Um einen dieser Werte zu bearbeiten, klicken Sie auf den entsprechenden Wert in der Tabelle.

Klicken Sie auf "Element einfügen" um ein neues Bauteil einzufügen. Größere Netzwerke werden über mehrere Zeilen dargestellt.



Die Eingangsimpedanz des Netzwerkes beträgt:

$$Z_{in} = (50.1 - j0.5)\Omega$$

Der Eingangsreflexionsfaktor bezogen auf die Normierungsimpedanz des Smith Charts beträgt:

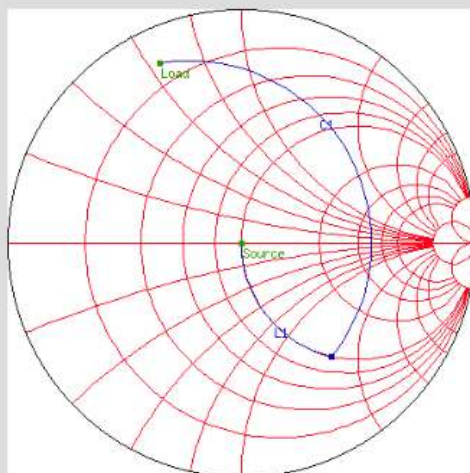
$$S_{in} = 0.001 - j0.005$$

Der Fehlanpassungsfaktor beträgt:

$$m = 1.00$$

Smith Chart

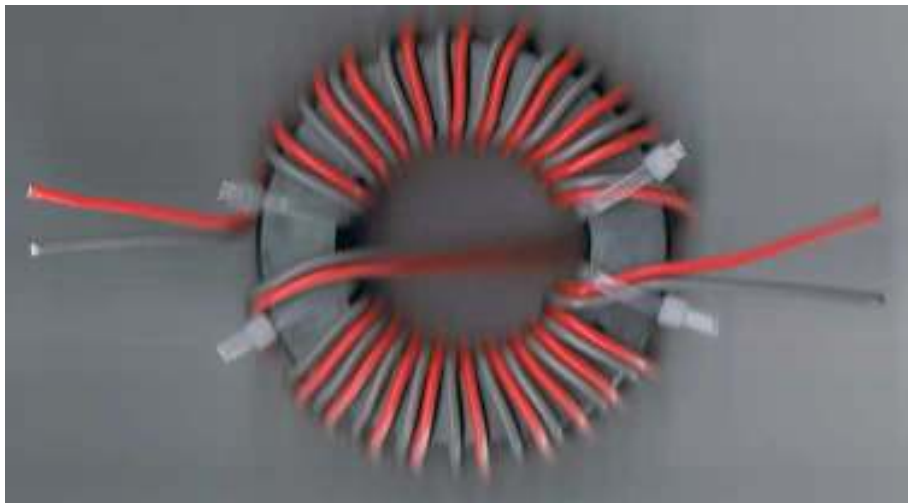
Das Smith Chart wird automatisch nach jeder Änderung des Anpassnetzwerkes aktualisiert. Dieser Vorgang kann ggf. mehrere Sekunden dauern. Wenn die Impedanz der Quelle komplex ist, wird neben der Quellimpedanz (Source) auch die komplex konjugierte Quellimpedanz (Source*) eingezeichnet. Beachten Sie, dass in diesem Fall auf den komplex konjugierten Wert angepasst werden muss. Die Toleranzen der Bauteile werden hier nicht berücksichtigt.



Balun

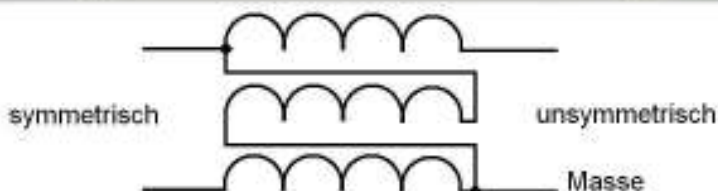
Durch die Spannungsüberhöhung am Ausgang des Antennenanpassgerätes wird der Balun mehr belastet, als würde er an dessen Eingang sitzen. Bei Geräten mit eingebautem Antennenanpassgerät kann man den Balun nicht so einfach zwischen PA und Anpassgerät setzen, er kann nur hinter die Antennenbuchse gesetzt und muss deshalb entsprechend stärker ausgelegt werden. Am besten nutzt man den Wert der Spannungsüberhöhung V aus den Tabellen um festzulegen, um wie viel mehr Windungen gegenüber einem Balun für $50\ \Omega$ erforderlich sind.

Die einfachste Lösung ist ein Balun für undefinierte Impedanzen, Typ Sperrglied, diese Lösung wurde bereits hundertfach mit Erfolg praktiziert.



Durch Verwendung PTFE isolierter Litze AWG18 (ca. 1mm^2) mit versilberten Einzeldrättchen ist die Spannungsfestigkeit gegeben. Die magnetische Induktion erfolgt nur durch das Potential aus dem Übergang der symmetrischen Antenne zum unsymmetrischen Koaxialkabel. Das kann natürlich in ungünstigen Fällen auch sehr groß werden.

Eine weitere Lösung stellt der Einsatz eines Balun vom Typ Symmetrieglied dar. Ein Symmetrieglied verlangt zwingend eine symmetrische Antenne! Die G5RV ist eine symmetrische Antenne und deshalb funktioniert daran auch ein Symmetrieglied.



Ob man nun ein 1:1 Symmetrieglied nutzt oder ein 1:4 Symmetrieglied kann man schnell erkunden. Mmana zeigt die SWR-Werte an, man kann unter „Einstellungen -> Werkzeuge und Einstellungen -> Register Einstellungen“ das Standard Z auf 200 Ω verändern und sehen, wie sich das SWR in der Tabelle der errechneten Werte ändert.

The screenshot shows the Mmana software interface. The main window displays the following parameters and results:

Geometrie Antennenansicht Berechnen Fernfelddarstellung

G5RV 80m, 40m, 20m, 10m

Freq 28.7 MHz

Erdboden: Freiraum Ideal Real

Höhe 8.00 m

Material Cu Draht

WELLENLÄNGE = 10.446 (m)
 PULSENANZAHL = 629
 FILL MATRIX...
 FACTOR MATRIX...
 QUELLE U (V) I (mA) Z (Ohm) SWV
 w5c 1.00+j0.00 0.33+j0.00 3054.51-j41.35 61.10
 STRÖME...
 FERNFELD ...
 KEINE FEHLER
 1.98 sec

Nr.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 200	Gh dBd	Ga dBi	V/R dB	Elev.	Boden	Höhe	Polar.
10	14.0	135.285	-133.509	2.4	---	5.73	-0.09	38.0	Reel	8.0	hori.
9	10.07	28.447	244.599	17.63	---	7.34	0.07	52.9	Reel	8.0	hori.
8	7.2	18.201	-48.89	11.65	---	7.16	0.01	86.9	Reel	8.0	hori.
7	7.0	19.45	-70.364	11.57	---	7.21	-0.76	88.0	Reel	8.0	hori.
6	3.8	5.736	-4.938	34.89	---	8.3	-1.35	89.9	Reel	8.0	hori.
5	3.5	2.88	-66.895	77.22	---	8.37	-1.38	90.0	Reel	8.0	hori.

Buttons: Start, Optimierung, Optimierungslog, Graphiken, Drahteditor, Elemente bearbeiten

In diesem Fall wird das SWR überwiegend schlechter, weshalb ein Symmetrieglied 1:1 vorzuziehen ist.

Als **dritte Lösung** kommt eine Kombination aus Symmetrieglied und Sperrglied in Frage, ich würde sie aber nicht bei TRX mit eingebautem ATU favorisieren, eher in den selbst gebauten symmetrischen Antennenanpassgeräten und dort zwischen TRX und Anpassschaltung, nicht zwischen Anpassschaltung und Hühnerleiter.

Unterm Strich zusammengefasst: der Balun für undefinierte Impedanzen, Typ Sperrglied [5], ist für TRX mit eingebautem ATU sehr zu empfehlen. Er ist leicht aufzubauen.

[1] http://www.box73.de/catalog/product_info.php?cPath=112_113&products_id=1827&osCsid=0lv6234salk76husm2pidjhl23

[2] <http://dl2kq.de/mmana/4-7.htm>

[3] <http://www.wolfgang-wippermann.de/tiefkomplex.htm>

[4] <http://www.volker-lotze.de/content/smithtool/smithtool.php>

[5] <http://www.wolfgang-wippermann.de/balun1zu1undefgross.pdf>